Kreative Techniken zur Ideenfindung

Kreative Techniken
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Es gibt für viele geniale Einfälle schon zahlreiche Patente. Was viele nicht wissen ist, dass man durch Verbesserungen bestehender Patente recht leicht an ein eigenes Patent gelangen kann. Es lohnt sich ebenfalls etwas Neues zu entwickeln (so bekommt man statt ein paar Krümeln vielleicht sogar eine ganze Torte). Falls ein genialer Einfall nach erster Abschätzung und Prüfung nicht umsetzbar sein, so muss man ihn nicht zwangsläufig verwerfen. Mit geeigneten Problemlösungsstrategien und Kreativtechniken ist manchmal trotzdem eine Umsetzung möglich, wenngleich diese Techniken oft zu völlig anderen Ansätzen führen.

Welche Kreativtechniken können hier Anwendung finden?

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Copyright

Dr. Thorsten Schwerte Verl., 2004

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche, schriftliche Genehmigung des Herausgebers ist es nicht gestattet das Buch oder Teile daraus in irgendeiner Form durch Texterkennung (OCR), Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren zu vervielfältigen oder zu verbreiten. Dasselbe gilt für das Recht der öffentlichen Wiedergabe. Der Verlag macht darauf aufmerksam, dass die genannten Firmen- und Markennamen sowie Produktbezeichnungen in der Regel marken-, patent- oder warenzeichenrechtlichem Schutz unterliegen.

Dieses Werk will Sie beraten. Obwohl alle rechtlichen und wissenschaftlichen Angaben sorgfältig geprüft wurden, kann für dadurch eventuell auftretende Schäden, welcher Natur auch immer, keine Haftung übernommen werden. Es kann aus keiner der Angaben eine Verbindlichkeit hergeleitet werden. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Dem Anwender obliegt die Pflicht der rechtlichen Prüfung. Erklärung: Mit Urteil vom 12. Mai 1998 hat das Landgericht Hamburg entschieden, dass man durch die Ausbringung eines Links die Inhalte der gelinkten Seite ggf. mit zu verantworten hat. Dies kann - so das LG - nur dadurch verhindert werden, dass man sich ausdrücklich von diesen Inhalten distanziert. Auf den Seiten dieses Buches sind Links zu anderen Seiten im Internet gelegt. Für all diese Links gilt ausdrücklich betont: Wir haben keinerlei Einfluss auf die Gestaltung und die Inhalte der gelinkten Seiten. Deshalb distanzieren wir uns hiermit ausdrücklich von allen Inhalten aller gelinkten Seiten und Information (in Wort und Bild) in diesem Buch und machen uns ihre Inhalte nicht zu Eigen.

1. Auflage 2004

© 2004 by the Schwerte Publishing Group, GERMANY

D-44289 Dortmund

Herstellung: Schwerte Publishing

Satz: Eigensatz, Druck: Digital

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Kreativtechniken Kompakt

Kreative Techniker

Copyright

Kreativtechniken

Brainstorming

Brainwriting

Mindmapping

Bisoziation

Synektik

Denkhüte und Denl

Die Osborn- Checkl

Konzeptfächer und

- Brainstorming
- Brainwriting
- Mindmapping
- Bisoziation
- Synektik
- Denkhüte und Denkstühle
- Osborn-Checkliste
- Konzeptfächer, Progressive Abstraktion

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

[Kreative Techniken zur Ideenfindung] [Copyright]
[Kreativtechniken Kompakt] [Brainstorming] [Brainwriting] [Mindmapping]
[Bisoziation] [Synektik] [Denkhüte und Denkstühle] [Die Osborn- Checkliste]
[Konzeptfächer und progressive Abstraktion]

Brainstorming

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Ablauf einer B
Welche Rolle
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Check
Konzeptfächer und

Das Brainstorming ist eine der beliebtesten Kreativitätstechniken. Es ist geeignet für Gruppen zwischen vier und acht Teilnehmern. Obwohl mehrere Studien die Effektivität dieser Methode kritisieren, wird dieser Klassiker dennoch in zahlreichen Unternehmen eingesetzt.

Was kann Brainstorming?

Durch die Technik des Brainstormings wird innerhalb kurzer Zeit eine Vielzahl von Ideen produziert. Sie führt sowohl zu zahlreichen Denkanstößen als auch zu sehr originellen Lösungen, die sich effektiv weiterverarbeiten lassen. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn sie noch am Anfang stehen und noch sehr viele Ideen benötigen, um eine konkrete Fragestellung zu beantworten. Das Brainstorming ist insbesondere für jene Bereiche geeignet, in denen die Art der Lösungsvorschläge eine breite Streuung zeigen soll. Beispiele hierfür sind Bereiche, die die Gruppe selbst betreffen, wie bei der Frage: „Wie kann ich effektiver arbeiten? Auch wenn Experten aus unterschiedlichen Bereichen zusammenarbeiten müssen, ist das Brainstorming die Methode der Wahl.

Weniger geeignet ist das Brainstorming, um komplexe Probleme zu lösen oder wenn ein bestimmtes Spezialwissen erforderlich ist, welches die Gruppe nicht besitzt. Diese Technik funktioniert nur dann effektiv, wenn alle Teilnehmer in der Gruppe gleichrangig sind.

Um eine Brainstorming Sitzung durchzuführen benötigen sie eine Gruppe mit 4 bis 8, maximal 15 Teilnehmern. Weiterhin bedarf es eines Moderators, der die Vorschläge auf einem Flipchart, einer Tafel oder Moderationswand aufzeichnet bzw. protokolliert. Eine solche Sitzung dauert ca. 15 bis 20 Minuten in der Ideenfindungsphase und 30 bis 40 Minuten in der Bewertungsphase.

Brainstorming zeichnet sich durch seine ungemein hohe Flexibilität aus, welche in fast allen Bereichen Anwendung findet, in denen kreativ gedacht werden soll.

Ablauf einer Brainstorming Sitzung

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Ablauf einer Brainstorming Sitzung

Kreative Techniken
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Ablauf einer B
Welche Rolle
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denk
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Ein Moderator präsentiert das Thema und erläutert die Regeln, sofern sie den Teilnehmern noch nicht bekannt sind. Die Einhaltung der Regeln wird vom Moderator überwacht. Die Teilnehmer sollen spontan Vorschläge äußern, welche vom Moderator dokumentiert werden.

Die vier Grundregeln

- Solange nicht alle Vorschläge geäußert wurden, darf nicht beurteilt werden. Jede Kritik ist untersagt.
- Jeder Vorschlag ist willkommen, und sei er auch noch so ungewöhnlich. Der Grund ist: es ist leichter, ungewöhnliche Ideen durch die anschließende Bewertungsphase abzuschwächen, als sie zu entwickeln.
- Die Quantität geht vor Qualität, das heißt es sollen so viele Vorschläge wie möglich entwickelt werden.
- Es ist gestattet die Ideen anderer aufzugreifen, sie weiterzuentwickeln oder neu zu kombinieren.

Ideen Sturm mit zwei Wellen

Es ist ein interessantes Phänomens das nach fünf bis zehn Minuten den Teilnehmern die Ideen ausgehen. Sie sollten jedoch die Sitzung auf keinen Fall abbrechen, auch wenn es so aussieht, als wenn keinem mehr etwas einfiele. Wenn sie weitermachen, werden sie feststellen, dass den meisten Teilnehmern nach kurzer Zeit weitere Vorschläge einfallen; zwar nicht mehr so viele, aber häufig wesentlich originellere. Es lohnt sich in jedem Fall die zweite Welle der Ideen abzuwarten. Es kommt bei manchen Gruppen vor, dass sie auch noch eine dritte Welle der Ideenproduktion erfolgreich abschließen.

Bewertung

Nach der Ideenproduktion folgt die Bewertungsphase. Nach der Phase der Ideenproduktion haben sich alle Teilnehmer der Gruppe eine Pause verdient. Oftmals ist es sinnvoll mit der Bewertungsphase erst am darauf folgenden Tag zu beginnen. Die Teilnehmer müssen für die Bewertung von der flexiblen Kreativität zur Objektivität wechseln. an dieser Stelle ist die zuvor verbotene sachliche Kritik durchaus erwünscht, und so manche ungewöhnliche Idee muss eine Prüfung auf Brauchbarkeit über sich ergehen lassen.

Von den Teilnehmern werden alle Vorschläge bewertet. Die Kriterien sind Praktikabilität und Gefühlsmäßiger Anspruch. Es sollte eine Rangfolge der Ideen festgelegt werden, in der sie bearbeitet werden. Oder sie wählen nur einzelne Ideen aus, die weiter ausgearbeitet werden. Die restlichen Ideen können anhand der Osborn-Checkliste (kommt später) weiterbearbeitet werden.

Welche Rolle hat der Moderator?

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Welche Rolle hat der Moderator?

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Ablauf einer B
Welche Rolle
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Das Gelingen des Brainstormings hängt entscheidend von der guten Moderation ab. Es ist dem Moderator nicht erlaubt sich einzumischen oder gar in den Vordergrund zu spielen und auf keinen Fall dürfen Vorschläge von ihm gemacht werden. Seine Aufgaben sind die folgenden: Er soll

- für eine vertrauensvolle Atmosphäre sorgen
- alle Teilnehmer ermutigen, mitzumachen.
- auf die Einhaltung der Regeln achten und verhindern, dass in der Phase der Ideenfindung schon Bewertungen vorgenommen werden
- alle Vorschläge dokumentieren, ohne selbst zu kommentieren oder sie abzuändern.
- die Bewertung leiten, ohne selbst Stellung zu nehmen.
- die Sachlichkeit der Bewertung gewährleisten.

Wie sollte die Gruppe zusammengesetzt sein?

Am günstigsten sind die Voraussetzungen, wenn es sich um ein eingespieltes Team in der Gruppe handelt. Sehr hinderlich ist, wenn es innerhalb der Gruppe zu einem ausgeprägten Konkurrenzneid oder zu Statuskämpfen kommt. Es ist weiterhin umstritten, ob es sinnvoll ist ein Brainstorming mit zufällig zusammengestellten Teilnehmern durchzuführen. Manche halten die doch genau dies für die besten Voraussetzungen dafür viele Anregungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu bekommen.

Ist Brainstorming ein kreatives Allheilmittel?

Die Hochzeit des Brainstormings waren die sechziger und siebziger Jahre. In der Zwischenzeit jedoch, haben mehrere Studien Zweifel an der Wirksamkeit dieser Methode aufgebracht. In diesen Studien wird in Frage gestellt, ob Brainstorming zwangsläufig zu mehr und besseren Ergebnissen führt, als wenn jeder Teilnehmer separat nach einer Lösung sucht. Man ist sich heute einig, dass Brainstorming eine der wichtigsten Kreativitätstechniken ist, die auch von ihren Kritikern als eine höchst effiziente Technik zur Stimulierung des kreativen Denkens dargestellt wird. Es lässt sich anhand vieler Beispiele belegen, dass sie zu brauchbaren Ergebnissen führt.

Es gibt einige Varianten des Brainstormings. Ein populäres Beispiel ist das Destruktiv-Konstruktiv-Brainstorming. Hierbei ist die Phase der Ideenfindung zweigeteilt: negative Ideen, die eine Lösung verhindern können, sollen zunächst gesammelt werden. In der anschließenden Phase dürfen die Teilnehmer konstruktive Vorschläge äußern. Auf diese Weise sind reichere und originellere Ideen zu erwarten.

Im Kontrast zum Gruppen Brainstorming gibt es noch das Einzel Brainstorming. In diesem Fall sind Ihr eigener Moderator, durchlaufen wie bereits beschrieben ein Ideenfindungsphase, in der sie in jedem Fall noch keine Bewertung vornehmen sollten, und werden diese Ideen hinterher kritisch bewerten. Bei diesem Verfahren müssen sie sehr diszipliniert sein, was sich jedoch mit ein wenig Übung bewerkstelligen lässt. Auch hier ist es anzuraten, nicht gleich nach der Ideenfindungsphase mit der Bewertungsphase fortzusetzen, sondern vielleicht ein oder zwei Tage verstreichen zu lassen.

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

[Kreative Techniken zur Ideenfindung] [Copyright]
[Kreativtechniken Kompakt] [Brainstorming]
[Ablauf einer Brainstorming Sitzung] [Welche Rolle hat der Moderator?]
[Brainwriting] [Mindmapping] [Bisoziation] [Synektik]
[Denkhüte und Denkstühle] [Die Osborn- Checkliste]
[Konzeptfächer und progressive Abstraktion]

Brainwriting

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Was wird für e
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Brainwriting

Das Brainwriting funktioniert ganz ähnlich wie das Brainstorming, der Hauptunterschied ist der, dass alle Einfälle schriftlich festgehalten werden. Man unterscheidet zwischen zwei sehr unterschiedlichen Varianten:

- Die bekanntere, die Methode 635, welche auf die Kreativität fördernde Wirkung von akutem Stress setzt. Diese Methode produziert wesentlich mehr Ideen als beim Brainstorming, die zudem noch durch die Originalität spontaner Antworten geprägt sind.
- Die Collective-Notebook-Methode, welche langwieriger aber auch wesentlich gründlicher, sowie zeitlich und räumlich flexibler ist.

- **Was kann Brainwriting leisten?**

Neben den Vorteil, dass beim Brainwriting wesentlich mehr Ideen produziert werden als beim Brainstorming, gesellen sich noch weitere, wie die Tatsachen:

- dass gruppendynamische Prozesse kaum eine Rolle spielen
- die Zahl der Teilnehmer theoretisch unbegrenzt ist
- kein Moderator benötigt wird, der manchmal Kreativität eher verhindert, als sie zu fördern.

Brainwriting ist besonders geeignet, wenn:

- einfache und klar strukturierten Frage vorliegen (Methode 635), aber auch komplexere Probleme (collective Notebook)
- Teilnehmer schwer verfügbar sind (collektive Notebook)
- es in der Gruppe Kommunikation Probleme gibt oder aber keinen Moderator zur Verfügung steht

-

Brainwriting ist dagegen weniger geeignet:

- Zur Lösung komplexer Fragen (Methode 635)
- Wenn starke Unterschiede im Erfahrungs- und Wissenshorizont der einzelnen Teilnehmer bestehen
- Wenn die Zahl Lösungen *a priori* stark eingeschränkt ist.

-

Was wird für ein Brainwriting benötigt?

Was wird für ein Brainwriting benöti

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Was wird für e
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Was wird für ein Brainwriting benötigt?

- Eine Gruppe, die im Idealfall aus sechs Teilnehmern besteht (Methode 635), die Teilnehmeranzahl kann jedoch auch variabel sein.
- Schreibwerkzeug und Papier (im Idealfall dafür vorbereitete Vordrucke) oder ein vernetztes Computersystem.

-

Wie ist Ablauf beim Brainwriting?

Methode 635

Ein Blatt auf dem die Fragestellung vorformuliert ist, wird jedem Teilnehmer ausgehändigt. In den nächsten fünf Minuten sollen drei Lösungsvorschläge auf dem Blatt notiert werden. Danach reicht der Teilnehmer das Blatt an seinen Nachbarn weiter. Im Gegenzug bekommt er dessen Blatt. Auf dieses Blatt soll er in den folgenden fünf Minuten drei neue Ideen hinzufügen, wobei er sich idealerweise von den bereits bestehenden Vorschlägen inspirieren lässt. Danach wird auch dieses Blatt wieder weitergegeben.

Wenn jeder Teilnehmer jedes Blatt gehabt hat ist die Sitzung beendet. Bei sechs Teilnehmern sollte also nach einer guten halben Stunde ein Pool von 108 Lösungsvorschlägen bereitliegen. Die Auswertung verläuft wie beim Brainstorming.

Auch diese Methode lässt sich nach der bereits beschrieben Collective-Notebook-Methode durchführen. Hierbei erhält jeder Teilnehmer ein Notizbuch mit der Problemstellung. Innerhalb einer bestimmten Frist soll er das Problem analysieren und die Vorschläge darin notieren. Der Austausch dieser Notizbücher geschieht analog nach der Methode 635.

Wenn man sich zwischen den zwei oberen vorgestellten Methoden entscheiden muss, sollte man sich vor Augen halten, dass die erste Methode die Teilnehmer sehr unter Druck setzt. Sie müssen innerhalb kürzester Zeit eine Vielzahl von Ideen produzieren, was nicht selten ein Grund für eine Denkblockade ist. Der Vorteil dieses Stresses ist allerdings auch, dass die Teilnehmer gezwungen sind, sich zu konzentrieren und sich nicht in der Gruppe verstecken können. Im Vergleich zum Brainstorming kommen auf diese Weise nicht nur wesentlich mehr Ideen zustande, sondern der gesamte Ablauf führt dazu, dass die Teilnehmer gedanklich neue Wege einschlagen müssen.

Der Effekt ist, dass erstaunlich viele Entdeckungen zu machen sind. Es wird von vielen als angenehmer Nebeneffekt empfunden, wie kreativ und produktiv sie eigentlich sein können.

Die Collective-Notebook-Methode dagegen erfordert ein hohes Maß an Selbstdisziplin. Der Vorteil ist sicher, dass die Teilnehmer sich ihre Zeit frei einteilen können. Dadurch fällt allerdings auch der vorgenannte Stress mit seinen positiven Effekten weg. Außerdem dauert das Verfahren natürlich wesentlich länger.

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Mindmapping

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Was benötigt
Die sieben Gr
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Mind Mapping

Diese Technik ist sehr schnell zu lernen, universell und fast überall einsetzbar, und es ist sehr wahrscheinlich, dass immer etwas dabei herauskommt. Diese Technik wurde von Tony Buzan entwickelt und erfreut sich außerordentlicher Beliebtheit.

Um ein Mind Mapping durchzuführen bedarf es nicht viele Werkzeuge, es schafft Übersicht und bringt sie mit einfachen Mitteln auf neue Ideen.

Was leistet Mind Mapping?

Mit den Mind Mapping wird unser bildlich-räumliches Denken stimuliert und eine neue Sichtweise wird ermöglicht. Da durch, dass wir unser Thema oder unser Problem im wörtlichen Sinne verbildlichen, können wir es neu strukturieren. Wesentliche Punkte können herausgearbeitet werden, es können leicht neue Verbindungen hergestellt werden und Nebenaspekte miteinbezogen werden. Die offene Struktur der Mind Maps hat den Vorteil, dass sie später ergänzt werden können.

Für folgende Bereiche ist das Mind Mapping besonders geeignet:

- Problemanalyse
- Überblick über komplexe Themen
- Vorbereitung von Vorträgen und Aufsätzen
- Planung und Strategie

Dass Mind Mapping hat allerdings auch seine Schwächen:

- Durch einen Mind Map entsteht leicht der Eindruck, ein Problem zu überblicken, selbst wenn dies nicht der Fall ist.
- Die entstandenen Bilder können suggestiv wirken und Ihr Denken in die falsche Richtung lenken
- Komplexe Sachverhalte werden stark verkürzt dargestellt

Was benötigt man für einen Mind Mapping?

[Kreative Techniken zur Ideenfindung] [Copyright]
[Kreativtechniken Kompakt] [Brainstorming] [Brainwriting] [Mindmapping]
[Was benötigt man für einen Mind Map?]
[Die sieben Grundregeln des Mindmapping] [Bisoziation] [Synektik]
[Denkhüte und Denkstühle] [Die Osborn- Checkliste]
[Konzeptfächer und progressive Abstraktion]

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Was benötigt man für einen Mind Ma

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Was benötigt
Die sieben Gr
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Check
Konzeptfächer und

Dies benötigt man für einen Mind Map

- Ein mindestens DIN-A4 großes Blatt Papier
- Schreibwerkzeug, möglichst in verschiedenen Farben

-

Zeitbedarf: 20 bis 30 Minuten

Neben dem strategischen Vorteil die das Erstellen eines Mind Maps hat, funktioniert es auch sehr gut als Erinnerungstütze und versetzt Sie in der Lage auch später noch ein Thema wieder aufzugreifen und schnell die Orientierung zu finden.

Wie er stellt man einen Mind Map?

Man beginnt in der Mitte des Blattes. Dort sollte der zentrale Begriff, um den es geht, stehen. Es steht ihnen frei diesen zentralen Begriff auch bildlich darzustellen. Von diesem zentralen Bild oder Begriff beginnt man nun mehrere Linien abzweigen zu lassen. Auf jede diese Linien wird ein Begriff geschrieben, den man aus dem vorgegebenen Thema ableiten kann. Dabei sollte man nicht zu lang überlegen, sondern einfach, was einem in den Sinn kommt, niederschreiben.

Nehmen wir als Beispiel das Thema Effektivität. Hier lassen sich Begriffe ableiten wie etwa:

- Zeit sparen
- Schnelligkeit
- Ökonomie
- Gewinnbringend
- Hilfsmittel.

- Von diesen Begriffen ausgehend fallen einem wieder Andere ein, die auf neue Linien beschrieben werden. Nach und nach werden Zusammenhänge erkennbar, die es ermöglichen, auch abseitige Aspekte zu betrachten. Zunehmend füllt sich ihr Blatt. Sobald man das Gefühl hat, man hat das Wichtigste notiert, ist das Mind Map vorläufig fertig. Ein Beispiel für ein Mind Map ist auf der nebenstehenden Abbildung dargestellt.

Die sieben Grundregeln des Mindmapping

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

[Kreative Techniken zur Ideenfindung] [Copyright]
[Kreativtechniken Kompakt] [Brainstorming] [Brainwriting] [Mindmapping]
[Was benötigt man für einen Mind Map?]
[Die sieben Grundregeln des Mindmapping] [Bisoziation] [Synektik]
[Denkhüte und Denkstühle] [Die Osborn- Checkliste]
[Konzeptfächer und progressive Abstraktion]

Die sieben Grundregeln des Mindmap

Kreative Techniken
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping ◄
Was benötigt
Die sieben Gr
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denk
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Tony Buzan, der Erfinder des Mind Maps hat sieben Grundregeln formuliert, nach denen ein Mind Map zu gestalten ist:

- Beginnen sie mit einem farbigen Bild in der Mitte
- Schreiben Sie alle Wörter in Großbuchstaben, das fördert die Übersichtlichkeit.
- Die Wörter sollen auf Linien stehen, wobei jede Linie mit anderen Linien verbunden ist
- Verwenden Sie nach Möglichkeit nur ein Stichwort pro Linie
- Benutzen sie möglichst viele Farben
- Ignorieren sie kontrolliertes denken und halten Sie möglichst alles fest, was ihnen im Zusammenhang mit der Zentralidee in den Sinn kommt.

- Beispiel

Um Mind Maps noch übersichtlicher zu gestalten, steht es Ihnen frei individuelle Symbole zu verwenden. Sie verwenden diese Symbole einheitlich, um beispielsweise Fragen, Ziele oder Wünsche gegeneinander abzugrenzen.

Wie kann man Mind Maps effektiv nutzen?

Wenn sie gerade damit anfangen sich mit einem Thema zu beschäftigen, ist es sehr sinnvoll ein Mind Map zu erstellen.

Schreiben Sie alles auf, was ihnen einfällt, und sie werden sich wundern, wie viel sie bereits über dieses Thema wissen, selbst wenn sie geglaubt haben noch gar nichts zu wissen.

Wenn sie beginnen ein Mind Maps in die Praxis umzusetzen, so sollten sie das Mind Map kontinuierlich ergänzen, um es den gegenwärtigen Umständen anzupassen. Irgendwann kann es natürlich passieren, dass ein Mind Map unübersichtlich wird. Dies ist der beste Zeitpunkt ein neues anzufangen. Denn ein aktuelles Mind Map lässt sich auch am besten nutzen.

Sobald dann meint man fertig ist, sollten sie es sich sehr genau anschauen und vielleicht mit jemand anderem darüber reden. Möglicherweise ergeben sich neue Zusammenhänge die sie dazu verleiten neue Prioritäten zu setzen.

Seien Sie jedoch vorsichtig, obwohl ein Mind Map fast immer sehr strukturiert aussieht, muss das nicht bedeuten, dass damit das Problem auch strukturiert gelöst ist. Machen Sie sich die Grenzen dieser Technik genau bewusst. Nur dann können sie Mind Mapping wirklich effektiv und zielführend einsetzen.

Die Individualität der Mind Maps macht es schwierig die, von fremden Personen Erstellten zu verstehen. Sie sollten sich diese, so Sie daran interessiert sind, genau erklären lassen. Nur so lassen sich Missverständnisse der individuellen Schreibweise verhindern.

Es gibt eine Variante des Mind Mapping die bei komplexen Problemen zielführend ist.

Sie notieren die einzelnen Schlüsselbegriffe und Ideen nicht direkt in das Mind Map, sondern zunächst auf Kartei Karten oder Haft Notizen. Diese können dann leicht auf dem zu erstellenden Mind Map verschoben, weggenommen oder neu kombiniert werden. Obwohl mit dieser Technik die Gestaltungsmöglichkeiten nicht so groß sind, sind sie doch wesentlich flexibler. Sind sie mit ihrem Ergebnis zufrieden, sollten Sie daraus möglichst bald ein „echtes Mind Map herstellen, ansonsten ist das Ergebnis äußerst flüchtig.

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Auf welche W
Synektik
Denkhüte und Denk
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Bisoziation oder Benchmarking

Bei der Frage „Woher kreative Leistungen kommen stößt man relativ schnell auf das Prinzip der Bisoziation. Bei dieser Technik wird in zwei, vorher unverbundenen Denkdimensionen gedacht. Ein sehr schönes Beispiel ist Johannes Gutenberg. Als er die Merkmale der Weinpresse mit denen des Münzprägestempels verband, erfand er die Druckpresse mit beweglichen Lettern.

Was leistet die Bisoziation?

Hier handelt sich um eine sehr vielseitige Technik. Ihre Effektivität hängt sehr stark von der Wahl der beiden Denkdimensionen ab. Das Prinzip der Bisoziation liegt auch anderen Kreativitätstechniken zugrunde, die später noch beschrieben werden. Bei diesen wird Ihnen die Wahl der zweiten Denkdimension jedoch abgenommen.

Für die folgenden Bereiche ist die Technik der Bisoziation besonders geeignet:

- Technische Probleme und Erfindungen
- Im künstlerischen Bereich
- Gut strukturiertes Fragen und Probleme

Die Technik hat aber auch ihre Schwächen:

- Es ist besser vorher zu wissen, wo sie suchen müssen
- Sie kann sehr langwierig sein
- Brauchbarer Analogien sind relativ selten, prüfen Sie daher jeder Einzelne sorgfältig.

Die folgenden Dinge benötigen Sie für die Technik der Bisoziation:

- Beobachtungsgabe
- Fantasie
- Zeit
- Neugier
- Glück
- fachliche Kompetenz
- strukturelle Intelligenz

Je nach Fragestellung, benötigen sie von diesen Dingen mehr oder weniger.

Dauer: diese Technik kann sehr zeitaufwendig sein, daher empfiehlt sich eine zeitliche Begrenzung für diese Gruppen Sitzung anzusetzen (zwei bis vier Stunden). Die Technik der Bisoziation ist eine äußerst flexible Denktechnik, die sich auf viele Fragestellungen anwenden lässt.

Auf welche Weise lassen sich nun geeignete Bisoziation und finden?

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Auf welche Weise lassen sich nun ge

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Auf welche W
Synektik
Denkhüte und Denk
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Bei der Lösungssuche werden vier Phasen durchlaufen:

- Problemdefinition
- Auffinden der zweiten den Denkimension
- Erkennen von Analogien
- Transfer der Lösung

Das Problem definieren

Das Problem sollte zu Beginn klipp und klar definiert werden. Beispiel: Sie möchten ein Werkzeug konstruieren, dass sehr vielseitig ist und trotzdem in jede Hosentasche passt.

Sie sollten sich fragen: „worum geht es hier eigentlich? Die beste Taktik ist, das Problem von möglichst vielen Seiten einzukreisen. Erstellen Sie eine Liste, welche die Anforderungen ihre Lösung erfüllen muss.

Finden sie den Einstieg in die zweite Denk Dimension.

An dieser Stelle fängt die Sache an, kreative Leistung zu fordern: es ist nicht leicht die zweite Denkdimension aufzuspüren, die geeignet ist, Ihr Problem zu lösen.

Der beste Einstieg ist die Überlegung, was ist so ähnlich, was sie erreichen möchten. Warum funktioniert etwas in einem Bereich, welches bei ihnen nicht funktioniert. Dabei ist es unerheblich, wie weit sie sich von ihrem Ausgangspunkt entfernen. Ob sie sich bei der Entwicklung ihres Werkzeugs, welches in jede Hosentasche passen soll, von Insekten, Regenschirmen oder anderen Dingen, die es vielleicht schon gibt anregen lassen, ist völlig unerheblich solange die Sache funktioniert.

Analogien erkennen

Dies ist eine der wichtigsten Teile dieser Technik: sie sollten sehr aufmerksam sein, nach Analogien und gemeinsame Prinzipien suchen. Am besten ist es wenn sie die Gesetzmäßigkeiten erkennen und prüfen ob sich diese in ihrem Bereich übertragen lassen.

Das heißt nicht, dass sie in diesem fremden Bereich zum Experten werden müssen. Dies wäre unter Umständen sogar nachteilig. Das heißt, dass ein Flugzeugkonstrukteur, der die Flügel eines Vogels untersucht, nicht zum Vogelkundler werden muss. Aber oftmals ist es hilfreich einen solchen Experten zu befragen.

Bei der Suche nach Analogien sollten sie auch nahe liegende Bereiche berücksichtigen. Denn nicht immer ist die Entfernteste auch die beste Lösung: wenn Sie ein Werkzeug entwerfen wollen müssen Sie also nicht unbedingt ein Vorbild in der Natur suchen, manchmal reicht es auch aus ein wenig bei anderen Herstellern zu spionieren. Dies klingt natürlich sehr naheliegend und wenig kreativ, doch in vielen Fällen kommen so nicht nur gute sondern auch äußerst kreative Ideen zustande. Damit sind wir noch nicht am Ende angekommen, denn der entscheidende Schritt steht ihnen noch bevor: sie müssen die Lösung auf ihren Bereich übertragen.

Der Transfer

Eine gute Idee aus anderen Bereichen einfach zu übernehmen klingt vielleicht einfach, ist jedoch nicht ausreichend. Sie muss in dem neuen Bereich, den sie anstreben, auch funktionieren. Das heißt, es müssen in der Regel noch einige Dinge verändert werden. Wie Sie sich sicher vorstellen können, fliegt ein Flugzeug eben nicht genauso wie ein Vogel, weshalb zwei Elemente des Flügels übernommen werden können, andere jedoch möglicherweise abgeändert werden müssen. Dann heißt es, dass sie die Idee ihrer Routine anpassen müssen. Denn erst dann zeigt sich, ob sie wirklich brauchbar, und damit kreativ ist.

Die oben vorgestellte Strategie erinnert uns berechtigterweise an den Forschungsbereich der **Bionik**. In einem Bereich werden viele Erfinder und Konstruktor fündig: der Natur. Sie kennen sicher die geniale Erfindung des Klettverschluss, welche sich von ihrem Vorbild den eher lästigen Kletten ableitet. Die Hautoberfläche von Delphinen und Haien inspirierte Konstrukteure, die Fortbewegung von U-Boten zu optimieren. Die Übertragung von Vorbildern aus der Natur in den Bereich der Technik heißt Bionik und gilt als außerordentlich leistungsfähige Methode.

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Ablauf einer S
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Hierbei handelt sich um einen Klassiker der Kreativitätstechniken, der Anfang der sechziger Jahre von dem Amerikaner William Gordon entwickelt wurde. Es handelt sich hier um eine recht anspruchsvolle Verfremdungsmethode die auch von zahlreichen namhaften Unternehmen eingesetzt wird. In abgewandelter Form lässt sie sich auch von Einzelpersonen nutzen. Im Prinzip arbeitet die Synektik ähnlich wie die Bisoziation. Jedoch weicht sie in einem entscheidenden Punkt wesentlich ab: Sie suchen sich nicht irgendeinen selbst gewählten fremden Bereich, in dem sie nach Anregungen für ihre Lösung forschen, sondern sie entfernen sich über drei bis vier Verfremdungsschritte immer weiter von ihrem Problem.

Was leistet Synektik?

Dadurch, dass sie ihren Problemkreis gedanklichen weit verlassen, ermöglicht diese Technik, dass Sie unvoreingenommen und ohne Scheu oder Betriebsblindheit an ihr Problem heran gehen und es lösen.

Die Synektik ist für folgende Bereiche besonders geeignet:

- Ausgesprochen schwierige Probleme
- Neue Entwicklungen oder Produkte
- Versierte Problemlöser als Teilnehmer

Auch die Synektik hat ihre Schwächen, denn sie ist **für Anfänger grundsätzlich ungeeignet.**

Die folgenden Dinge benötigen Sie für eine Synektik Sitzung:

- Vier bis acht Teilnehmer
- Einem Moderator
- Einen Protokollanten (das kann auch vom Moderator übernommen werden)
- Eine Tafel, Flipchart- oder Moderationswand zum Aufzeichnen der Vorschläge

Dauer: 4 bis 8 Stunden

Diese Technik ist nicht nur außerordentlich aufwändig, sie ist auch sehr anspruchsvoll und fordert viel von Teilnehmern und Moderator.

Ablauf einer Synektik Sitzung

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Ablauf einer Synektik Sitzung

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik ◄
Ablauf einer S
Denkhüte und Denk
Die Osborn- Check
Konzeptfächer und

1. Das Problem wird formuliert

Diese Phase dauert ungefähr 15 bis 30 Minuten. Zu Beginn informiert der Moderator die Teilnehmer über den zeitlichen Ablauf der Sitzung und erklärt das Problem. Zu diesem Zeitpunkt können auch noch Verständnisfragen geklärt werden. Alle notwendigen Informationen müssen zu diesem Zeitpunkt verstanden sein. Sollte einer der Teilnehmer ergänzende Information und bereit haben, so sollte er sie der Gruppe nicht vorenthalten.

2. Brainstorming

Dauer dieser Phase ist 10 Minuten. In einem kurzen Brainstorming werden spontane Lösungsvorschläge gesammelt. Dies hat den Vorteil, dass die Teilnehmer unbelastet in den eigentlichen Synektik Prozess eintreten können. Die Ideen werden formuliert und z.B. auf den Flipchart notiert, zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht ausgewertet.

3. Formulieren sie das Problem neu

Dauer: 5 bis 10 Minuten. Meistens ergeben sich durch das Brainstorming neue Aspekte. Dann kann es sinnvoll sein das Problem um zu formulieren mit dem Hintergrund, dass alle Teilnehmer von der gleichen Fragestellung ausgehen. Ob das nötig ist wird vom Moderator entschieden.

4. Bilden sie eine so genannte direkte Analogie

Dauer dieser Phase:20 Minuten.

Nach den Regeln der Bisoziation wird versucht eine Entsprechung des Problems aus einem anderen Bereich zu finden. Dieser Bereich wird in der Regel vom Moderator vorgegeben und ist in den meisten Fällen aus dem Bereich der Natur. Auch hier ist die Natur wieder so beliebt, weil fast jedes Problem auf dieses Gebiet projiziert werden kann. Nun werden die Antworten gesammelt und am Ende wählt die Gruppe eine Antwort aus.

5. Bilden sie eine persönliche Analogie

Dauer:20 Minuten.

Die Antwort aus der letzten Phase bildet den Ausgangspunkt für ihre persönliche Analogie. Jeder Teilnehmer versucht sich in den Gegenstand hinein zu versetzen und stellt sich die Frage " Wie fühle ich mich/verhalte ich mich als...?" Auch hier wird von der Gruppe ein Vorschlag ausgewählt.

6. Finden Sie eine symbolische Analogie

Dauer:10 Minuten.

Wieder wird ausgehend vom Vorschlag aus dem Vorhergehenden Schritt von den Teilnehmern nach ungewöhnlichen Vergleichen gesucht. Hier jedoch kommen die Vergleiche aus dem Bereich der Formen, Bilder oder Klänge. Es geht hierbei um die Verdichtung des Gefühls. Dabei können auch recht widersprüchliche Vergleiche und Paradoxa wie "Strahlende Dunkelheit" gebildet werden. Am Ende entscheidet wieder die Gruppe mit welcher Lösung weiter gearbeitet wird

7. Bilden sie eine zweite direkte Analogie

Dauer:20 Minuten.

Hier sollte die Lösung denkbar weit von der Ursprungsfrage entfernt sein. Es soll noch einmal auf einen bestimmten Bereich projiziert werden. Wurde im Schritt vier der Bereich Natur ausgewählt, so ist es nun häufig der Bereich Technik, der zum Einsatz kommt. Alle stellen sich auch hier wieder die Teilnehmer eine Frage: " auf welche technischen Geräte oder Verfahren könnte die Antwort des vorhergehenden Schrittees zutreffen?" Hier können ebenfalls eine bis drei Lösungen ausgewählt werden

8. Analysieren Sie die Analogien

Dauer dieser Phase:20 Minuten.

Ziel ist es eine Liste der Merkmale und Funktionsprinzipien der ausgewählten Analogien aufzuzeichnen. Was zeichnet die gefundenen Geräte oder Verfahren aus?

9. Force fit

Dauer:30 Minuten.

Dies ist die entscheidende Phase: die zuvor aufgestellte Merkmalsliste wird nun auf die Ausgangsfrage zurückbezogen. Welche Bedeutung haben die Merkmale dieser Liste in Hinsicht auf unser Problem?

Wurde zuvor in vier Schritten ein großer Abstand zur Ausgangsfrage erzielt, so müssen nun die Teilnehmer nun mit einem Riesensatz zurückspringen und brauchbare Ideen finden. Wichtig ist jedoch, dass sie sich auf eine Lösung einigen müssen, wie auch immer diese aussieht, denn dieser Schritt heißt nicht ohne Grund „force fit oder übersetzt: "erzwungene Einigung".

Die Methode der Synektik ist nicht ganz unproblematisch, denn der Zwang zu kreativen Ideen kann eine sog. kreative Denkfalle öffnen, mit dem Ergebnis, dass die Teilnehmer die abwegigsten Ideen produzieren, die sich nie in die Praxis umsetzen lassen. Aus diesem Grund ist das „Force Fit ein unbedingter Bestandteil dieser Methode, die er sowohl von den Teilnehmern als auch vom Moderator ein Höchstmaß an Fantasie und Konzentration abverlangt. Es empfiehlt sich daher vor diesem Schritt eine Pause einzulegen.

10. Formulieren sie Lösungsansätze

Dauer:20 Minuten.

Ausgehend von den Ideen aus der letzten Phase, formuliert die Gruppe ihre Lösungsansätze. Dabei ist weniger die Anzahl der Lösungsansätze wichtig, als dass diese auch weiter ausgearbeitet werden können. Damit ist das Ziel der synektischen Sitzung erreicht.

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Denkhüte und Denkstühle

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Den
So setzen Sie
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

Es gibt Kreativitätstechniken die darauf beruhen, dass sich der Anwender in eine Situation oder gar in einer Person oder Rolle hinein versetzt. Stellen Sie sich die Frage: " was würde ein zehnjähriges Kind dazu sagen?" Obwohl diese Techniken vielfach als unseriös angesehen werden, sind sie oft erstaunlich effektiv; flexibel und auch sehr erfolgreich. Obwohl Sie sich prinzipiell in jede Rolle hinein versetzen könnten, gibt es Technikern die es nicht bei unverbindlichen Vorgaben belassen. Auf diese Art und Weise sind die "6 Denkhüte" von De Bono oder die " drei Denkstühle " von Walt Disney entstanden.

Was leisten solche Techniken?

Diese Techniken versetzen Sie in der Lage, ihr Problem aus unterschiedlichen Perspektiven zu durchdenken. Dabei werden alle Aspekte erfasst, und zwar wesentlich effizienter, als wenn sie " direkt " darüber nachdenken. Sie können wesentlich spielerischer und „rücksichtsloser vorgehen, wenn sie sich in bestimmte Rollen oder Standpunkte projizieren. Dies erweitert ihren Ideenradius erheblich.

Die Stärken dieser Techniken:

- Ermöglicht eine Distanz zu ihrem Problem
- Betrachtet das Problem aus mehreren Perspektiven
- Kann bei Gruppensitzungen Spannungen lösten

Aber auch hier gibt es Schwächen:

Die Technik bleibt verhältnismäßig nah an ihrem gewohnten Denken; wenn sie kreativer sein möchten, sollten Sie auf andere Techniken zurückgreifen.

Die Technik wirkt zunächst etwas unnatürlich; ihre Wirksamkeit entfaltet sich erst nach einiger Übung

Im Folgenden werden diese Techniken am Beispiel von Disney´s Denkstühlen erklärt.

Von Walt Disney wird berichtet, dass es sich bei seiner kreativen Arbeit nacheinander in verschiedenen Rollen versetzt hat:

- Die des Träumers
- Des Realisten
- Des Kritikers

Disney habe diese Rollen zuvor ist so gut wie möglich getrennt. Dies tat er daher durch, dass er beim Wechsel der Rolle auch seinen Platz in seiner Firma wechselte. So soll er zunächst drei unterschiedliche Denkstühle gehabt haben, später sogar drei unterschiedliche Räume für seine unterschiedlichen Denkhaltungen.

So setzen Sie diese Strategie für sich ein

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

So setzen Sie diese Strategie für sich

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Den
So setzen Sie
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und

So setzen Sie diese Strategie für sich ein:

- Sie nehmen nacheinander verschiedene Denkhaltungen ein
- Diese Denkhaltungen verknüpfen sie mit bestimmten Ort zum „Verankern
-

Es ist ganz normal, dass sie zu Beginn etwas Mühe haben werden, sich in die entsprechende Denkhaltung hinein zu finden. Dies wird durch die Verbindung mit einem festen Platz erleichtert.

Der Stuhl des Träumers

Auf diesem Stuhl produzieren sie die fantastischsten Einfälle und spielen mit verschiedenen Möglichkeiten und auch Unmöglichkeiten. Sie dürfen fast alles, nur eines sollten sie tunlichst unterlassen: ernsthaft über das Problem nachzudenken. Spinnen sie ihre Ideen und Vorstellungen und bringen sie sie zu Papier.

Der Stuhl des Kritikers

Unterziehen sie ihre Ideen einer schonungslosen Kritik. Sie sollten prüfen, was sich umsetzen lässt und was nicht. Sie sollten sich die Frage stellen, ob sich die Sache lohnt und ob sie sie überhaupt wollen. Was überflüssig ist, sollte jetzt gestrichen werden.

Der Stuhl des Realisten

An diesem Platz kommen sie wieder zur " Normalität " zurück. Sie versuchen die verrückten Ideen des Träumers weiterzuentwickeln, greifen Anregungen auf und suchen schon jetzt nach neuen Lösungen. Weiterhin wählen Sie den kürzesten und zweckmäßigsten Weg aus. Dabei sollten sie sehr pragmatisch vorgehen.

Der Wechsel der Stühle

Sie sollten nicht zu lange auf einer bestimmten Stufe verweilen. Auch während der Fragestellung können sie mehrmals die Stühle wechseln. Wenn sie das Projekt abschließen wollen, sollten sie im Idealfall auf dem Stuhl des Realisten sitzen.

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Die Osborn- Checkliste

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Check
Wie wird mit
Konzeptfächer und

Alex Osborn, der Erfinder des Brainstorming, hat noch weitere Kreativtechniken entwickelt. Die Bekannteste ist die nach ihm benannte Checkliste, mit der Sie aus bereits existierenden Ideen neue Lösungen kreieren können.

Was leistet die Osborn- Checkliste?

Sollte die Lösung für ein vorhandenes Problem nur konventioneller oder unbefriedigender Natur sein, so können Sie anhand der Checkliste überprüfen, wo etwas verändert werden kann, um eine kreativere Lösungen zu finden.

Die Osborn- Checkliste ist besonders geeignet:

- Bei bereits vorliegenden Ideen oder Produkten
- Die Nachbearbeitung einer Brainstorming Sitzung
- Zum Auffinden origineller Produktideen

Diese Technik ist weniger geeignet:

- Wenn man erst am Anfang ganz Projektes steht
- Texte und Verfahren
- Wenn Originalität nicht gefragt ist

Es was benötigen sie um diese Technik durchzuführen?

- Eine existierende Idee oder ein Produkt, welches sie verbessern möchten
- Die hier vorliegende Checkliste

Dauer: etwa eine Stunde; Unterbrechungen sind möglich.

Mit der Osborn Checkliste lassen sich schwache Ideen oder Produkte mit Kreativität "aufpeppen".

Wie wird mit der Osborn Checkliste gearbeitet?

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Wie wird mit der Osborn Checkliste g

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Check
Wie wird mit
Konzeptfächer und

Für jede Idee oder jedes Produkt welches Sie bearbeiten möchten, sollten Sie die Checkliste komplett durchgehen. Sie sollten sich genügend Zeit für jeden einzelnen Punkt einräumen und zu jedem Punkt mindestens eine Ideen notieren.

- **Anderes verwenden!** - Gibt es eine andere Möglichkeit das Produkt zu gebrauchen? Können Sie die Idee woanders einsetzen?
- **Anpassen!** - Gibt es etwas, was dieser Idee ähnelt? Existieren Parallelen? Was könnten Sie nachahmen?
- **Ändern!** - Können sie die Größe, Form, Farbe, Bewegung etc. verändern?
- **Vergrößern!** - Können sie ist größer machen? Etwas hinzufügen? Die Stärke, die Höhe, den Wert, die Länge, oder den Abstand ferneren? Können Sie es duplizieren? Oder gar übertreiben, vielleicht vergröbern?
- **Verkleinern!** - Kann man es kleiner machen? Etwas wegnehmen oder tiefer machen? Geht es kürzer, dünner oder leichter? Was ist wenn sie es heller, von einer oder gar aufspalten? Kann man es als Miniatur verwenden?
- **Ersetzen!** - Was kann an dieser Idee ausgetauscht werden? Kann der Prozess anderes gestaltet werden? Lassen sich die Positionen, Tonlagen, oder Elemente durch andere ersetzen?
- **Umstellen!** - Können Teile oder Abschnitte ausgetauscht werden? Was ist mit der Reihenfolge, kann man Ursache und Wirkung umdrehen?
- **Umkehren!** - Kann man aus der Idee das Gegenteil machen? Wie sieht Idee spiegelverkehrt aus? Oder lässt sich die Idee gar um 180 Grad drehen?
- **Kombinieren!** - Lassen sich andere Ideen mit der bestehenden Idee verbinden oder kombinieren? Oder lässt sich die Idee in ein bestehendes größeres Ganzes einfügen, in Module oder Bausteine zerlegen?
- **Transformieren!** - Kann man die Eigenschaften der Idee verändern? Kann man die Idee ausdehnen, transparent machen, verhärten oder verflüssigen?

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

[Kreative Techniken zur Ideenfindung] [Copyright]
[Kreativtechniken Kompakt] [Brainstorming] [Brainwriting] [Mindmapping]
[Bisoziation] [Synektik] [Denkhüte und Denkstühle] [Die Osborn- Checkliste]
[Wie wird mit der Osborn Checkliste gearbeitet?]
[Konzeptfächer und progressive Abstraktion]

Konzeptfächer und progressive Abstr

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denl
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer un
Wie geht man

Manchmal hat man sich bei einem Problem festgefahren und kommt nicht mehr weiter. Dann es ist oft sehr hilfreich, wenn sie die Betrachtungsebene ändern. Das heißt in den meisten Fällen: die Frage muss grundsätzlicher formuliert werden. Mit diesen Techniken lässt sich das Problem oft überraschend einfach lösen.

Die folgenden zwei Techniken greifen auf genau dieses Prinzip zurück. Diese Methoden wurden von Edward de Bono (Konzeptfächer) und von H. Geschka (progressive Abstraktion) entworfen.

Beide Techniken helfen systematisch eine Vielzahl von Lösungsmethoden zu entwickeln und dabei die beste Alternative zu finden.

Für folgende Fälle sind die Techniken besonders geeignet:

- Wenn man sich an einer Frage festgefahren hat
- Bei strategischen Fragen
- Wenn eine bestehende Lösung verbessert werden soll
-

Weniger geeignet sind diese Technik und für:

- Den Fall, dass sie keine Lösung oder Belegung haben, von der sie ausgehen können
- Wilde Ideen und kreative Sprünge
-

Was benötigen Sie für diese Techniken?

Wenn sie diese Techniken in Einzelarbeit durchführen benötigen sie Schreibzeug und Papier. Bei Gruppenarbeit (vier bis sechs Teilnehmer) benötigen sie einen Moderator, der auch Protokollieren kann, sowie eine Tafel oder Flipchart.

Dauer: sehr unterschiedlich und abhängig von der Aufgabenstellung; oft kommt man ganz schnell zu einer Lösung.

Die progressive Abstraktion bzw. die Konzeptfächer ermöglichen es ihnen systematisch dem Grundsätzlichen ihrer Idee auf die Spur zu kommen. Sie können, ohne die bereits geleistete Arbeit zu verwerfen, den Denkprozess noch einmal von vorne beginnen.

Wie geht man bei der Arbeit mit dem Konzeptfächern und der progressiven Abstraktion vor?

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

[Kreative Techniken zur Ideenfindung] [Copyright]
[Kreativtechniken Kompakt] [Brainstorming] [Brainwriting] [Mindmapping]
[Bisoziation] [Synektik] [Denkhüte und Denkstühle] [Die Osborn- Checkliste]
[Konzeptfächer und progressive Abstraktion]
[Wie geht man bei der Arbeit mit dem Konzeptfächern und der prog ressiven Abstraktion vor?]

Wie geht man bei der Arbeit mit der

Das Prinzip ist simpel, einfach und einleuchtend: als Ausgangspunkt nehmen Sie die unzulängliche Lösung des Problems und versuchen es auf eine allgemeine Ebene zurückzuführen (= Abstraktion). Sie können sich auch fragen, welches Konzept hinter dieser Lösung steht. Im Folgenden werden die drei Schritte beschrieben, mit denen sie zu einer besseren Lösung kommen. Diese Abfolge ist beliebig wiederholbar.

- Worum geht es eigentlich? Legen Sie dies bitte fest.
- Sie erschließen sich Handlungsalternativen
- Sie entscheiden sich für eine Lösung

-

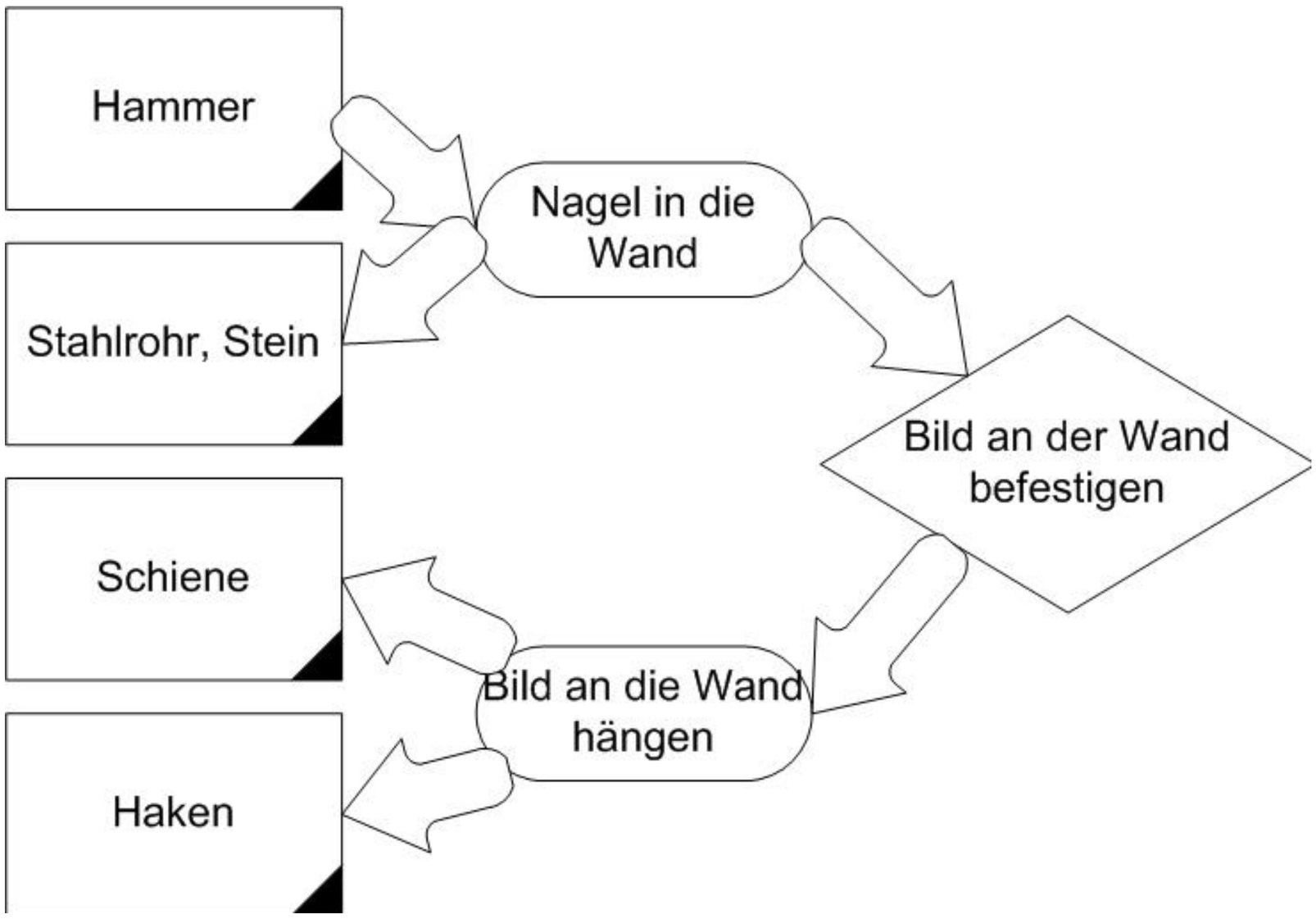
Worum geht es?

Durch Abstraktion verlagern Sie das Problem auf die nächst höhere Ebene. Hierbei sollten Sie nicht zu übertrieben vorgehen.

- Welche Alternativen gibt es?
- Mit welchen Möglichkeiten kann man dieses Konzept realisieren?
- Für welche Lösung entscheiden Sie sich?

-

Sie prüfen die Alternativen auf ihre Brauchbarkeit und entscheiden sich für eine von ihnen. Haben sie eine passende Lösung gefunden, ist Ihr Problem gelöst. In dem Fall, dass sie nicht zufrieden sind sollten Sie auf keinen Fall aufhören. Abstrahieren sie einfach weiter! Der nächste Schritt entspricht dann wieder dem Ersten, nur arbeiten sie jetzt auf einer noch allgemeineren Ebene und können noch mehr Alternativen in Betracht ziehen. Das wiederholte abstrahieren führt zu einer fächerförmigen Struktur. Je weiter sie sich von ihrem Ausgangspunkt wegbewegen, also stärker abstrahieren, umso mehr Optionen ergeben sich auf der unteren Ebene. Allerdings müssen diese Optionen zunächst aus den übergeordneten Konzepten abgeleitet werden. Im folgenden Schaubild ist dargestellt wie solche Konzeptfächer aussehen können. Das Beispiel ist natürlich banal, aber die Methode lässt sich auch auf komplexere Fragestellungen anwenden.



[Kreative Techniken zur Ideenfindung] [Copyright]
[Kreativtechniken Kompakt] [Brainstorming] [Brainwriting] [Mindmapping]
[Bisoziation] [Synektik] [Denkhüte und Denkstühle] [Die Osborn- Checkliste]
[Konzeptfächer und progressive Abstraktion]
[Wie geht man bei der Arbeit mit dem Konzeptfächern und der prog
ressiven Abstraktion vor?]

(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

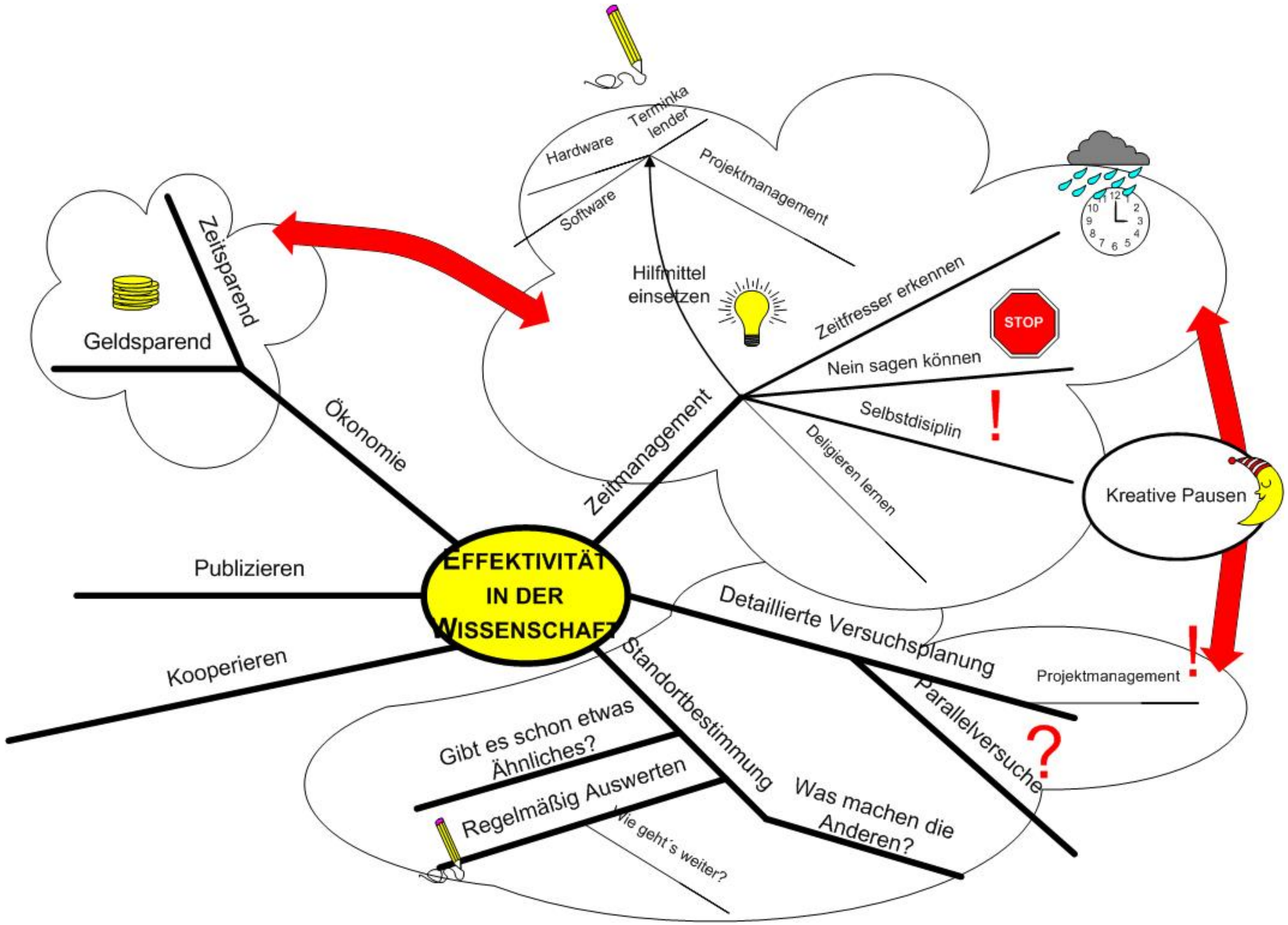
Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

Beispiel Effektivität

Kreative Techniker
Copyright
Kreativtechniken K
Brainstorming
Brainwriting
Mindmapping
Was benötigt
Die sieben Gr
Bisoziation
Synektik
Denkhüte und Denk
Die Osborn- Checkl
Konzeptfächer und



(c) 2004 Verlag Dr. Thorsten Schwerte

Auszug aus dem Buch Der Stoff aus dem die Erfindungen sind

Untertitel: Patente leicht gemacht.

Hier wurden Abertausende Patente analysiert und die Innovationen des Patents kategorisiert. Daraus entsteht ein Konzept, wie man aus seiner Entdeckung das perfekte Patent macht oder wie man etwas Bedeutsames noch besser macht.

[Kreative Techniken zur Ideenfindung] [Copyright]
[Kreativtechniken Kompakt] [Brainstorming] [Brainwriting] [Mindmapping]
[Was benötigt man für einen Mind Map?]
[Die sieben Grundregeln des Mindmapping] [Bisoziation] [Synektik]
[Denkhüte und Denkstühle] [Die Osborn- Checkliste]
[Konzeptfächer und progressive Abstraktion]

AT157934B	10.02.1940	DOCK HANS ING DR KILLIAN KARL ING	DOCK HANS ING DR KILLIAN KARL ING	[DE] Verfahren und Einrichtung zur Bestimmung der Abweichung der angenäherten ...
AT185580B	11.05.1956		ZEISS CARL FA, DE	[DE] Spiegelstereoskop für die Auswertung von Luftbildern
AT186871B	25.09.1956		ZEISS AEROTOPOGRAPH G M B H, DE	[DE] Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern
AT193624B	25.11.1957		ZEISS AEROTOPOGRAPH G M B H, DE	[DE] Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener ...
AT330576B	12.07.1976	HAINDL ALFRED	HAINDL ALFRED	[DE] LUFTBILDVORRICHTUNG, INSBESONDERE FUR FESSELBALLONS
AT381799B	25.11.1986		HAINDL ALFRED, 0W	[DE] LUFTBILDVORRICHTUNG MIT EINER KAMERA, INSBESONDERE FUER FESSELBALLONS
AT395357B	10.12.1992		STOCKREITER FRANZ DIPL ING, 0W	[DE] VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON STEREO LUFTBILDBETRACHTERN [EN] Method ...
CH136418A	15.11.1929	H PHOTOGRAMMETRIE G M B, DE	PHOTOGRAMMETRIE G M B H, DE	[DE] Vorrichtung zur Entnahme des Grundrisses von Punkten und Linien ...
CH324717A	15.10.1957	DEKER HERMANN DIPL ING, DE	ZEISS AEROTOPOGRAPH GMBH, DE	[DE] Einrichtung für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts ...
CH324743A	15.10.1957	HEINRICH SONNBERGER, DE	ZEISS CARL FA, DE	[DE] Spiegelstereoskop für die Auswertung von Luftbildern
CH328478A	15.03.1958	KURT WOLF, DE	ZEISS CARL FA, DE	[DE] Zeichenvorrichtung, insbesondere für Auswertegeräte von Luftbildern
CH331242A	15.07.1958	HEINRICH SONNBERGER, DE PROF SCHWIDEFSKY KURT DR, DE	ZEISS CARL FA, DE	[DE] Luftbildkamera
CH332176A	31.08.1958	DEKER HERMANN DIPL ING, DE	ZEISS AEROTOPOGRAPH GMBH, DE	[DE] Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern
CH336691A	28.02.1959	HEINRICH SONNBERGER, DE	ZEISS CARL FA, DE	[DE] Kameraverschluss für Luftbildkamera
CH372849A	31.10.1963	HENK YZERMAN, CH	KERN & CO AG, CH	[DE] Verfahren zur paarweisen photogrammetrischen Auswertung stereometrisch ...
CH375913A	15.03.1964	HANK YZERMAN-AUSTIN, CH RUDOLF HALLER, CH	KERN & CO AG, CH	[DE] Verfahren zur paarweisen photogrammetrischen Auswertung stereometrisch ...
CH377191A	30.04.1964	JACOBUS CORNELIS NIEUWENHOVEN, NL BOUWERS ALBERT DR, NL	OPTISCHE IND DE OUDE DELFT NV, NL	[DE] Luftbildkamera für Reihenaufnahmen sowie Verfahren zum Betrieb derselben ...
CH383143A	15.10.1964	RODERIC M SCOTT, US	PERKIN ELMER CORP, US	[DE] Luftbild-Panoramakamera
CH406656A	31.01.1966	SCHOELER HORST DIPL ING, DE DR WEIBRECHT OTTO ING, DE	ZEISS JENA VEB CARL, DE	[DE] Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines ...
CH449405A	31.12.1967	HENK YZERMAN, CH	SWISSAIR PHOTO AG, CH	[DE] Einrichtung mit einer Luftbildkamera zum Aufnehmen einer Serie photogrammetrischer ...
CH654916A	14.03.1986	KUCHER GERHARD	WILD HEERBRUGG AG	[DE] BELICHTUNGSREGELEINRICHTUNG AN EINER LUFTBILDKAMERA.
CH654917A	14.03.1986	ZETH ULRICH KLOSE HEINRICH VOSS GUENTHER WINKLER PETER	ZEISS JENA VEB CARL	[DE] VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG VON OPTIMALEN FILMENTWICKLUNGSPARAMETERN ...

CH666970A	31.08.1988	GOERSCH RAINER GRAEFE WOLF-RAINER GRUNDMANN HANS-JOERG POERSCHKE PETER STEFFEN WERNER BRAUNSCHWEIG THOMAS MARK ROLF PETER BECK BERNARD	ZEISS JENA VEB CARL	[DE] ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR AUTOMATISCHEN STEUERUNG VON LUFTBILDAUFNAHMEKAMERAS.
CH667539A	14.10.1988	ZETH ULRICH REMPKE WILFRIED VOIGT KLAUS-DITMAR	ZEISS JENA VEB CARL	[DE] VERFAHREN ZUR VERZOEGERUNGSFREIEN VERSCHLUSSAUSLOESUNG BEI DREHSCHEIBENVERSCHLUESSEN ...
CH689499A	14.05.1999	MUFF BRUNO MUFF STEFAN	SYMPLAN MAP AG	[DE] Verfahren zur visualisierung von flaechigen, linearen und punktuellen ...
DD221264A1	17.04.1985	MEHLHORN JUERGEN, DD TOEPERT HARRY, DD LICHTENAUER GERT, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] ANORDNUNG ZUR UEBERWACHUNG VON REIHENAUFNAHMEN BEI LUFTBILDKAMMERN
DD225515A1	31.07.1985	ZETH ULRICH, DD REMPKE WILFRIED, DD VOIGT KLAUS-DITMAR, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] VERFAHREN ZUR VERZOEGERUNGSFREIEN VERSCHLUSSAUSLOESUNG BEI DREHSCHEIBENVERSCHLUESSEN ...
DD228891A1	23.10.1985	MARK ROLF-PETER, DD VOSS GUENTHER, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] PHOTOGRAMMETRISCHE LUFTBILDMESSKAMMER
DD231206A3	24.12.1985	ROEDIGER BURKHARD, DD MUELLER SIEGFRIED, DD FRITSCHE PETER, DD	BAUAKADEMIE DDR, DD	[DE] SICHERHEITSVORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON LUFTBILDAUFNAHMEN
DD240595A1	05.11.1986	KLOSE HEINRICH, DD PLISCHKE FRANZ, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] ANORDNUNG ZUR DYNAMISCHEN LAGESTABILISIERUNG EINER LUFTBILDMESSKAMMER
DD241471A1	10.12.1986	BRAUNSCHWEIG THOMAS, DD BECK BERNHARD, DD DIETE NORBERT, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR AUTOMATISCHEN STEUERUNG VON LUFTBILDKAMERAS
DD245046A1	22.04.1987	ZETH ULRICH, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] VERFAHREN ZUR FILMVORRATSERMITTLUNG UND -ANZEIGE BEI LUFTBILDAUFNAHMEGERAETEN
DD253099A1	06.01.1988	BRAUNSCHWEIG THOMAS, DD VOSS GUENTHER, DD ZETH ULRICH, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] VERFAHREN ZUR EINSTELLUNG DER AUFNAHMEPARAMETER DES VERSCHLUSSES ...
DD259034A1	10.08.1988	DIETE NORBERT, DD LAACK ULRICH, DD KOCH RAIMUND, DD LAUENROTH GERHARD, DD BECK BERNARD, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] ANORDNUNG ZUR KOMPENSATION VON TEMPERATUREINFLUESSEN AUF DIE INNERE ...
DD268519A1	31.05.1989	PLISCHKE FRANZ, DD REMPKE WILFRIED, DD ZETH ULRICH, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] VERFAHREN ZUR ELIMINATION VON BILDVERWISCHUNGEN BEI DER LUFTBILDAUFNAHME
DD271950A1	20.09.1989	FREITAG WOLFGANG, DD GROSSMANN WILFRIED, DD GRUNEWALD UWE, DD RUDOLPH GUENTER, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER VERZEICHNUNGSVEKTOREN IM LUFTBILD OPTISCHER ...
DD272127A1	27.09.1989	BRAUNSCHWEIG THOMAS, DD DIETE NORBERT, DD VOSS GUENTHER, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] VERFAHREN ZUR DIFFERENTIELLEN BELICHTUNGSMESSUNG IN LUFTBILDKAMMERN
DD272714A1	18.10.1989	VOIGT THOMAS, DD	ZENTRUM FUER UMWELTGESTALTUNG, DD	[DE] VERFAHREN ZUR LUFTBILDGESTUETZTEN EICHUNG UND KONTROLLE VON MODELLEN ...
DD272717A1	18.10.1989	VOIGT THOMAS, DD	ZENTRUM FUER UMWELTGESTALTUNG, DD	[DE] VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON LUFTBILDMISCHUNGEN MIT HILFE EINES ...

DD281245A5	01.08.1990	KLOSE HEINRICH, DD	ZEISS JENA VEB CARL, DD	[DE] AUFHAENGUNG EINER PHOTOGRAMMETRISCHEN LUFTBILDMESSKAMMER
DE10010366A1	27.09.2001	Retzios, Evangelos, 12099 Berlin, DE	EKOS Entwicklung und Konstruktion optischer Systeme GmbH, 12099 Berlin, DE Retzios, Evangelos, 12099 Berlin, DE	[DE] VERFAHREN ZUR DIGITALEN AUFNAHME UND SPEICHERUNG VON BILDDATEN, ...
DE10010366C2	07.08.2003	Retzios, Evangelos, 12099 Berlin, DE	EKOS Entwicklung und Konstruktion optischer Systeme GmbH, 12099 Berlin, DE Retzios, Evangelos, 12099 Berlin, DE	[DE] Verfahren zur digitalen Aufnahme und Speicherung von Luftbildaufnahmen ...
DE10013567A1	27.09.2001	Driescher, Hans, Dr., 12559 Berlin, DE Eckardt, Andreas, 12524 Berlin, DE Biering, Bernd, 13053 Berlin, DE Greiner-Bär, Michael, 12489 Berlin, DE Grote, Ute, 12559 Berlin, DE Hotz, Alois, Götzis, AT Winterfeld, Walter, Widnau, CH	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 53175 Bonn, DE LH Systems GmbH, Heerbrugg, CH	[DE] LUFTBILDKAMERA FUER DIE PHOTOGRAMMETRIE
DE10013567B4	28.04.2005	Driescher, Hans, Dr., 12559 Berlin, DE Eckardt, Andreas, 12524 Berlin, DE Biering, Bernd, 13053 Berlin, DE Greiner-Bär, Michael, 12489 Berlin, DE Grote, Ute, 12559 Berlin, DE Hotz, Alois, Götzis, AT Winterfeld, Walter, Widnau, CH	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 51147 Köln, DE Leica Geosystems GIS & Mapping GmbH, Balgach, CH	[DE] Luftbildkamera für die Photogrammetrie
DE10017415A1	11.10.2001	Teuchert, Wolf-Dieter, Dr., 89551 Königsbronn, DE Hinz, Alexander, Dr., 89551 Königsbronn, DE	Z/I Imaging GmbH, 73447 Oberkochen, DE	[DE] KAMERA, INSBESONDERE LUFTBILDKAMERA
DE10112009A1	19.09.2002	Euer, Hartmut, Dipl.-Ing., 82393 Iffeldorf, DE Wernicke, Joachim, Prof. Dr.-Ing., 14167 Berlin, DE	EMT Ingenieurbüro für Elektro-Mechanische Technologien Dipl.-Ing. Hartmut Euer, 82377 Penzberg, DE	[DE] VERFAHREN ZUM AUFNEHMEN VON LUFTBILDERN FUER DIE LUFTBILDAUFKLAERUNG ...
DE1011726A	04.07.1957	THIRIAR LEON FREDERIC	GEVAERT PHOTO PROD NV	[ ] Rollfilmspule fuer Luftbildkameras
DE1011726B	04.07.1957	THIRIAR LEON FREDERIC	GEVAERT PHOTO PROD NV	[ ] Rollfilmspule fuer Luftbildkameras
DE1016552A	26.09.1957	SONNBERGER HEINRICH	ZEISS CARL FA	[ ] Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen, insbesondere bei ...
DE1016552B	26.09.1957	SONNBERGER HEINRICH	ZEISS CARL FA	[ ] Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen, insbesondere bei ...
DE10245682A1	15.04.2004	Fricke, Christian, 14050 Berlin, DE Holst, Jens-Christian, Dr., 10405 Berlin, DE	Siemens AG, 80333 München, DE	[DE] Schirm für Luftbildprojektionen

DE10245682B4	19.01.2006	Fricke, Christian, 14050 Berlin, DE Holst, Jens-Christian, Dr., 10405 Berlin, DE	Siemens AG, 80333 München, DE	[DE] Schirm für Luftbildprojektionen
DE10245683A1	15.04.2004	Fricke, Christian, 14050 Berlin, DE Holst, Jens Christian, Dr., 10405 Berlin, DE	Siemens AG, 80333 München, DE	[DE] Schirm für Luftbildprojektionen
DE10245683B4	19.01.2006	Fricke, Christian, 14050 Berlin, DE Holst, Jens Christian, Dr., 10405 Berlin, DE	Siemens AG, 80333 München, DE	[DE] Schirm für Luftbildprojektionen
DE10255635A1	17.06.2004	Euer, Hartmut, Dipl.-Ing., 82393 Iffeldorf, DE Wernicke, Joachim, Prof. Dr.-Ing., 14167 Berlin, DE	Ingenieurbüro für Elektro-Mechanische Technologien, Dipl.-Ing. Hartmut Euer, 82377 Penzberg, DE	[DE] Sensoreinrichtung für die Luftbildaufklärung
DE1052125B	05.03.1959	DEKER DIPL-ING HERMANN	ZEISS AEROTOPOGRAPH G M B H	[ ] Geraet fuer die stereoskopische Auswertung von Luftbildern
DE1052232B	05.03.1959	NAWIJN ARJEN	OPTISCHE IND IADE OUDE DELFTIA	[ ] Verfahren zur Beheizung von Luftbildkameras und nach diesem Verfahren ...
DE1081678A	12.05.1960	DEKER DR HERMANN	ZEISS AEROTOPOGRAPH G M B H	[ ] Geraet fuer die stereoskopische Auswertung angenaehert nadirwaerts ...
DE1081678B	12.05.1960	DEKER DR HERMANN	ZEISS AEROTOPOGRAPH G M B H	[ ] Geraet fuer die stereoskopische Auswertung angenaehert nadirwaerts ...
DE1090953A	13.10.1960	SONNBERGER HEINRICH	ZEISS CARL FA	[ ] Kamera, insbesondere Luftbildkamera
DE1090953B	13.10.1960	SONNBERGER HEINRICH	ZEISS CARL FA	[ ] Kamera, insbesondere Luftbildkamera
DE1091347A	20.10.1960	GULDBRANDSEN HENRY	FREIBERGER PRAEZ SMECHANIK VEB	[ ] Messwerk fuer Luftbildauswertegeraete
DE1091347B	20.10.1960	GULDBRANDSEN HENRY	FREIBERGER PRAEZ SMECHANIK VEB	[ ] Messwerk fuer Luftbildauswertegeraete
DE1112395A	03.08.1961	NAWIJN ARJEN	OPTISCHE IND IADE OUDE DELFTIA	[ ] Luftbildkamera
DE1112395B	03.08.1961	NAWIJN ARJEN	OPTISCHE IND IADE OUDE DELFTIA	[ ] Luftbildkamera
DE1136567A		SCOTT RODERIC M	PERKIN ELMER CORP	[ ] Luftbild-Panoramakamera
DE1170769A	21.05.1964	SCHOELER DIPL-ING HORST WEIBRECHT DR-ING OTTO	JENOPTIK JENA GMBH	[ ] Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines ...
DE1170769B	21.05.1964	SCHOELER DIPL-ING HORST WEIBRECHT DR-ING OTTO	JENOPTIK JENA GMBH	[ ] Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines ...
DE1183777A	17.12.1964	CORN HENDRICUS JACOBUS BOUWERS DR ALBERT	OPTISCHE IND DE OUDE DELFT NV	[ ] Verfahren zur Aufnahme von Luftbildreihen hoher Bildfrequenz mittels ...
DE1187124A	11.02.1965	BOUWERS DR ALBERT	OPTISCHE IND DE OUDE DELFT NV	[ ] Luftbildkamera fuer Reihenaufnahmen
DE1187124B	11.02.1965	BOUWERS DR ALBERT	OPTISCHE IND DE OUDE DELFT NV	[ ] Luftbildkamera fuer Reihenaufnahmen
DE1246396B	03.08.1967	WIEGELMANN HUBERT	WIEGELMANN HUBERT	[ ] Bildwurfeinrichtung zur raeumlichen Wiedergabe von stereoskopisch ...
DE1258119A	04.01.1968	MEIJER HENDRIK	NEDERLANDEN STAAT	[ ] Vorrichtung zur Bestimmung von Bildpunktkoordinaten in Luftbildern

DE1258119B	04.01.1968	MEIJER HENDRIK	NEDERLANDEN STAAT	[ ] Vorrichtung zur Bestimmung von Bildpunktkoordinaten in Luftbildern
DE1548553A	11.12.1969	KALEVI ERANTI DIPL-ING	WILD HEERBRUGG AG	[ ] Verfahren und Instrument fuer die kontinuierliche raeumliche Betrachtung ...
DE1597343B	21.09.1972			[ ] AUFNAHMEGERAET FUER LUFTBILDER
DE1711278U	17.11.1955		ZEISS CARL FA, DE	[DE] LUFTBILDKAMERA.
DE1723399U	30.05.1956		ZEISS CARL FA, DE	[DE] LUFTBILDKAMERA.
DE1735857U	13.12.1956		ZEISS CARL FA, DE	[DE] GERAET ZUM AUSWERTEN ODER ENTZERREN VON LUFTBILDERN.
DE1743867U	25.04.1957		ZEISS CARL FA, DE	[DE] LUFTBILDKAMERA.
DE1767221U	22.05.1958		ZEISS CARL FA, DE	[DE] GERAET FUER DIE STEREOSKOPISCHE AUSWERTUNG VON LUFTBILDERN.
DE1791371U	02.07.1959		PALM G M B H GEB, DE	[DE] LUFTBILDENDE BIEGEWEICHE UND ZUGLEICH BIEGESTEIFE LAUT- UND/ODER ...
DE1802044U	10.12.1959		JENOPTIK JENA GMBH, DE	[DE] LUFTBILDAUFNAHMEKAMMER.
DE1802547U	17.12.1959		JENOPTIK JENA GMBH, DE	[DE] LUFTBILDAUFNAHMEKAMMER.
DE1870288U	11.04.1963		JENOPTIK JENA GMBH, DE	[DE] LUFTBILDKAMERA.
DE1919757U	15.07.1965		JOSEF ATTENBERGER G M B H, DE	[DE] GRENZMARKE MIT EINER MARKIERUNGSPLATTE ZUR LUFTBILDVERMESSUNG.
DE1927422U	18.11.1965	ATTENBERGER HILDEGARD, DE	ATTENBERGER HILDEGARD, DE	[DE] GRENZMARKE MIT EINER MARKIERUNGSPLATTE ZUR LUFTBILDVERMESSUNG.
DE1941133A	04.03.1971	KASWAN SIEGFRIED	HYCON MFG COMPANY	[ ] Panorama- oder Rundblickkamera,insbesondere fuer Luftbildaufnahmen
DE1946883U	29.09.1966	FRINGS HANS, DE	FRINGS HANS, DE	[DE] LUFTBILD-SICHTPLATTE.
DE19512962A1	17.10.1996	Lettner, Wolfgang, 53945 Blankenheim, DE	Lettner, Wolfgang, 53945 Blankenheim, DE	[DE] Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern
DE19513184A1	10.10.1996	Maaß, Uwe, 51491 Overath, DE Becker, Christjan, 51491 Overath, DE	Maaß, Uwe, 51491 Overath, DE	[DE] Vorrichtung zum Erzeugen von Luftbildern
DE19647137A1	28.05.1998	Hartig, Marc-Alexander, 71263 Weil der Stadt, DE Klaschka, Rüdiger, 71263 Weil der Stadt, DE Klaschka, Walter, Dr.-Ing., 75233 Tiefenbronn, DE	Euro Avionics Navigationssysteme GmbH & Co., 71263 Weil der Stadt, DE	[DE] Einrichtung zur Aufnahme von Luftbildern [EN] Aerial image recording ...
DE19709040A1	22.01.1998	Neumann, Burkhard, Prof. Dr., 58640 Iserlohn, DE	Neumann, Burkhard, Prof. Dr., 58640 Iserlohn, DE	[DE] Anordnung zur Erfassung von Luftbildern mit einem Flachbettscanner ...
DE19756297A1	01.07.1999	Langer, Rainer, Dipl.-Ing., 10627 Berlin, DE	VEAG Vereinigte Energiewerke AG, 10115 Berlin, DE	[DE] Verfahren und Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von ...
DE19756297C2	18.10.2001	Langer, Rainer, Dipl.-Ing., 10627 Berlin, DE	VEAG Vereinigte Energiewerke AG, 10115 Berlin, DE	[DE] Verfahren und Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von ...
DE19816561C1	11.11.1999	Teuchert, Wolf D., Dr., 89551 Königsbronn, DE Teuchert, Wolf D., Dr., 89551 Königsbronn, DE	Teuchert, Wolf D., Dr., 89551 Königsbronn, DE Teuchert, Wolf D., Dr., 89551 Königsbronn, DE	[DE] Kamera zur Aufnahme von Luftbildern
DE19950465A1	02.11.2000	König, Michael, Dr., 82340 Feldafing, DE	König, Michael, Dr., 82340 Feldafing, DE	[DE] Vorrichtung zur ferngesteuerten Aufnahme von Luftbildern hoher Auflösung ...

DE19957495A1	13.06.2001	Eckardt, Andreas, 12524 Berlin, DE Fricker, Peter, Rebstein, CH	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 53175 Bonn, DE LH Systems GmbH, Heerbrugg, CH	[DE] VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KALIBRIERUNG VON LUFTBILDKAMERAS
DE20108629U1	15.11.2001		Schnepel, Jürgen, 10245 Berlin, DE	[DE] Aufnahme- und Bedieneinheit zur Herstellung von Luftbildern mittels ...
DE2155329A	17.05.1973	GANS WIGBERT DR ING	GANS WIGBERT DR ING	[ ] AUFNAHMEVERFAHREN FUER FARBIGE UND MULTISPEKTRALE LUFTBILDER
DE2403862A1	14.08.1975	FELLE KARL DIPL PHYS	ZEISS CARL FA	[DE] BELICHTUNGSAUTOMATIK FUER LUFTBILDKAMMERN
DE2506325A1	27.11.1975	POHL HANS-JOACHIM PROF DR WEIBRECHT OTTO DR WIESENBURG ULRICH DIPL PHYS	JENOPTIK JENA GMBH	[DE] ANORDNUNG ZUR STEUERUNG VON LUFTBILDAUFNAHMEKAMERAS
DE2542031B2	15.09.1977			[DE] LUFTBILD-REIHENKAMMER
DE3018329A1	19.11.1981	Lippmann, Reiner, Dipl.-Ing. Dörgeloh, Heinrich, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE	Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE	[DE] Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere ...
DE3018329C2	09.09.1982	Lippmann, Reiner, Dipl.-Ing. Dörgeloh, Heinrich, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE	Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE	[DE] Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere ...
DE3144050A1	19.05.1983	Lippmann, Reiner, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE	Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE	[DE] Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere ...
DE3144050C2	29.09.1983	Lippmann, Reiner, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE	Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE	[DE] Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere ...
DE3200233A1	21.10.1982	Zeth, Ulrich Klose, Heinrich Voß, Günther, Dipl.Ing., DDR 6900 Jena, DD Winkler, Peter, Dipl.-Math., DDR 6902 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] "Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern ...
DE3200233C2	26.04.1990	Zeth, Ulrich Klose, Heinrich Voß, Günther, Dipl.Ing., DDR 6900 Jena, DD Winkler, Peter, Dipl.-Math., DDR 6902 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern ...
DE3314227A1	25.10.1984	Prinz, Reinhard, Ing.(grad.), 7080 Aalen, DE	Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim, DE	[DE] Verfahren und Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer ...

DE3427066A1	21.02.1985	Görsch, Rainer, DDR 1187 Berlin, DD Gräfe, Wolf-Rainer, Dr.-Ing., DDR 1162 Berlin, DD Grundmann, Hans-Jörg, Dipl.-Phys., DDR 2080 Neustrelitz, DD Poerschke, Peter, DDR 1199 Berlin, DD Steffen, Werner, DDR 1116 Berlin, DD Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys. Mark, Rolf Peter, Dr.-Ing., DDR 6900 Jena, DD Beck, Bernard, Dipl.-Phys., DDR 6902 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Anordnung und Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras
DE3513958A1	19.12.1985	Zeth, Ulrich Rempke, Wilfried, Dr., DDR 6900 Jena, DD Voigt, Klaus-Ditmar, Dipl.-Ing., DDR 6902 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen ...
DE3513958C2	14.04.1994	Zeth, Ulrich, O-6900 Jena, DE Rempke, Wilfried, Dr., O-6900 Jena, DE Voigt, Klaus-Ditmar, Dipl.-Ing., O-6902 Jena, DE	Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE	[DE] Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen ...
DE3523424C1	30.10.1986	Ries, Joachim, Dipl.-Ing. Dörgeloh, Heinrich, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE	Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE	[DE] Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere ...
DE3621897A1	05.03.1987	Klose, Heinrich, O-6902 Jena-Lobeda, DE Plischke, Franz, Dipl.-Ing., O-1603 Eichwalde, DE	Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE	[DE] Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer Luftbildmeßkammer ...
DE3624608A1	02.04.1987	Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys., DDR 6900 Jena, DD Beck, Bernard, Dipl.-Phys. Diete, Norbert, Dipl.-Phys., DDR 6902 Jena-Lobeda, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Verfahren und Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras
DE3633714A1	02.07.1987	Mark, Rolf-Peter, Dr., DDR 6900 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Verfahren zur Echtzeitauswertung von Luftbildern in digital gesteuerten ...
DE3633714C2	07.12.1989	Mark, Rolf-Peter, Dr., DDR 6900 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Verfahren zur Echtzeitauswertung von Luftbildern in digital gesteuerten ...
DE3633715A1	25.06.1987	Zeth, Ulrich, DDR 6900 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Verfahren zur Filmvorratsermittlung- und Anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten
DE3718701A1	14.04.1988	Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys., O-6900 Jena, DE Voß, Günther, Dipl.-Ing., O-6900 Jena, DE Zeth, Ulrich, O-6900 Jena, DE	Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE	[DE] Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses ...
DE3808406A1	06.04.1989	Lettner, Wolfgang, 53947 Nettersheim, DE	Lettner, Wolfgang, 53947 Nettersheim, DE	[DE] Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

DE3910675A1	23.11.1989	Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys., DDR 6900 Jena, DD Diete, Norbert, Dipl.-Phys., DDR 6902 Jena, DD Voß, Günther, Dipl.-Ing., DDR 6900 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildkammern ...
DE3910675C2	17.09.1998	Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys., O-6900 Jena, DE Diete, Norbert, Dipl.-Phys., O-6902 Jena, DE Voß, Günther, Dipl.-Ing., O-6900 Jena, DE	Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE	[DE] Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildmeßkammern
DE4007713A1	11.10.1990	Klose, Heinrich, DDR 6902 Jena, DD	Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD	[DE] Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer [EN] Photogrammetric ...
DE4007713C2	21.07.1994	Klose, Heinrich, 07747 Jena, DE	Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE	[DE] Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer
DE423201A	23.12.1925		WILHELM LUDOWICI DR ING	[ ] Antrieb fuer Luftbildkameras
DE438207A	08.12.1926		WILHELM LUDOWICI DR ING	[ ] Kamera, insbesondere fuer Luftbildaufnahmen
DE4436419A1	18.04.1996	Kapfenberger, Mirko, 04207 Leipzig, DE	Kapfenberger, Mirko, 04207 Leipzig, DE	[DE] Verfahren zur Herstellung von Luftbildaufnahmen [EN] Method for ...
DE447602A	28.01.1928		OTTO TWELE	[ ] Vorrichtung zur Vorfuehrung von Luftbildern, insbesondere fuer Reklamezwecke, ...
DE482602A	17.09.1929		OTTO TWELE	[ ] Reklamevorrichtung zur Vorfuehrung von Luftbildern
DE621333A	13.11.1935		ERMENEGILDO SANTONI	[ ] Luftbildkamera mit einem sich schrittweise weiterbewegenden Plattenmagazin
DE672261A	27.02.1939		AEROTOPOGRAPHIE S A L	[ ] Vorrichtung zum Herstellen von Luftbildplaenen eines unebenen Gelaendes
DE712968A	29.10.1941	DOCK ING DR HANS KILLIAN ING KARL	HANS DOCK ING DR KARL KILLIAN ING	[ ] Einrichtung und Verfahren zur Bestimmung der Abweichung der angenaeherten ...
DE745101A	26.02.1944	SIMON DR-ING PAUL	PAUL SIMON DR ING	[ ] Vorrichtung zur selbsttaetigen Ausloesung des Verschlusses eines ...
DE745352A	31.03.1944	TRONNIER ALBRECHT WILHELM	JOS SCHNEIDER OPTISCHE WERKE G	[ ] Einrichtung an Luftbildkammern
DE8713077U1	03.03.1988		Lettner, Wolfgang, 5376 Nettersheim, DE	[DE] Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern
DE950500B	11.10.1956	WOLF KURT	ZEISS CARL FA	[ ] Zeichenvorrichtung, insbesondere fuer Auswertegeraete von Luftbildern
DE960603B	21.03.1957	SONNBERGER HEINRICH	ZEISS CARL FA	[ ] Filmtransportvorrichtung fuer Reihenbildkameras, insbesondere fuer ...
DE960690B	28.03.1957	SONNBERGER HEINRICH	ZEISS CARL FA	[ ] Rollfilmkamera, insbesondere fuer die Aufnahme von Luftbildern
EP1093017A2	18.04.2001	KENAN, BOAZ ERAN, YAIR KARPOL, AVNER ELYASAF, EMANUEL TIROSH, EHUD	APPLIED MATERIALS, INC.	[DE] Verfahren und Vorrichtung zur Inspektion eines Retikels unter Verwendung ...
EP1093017A3	04.08.2004	KENAN, BOAZ ERAN, YAIR KARPOL, AVNER ELYASAF, EMANUEL TIROSH, EHUD	APPLIED MATERIALS, INC.	[DE] Verfahren und Vorrichtung zur Inspektion eines Retikels unter Verwendung ...
EP1143293A2	10.10.2001	LARKIN, THOMAS P. MANGO, STEVEN A. LEITH, CHARLES F. KENNELLY, DANIEL T.	EASTMAN KODAK COMPANY	[DE] Schnellverarbeitungsverfahren für Hochkontrast-Farbnegativfilm in ...

EP1143293A3	17.07.2002	LARKIN, THOMAS P. MANGO, STEVEN A. LEITH, CHARLES F. KENNELLY, DANIEL T.	EASTMAN KODAK COMPANY	[DE] Schnellverarbeitungsverfahren für Hochkontrast-Farbnegativfilm in ...
EP1154232A2	14.11.2001	TEUCHERT, WOLF-DIETER, DR. HINZ, ALEXANDER, DR.	Z/I IMAGING GMBH	[DE] Kamera, insbesondere Luftbildkamera [EN] Camera, specifically aerial ...
EP1154232A3	21.08.2002	TEUCHERT, WOLF-DIETER, DR. HINZ, ALEXANDER, DR.	Z/I IMAGING GMBH	[DE] Kamera, insbesondere Luftbildkamera [EN] Camera, specifically aerial ...
EP1178283A1	06.02.2002	RANIERI, ROBERTO RONCHI, CESARE VALENTINI, RICCARDO	CO.RI.AL. CONSORZIO RICERCHE ALIMENTARI S.C.P.A.	[DE] Digitalkamerasystem für spektroskopische Luftbildaufnahmen [EN] ...
EP1202119A1	02.05.2002	LIEBCHEN ARMIN, US	ASML MASKTOOLS NETHERLANDS B V, NL	[DE] Verfahren und Vorrichtung zur schnellen Simulation eines Luftbildes ...
EP1202119B1	25.05.2005	LIEBCHEN ARMIN, US	ASML MASKTOOLS B V, NL	[DE] Verfahren und Vorrichtung zur schnellen Simulation eines Luftbildes ...
EP1230527A1	14.08.2002	O'DWYER, JAMES, MICHAEL	METAL STORM LIMITED	[DE] VERFAHREN FÜR DIE ZEITILICHE HERSTELLUNG VON LUFTBILDERN [EN] FORMING ...
EP123271A2	31.10.1984	PRINZ REINHARD	ZEISS CARL FA, DE ZEISS STIFTUNG, DE	[DE] Verfahren und Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer ...
EP1241441A2	18.09.2002	EUER, HARTMUT, DIPL.-ING. WERNICKE, JOACHIM, PROF. DR.-ING.	EMT INGENIEURBUERO FUER ELEKTRO-MECHANISCHE TECHNOLOGIEN DIPL.-ING. HARTMUT EUER	[DE] Verfahren und Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die ...
EP1241441A3	14.04.2004	EUER, HARTMUT, DIPL.-ING. WERNICKE, JOACHIM, PROF. DR.-ING.	EMT INGENIEURBUERO FUER ELEKTRO-MECHANISCHE TECHNOLOGIEN DIPL.-ING. HARTMUT EUER	[DE] Verfahren und Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die ...
EP1294184A1	19.03.2003	TEUCHERT, WOLF D., DR.	TEUCHERT, WOLF D., DR.	[DE] Verschlusssteuerung für Luftbild-Digitalkamera [EN] Shutter control ...
EP1315019A1	28.05.2003	MASARU, ISHIKAWA HIROSHI, TORIUMI	PIONEER CORPORATION	[DE] Anzeigegerät zur Darstellung eines Luftbildes vor einem Hintergrundbild ...
EP1315019B1	11.01.2006	MASARU ISHIKAWA, JP HIROSHI TORIUMI, JP	PIONEER CORP, JP	[DE] Anzeigegerät zur Darstellung eines Luftbildes vor einem Hintergrundbild ...
EP1424539A1	02.06.2004	EUER, HARTMUT, DIPL.-ING. WERNICKE, JOACHIM, PROF. DR.-ING.	EMT INGENIEURBUERO FUER ELEKTRO-MECHANISCHE TECHNOLOGIEN DIPL.-ING. HARTMUT EUER	[DE] Sensoreinrichtung für die Luftbildaufklärung [EN] Sensor arrangement ...
EP1446323A1	18.08.2004	FASQUEL, FABRICE IGOULEM, SIMON	SARL VISION DU CIEL	[DE] FERNGESTEUERTE FLUGMASCHINE, INSBESONDERE FÜR LUFTBILDAUFNAHMEN ...
EP1579273A2	28.09.2005	PEASE R FABIAN W, US YE JUN, US	BRION TECHNOLOGIES INC, US UNIV LELAND STANFORD JUNIOR, US	[DE] SYSTEM UND VERFAHREN ZUR LUFTBILDMESSUNG [EN] SYSTEM AND METHOD ...
EP1579273A3	09.11.2005	PEASE R FABIAN W, US YE JUN, US	BRION TECHNOLOGIES INC, US UNIV LELAND STANFORD JUNIOR, US	[DE] SYSTEM UND VERFAHREN ZUR LUFTBILDMESSUNG [EN] SYSTEM AND METHOD ...
EP1606766A2	21.12.2005	SHRAGAI MEIR, IL LIBERMAN JOSEPH, IL	M A M D DIGITAL DATA PROC SYST, IL ELTA SYSTEMS LTD, IL	[DE] AUTOMATISCHE VERARBEITUNG VON LUFTBILDERN [EN] AUTOMATIC PROCESSING ...
EP310077A2	05.04.1989	LETTNER WOLFGANG	LETTNER WOLFGANG	[DE] Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern. ...
EP53640A1	16.06.1982	FUJIMOTO KAZUO HIRAI JYURO	INTERVAL EIZO YUGEN KAISHA, JP	[DE] Computerisierte Steuerung für Luftbildfotografie. [EN] A computerized ...

EP737879A1	16.10.1996	LETTNER, WOLFGANG	LETTNER, WOLFGANG CINETICS PERFORMANCE W. LETTNER GMBH	[DE] Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern ...
EP737879B1	06.10.1999	LETTNER, WOLFGANG	CINETICS PERFORMANCE W. LETTNER GMBH	[DE] Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern ...
EP771729A1	07.05.1997	CARWARDINE, IAN	CARWARDINE, IAN	[DE] Luftbildkamera-Plattform und Vorrichtung zum Senden und Empfang ...
EP78278A1	11.05.1983	KUCHER GERHARD	WILD HEERBRUGG AG, CH	[DE] BELICHTUNGSREGELEINRICHTUNG AN EINER LUFTBILDKAMERA. [EN] DEVICE ...
EP829168A1	18.03.1998	HEDGES, THOMAS, M. WEIR, DAVID, G. SPEASL, JERRY, A.	OMNI SOLUTIONS INTERNATIONAL, LTD	[DE] DIREKTES DIGITALES PANORAMA-LUFTBILDSYSTEM UND -VERFAHREN [EN] DIRECT ...
EP829168A4	08.09.1999	HEDGES, THOMAS, M. WEIR, DAVID, G. SPEASL, JERRY, A.	OMNI SOLUTIONS INTERNATIONAL, LTD	[DE] DIREKTES DIGITALES PANORAMA-LUFTBILDSYSTEM UND -VERFAHREN [EN] DIRECT ...
EP829168B1	16.04.2003	HEDGES, THOMAS, M. WEIR, DAVID, G. SPEASL, JERRY, A.	IMAGEAMERICA, INC.	[DE] DIREKTES DIGITALES PANORAMA-LUFTBILDSYSTEM UND -VERFAHREN [EN] DIRECT ...
EP950918A1	20.10.1999	TEUCHERT, WOLF D., DR.	TEUCHERT, WOLF D., DR.	[DE] Kamera zur Aufnahme von Luftbildern [EN] Aerial camera [FR] Caméra ...

Klasse 42c **Ausgegeben am 10. Februar 1940**

DEUTSCHES REICH

REICHSPATENTAMT, ZWEIGSTELLE ÖSTERREICH

PATENTSCHRIFT NR. 157934

ING. DR. HANS DOCK IN WIENER-NEUSTADT UND ING. KARL KILLIAN IN WIEN.

Verfahren und Einrichtung zur Bestimmung der Abweichung der angenäherten Parallelstellung und zur Auffindung der Nadirpunkte von Luftbildern.

Angemeldet am 21. Februar 1938. — Beginn der Patentdauer: 15. August 1939.

Zur Zeit gehört es zu den wichtigsten Aufgaben der Luftbildmessung, festpunktelose Räume zu überbrücken, d. h. Gebiete, in denen keine geodätisch festgelegten Punkte vorhanden sind, mittels Luftbildern zu vermessen. Diese Aufgabe ist bekanntlich dann gelöst, wenn es gelingt, die Lage und Anordnung der Luftbilder zueinander und zum Lote, d. s. die Elemente der sogenannten „äußeren Orientierung", anzugeben. Zwecks Lösung dieser Aufgabe sind zwei Wege, u. zw. solche, die im wesentlichen geometrisch bzw. physikalisch sind, beschritten worden.

Zu dem ersten Wege gehört ein Verfahren, das seinem Grundgedanken nach darin besteht, die durch aufeinanderfolgende Luftbilder gegebenen Strahlenbündel in eine solche Lage zu bringen, daß einander zugeordnete Strahlen sich schneiden. Dies geschieht mit Hilfe der heute weitgehend vervollkommneten Auswertegeräte. Dieser Vorgang erfordert aber nicht nur eine geraume Zeit, wobei die Auswertegeräte ihrer eigentlichen Aufgabe entzogen werden, sondern es ergeben sich auch in den meisten Fällen gegenüber der stereoskopischen Meßgenauigkeit nicht genügende Kriterien zur gegenseitigen Orientierung der Luftbilder, was zur Folge hat, daß die Überbrückung festpunkteloser Räume sich zur Zeit noch in sehr bescheidenen Grenzen halten muß, wenn die erreichte Genauigkeit von der Größenordnung der stereoskopischen Meßgenauigkeit sein soll. Ein anderer, im wesentlichen ebenfalls geometrischer Weg besteht in der Aufnahme des natürlichen Horizontes. Die damit erreichte Bestimmung der Lotrichtung ist im allgemeinen zu ungenau und überdies versagt dieser Vorgang bei gebirgigem Horizont und bei ungünstigen atmosphärischen Verhältnissen.

Der zweite Weg umfaßt alle Einrichtungen, mit denen versucht wurde, die Elemente der „äußeren Orientierung" lediglich durch physikalische Vorgänge im Flugzeuge zu finden. Dazu gehören: die Bestimmung des Nadirpunktes mit Hilfe von pendelnden Zeigern, Libellen, Hg-Horizonten bzw. Kreiseln, nach deren Anzeigevorrichtung bzw. Achsenlage die Einstellung der Kammerhauptachse erfolgt oder deren Abweichungen photographisch registriert werden. Ferner sind Vorrichtungen bekannt, welche die Auslösung des Verschlusses nur dann erlauben, wenn die gewünschte Einstellung erreicht ist. Die drei erstgenannten Einrichtungen sind wegen der im Flugzeuge herrschenden Beschleunigungen und Schwingungen gegenüber der stereoskopischen Meßgenauigkeit weitaus zu ungenau. Aus demselben Grunde zeigten Versuche mit Pendelkreisel ein unbefriedigendes Resultat und astatische Kreisel ergeben wegen der unbekannten Reibungen ebenfalls eine unkontrollierbare Bewegung ihrer Achse gegenüber der Lotrichtung.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung, durch die es gelingt, die Bewegung der Kreiselachse gegenüber der Lotrichtung festzustellen und zu registrieren. Bevor auf das Verfahren näher eingegangen wird, sei eine beispielsweise Einrichtung zum Zwecke der Durchführung des Verfahrens beschrieben: Die Figur zeigt eine Aufnahmekammer A und einen damit fest verbundenen Aufsatz A_1.

In diesem Aufsatze A_1 ist ein Kreisel K mittels der Ringe R_1 und R_2 cardanisch gelagert. Der Aufsatz A_1 selbst ist wieder gegenüber dem Flugzeug mittels der Ringe R_3 und R_4 cardanisch gelagert. In der Kammerhauptachse xx liegen:

1. der Mittelpunkt beider cardanischer Systeme,
2. der Mittelpunkt einer Blende, die einer Lichtquelle Q vorgesetzt ist,
3. die optische Achse einer Sammellinse L_1 mit dem Brennpunkte in der Blende,

4. die optische Achse einer Sammellinse L_2 mit dem Brennpunkte in einer den Aufsatz A_1 abschließenden Mattscheibe M,

5. der Schnittpunkt m eines Strichkreuzes.

Die Kreiselachse a ist durchbohrt.

Hat die Kreiselachse a eine beliebige Richtung, so ist es mit Hilfe der Cardanringe R_3 und R_4 immer möglich, die Achse xx mit der Kreiselachse a zur Koinzidenz zu bringen. Das wird mit Hilfe der Lupe L an dem Zusammenfallen des von der Linse L_2 auf der Mattscheibe M gesammelten Lichtbündels mit dem Mittelpunkte m des Strichkreuzes erkannt.

In dieser Stellung soll die Aufnahme erfolgen. Um den persönlichen Fehler der genannten Einstellung auszuschalten, wird ein Teil des durch die Achse a gehenden Lichtbündels durch ein Prisma p_1 auf eine Photozelle Z abgelenkt. Mittels dieser Photozelle Z wird die Auslösung des Verschlusses der Aufnahmekammer A bewirkt.

Auf dem Cardanringe R_1 befindet sich eine Dosenlibelle D, deren Tangentialebene in der Marke normal zur Kreiselachse a liegt. Die Stellung der Libellenblase kann auf dem Bilde der Aufnahmekammer A durch das mit dieser festverbundene Prismensystem p_2, p_3, p_4, p_5 und die Linse L_3 abgebildet werden. Oder die Stellung der Libellenblase wird mit Hilfe einer andern Kamera auch in den Zwischenzeiten aufgenommen. Außerdem wird eine Uhr mitphotographiert.

Der Grundgedanke des Verfahrens ist folgender: Die Normale auf die Tangentialebene in der Marke der Dosenlibelle soll Achse der Dosenlibelle heißen. Diese Achse ist nach der beschriebenen Einrichtung mit der Kreiselachse fest verbunden und zu dieser parallel. Die Kammerhauptachse wird bei jeder Geländeaufnahme parallel zur Kreiselachse und daher auch parallel zur Achse der Dosenlibelle gerichtet. Da die Dosenlibelle mit den Lagern der Kreiselachse fest verbunden ist, macht sie die Schwingungen des Flugzeuges nicht mit. Die Stellung der Libellenblase in bezug auf ein mit der Dosenlibelle festes Koordinatensystem wird daher nur von der Richtung der Kreiselachse sowie von den Richtungen und Größen der Erdbeschleunigung und der jeweiligen Beschleunigung des Flugzeuges abhängig sein. Um die Vorgänge leichter zu durchschauen, seien zunächst zwei Annahmen gemacht:

a) Die Richtung der Kreiselachse bleibe während unserer Betrachtung unverändert.

b) Die Beschleunigung des Flugzeuges sei während unserer Betrachtung Null.

Zu *a)*. Die Stellung der Libellenblase wird daher nur von den Richtungen und Größen der Erdbeschleunigung und der jeweiligen Beschleunigung des Flugzeuges abhängig sein. Die Erdbeschleunigung und die negative Beschleunigung des Flugzeuges ergeben in jedem Augenblick eine Resultierende: die vorgetäuschte Lotrichtung. Ist die Beschleunigung des Flugzeuges konstant und nicht Null, was bei Start, Landung und Kurvenflug und näherungsweise, jedoch nur während einer kurzen Zeitdauer, auch im Geradflug möglich ist, so bleibt während dieser Zeit die Libellenblase in Ruhe. Die vorgetäuschte Lotrichtung bleibt während dieser Zeit unverändert. Sind jedoch, wie dies allgemein der Fall ist, die Beschleunigungen des Flugzeuges zufällige, so werden sich im Laufe der Zeit die Stellungen der Libellenblase um einen Punkt gruppieren, der, mit dem Krümmungsmittelpunkt der Dosenlibelle verbunden, eine Gerade, die tatsächliche Lotrichtung, liefert. Da dieser Punkt um so sicherer erkannt werden kann, je mehr Stellungen der Libellenblase zur Verfügung stehen, würde sich die ermittelbare, wahrscheinliche Lotrichtung um so mehr der tatsächlichen nähern, je länger die Zeitdauer des Vermessungsfluges ist.

Zu *b)*. Die Stellung der Libellenblase ist sodann nur von den Richtungen der Kreiselachse und der Erdbeschleunigung abhängig. Denkt man sich um den Stützpunkt des Kreisels eine Kugel gelegt, deren Radius gleich ist dem Krümmungsradius der Dosenlibelle und bezeichnet man die Schnittpunkte der Kreiselachse mit der Kugel als Kreiselspitzen, so wird, falls die untere Kreiselspitze eine beliebige Bahn beschreibt, die Libellenblase eine kongruente Bahn beschreiben. Die Stellungen der Libellenblase würden also den Weg der Kreiselspitzen ergeben.

Diese beiden Annahmen sind jedoch nicht zutreffend. Im allgemeinen werden vielmehr zufällige Beschleunigungen des Flugzeuges und eine kontinuierliche, ansonsten aber unbekannte Richtungsänderung der Kreiselachse vorliegen. Die Stellungen der Libellenblase werden sich sodann nicht um einen Punkt, sondern um eine Kurve, welche mit der Bahn der unteren Kreiselspitze kongruent ist, gruppieren. Um sich dieser Kurve zu nähern, wird man Gruppen von zeitlich aufeinanderfolgenden Stellungen der Libellenblase zusammenfassen und etwa deren Schwerpunkte ermitteln und die Schwerpunkte durch eine kontinuierliche Kurve verbinden. Da jeder Stellung der Libellenblase ein Zeitpunkt zugeordnet ist, kann auch jedem Kurvenpunkt ein Zeitpunkt zugeordnet werden. Die Bewegung der Kreiselachse gegenüber der tatsächlichen Lotrichtung kann daher zu einem bestimmten Zeitpunkt und für ein bestimmtes Zeitintervall unmittelbar aus der gewonnenen Kurve entnommen werden. Da die Kammerhauptachse bei der Aufnahme immer parallel zur Kreiselachse gerichtet wird, kann die Abweichung der angenähert parallelgestellten Aufnahmerichtung, die bei großer Präzessionsdauer des Kreisels praktisch Null wird, ermittelt werden.

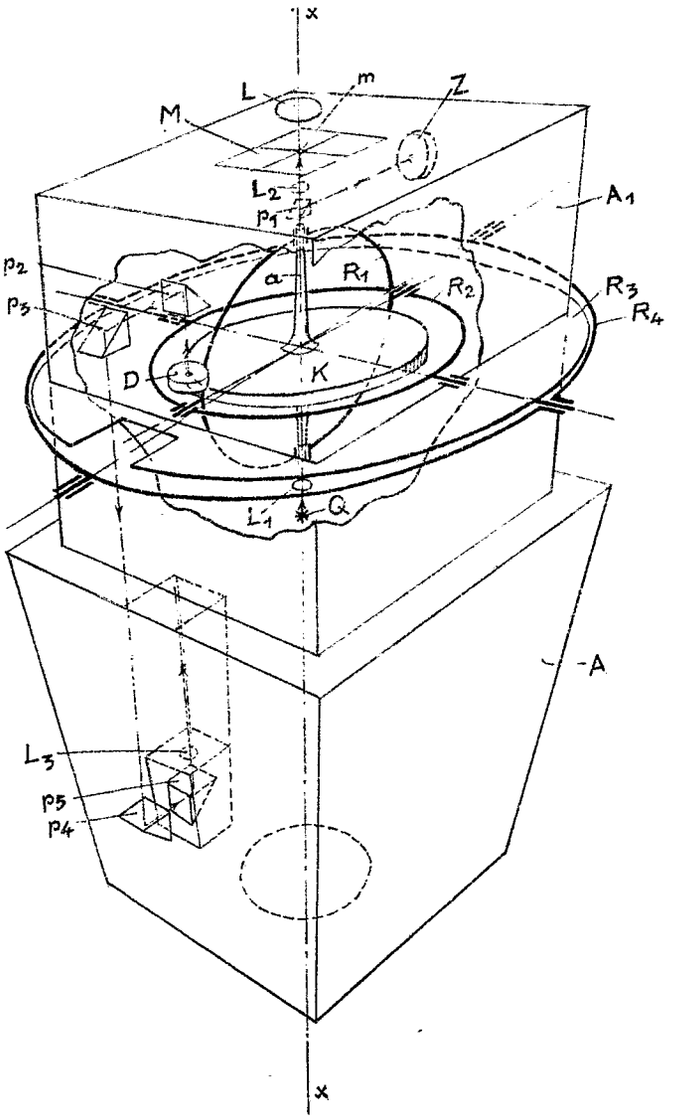
PATENT-ANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Bestimmung der Abweichung der angenäherten Parallelstellung und zur Auffindung der Nadirpunkte von Luftbildern, unter Verwendung eines Kreisels und einer Einrichtung

zur Kennzeichnung der Lotrichtung, z. B. einer Dosenlibelle, dadurch gekennzeichnet, daß bei jeder Geländeaufnahme oder auch in den Zwischenzeiten die Dosenlibelle oder eine andere Einrichtung zur Kennzeichnung der Lotrichtung z. B. photographisch registriert wird, wobei die Geländeaufnahme dann erfolgt, wenn die Achse der Einrichtung zur Kennzeichnung der Lotrichtung sowie die Kammerhauptachse bzw. eine in bezug auf ein System von mehreren Kammern feste Achse, z. B. durch feste Verbindung der Dosenlibelle mit dem Kreisel und z. B. durch cardanische Aufhängung der Kamera, parallel zur Kreiselachse gerichtet werden und daß aus den verschiedenen Stellungen der Libellenblase die Abweichungen der angenäherten Parallelstellungen aufeinanderfolgender Aufnahmerichtungen bestimmt und die Nadirpunkte der Luftbilder gefunden werden können.

2. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit den Lagern des Kreisels eine Dosenlibelle bzw. eine andere Einrichtung zur Kennzeichnung der Lotrichtung fest verbunden und daß eine Registriervorrichtung, z. B. eine photographische Kamera, für die Einrichtung zur Kennzeichnung der Lotrichtung vorgesehen ist.

3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels Photozelle und optischen Mitteln beim Eintritt der Parallelstellung der Kammerhauptachse mit der Kreiselachse der Kammerverschluß selbsttätig ausgelöst wird.



Staatsdruckerei Wien.

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Kl. 42h, 19/02

PATENTSCHRIFT NR. 185580

Ausgegeben am 11. Mai 1956

FIRMA CARL ZEISS IN HEIDENHEIM A. D. B. (DEUTSCHLAND)

Spiegelstereoskop für die Auswertung von Luftbildern

Angemeldet am 18. Jänner 1955; Priorität der Anmeldung in Deutschland vom 24. Feber 1954 beansprucht.
Beginn der Patentdauer: 15. August 1955.

Die Erfindung betrifft ein Spiegelstereoskop für die Auswertung von Luftbildern. Die bekannten Stereoskope dieser Art haben die Spiegel so angeordnet, daß ihre Spurlinien in der Ebene der Luftbilder parallel vom Beschauer fortlaufen. Will man daher insbesondere bei größeren Luftbildformaten im hinteren Bildteil Messungen durchführen, so muß das Spiegelstereoskop verhältnismäßig weit vom Beschauer fortgerückt werden, wodurch die Bedienung des Gerätes unbequem wird. Ein weiterer Nachteil der bekannten Geräte ist der, daß die Spiegel ziemlich hoch über den zu betrachtenden Bildern angebracht sein müssen, wenn man z. B. mit einem Bleistift Bemerkungen auf den Luftbildern anbringen will, weil bei natürlicher Schreibhaltung des Bleistiftes das Bleistiftende stets in eine der Spiegelflächen zeigt.

Diese Nachteile lassen sich erfindungsgemäß dadurch beseitigen, daß die Spiegel derart geneigt sind, daß ihre Spurlinien in der Ebene der Luftbilder sich schneiden. Die Mitte des Gesichtsfeldes ist dadurch in den hinteren Teil der Luftbilder verlegt, sofern sich die Spurlinien vor dem Beschauer schneiden und das Gerät und insbesondere die Einblicköffnungen können näher beim Beschauer angeordnet werden, wodurch die bequeme Bedienung gewährleistet ist. Außerdem wird durch die Neigung der Spiegel erreicht, daß bei natürlicher Schreibhaltung ein Bleistift immer parallel zu einer der Spiegelflächen liegt, so daß die Spiegel beim Schreiben nicht mehr hindern. Zweckmäßig schneiden sich die Spurlinien unter einem Winkel von ungefähr *90°*, wodurch ein kleiner und gedrungener Bau des Spiegelstereoskops ermöglicht wird.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt.

Auf einem Tisch *1* sind zwei Luftbilder *2* und *3* angeordnet. An festen Stangen *4* und *5* eines Gestelles sind längs diesen verschiebbar und um diese drehbar Spiegel *6* und *7* befestigt. Die Neigungen der Stangen *4* und *5* sind so gewählt, daß die Ebenen der an ihnen befestigten Spiegel *6* und *7* die Ebene der Luftbilder *2* und *3* in den Geraden *12* und *13* schneiden, wobei diese Geraden nahezu senkrecht aufeinander stehen. An den Stangen *4* und *5* sind außerdem Spiegel *8* und *9* sowie ein Einblick *10* fest angeordnet.

Eine Verschiebung oder eine Verdrehung der Spiegel *6* und *7* kann beim Einpassen der Luftbilder zweckmäßig sein, oder auch dann, wenn der auswertbare Teil der Photobilder größer als das Gesichtsfeld des Gerätes ist. In der Zeichnung ist für das Luftbild *3* ein Strahl *11* angegeben, welcher in die Mitte des Gesichtsfeldes des Instrumentes in der dargestellten Einstellung weist. Der Strahl *11* wird am Spiegel *7* reflektiert und trifft auf den Spiegel *9*, von wo aus er in das rechte Einblickfenster des Einblickes *10* gelangt.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Spiegelstereoskop für die Auswertung von Luftbildern, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegel derart geneigt sind, daß ihre Spurlinien in der Ebene der Luftbilder sich schneiden.

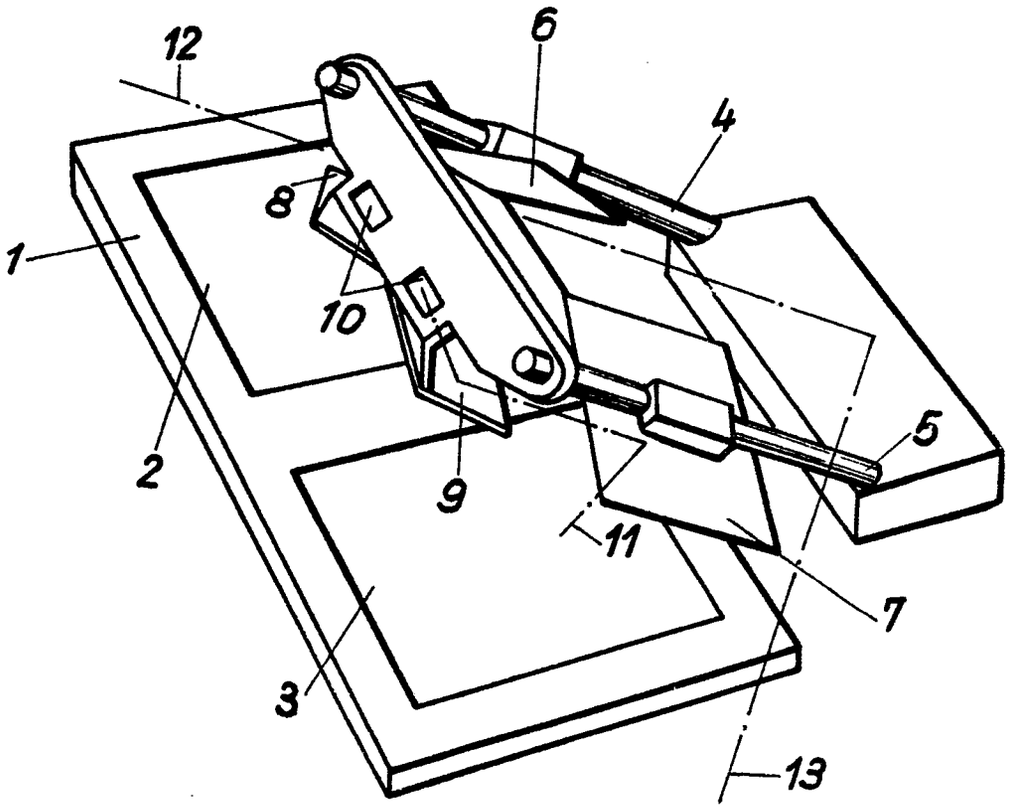
2. Spiegelstereoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Spurlinien unter einem Winkel von ungefähr 90° scheiden.

Österreichische Staatsdruckerei.

Österreichisches Patentamt
Patentschrift

Nr. 185580

Kl. 42 h, 19/02



ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Kl. 42c, 17

PATENTSCHRIFT NR. 186871

Ausgegeben am 25. September 1956

ZEISS-AEROTOPOGRAPH G. M. B. H. IN MÜNCHEN (DEUTSCHLAND)

Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern

Angemeldet am 3. Feber 1955; Priorität der Anmeldung in Deutschland vom 8. März 1954 beansprucht.
Beginn der Patentdauer: 15. November 1955.

Die Erfindung betrifft ein Gerät für stereoskopische Auswertung von Luftbildern, bei dem die Luftbilder parallel zur Meßebene angeordnet sind. Bei der Auswertung derart angeordneter Luftbilder tritt im Fall, daß das der Messung zugrundeliegende Luftbild mit nichtlotrechter Aufnahmeachse aufgenommen worden ist, der Fehler auf, daß die Projektion dieses Luftbildes in der Meßebene verzerrt erscheint. Diesen Fehler hat man bei einfachen Auswertegeräten, wie Spiegelstereoskopen, bisher nicht ausgeglichen, weil keine einfache und zweckmäßige Korrekturmöglichkeit bekannt war. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß bei Geräten, bei denen ohnehin eine Einrichtung vorgesehen ist, welche wenigstens in Abhängigkeit von den Lagekoordinaten des betrachteten Geländepunktes und von der Parallaxeneinstellung im Auswertegerät den durch zentrale Projektion der Luftbilder bedingten Fehler ausgleicht, d. h. also bildlich gesprochen, die Zentralprojektion zu einer Orthogonalprojektion macht, eine einfache Korrekturmöglichkeit des eingangs genannten Verzerrungsfehlers möglich ist, u. zw. dadurch, daß zur mindestens angenäherten Korrektur des Verzerrungsfehlers eine weitere Korrekturvorrichtung vorgesehen ist, welche zu dem in der Meßebene ermittelten Höhenwert einen Betrag der Größe

$$H = ax+by+c$$

addiert, wobei x und y die durch Orthogonalprojektion des betrachteten Geländepunktes in die Meßebene gegebenen Koordinaten bedeuten und die Konstanten a, b und c so gewählt sind, daß die Zentralprojektion des Luftbildes in die durch die genannte Gleichung gebildete Ebene ein wenigstens angenähert verzerrungsfreies Bild ergibt. Da die Höhenwerte gewöhnlich durch Parallaxenmessung ermittelt werden, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Korrekturgröße H nach entsprechender Umwandlung zum Parallaxenwert zu addieren.

Die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Korrektureinrichtung soll an Hand eines Ausführungsbeispiels in der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnung erläutert werden, aus der auch weitere Einzelheiten der Erfindung ersichtlich sind. Es stellen dar: Fig. 1 und 2 Skizzen zur Erläuterung des Erfindungsgedankens, Fig. 3 ein Auswertegerät mit einer erfindungsgemäßen Korrektureinrichtung in Draufsicht, Fig. 4 die Korrekturvorrichtung aus der Fig. 3. Fig. 1 zeigt die Projektion eines Luftbildes *1*, welches mit unter dem Winkel u geneigter Aufnahmeachse aufgenommen worden ist, in eine Projektionsebene *3*. Die Normale *2* des Luftbildes *1* ist dabei ebenfalls um den Winkel u gegen die Lotrechte geneigt, so daß, falls die Projektionsebene *3* als Meßebene in einem Auswertegerät dient, z. B. die Strecke AB der Länge s im Luftbild *1* in die Strecke $A'B'$ der Länge S vergrößert abgebildet wird, wodurch das in diese Ebene abgebildete Gelände unverzerrt erscheint.

Wird das Luftbild *1*, wie in Fig. 2 dargestellt, parallel zur Meßebene *3* im Auswertegerät angeordnet, so wird die Strecke AB nach $A''B''$ mit der Länge S'' abgebildet und die Strecke $A''B''$ ist gegen die Strecke S um den Betrag $k = S''—S$ verfälscht. Dieser Fehler k, welcher als Verzerrungsfehler bezeichnet worden ist, läßt sich näherungsweise darstellen, wenn man eine Bezugsebene *4* einführt, welche gegen die Meßebene *3* in der gezeichneten Weise ebenfalls um den Winkel u geneigt und derart angeordnet ist, daß die Projektion der Strecke AB des Luftbildes *1* in die Bezugsebene *4* die Strecke $A'B'$ der Länge S ergibt, so daß in der Bezugsebene unverfälschte Messungen durchgeführt werden könnten. Die Orthogonalprojektion der Strecke $A'B'$ in die Meßebene *3* gibt die Strecke A_1B'' der Länge $S_1 = S.\cos u$, wie aus dem rechtwinkeligen Dreieck $A_1'A_1B''$ zu ersehen ist.

Bezeichnet man $S''—S_1$ mit K, so ist, wie aus der Umklappung der Strecke $A_1'B'' = S$ in die Ebene *3* ersichtlich ist, K ungefähr gleich der Verzerrung k, denn der Fehler $K—k$ fällt bei der Größe der Strecke K nicht ins Gewicht, sofern die Neigung u der Bezugsebene *4* nicht zu groß ist.

Dieser Fehler K läßt sich nun leicht aus dem in der Meßebene *3* gemessenen Wert S'' eliminieren, denn er stellt nichts weiter dar, als den durch die zentrale Projektion des Punktes A' vom Projektionszentrum O aus in die Meßebene *3* bedingten Fehler, d. h. es läßt sich K ausdrücken durch die räumliche Lage des Punktes A' vermöge der Beziehung $tg\, u = K/H$,

wobei H die Höhe des Punktes A' über der Ebene *3* ist. Die räumliche Lage aller Punkte A' in der Bezugsebene *4* ist aber durch eine Gleichung der Form

(1) $$H = ax+by+c$$

eindeutig bestimmt, wenn x und y die durch Orthogonalprojektion gewonnenen Koordinaten des Punktes A' in der Ebene *3* sind, H seine Höhe über der Meßebene *3* und die Konstanten a, b und c so gewählt sind, daß die Zentralprojektion der Strecke $AB = s$ in die Bezugsebene *4* gleich S wird. Jede in der Ebene *3* gemessene Strecke ist deshalb mit der Größe K zu korrigieren. Eine solche Korrektur ist dann notwendig, wenn z. B. eine Höhenschichtlinie für eine bestimmte Höhe h des Geländes zu zeichnen ist, weil in diesem Fall ohne einen Korrekturausgleich K die zur Höhe h gehörenden Koordinaten xy verfälscht wiedergegeben würden.

Wird mit dem Gerät jedoch die zu dem Punkt A_1 (xy) gehörende Höhe h eines Geländes *5* ermittelt, so ist umgekehrt diese Höhe h entsprechend um die Größe H (xy) zu korrigieren, d. h. man addiert in diesem Fall zu einer im Punkt A_1 (xy) ermittelten Höhe h eines Geländes *5* die Höhe $H(xy)$, wodurch der in die Höhe h eingehende Verzerrungsfehler eliminiert wird.

Werden die Höhen h durch ihre Parallaxenwerte p ausgedrückt, so kann die Größe H in eine Parallaxenkorrektur H_p umgewandelt und zum Parallaxenwert addiert werden. Bei genügend kleinen Neigungen der Aufnahmeachse läßt sich ferner H_p in die Näherungsform

(2) $$H_p = w_1x+w_2y$$

bringen, wobei w_1 und w_2 entweder aus der Gleichung für H ermittelbar sind, oder aber auch, wie nachfolgend beschrieben werden wird, empirisch in der Korrekturvorrichtung einstellbar sind.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Einrichtung, bei der zu einer Höhe h die Höhenschichtlinie zu zeichnen ist. Auf einem verschiebbaren Bildträger *10* sind zwei Luftbilder *1* und *11* angeordnet, welche durch ein nicht gezeichnetes Stereoskop betrachtet werden. Zum Abtasten der einzelnen Geländepunkte dienen Meßmarken *12* und *13*, welche zwecks Einstellung eines Parallaxenwertes in ihrem Abstand voneinander einstellbar, im übrigen aber fest angeordnet sind. Da die Marken *12* und *13* im stereoskopischen Bild als räumliche Marke erscheinen, und ihr Parallaxenabstand einer bestimmten Geländehöhe entspricht, läßt sich durch Verschieben der Bilder *1* und *11* mit dem Bildträger *10* z. B. eine Höhenschichtlinie ermitteln, welche jedoch in vorliegendem Fall zunächst noch einen perspektivischen Fehler, welcher durch die zentrale Projektion des Geländepunktes in die Meßebene *3* entsteht und als Verzeichnungsfehler bezeichnet worden ist und die genannte Verzerrung aufweist. Die Verschiebungsgrößen des Bildträgers *10* in den Richtungen x und y werden durch eine Stange *14* als Eingangswerte einem fest angeordneten Rechengerät *15* mitgeteilt. Zur Einstellung des Parallaxenabstandes ist die Marke *12* auf einer festen Hülse *16* angeordnet und die Meßmarke *13* sitzt mit einem Muttergewinde auf einer in der Hülse *16* geführten Gewindespindel *17*. Beim Drehen eines an der Spindel befestigten Knopfes *18* dreht sich die Gewindespindel *17* und verschiebt die Marke *13* relativ zur Marke *12*. Die Spindel *17* läuft in eine biegsame Welle *19* aus, welche die Verschiebungsgröße der Marke *13* als Rechengröße einem Rechengerät *20* zuführt. Über eine am Bildträger *10* befestigte Stange *21* werden im Rechengerät *20* die Koordinaten x und y des auszuwertenden Geländepunktes eingestellt. Das Rechengerät löst die Gleichung (2), und zwei Einstellknöpfe *22* und *23* dienen zur Einstellung der Größe w_1 und w_2 dieser Gleichung. Im Rechengerät *20* wird zu dem durch die biegsame Welle *19* eingestellten Parallaxenwert die Größe H_p addiert, welche in das Rechengerät *15* durch eine Gewindespindel *24* übertragen wird. Das Rechengetriebe *15* ermittelt mit diesem korrigierten Parallaxenwert den Fehler, welcher durch die zentrale Projektion der Luftbilder entsteht und ein vom Rechengerät *15* betätigter Zeichenstift *25* zeichnet den Verschiebungen des Bildträgers *10* entsprechende Punkte auf, welche frei von den genannten Fehlern sind.

Fig. 4 zeigt die Wirkungsweise des Rechengeräts *20*. Die Bewegung der Stange *21* wird durch einen Kreuzschlitten *30*, *31* in die Koordinatenrichtungen x und y zerlegt. Am Schlitten *30* ist in der x-Richtung verschiebbar in Führungen *32* und *33* eine Stange *34* befestigt. Mit der Stange *34* ist ein um einen Punkt *35* drehbarer Winkelhebel *36*, *37* derart verbunden, daß er sich bei Verschiebung der Stange *34* um den Punkt *35* drehen kann. Die Drehung des Winkelhebels wird auf eine in einer Führung *38* verschiebbare und mit dem Arm *37* des Winkelhebels verbundene Stange *39* übertragen, welche ihrerseits auf ein Ende eines Lineals *40* wirkt und dieses senkrecht zur x-Richtung verschiebt. Am Schlitten *31* des Kreuzschlittens *30*, *31* ist eine Stange *41* befestigt, welche sich mit dem Schlitten *31* axial in der y-Richtung verschiebt. Die Stange *41* ist an einem um einen Punkt *42* drehbaren Hebel *43* derart angelenkt, daß sich der Hebel bei einer axialen Verschiebung der Stange *41* um den Punkt *42* dreht. Diese Drehbewegung wird auf eine ebenfalls mit dem Lineal *43* verbundene und in einer Führung *44* verschiebbare Stange *45* übertragen. In der Mitte des Lineals *40* ist an diesem eine in Führungen *46* und *47* verschiebbare Zahnstange *48* angeordnet, welche sich bei einer Lageänderung des Lineals *40* in paralleler Richtung zu den Stangen *39* und *45* verschiebt. Diese Verschiebung wird auf eine mit einem Zahnrad *49* versehene Welle *50* übertragen, die mit einem Kronrad *51* eines Differentials *52* verbunden ist. Das andere Kronrad *57* des Differentials *52* ist mit der biegsamen Welle *19*

verbunden. Das Differential überträgt mittels eines Kegelräderpaares *53* und *54* die Drehung der Wellen *19* und *50* als Summe auf die Spindel *24*. Die Führung *38* weist ein in einer Führung *55* verschiebbares Mutterstück *56* auf, in das eine durch den Einstellknopf *22* betätigte Spindel *58* greift. Bei Drehung des Einstellknopfes *22* wird demnach die Führung und damit die Stange *39* parallel zu sich selbst verschoben. Damit diese Parallelverschiebung ungehindert erfolgen kann, weisen der Arm *37* und die Stange *39* entsprechende Führungsschlitze *59* und *60* auf. Entsprechend weist die Führung *44* für die Stange *45* ein in einer Führung *61* verschiebbares Mutterstück auf, in das eine mit dem Einstellknopf *23* versehene Spindel *63* greift. Bei Drehung des Einstellknopfes *23* verschiebt sich die Stange *45* parallel zu sich selbst und die Stange *45* und der Hebel *43* weisen entsprechende Führungen *64* und *65* für die Stange *45* auf.

Die Wirkungsweise des Rechengeräts ist wie folgt.

Bei Verschiebung des Schlittens *30* um die Strecke x_1 verschiebt sich die Stange *39* über den Winkelhebel *36*, *37* um $x_2 = 2.w_1.x_1$, wobei der Faktor $2\,w_1$ durch die Parallelversetzung der Stange *39* mittels Einstellknopf *22* einstellbar ist. Die Stange *39* hebt das eine Ende des Lineals *40* entsprechend an, so daß sich die Zahnstange *48* um den Betrag w_1x_1 axial verschiebt. Bei Verschiebung des Schlittens *31* um y_1 verschiebt sich die Stange *41* um y_1 und die Stange *45* wird durch den Hebel *43* um $y_2 = 2.w_2.y_1$ angehoben. Der Faktor $2.w_2$ ist auch hier durch Drehen des Einstellknopfes *23* durch die damit verbundene Parallelversetzung der Stange *45* einstellbar. Die Stange *45* wirkt auf das andere Ende des Lineals *40*, so daß die Zahnstange *48* nochmals um w_2y_1 verschoben wird. Die Zahnstange *48* erfährt demnach stets eine Gesamtverschiebung um $H_p = w_1x+w_2y$. Dieser Betrag von H_p wird durch das Differential *52* zu dem durch die biegsame Welle *19* übertragenen Parallaxeneinstellwert p addiert, so daß die Spindel *24* eine Drehbewegung entsprechend H_p+p ausführt, welche zur weiteren Korrektur des durch zentrale Projektion bewirkten Fehlers in das Rechengerät *15* übertragen wird.

Zur Beseitigung des Verzerrungsfehlers brauchen die w_1- und w_2-Werte numerisch nicht bekannt zu sein, sofern von vier Geländepunkten bekannte Höhenwerte vorliegen. Man verschiebt dann den Bildträger *10* unter jeweiliger Parallaxeneinstellung auf diese Geländepunkte und kontrolliert, ob und inwieweit die durch den Rechner *15* ermittelten Ergebnisse von den bekannten Werten abweichen. Durch Drehen der Einstellknöpfe *22* und *23* ist es dann möglich, sukzessive die Ergebnisse des Rechners *15* für die vier Geländepunkte auf die bekannten Werte zu korrigieren.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern, bei dem die Luftbilder parallel zur Meßebene angeordnet sind und bei dem eine Einrichtung vorgesehen ist, welche wenigstens in Abhängigkeit von den Lagekoordinaten des betrachteten Geländepunktes und von der Parallaxeneinstellung im Auswertegerät den durch zentrale Projektion der Luftbilder bedingten Fehler ausgleicht, dadurch gekennzeichnet, daß zur mindestens angenäherten Korrektur des auftretenden Verzerrungsfehlers in den Koordinaten oder den dazugehörenden Geländehöhen im Fall, daß das der Messung zugrundeliegende Luftbild mit nichtlotrechter Aufnahmeachse aufgenommen worden ist, eine Korrekturvorrichtung vorgesehen ist, welche zu dem in der Meßebene ermittelten Höhenwert einen Betrag der Größe

$$H = ax+by+c$$

addiert, wobei x und y die durch Orthogonalprojektion des betrachteten Geländepunktes in die Meßebene gegebenen Koordinaten bedeuten und die Konstanten a, b und c so gewählt sind, daß die Zentralprojektion des Luftbildes in die durch die genannte Gleichung gebildete Ebene ein wenigstens angenähert verzerrungsfreies Bild ergibt.

2. Auswertegerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturvorrichtung die Größe H nach entsprechender Umformung zum Parallaxenwert addiert.

Österreichische Staatsdruckerei.

Österreichisches Patentamt
Patentschrift
Nr. 186871
Kl. 42 c, 17

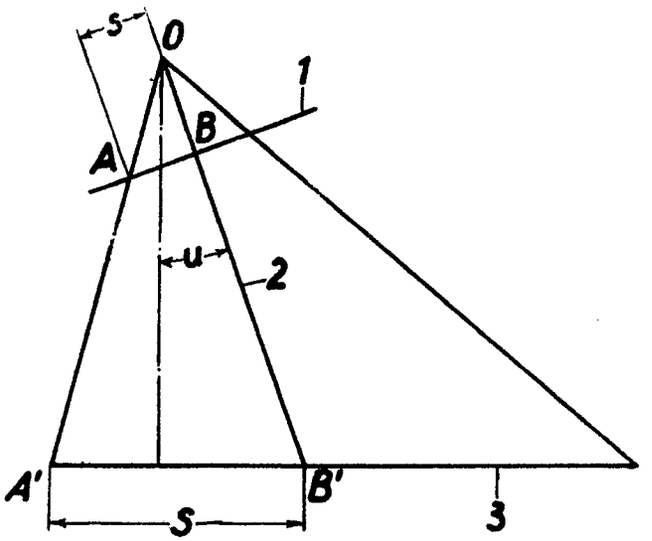


Fig. 1

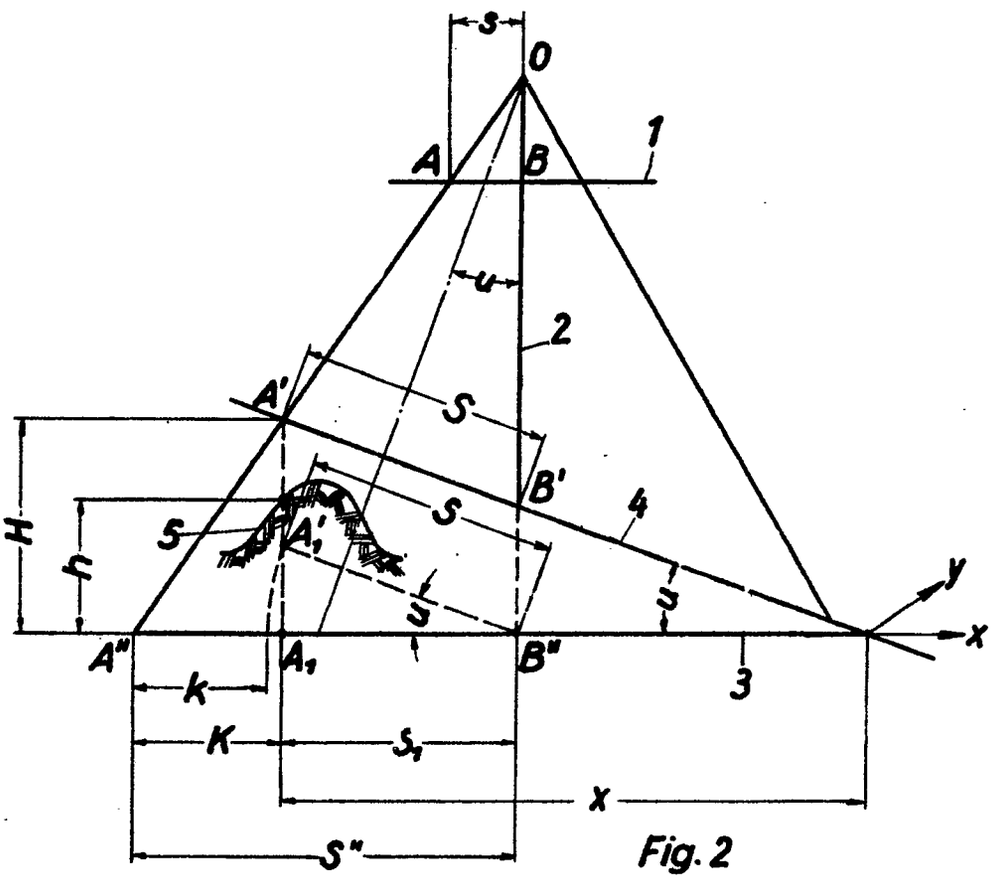


Fig. 2

Österreichisches Patentamt
Patentschrift
Nr. 186871
Kl. 42 c, 17

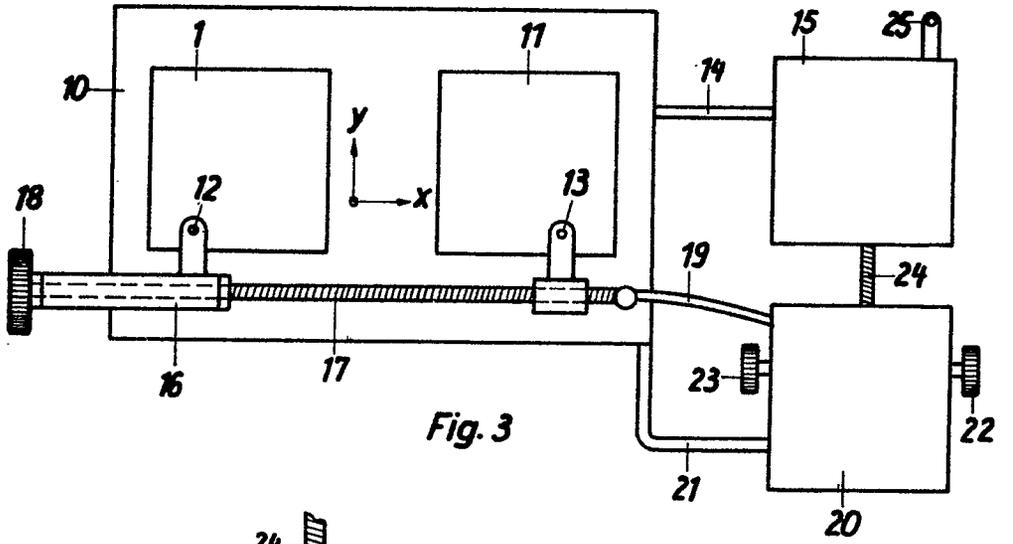


Fig. 3

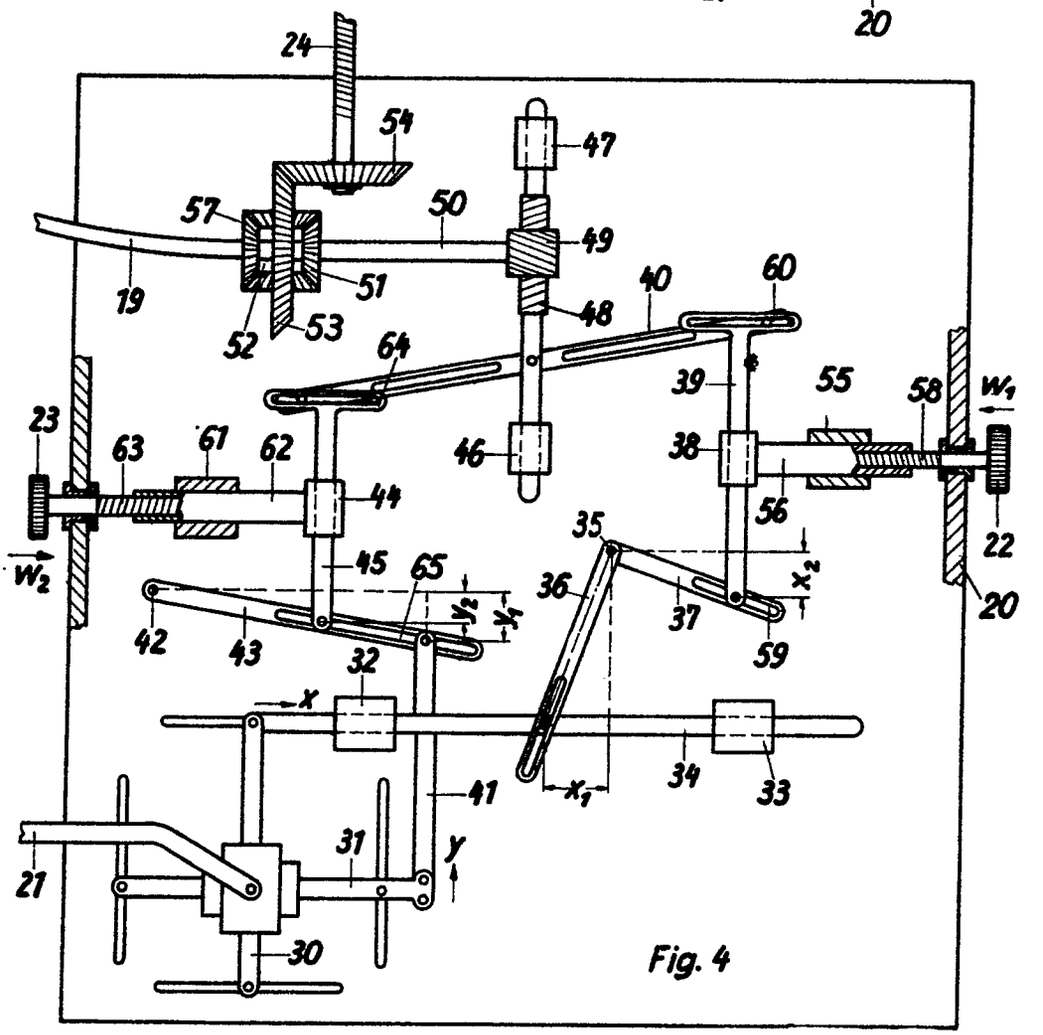


Fig. 4

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Kl. 42c, 17

PATENTSCHRIFT NR. 193624

Ausgegeben am 25. November 1957

ZEISS-AEROTOPOGRAPH G. M. B. H. IN MÜNCHEN (DEUTSCHLAND)

Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder

Angemeldet am 1. Juni 1954; Priorität der Anmeldung in Deutschland vom 13. Juni 1953 beansprucht.
Beginn der Patentdauer: 15. Feber 1957.

Die Erfindung betrifft ein Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder mittels Horizontal-Parallaxenmessung, bei dem die Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen behandelt werden und die Deformation der Bezugsfläche in Abhängigkeit von der Einstellung der stereoskopischen Meßmarke auf einen Punkt x, y des stereoskopischen Bildes durch eine die Parallaxeneinstellung beeinflussende selbsttätig arbeitende Korrektureinrichtung ausgeglichen wird und zeichnet sich dadurch aus, daß die Korrektureinrichtung die Näherungsgleichung

1. $z = ax+by+cxy+d$

löst, wobei x, y die Koordinaten des betrachteten Geländepunktes sind und a, b, c und d so wählbare Konstante, daß die Gleichung als Fläche genommen eine sich durch die Behandlung der Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen ergebende Modellverbiegung approximiert und z die Parallaxenkorrektur bedeutet, wobei die Korrekturvorrichtung zur Einstellung der Konstanten a, b, c und d eine oder zwei drehbare und verschiebbare gerade Führungsschienen aufweist und für die Einstellung des einen unabhängig veränderlichen Wertes ein verschiebbarer Schlitten vorgesehen ist, derart, daß durch Einstellung des Wertes die Neigung eines auf dem Schlitten angeordneten Lineals bestimmt wird, indem die Entfernungsdifferenz zweier dem eingestellten Wert auf den Führungsschienen entsprechender Punkte von einer in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden durch Abtastvorrichtungen in eine Verschiebung des Lineals übergeführt wird und für die Einstellung des andern unabhängig veränderlichen Wertes eine verschiebbare Abtastvorrichtung vorgesehen ist, die einen diesem Wert entsprechenden Punkt auf dem Lineal abgreift, wobei der Ausschlag dieser Abtastvorrichtung den z-Wert angibt.

Dieses Gerät hat den Vorteil, daß die bisher notwendigen langwierigen Rechnungen zur Beseitigung der Parallaxenfehler nicht mehr notwendig sind, weil die Korrekturvorrichtung die Parallaxenfehler selbsttätig angibt bzw. durch Abstandsänderung der Parallaxenmarken beseitigt und sie hat den weiteren Vorteil, daß die Korrekturvorrichtung mit verhältnismäßig einfachen Mitteln die genannten Fehler beseitigt, weil die Fehler nur näherungsweise, jedoch mit genügend ausreichender Genauigkeit korrigiert werden und der mechanische Aufbau des Gerätes einfach gehalten ist.

Die Einstellung der Koordinatenwerte kann dabei durch am Gerät vorgesehene Skalen erfolgen. Besonders zweckmäßig ist es aber, die Einstellvorrichtung der für die Parallaxenmessung vorgesehenen Marken mit einem die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen zu kuppeln. Dadurch wird erreicht, daß bei Einstellung der Marke auf einen Bildpunkt (x, y) die Abtastvorrichtung und auch der Schlitten mit verschoben werden und die entsprechenden Werte x und y selbsttätig im Rechengerät eingestellt werden. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Abtastvorrichtungen für die Abtastung der Entfernungsdifferenz der Führungsschienen von der in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden als auf dem Schlitten angeordnete drehbare Winkelhebel auszubilden, derart, daß jeweils ein Arm der Winkelhebel durch eine in konstantem Abstand vom Schlitten angeordnete senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare, mit einem Ende auf der Führungsschiene gleitende Stange bei Verschiebung des Schlittens gedreht wird, und der andere Arm jedes Winkelhebels über eine in festem Abstand vom Drehpunkt des Winkelhebels in der Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare Stange ein Ende des Lineals verschiebt. In einer weiteren Ausbildung des Geräts ist nur eine Führungsschiene und eine auf ihr gleitende Abtastvorrichtung vorgesehen und das Lineal um einen festen Punkt auf dem Schlitten drehbar angeordnet.

Sind für die Einstellung der x- und y-Werte Skalen vorgesehen, so werden die y-Werte zweckmäßig auf einer festen Skala durch einen am Schlitten vorgesehenen Zeiger eingestellt und die x-Skala ist vorteilhaft auf dem Schlitten angeordnet. Der x-Wert wird vorteilhaft auf dieser Skala durch eine an dem die z-Skala und die Abtastvorrichtung für den z-Wert

tragenden Wagen vorgesehenen Zeiger eingestellt. Da die Gleichung 1 nur eine Näherung für das sattelartig verbogene Modell darstellt, sind die ermittelten Parallaxenwerte noch mit Fehlern höherer Ordnung behaftet. Diese sind zwar sehr klein, doch kommt es vor, daß auch noch diese Fehler ausgeschaltet werden sollen. Man approximiert dann die sattelartige Fläche zweckmäßig zusätzlich durch eine Fläche der Form:

2. $z = a_1x + cx^2 + d.$

Das erfindungsgemäße Rechengerät löst auch diese Gleichung, wenn man die y-Skala in solchen Fällen als eine zweite x-Skala benutzt, wobei dann auf jeder der beiden Skalen der x-Wert einzustellen ist. Zweckmäßiger ist es jedoch in diesem Fall, eine Übersetzung vorzusehen, so daß die Bewegung des Schlittens längs der y-Skala eine gleich große Verschiebung der Abtastvorrichtung der z-Werte in der x-Richtung bewirkt. Eine besonders einfache Ausführungsform des Geräts für die Lösung der Gleichung 2 besteht darin, die Abtastvorrichtung aus zwei in senkrechter Richtung zur Bewegungsrichtung des Schlittens auf diesem Schlitten verschiebbaren Stangen zu bilden, deren eine Enden auf den entsprechenden Führungsschienen gleiten und deren andere Enden das Lineal verschieben. Die Abtastvorrichtung am Lineal und die Abtastvorrichtungen an den Führungsschienen können dann zur Erzielung einer gleichsinnigen Bewegung durch eine Übersetzung im Verhältnis 1 : 1 gekuppelt sein. In weiterer Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung kann der mit einem der oben beschriebenen Geräte ermittelte z-Wert zur Einstellung eines Schlittens eines weiteren Geräts benutzt werden, indem die Abtastvorrichtung für den z-Wert mit dem Schlitten des weiteren Geräts verbunden ist. Auf diese Weise können alle Gleichungen gelöst werden, die sich ergeben, wenn der y- oder x-Wert in den Gleichungen 1 oder 2 durch den z-Wert nach Gleichung 1 (oder 2) substituiert wird. Insbesondere kann aber auch die Kupplung von zwei oder mehr Geräten derart vorgenommen werden, daß die Endwerte der einzelnen Geräte sich addieren. In Verbindung mit der Kupplung durch Substitution ergibt sich somit die Möglichkeit, eine Vielzahl von Gleichungen höherer Ordnung zu lösen, und es können dadurch die Parallaxenwerte mit beliebiger Genauigkeit ermittelt werden.

Auf der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes dargestellt, u. zw. zeigen Fig. 1 ein Gerät zur Lösung der Gleichung $z = ax + by + cxy + d$, Fig. 2—4 Diagramme zur Erläuterung der Wirkungsweise des Geräts nach Fig. 1, Fig. 5 eine geänderte Ausführungsform zur Lösung der Gleichung $z = a_1x + oy^2 + d$, und die Fig. 6 und 7 Diagramme zur Erläuterung der Wirkungsweise des Geräts nach Fig. 5.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ist ein Schlitten *1* auf Führungen *2* verschiebbar angeordnet und mit einem Zeiger *3* versehen, mit dem ein Wert auf einer Skala y von Hand oder durch einen nicht gezeichneten Schraubentrieb eingestellt werden kann. An dem Schlitten *1* sind zwei Verlängerungen *4* und *5* vorgesehen, die an ihren Enden Hülsen *6* und *7* aufweisen, in denen Stangen *8* und *9* senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens gleiten können. Die Stangen *8* und *9* werden durch Arme *10* und *11* von um Punkte *12* und *13* auf dem Schlitten *1* drehbaren Winkelhebeln *10*, *18* und *11*, *19* gegen verstellbare Führungsschienen *14* und *15* gedrückt. Die Arme *10* und *11* stehen zu diesem Zweck unter der Wirkung von Federn *17* und *17*. Die andern Arme *18* und *19* der Winkelhebel berühren Stangen *22* und *23*, die in am Schlitten *1* befestigten Führungen *20* und *21* gleiten können. An den Stangen *22* und *23* sind drehbar Hülsen *24* und *25* befestigt, in denen ein Lineal *26* verschiebbar gelagert ist. Eine Feder *27* drückt das Lineal *26* gegen die Stangen *22* und *23* und sichert das Anliegen dieser Stangen an die Arme *18* und *19*. Auf einer auf dem Schlitten *1* angeordneten Führung *29* gleitet ein Schlitten *30* mit einer Skala z. Mit Hilfe eines am Schlitten *30* vorgesehenen Zeigers *31* kann der Schlitten *30* auf einen bestimmten Wert einer Skala x, die mit dem Schlitten *1* verbunden ist, von Hand oder durch einen nicht gezeichneten Schraubentrieb eingestellt werden. Eine unter der Wirkung einer Feder *32* stehende Abtastvorrichtung *33* gleitet mit dem einen Ende auf dem Lineal *26* und ihr Ausschlag kann mit Hilfe eines Zeigers *34* auf der Skala z abgelesen werden. Zur Verstellung der Führungsschienen *14* und *15* sind diese verschiebbar in Hülsen *40*, *41*, *42* und *43* gelagert, welche drehbar mit Hülsen *44*, *45*, *46* und *47* verbunden sind. Die Hülsen *44*, *45*, *46* und *47* sind verschiebbar auf Führungen *48* und *49* angeordnet und weisen Zeiger *50*, *51*, *52* und *53* auf, mit denen auf Skalen *35*, *36* sowie *35'* und *36'* Werte eingestellt werden können. Die Skalen sind mit einem beliebigen Einheitsmaßstab beziffert, so daß aus der Differenz der auf zwei entsprechenden Skalen *35*, *36* oder *35'*, *36'* eingestellten Werte und aus der Kenntnis des Abstandes der Führungsschienen *48* und *49* heraus einmal die Neigungen der Führungsschienen *14* und *15* eingestellt und zum andern aber auch die Führungsschienen parallel verschoben werden können. Die Verschiebung der Hülsen *40*, *41*, *42* und *43* kann von Hand oder auch mechanisch durch nicht gezeichnete Schraubentriebe erfolgen. Am Schlitten *30* sind zwei Marken *60* und *61* für die Parallaxenmessung angeordnet. Mittels der Skalen x und y werden die Marken *60* und *61* auf zwei identische Punkte x, y von Luftbildern eingestellt, wobei sich entsprechend die Abtastvorrichtung *33* und der Schlitten *1* verschieben. Die Marken *60* und *61* sind durch eine Mikrometerschraube *62* gegeneinander verschiebbar, so daß die beiden Marken im stereoskopischen Bild zur Deckung

gebracht und aus der dazu erforderlichen Verschiebung die Parallaxenwerte ermittelt werden können.

Die Wirkungsweise des Geräts soll an Hand der Fig. 2—4 beschrieben werden.

Der Arm *11* greift in Fig. 2 der Einfachheit halber direkt an der Führungsschiene *15* an, was lediglich eine parallele Verschiebung der Führungsschiene *15* um die Länge der Stange *9* bedeutet (Fig. 1), die jedoch ohne Einfluß auf die Neigung des Lineals *26* ist. Die Führungsschiene *15* wird mit Hilfe der Skalen *35* und *36* um einen bestimmten Winkel u_2 geneigt eingestellt. Bei Verschiebung des Schlittens *1* auf den Wert y wandert der Punkt *13* in den Punkt *13'* und der Berührungspunkt *0* des Armes *11* und der Führungsschiene *15* wandert nach *0'*. Der Arm *11* geht jetzt aus seiner für $y = o$ senkrecht angenommenen Lage in die Lage *11'* durch die Punkte *0'* und *13'* über und ist um den Winkel w_2 verdreht worden. Setzt man die Bewegung des Punktes *0* nach *0'* aus den zwei Stücken x und y zusammen, so ergibt sich für die Verdrehung des Armes *11* um den Winkel w_2 folgende Beziehung:

$$tg\ w_2 = x/L,$$

wenn L die Länge der Strecke zwischen den Punkten *0* und *13* ist. Es ist weiter

$$x = y.tg\ u_2 \text{ und somit}$$
$$tg\ w_2 = y.(tg\ u_2)/L.$$

Eine entsprechende Winkeldrehung w_1 ergibt sich unter den gleichen Annahmen für den Arm *10* des rechten Winkelhebels:

$$tg\ w_1 = y.(tg\ u_1)/L,$$

wobei u_1 die Neigung der Schiene *14* bedeutet und L der senkrechte Abstand der Stange *8* vom Drehpunkt *12* ist. Um die gleichen Winkel w_1 und w_2 drehen sich die Arme *18* und *19* (Fig. 3). Wählt man die Entfernungen der Stangen *22* und *23*, die in der Fig. 3 der Einfachheit halber die Länge Null haben, von den Drehpunkten *12* und *13* gleichen L_1, so ergibt sich die Verschiebung der Punkte *22* und *23* in Fig. 3 oder auch der Punkt *24* und *25* in Fig. 1 zu

$$h_1 = L_1.tg\ w_1 = L_1.y.(tg\ u_1)/L$$
$$h_2 = L_1.tg\ w_2 = L_1.y.(tg\ u_2)/L.$$

Um diese Beträge werden die Enden des Lineals *26* in den Punkten *24* und *25* gehoben oder gesenkt. Ist der senkrechte Abstand der Stangen *22* und *23* voneinander gleich L_2, so nimmt das Lineal eine Neigung v ein, die sich aus

$$tg\ v = (h_1+h_2)/L_2$$

ergibt, oder

$$3.\quad tg\ v = L_1.y.(tg\ u_1+tg\ u_2)/(L.L_2).$$

Nimmt man die Abtastvorrichtung *33* in den Punkt *25* verschoben an (Fig. 4), wobei dann der Zeiger *31* auf $x = o$ zeigen soll, dann hat sich der Zeiger *34* bei der y-Verschiebung um $z_1 = h_2$ gesenkt. Stellt man jedoch auf der Skala x einen Wert ein, d. h. verschiebt man die Abtastvorrichtung um x, so verschiebt sich der Zeiger *34* um

$$3'.\quad z_2 = x.tg\ v,$$

je nach Neigung des Lineals *26* nach oben oder nach unten. Der gesamte z-Wert bei Verschiebung um y und x wird dann

$$z = z_1+z_2 = L_1.y.(tg\ u_2)/L+x.tg\ v$$
$$= L_1.y.(tg\ u_2)/L+xy.L_1(tgu_1+tgu_2)/(L.L_2).$$

Da alle Größen auf der rechten Seite bis auf x und y Konstante sind, wird

$$4.\quad z = A_1\ y+A_2xy$$
mit $A_1 = L_1\ (tg\ u_2)/L$ und $A_2 = L_1\ (tg\ u_1+tg\ u_2)/(L.L_2)$.

L, L_1 und L_2 sind Konstruktionsgrößen, weshalb A_1 und A_2 Funktionen der Neigungen der Führungsschienen *14* und *15* sind. Die Nullpunktlagen der Größen x und y auf ihren Skalen sind bei dieser Rechnung beliebig angenommen worden. Es können deshalb, um die Gleichung 4 in einem Typ der zu lösenden Gleichung 1 überzuführen, zusätzliche Koordinatenverschiebungen in der x- und y-Richtung vorgenommen werden. Man kann aber auch die bereits erfolgte Nullpunktwahl beibehalten und die Führungsschienen *14* und *15* parallel verschieben. Im ersten Fall sind dann die Konstanten a, b, c und d der Gleichung 1 von der Neigung der Führungsschienen *14* und *15* und von der besonderen Wahl der Nullpunkte der x- und y-Skalen abhängig. Im zweiten Fall dagegen sind die Konstanten a, b, c und d nur von der Lage und der Neigung der Führungsschienen abhängig. Verschiebt man nämlich beispielsweise in der Fig. 1 die Führungsschiene *15* um die Strecke m nach rechts, dann senkt sich der Punkt *25* um $m' = L_1.n/L$. Um diesen Betrag senkt sich auch der Zeiger *34*, wenn die Abtastvorrichtung *33* in der Stellung $x = O$ in dem Punkt *25* verschoben angenommen ist, d. h. m' stellt einen konstanten Beitrag zum z-Wert der Gleichung 4 dar. Bei dieser Parallelverschiebung dreht sich nun weiter das Lineal *26* um den Winkel v'. Mit

$$tg\ v' = m'/L_2 = L_1.m/(L.L_2)$$

zeigt daher bei Verschiebung der Abtastvorrichtung *33* auf den Wert x der Zeiger *34* auf einen z-Wert, der sich gegenüber dem der Gleichung 4 nochmals um $x.L_1.m/(L.L_2)$ geändert hat. Addiert man daher beide Anteile auf der rechten Seite von Gleichung 4, dann erhält man

$$4'.\quad Z = A_1.y+A_2.xy+x.L_1.m/(L.L_2)+L_1.m/L.$$

Eine Parallelverschiebung der Schiene *14* um den Betrag n nach rechts gibt einen weiten An-

teil zu dem Faktor des x-Gliedes von der Größe $n.L_1/(L.L_2)$ so, daß Gleichung 4' übergeht in

$$4''.\quad Z = [L_1/(L.L_2)].(m+n).x\ A_1.y+ +A_2xy+L_1.m/L.$$

Die Verschiebung der Schiene *14* wirkt sich jedoch nicht auf das konstante Glied der Gleichung 4' aus, weil die Abtastvorrichtung *33* für $x = O$ der Einfachheit halber im Punkt *25* angenommen worden war, der bei der Verschiebung der Stange *14* fest bleibt. Die Gleichung *4''* ist vom Typ der Gleichung 1. Wählt man insbesondere $L = L_1$, was eine rein konstruktive Maßnahme darstellt, so wird Gleichung 4'' ausgeschrieben.

$$4'''.\quad z = (m+n)\ x/L_2+y.Tg\ u_2+(tg\ u_1+tg\ u_2)\ xy/L_2+m.$$

Ein Koeffizientenvergleich der Koeffizienten dieser vereinfachten Gleichung mit denen der Gleichung 1 gibt bei gegebenen Konstanten *a*, *b*, *c* und *d* sofort, ohne lange Rechnung, die Einstellgrößen *m*, *n*, *tg* u_1 und *tg* u_2.

Die Einstellgrößen *n* und *tg* u_1 der Führungsschiene *14* treten nur in additiver Verbindung mit den Größen *m* und *tg* u_2 auf, deshalb kann, ohne daß in Gleichung 1 Koeffizienten zu Null werden, die Gleichung 1 auch gelöst werden, wenn beispielsweise $u_1 = n = O$ gewählt wird. Der Arm *10* führt in diesem Fall keine Winkeldrehung aus, so daß der ganze Winkelhebel *10*, *18* und die Führungsschiene *14* weggelassen werden können. Bei dieser Ausführungsform muß dann das Lineal *26* in einem Punkt auf dem Schlitten *1*, beispielsweise im Punkt *24*, drehbar gelagert sein. Die übrigen Anordnungen bleiben erhalten. Diese Ausbildung des Gerätes hat den Vorteil der konstruktiven Einfachheit, gestattet aber nicht die einfache Bestimmung der Einstellgröße durch Koeffizientenvergleich der Gleichungen 4''' und 1, da für die Einstellung der Konstanten *a*, *b*, *c* und *d* neben der Einstellung der Lage und Neigung der Führungsschiene *15* zusätzlich Koordinatenverschiebungen in der x- und y-Richtung vorgenommen werden müssen, um für die vier gegebenen Konstanten vier Einstellstücke zu erhalten. Eine besonders einfache Einstellmöglichkeit der Neigungen der Führungsschienen ergibt sich, ohne daß die Konstanten *a*, *b*, *c* und *d* bekannt zu sein brauchen, wenn von vier Punkten (x, y) in den Photobildern die Parallaxenwerte bekannt sind. Man geht dann so vor, daß durch Wahl des Abstandes der Marken *60* und *61* die bekannten Parallaxenwerte eingestellt werden und die Marken *60* und *61* mit Hilfe der x- und y-Skalen auf die Punkte (x, y) der Photobilder geschoben werden. Da der jeweils eingestellte Parallaxenwert der genaue Wert ist, darf die Skala z für keinen der vier Punkte einen Parallaxenwert anzeigen. Man verstellt deshalb die Führungsschienen so lange, bis der Zeiger *34* auf $z = o$ zeigt bzw. das betrachtete Raummodell parallaxenfrei erscheint. Dazu genügt es gewöhnlich schon, daß man beispielsweise für den ersten Punkt den Zeiger *50* längs der Skala *35* verschiebt. Für den zweiten Wert wird dieses Verfahren mit dem diesem Punkt entsprechenden Parallaxenwert wiederholt, wobei man zweckmäßig den Zeiger *52* längs der Skala *35'* verschiebt. Für den dritten und vierten Punkt neigt man analog die oberen Enden der Führungsschienen durch Verschiebung der Zeiger *53* und *51*. Hat man die letzte Verschiebung vorgenommen, so wird das Gerät für den ersten Punkt wieder einen geringen Korrekturwert z anzeigen, der durch Nachstellen einer der Führungsschienen beseitigt werden kann. Ebenso verfährt man für die andern Punkte so lange, bis der Zeiger *34* für jeden der vier Punkte den Korrekturwert 0 anzeigt. Durch diese vier Punkte geht dann die hyperbolische Fläche der Gleichung 1, welche das sattelartige Modell approximiert und das Rechengerät gibt die Parallaxenkorrekturen für alle weiteren Punkte (x, y) an, ohne daß die Gleichung 1 überhaupt bekannt zu sein braucht.

Wählt man in der Gleichung 1 $x = y$, so löst das Gerät die Gleichung

$$2.\quad z = a_1x+cx^2+d.$$

Die Lösung kann mit dem Gerät nach Fig. 1 vorgenommen werden, erfordert jedoch eine zweimalige Einstellung des x-Wertes. Fig. 5 zeigt eine vorteilhafte Ausbildung eines Geräts zur Lösung dieser Gleichung, bei dem nur eine Einstellung erforderlich ist. Die Teile, die aus der Fig. 1 übernommen worden sind, sind mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet. Die Stangen *8* und *9*, die in den auf dem Schlitten *1* befestigten Hülsen *6* und *7* gleiten, greifen, wie bei dem Gerät nach Fig. 1, auf den Führungsschienen *14* und *15* deren Neigungen ab. Die nicht auf den Schienen gleitenden Enden der Stangen drücken unmittelbar auf das Lineal *26* und bestimmen dessen Neigung. Die Abtastvorrichtung *33* greift einen Punkt auf dem Lineal *26* ab und der Zeiger *34* zeigt einen Wert auf der Skala z an. Die Abtastvorrichtung *33* ist in einer Hülse *35* verschiebbar gelagert, die ihrerseits an einer den Zeiger *31* tragenden Stange *36* befestigt ist. Die Stange *36* ist im unteren Ende als Zahnstange ausgebildet. Eine weitere Zahnstange *37* befindet sich an der rechten Führungsschiene *2*. Zwischen den Zahnstangen *36* und *37* läuft ein auf dem Schlitten *1* angeordnetes Zahnrad *38*. Wird der Schlitten *1* um die Strecke x verschoben, so dreht sich das Zahnrad dabei um einen bestimmten Winkel und die Zahnstange *36* wird ebenfalls um die Strecke x in gleicher Richtung auf dem Schlitten verschoben. Beide Zeiger *3* und *31* zeigen daher stets den gleichen Wert x an.

Die Wirkungsweise dieser Ausführungsform ergibt sich an Hand der Fig. 6 und 7. Wird die Stange *9* um h_2 und die Stange *8* um h_1 verschoben, so dreht sich die Stange *26* um den Winkel v in die Lage *26'*. Dabei ist

$$tg\ v = (h_1+h_2)/L_2,$$

wenn L_2 der senkrechte Abstand der Stangen *8* und *9* ist. Nach Fig. 7 gilt

$$h_2 = x.tg\ u_2$$
$$h_1 = x.tg\ u_1,$$

wobei u_1 und u_2 wieder die Neigungen der Führungsschienen *14* und *15* bedeuten. Es ist also

$$tg\ v = x.(tg\ u_1 + tg\ u_2)/L_2,$$

d. h. vom Typ der Gleichung 3, nur das y durch x ersetzt ist. Da die Abtastvorrichtung für die z-Werte sich nicht geändert hat, geht diese Gleichung nach dem gleichen Gedankengang wie bei dem Gerät nach Fig. 1 in

$$z = a_1x + cx^2 + d$$

über.

Mit den in den Fig. 1 und 5 beschriebenen Geräten kann der Parallaxenfehler z mit Hilfe der Zeiger *34* auf den z-Skalen abgelesen werden. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird nun dieser Parallaxenfehler sofort mit in das Meßergebnis übertragen, d. h. an der Parallaxenschraube, in Fig. 1 die Mikrometerschraube *62*, kann sofort der korrigierte Parallaxenwert abgelesen werden. Dies wird dadurch erreicht, daß wenigstens eine der für die Parallaxenmessung dienenden Marken, beispielsweise die Marke *61* mit der Abtastvorrichtung *33* derart gekuppelt ist, daß sie bei Verschiebung der Abtastvorrichtung *33* ihren Abstand von der Marke *60* ändert. In Fig. 1 ist eine solche Kupplung dargestellt. Auf dem Schlitten *30* ist um den Punkt *70* drehbar ein Winkelhebel *71*, *72* angeordnet. Der Arm *71* des Hebels liegt an der Abtastvorrichtung *33* und der andere Arm *72* an einer in einer Führung des Schlittens *30* verschiebbaren Stange *73*. Mittels einer Feder *74* wird die Stange *73*, an der über das Mikrometer *62* der Zeiger *61* befestigt ist, stets in Verbindung mit der Abtastvorrichtung *33* gehalten.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt: Verschiebt sich die Abtastvorrichtung *33*, so werden über den Winkelhebel *71*, *72* die Stange *73*, das Mikrometer *62'* und der Zeiger *61* entsprechend verschoben. Der Zeiger *61* ändert dabei seinen Abstand vom Zeiger *60*. Mit der Mikrometerschraube *62* wird jetzt die Marke *61* gegenüber der Marke *60* erneut verschoben, u. zw. so lange, bis die beiden Marken im stereoskopischen Modell zur Deckung kommen. Der an der Mikrometerschraube *62* abgelesene Wert ist der fehlerfreie Parallaxenwert.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder mittels Horizontal-Parallaxenmessung, bei dem die Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen behandelt werden und die Deformation der Bezugsfläche in Abhängigkeit von der Einstellung der stereoskopischen Meßmarke auf einen Punkt (x, y) des stereoskopischen Bildes durch eine die Parallaxeneinstellung beeinflussende selbsttätig arbeitende Korrektureinrichtung ausgeglichen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektureinrichtung die Näherungsgleichung $z = ax + by + cxy + d$ löst, wobei xy die Koordinaten des betrachteten Geländepunktes sind und a, b, c und d so wählbare Konstante, daß die Gleichung als Fläche genommen eine sich durch die Behandlung der Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen ergebende Modellverbiegung approximiert und z die Parallaxenkorrektur bedeutet, wobei die Korrekturvorrichtung zur Einstellung der Konstanten a, b, c und d eine oder zwei drehbare und verschiebbare gerade Führungsschienen aufweist und für die Einstellung des einen unabhängig veränderlichen Wertes ein verschiebbarer Schlitten vorgesehen ist, derart, daß durch Einstellung des Wertes die Neigung eines auf dem Schlitten angeordneten Lineals bestimmt wird, indem die Entfernungsdifferenz zweier dem eingestellten Wert auf den Führungsschienen entsprechender Punkte von einer in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden durch Abtastvorrichtungen in eine Verschiebung des Lineals übergeführt wird und daß für die Einstellung des andern unabhängig veränderlichen Wertes eine verschiebbare Abtastvorrichtung vorgesehen ist, die einen diesem Wert entsprechenden Punkt auf dem Lineal abgreift, wobei der Ausschlag dieser Abtastvorrichtung den z-Wert angibt.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellvorrichtung der Marken für die Parallaxenmessung mit einem die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen verbunden ist.

3. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtungen für die Abtastung der Entfernungsdifferenz der Führungsschienen von der in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden als auf dem Schlitten angeordnete drehbare Winkelhebel ausgebildet sind, derart, daß jeweils ein Arm der Winkelhebel durch eine in konstantem Abstand vom Schlitten angeordnete, senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare und mit einem Ende auf der Führungsschiene gleitende Stange bei Verschiebung des Schlittens gedreht wird und der andere Arm jedes Winkelhebels über eine in festem Abstand vom Drehpunkt des Winkelhebels in der Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare Stange ein Ende des Lineals verschiebt.

4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Führungsschiene und eine auf dieser gleitende Abtastvorrichtung vorgesehen ist und das Lineal um einen festen Punkt auf dem Schlitten drehbar angeordnet ist.

5. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der y-Wert auf einer festen Skala durch einen am Schlitten vorgesehenen Zeiger eingestellt wird und daß der x-Wert auf einer

auf dem Schlitten angeordneten Skala durch einen an dem die z-Skala und die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen vorgesehenen Zeiger eingestellt wird.

6. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtungen aus zwei in senkrechter Richtung zur Bewegungsrichtung des Schlittens auf diesem verschiebbaren Stangen bestehen, deren eine Enden auf den Führungsschienen gleiten und deren andere Enden das Lineal verschieben.

7. Gerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtung am Lineal und die Abtastvorrichtungen an den Führungsschienen zur Erzielung einer gleichsinnigen Bewegung im Übersetzungsverhältnis 1:1 gekuppelt sind.

8. Gerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der für die Parallaxenmessung dienenden Marken mit der Abtastvorrichtung für den z-Wert derart gekuppelt ist, daß sie bei Verschiebung dieser Abtastvorrichtung ihren Abstand von der andern Marke ändert.

9. Gerät nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Kupplung zwischen der Abtastvorrichtung für den z-Wert und der für die Parallaxenmessung dienenden verschiebbaren Marke ein auf dem die Abtastvorrichtung tragenden Wagen drehbar angeordneter Winkelhebel vorgesehen ist, dessen einer Hebelarm durch die Abtastvorrichtung betätigt wird und dessen anderer Arm die Verschiebung der Marke bewirkt.

(Hiezu 4 Blatt Zeichnungen)

Österreichische Staatsdruckerei.

Österreichisches Patentamt
Patentschrift

Nr. 193624

Kl. 42 c, 17

4 Blatt — Bl. 1

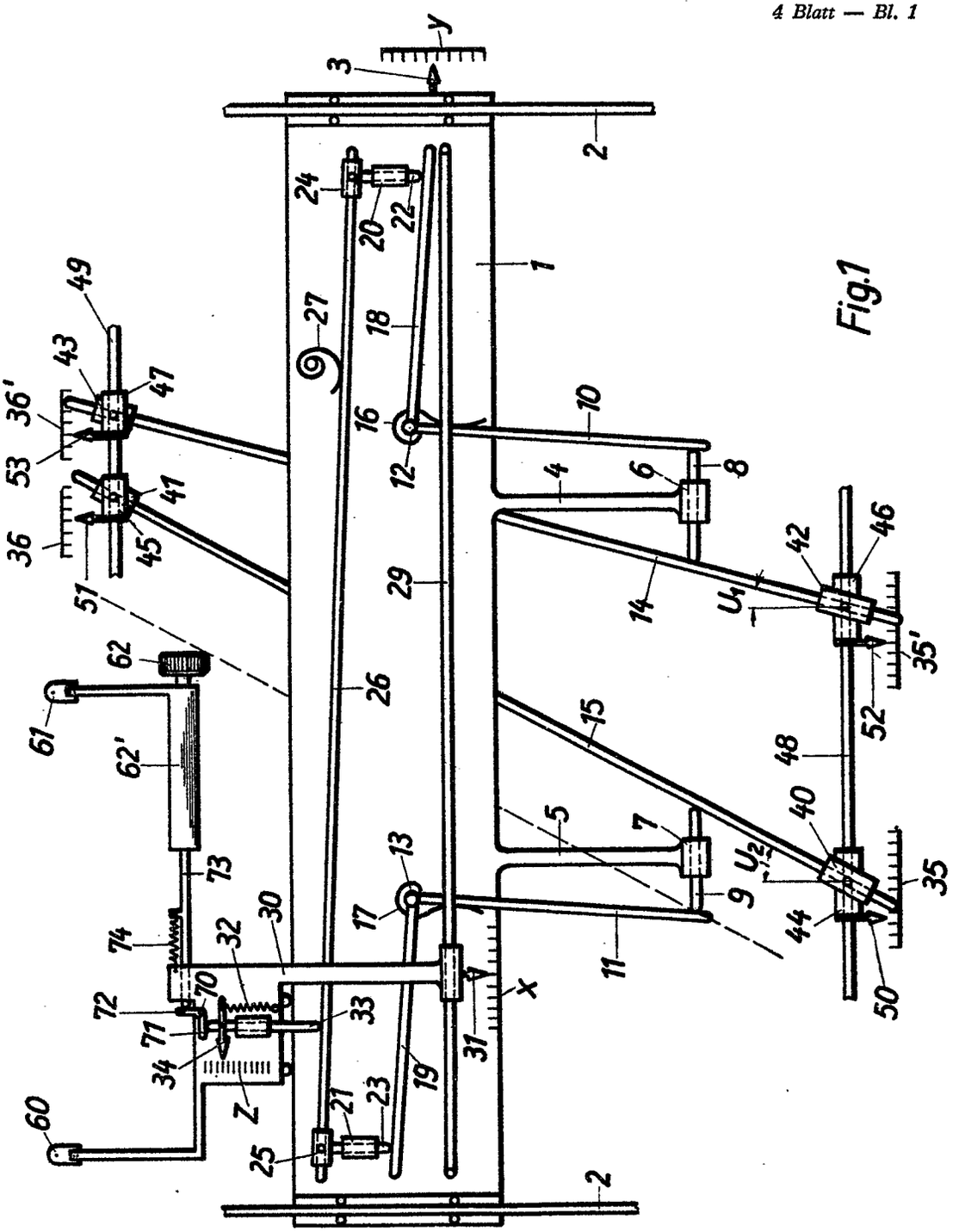


Fig.1

Österreichisches Patentamt
Patentschrift

Nr. 193624

Kl. 42 c, 17

4 Blatt — Bl. 2

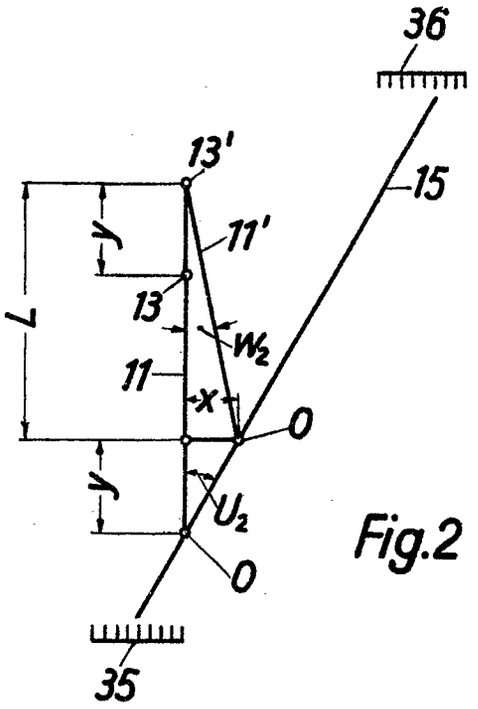


Fig.2

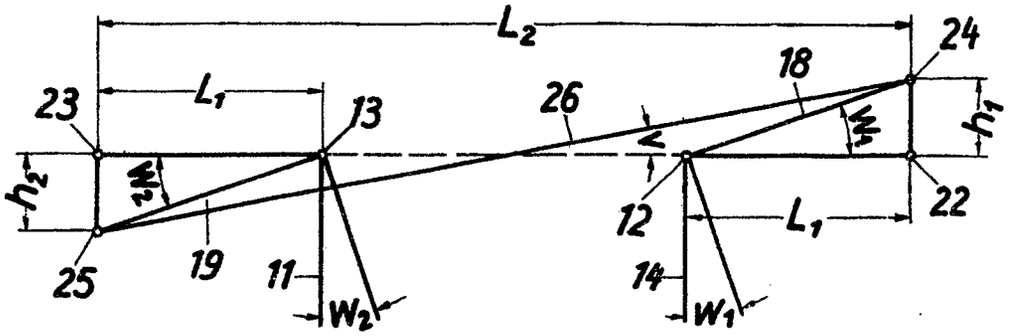
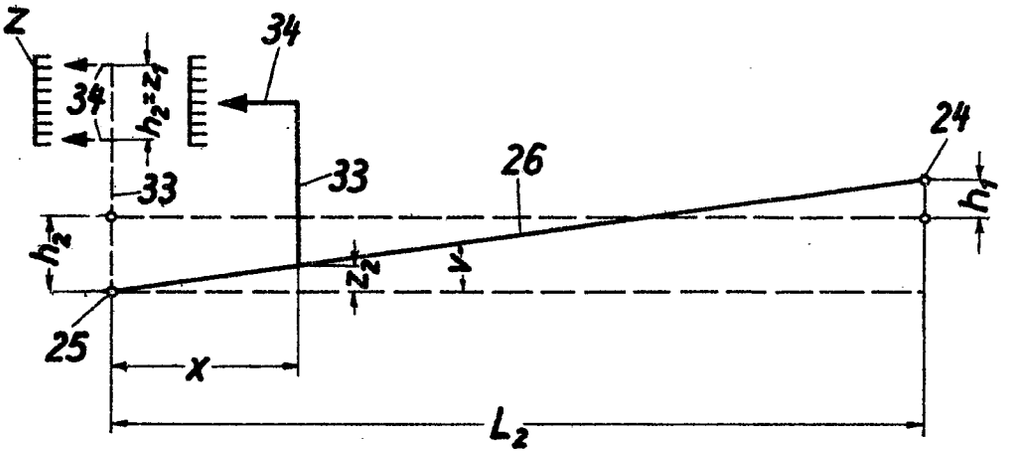


Fig.3



Österreichisches Patentamt
Patentschrift

Nr. 193624

Kl. 42 c, 17

4 Blatt — Bl. 3

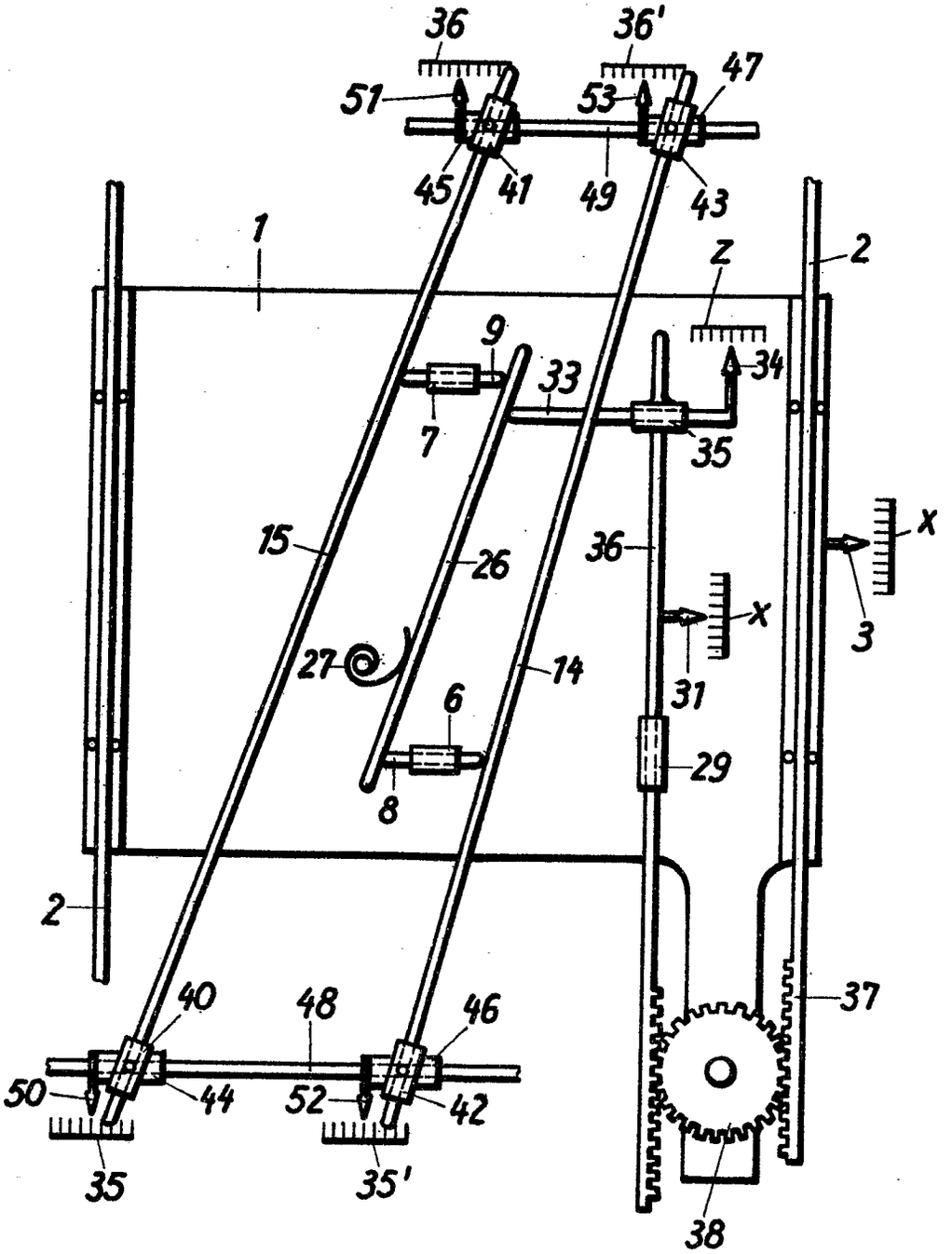


Fig.5

Österreichisches Patentamt
Patentschrift

Nr. 193624

Kl. 42 c, 17

4 Blatt — Bl. 4

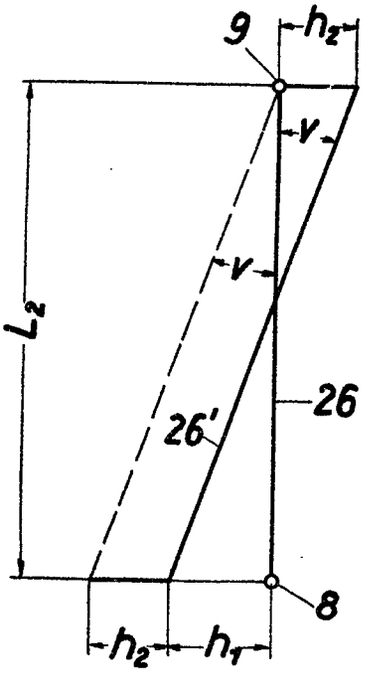


Fig.6

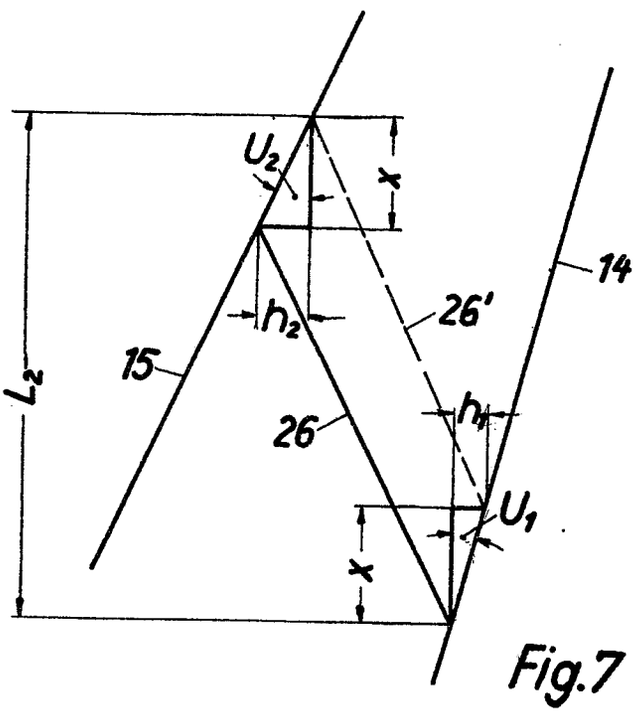


Fig.7

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

(52) Klasse: 57 A, 013
(51) Int.Cl.²: G 03 B 015/00

(19) OE PATENTSCHRIFT (11) Nr. 330576

(73) Patentinhaber: HAINDL ALFRED IN WIEN (ÖSTERREICH)

(54) Gegenstand: LUFTBILDVORRICHTUNG, INSBESONDERE FÜR FESSELBALLONS

(61) Zusatz zu Patent Nr.
(62) Ausscheidung aus:
(22)(21) Angemeldet am: 1972 12 11, 10486/72
(23) Ausstellungspriorität:

(33)(32)(31) Unionspriorität:

(42) Beginn der Patentdauer: 1975 09 15
Längste mögliche Dauer:
(45) Ausgegeben am: 1976 07 12
(72) Erfinder: HAINDL ALFRED IN WIEN (ÖSTERREICH).

(60) Abhängigkeit:

(56) Druckschriften, die zur Abgrenzung vom Stand der Technik in Betracht gezogen wurden:
DT-PS 287032

OE 330576

Der Gegenstand der Erfindung ist eine Luftbildvorrichtung, insbesondere für Fesselballons, zur Einstellung der Aufnahmerichtung einer Kamera mittels eines Seilzuges und einer Winde.

Bekannt ist eine Vorrichtung zum Einstellen der Richtung einer um eine vertikale Achse drehbaren Kamera an Drachen oder Fesselballons, gekennzeichnet durch eine die Aufhängevorrichtung der Kamera tragende Schnurrolle, welche an einer Scheibe drehbar befestigt und mittels einer Schnur verstellbar ist, die über eine Rolle an der Scheibe und Rollen an einem die ganze Einrichtung tragenden Rahmen nach unten geführt ist.

Erfindungsgemäß ist zur Halterung der Kamera ein Tragrohr und an diesem mittels zweier Seitenhalterungen eine Traglasche befestigt, ferner weisen die beiden Tragrohrenden Ösen auf, durch die das Seil läuft, welches zur Halterung und Richtungsgebung vorgesehen ist und am Boden durch zwei variabel aufstellbare Bodenhalterungen läuft, wobei die Enden des Seiles auf der Winde münden. Die Verbindung zwischen dem Ballon und der Luftbildvorrichtung erfolgt mittels freidrehendem Karabinerhaken.

Die Vorteile gegenüber der bekannten Vorrichtung ergeben sich aus der besseren Richtungshalterung der Kamera auch bei Wind, der vom Schnurende unabhängigen Richtungsänderung, der Verhinderung einer Eindrehung zwischen Halteseil und dem Drehseil und der Vermeidung der Rahmenabbildung im Kamerafeld.

Die Erfindung ist im nachstehenden an Hand einer zeichnerisch dargestellten beispielsweisen Ausführung beschrieben.

Die Erfindung, im folgendem als "Luftbildvorrichtung" bezeichnet, zeigt in Fig.1 die gegenständliche Vorrichtung im Hochposition. Unter dem Ballon ——2—— ist eine Kamera ——1—— in Horizontalposition eingezeichnet. Der Winkel (zwischen den Linien ——r' und r"——) stellt den Öffnungswinkel einer Normalkamera dar. Die Linie ——m—— zeigt die Brennpunktlinie der Kamera ——1——. Der Abbildungsvordergrund ist ——A——. Die Entfernung zwischen Boden und der Kamera ——1—— ist die Bezeichnung ——h——. Die Position des Halteseiles ——3——. Die Entfernung ——a—— zwischen dem Seil ——3—— und dem Abbildungsvordergrund ——A—— steht im Verhältnis zur Höhe ——h——.

Fig.2 zeigt die Verschwenkung der Kamera ——1—— bei gleicher Hochposition der Luftbildvorrichtung wie bei Fig.1, wobei sich eine veränderte Kameraposition und die Brennpunktlinie ——m—— zum Bodenpunkt ——A'—— ergibt. Fig.3 zeigt die Luftbildvorrichtung von oben bei horizontaler Kamera ——1——. Die Verstellmöglichkeit der Kamera ——1—— ist durch ——y—— angegeben. Die variabel aufstellbare Winde ——7—— zeigt ——x——. Die Ösen ——5—— an der Tragstange ——4—— führen das frei laufende Seil ——3', 3", 3——, welches mit den Enden auf der Winde ——7—— mündet. Fig.4 zeigt die Luftbildvorrichtung in Seitenansicht, wobei der Windeinfluß ——W—— die Luftbildvorrichtung über den Ballon ——2—— samt Kamera ——1—— verlagert. Um diesem Einfluß entgegenzuwirken, erfolgt ein Gegenzug durch die Warteperson über die Winde ——7—— an dem Seil ——3", 3—— bei verbleibenden Bodenhalterungen ——6——.

Fig.5 zeigt die Luftbildvorrichtung in einer Seitenansicht. Von der Ballonschelle ——23—— führen die Seile ——22—— zum frei drehenden Karbinerhaken ——21—— der die Öse ——20—— hält. Das Seil ——19—— ist gleichmäßig zwischen den Ösen ——5—— mit der Öse ——20—— verbunden. Auf der Tragstange ——4—— befinden sich an den beiden Enden die Ösen ——5——, in der Tragstangenmitte, zwischen den Halterungen ——18——, ist die Kamerahalterung angebracht. An der Haltelasche ——16—— zwischen den Gummihalterungen ——18—— ist mittels einer regulierbaren Schwenkachse ——15—— die Traglasche ——14—— verbunden. Der Kamerahalterungsoberteil ——12—— ist drehbar und oder fixierbar mit der Traglasche ——14—— verbunden. Der Kamerahalterungsunterteil ——11—— ist ebenso drehbar und oder fixierbar über die Kamerahalterungs-Schwenkachse ——13—— mit dem Kamerahalterungsoberteil ——12—— verbunden. Die Halterungs- und Richtungsschnur ——3, 3', 3"—— führt frei ausgleichend vom Windenteil ——7'——, der Winde ——7——, durch eine Öse ——24—— danach durch eine Öse ——5—— der Tragstange ——4—— durch eine Öse ——6—— der Bodenhalterung ——6'—— mit Gewicht ——6"—— durch die Ösen ——6, 5, 24—— auf den Windenteil ——7"——.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Luftbildvorrichtung, insbesondere für Fesselballons, zur Einstellung der Aufnahmeeinrichtung einer Kamera mittels eines Seilzuges und einer Winde, dadurch gekennzeichnet, daß zur Halterung der Kamera (1) ein Tragrohr (4) vorgesehen ist und an diesem mittels zweier Seitenhalterungen (18) eine Traglasche (14) befestigt ist und daß die beiden Tragrohrenden Ösen (5) aufweisen, durch die das Seil (3) läuft, welches zur Halterung und Richtungsgebung vorgesehen ist und am Boden durch zwei variabel aufstellbare Bodenhalterungen (6) läuft und daß die Enden des Seiles auf der Winde (7) münden.

2. Luftbildvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zwischen dem Fesselballon (2) und der Luftbildvorrichtung über einen frei drehbaren Karabiner (21) zur Öse (20) erfolgt.

3. Luftbildvorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die

Kameraposition sowohl an der Traglasche (14) und dem Kamerahalterungs-Oberteil (12) als auch an dem Kamerahalterungs-Unterteil (11) und dem Kamerahalterungs-Oberteil (12) einstellbar ist.

(Hiezu 2 Blatt Zeichnungen)

Druck: Ing.E.Voytjech, Wien

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben am 12.Juli 1976
2 Blatt - Bl. 1

Patentschrift Nr. 330 576
Klasse : 57 a, 13
Int.Cl[2].: G 03 B 15/00

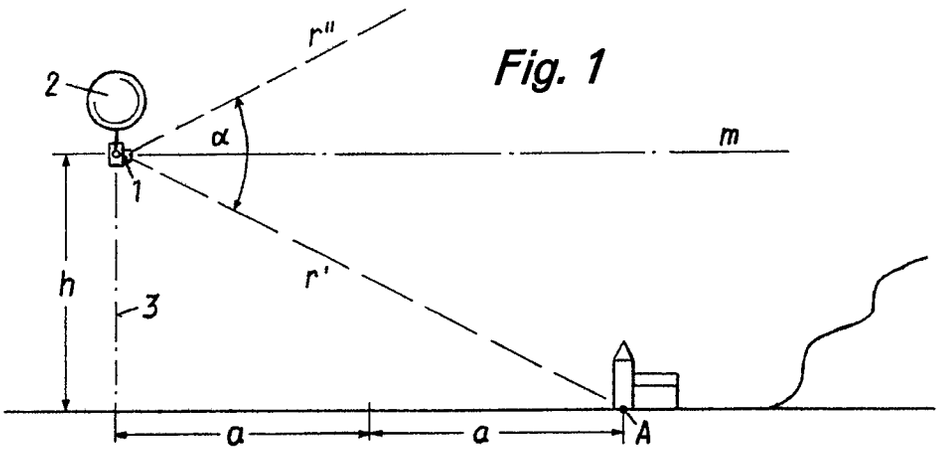


Fig. 1

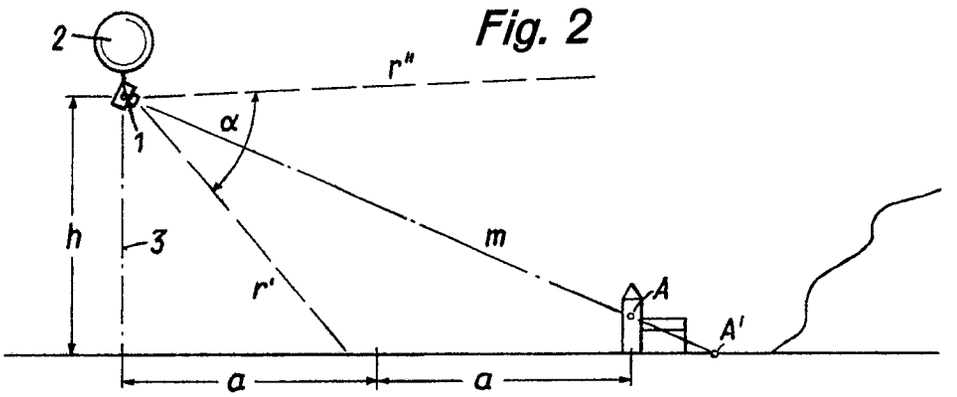


Fig. 2

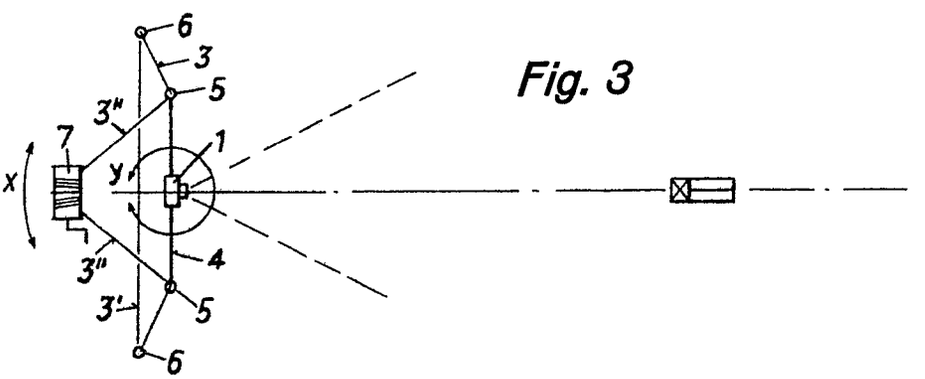


Fig. 3

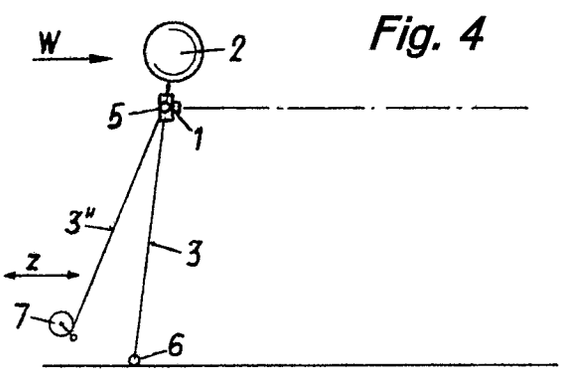
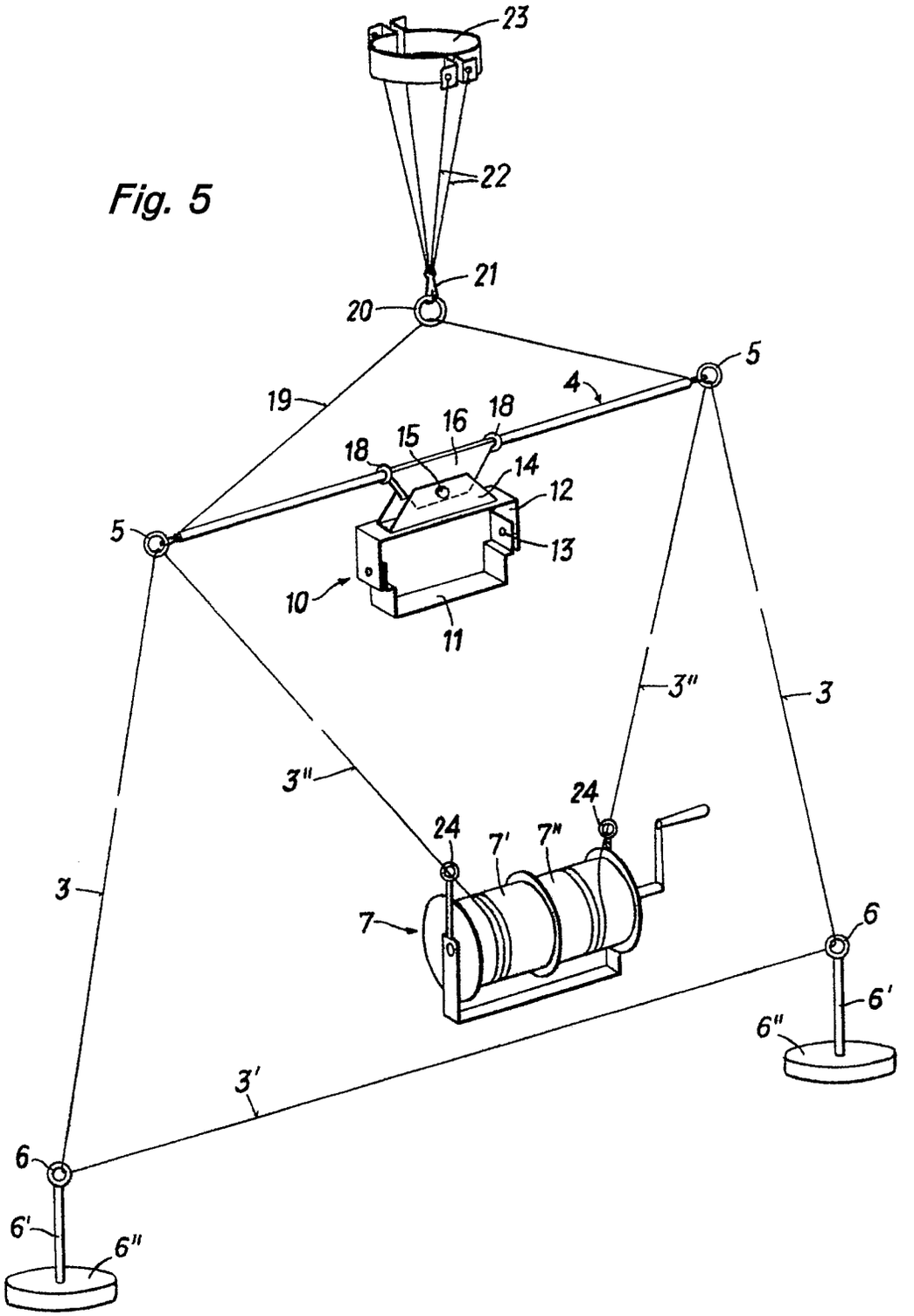


Fig. 4

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben am 12.Juli 1976
2 Blatt - Bl. 2

Patentschrift Nr. 330 576
Klasse : 57 a, 13
Int.Cl².: G 03 B 15/00

Fig. 5



(19) Republik Österreich Patentamt

(11) Nummer: 381 799 B

(12) # PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 3219/84

(51) Int.Cl.[4] : G03B 37/02

(22) Anmeldetag: 10.10.1984

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 4.1986

(45) Ausgabetag: 25.11.1986

(56) Entgegenhaltungen:

AT-PS 150740 DE-PS 197984 DE-PS 287032

(73) Patentinhaber:

HAINDL ALFRED
WIEN (AT).

(54) LUFTBILDVORRICHTUNG MIT EINER KAMERA, INSBESONDERE FÜR FESSELBALLONS

AT 381 799 B

DVR 0078018

Der Gegenstand der Erfindung ist eine Luftbildvorrichtung mit einer Kamera, die durch einen Fesselballon in bestimmten Höhen über der Erdoberfläche gehalten wird, wobei die Kamera auf einem Querträger kardanisch aufgehängt ist, der knapp unterhalb des Ballons an dessen Seil angebracht ist.

Eine derartige Vorrichtung ist aus der AT-PS Nr.330576 bekannt. Hiebei weist der Querträger an seinen beiden Enden Ösen auf, durch welche das Fesselseil über zwei am Erdboden aufgestellte Bodenhalterungen läuft, wodurch die Aufnahmerichtung der Kamera festgelegt wird.

Weiters ist aus der DE-PS Nr.257032 eine Vorrichtung für Luftbilder bekannt, die zum Einstellen der Richtung einer um eine vertikale Achse drehbaren Kamera an Drachen oder Fesselballon durch eine die Aufhängevorrichtung der Kamera tragenden Schnurrolle, welche an einer Scheibe drehbar befestigt und mittels einer Schnur verstellbar ist, die über eine Rolle an der Scheibe und Rollen an einem die ganze Einrichtung tragenden Rahmen nach unten geführt ist.

Erfindungsgemäß ist zur Durchführung von Rundumaufnahmen ein mit einer Kamera versehener Querträger um eine in ihrer Winkellage befestigte Stabachse drehbar zwischen dem oberen Seilende und dem Ballon angeordnet, wobei zur Drehung des Querträgers ein Zahnradgetriebe vorgesehen ist, dessen eines Zahnrad von einem Kleinmotor angetrieben ist und dessen anderes Zahnrad mit der Stabachse oder dem Querträger fest verbunden ist. Zur Gewichtsfixierung besitzt die Stabachse einen Ausleger, der mit einer Windfahne versehen werden kann. Für die Rotation des kameratragenden Querträgers ist ein Kleinmotor vorgesehen, der als Elektromotor durch eine Batterie, Solarzelle od.dgl. mit Energie versorgt wird. Für die Kameraauslösung und die Rundumdrehung des Querträgers mit darauf befindlicher Kamera ist eine Fernsteuerung vorgesehen.

Die Vorteile gegenüber den bekannten Vorrichtungen ergeben sich durch die Bodenverbindung mit nur einem Seil, der gesteuerten 360° Rundumphotographie und der Vermeidung einer vorrichtungsbedingten Abbildung eines Trägerrahmens.

Die Erfindung ist im nachstehenden an Hand eines zeichnerisch dargestellten beispielsweisen Ausführung beschrieben.

Die Erfindung, im folgenden als "Luftbildvorrichtung" bezeichnet, zeigt in Fig.1 eine Seitenansicht. Der Ballon --3-- ist über die Ballonhalterung --3'-- durch die Schlaufenbiegung --1'''-- mit der Stabachse --1-- verbunden. Die Stabachse --1-- setzt sich über die Schlaufenbiegung --1'''-- als Ausleger --1^{o}-- fort, auf dem die Windfahne --1'-- angebracht ist, wobei der Winkel zwischen der Stabachse --1-- und dem Ausleger --1^{o}-- zirka 110° beträgt. Um die Stabachse --1-- ist der Querträger --2-- über dem Zahnrad --6-- drehbar angebracht, wobei das Zahnrad --6-- mit der Stabachse fest verbunden ist und das Zahnrad --7'-- durch den Kleinmotor --7-- angetrieben wird, um eine Rotation des Querträgers --2-- um die Stabachse --1-- durchzuführen, wobei der Kleinmotor --7-- in Verbindung mit dem Zahnrad --7'-- am Querträger befestigt ist. Die Batterie --7''-- ist als Energieversorgung für den Kleinmotor --7-- vorgesehen und mit dem Schalter --7'''-- für den Kleinmotor --7--, dem Servorteil --8'-- zur Betätigung des Schalters --7'''-- und der Batterie --8''-- für die Energieversorgung des Funkempfängerteiles --8-- auf dem Querträger --2-- angebracht. Der Querträger --2-- weist an einem Ende die kardanische Aufhängung --9-- auf, an dieser ist der Halterungsbügel --9'-- befestigt, wobei die Kamerahalterung --9''-- in den beiden Achsen --9'''-- schwenkbar mit dem Halterungsbügel --9'-- verbunden ist. Die Kamera --10-- ist an der Kamerahalterung --9''-- fixiert. Die Verschlußauslösung der Kamera --10-- erfolgt durch den Funkservoteil --8'''--. In der unteren Schlaufenbiegung --1''-- der Stabachse --1-- ist das Halteseil --4-- befestigt, das in die Seilwinde --5-- mündet.

Fig.2 zeigt die Luftbildvorrichtung in Schräglage durch Windeinwirkung. Der Tragballon --3-- zieht über die Ballonhalterung --3'-- und die Schlaufenbiegung --1'''-- der Stabachse --1-- die Vorrichtung in Schräglage. Die Windfahne --1'-- an dem Auslger --1^{o}-- fixiert sich in der Windrichtung und bewirkt im Zusammenhang mit Ausleger die Drehung des Querträgers --2-- um die Stabachse --1-- mit der Hilfe einer Belastung durch Druck und Zug. Durch die kardanische Aufhängung der Kamera --10-- am Punkt --9-- des Querträgers --2-- ist die horizontale Position der Kamera --10-- in jeder Lage der Querträgerrotation gegeben. Der vertikale Einstellwinkel der Kamera --10-- zur Erdoberfläche wird durch Verschwenkung der Kamerahalterung --9''--, auf

der die Kamera --10-- fixiert ist, in den beiden Achsen --9'''-- festgestellt.

Für den Betrieb der Luftbildvorrichtung wird folgendermaßen vorgegangen:

Der gasgefüllte Tragballon --3-- wird mit der Ballonhalterung --3'-- an der Schlaufenbiegung --1'''-- der Stabachse --1-- befestigt, die Windfahne --1'-- wird an dem Ausleger --1^{o}-- angebracht und das Seil --4-- der Winde --5-- wird an der unteren Schlaufenbiegung --1''-- der Stabachse --1-- befestigt. Die Kamera --10--, die auf der Kamerahalterung --9''-- fixiert ist, wird in den beiden Achsen --9'''-- in die gewünschte Vertikalposition zur Erdoberfläche geschwenkt. Nach der Einschaltung der Funkfernsteuerung wird die Luftbildvorrichtung durch Freigabe der Windensperre am Seil --4-- in die vorgesehene Höhe gebracht. Unter einen Funkbefehl wird nun durch Drehung des Querträgers --2-- mittels Kleinmotor --7-- über das Zahnrad --7'-- und das Zahnrad --6-- an der Stabachse --1-- die vorgesehene Aufnahmerichtung der Kamera --10-- festgelegt. Die Auslösung des Kameraverschlusses erfolgt danach über einen zweiten Kanal der Funkfernsteuerung. Während der Betriebszeit der Luftbildvorrichtung hängt der Querträger --2-- mit der Stabachse --1-- in Schräglage, die durch den Ausleger --1^{o}-- bewirkt wird, wobei der Wind die Windfahne --1'-- in der Windrichtung hält. Nach der Beendigung der Luftaufnahme wird die Luftbildvorrichtung mittels der Winde --5-- eingeholt und die Außerbetriebsetzung erfolgt nun in entgegengesetzter Reihenfolge.

P A T E N T A N S P R Ü C H E :

1. Luftbildvorrichtung mit einer Kamera, die durch einen Fesselballon in bestimmten Höhen über der Erdoberfläche gehalten wird, wobei die Kamera auf einem Querträger kardanisch aufgehängt ist, der knapp unterhalb des Ballons an dessen Seil fixiert ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß zur Durchführung von Rundumaufnahmen der Querträger (2) um eine in ihrer Winkellage befestigte Stabachse (1) drehbar zwischen dem oberen Seilende (1'') und dem Ballon (3) angeordnet ist, wobei zur Drehung des Querträgers (2) ein Zahnradgetriebe (6, 7') vorgesehen ist, dessen eines Zahnrad (7') von einem Kleinmotor (7) angetrieben ist und dessen anderes Zahnrad (6) mit der Stabachse (1), oder dem Querträger (2) fest verbunden ist, daß zur Gewichtsfixierung an der Stabachse (1) ein Ausleger (1^{o}) angebracht ist, an dem Ausleger (1^{o}) eine Windfahne (1') angebracht ist und der Kleinmotor (7) ein Elektromotor ist, der durch eine Batterie (7''), Solarzelle od.dgl. mit Energie versorgt wird.

2. Luftbildvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Kleinmotor (8, 8', 8'', 8''') ferngesteuert ist.

(Hiezu 1 Blatt Zeichnungen)

Druck: Ing.E.Voytjech, Wien

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 1986 11 25
1 Blatt

Patentschrift Nr. 381 799
Int.Cl.[4]: G 03 B 37/02

FIG. 1

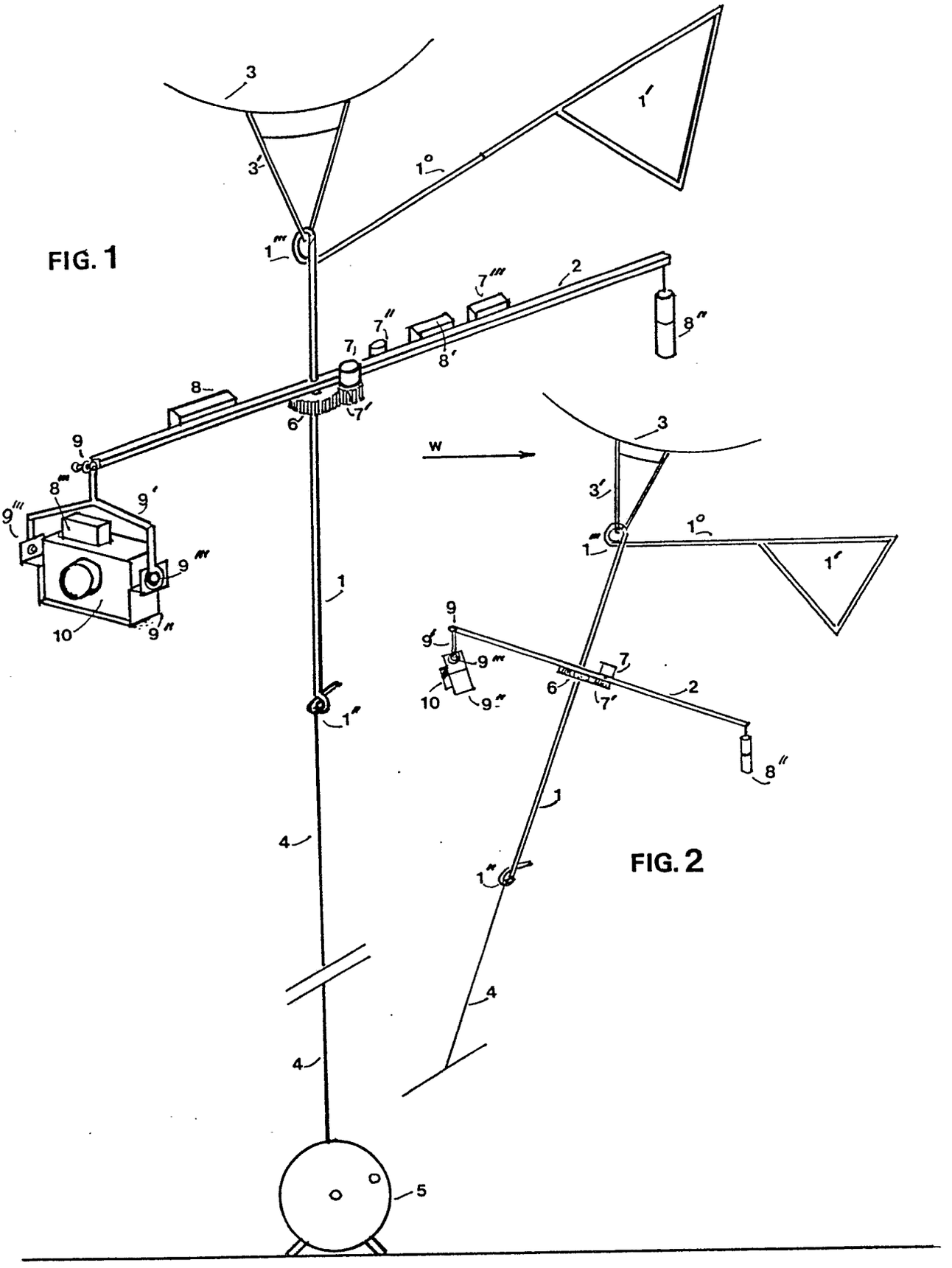


FIG. 2

(19) Republik Österreich Patentamt

(11) Nummer: AT 395 357 B

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1866/91

(51) Int.Cl.[5] : G03B 35/04

(22) Anmeldetag: 17. 9.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 4.1992

(45) Ausgabetag: 10.12.1992

(73) Patentinhaber:

STOCKREITER FRANZ DIPL.ING.
A-1170 WIEN (AT).

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON STEREO - LUFTBILDBETRACHTERN

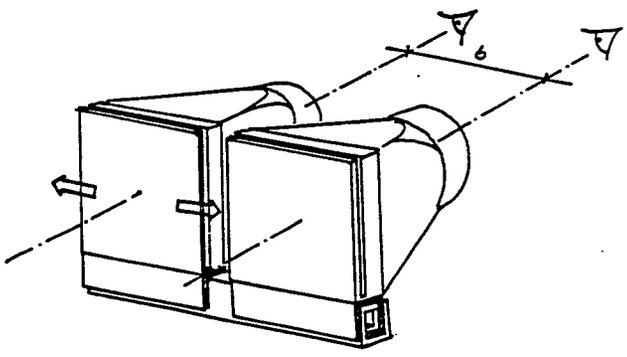
(57) Durch die Möglichkeit der einfachen Herstellung von Stereo-Luftbildern im Kleinbildformat 24/36mm bis 50/50mm, besteht die wirtschaftliche Notwendigkeit, ein entsprechend kostengünstiges Stereo-Diabetrachtungsgerät zu deren Betrachtung herzustellen.

Eine kostengünstige Herstellung von Stereo-Betrachtungsgeräten zur Betrachtung von Stereo-Luftbildern in Form von Diapositiven wird dadurch erreicht, daß zwei handelsübliche "Einaug - Diabetrachter" auf einer Trägerschiene zueinander beweglich fixiert werden.

Die Betrachter werden auf den Gleitschienen (4) festgeklebt. Die Gleitschienen werden mit der Trägerschiene (3) beweglich verbunden, wobei die Trägerschienen in der Variante A mittels eingeklebtem Profil (5), beziehungsweise in Variante B mittels außen befindlichen Klemmschienenprofil (5) gegen Hochrutschen gesichert werden.

Dadurch wird eine variable Einstellung des Augabstandes (6) ermöglicht.

Durch Einkleben eines Moosgummis oder eines anderen federnden Widerlagers (7), kann das Dia durch niederdrücken vertikal von Hand aus nachjustiert werden, um eventuelle Höhenfehler der Aufnahmen auszugleichen.



AT 395 357 B

Die Erfindung betrifft die kostengünstige Herstellung von Stereo-Dia-Betrachter unter Verwendung handelsüblicher Dia-Betrachter, somit eine Möglichkeit zur einfachen und dadurch kostengünstigeren Betrachtung von Stereo-Diapositiven im Format 24/36 mm, im Speziellem zur Betrachtung von Stereo-Luftbildern im Kleinbildformat, zu schaffen.

Es sind verschiedene Stereo-Diabetrachter zur stereoskopischen Betrachtung von Stereo-Dia Bildpaaren im Kleinbildformat bekannt. Prinzipiell beruhen sie darauf, daß zwei Stereo-Kleinbild-Dias in Halterungen geschoben, durch optische Linsen mit je einem Auge getrennt betrachtet, zu einem 3-dimensionalen Bild zusammengesetzt werden können.

Da die menschlichen Augen unterschiedliche Augabstände aufweisen, ist es erforderlich, die beiden Dia-Betrachter horizontal, senkrecht zur optischen Achse verschiebbar anzuordnen. Da die Brennweite fix ist, ist eine Verschiebung der Linse in Richtung der optischen Achse meist nicht erforderlich.

Die Erfindung ist gekennzeichnet durch die Möglichkeit der beweglichen Verbindung zweier einzelner, handelsüblicher „Einaug-Diabetrachter" zu einem „Zweiaug-Stereo-Diabetrachter".

Beweglich ist die Verbindung deshalb, weil der durchschnittliche Augabstand bei Menschen zwar ca. 6,5 cm beträgt, aber stark unterschiedlich ist und zwischen 5 cm und 8 cm variieren kann und in diesem Fall eine Stereobetrachtung bei starrer Verbindung nicht für alle Menschen möglich wäre.

Die Erfindung ist ferner gekennzeichnet durch die Möglichkeit der horizontalen Verschiebung der beiden „Einaug-Diabetrachter" wobei die Bildebene und die horizontale Bildachse gleichbleiben müssen.

Die Erfindung ist weiters dadurch gekennzeichnet, daß die Dias einzeln auch in vertikaler Richtung eingerichtet werden können. Dadurch ist es möglich, eventuell aufgetretene Höhenfehler mit einem Fingerdruck auf das federnd gelagerte Dia auszugleichen, oder nachzukorrigieren.

Dies ist deswegen von Bedeutung, da die Stereo-Luftbilder mit Hilfe einer motorgetriebenen Kleinbildkamera sehr kostengünstig von Hand aus (Vibrationsdämpfung) hergestellt werden können.

Bei dieser Herstellungsart kann es mitunter zu einem Höhenversatz zwischen den beiden Aufnahmen kommen, welcher in einem Bereich bis zu ca. 2 mm von Hand aus bei der Betrachtung korrigiert werden kann.

Dabei wird das Dia von Hand aus so lange nach unten, gegen eine federnde Gummiauflage nieder gedrückt, bis eine Bildübereinstimmung bei der Betrachtung hergestellt wird.

Im anderen Fall müßte mit einem zwar geringen Ausschuß, oder mit einer sehr aufwendigen Einjustierung der einzelnen Bildpaare gerechnet werden.

Unter der Annahme, daß Stereo-Dias bis zum Format 50/50 in Rahmen von maximaler Größe von 50/50 mm gerahmt werden, wäre auch ein Format größer als 24/36 mm denkbar.

Ein besonderer Aspekt der Erfindung liegt in der Betrachtung von Stereo-Luftbildern. Durch die Möglichkeit der einfachen Herstellung von Stereo-Luftbildern im Kleinbildformat 24/36 mm bis 50/50 mm, besteht die wirtschaftliche Notwendigkeit, ein entsprechend kostengünstiges Stereo-Diabetrachtungsgerät zu deren Betrachtung herzustellen.

Entsprechend dem Einsatzgebiet in der örtlichen Raumplanung, nämlich in erster Linie für den Raumplaner, ist für die Betrachtung von je zwei Stereo-Luftbildern ein einfacher Stereo-Betrachter zur „Zwei-Augenbetrachtung" als Durchlichtbetrachtung vorgesehen.

Einsatzgebiete für derartige Stereo-Luftbilder (z. B.: 2 Farbdiapositive 24/36 mm) sind in der örtlichen Raumplanung der Gemeinden in sinnvoller Art gegeben. Durch die Schrägansicht (nicht orthogonal) können Stereo-Luftbilder zur Bestandaufnahme des Baubestandes, (Anzahl der Geschoße, Dachform und Dachneigung) des Baum- und Pflanzenbestandes, für Landschaftsplanung, Straßenplanungen, Terrassierungen von Straßen und Freileitungen, Gewässerbau, Lawinenverbau, Forstwirtschaftsplanungen etc. optimal eingesetzt werden.

Herkömmliche orthogonale Stereoluftbilder im Format 200/200 mm werden in erster Linie zur Herstellung von Landkarten und zur Auswertung des Höhenverlaufes des Geländes benötigt. Sie können aber nur durch spezielle, sehr aufwendige Betrachtungsgeräte ausgewertet werden. Da sie teuer in der Herstellung und Auswertung sind, werden sie für oben genannte Einsatzgebiete nur beschränkt eingesetzt.

Orthogonale Stereoaufnahmen sind maßstabsgetreu und zur kartographischen Weiterbearbeitung gedacht und mit Stereodias 24/36 mm in Schrägaufnahme kaum vergleichbar.

Im Folgenden wird die Erfindung an Hand mehrerer Zeichnungen näher erläutert.

VARIANTE A:

Es zeigen Fig. 1: Darstellung des Stereo-Dia/Betrachtungsgerätes, Vorderansicht, Fig. 2: Betrachtungsgerät Seitenansicht/Schnitt und Fig. 3: Betrachtungsgerät im Schrägriß.

Fig. 1, 2, 3 Stereo-Diabetrachtungsgerät:

Zwei einzelne im Handel erhältliche „Einaug-Diabetrachtungsgeräte" (2), werden durch Klebung am Alu- oder PVC Profil (4) befestigt. Ein Teil (4) wird wiederum auf der Trägerschiene (3) durch Klebung befestigt. Der zweite

Teil (4) gleitet beweglich auf der Trägerschiene (3) und kann somit in horizontaler Achse verschoben werden, um sich den unterschiedlichen Augabständen der Benutzer anpassen zu können.

Die Teile (4) und (3) sind idente, einseitig geschlitzte Profile, welche ineinander geschoben werden.

Damit dieser Betrachterteil nicht nach oben rutschen kann, wird ein l-förmiger Winkel (5) in den Teil (4) mittels Kleber (6) befestigt. Der Augabstand ist somit zwischen 5 cm und ca. 8 cm frei verstellbar. Die Diapositive (1) werden von oben in die Betrachter eingeschoben.

Um die einzelnen Dias in vertikaler Richtung genau positionieren zu können, wird ein handelsübliches weiches Moosgummiauflager (7) eingeklebt. Dadurch kann das Dia aus der Normallage federnd niedergedrückt und so feinjustiert werden.

VARIANTE B:

Es zeigen Fig. 4: Darstellung des Stereo-Dia/Betrachtungsgerätes, Vorderansicht, Fig. 5: Betrachtungsgerät Seitenansicht/Schnitt und Fig. 6: Betrachtungsgerät im Schrägriß.

Fig. 4, 5, 6 Stereo-Diabetrachtungsgerät:

Zwei einzelne im Handel erhältliche „Einaug-Diabetrachtungsgeräte" (2) werden durch Klebung am Alu- oder PVC Profil (4) befestigt. Ein Teil (4) wird wiederum auf der Trägerschiene (3) durch Klebung befestigt.

Der zweite Teil (4) wird mittels einer ebenfalls handelsüblichen Klemmschiene (5) beweglich auf der Trägerschiene (3) angeklemmt und kann somit in horizontaler Achse verschoben werden, um sich den unterschiedlichen Augabständen der Benutzer anpassen zu können. Damit dieser Betrachterteil nicht nach oben aus der Klemme (5) rutschen kann, wird diese an Teil (4) mittels Kleber befestigt.

Die Teile (4) und (3) sind idente, l-förmige Profile aus Metall oder Kunststoff.

Der Augabstand ist somit zwischen 5 cm und ca. 8 cm frei verstellbar. Die Diapositive (1) werden von oben in die Betrachter eingeschoben.

Um die einzelnen Dias in vertikaler Richtung genau positionieren zu können, wird ein handelsübliches weiches Moosgummiauflager (7) eingeklebt.

Dadurch kann das Dia aus der Normallage federnd niedergedrückt und so feinjustiert werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Herstellung von Stereo-Betrachtungsgeräten zur Betrachtung von Stereo-Luftbildern in Form von Diapositiven, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei handelsübliche „Einaug-Diabetrachter" (Fig. 1 bis 3) auf den Gleitschienen (4) festgeklebt, diese mit der Trägerschiene (3) beweglich verbunden und mittels eingeklebtem Profil (5) gegen Hochrutschen gesichert werden, um dadurch eine variable Einstellung des Augabstandes (6) zu ermöglichen.

2. Herstellung von Stereo-Betrachtungsgeräten zur Betrachtung von Stereo-Luftbildern in Form von Diapositiven, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei handelsübliche „Einaug-Diabetrachter" (Fig. 4 bis 6) auf den Gleitschienen (4) festgeklebt, einer dieser beiden direkt auf der Trägerschiene festgeklebt, die andere Gleitschiene mittels einer Klemmschiene (5) mit der Trägerschiene (3) beweglich verbunden werden, um dadurch eine variable Einstellung des Augabstandes (6) zu ermöglichen.

3. Herstellung von Stereo-Betrachtungsgeräten nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Einkleben eines Moosgummis oder eines anderen federnden Widerlagers (7), das Dia durch Niederdrücken vertikal von Hand aus nachjustiert werden kann.

4. Herstellung von Stereo-Betrachtungsgeräten nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Einkleben eines Moosgummis oder eines anderen federnden Widerlagers (7), das Dia durch Niederdrücken vertikal von Hand aus nachjustiert werden kann.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Patentschrift Nr. AT 395 357 B

Ausgegeben 10. 12.1992

Int. Cl.[5]: G03B 35/04

Blatt 1

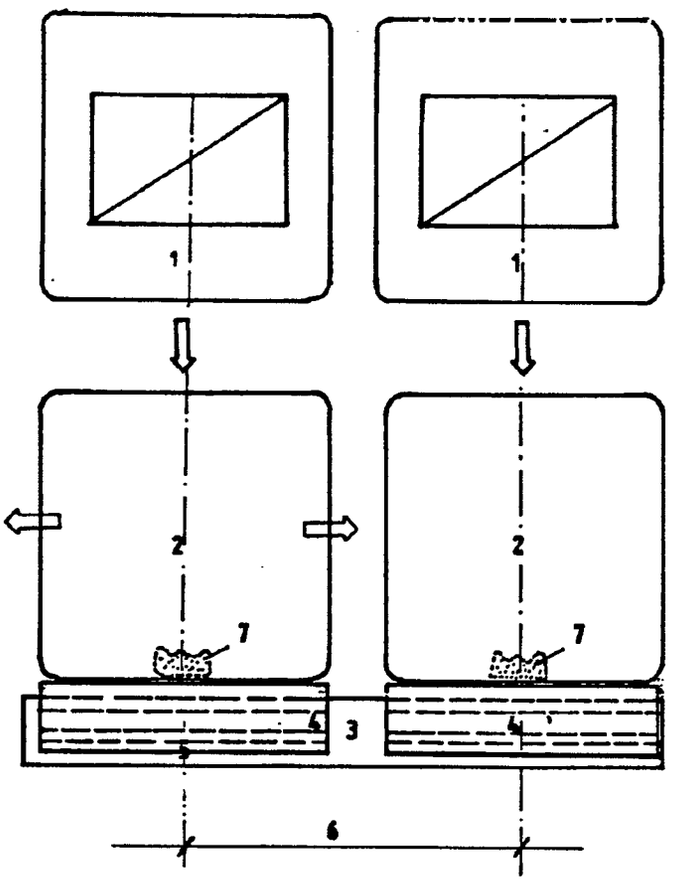


Fig. 1

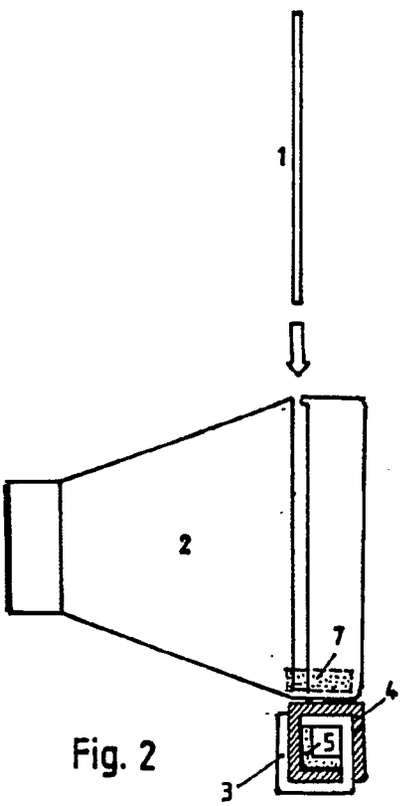


Fig. 2

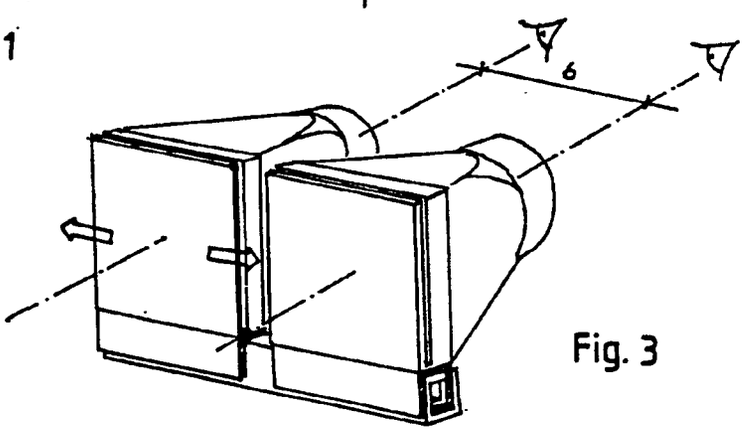


Fig. 3

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Patentschrift Nr. AT 395 357 B

Ausgegeben 10. 12.1992

Int. Cl.[5]: G03B 35/04

Blatt 2

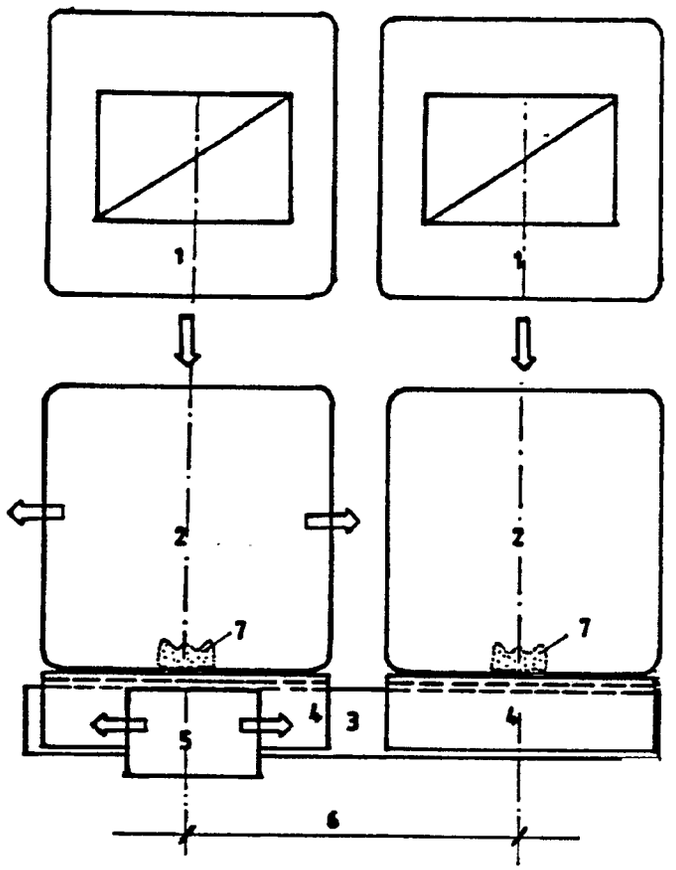


Fig. 4

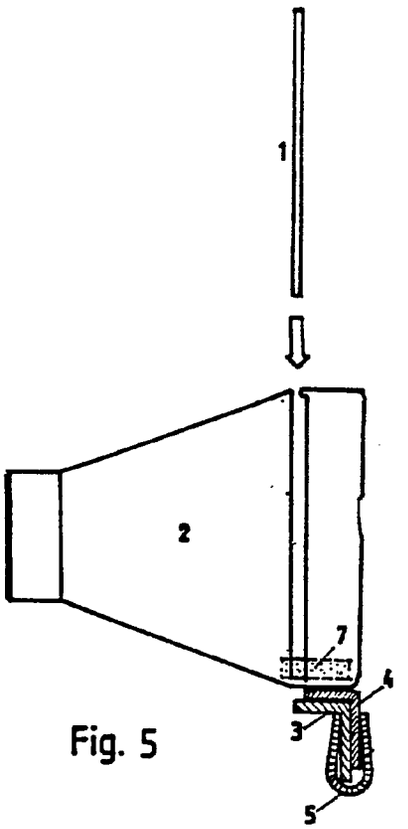


Fig. 5

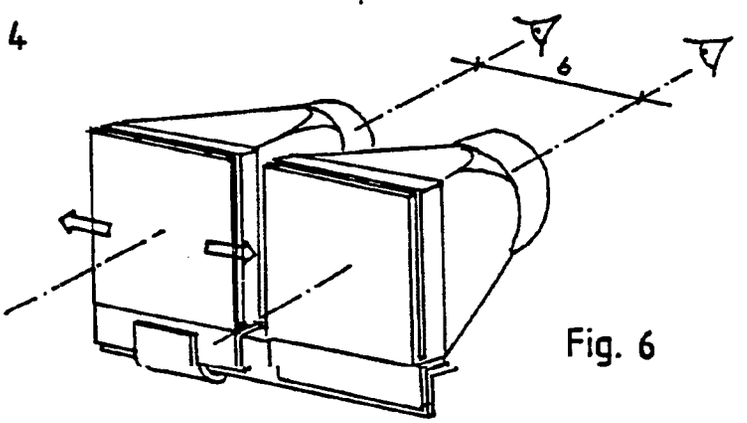


Fig. 6

Nr. 136418 Klasse 59

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGEN. AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 16. Januar 1930

Gesuch eingereicht: 10. Juli 1928, 18¼ Uhr. — Patent eingetragen: 15. November 1929.
(Priorität: Deutschland, 28. Juli 1927.)

HAUPTPATENT

PHOTOGRAMMETRIE G. M. B. H., München (Deutschland).

Vorrichtung zur Entnahme des Grundrisses von Punkten und Linien aus Luftbildpaaren.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur kartographischen Auswertung von Luftbildpaaren, welche mit nach unten gerichteter optischer Achse aufgenommen sind. Bekanntlich kann aus jeder solchen Luftaufnahme von einem passend gewählten festen Punkt (Projektionspol) der Bildebene aus ein in derselben liegendes Richtungsbüschel nach beliebigen Bildpunkten entnommen werden, welches mehr oder weniger genau einem Richtungsbüschel in der Horizontalebene nach denselben Punkten in der Natur kongruent ist. Ein Paar solcher Bildrichtungsbüschel, in welchem Richtungen nach identischen Punkten enthalten sind, kann also dazu dienen, diese paarweise zugeordneten Richtungen zur Punktbestimmung durch Vorwärtsabschnitt zu verwenden. Der Maßstab einer auf diese Weise bestimmten Punktgruppe wird durch den Abstand der Zentren der beiden Richtungsbüschel festgelegt.

Gegenstand der Erfindung ist nun eine Vorrichtung zur Entnahme des Grundrisses von Punkten und Linienzügen aus einem Paar sich übergreifender, mit nach unten gerichteter optischer Achse hergestellter Luftaufnahmen mit Hilfe zweier um eine Achse drehbarer Richtungslinien. Beispielsweise kann über oder unter jedem in je einem Bildträger justierbaren Bild je ein relativ zu demselben schwenkbares Richtungslineal angeordnet sein, welches sich um eine, den jeweiligen Projektionspol enthaltende Achse dreht und dessen relative Richtungsänderung zu dem zugehörigen Bild auf je ein zweites Lineal (Zeichenlineal), dessen Drehachse den dem Projektionspol des zugehörigen Bildes entsprechenden Kartenpunkt enthält, mechanisch, elektrisch oder auf sonst geeignete Weise übertragen wird. Jedes Zeichenlineal beschreibt also bei einer Bewegung des ganzen Mechanismus stets den gleichen Winkel wie das zugehörige Richtungslineal. Eine an

beiden Zeichenlinealen zugleich gleitende Zeichenvorrichtung bildet demgemäß die Lage des Geländepunktes, welcher auf beiden Bildern in der durch das betreffende Richtungslineal dargestellten Richtung liegt, in bezug auf die Lage der in den beiden Projektionspolen abgebildeten Geländepunkte in jenem Verjüngungs- oder Vergrößerungsverhältnis auf die Zeichenfläche ab, welches durch das Verhältnis des Abstandes der Drehachsen der beiden Zeichenlineale zum Abstand der beiden Projektionspole in der Natur festgelegt ist. Zum Zwecke der Erzielung eines beliebigen Reproduktionsmaßstabes ist der Abstand der Drehachsen beliebig veränderlich, indem zum Beispiel die Achse des einen Zeichenlineals verschiebbar angeordnet ist oder indem ein Zeichenstift vermittelst zweier Rollen von veränderlichem Abstand an den beiden Zeichenlinealen gleitet. Eine weitere beispielsweise Ausführungsform besteht darin, daß über den beiden Bildträgern ein an sich bekanntes binokulares Betrachtungssystem angebracht ist, so daß die beiden Bilder bei der stereoskopischen Betrachtung als ein einziges Raumbild erscheinen. Man kann ferner die durch beide Richtungslineale festgelegten Richtungen durch feine Striche oder in Richtung der Richtungslineale verschiebliche Marken kennzeichnen, welche die allseitige räumliche Betrachtung des Bildes in ihrer unmittelbaren Umgebung gestatten. Endlich können sich auch die Richtungslineale statt unmittelbar über oder unter der Bildebene in der Ebene eines reellen, optischen Bildes derselben bewegen.

Eine beispielsweise Ausführungsform einer derartigen Vorrichtung zur Entnahme von Grundrissen von Punkten und Linien aus Luftbildpaaren ist in der Abbildung schematisch dargestellt.

Zu den beiden Bildträgern *a* und *b* sind Richtungslineale *c* und *d* relativ drehbar angeordnet. Die Bilder sind in den Bildträgern so justierbar, daß die Zentren der zu entnehmenden Richtungen in der Achse des jeweiligen Richtungslineals liegen. Die Richtungänderung der Richtungslineale wird bei dieser Ausführungsform durch eine mechanische Übertragung *e*, gebildet aus Triebstangen mit Kegel- und Stirnradverzahnung, auf zwei Zeichenlineale *f* und *g* übertragen, deren Achsen *h* und *i* einen veränderlichen, beliebig einstellbaren Abstand aufweisen. Die Veränderung und Einstellung dieses Abstandes wird durch eine verschiebbare und feststellbare Kupplung auf Nut und Feder *k* bewirkt, welche ohne Beeinflussung der Drehung der Triebstange, in welcher sie eingeschaltet ist, eine Parallelverschiebung der Achse *i* in Richtung auf die Achse *h* gestattet. In Längsnuten der beiden Lineale *f* und *g* gleitet mittelst Steinen eine Zeichenvorrichtung oder ein Zeichenstift *l*, welcher auf eine unter den Linealen *f* und *g* angebrachte Zeichenfläche die Lage des jeweiligen ideellen Schnittpunktes dieser beiden Lineale markiert. Wird nun die Zeichenvorrichtung *l* beispielsweise so geführt, daß die Richtungslineale *c* und *d* jeweils durch identische Punkte eines auf beiden Bildern abgebildeten Weges gehen, so zeichnet sie auf der Zeichenfläche den Grundriß dieses Weges, und zwar in jenem Maßstab, welcher durch das Verhältnis des Abstandes der beiden Zeichenlinealachsen *h* und *i* zu dem Abstand der beiden Projektionspole in der Natur bestimmt ist.

Über den beiden Bildträgern *a* und *b* kann ein an sich bekanntes binokulares Betrachtungssystem so angebracht sein, daß die beiden Bilder bei der Betrachtung als ein einziges Raumbild erscheinen. Die Bestimmung identischer Punkte wird dadurch wesentlich erleichtert. Ist außerdem die ideelle Achse jedes der beiden Richtungslineale durch einen dünnen Strich dargestellt, der zu seinen beiden Seiten die Betrachtung des Bildes ungehindert gestattet, so erscheinen bei der binokularen Betrachtung diese beiden Striche als ein im Raumbild sich in dem zu bestimmenden Punkt schneidendes Geradenpaar. Die kontinuierliche Zeichnung einer Bildlinie, zum Bei-

spiel eines Weges, geschieht dann bei binokularer Betrachtung einfach so, daß dieser Schnittpunkt der zu zeichnenden Linie, zum Beispiel dem Weg, durch entsprechende Führung der Zeichenvorrichtung entlang geführt wird. Statt dieser beiden Striche können auch in Richtung der Richtungslineale verschiebliche Marken angebracht sein, welche bei binokularer Betrachtung in bekannter Weise räumlich mit jedem Punkt des Raumbildes zur Deckung gebracht werden können.

Statt in der Ebene der Bilder können die beiden Richtungslineale auch in der Ebene von reellen, optisch erzeugten Zwischenbildern derselben angeordnet sein. Diese Anordnung wird zum Beispiel mit Vorteil dann verwendet, wenn die beiden Bilder so verschiedene Maßstäbe aufweisen, daß eine binokulare Betrachtung nicht ohne weiteres möglich ist. Durch optische Systeme mit verschieden einstellbarer Vergrößerung können dann von diesen beiden Bildern zwei optische Zwischenbilder erzeugt werden, welche beide denselben Maßstab aufweisen und damit der binokularen Betrachtung zugänglich gemacht sind.

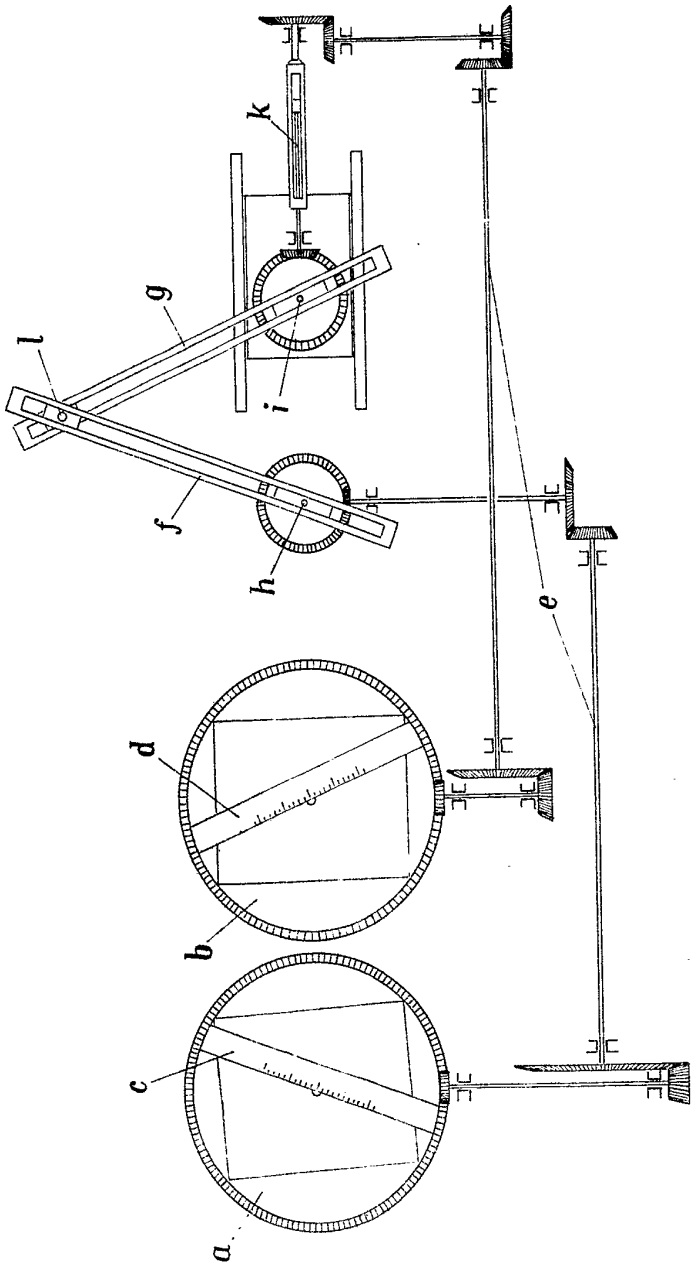
PATENTANSPRUCH:

Vorrichtung zur Entnahme des Grundrisses von Punkten und Linien aus einem Paar sich übergreifender, mit nach unten gerichteter optischer Axe aufgenommener Luftaufnahmen mit Hilfe von zwei um eine Achse drehbaren Richtungslinien, dadurch gekennzeichnet, daß deren relative Richtungsänderung zu dem zugehörigen Bild in gleicher Größe automatisch auf je ein drehbares Zeichenlineal *(f, g)* übertragen wird, so daß eine an beiden Zeichenlinealen *(f, g)* gleitend geführte Zeichenvorrichtung *(l)* die Lage des Geländepunktes, welcher auf beiden Bildern in der durch die betreffende Richtungslinie dargestellten Richtung liegt, in bezug auf die Lage der in den beiden Projektionspolen abgebildeten Geländepunkte in jenem Verjüngungs- oder Vergrößerungsverhältnis auf die Zeichenfläche abbildet, welches durch das Verhältnis des wählbar einstellbaren Abstandes der Drehachsen der beiden Zeichenlineale zum Abstand der Projektionspole in der Natur festgelegt ist.

UNTERANSPRÜCHE:

1. Vorrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß jede der beiden Richtungslinien durch eine Kante eines Richtungslineals gebildet wird.
2. Vorrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Richtungslinien *(c, d)* durch je einen dünnen Richtungsstrich markiert sind, so daß die allseitige Betrachtung des Bildes in ihrer unmittelbaren Umgebung möglich ist.
3. Vorrichtung nach Patentanspruch und Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß über den beiden Bildträgern *(a, b)* ein binokulares Betrachtungssystem so angebracht ist, daß die beiden Richtungsstriche in dem durch die binokulare Betrachtung entstehenden Raumbild als zwei sich in dem zu kartierenden Punkt schneidende Geraden erscheinen.
4. Vorrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Richtungslinien *(c, d)* sich in den Ebenen reeller, optischer Bilder der beiden Luftaufnahmen bewegen.

PHOTOGRAMMETRIE G. M. B. H.
Vertreter: NAEGELI & Co., Bern.


k
g
l
i
f
h
e
d
b
c
a

Nr. 324717

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

Nr. 324717

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 30. November 1957

Klasse 59

Dipl.-Ing. Hermann Deker, Heidenheim/Brenz (Deutschland), ist als Erfinder genannt worden

HAUPTPATENT

Zeiss-Aerotopograph GmbH, München (Deutschland)

Gesuch eingereicht: 29. Mai 1954, 12½ Uhr — Patent eingetragen: 15. Oktober 1957
(Priorität: Deutschland, 13. Juni 1953)

Einrichtung für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder mittels Parallaxenmessung, bei dem die Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen behandelt werden.

Bei der Horizontal-Parallaxenmessung indeontischer Punkte der Luftbilder entstehen dabei bekanntlich Parallaxenfehler, die in ihrer Gesamtheit als eine Modellverbiegung in Erscheinung treten, derart, daß eine ursprünglich ebene Fläche im stereoskopischen Modell der Luftbilder in eine sattelartige Fläche verfälscht wird. Diese Parallaxenfehler konnten bisher nur durch langwierige rechnerische oder graphische Methoden beseitigt werden, so daß die fehlerfreie Auswertung der Luftbilder mit sehr großem Zeitaufwand verbunden war.

Die Erfindung beseitigt nun diesen Nachteil dadurch, daß das Auswertungsgerät mit mindestens einem Rechengerät derart gekuppelt ist, daß bei Einstellung einer für die Parallaxenmessung vorgesehenen Marke auf einen Punkt (x, y) des stereoskopischen Bildes entsprechende Werte x und y im Rechengerät eingestellt werden und daß das Rechengerät mit diesen Werten die Gleichung

$$(1) \qquad z = ax + by + cxy + d$$

löst, wobei a, b, c und d so wählbare Konstanten sind, daß die Gleichung (1), als Fläche angenommen, die sich durch die Behandlung der Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen ergebende Modellverbiegung approximiert, wobei z eine Parallaxenkorrektur bedeutet.

Dadurch ist es möglich, in bekannter Weise die Parallaxenwerte für einen Punkt (x, y) zu ermitteln und im Rechengerät die jeweilige Parallaxenkorrektur z abzulesen, so daß in einfachster Weise der fehlerfreie Parallaxenwert sofort angegeben werden kann.

Als Rechengerät kann jedes bekannte Gerät benutzt werden, das die Gleichung (1) löst.

Da die Gleichung (1) nur eine Näherung für das sattelartig verbogene Modell darstellt, sind die ermittelten Parallaxenwerte noch mit Fehlern höherer Ordnung behaftet. Diese sind zwar sehr klein, doch kommt es vor, daß auch noch diese Fehler ausgeschaltet werden sollen. Man approximiert dann die sattelartige Fläche zweckmäßig zusätzlich durch eine Fläche der Formel

$$(2) \qquad z = a_1 x + cx^2 + d.$$

In weiterer Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung kann der nach Formel (1) ermittelte z-Wert zur Einstellung eines weiteren Gerätes benutzt werden, indem die Abtastvorrichtung für den z-Wert mit dem Schlitten des weiteren Gerätes verbunden ist.

Auf diese Weise können alle Gleichungen gelöst werden, die sich ergeben, wenn der y- oder x-Wert in den Gleichungen (1) oder (2) durch den z-Wert nach Gleichung (1) oder (2) substituiert wird. Insbesondere kann aber auch die Kupplung von zwei oder mehr Geräten derart vorgenommen werden, daß die Endwerte der einzelnen Geräte sich addieren. In Verbindung mit der Kupplung durch Substitution ergibt sich somit die Möglichkeit, eine Vielzahl von Gleichungen höherer Ordnung zu lösen, und es können dadurch die Parallaxenwerte mit hoher Genauigkeit ermittelt werden.

An Hand der Zeichnung wird der Erfindungsgegenstand beispielsweise erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Gerät zur Lösung der Gleichung $z = ax + by + cxy + d$,

Fig. 2 bis 4 Diagramme zur Erläuterung der Wirkungsweise des Gerätes nach Fig. 1,

Fig. 5 eine geänderte Ausführungsform zur Lösung der Gleichung $z = a_1x + bx^2 + d$.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ist ein Schlitten 1 auf Führungen 2 verschiebbar angeordnet und mit einem Zeiger 3 versehen, mit dem ein Wert auf einer Skala y von Hand oder durch einen nicht gezeichneten Schraubentrieb eingestellt werden kann. An dem Schlitten 1 sind zwei Verlängerungen 4 und 5 vorgesehen, die an ihren Enden Hülsen 6 und 7 aufweisen, in denen Stangen 8 und 9 senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens gleiten können. Die Stangen 8 und 9 werden durch Arme 10 und 11 von um Punkte 12 und 13 auf dem Schlitten 1 drehbaren Winkelhebeln 10, 18 und 11, 19 gegen verstellbare Führungsschienen 14 und 15 gedrückt. Die Arme 10 und 11 stehen zu diesem Zweck unter der Wirkung von Federn 16 und 17. Die andern Arme 18 und 19 der Winkelhebel berühren Stangen 22 und 23, die in am Schlitten 1 befestigten Führungen 20 und 21 gleiten können. An den Stangen 22 und 23 sind drehbar Hülsen 24 und 25 befestigt, in denen ein Lineal 26 verschiebbar gelagert ist. Eine Feder 27 drückt das Lineal 26 gegen die Stangen 22 und 23 und sichert das Anliegen dieser Stangen an die Arme 18 und 19. Auf einer auf dem Schlitten 1 angeordneten Führung 29 gleitet ein Schlitten 30 mit einer Skala z. Mit Hilfe eines am Schlitten 30 vorgesehenen Zeigers 31 kann der Schlitten 30 auf einen bestimmten Wert einer Skala x, die mit dem Schlitten 1 verbunden ist, von Hand oder durch einen nicht gezeichneten Schraubentrieb eingestellt werden. Eine unter der Wirkung einer Feder 32 stehende Abtastvorrichtung 33 gleitet mit dem einen Ende auf dem Lineal 26, und ihr Ausschlag kann mit Hilfe eines Zeigers 34 auf der Skala z abgelesen werden. Zur Verstellung der Führungsschienen 14 und 15 sind diese verschiebbar in Hülsen 40, 41, 42 und 43 gelagert, welche drehbar mit Hülsen 44, 45, 46 und 47 verbunden sind. Die Hülsen 44, 45, 46 und 47 sind verschiebbar auf Führungen 48 und 49 angeordnet und weisen Zeiger 50, 51, 52 und 53 auf, mit denen auf Skalen 35, 36 sowie 35′ und 36′ Werte eingestellt werden können. Die Skalen sind mit einem beliebigen Einheitsmaßstab beziffert, so daß aus der Differenz der auf zwei entsprechenden Skalen 35, 36 oder 35′, 36′ eingestellten Werte und aus der Kenntnis des Abstandes der Führungen 48 und 49 heraus einmal die Neigungen der Führungsschienen 14 und 15 eingestellt und zum andern aber auch die Führungsschienen parallel verschoben werden können. Die Verschiebung der Hülsen 40, 41, 42 und 43 kann von Hand oder auch mechanisch durch nicht gezeichnete Schraubentriebe erfolgen. Am Schlitten 30 sind zwei Marken 60 und 61 für die Parallaxenmessung angeordnet. Mittels der Skalen x und y werden die Marken 60 und 61 auf zwei identische Punkte x, y von Luftbildern eingestellt, wobei sich entsprechend die Abtastvorrichtung 33 und der Schlitten 1 verschieben. Die Marken 60 und 61 sind durch eine Mikrometerschraube 62 gegeneinander verschiebbar, so daß die beiden Marken im stereoskopischen Bild zur Deckung gebracht und aus der dazu erforderlichen Verschiebung die Parallaxenwerte ermittelt werden können.

Die Wirkungsweise des Gerätes soll an Hand der Fig. 2 bis 4 beschrieben werden.

Der Arm 11 greift in Fig. 2 der Einfachheit halber direkt an der Führungsschiene 15 an, was lediglich eine parallele Verschiebung der Führungsschiene 15 um die Länge der Stange 9 bedeutet (Fig. 1), die jedoch ohne Einfluß auf die Neigung des Lineals 26 ist. Die Führungsschiene 15 wird mit Hilfe der Skalen 35 und 36 um einen bestimmten Winkel u_2 geneigt eingestellt. Bei Verschiebung des Schlittens 1 um den Wert y wandert der Punkt 13 in den Punkt 13′, und der Berührungspunkt 0 des Armes 11 und der Führungsschiene 15 wandert nach 0′. Der Arm 11 geht jetzt aus seiner für $y = o$ senkrecht angenommenen Lage in die Lage 11′ durch die Punkte 0′ und 13′ über und ist um den Winkel w_2 verdreht worden. Setzt man die Bewegung des Punktes 0 nach 0′ aus den zwei Stükken ξ und y zusammen, so ergibt sich für die Verdrehung des Armes 11 um den Winkel w_2 folgende Beziehung:

$$\operatorname{tg} w_2 = \xi/L,$$

wenn L die Länge der Strecke zwischen den Punkten 0 und 13 ist. Es ist weiter

$$\xi = y \cdot \operatorname{tg} u_2 \text{ und somit}$$

$$\operatorname{tg} w_2 = y \cdot (\operatorname{tg} u_2)/L.$$

Eine entsprechende Winkeldrehung w_1 ergibt sich unter den gleichen Annahmen für den Arm 10 des rechten Winkelhebels:

$$\operatorname{tg} w_1 = y \cdot (\operatorname{tg} u_1)/L,$$

wobei u_1 die Neigung der Schiene 14 bedeutet und L der senkrechte Abstand der Stange 8 vom Drehpunkt 12 ist. Um die genannten Winkel w_1 und w_2 drehen sich die Arme 18 und 19 (Fig. 3). Wählt man die Entfernungen der Stangen 22 und 23, die in der Fig. 3 der Einfachheit halber die Länge Null haben, von den Drehpunkten 12 und 13 gleichen L_1, so ergibt sich die Verschiebung der Punkte 22 und 23 in Fig. 3 oder auch der Punkte 24 und 25 in Fig. 1 zu

$$h_1 = L_1 \cdot \operatorname{tg} w_1 = L_1 \cdot y \cdot (\operatorname{tg} u_1)/L,$$

$$h_2 = L_1 \cdot \operatorname{tg} w_2 = L_1 \cdot y \cdot (\operatorname{tg} u_2)/L.$$

Um diese Beträge werden die Enden des (vorher horizontalen) Lineals 26 in den Punkten 24 und 25 gehoben oder gesenkt. Ist der Abstand der Stangen 22 und 23 voneinander gleich L_2, so nimmt das Lineal 26 eine Neigung v ein, die sich aus

$$\operatorname{tg} v = (h_1 + h_2)/L_2$$

ergibt, oder

$$(3) \qquad \operatorname{tg} v = L_1 \cdot y \cdot (\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)/(L \cdot L_2).$$

Nimmt man die Abtastvorrichtung 33 in den Punkt 25 verschoben an (Fig. 4), wobei dann der Zeiger 31 auf $x = o$ zeigen soll, dann hat sich der Zeiger 34 bei der y-Verschiebung um $z_1 = h_2$ gesenkt. Verschiebt man die Abtastvorrichtung auf einen Wert $x \neq o$, so verschiebt sich der Zeiger 34 um

$$(3') \qquad z_2 = x \cdot \operatorname{tg} v,$$

je nach Neigung des Lineals 26 nach oben oder nach unten. Der gesamte z-Wert bei Verschiebung um y und x wird dann

$$z = z_1 + z_2 = L_1 \cdot y \cdot (\operatorname{tg} u_2)/L + x \cdot \operatorname{tg} v = L_1 \cdot y \cdot (\operatorname{tg} u_2)/L + xy \cdot L_1(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)/(L \cdot L_2).$$

Da alle Größen auf der rechten Seite bis auf x und y Konstante sind, wird

$$(4) \qquad z = A_1 y + A_2 xy$$

$$\text{mit } A_1 = L_1 (\operatorname{tg} u_2)/L \text{ und } A_2 = L_1 (\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)/(L \cdot L_2).$$

L, L_1 und L_2 sind Konstruktionsgrößen, weshalb A_1 und A_2 Funktionen der Neigungen der Führungsschienen 14 und 15 sind. Die Nullpunktlagen der Größen x und y auf ihren Skalen sind bei dieser Rechnung nicht beliebig angenommen worden. Es können aber, um die Gleichung (4) in einen Typ der zu lösenden Gleichung (1) überzuführen, zusätzliche Koordinatenverschiebungen in der x- und y-Richtung vorgenommen werden. Man kann aber auch die bereits erfolgte Nullpunktwahl beibehalten und die Führungsschienen

14 und 15 parallel verschieben. Im ersten Fall sind dann die Konstanten a, b, c und d der Gleichung (1) von der Neigung der Führungsschienen 14 und 15 und von der besonderen Wahl der Nullpunkte der x- und y-Skalen abhängig. Im zweiten Fall dagegen sind die Konstanten a, b, c und d nur von der Lage und der Neigung der Führungsschienen abhängig. Verschiebt man nämlich beispielsweise in der Fig. 1 die Führungsschiene 15 um die Strecke m nach rechts, dann senkt sich der Punkt 25 um $m' = L_1\, m/L$. Um diesen Betrag senkt sich auch der Zeiger 34, wenn die Abtastvorrichtung 33 in der Stellung $x = 0$ in dem Punkt 25 verschoben angenommen ist, das heißt m' stellt einen konstanten Beitrag zum z-Wert der Gleichung (4) dar. Bei dieser Parallelverschiebung dreht sich nun weiter das Lineal 26 um den Winkel v'.

Bei einer Verschiebung der Abtastvorrichtung 33 auf den Wert x zeigt der Zeiger 34 auf einen z-Wert, der sich gegenüber dem der Gleichung (4) nochmals um $x \cdot L_1 \cdot m/(L \cdot L_2)$ geändert hat. Addiert man daher beide Anteile auf der rechten Seite von Gleichung (4), dann erhält man

$$(4') \qquad Z = A_1 \cdot y + A_2 \cdot xy + x \cdot L_1 \cdot m/(L \cdot L_2) + L_1 \cdot m/L.$$

Eine Parallelverschiebung der Schiene 14 um den Betrag n nach rechts gibt einen weiten Anteil zu dem Faktor des x-Gliedes von der Größe $n \cdot L_1/(L \cdot L_2)$ so, daß Gleichung (4') übergeht in

$$(4'') \qquad Z = (L_1/[L \cdot L_2]) \cdot (m + n) \cdot x + A_1 \cdot y + A_2 xy + L_1 \cdot m/L.$$

Die Verschiebung der Schiene 14 wirkt sich jedoch nicht auf das konstante Glied der Gleichung (4') aus, weil die Abtastvorrichtung 33 für $x = 0$ der Einfachheit halber im Punkt 25 angenommen worden war, der bei der Verschiebung der Stange 14 fest bleibt. Die Gleichung (4'') ist vom Typ der Gleichung (1). Wählt man insbesondere $L = L_1$, was eine rein konstruktive Maßnahme darstellt, so wird Gleichung (4'') ausgeschrieben

$$(4''') \qquad z = (m + n)\, x/L_2 + y \cdot \operatorname{tg} u_2 + (\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)\, xy/L_2 + m.$$

Ein Koeffizientenvergleich der Koeffizienten dieser vereinfachten Gleichung mit denen der Gleichung (1) gibt bei gegebenen Konstanten a, b, c und d sofort, ohne lange Rechnung, die Einstellgrößen m, n, $\operatorname{tg} u_1$ und $\operatorname{tg} u_2$.

Die Einstellgrößen n und $\operatorname{tg} u_1$ der Führungsschiene 14 treten nur in additiver Verbindung mit den Größen m und $\operatorname{tg} u_2$ auf, deshalb kann, ohne daß in Gleichung (1) Koeffizienten zu Null werden, die Gleichung (1) auch gelöst werden, wenn beispielsweise $u_1 = n = 0$ gewählt wird. Der Arm 10 führt in diesem Fall keine Winkeldrehung aus, so daß der ganze Winkelhebel 10, 18 und die Führungsschiene 14 weggelassen werden können. Bei dieser Ausführungsform muß dann das Lineal 26 in einem Punkt auf dem Schlitten 1, beispielsweise im Punkt 24, drehbar gelagert sein. Die übrigen Anordnungen bleiben erhalten. Diese Ausbildung des Gerätes hat den Vorteil der konstruktiven Einfachheit, gestattet aber nicht die einfache Bestimmung der Einstellgröße durch Koeffizientenvergleich der Gleichungen (4''') und (1), da für die Einstellung der Konstanten a, b, c und d neben der Einstellung der Lage und Neigung der Führungsschiene 15 zusätzlich Koordinatenverschiebungen in der x- und y-Richtung vorgenommen werden müssen, um für die vier gegebenen Konstanten vier Einstellstücke zu erhalten. Eine besonders einfache Einstellmöglichkeit der Neigungen der Führungsschienen ergibt sich, ohne daß die Konstanten a, b, c und d bekannt zu sein brauchen, wenn von vier Punkten (x, y) in den Photobildern die Parallaxenwerte bekannt sind. Man geht dann so vor, daß durch Wahl des Abstandes der Marken 60 und 61 die bekannten Parallaxenwerte eingestellt werden und die Marken 60 und 61 mit Hilfe der x- und

y-Skalen auf die Punkte (x, y) der Photobilder geschoben werden. Da der jeweils eingestellte Parallaxenwert der genaue Wert ist, darf die Skala z für keinen der vier Punkte einen Parallaxenwert anzeigen. Man verstellt deshalb die Führungsschienen so lange, bis der Zeiger 34 auf $z = o$ zeigt bzw. das betrachtete Raummodell parallaxenfrei erscheint. Dazu genügt es gewöhnlich schon, daß man beispielsweise für den ersten Punkt den Zeiger 50 längs der Skala 35 verschiebt. Für den zweiten Wert wird dieses Verfahren mit dem diesem Punkt entsprechenden Parallaxenwert wiederholt, wobei man zweckmäßig den Zeiger 52 längs der Skala 35′ verschiebt. Für den dritten und vierten Punkt neigt man analog die obern Enden der Führungsschienen durch Verschiebung der Zeiger 53 und 51. Hat man die letzte Verschiebung vorgenommen, so wird das Gerät für den ersten Punkt wieder einen geringen Korrekturwert z anzeigen, der durch Nachstellen einer der Führungsschienen beseitigt werden kann. Ebenso verfährt man für die andern Punkte so lange, bis der Zeiger 34 für jeden der vier Punkte den Korrekturwert 0 anzeigt. Durch diese vier Punkte geht dann die hyperbolische Fläche der Gleichung (1), welche das sattelartige Modell approximiert, und das Rechengerät gibt die Parallaxenkorrekturen für alle weiteren Punkte (x, y) an, ohne daß die Gleichung (1) überhaupt bekannt zu sein braucht.

Wählt man in der Gleichung (1) $x = y$, so löst das Gerät die Gleichung

$$z = a_1 x + cx^2 + d. \qquad (2)$$

Die Lösung kann mit dem Gerät nach Fig. 1 vorgenommen werden, erfordert jedoch eine zweimalige Einstellung des x-Wertes. Fig. 5 zeigt eine vorteilhafte Ausbildung eines Gerätes zur Lösung dieser Gleichung, bei dem nur eine Einstellung erforderlich ist. Die Teile, die aus der Fig. 1 übernommen worden sind, sind mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet. Die Stangen 8 und 9, die in den auf dem Schlitten 1 befestigten Hülsen 6 und 7 gleiten, greifen, wie bei dem Gerät nach Fig. 1, auf den Führungsschienen 14 und 15 deren Neigungen ab. Die nicht auf den Schienen gleitenden Enden der Stangen drücken unmittelbar auf das Lineal 26 und bestimmen dessen Neigung. Die Abtastvorrichtung 33 greift einen Punkt auf dem Lineal 26 ab, und der Zeiger 34 zeigt einen Wert auf der Skala z an. Die Abtastvorrichtung 33 ist in einer Hülse 35 verschiebbar gelagert, die ihrerseits an einer den Zeiger 31 tragenden Stange 36 befestigt ist. Die Stange 36 ist im untern Ende als Zahnstange ausgebildet. Eine weitere Zahnstange 37 befindet sich an der rechten Führungsschiene 2. Zwischen den Zahnstangen 36 und 37 läuft ein auf dem Schlitten 1 angeordnetes Zahnrad 38. Wird der Schlitten 1 um die Strecke x verschoben, so dreht sich das Zahnrad dabei um einen bestimmten Winkel, und die Zahnstange 36 wird ebenfalls um die Strecke x in gleicher Richtung auf dem Schlitten verschoben. Beide Zeiger 3 und 31 zeigen daher stets den gleichen Wert x an.

Mit den in den Fig. 1 und 5 beschriebenen Geräten kann der Parallaxenfehler z mit Hilfe der Zeiger 34 auf den z-Skalen abgelesen werden. Es wird nun dieser Parallaxenfehler sofort mit in das Meßergebnis übertragen, das heißt an der Parallaxenschraube, in Fig. 1 an der Mikrometerschraube 62 kann sofort der korrigierte Parallaxenwert abgelesen werden. Dies wird dadurch erreicht, daß wenigstens eine der für die Parallaxenmessung dienenden Marken, beispielsweise die Marke 61, mit der Abtastvorrichtung 33 derart gekuppelt ist, daß sie bei Verschiebung der Abtastvorrichtung 33 ihren Abstand von der Marke 60 ändert. In Fig. 1 ist eine solche Kupplung dargestellt. Auf dem Schlitten 30 ist um den Punkt 70 drehbar ein Winkelhebel 71, 72 angeordnet. Der Arm 71 des Hebels liegt an der Abtastvorrichtung 33 und der andere Arm 72 an einer in einer Führung des Schlittens 30 verschiebbaren Stange 73. Mittels einer Feder 74 wird die Stange 73, an der über das Mikrometer 62 der Zeiger 61 befestigt ist, stets in Verbindung mit der Abtastvorrichtung 33 gehalten.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt:

Verschiebt sich die Abtastvorrichtung 33, so werden über den Winkelhebel 71, 72 die Stange 73, das Mikrometer 62′ und der Zeiger 61 entsprechend verschoben. Die Marke 61 ändert dabei ihren Abstand von der Marke 60. Mit der Mikrometerschraube 62 wird jetzt die Marke 61 gegenüber der Marke 60 erneut verschoben, und zwar so lange, bis die beiden Marken im stereoskopischen Modell zur Deckung kommen. Der an der Mikrometerschraube 62 abgelesene Wert ist der fehlerfreie Parallaxenwert.

PATENTANSPRUCH

Einrichtung für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder mittels Parallaxenmessung, bei dem die Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen behandelt werden, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswertegerät mit mindestens einem Rechengerät derart gekuppelt ist, daß bei Einstellung einer für die Parallaxenmessung vorgesehenen Marke auf einen Punkt (x, y) des stereoskopischen Bildes entsprechende Werte x und y im Rechengerät eingestellt werden und daß das Rechengerät mit diesen Werten die Gleichung $z = ax + by + cxy + d$ löst, wobei a, b, c und d so wählbare Konstanten sind, daß die Gleichung, als Fläche angenommen, eine sich durch die Behandlung der Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen ergebende Modellverbiegung approximiert, wobei z eine Parallaxenkorrektur bedeutet.

UNTERANSPRÜCHE

1. Einrichtung nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Rechengerät zur Einstellung der Konstanten a, b, c und d zwei drehbare und verschiebbare gerade Führungsschienen (14, 15) aufweist und daß für die Einstellung des einen unabhängig veränderlichen Wertes ein verschiebbarer Schlitten (1) vorgesehen ist, derart, daß durch Einstellung des Wertes die Neigung eines auf dem Schlitten angeordneten Lineals (26) bestimmt wird, indem die Entfernungsdifferenz zweier dem eingestellten Wert auf den Führungsschienen entsprechender Punkte von einer in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden durch Abtastvorrichtungen in eine Verschiebung des Lineals übergeführt wird, und daß für die Einstellung des andern, unabhängig veränderlichen Wertes eine verschiebbare Abtastvorrichtung (33) vorgesehen ist, die einen diesem Wert entsprechenden Punkt auf dem Lineal abgreift, wobei der Ausschlag dieser Abtastvorrichtung den z-Wert angibt.

2. Einrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellvorrichtung der Marken (60, 61) für die Parallaxenmessung mit einem die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen (30) verbunden ist.

3. Einrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtungen für die Abtastung der Entfernungsdifferenz der Führungsschienen von der in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden als auf dem Schlitten angeordnete drehbare Winkelhebel ausgebildet sind, derart, daß jeweils ein Arm (10, 11) der Winkelhebel durch eine in konstantem Abstand vom Schlitten angeordnete, senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare und mit einem Ende auf der Führungsschiene gleitende Stange (8, 9) bei Verschiebung des Schlittens gedreht wird und der andere Arm (18, 19) jedes Winkelhebels über eine in festem Abstand vom Drehpunkt des Winkelhebels in der Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare Stange (22, 23) ein Ende des Lineals (26) verschiebt.

4. Einrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß nur eine Führungsschiene (15) und eine auf dieser gleitende Abtastvorrichtung (33) vorgesehen ist und das Lineal (26) um einen festen Punkt auf dem Schlitten drehbar angeordnet ist.

5. Einrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der y-Wert auf einer festen Skala

durch einen am Schlitten vorgesehenen Zeiger (3) einstellbar ist und der x-Wert auf einer auf dem Schlitten angeordneten Skala durch einen an dem die z-Skala und die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen (30) vorgesehenen Zeiger (31).

6. Einrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtungen aus zwei in senkrechter Richtung zur Bewegungsrichtung des Schlittens auf diesem verschiebbaren Stangen (8, 9) bestehen, deren eine Enden auf den Führungsschienen gleiten und deren andere Enden das Lineal (26) verschieben (Fig. 5).

7. Einrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtung am Lineal und die Abtastvorrichtungen an den Führungsschienen zur Erzielung einer gleichsinnigen Bewegung im Übersetzungsverhältnis 1 : 1 gekuppelt sind.

8. Einrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der für die Parallaxenmessung dienenden Marken (61) mit der Abtastvorrichtung für den z-Wert derart gekuppelt ist, daß sie bei Verschiebung dieser Abtastvorrichtung ihren Abstand von der andern Marke ändert.

9. Einrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Kupplung zwischen der Abtastvorrichtung (33) für den z-Wert und der für die Parallaxenmessung dienenden verschiebbaren Marke (61) ein auf dem die Abtastvorrichtung tragenden Wagen (30) drehbar angeordneter Winkelhebel (71, 72) vorgesehen ist, dessen einer Hebelarm (71) durch die Abtastvorrichtung betätigt wird und dessen anderer Arm (72) die Verschiebung der Marke bewirkt.

Zeiss-Aerotopograph GmbH

Vertreter: Naegeli & Co., Bern

Patent Nr. 324717
3 Blätter Nr. 1

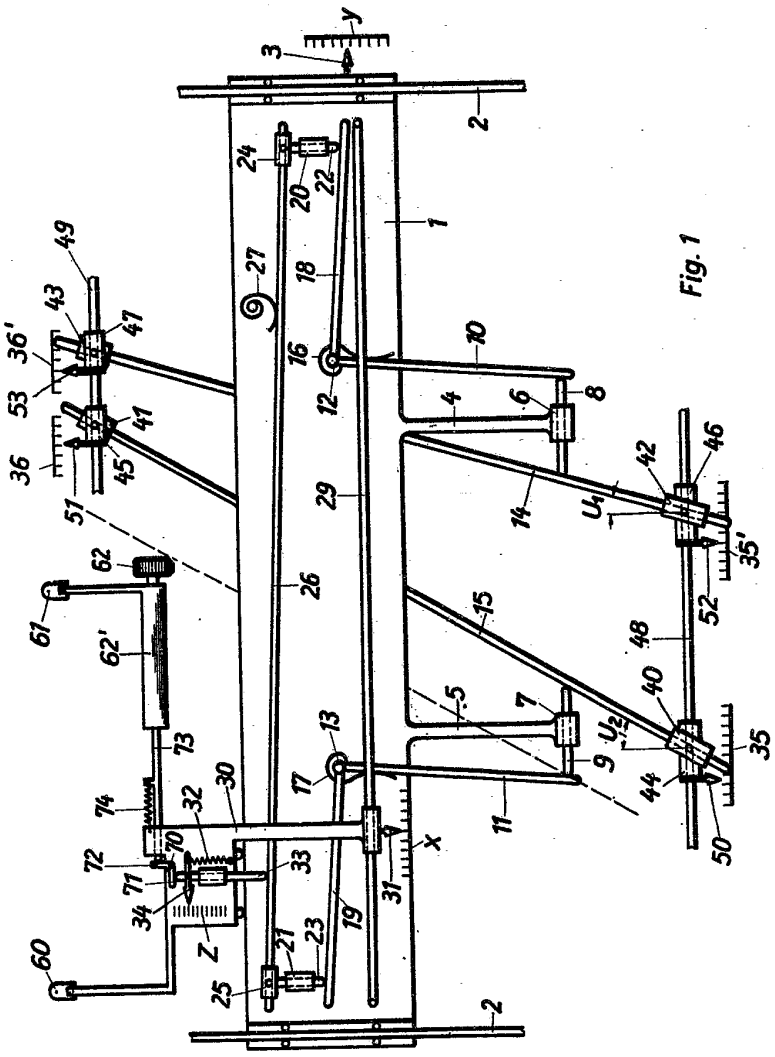


Fig. 1

Patent. Nr. 324717
3 Blätter Nr. 2

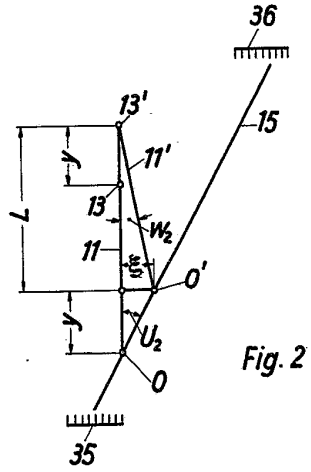


Fig. 2

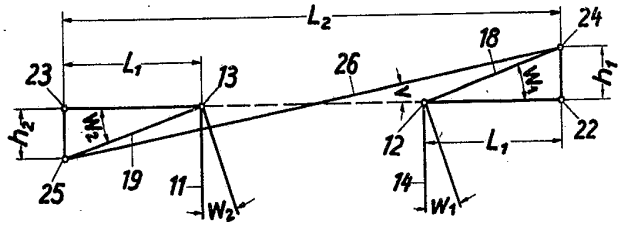


Fig. 3

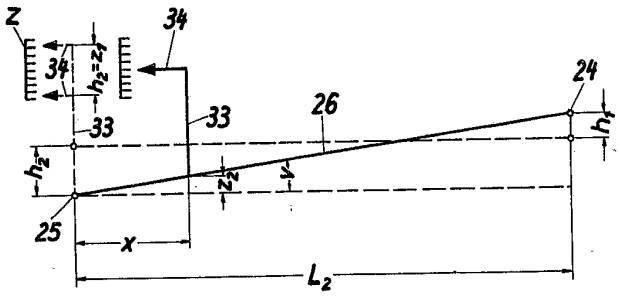


Fig. 4

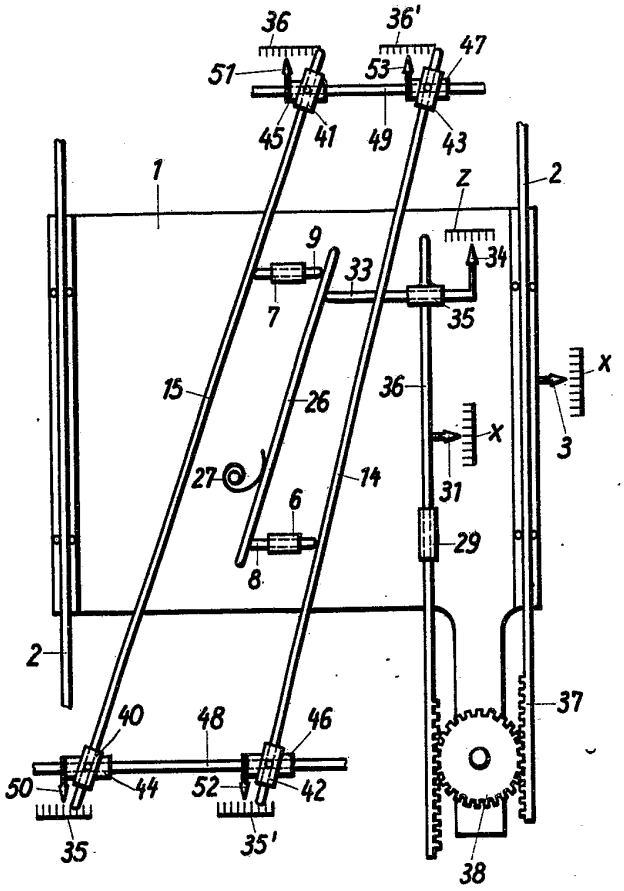

36
36'
47
51
53
45
41
49
43
1
2
Z
9
34
33
7
35
X
15
26
36
X
3
27
14
31
6
29
8
2
37
40
48
46
50
44
52
42
35
35'
38

Fig. 5

Nr. 324743

Nr. 324743

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 30. November 1957

Klasse 70

Heinrich Sonnberger, Heidenheim a. d. Brenz (Deutschland), ist als Erfinder genannt worden

HAUPTPATENT

Firma Carl Zeiss, Heidenheim a. d. Brenz (Deutschland)

Gesuch eingereicht: 15. Januar 1955, 12¾ Uhr — Patent eingetragen: 15. Oktober 1957
(Priorität: Deutschland, 24. Februar 1954)

Spiegelstereoskop für die Auswertung von Luftbildern

Die Erfindung betrifft ein Spiegelstereoskop für die Auswertung von Luftbildern. Die bekannten Stereoskope dieser Art haben die Spiegel so angeordnet, daß ihre Spurlinien in der Ebene der Luftbilder parallel vom Beschauer fortlaufen. Will man daher insbesondere bei größeren Luftbildformaten im hintern Bildteil Messungen durchführen, so muß das Spiegelstereoskop verhältnismäßig weit vom Beschauer fortgerückt werden, wodurch die Bedienung des Gerätes unbequem wird. Ein weiterer Nachteil der bekannten Geräte ist der, daß die Spiegel ziemlich hoch über den zu betrachtenden Bildern angebracht sein müssen, wenn man zum Beispiel mit einem Bleistift Bemerkungen auf den Luftbildern anbringen will, weil bei natürlicher Schreibhaltung des Bleistiftes das Bleistiftende stets in eine der Spiegelflächen zeigt.

Diese Nachteile lassen sich erfindungsgemäß dadurch beseitigen, daß die Spiegel derart geneigt sind, daß ihre Spurlinien in der Ebene der Luftbilder sich schneiden. Die Mitte des Gesichtsfeldes ist dadurch in den hintern Teil der Luftbilder verlegt, sofern sich die Spurlinien sinnvollerweise vor dem Beschauer schneiden, und das Gerät und insbesondere die Einblicköffnungen können näher beim Beschauer angeordnet werden, wodurch die bequeme Bedienung gewährleistet ist. Außerdem wird durch die Neigung der Spiegel erreicht, daß bei natürlicher Schreibhaltung ein Bleistift immer parallel zu einer der Spiegelflächen liegt, so daß die Spiegel beim Schreiben nicht mehr hindern. Zweckmäßig schneiden sich die Spurlinien unter einem Winkel von ungefähr 90°, wodurch ein kleiner und gedrungener Bau des Spiegelstereoskops ermöglicht wird.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt.

Auf einem Tisch 1 sind zwei Luftbilder 2 und 3 angeordnet. An festen Stangen 4 und 5 eines Gestelles sind längs diesen verschiebbar und um diese drehbar Spiegel 6 und 7 befestigt. Die Neigungen der Stangen 4 und 5 sind so gewählt, daß die Ebenen der an ihnen befestigten Spiegel 6 und 7 die Ebene der Luftbilder 2 und 3 in den Geraden 12 und 13 schneiden, wobei diese Geraden nahezu senkrecht aufeinander stehen. An den Stangen 4 und 5 sind außerdem Spiegel 8 und 9 sowie ein Einblick 10 fest angeordnet.

Eine Verschiebung oder eine Verdrehung der Spiegel 6 und 7 kann beim Einpassen der Luftbilder zweckmäßig sein, oder auch dann, wenn der auswertbare Teil der Photobilder größer als das Gesichtsfeld des Gerätes ist. In der Zeichnung ist für das Luftbild 3 ein Strahl 11 angegeben, welcher in die Mitte des Gesichtsfeldes des Instrumentes in der dargestellten Einstellung weist. Der Strahl 11 wird am Spiegel 7 reflektiert und

trifft auf den Spiegel 9, von wo aus er in das rechte Einblickfenster des Einblicks 10 gelangt.

PATENTANSPRUCH

Spiegelstereoskop für die Auswertung von Luftbildern, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegel derart geneigt sind, daß ihre Spurlinien in der Ebene der Luftbilder sich schneiden.

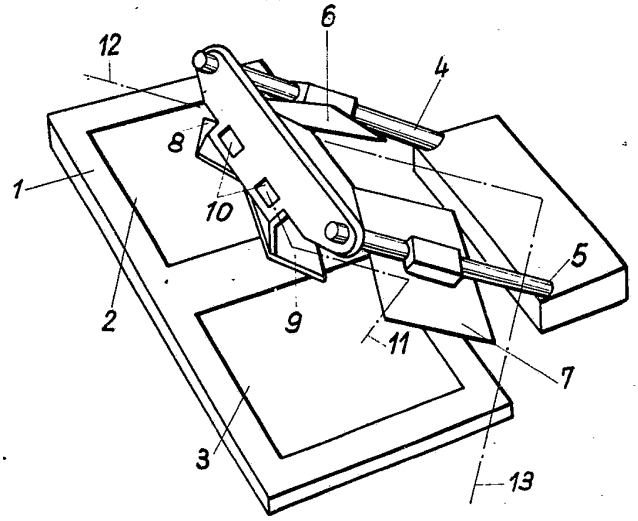
UNTERANSPRUCH

Spiegelstereoskop nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Spurlinien unter einem Winkel von ungefähr 90° schneiden.

Firma Carl Zeiss

Vertreter: Naegeli & Co., Bern

Patent Nr. **324743**
1 Blatt



Nr. 328478

Nr. 328478

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 30. April 1958

Klasse 59

Kurt Wolf, Oberkochen (Deutschland), ist als Erfinder genannt worden

HAUPTPATENT

Firma Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz (Deutschland)

Gesuch eingereicht: 15. November 1954, 18¼ Uhr — Patent eingetragen: 15. März 1958
(Priorität: Deutschland, 28. November 1953)

Zeichenvorrichtung, insbesondere für Auswertegeräte von Luftbildern

Die Erfindung betrifft eine Zeichenvorrichtung, insbesondere für Auswertegeräte von Luftbildern, um beispielsweise Höhenschichtlinien oder auch einzelne Punkte auf einem Zeichenblatt festlegen zu können. Zu diesem Zweck wird die Zeichenvorrichtung vom Auswertegerät aus gesteuert. Insbesondere wird bei den bekannten Geräten dieser Art zu Beginn des Zeichenvorganges durch einen Mechanismus, beispielsweise einen Elektromagneten, der Zeichenstift in senkrechter Richtung auf das Zeichenblatt fallengelassen oder gezogen. Dabei tritt der Nachteil auf, daß in fast allen Fällen der Zeichenstift zu kräftig aufsetzt, so daß die Bleiminenspitze abbricht. Um dem zu begegnen, wurde bereits versucht, in die Zeichenvorrichtungen Dämpfungen einzubauen. Diese bewirkten jedoch ein zu langsames oder zu weiches Aufsetzen des Zeichenstiftes, so daß die Kartierung einzelner Punkte mit den für die sonstige Kartenzeichnung erforderlichen harten Bleiminen nicht mehr zuverlässig erfolgte. Zur Beseitigung dieses Mangels wurde auch schon in bekannten Zeichenvorrichtungen eine Führungskurve vorgesehen, auf der ein Stift oder dergleichen bei der axialen Bewegung des Zeichenstiftes glitt, so daß der Zeichenstift eine zusätzlich drehende Bewegung erhielt. Auch diese Ausführung konnte nicht befriedigen, weil sich, durch das Aufsetzen des Zeichenstiftes bedingt, die Kurve rasch abnutzte, so daß es vorkam, daß beispielsweise im Auswertegerät Höhenlinien ermittelt wurden, ohne daß der Stift diese aufzeichnete, weil er sich auf der Kurve verklemmt hatte.

Alle diese Nachteile werden erfindungsgemäß dadurch beseitigt, daß der Zeichenstift auf einem drehbar und axial verschiebbar angeordneten Träger von diesem abhebbar gelagert ist und daß der Träger in schräg zu seiner Achse angeordneten Kugellagern geführt ist. Dadurch kann erreicht werden, daß sich der Zeichenstift schon bei leisestem Berühren der Zeichenfläche vom Träger abhebt und nicht noch weiter durch den sich in Abwärtsbewegung befindlichen Träger auf das Papier gepreßt wird, und die schräg zur Achse des Trägers angeordneten Kugellager sollen bewirken, daß sich der Träger und damit auch der Zeichenstift bei der Abwärtsbewegung dreht. Nach Abheben des Zeichenstiftes vom Träger soll dann der Zeichenstift noch einige nachlaufende Umdrehungen ausführen, damit auch beim Kartieren von Punkten trotz leisen Aufsetzens des Zeichenstiftes auf die Zeichenfläche ein deutlicher Punkt gezeichnet wird.

Vorteilhaft sind drei schräg zur Achse des Trägers an dessen Umfang wirkende Kugellager vorgesehen, von denen zwei fest angeordnet sind und eines durch die Kraft einer Feder in Richtung auf die Trägerachse hin gedrückt wird. Dadurch soll der Vorteil

erzielt werden, daß auch nach sehr langem Gebrauch der Zeichenvorrichtung immer eine drehende Abwärtsbewegung des Trägers und des Zeichenstiftes gewährleistet ist, weil jede Abnutzung der schräg angeordneten Kugellager durch Nachrücken des federnd gelagerten Kugellagers selbsttätig ausgeglichen wird. Dies ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn als Mittel für die Auslösung der Abwärtsbewegung des Zeichenstiftes ein Elektromagnet benutzt wird, weil bei solchen Magneten stets ein seitliches Anzugsmoment auftritt, wodurch eine einseitige Abnutzung der Führung des Trägers für den Zeichenstift bedingt ist, was sich insbesondere bei den bekannten Geräten, welche für den Träger eine Gleitführung vorgesehen hatten, unangenehm bemerkbar machte, indem häufig Klemmungen auftraten und der Zeichenstift nicht seine Zeichenstellung erreichte. Zweckmäßig weisen die Kugellager je einen am Umfang des Trägers anliegenden Ring auf, welcher seinerseits auf Kugeln läuft.

Der Zeichenstift liegt vorteilhaft in einer axialen Bohrung des Trägers, und es ist wenigstens ein ringförmiges Kugellager zu dessen Führung vorgesehen. Dadurch soll gewährleistet werden, daß sich der Zeichenstift trotz der bekanntlich auftretenden Verschmutzungen seiner Führung durch Graphitstaub stets leicht vom Träger abhebt und nachlaufend dreht. Der Zeichenstift liegt zweckmäßig mit einer Scheibe auf dem Träger, damit er bei Drehung des Trägers durch die auftretende Reibung einen genügenden Schwung zum Weiterdrehen nach dem Abheben vom Träger erhält.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch die Zeichenvorrichtung,

Fig. 2 einen Schnitt nach der Linie II—II der Fig. 1,

Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie III—III der Fig. 1 und

Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie IV—IV der Fig. 3.

In Fig. 1 ist in einem Gehäuse 1 ein Elektromagnet 2 angeordnet, welcher über eine Leitung 3 mit einer nicht gezeichneten Stromquelle verbunden ist und der bei Einschalten des Stromes einen Träger 4 nach unten zieht. Der Träger 4 wird nach Ausschalten des Stromes durch eine Feder 5, welche zwischen dem Gehäuse 1 und einer den obern Abschluß des Trägers 4 bildenden Schraube 6 wirkt, in die in der Fig. 1 gezeichnete Lage gedrückt. Der Träger 4 weist eine Bohrung 7 auf, in welcher ein Minenhalter 8 angeordnet ist. Der Minenhalter 8 liegt mit einer an ihm befestigten Scheibe 9 auf dem Träger 4, so daß er abgehoben werden kann. Der Träger 4 weist ferner zwei ringförmige Kugellager 10 und 11 zur Führung des Minenhalters 8 auf. In den Minenhalter 8 ist eine Bleistiftmine 12 eingesetzt, welche sich bei Senken des Minenhalters 8 auf ein Zeichenblatt 13 setzt. Im Gehäuse 1 sind drei Kugellager 14, 15 und 16 (Fig. 2) angeordnet, welche als Führung für den Träger 4 dienen. Die Kugellager weisen, wie in Fig. 4 dargestellt, einen Ring 17 auf, welcher auf Kugeln 18 läuft, und sie sind mittels Schrauben 19 auf schrägen Körpern 20, 21 und 22, wie in Fig. 3 für das Kugellager 14 dargestellt, befestigt. Der Körper 22 ist durch eine Schraube 23 mit dem Gehäuse 1 um die Achse der Schraube 23 drehbar verbunden. Eine Feder 24 drückt ständig gegen einen Stift 25 des Körpers 22 und preßt diesen und damit das Kugellager 16 ständig gegen den Träger 4 hin.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt:

Bei Einschalten eines Stromes zieht der Elektromagnet 2 den Träger 4 nach unten. Dabei führt dieser eine Drehbewegung aus, welche ihm durch die schräg zu seiner Achse angeordneten Kugellager 14, 15 und 16 vermittelt wird. Das federnd ausgebildete Kugellager 16 sorgt dabei dafür, daß alle drei Kugellager 14, 15 und 16 stets am Träger 4 anliegen. Der Minenhalter 8 führt auf Grund der auf ihn wirkenden Schwerkraft und des dadurch bewirkten Reibungsschlusses zwischen der Scheibe 9 und der Schraube 6 dieselbe Be-

wegung aus, und zwar so lange, bis die Minenspitze 12 auf das Zeichenblatt 13 aufsetzt. Bei weiterer Abwärtsbewegung des Trägers 4 bleibt der Minenhalter 8 stehen, die Scheibe 9 löst sich von der Schraube 6 und der Minenhalter kann unabhängig von der weiteren Bewegung des Trägers 4 eine nachlaufende Drehung ausführen, so daß ein scharfer Punkt auf das Zeichenblatt 13 gezeichnet wird. Diese nachlaufende Drehbewegung wird durch die Kugellager 10 und 11 gefördert. Wird der Stromkreis unterbrochen, so drückt die Feder 5 den Träger 4 in die in Fig. 1 gezeichnete Stellung zurück, wobei der Träger 4 den Minenhalter 8 vom Zeichenblatt abhebt.

PATENTANSPRUCH

Zeichenvorrichtung, insbesondere für Auswertegeräte von Luftbildern, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeichenstift auf einem drehbar und axial verschiebbar angeordneten Träger von diesem abhebbar gelagert ist und daß der Träger in schräg zu seiner Achse angeordneten Kugellagern geführt ist.

UNTERANSPRÜCHE

1. Zeichenvorrichtung nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß drei schräg zur Achse des Trägers an dessen Umfang wirkende Kugellager vorgesehen sind, von denen zwei fest angeordnet sind und eines durch die Kraft einer Feder in Richtung auf die Trägerachse hin gedrückt wird.

2. Zeichenvorrichtung nach dem Patentanspruch und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugellager je einen am Umfang des Trägers anliegenden Ring aufweisen, der seinerseits auf Kugeln läuft.

3. Zeichenvorrichtung nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeichenstift in einer axialen Bohrung des Trägers liegt und wenigstens ein ringförmiges Kugellager zu dessen Führung vorgesehen ist.

4. Zeichenvorrichtung nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeichenstift mit einer Scheibe auf dem Träger liegt.

Firma Carl Zeiss

Vertreter: Naegeli & Co., Bern

Patent Nr. **328478**
1 Blatt

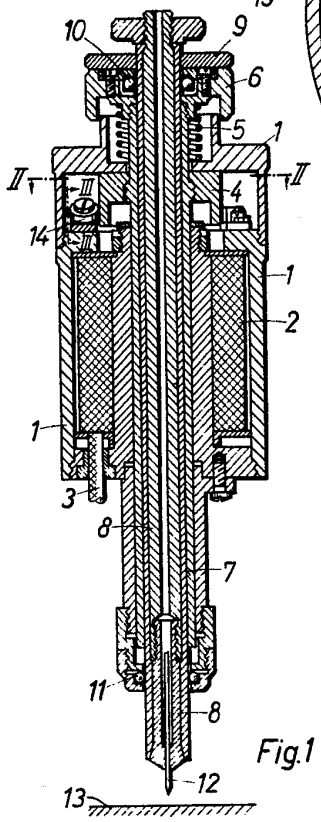


Fig.1

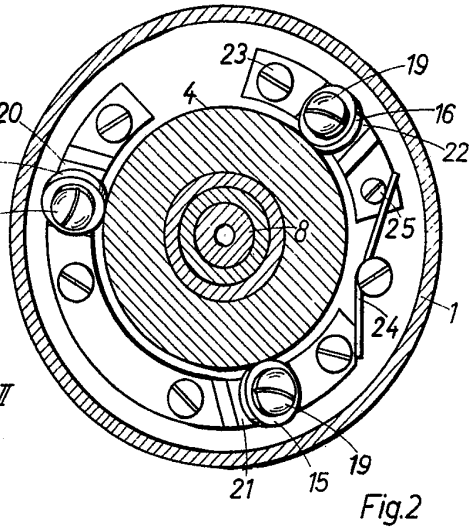


Fig.2

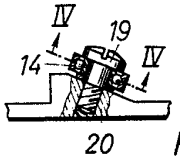


Fig.3

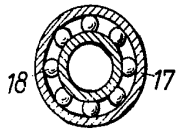


Fig.4

Nr. 331242

Nr. 331242

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 30. August 1958

Klasse 49a

Heinrich Sonnberger, Heidenheim a. d. Brenz, und Prof. Dr. Kurt Schwidefsky, Aalen (Deutschland), sind als Erfinder genannt worden

HAUPTPATENT

Firma Carl Zeiss, Heidenheim a. d. Brenz (Deutschland)

Gesuch eingereicht: 15. August 1955, 18 Uhr — Patent eingetragen: 15. Juli 1958
(Priorität: Deutschland, 13. September 1954)

Luftbildkamera

Die Erfindung betrifft eine Luftbildkamera mit einer abnehmbaren Kassette und einem Schieber zum Verschließen der Kassette sowie einer beweglichen Platte zum Andrücken des Films an einen Rahmen während der Aufnahme und einer Steuervorrichtung für die Bewegung der Platte. Die bekannten Luftbildkameras dieser Art haben den Nachteil, daß, wenn die Andruckplatte gerade den Film an den Rahmen drückt, die Kassette nicht geschlossen werden kann, weil der Schieber zwischen Film und Rahmen hindurchgeführt werden muß und Andruckplatte und Film dem Schieber den Weg versperren. Weiter tritt der Mangel auf, daß, falls nicht darauf geachtet wird, in welcher Bewegungsstellung sich die Andruckplatte befindet und die Andruckplatte den Film gerade an den Rahmen drückt, der Film beim Versuch des Schließens der Kassette beschädigt wird. Diese Nachteile werden erfindungsgemäß dadurch beseitigt, daß die Steuervorrichtung Mittel aufweist, welche beim Schließen der Kassette mit dem Schieber unabhängig von der augenblicklichen Lage der Platte diese ins Innere der Kassette ziehen. Zweckmäßig ist die Platte an einem zweiarmigen Hebel angelenkt, an dessen einem Arm die Steuervorrichtung und an dessen anderem Arm die Mittel für das Zurückziehen der Platte angreifen.

Vorteilhaft ist eine Sperrvorrichtung vorgesehen, welche jede Bewegung des Schiebers in abgehobenem Zustand der Kassette von der Kamera ausschließt. Dadurch wird vermieden, daß durch irrtümliches Drehen am Betätigungsknopf des Schiebers der bereits belichtete Film verdorben wird. Zweckmäßig weist die Kassette schließlich unter der Wirkung von Federn stehende umklappbare Handgriffe auf, die mit einer Vorrichtung in Verbindung stehen, welche im umgeklappten Zustand der Handgriffe die Kassette mit der Kamera verriegelt. Diese Ausbildung der Handgriffe verhindert eine unbeabsichtigte Verschiebung der aufgesetzten Kassette.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 die Luftbildkamera mit aufgesetzter Kassette, teilweise geschnitten,

Fig. 2 einen Schnitt nach der Linie II—II der Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Luftbildkamera 1, welche einen Rahmen 2 aufweist, gegen den durch eine Andruckplatte 3 ein Film 4 gedrückt wird. Der Film 4 ist zwischen Antriebsrollen 5 geführt und wird, wenn die Antriebsrollen in Tätigkeit sind, von einer Vorratsrolle 6 abgewickelt und auf eine Rolle 7 aufgewickelt. Das Andrücken des Films 4 an den

Rahmen 2 durch die Platte 3 wird durch eine Nockenscheibe 8 bewirkt, welche auf einen Arm 10 eines Hebels 11 drückt, welcher seinerseits über eine Stange 12 auf die Platte 3 wirkt (Fig. 2). Die Andruckplatte 3 hängt an einer Blattfeder 13, so daß die Andruckplatte, wenn die Stange 12 keinen Druck auf die Platte ausübt, selbsttätig abgehoben wird. Auf den andern Arm 14 des Hebels 11 wirkt ein Hebel 16, welcher um einen Zapfen 17 drehbar ist und dessen einer Arm durch eine Feder 9 auf eine Nockenscheibe 18 gedrückt wird. Die Nockenscheibe 18 ist mit einem nicht gezeichneten Drehknopf und über eine nicht gezeichnete Übersetzung mit einem Zahnrad 15 verbunden. Das Zahnrad 15 greift in eine Kette 19, an der ein Schieber 20 zum Verschließen der Kassette befestigt ist.

Die Wirkungsweise der Kamera ist wie folgt:

Im Betrieb der Kamera dreht sich die Nockenscheibe 8 und drückt auf den Arm 10 des Hebels 11, wodurch die Platte 3 an den Film angedrückt oder von diesem abgehoben wird. Die Belichtung des Films findet in angedrücktem Zustand an den Rahmen 2 statt, und in abgehobenem Zustand wird der Film um eine Bildbreite durch die Rolle 5 weitergezogen. Soll die Kassette von der Kamera abgehoben werden, so muß, um den Film nicht zu verderben, der Schieber 20 geschlossen werden. Dies geschieht durch Drehen des mit der Nockenscheibe 18 verbundenen nicht gezeichneten Drehknopfes und des Zahnrades 15. Dabei wird, unabhängig davon, ob die Andruckplatte am Rahmen 2 anliegt oder nicht, der Arm 14 des Hebels 11 angehoben, so daß die Platte 3 ins Innere der Kassette gezogen wird. Durch Weiterdrehen des Drehknopfes wird anschließend der Schieber 20 durch die Kette 19 vor die Kassettenöffnung gezogen.

In der Kassette ist ferner ein doppelarmiger Hebel 21 vorgesehen, auf dessen einen Arm 35 im aufgesetzten Zustand der Kassette ein Stift 40 des Rahmens 2 der Kamera drückt. Im abgehobenen Zustand der Kassette wird der Hebel 21 durch eine Feder 22 so weit gedreht, daß eine am andern Arm 36 des Hebels 21 vorgesehene Sperre 23 in die Kette 19 greift, so daß eine Betätigung des Schiebers im abgehobenen Zustand der Kassette von der Kamera unmöglich wird. Nur wenn die Kassette auf der Kamera aufgesetzt ist und der Stift 40 des Rahmens 2 auf den Arm 35 des Hebels 21 drückt, wird die Kette 19 freigegeben, und der Schieber kann geöffnet oder geschlossen werden.

Um eine einfache und sichere Verriegelung der Kassette mit der Kamera zu gewährleisten, sind an der Kassette Handgriffe 24 und 25 angebracht, welche drehbar um Zapfen 26 und 27 sind. Die Griffe stehen unter dem Zug von Federn 28, so daß sie, nachdem die Kamera aufgesetzt ist, und die Handgriffe losgelassen worden sind, in die gezeichnete Stellung umgeklappt werden. Dabei schieben sich mit den Handgriffen 24 und 25 verbundene Stifte 30 aus der Kassette heraus in Ausnehmungen 32 und 33 des Rahmens 2 der Kamera, wodurch die Kassette mit der Kamera verriegelt wird. Der Übersichtlichkeit halber ist in der Fig. 1 nur eine Feder 28 und ein Stift 30 dargestellt worden. Soll die Kassette von der Kamera abgehoben werden, so ist es nur notwendig, an die Handgriffe zu fassen und die Kassette anzuheben. Dadurch klappen zunächst die Handgriffe um und ziehen die Stifte 30 aus den Ausnehmungen 32 und 33 heraus, so daß dem weiteren Abheben der Kassette von der Kamera nichts mehr im Wege steht.

PATENTANSPRUCH

Luftbildkamera mit einer abnehmbaren Kassette und einem Schieber zum Verschließen der Kassette sowie einer beweglichen Platte zum Andrücken des Films an einen Rahmen während der Aufnahme und einer Steuervorrichtung für die Bewegung der Platte, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung Mittel aufweist, welche beim Verschließen der Kassette mit dem Schieber unabhängig von der augenblick-

lichen Lage der Platte diese ins Innere der Kassette ziehen.

UNTERANSPRÜCHE

1. Luftbildkamera nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte an einem zweiarmigen Hebel angelenkt ist, an dessen einem Arm die Steuervorrichtung und an dessen anderem Arm die Mittel für das Zurückziehen der Platte angreifen.

2. Luftbildkamera nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sperrvorrichtung vorgesehen ist, welche jede Betätigung des Schiebers in abgehobenem Zustand der Kassette von der Kamera ausschließt.

3. Luftbildkamera nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Kassette unter der Wirkung von Federn stehende, umklappbare Handgriffe aufweist, und daß die Handgriffe mit einer Vorrichtung verbunden sind, welche im umgeklappten Zustand der Handgriffe die Kassette mit der Kamera verriegelt.

Firma Carl Zeiss

Vertreter: Naegeli & Co., Bern

Patent Nr. **331242**
1 Blatt

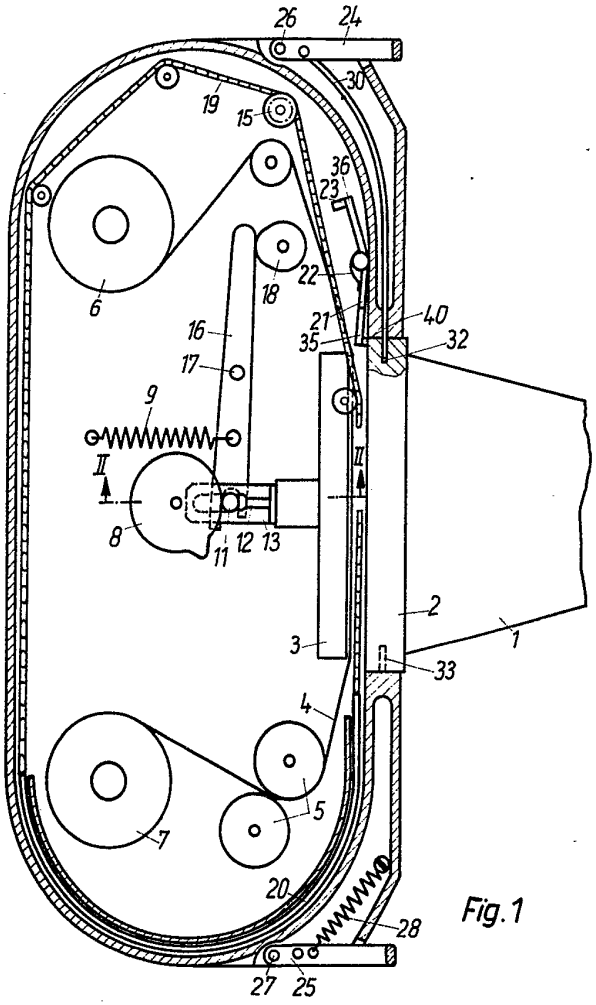


Fig. 1

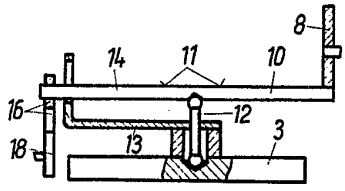


Fig. 2

Nr. 332176 Nr. 332176

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 15. Oktober 1958 Klasse 59

Dipl.-Ing. Hermann Deker, Heidenheim a. d. Brenz (Deutschland),
ist als Erfinder genannt worden

ETH ZÜRICH

HAUPTPATENT

Zeiss-Aerotopograph GmbH, München (Deutschland)

Gesuch eingereicht: 27. Januar 1955, 18¼ Uhr — Patent eingetragen: 31. August 1958
(Priorität: Deutschland, 8. März 1954)

Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern

Die Erfindung betrifft ein Gerät für stereoskopische Auswertung von Luftbildern, bei dem die Luftbilder parallel zur Meßebene angeordnet sind. Bei der Auswertung derart angeordneter Luftbilder tritt im Fall, daß das der Messung zugrunde liegende Luftbild mit nichtsenkrechter Aufnahmeachse aufgenommen worden ist, der Fehler auf, daß die Projektion dieses Luftbildes in der Meßebene verzerrt erscheint. Diesen Fehler hat man bei einfachen Auswertegeräten, wie Spiegelstereoskopen, bisher nicht ausgeglichen, weil keine einfache und zweckmäßige Korrekturmöglichkeit bekannt war. Die Erfindung beseitigt diesen Nachteil dadurch, daß zur mindestens angenäherten Korrektur des auftretenden Verzerrungsfehlers im Fall, daß das der Messung zugrunde liegende Luftbild mit nichtsenkrechter Aufnahmeachse aufgenommen worden ist, eine Korrekturvorrichtung vorgesehen ist, welche zu dem in der Meßebene ermittelten Höhen- bzw. Parallaxenwert in Abhängigkeit von den Geländekoordinaten x und y einen linearen Korrekturwert addiert.

Zweckmäßigerweise addiert die Korrekturvorrichtung zu dem in der Meßebene ermittelten Höhenwert einen Betrag der Größe

$$H = ax + by + c$$

wobei x und y die Koordinaten des betrachteten Geländepunktes in der Meßebene bedeuten und die Konstanten a, b und c so gewählt sind, daß die Projektion des Luftbildes in die durch die genannte Gleichung gebildete Ebene ein wenigstens angenähert verzerrungsfreies Bild ergibt. Da die Höhenwerte durch Parallaxenmessung ermittelt werden, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Korrekturgröße H nach entsprechender Umwandlung zum Parallaxenwert zu addieren.

Eine besonders einfache Anwendung der Korrekturvorrichtung ergibt sich beispielsweise dann, wenn bei einem Auswertegerät schon eine Einrichtung vorgesehen ist, welche wenigstens in Abhängigkeit von den Koordinaten des betrachteten Geländepunktes in der Meßebene und von der Parallaxeneinstellung im Auswertegerät den durch Zentralprojektion der Luftbilder bedingten Fehler ausgleicht. In diesem Fall wird zu dem Parallaxeneingangswert in dieser Einrichtung zweckmäßig der Korrekturwert H nach entsprechender Umformung wenigstens als Näherungswert addiert, so daß die Einrichtung mit dem von Verzerrungen freien Parallaxenwert arbeitet. Es ist ersichtlich, daß diese Korrekturmöglichkeit bei allen Auswertegeräten gegeben ist, welche überhaupt eine Korrektureinrichtung, in welche der Parallaxenwert eingeht, aufweisen.

Die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Korrektureinrichtung soll anhand eines Aus-

führungsbeispiels in der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnung erläutert werden.

Es stellen dar:

Fig. 1 und 2 Skizzen zur Erläuterung des Erfindungsgedankens,

Fig. 3 ein Auswertegerät mit einer Korrektureinrichtung in Draufsicht,

Fig. 4 die Korrekturvorrichtung aus der Fig. 3.

Fig. 1 zeigt die Projektion eines Luftbildes 1, welches mit unter dem Winkel u geneigter Aufnahmeachse aufgenommen worden ist, in eine Projektionsebene 3. Die Normale 2 des Luftbildes 1 ist dabei ebenfalls um den Winkel u gegen die Senkrechte geneigt, so daß, falls die Projektionsebene 3 als Meßebene in einem Auswertegerät dient, z. B. die Strecke $A\,B$ der Länge s im Luftbild 1 in die Strecke $A'\,B'$ der Länge S vergrößert abgebildet wird, das in diese Ebene abgebildete Gelände aber unverzerrt erscheint.

Bei der Auswertung der Luftbilder werden nun zwei Luftbilder 1 und 11 (Fig. 3) stereoskopisch betrachtet (Stereoskop nicht dargestellt). Den Bildinhalt beider Luftbilder sieht man als stereoskopisches Modell 5 über der Meßebene 3 (Fig. 2). Aufgabe der Auswertung ist es, zu jedem Geländepunkt, z. B. zum Punkt A_1'', mit der gegebenen Höhe h über der Ebene 3 die Koordinaten $x\,y$ zu ermitteln oder umgekehrt. Hierzu werden die Luftbilder so weit verschoben, bis das stereoskopische Bild zweier Meßmarken 12 und 13 in Fig. 3 auf dem Geländepunkt A_1'' aufsetzt. Die dazu notwendige Verschiebung ist ein Maß für die Koordinaten x und y.

Die Koordinaten x und y erhält man dann verzerrungsfrei, wenn die Orientierung der Luftbilder 1 und 11 wie in Fig. 1 für das Luftbild 1 dargestellt worden ist, vorgenommen wird. Hierbei ist zu bemerken, daß diese Koordinaten noch mit einem Fehler behaftet sind, welcher sich durch Zentralprojektion des Punktes A_1'' nach A' ergibt, weil die Orthogonalprojektion dieses Punktes nach A_1''' richtiger wäre.

Geräte, die diesen Fehler ausgleichen, sind bekannt. Beispielsweise tut dies der Rechner 15 in Fig. 3.

Ein verzerrungsfreies Ergebnis würde man auch dann erhalten, wenn man die Luftbilder 1 und 11 um den Winkel u derart neigen würde, daß sie parallel zur Meßebene 3 liegen (Fig. 2), die Messung jedoch in einer Bezugsebene 4 vornehmen würde, welche dann aber ebenfalls den Winkel u gegen die Meßebene haben müßte. Nun wird aber die Messung in der Ebene 3 (Fig. 2) vorgenommen, und die Ebene 3 liegt parallel zu den Luftbildern 1 und 11. Der an sich schon in Fig. 2 falsch liegende Punkt A' wird deshalb weiterhin nach A'' abgebildet. Dadurch wird die Strecke $A\,B$ nach $A''\,B''$ der Länge S'' abgebildet, und die Strecke $A''\,B''$ ist gegen die Strecke S um den Betrag $k = S'' - S$ verfälscht. Dieser Fehler k, welcher als Verzerrungsfehler bezeichnet worden ist, läßt sich näherungsweise folgendermaßen darstellen:

Die Orthogonalprojektion der Strecke $A'\,B'$ in die Meßebene 3 gibt die Strecke $A_1\,B''$ der Länge $S_1 = S \cdot \cos u$, wie aus dem rechtwinkligen Dreieck $A_1'\,A_1\,B''$ zu ersehen ist.

Bezeichnet man $S'' - S_1$ mit K, so ist, wie aus der Umklappung der Strecke $A_1'\,B'' = S$ in die Ebene 3 ersichtlich ist, K ungefähr gleich der Verzerrung k, denn der Fehler $K - k$ fällt bei der Größe der Strecke K nicht ins Gewicht, sofern die Neigung u der Bezugsebene 4 nicht zu groß ist.

Dieser Fehler K läßt sich nun leicht aus dem in der Meßebene 8 gemessenen Wert S'' eliminieren, denn er stellt nichts weiter dar, als den durch die zentrale Projektion des Punktes A' vom Projektionszentrum O aus in die Meßebene 3 bedingten Fehler, das heißt es läßt sich K ausdrücken durch die räumliche Lage des Punktes A'. Die räumliche Lage aller Punkte A' in der Bezugsebene 4 ist aber durch eine Gleichung der Form

$$(1) \quad H = ax + by + c$$

gegeben, wobei x und y die Koordinaten des Punktes A' in der Ebene 3 sind, H seine Höhe über der Meßebene 3 und die Konstanten a, b und c so zu bestimmen sind, daß die Projek-

tion der Strecke $A\,B = s$ in die Bezugsebene 4 gleich S wird.

Man erkennt, daß dann, wenn die x- und y-Werte in der Ebene 3 ermittelt werden, zu den Koordinaten des Punktes A_1'' nicht die Höhe h bezogen auf die Ebene 4 gehört, sondern annähernd die Höhe $h + H$ bezogen auf die Ebene 3.

Deshalb läßt sich der Verzerrungsfehler näherungsweise dadurch eliminieren, daß man zu der im Punkt A_1 (xy) in der Ebene 3 erhaltenen Höhe h den Wert $H(\mathrm{xy})$ addiert.

Bekanntlich läßt sich die Höhe h eines jeden Geländepunktes durch seine Parallaxe ausdrücken. Es läßt sich in ähnlicher Weise zeigen, daß der genannte Verzerrungsfehler auch dann eliminiert werden kann, wenn man zu der Parallaxe p eines Geländepunktes $A_1(xy)$ einen Wert H_p der Form

$$(2) \quad H_\mathrm{p} = w_1 x + w_2 y$$

addiert, wobei w_1 und w_2, wie nachfolgend beschrieben werden wird, vorteilhaft empirisch in der Korrekturvorrichtung einstellbar sind.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer solchen Einrichtung. Auf einem verschiebbaren Bildträger 10 sind zwei Luftbilder 1 und 11 angeordnet, welche durch ein nicht gezeichnetes Stereoskop betrachtet werden. Zum Abtasten der einzelnen Geländepunkte dienen Meßmarken 12 und 13, welche zwecks Einstellung eines Parallaxenwertes in ihrem Abstand voneinander einstellbar, im übrigen aber fest angeordnet sind. Da die Marken 12 und 13 im stereoskopischen Bild als räumliche Marke erscheinen, und ihr Parallaxenabstand einer bestimmten Geländehöhe entspricht, läßt sich durch Verschieben der Bilder 1 und 11 mit dem Bildträger 10 z. B. eine Höhenschichtlinie ermitteln, welche jedoch in vorliegendem Fall zunächst noch einen perspektivischen Fehler, welcher durch die zentrale Projektion des Geländepunktes in die Meßebene 3 entsteht und als Verzeichnungsfehler bezeichnet worden ist und die genannte Verzerrung aufweist. Die Verschiebungsgrößen des Bildträgers 10 in den Richtungen x und y werden durch eine Stange 14 als Eingangswerte einem fest angeordneten Rechengerät 15 mitgeteilt. Zur Einstellung des Parallaxenabstandes ist die Marke 12 auf einer festen Hülse 16 angeordnet, und die Meßmarke 13 sitzt mit einem Muttergewinde auf einer in der Hülse 16 geführten Gewindespindel 17. Beim Drehen eines an der Spindel befestigten Knopfes 18 dreht sich die Gewindespindel 17 und verschiebt die Marke 13 relativ zur Marke 12. Die Spindel 17 läuft in eine biegsame Welle 19 aus, welche die Verschiebungsgröße der Marke 13 als Rechengröße einem Rechengerät 20 zuführt. Über eine am Bildträger 10 befestigte Stange 21 werden auch im Rechengerät 20 die Koordinaten x und y des auszuwertenden Geländepunktes eingestellt. Das Rechengerät löst die Gleichung 2, und zwei Einstellknöpfe 22 und 23 dienen zur Einstellung der Größe w_1 und w_2 dieser Gleichung. Im Rechengerät 20 wird zu dem durch die biegsame Welle 19 eingestellten Parallaxenwert die Größe H_p addiert, welche in das Rechengerät 15 durch eine Gewindespindel 24 übertragen wird. Das Rechengetriebe 15 ermittelt mit diesem korrigierten Parallaxenwert den Fehler, welcher durch die zentrale Projektion der Luftbilder entsteht, und ein vom Rechengerät 15 betätigter Zeichenstift 25 zeichnet den Verschiebungen des Bildträgers 10 entsprechende Punkte auf, welche frei von den genannten Fehlern sind.

Fig. 4 zeigt die Wirkungsweise des Rechengerätes 20. Die Bewegung der Stange 21 wird durch einen Kreuzschlitten 30, 31 in die Koordinatenrichtungen x und y zerlegt. Am Schlitten 30 ist in der x-Richtung verschiebbar in Führungen 32 und 33 eine Stange 34 befestigt. Mit der Stange 34 ist ein um einen Punkt 35 drehbarer Winkelhebel 36, 37 derart verbunden, daß er sich bei Verschiebung der Stange 34 um den Punkt 35 drehen kann. Die Drehung des Winkelhebels wird auf eine in einer Führung 38 verschiebbare und mit dem Arm 37 des Winkelhebels verbundene Stange 39 übertragen, welche ein T-förmiges Führungsstück 60 für einen Bolzen eines Lineals 40 hat. Über das Führungsstück wird das rechte Ende des Lineals 40 senkrecht zur

x-Richtung verschoben. Am Schlitten 31 des Kreuzschlittens 30, 31 ist eine Stange 41 befestigt, welche sich mit dem Schlitten 31 axial in der y-Richtung verschiebt. Die Stange 41 ist an einem um einen Punkt 42 drehbaren Hebel 43 derart angelenkt, daß sich der Hebel bei einer axialen Verschiebung der Stange 41 um den Punkt 42 dreht. Diese Drehbewegung wird auf eine ebenfalls mit dem Lineal 43 verbundene und in einer Führung 44 verschiebbare Stange 45 übertragen. Die Stange 45 verschiebt mit einem T-förmigen Führungsstück 64 das linke Ende des Lineals 40. In der Mitte des Lineals 40 ist an diesem eine in Führungen 46 und 47 verschiebbare Zahnstange 48 angeordnet, welche sich bei einer Lageänderung des Lineals 40 in paralleler Richtung zu den Stangen 39 und 45 verschiebt. Diese Verschiebung wird auf eine mit einem Zahnrad 49 versehene Welle 50 übertragen, die mit einem Kronrad 51 eines Differentials 52 verbunden ist. Das andere Kronrad 57 des Differentials 52 ist mit der biegsamen Welle 19 verbunden. Das Differential überträgt mittels eines Kegelräderpaares 53 und 54 die Drehung der Wellen 19 und 50 als Summe auf die Spindel 24. Die Führung 38 weist ein in einer Führung 55 verschiebbares Mutterstück 56 auf, in das eine durch den Einstellknopf 22 betätigte Spindel 58 greift. Bei Drehung des Einstellknopfes 22 wird demnach die Führung und damit die Stange 39 parallel zu sich selbst verschoben. Damit diese Parallelverschiebung ungehindert erfolgen kann, weist der Arm 37 einen entsprechenden Führungsschlitz 59 auf. Entsprechend weist die Führung 44 für die Stange 45 ein in einer Führung 61 verschiebbares Mutterstück auf, in das eine mit dem Einstellknopf 23 versehene Spindel 63 greift. Bei Drehung des Einstellknopfes 23 verschiebt sich die Stange 45 parallel zu sich selbst, und der Hebel 42 hat eine entsprechende Führung 65 für die Stange 45.

Die Wirkungsweise des Rechengerätes ist wie folgt:

Bei Verschiebung des Schlittens 30 um die Strecke x_1 verschiebt sich die Stange 39 über den Winkelhebel 36, 37 um $x_2 = 2 \cdot w_1 \cdot x_1$, wobei der Faktor $2w_1$ durch die Parallelversetzung der Stange 39 mittels Einstellknopf 22 einstellbar ist. Die Stange 39 hebt das eine Ende des Lineals 40 entsprechend an, so daß sich die Zahnstange 48 um den Betrag $w_1 x_1$ axial verschiebt. Bei Verschiebung des Schlittens 31 um y_1 verschiebt sich die Stange 41 um y_1, und die Stange 45 wird durch den Hebel 43 um $y_2 = 2 \cdot w_2 \cdot y_1$ angehoben. Der Faktor $2 \cdot w_2$ ist auch hier durch Drehen des Einstellknopfes 23 durch die damit verbundene Parallelversetzung der Stange 45 einstellbar. Die Stange 45 wirkt auf das andere Ende des Lineals 40, so daß die Zahnstange 48 nochmals um $w_2 y_1$ verschoben wird. Die Zahnstange 48 erfährt demnach stets eine Gesamtverschiebung um $H_p = w_1 x + w_2 y$. Dieser Betrag von H_p wird durch das Differential 52 zu dem durch die biegsame Welle 19 übertragenen Parallaxeneinstellwert p addiert, so daß die Spindel 24 eine Drehbewegung entsprechend $H_p + p$ ausführt, welche zur weiteren Korrektur des durch zentrale Projektion bewirkten Fehlers in das Rechengerät 15 übertragen wird.

Zur Beseitigung des Verzerrungsfehlers brauchen die w_1- und w_2-Werte numerisch nicht bekannt zu sein, sofern von vier Geländepunkten bekannte Höhenwerte vorliegen. Man verschiebt dann den Bildträger 10 unter jeweiliger Parallaxeneinstellung auf diese Geländepunkte und kontrolliert, ob und inwieweit die durch den Rechner15 ermittelten Ergebnisse von den bekannten Werten abweichen. Durch Drehen der Einstellknöpfe 22 und 23 ist es dann möglich, sukzessive die Ergebnisse des Rechners 15 für die vier Geländepunkte auf die bekannten Werte zu korrigieren.

PATENTANSPRUCH

Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern, bei dem die Luftbilder parallel zur Meßebene angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß zur mindestens angenäherten Korrektur des auftretenden Verzerrungsfehlers für den Fall, daß das der Messung zugrunde liegende Luftbild mit nicht

senkrechter Aufnahmeachse aufgenommen worden ist, eine Korrekturvorrichtung vorgesehen ist, welche zu dem in der Meßebene ermittelten Höhen- bzw. Parallaxenwert in Abhängigkeit von den Geländekoordinaten x und y einen linearen Korrekturwert addiert.

UNTERANSPRÜCHE

1. Auswertegerät nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturvorrichtung zu dem in der Meßebene ermittelten Höhenwert einen Betrag der Größe

$$H = ax + by + c$$

addiert, wobei x und y die Koordinaten des betrachteten Geländepunktes in der Meßebene bedeuten und die Konstanten a, b und c so gewählt sind, daß die Projektion des Luftbildes in die durch die genannte Gleichung gebildete Ebene ein wenigstens angenähert verzerrungsfreies Bild ergibt.

2. Auswertegerät nach Patentanspruch, bei dem eine Einrichtung vorgesehen ist, welche wenigstens in Abhängigkeit von den Lagekoordinaten des betrachteten Geländepunktes und von der Parallaxeneinstellung im Auswertegerät den durch zentrale Projektion der Luftbilder bedingten Fehler ausgleicht, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturvorrichtung einen Korrekturwert selbsttätig zum in der Einrichtung eingestellten Parallaxenwert addiert.

Zeiss-Aerotopograph GmbH
Vertreter: Naegeli & Co., Bern

Patent Nr. 332176
2 Blätter Nr. 1

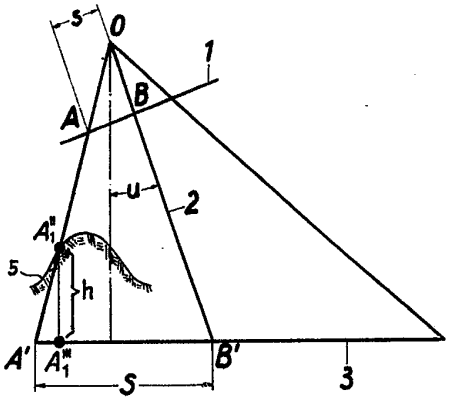


Fig. 1

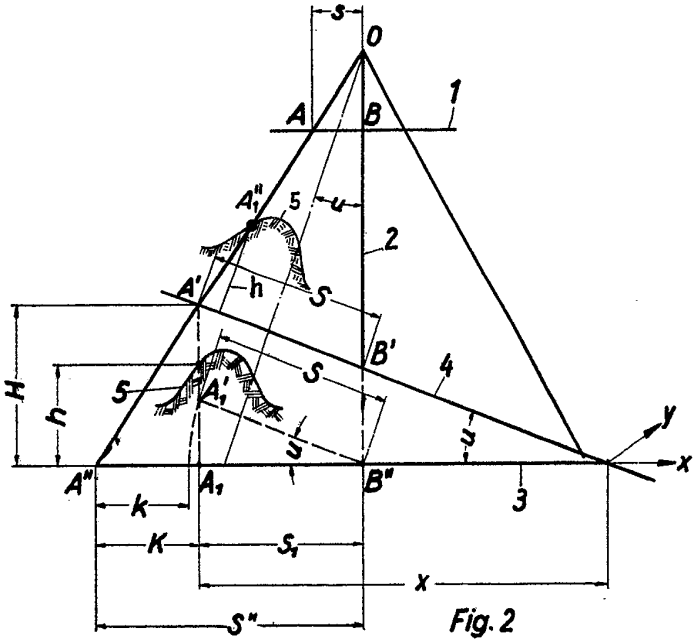


Fig. 2

Patent Nr. **332176**
2 Blätter Nr. 2

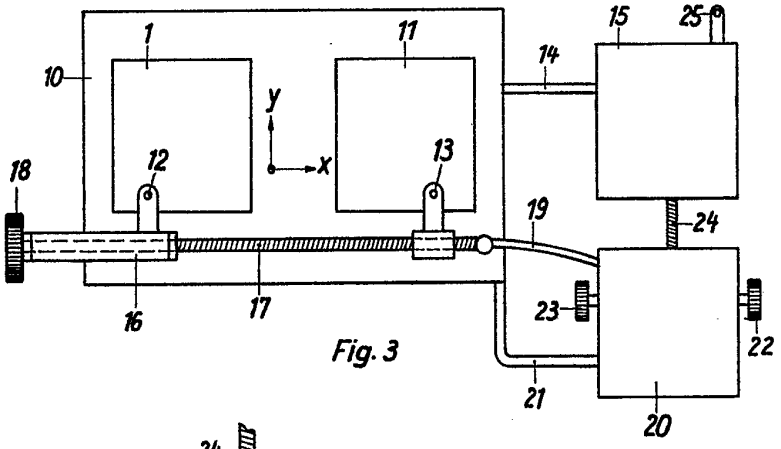


Fig. 3

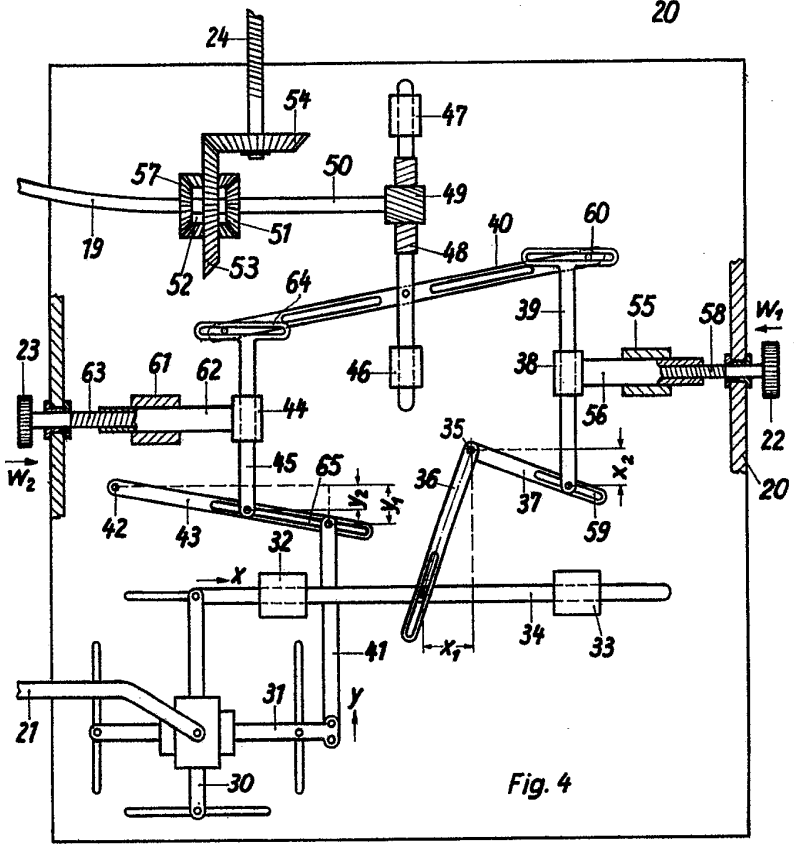


Fig. 4

Nr. 336691 PATENTSCHRIFT Nr. 336691

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung: 57a, 26

Gesuch eingereicht: 8. September 1955, 18¼ Uhr

Priorität: Deutschland, 13. September 1954

Patent eingetragen: 28. Februar 1959

Patentschrift veröffentlicht: 15. April 1959

ETH ZÜRICH

HAUPTPATENT

Firma Carl Zeiss, Heidenheim a. d. Brenz (Deutschland)

Kameraverschluß für Luftbildkamera

Heinrich Sonnberger, Heidenheim a. d. Brenz (Deutschland), ist als Erfinder genannt worden

Die Erfindung betrifft einen Kameraverschluß für Luftbildkamera, der gekennzeichnet ist durch eine derartige Ausbildung, daß er zur Erzielung einer Vorbelichtung vor der eigentlichen Aufnahme bereits Licht auf eine photographische Aufnahmeschicht fallen läßt. Durch diese Ausbildung wird erreicht, daß die eigentliche Belichtungszeit gegenüber den normalen Verschlüssen wesentlich verkürzt werden kann, was insbesondere bei Luftbildkameras oder für Aufnahmen bewegter Objekte deshalb vorteilhaft ist, weil hier bei gegebenen Lichtverhältnissen keine Möglichkeit besteht, durch Vergrößerung der Blendenöffnung mehr Licht auf den Film fallen zu lassen.

Anderseits ist aber, um eine gute Schwärzung zu erhalten, eine bestimmte Lichtmenge erforderlich.

Diese Wirkung beruht darauf, daß bei der Belichtung einer lichtempfindlichen Schicht zunächst eine bestimmte Lichtmenge erforderlich ist, um die sogenannte Belichtungsschwelle zu erreichen. Erst nachdem diese Schwelle überschritten ist, findet durch weiteren Lichtauffall die eigentliche Belichtung statt. Um die erforderliche Lichtmenge zur Erreichung der Belichtungsschwelle zu erhalten, wird bei den bekannten Verschlüssen die auf den Film fallende, von der gewählten Belichtungszeit abhängige Gesamtlichtmenge reduziert, so daß in Wirklichkeit für die eigentliche Belichtung eine kürzere Belichtungszeit wirksam wird, als eingestellt ist.

Führt man dem Film jedoch bereits vor der eigentlichen Belichtung eine geringe Lichtmenge zu, durch welche die lichtempfindliche Emulsion angeregt wird, die jedoch anderseits zur Erreichung der Belichtungsschwelle noch nicht ganz ausreicht, so kann dadurch die erforderliche Belichtungszeit merklich verkürzt werden, was die eingangs genannten Vorteil mit sich bringen.

Weist die Kamera einen Verschluß auf, bei dem zur Bestimmung der Belichtungszeit synchron umlaufende, auf einen Teil ihres Umfanges ausgesparte Verschlußscheiben vorgesehen sind, und der Zeitpunkt der Belichtung durch eine schwenkbare, nach Belieben die optische Achse freigebende Scheibe bestimmt wird, dann lassen die synchron umlaufenden Verschlußscheiben in ihrer Schließstellung vorteilhaft in der optischen Achse eine Öffnung frei. Bei der Aufnahme gibt dann die den Belichtungszeitpunkt bestimmende Scheibe bereits diese Öffnung in der optischen Achse frei, ehe sich die die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben in die Öffnungsstellung drehen, so daß die Vorbelichtung erzielt wird.

Man war bisher bemüht, eine Vorbelichtung gerade zu vermeiden. Deshalb waren bei den bekannten Verschlüssen die Verschlußscheiben so angeordnet, daß sie sich in der optischen Achse überdeckten. Bei diesen Verschlüssen lief deshalb jede Verschlußscheibe in einer besonderen Ebene. Diese Anordnung hatte den Nachteil, daß, da der Platz zwischen den Linsen des Objektivs begrenzt ist, die einzelnen Scheiben sehr eng übereinanderliegen mußten. Dadurch konnten wiederum die Scheiben nicht sehr schnell laufen, denn schon die geringste Abweichung einer Scheibe aus ihrer Laufebene bewirkte, daß sie auf eine andere Scheibe traf und dadurch der Lauf der Scheiben gehemmt wurde.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 die Anordnung der Verschlußscheiben in Seitenansicht,

Fig. 2 die Anordnung der Verschlußscheiben in Draufsicht,

Fig. 3 den Schaltmechanismus des Verschlusses.

In Fig. 1 ist die Anordnung der Verschlußscheiben dargestellt. Die Scheiben 1 und 2 liegen in einer Ebene und die Scheibe 3 sowie eine weitere in der Fig. 1 nicht dargestellte Scheibe 4 in einer andern benachbarten Ebene. Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, lassen die gestrichelt angedeuteten Verschlußscheiben 1, 2, 3 und 4 in der optischen Achse ein Loch 9 frei, wenn der Verschluß geschlossen ist. Mit den Verschlußscheiben 1 bis 4 ist über eine nicht gezeichnete Untersetzung eine weitere Verschlußscheibe 5 verbunden. Da die Scheibe 5 langsamer als die Scheiben 1 bis 4 läuft, wählt sie eine Teilfolge aus den aufeinanderfolgenden Belichtungsstellungen der Scheiben 1 bis 4 aus. Aus dieser Teilfolge werden nach Wahl die für die Reihenaufnahmen notwendigen Belichtungen durch Einschwenken einer auf einer Welle 8 drehbaren Scheibe 6 mit einer Öffnung 7 in die optische Achse ausgewählt. Die Scheibe 6 ist zu diesem Zweck mit einem Überdeckungsregler verbunden. Da die Scheiben 1 bis 4 die größte Geschwindigkeit haben, bestimmen sie die eigentliche Belichtungszeit. Damit auch bei sehr kurzen Belichtungszeiten, das heißt großen Drehgeschwindigkeiten der Scheiben 1 bis 4, die Scheibe 6 genau dann in die optische Achse schwenkt, wenn die Scheiben 1 bis 4 und auch die Scheibe 5 den Lichtweg freigeben, ist ein besonderes Steuerorgan vorgesehen. Das Loch 9 bewirkt eine Vorbelichtung des Films, weil durch dieses Loch bereits dann Licht auf den Film fällt, wenn beim Einschwenken der Scheibe 6 in die Belichtungsstellung der Rand des Loches 7 die optische Achse erreicht.

Das Steuerorgan für das Einklappen der Scheibe 6 ist in Fig. 3 dargestellt.

Der Auslöseimpuls wird von einem nicht gezeichneten Überdeckungsregler einem Elektromagneten 10 mitgeteilt, indem ein Stromkreis geschlossen wird. Fließt Strom, so zieht der Magnet 10 einen um einen Zapfen 11 drehbaren Hebel 12 an. Der Hebel 12 zieht mit einer Nase 13 einen um einen Zapfen 14 drehbaren Hebel 15 nach unten. Die Hebel 12 und 15 stehen unter dem Zug von Federn 16 und 17, damit sie, nachdem der Stromkreis unterbrochen ist und der Magnet 10 den Hebel 12 freigibt, wieder in ihre Ausgangslage gezogen werden. Der Hebel 15 liegt mit einer Nase hinter einem um einen Zapfen 18 schwenkbaren Hebel 19. Wird der Hebel 15 nach unten gezogen, so gibt die Nase des Hebels 15 den Hebel 19 frei und eine Feder 20 versucht den Hebel 19 in Richtung des Pfeils *A* zu ziehen. Der andere Arm des Hebels 19 weist eine Verlängerung 21 auf, welche durch die Feder 20 in Richtung des Pfeils *B* geschwenkt wird. Die Verlängerung 21 liegt an einem um einen Zapfen 22 schwenkbaren Hebel 23 an. Um den Zapfen 22 schwenkbar ist ein weiterer Hebel 24, welcher eine Scheibe 25 aufweist, mit der er an einer Nockenscheibe 26 anliegt. Die Nockenscheibe 26 läuft synchron mit der Verschlußscheibe 5, so daß entsprechend der Drehung der Verschlußscheibe 5 der Hebel 24 hin und her bewegt wird. Eine Feder 27 bewirkt das Anliegen der Scheibe 25 an der Nockenscheibe 26 und eine Feder 28 zieht den Hebel 23 in eine solche Lage, daß sich sein anderer Arm 29 vor einen Hebel 30 legt. Der Hebel 30 ist um einen Zapfen 31 schwenkbar, und er weist eine Scheibe 32 auf, welche sich, sofern der Arm 29 den Hebel 30 freigibt, an die Nockenscheibe 26 legt, so daß auch der Hebel 30 durch die Nockenscheibe bewegt wird. Der Hebel 30 steht unter dem Zug einer Feder 33, um das sichere Anliegen der Scheibe 32 an die Nockenscheibe 26 zu gewährleisten. Der Hebel 30 ist über eine Verbindungsstange 34 mit einem Hebel 35 verbunden, welcher die Scheibe 6 betätigt. Die Verbindungsstange 34 weist an ihrem Ende einen Stift 36 auf, welcher, wenn die Verbindungsstange 34 in Richtung des Pfeils *C* gezogen wird, den Hebel 19 in seine Ausgangsstellung zurückschwenkt.

Die Wirkungsweise des Mechanismus ist wie folgt:

Durch den Auslöseimpuls des Überdeckungsreglers wird über die Hebel 12 und 15 der Hebel 19 freigegeben. Befindet sich der Hebel 24 in der in Fig. 3 gezeichneten Lage, dann kann die Verlängerung 21 des Hebels 19 zwischen die Hebel 23 und 24 gleiten, so daß beide Hebel starr miteinander verbunden sind. Beim Weiterdrehen der Nockenscheibe 26 wird der Hebel 23 in Richtung des Pfeils *D* geschwenkt. Dabei gibt der Arm 29 den Hebel 30 frei und dieser wird durch die Nockenscheibe 26 gedreht, wodurch die Scheibe 6 über die Verbindungsstange 34 und den Hebel 35 in die optische Achse geklappt wird, und zwar befindet sich die Öffnung 7 in dem Augenblick in der optischen Achse, wo die Scheibe 32 vom Drehzentrum der Nockenscheibe 26 den geringsten Abstand hat. Diese Stellung der Nockenscheibe 26 entspricht einer Stellung der Verschlußscheibe 5, in der der Lichtweg freigegeben ist.

Wird durch den Überdeckungsregler der Auslöseimpuls in dem Augenblick gegeben, wo der Hebel 24 vor der Verlängerung 21 liegt, so kann diese nicht zwischen die Hebel 23 und 24 gleiten, sondern sie bleibt an der Stirnfläche des Hebels 24 liegen. Erst wenn der Hebel 24 durch die Nockenscheibe 26 in die gezeichnete Lage geschwenkt ist, fällt die Verlängerung 21 unter dem Zuge der Feder 20 zwischen die Hebel 23 und 24, wonach in der beschriebenen Weise der Hebel 30 freigegeben wird.

PATENTANSPRUCH

Kameraverschluß für Luftbildkamera, gekennzeichnet durch eine derartige Ausbildung, daß er zur Erzielung einer Vorbelichtung vor der eigentlichen Aufnahme bereits Licht auf eine photographische Aufnahmeschicht fallen läßt.

UNTERANSPRÜCHE

1. Kameraverschluß nach Patentanspruch in einer Luftbildkamera, bei dem zur Bestimmung der Belichtungszeit synchron umlaufende, auf einem Teil ihres Umfanges ausgesparte Verschlußscheiben vorgesehen sind und der Zeitpunkt der Belichtung durch eine schwenkbare, nach Belieben die optische Achse freigebende Scheibe bestimmbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die synchron umlaufenden Verschlußscheiben in ihrer Schließstellung in der optischen Achse eine Öffnung frei lassen.

2. Kameraverschluß nach Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben in zwei Ebenen angeordnet sind.

3. Kameraverschluß nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Ebene zwei von den die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben vorgesehen sind.

4. Kameraverschluß nach Unteranspruch 1, bei dem zur Auswahl einer Teilfolge der Belichtungsstellungen der die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben eine weitere Verschlußscheibe vorgesehen ist und das Einschwenken der den Zeitpunkt der Belichtung bestimmenden Verschlußscheibe in die optische Achse durch ein Steuerorgan erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerorgan aus einer synchron mit der die Teilfolge der Belichtungsstellungen auswählenden weiteren Verschlußscheibe umlaufenden Nockenscheibe besteht, welche über einen Hebel die in die optische Achse schwenkbare Scheibe betätigt und der Hebel mit einer Sperrvorrichtung verbunden ist, welche ihn nur dann freigibt, wenn die Nockenscheibe eine bestimmte Stellung einnimmt und außerdem ein Auslöseimpuls auf die Sperrvorrichtung wirkt.

Firma Carl Zeiss

Vertreter: Naegeli & Co., Bern

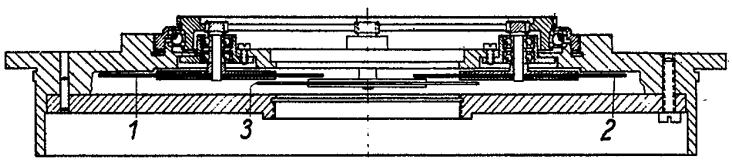


Fig. 1

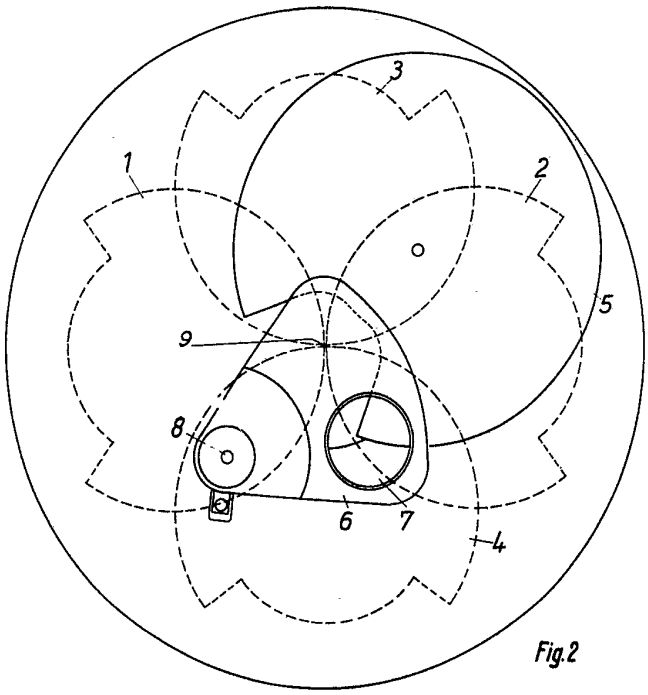


Fig. 2

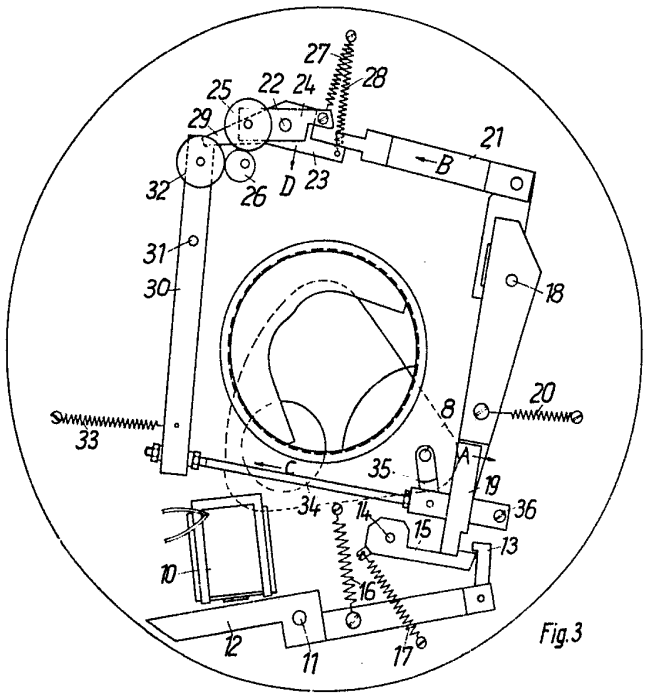

27
28
25
22
24
29
21
B
32
26
D
23
31
30
18
20
8
33
C
35
19
36
34
14
15
13
10
16
12
11
17

Fig.3

Nr. 372849 PATENTSCHRIFT Nr. 372849

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung: 42 c, 10/02

Gesuchsnummer: 78350/59

Anmeldungsdatum: 17. September 1959, 17 Uhr

Patent erteilt: 31. Oktober 1963

Patentschrift veröffentlicht: 14. Dezember 1963

HAUPTPATENT

Kern & Co. AG, Aarau

Verfahren zur paarweisen photogrammetrischen Auswertung stereometrisch einander zugeordneter Luftbilder und photogrammetrisches Auswertegerät zur Durchführung dieses Verfahrens

Henk Yzerman, Aarau, ist als Erfinder genannt worden

Meistens bedürfen stereometrisch einander zugeordnete Luftbilder für ihre photogrammetrische Auswertung der Entzerrung. Insbesondere muß bei Bildpaaren, die sich in parallelen Ebenen (X, Y) befinden, entzerrt werden, weil Abweichungen zu erwarten und folglich zu berücksichtigen sind. Dabei können zwei Gruppen von Abweichungen unterschieden werden.

Die erste Gruppe dieser Abweichungen umfaßt:

a) die radialen Abweichungen zwischen der zentralen und orthogonalen Projektion des unebenen Geländes auf einer Ebene;

b) die bei den üblichen weitwinkligen, annähernd senkrechten Aufnahmen von $\Delta\omega$ verursachten y-Parallaxen, die mehrfach größer sind als die entsprechenden x-Parallaxen, und die von $\Delta\varphi$ verursachten x-Parallaxen, die mehrfach größer sind als die entsprechenden y-Parallaxen, wenn $\Delta\varphi$ die Neigung der Aufnahmeachse in der x-Richtung und $\Delta\omega$ die Neigung der Aufnahmeachse in der y-Richtung ist;

c) die Differenz der Schrumpfung von Filmen und insbesondere der von solchen hergestellten Papierabzüge in der Längs- und in der Querrichtung.

Die zweite Gruppe dieser Abweichungen umfaßt: die bereits erwähnten x-Parallaxen, verursacht von $\Delta\omega$, und die y-Parallaxen, verursacht von $\Delta\varphi$.

Wenn die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander rechtwinklige, geradlinige Bewegungen (x_1, y_1 und x_2, y_2) aufgeteilt werden, kann eine geometrisch einwandfreie Entzerrung für zwei Idealfälle, nämlich für die Fälle, wenn das Azimut der Nadirdistanz entweder parallel oder senkrecht zur Aufnahmebasis ist, erzielt werden. Die Entzerrung erfolgt hierbei mechanisch in zwei Stufen, wobei in der ersten Stufe die größten Abweichungen, nämlich diejenigen der ersten der beiden genannten Gruppen, beseitigt werden, während in der zweiten Stufe die kleineren Abweichungen der zweiten Gruppe eliminiert werden.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur paarweisen photogrammetrischen Auswertung stereometrisch einander zugeordneter Luftbilder, bei welchem die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den diesen zugeordneten Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander senkrechte, geradlinige Bewegungen (x_1, y_1 und x_2, y_2) aufgeteilt werden, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß bei der Entzerrung auf eine Ebene projiziert wird, die zu einer Bezugsebene, von welcher aus die Komponenten der Entzerrungselemente $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ oder $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ eingeführt werden, um die Winkel $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ oder $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ geneigt ist.

Dadurch, daß die Bezugsebene, von welcher aus die Komponenten der Entzerrungselemente $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ oder $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ eingeführt werden in bezug auf die Ebene, auf welche projiziert wird, um die Winkel $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ oder $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ geneigt wird, lassen sich die beiden vorstehend genannten Idealfälle immer realisieren. Die Neigungen der Luftbilder bezüglich einer bereits um die Winkel $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ oder $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ geneigten Ebene betragen nämlich für das Luftbild 1 $\Delta\omega_1$–$\Delta\omega_2$ oder $\Delta\varphi_1$–$\Delta\varphi_2$ und für das Luftbild 2 $\Delta\varphi_2$–$\Delta\varphi_1$ oder $\Delta\omega_2$–$\Delta\omega_1$. Das Azimut ist in beiden Fällen somit entweder parallel oder senkrecht zur Aufnahmebasis. Dabei sind die erste und zweite mechanische Korrektionsstufe für $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ oder $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ überflüssig.

Die Erfindung betrifft ferner ein photogrammetrisches Auswertegerät zur Durchführung des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens, bei welchem die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den diesen zugeordneten Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander senkrechte, geradlinige Bewegungen aufgeteilt sind, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß für jede Gerätehälfte mindestens ein Modellraumlenker vorgesehen ist, welcher Verschwenkungen bei der Auswertung der Luftbilder als voneinander unabhängige Rotationsbewegungen auf zwei sich rechtwinklig schneidende Achsen überführt, auf welchen Achsen je ein Hebel fest angeordnet ist, von welchen Hebeln mindestens der eine in seiner Winkelstellung zum zugeordneten Modellraumlenker vor der Auswertung einstellbar ist, welche Hebel die Rotationsbewegungen der genannten Achsen voneinander unabhängig als Relativbewegungen zwischen den Trägern der Luftbilder und den diesen zugeordneten Trägern der Meßmarken in x- und in y-Richtung übertragen, wobei die wirksame Länge jedes dieser Hebel vor der Auswertung einstellbar ist.

Für jede Hälfte des Auswertegerätes kann ein einziger Modellraumlenker vorgesehen sein. Es ist aber auch möglich, den Modellraumlenker jeder Hälfte der Gerätes in zwei Hebel aufzuteilen.

Die Verwendung von Modellraumlenkern dient der Transformation der zentralen in die orthogonale Projektion; es werden somit die unter a genannten Abweichungen der ersten Gruppe berücksichtigt. Bei der Übertragung der durch den oder die Modellraumlenker bewirkten Drehbewegungen der beiden zueinander senkrechten Achsen in Verschiebungen der Träger der Luftbilder in x-Richtung bzw. der Träger der Meßmarken in y-Richtung können durch Einstellung der Winkelstellungen der diese Verschiebungen übertragenden Hebel die von $\Delta\omega$ verursachten y-Parallaxen und die von $\Delta\varphi$ verursachten x-Parallaxen ausgeschaltet werden. Damit werden die unter b genannten Abweichungen der ersten Gruppe berücksichtigt. Da bei der Einführung der Kammerkonstanten die Einstellung der wirksamen Länge der Hebelarme, welche die Träger der Luftbilder und die Träger der Meßmarken verschieben, für jeden Hebel gesondert erfolgt, kann die Differenz der Schrumpfung von Filmen und Papierabzügen von solchen in der Längs- und in der Querrichtung ausgeglichen werden, womit die unter c genannten Abweichungen der ersten Gruppe berücksichtigt sind. Alle erwähnten Abweichungen der ersten Gruppe können somit mit Hilfe dieser ersten mechanischen Korrektionsstufe berücksichtigt werden. Die Abweichungen der eingangs erwähnten Gruppe können somit restlos korrigiert werden. Die erwähnten Abweichungen der zweiten Gruppe, nämlich die x-Parallaxen wegen $\Delta\omega$ und die y-Parallaxen wegen $\Delta\varphi$ können durch lineare zusätzliche Änderungen der wirksamen Hebelarmlängen der bereits genannten Hebel behoben werden. Diese Änderungen der Hebelarmlängen können mittels gerader Führungsschienen und an diesen geführten Steuerorganen bewirkt werden. Es ist dies die zweite mechanische Korrektionsstufe.

Übrigens ist es durchaus möglich, nur eine Gerätehälfte bei der photogrammetrischen Einzelbildauswertung als mechanisches Entzerrungsgerät zu verwenden.

In der Zeichnung sind eine beispielsweise Ausführungsform des photogrammetrischen Auswertegerätes zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung sowie eine Einzelheit hiezu schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine schaubildliche Darstellung des photogrammetrischen Auswertegerätes,

Fig. 2 eine Ansicht einer Einzelheit dieses Auswertegerätes,

Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie III–III in Fig. 2,

Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie IV–IV in Fig. 2.

Das in Fig. 1 dargestellte photogrammetrische Auswertegerät besitzt einen massiven, rechteckigen Chassisrahmen 1, welcher mittels dreier höhenverstellbarer Schraubfüße 2 in seiner Höhenlage und seiner Neigung einstellbar auf einer Projektions- bzw. Zeichnungsebene gelagert ist. Mittels dieser Schraubfüße 2 wird der Chassisrahmen 1 vor der Auswertung eines Bildpaares in bezug auf die Projektions- bzw. Zeichnungsebene um die Werte der Entzerrungselemente $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_1$ oder $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ geneigt. Dabei ist es im Prinzip gleichgültig, ob die Projektions- bzw. Zeichnungsebene horizontal und der Chassisrahmen 1 geneigt ist oder umgekehrt. Zweckmäßig ist aber der schwere Chassisrahmen 1, auf welchem die nachstehend beschriebenen Schlitten zu verschieben sind, horizontal und die Projektions- bzw. Zeichnungsebene geneigt. In diesem Chassisrahmen 1 sind zwei Paare von zu seinen Seitenteilen parallelen Führungsstangen 3, 4 bzw. 3′, 4′ fest eingesetzt. Auf jedem Paar dieser Führungsstangen 3, 4 und 3′, 4′ ist je ein Schlitten 5 bzw. 5′ verschiebbar, welche Schlitten 5 und 5′ unabhängig voneinander in y-Richtung verschiebbar sind. Auf dem Chassisrahmen 1 sind zwei zu den Führungsstangen 3, 4 und 3′, 4′ senkrechte, das heißt in x-Richtung verlaufende Führungsstangen 6 und 7 fest gelagert, auf welchen zwei rahmenartige Schlitten 8 und 8′ unabhängig voneinander verschiebbar angeordnet sind. Diese Schlitten 8 und 8′ bilden die Träger für je eines von zwei einander stereometrisch zugeordneten Luftbildern 9 und 9′, welche je in einem Rahmen 10 bzw. 10′ gehalten sind, der in den rahmenartigen Schlitten 8 bzw. 8′ eingesetzt und in diesem unverrückbar, aber drehbar gehalten ist. Dieses Auswertegerät besitzt ein Stereoskop, von welchem in Fig. 1 nur der Strahlengang 11 bzw. 11′ der beiden Stereoskophälften strichpunktiert dargestellt ist. Die Einblicke 12 und 12′ dieses Stereoskops sind an der Vorderseite des Auswertegerätes angeordnet und die objektivseitigen Teile des Stereoskops, welche die Meßmarken 13 enthalten, sind beweglich ausgebildet und je am einen der Schlitten 5 bzw. 5′ befestigt, derart, daß sie mit die-

sen Schlitten 5 bzw. 5′ voneinander unabhängig in der y-Richtung verschoben werden können. Das dargestellte Auswertegerät besitzt einen Modellraumpunkt, welcher, wie allgemein bekannt, als Basiswagen 14 ausgebildet ist. Die photogrammetrischen Funktionen dieses Basiswagens 14 sind allgemein bekannt und bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

Am Basiswagen 14 ist für jede der im wesentlichen spiegelbildlich gleich ausgebildeten Hälften des Auswertegerätes ein Modellraumlenker 15 bzw. 15′ in einem Universalgelenk 16 bzw. 16′ gelagert. Die Universalgelenke 16 und 16′ können in bekannter Weise in jede beliebige, der Aufnahme der Luftbilder 9, 9′ entsprechende Stellung in bezug aufeinander eingestellt werden.

Nachstehend wird nun zuerst nur die linke Hälfte des in Fig. 1 dargestellten Auswertegerätes beschrieben. In mit dem Chassisrahmen 1 fest verbundenen Supporten 17 und 18 ist eine zur Ebene des Chassisrahmens 1 parallele, in x-Richtung verlaufende Achse 19 und in ebenfalls fest am Chassisrahmen 1 angeordneten Supporten 20 und 21 eine in y-Richtung verlaufende Achse 22 gelagert. Die beiden Achsen 19 und 22 liegen in der gleichen Ebene. Die Achse 19 besitzt an der Kreuzungsstelle mit der Achse 22 eine weite Öse 23, in welcher ein Drehkörper 24 auf einer zur Achse 19 senkrechten Achse gelagert ist. Dieser Drehkörper 24 besitzt eine zu seiner Achse senkrechte Durchbohrung, in welcher der Modellraumlenker 15 verschiebbar geführt ist. Die Achse 22 umfährt die Kreuzungsstelle mit der Achse 19 mit einem halbkreisförmigen Bogenstück 25, in welchem ein in der Achsrichtung verlaufender Schlitz 26 vorgesehen ist, in welchem der Modellraumlenker 15 geführt ist. Die Achsen der Achsen 19 und 22 sowie die Achse des Modellraumlenkers 15 schneiden sich in einem Punkt der Achse des Drehkörpers 24. Diese kardanische Führung des Modellraumlenkers 15 bewirkt, daß bei einer Verschiebung des Basiswagens 14 in der x-Richtung die in y-Richtung verlaufende Achse 22 durch den Modellraumlenker 15 gedreht wird, während die in x-Richtung verlaufende Achse 19 nicht beeinflußt wird, und bei einer Verschiebung des Basiswagens 14 in y-Richtung die in x-Richtung verlaufende Achse 19 durch den Modellraumlenker 15 gedreht wird, während die in y-Richtung verlaufende Achse 22 in Ruhe bleibt. Bei jeder anderen Verschiebung des Basiswagens 14 werden beide Achsen 19 und 22 nach Maßgabe der Komponenten des Verschiebungsweges in x- und in y-Richtung gedreht.

Auf dem von der Öse 23 abgewendeten Ende der Achse 19 ist ein Führungshebel 27 angeordnet, welcher einen in seiner Längsrichtung verlaufenden Führungsschlitz 33 aufweist, in welchem ein Stift 34 geführt ist, der an einem Führungsstück sitzt, das in einem Schieber 36 vertikal verschiebbar geführt ist. Da diese Teile zum Teil nicht sichtbar sind, halte man sich an die sinngemäß gleich ausgebildeten und gleich, aber mit einem ′ versehen bezeichneten entsprechenden Teile der rechten Hälfte des Auswertegerätes. Zur Verschiebung des Führungsstückes im Schieber 36 dient eine im Schieber 36 axial nicht verschiebbar gelagerte Schraubenspindel 37, die in ein Muttergewinde des Führungsstückes eingeschraubt ist und deren oberes Ende einen mit einer Einstellskala, für welche am Schieber 36 eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehenen Triebknopf 38 trägt. Der Schieber 36 ist seinerseits in einer vertikalen Führung eines Supportes 39 des Schlittens 5 verschiebbar. Das untere Ende des Schiebers 36 sitzt auf dem einen Arm eines zweiarmigen Hebels 40 auf, welcher auf dem vorderen Ende einer am Schlitten 5 gelagerten, in y-Richtung verlaufenden Achse 41 gelagert ist. Am anderen Arm des Hebels 40 ist das vordere Ende einer zur Achse 41 parallelen Führungsstange 42 gelagert, deren hinteres Ende an einem zum Hebel 40 parallelen Hebel 43 der Achse 41 gelagert ist. Auf der Führungsstange 42 gleitet das untere Ende eines in einem Support 44 des Chassisrahmens 1 vertikal verschiebbar geführten Übertragungsgliedes 45, dessen oberes Ende an einer in x-Richtung verlaufenden Führungsschiene 46 geführt ist. Diese Führungsschiene 46 ist auf einer in y-Richtung gerichteten Achse 47 an der Vorderseite des Schlittens 8 schwenkbar gelagert, und ihre Neigung kann mittels einer mit einer Skala versehenen, am Schlitten 8 angeordneten Einstellschraube 48 verändert werden.

Auf dem vom Bogenstück 25 abgewendeten, hinteren Ende der Achse 22 ist ein Führungshebel 49 verstellbar angeordnet. Am diesseitigen Ende der Achse 22 ist ein Arm 50 vorgesehen, in welchem eine zur Achse 22 senkrechte Achse 51 axial unverschiebbar gelagert ist, auf deren einem Ende ein mit einer Skala, für welche am Arm 50 eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehener Triebknopf 52 sitzt. Auf dem anderen Ende dieser Achse 51 sitzt eine Schnecke 53, welche mit einem am Führungshebel 49 sitzenden Schneckenradsektor 54 in Eingriff steht, derart, daß durch Drehen des Triebknopfes 52 und damit der Achse 51 die Winkelstellung des Führungshebels 49 auf der Achse 22 verändert werden kann. Der Führungshebel 49 weist einen in seiner Längsrichtung verlaufenden Führungsschlitz 55 auf, in welchem ein Stift 56 geführt ist, der an einem Führungsstück 57 sitzt, welches in einem Support 61 des Schlittens 8 verschiebbar ist. Zur Verschiebung des Führungsstückes 57 im Support 61 dient eine in diesem letzteren axial nicht verschiebbar gelagerte Schraubenspindel 59, die in ein Muttergewinde des Führungsstückes 57 eingeschraubt ist und deren oberes Ende einen mit einer Einstellskala, für welche am Support 61 eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehenen Triebknopf 60 trägt.

Die rechte Hälfte des in Fig. 1 dargestellten Auswertegerätes, welches im wesentlichen spiegelbildlich der linken Hälfte entspricht und bei deren nachstehender Beschreibung wie bereits erwähnt die gleichen Bezugszeichen, jedoch mit einem ′ versehen, verwendet werden, unterscheidet sich von der linken Hälfte in folgenden Punkten:

Der Führungshebel 27′ ist nicht fest, sondern verdrehbar auf der Achse 19′ angeordnet. Zu diesem Zwecke ist an dem von der Öse 23′ abgewendeten Teil der Achse 19′ ein Arm 28′ vorgesehen, in welchem eine zur Achse 19′ senkrechte Achse 29′ axial unverschiebbar gelagert ist, auf deren einem Ende ein mit einer Skala, für welche am Arm 28′ eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehener Triebknopf 30′ sitzt. Auf dem anderen Ende dieser Achse 29′ sitzt eine Schnecke 31′, welche mit einem am Führungshebel 27′ sitzenden Schneckenradsektor 32′ in Eingriff steht, derart, daß durch Drehen des Triebknopfes 31′ und damit der Achse 29′ die Winkelstellung des Führungshebels 27′ auf der Achse 19′ verändert werden kann. Der Stift 34′ sitzt an einem Führungsstück, welches in einer Führung im Support 39′ mittels einer in diesem axial nicht verschiebbar gelagerten, in ein Muttergewinde dieses Führungsstükkes eingeschraubten Schraubenspindel 37′ verschoben werden kann. Zur Einstellung dieses Führungsstückes ist das obere Ende der Schraubenspindel 37′ mit einem Triebknopf 38′ versehen, welcher eine Skala aufweist, für welche am Support 39′ eine Einstellmarke vorgesehen ist. Der in der linken Hälfte des Auswertegerätes zwischen das Führungsstück und den Support 39 eingeschaltete Schieber 36, dessen unteres Ende auf dem einen Arm des Hebels 40 aufsitzt, sowie alle mit diesem Hebel 40 zusammenwirkenden Teile kommen in der rechten Hälfte des Auswertegerätes nicht vor. Ferner ist in der rechten Hälfte des Auswertegerätes der Führungshebel 49′ fest auf der Achse 22′ angeordnet, und es kommen somit der Arm 50 mit der Achse 51, deren Triebknopf 52 und deren Schnecke 53 sowie der Schneckenradsektor 54 des Führungshebels 49 in der linken Hälfte des Auswertegerätes nicht vor. Dagegen ist das Führungsstück 57′, an welchem der in den Führungsschlitz 55′ des Führungshebels 49′ eingreifende Stift 56′ sitzt, in einem Schieber 58′ vertikal verschiebbar geführt. Zur Verschiebung des Führungsstückes 57′ im Schieber 58′ dient eine im Schieber 58′ axial nicht verschiebbar gelagerte Schraubenspindel 59′, die in ein Muttergewinde des Führungsstückes 57′ eingeschraubt ist und deren oberes Ende einen mit einer Einstellskala, für welche am Schieber 58′ eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehenen Triebknopf 60′ trägt. Der Schieber 58′ ist seinerseits in einer vertikalen Führung des Supportes 61′ des Schlittens 8′ verschiebbar. Das untere Ende des Schiebers 58′ gleitet auf einer zur Ebene des Chassisrahmens 1 parallelen, in x-Richtung verlaufenden Führungsstange 62′, welche an zwei Hebeln 63′ einer an der Führungsstange 6 gelagerten Achse 64′ befestigt ist. An dem gegen den näher gelegenen Seitenteil des Chassisrahmens 1 zu liegenden Ende trägt die Führungsstange 62′ eine Führungsrolle 65′, welche auf einer in y-Richtung verlaufenden Führungsschiene 66′ läuft. Diese Führungsschiene 66′ ist in ihrer Neigung einstellbar auf einer Achse 67′ am Schlitten 5′ gelagert. Zur Einstellung der Neigung der Führungsschiene 66′ ist am Support 39′ ein Mutterstück 68′ fest angeordnet, in dessen Gewinde eine Einstellschraube 69′ eingeschraubt ist, deren Kopf mit einer Skala, für welche am Mutterstück 68′ eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehen ist. Das Ende der Einstellschraube 69′ wirkt auf den einen Arm eines am Support 39′ gelagerten Winkelhebels 70′, dessen anderer Arm auf einen an der Führungsschiene 66′ vorgesehenen Stift 71′ einwirkt.

Zur Berücksichtigung der Kantung der Luftbilder 9 und 9′ in bezug auf die Aufnahmebasis ist für die Rahmen 10 und 10′ der Luftbilder 9 und 9′ je eine mit einer Skala versehene Einstellvorrichtung 73 bzw. 73′ vorgesehen, mittels welcher über eine Spindel 74 bzw. 74′ eine auf dieser sitzende Schnecke 75 bzw. 75′ und ein mit dieser letzteren kämmendes Zahnsegment 76 bzw. 76′ des Rahmens 10 bzw. 10′ dieser letztere auf dem Schlitten 8 bzw. 8′ gedreht werden kann.

Bei der Auswertung der Luftbilder 9, 9′ wird der Modellraumpunkt durch Vorschieben des Basiswagens 14 verschoben. Für die linke Hälfte des Auswertegerätes ergibt sich dabei folgendes: Durch den Modellraumlenker 15 werden die Verschiebungskomponenten in x-Richtung in Drehbewegungen der Achse 22 und die Verschiebungskomponenten in y-Richtung in Drehbewegungen der Achse 19 umgewandelt. Von der Achse 22 werden diese Drehbewegungen über den Führungshebel 49 als Verschiebungen in x-Richtung umgewandelt auf den Schlitten 8 und damit auf das Luftbild 9 übertragen. Die Drehbewegungen der Achse 19 werden über den Führungshebel 27 als Verschiebungen in y-Richtung umgewandelt auf den Schlitten 5 und damit auf den an diesem befestigten und mit diesem sich bewegenden objektivseitigen Teil des Stereoskops, welcher die Meßmarke 13 enthält, übertragen. Bei der Verschiebung des Schlittens 5 gleitet das Übertragungsglied 45 auf der Führungsstange 42, welche am einen Arm des zweiarmigen Hebels 40 und am Hebel 43 befestigt ist. Das untere Ende des Schiebers 36, in welchem das Führungsstück mit dem Stift 34, an welchem der Führungshebel 27 angreift, sitzt auf dem anderen Arm des zweiarmigen Hebels 40 auf. Die Höhenlage der Führungsstange 42 wird jedoch bei der Verschiebung des Schlittens 8 in x-Richtung durch das an der geneigten Führungsschiene 46 dieses Schlittens 8 gleitende Übertragungsglied 45 verändert, und dadurch wird der Schieber 36 im Support 39 verschoben, was eine Änderung der Höhenlage des Stiftes 34, an welchem der Führungshebel angreift, bewirkt. Für die rechte Seite des Auswertegerätes ergibt sich dabei folgendes: Die Verschiebungskomponenten des Modellraumpunktes bzw. des Basiswagens 14 in x-Richtung und in y-Richtungen werden durch den Modellraumlenker 15′ in gleicher Weise in Drehbewegungen der Achsen 22′ und 19′ umgewandelt. Eine Änderung der Höhenlage des Stiftes 34′ findet bei der Verschiebung des Schlittens 8′ in x-Richtung jedoch nicht statt, da das Führungs-

stück, an welchem dieser Stift 34′ sitzt, im Support 39′ nicht verschoben wird, sondern seine einmal eingestellte Höhenlage beibehält. Dagegen gleitet bei der Verschiebung des Schlittens 8′ der Schieber 58′, in welchem das Führungsstück 57′, an dessen Stift 56′ der Führungshebel 49′ angreift, auf der horizontalen Führungsstange 62′. Die Höhenlage dieser Führungsstange 62 wird jedoch bei einer Verschiebung des Schlittens 5′ in *y*-Richtung durch die auf der geneigten Führungsschiene 66′ dieses Schlittens 5′ laufende Führungsrolle 65′ verändert, und dadurch wird der Schieber 58′, in welchem das Führungsstück 57′ mit dem Stift 56′ gehalten ist, im Support 61′ des Schlittens 8′ verschoben, was eine Änderung der Höhenlage des Stiftes 56′, an welchem der Führungshebel 49′ angreift, bewirkt.

Somit können also in der ersten mechanischen Korrektionsstufe durch Einstellen der Neigung der Projektions- bzw. Zeichnungsebene in bezug auf die Horizontalebene des Chassisrahmens 1 entsprechend den Winkeln $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ und dem Verstellen der Führungshebel 27′ und 49 mittels der Triebknöpfe 30′ und 52 die Abweichungen der Gruppen 1*a* und 1*b* und durch Einstellen der Höhenlage der Stifte 34 und 56′, an welchen die Führungshebel 27 bzw. 49′ angreifen, mittels der Triebknöpfe 38 bzw. 60′ die Abweichungen der Gruppe 1*c* berücksichtigt werden.

Die zusätzliche Veränderung der wirksamen Hebellängen, herbeigeführt durch die mit Hilfe der Einstellschrauben 48 und 69′ schief gestellten Führungsschienen 46 bzw. 66′, die kleine Verschiebungen der Schieber 36 bzw. 58′ bei Bewegungen der Schlitten 5′ und 8 bewirken, stellt die zweite Korrektionsstufe dar und ermöglicht die Berücksichtigung der Abweichungen der zweiten Gruppe.

PATENTANSPRÜCHE

I. Verfahren zur paarweisen photogrammetrischen Auswertung stereometrisch einander zugeordneter Luftbilder, bei welchem die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den diesen zugeordneten Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander senkrechte, geradlinige Bewegungen (x_1, y_1 und x_2, y_2) aufgeteilt werden, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Entzerrung auf eine Ebene projiziert wird, die zu einer Bezugsebene, von welcher aus die Komponenten der Entzerrungselemente $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ oder $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ eingeführt werden, um die Winkel $\Delta\omega_1$ und $\Delta\varphi_2$ oder $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\omega_2$ geneigt ist.

II. Photogrammetrisches Auswertegerät zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch I, bei welchem die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den diesen zugeordneten Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander senkrechte, geradlinige Bewegungen aufgeteilt sind, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Gerätehälfte mindestens ein Modellraumlenker (15, 15′) vorgesehen ist, welcher Verschwenkungen bei der Auswertung der Luftbilder (9, 9′) als voneinander unabhängige Rotationsbewegungen auf zwei sich rechtwinklig schneidende Achsen (19, 19′ und 22, 22′) überführt, auf welchen Achsen (19, 19′ und 22, 22′) je ein Führungshebel (27, 27′ bzw. 49, 49′) fest angeordnet ist, von welchen Führungshebeln (27, 27′ und 49, 49′) aber mindestens je der eine in seiner Winkelstellung zum zugeordneten Modellraumlenker (15 bzw. 15′) vor der Auswertung einstellbar ist, welche Führungshebel (27, 27′ und 49, 49′) die Rotationsbewegungen der genannten Achsen (19, 19′ bzw. 22, 22′) voneinander unabhängig als Relativbewegungen zwischen den Trägern (8, 8′) der Luftbilder (9, 9′) und den diesen zugeordneten Trägern der Meßmarken (13) in *x*- und in *y*-Richtung übertragen, wobei die wirksame Länge jedes dieser Führungshebel (27, 27′ und 49, 49′) vor der Auswertung einstellbar ist.

UNTERANSPRUCH

Photogrammetrisches Auswertegerät nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß je mindestens der eine der die Rotationsbewegungen der genannten Achsen (19, 19′ und 22, 22′) als Relativbewegungen zwischen den Trägern (8, 8′) der Luftbilder (9, 9′) und den diesen zugeordneten Trägern der Meßmarken (13) in *x*- und in *y*-Richtung übertragenden Führungshebel (27, 27′ und 49, 49′) an einem Stift (34 bzw. 56′) angreift, welcher an einem Führungsstück sitzt, welches in einem Schieber (36 bzw. 58′) mittels einer Schraubenspindel einstellbar ist, welcher Schieber (36 bzw. 58′) seinerseits in einer Führung eines Supportes (39 bzw. 61′), der an dem vom betreffenden Führungshebel (27 bzw. 49′) bewegbaren Schlitten (5 bzw. 8), von welchen der eine (5) die eine Meßmarke (13) und der andere (8′) das eine Luftbild trägt, fest angeordnet ist, frei verschiebbar ist, und daß die genannten Schieber (36 bzw. 58′) in ihren Führungen in den Supporten (39 bzw. 61′) durch je einen Steuermechanismus (40–45 bzw. 62–65) in Abhängigkeit von der einstellbaren Neigung je einer Führungsschiene (46 bzw. 66′) verschiebbar sind, derart, daß der Schieber (36) des in *y*-Richtung verschiebbaren Schlittens (5) zusätzliche Verschiebungen in Abhängigkeit von der Bewegung des in *x*-Richtung verschiebbaren Schlittens (8) und der eingestellten Neigung der Führungsschiene (46) und der Schieber (58′) des in *x*-Richtung verschiebbaren Schlittens (8′) zusätzliche Verschiebungen in Abhängigkeit von der Bewegung des in *y*-Richtung verschiebbaren Schlittens (5′) und der eingestellten Neigung der Führungsschiene (66′) erfährt.

Kern & Co. AG
Vertreter: J. Spälty, Zürich

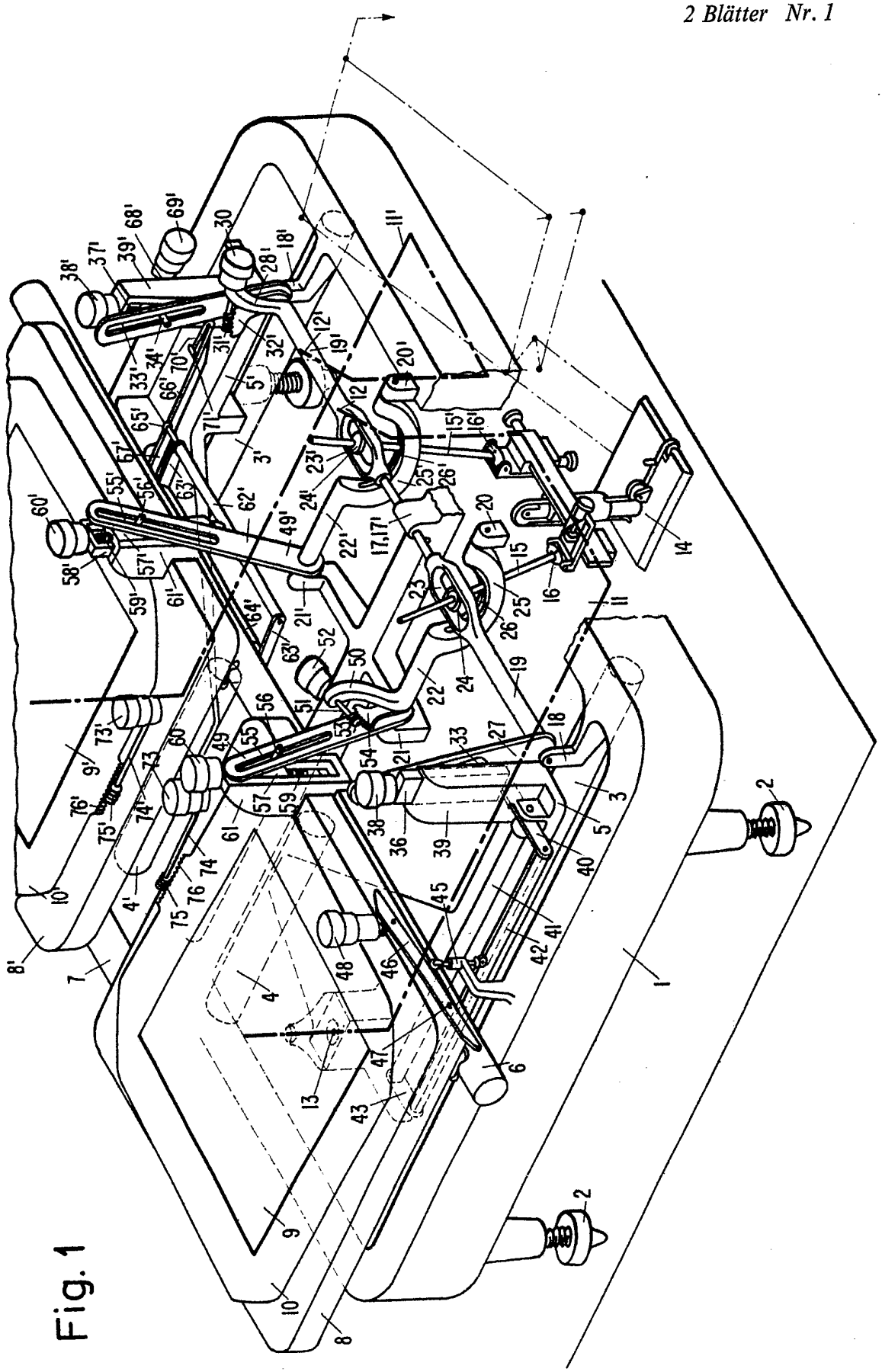


Fig. 1

Fig. 2

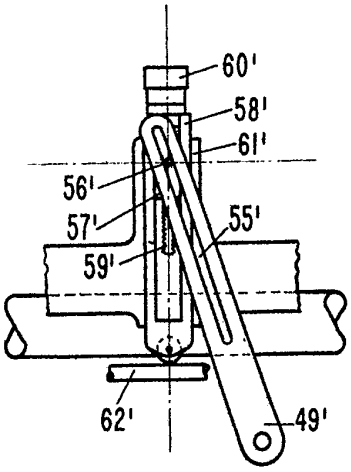
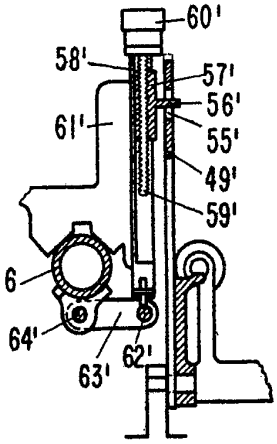


Fig. 3



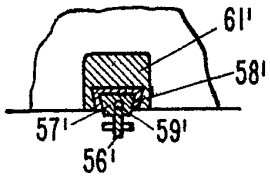


Fig. 4

Nr. 375913 PATENTSCHRIFT Nr. 375913

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

Klassierung: 42 c, 10/02

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Gesuchsnummer: 55535/58
Anmeldungsdatum: 5. Februar 1958, 19 Uhr

Patent erteilt: 15. März 1964
Patentschrift veröffentlicht: 30. April 1964

HAUPTPATENT

Kern & Co. AG, Aarau

Verfahren zur paarweisen photogrammetrischen Auswertung stereometrisch einander zugeordneter Luftbilder und photogrammetrisches Auswertegerät zur Durchführung dieses Verfahrens

Hank Yzerman-Austin, Aarau, und Rudolf Haller, Kölliken, sind als Erfinder genannt worden

Meistens bedürfen stereometrisch einander zugeordnete Luftbilder für ihre photogrammetrische Auswertung der Entzerrung. Je nach den gestellten Anforderungen wird die Entzerrung mehr oder weniger vollkommen vorgenommen. Es sind verschiedene Ausführungen von hochpräzisen photogrammetrischen Auswertegeräten bekannt, bei welchen die Entzerrung mit höchster Genauigkeit, praktisch vollkommen, erreicht wird. Insbesondere für die Herstellung von Karten kleinen Maßstabes können aber auch Näherungslösungen genügen, die einen wesentlich einfacheren Bau der photogrammetrischen Auswertegeräte erlauben.

Auch bei Näherungslösungen mit Bildpaaren, die sich in parallelen Ebenen befinden, muß, je nach den gestellten Anforderungen, mehr oder weniger entzerrt werden, weil Abweichungen zu erwarten und folglich zu berücksichtigen sind. Dabei können zwei Gruppen von Abweichungen unterschieden werden.

Die erste Gruppe dieser Abweichungen umfaßt:

a) die radialen Abweichungen zwischen der zentralen und orthogonalen Projektion des unebenen Geländes auf einer Ebene;

b) die bei den üblichen weitwinkligen, annähernd senkrechten Aufnahmen von $\Delta\omega$ verursachten y-Parallaxen, die mehrfach größer sind als die entsprechenden x-Parallaxen, und die von $\Delta\varphi$ verursachten x-Parallaxen, die mehrfach größer sind als die entsprechenden y-Parallaxen, wenn $\Delta\varphi$ die Neigung der Aufnahmeachse in der x-Richtung und $\Delta\omega$ die Neigung der Aufnahmeachse in der y-Richtung ist;

c) die Differenz der Schrumpfung in der Längs- und in der Querrichtung von Filmen und insbesondere der von solchen hergestellten Papierabzüge.

Die zweite Gruppe dieser Abweichungen umfaßt: die bereits erwähnten x-Parallaxen, verursacht von $\Delta\omega$, und die y-Parallaxen, verursacht von $\Delta\varphi$.

Es sind bereits photogrammetrische Auswertegeräte für Näherungslösungen bekannt. Diese berücksichtigen jedoch die vorstehend erwähnten Abweichungen nur sehr ungenügend und einige derselben die Abweichungen der ersten Gruppe nur teilweise oder gar nicht.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur paarweisen photogrammetrischen Auswertung stereometrisch einander zugeordneter Luftbilder, bei welchem die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den diesen zugeordneten Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander senkrechte geradlinige Bewegungen (x_1, y_1 und x_2, y_2) aufgeteilt werden, wobei gemäß der Erfindung die geradlinigen Bewegungen (x_1, y_1 und x_2, y_2) so weit getrennt und voneinander unabhängig gesteuert werden, daß die Komponenten der Entzerrungselemente $\Delta\omega_1$, $\Delta\omega_2$ und $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$ sowie die Komponenten der Kammerkonstanten c_1 und c_2 völlig unabhängig voneinander eingeführt werden können.

Dieses Verfahren ermöglicht die paarweise photogrammetrische Auswertung stereometrisch einander zugeordneter Luftbilder derart, daß die erwähnten Abweichungen wesentlich weitergehend berücksichtigt werden können, als es bei den bekannten photogrammetrischen Auswertegeräten für Näherungslösungen der Fall ist. Die Abweichungen werden dabei in mechanischen Korrektionsstufen behandelt.

Wenn die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den Meßmarken für jedes der zwei Luft-

bilder in zwei zueinander rechtwinklige geradlinige Bewegungen (x_1, y_1, x_2, y_2) aufgeteilt werden, ist die Entzerrung exakt für zwei Idealfälle, nämlich dann, wenn das Azimut der Nadirdistanz entweder parallel oder senkrecht zur Aufnahmebasis steht. Die Entzerrung erfolgt hierbei mechanisch in zwei Stufen, wobei in der ersten Stufe die größten Abweichungen, nämlich diejenigen der ersten der beiden genannten Gruppen, beseitigt werden, während in der zweiten Stufe die kleineren Abweichungen der zweiten Gruppe eliminiert werden. Normalerweise sind die zwei Idealfälle jedoch nicht zu erwarten, und es wird daher nur eine Näherungslösung erzielt. Das Verfahren gemäß der Erfindung ermöglicht jedoch eine viel weiter gehende Entzerrung, und zwar dadurch, daß die Nadirdistanz ebenfalls in zwei Komponenten, parallel und senkrecht zur Aufnahmebasis, zerlegt wird, wobei die Entzerrung für jede dieser beiden Komponenten gleich ausgeführt wird wie die Entzerrung bei den vorstehend genannten Idealfällen. Die bei dieser Näherungslösung verbleibenden Abweichungen lassen sich z. B. mittels einer einfachen zusätzlichen Korrekturvorrichtung in einer dritten mechanischen Korrektionsstufe noch wesentlich herabsetzen. Die nach jeder mechanischen Korrektionsstufe verbleibenden Abweichungen können je nach den gestellten Anforderungen als systematische Restfehler toleriert werden, so daß kein Bedarf für die nächste Korrektionsstufe besteht.

Die Erfindung betrifft ferner ein photogrammetrisches Auswertegerät zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welchem die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den diesen zugeordneten Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander senkrechte, geradlinige Bewegungen aufgeteilt sind, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß für jede Gerätehälfte mindestens ein Modellraumlenker vorgesehen ist, durch welchen bei der Auswertung der Luftbilder die Bewegungen des Basiswagens bzw. Modellraumpunktes in der x-Richtung und in der y-Richtung als voneinander unabhängige Rotationsbewegungen auf zwei sich rechtwinklig kreuzende Achsen überführt werden, auf welchen Achsen je ein Hebel fest, aber in seiner Winkelstellung zum zugeordneten Modellraumlenker vor der Auswertung einstellbar angeordnet ist, welche Hebel die Rotationsbewegungen der genannten Achsen voneinander unabhängig als Relativbewegungen zwischen den Trägern der Luftbilder und den diesen zugeordneten Trägern der Meßmarken in x- und in y-Richtung übertragen, wobei die wirksame Länge jedes dieser Hebel vor der Auswertung einstellbar ist.

Zur Vereinfachung des konstruktiven Aufbaues des Auswertegerätes ist es zweckmäßig, die Relativbewegung zwischen den die Luftbilder tragenden Trägern und den zugeordneten Trägern der Meßmarken nach x- und y-Richtung aufzuteilen und die Verschiebung in der x-Richtung den Trägern der Luftbilder und die Verschiebung in der y-Richtung den beweglichen Trägern der Meßmarken zuzuteilen. Es wäre aber auch möglich, entweder die Träger der Luftbilder sowohl die Verschiebung in x- als auch in y-Richtung ausführen zu lassen und das Stereoskop mit den Meßmarken unbeweglich auszubilden, oder die Träger der Luftbilder für die Auswertung ortsfest zu lagern und bewegliche Meßmarken des Stereoskops sowohl die Verschiebungen in der x- als auch in der y-Richtung ausführen zu lassen.

Für jede Hälfte des Auswertegerätes kann ein einziger, in einem Universalgelenk gelagerter Modellraumlenker vorgesehen sein. Es ist aber auch möglich, für jede Gerätehälfte zwei voneinander unabhängige Modellraumlenker vorzusehen bzw. den Modellraumlenker in einen die Verschiebung des Modellraumpunktes in der x-Richtung übertragenden Lenker und einen die Verschiebung des Modellraumpunktes in y-Richtung übertragenden Lenker aufzuteilen. Schließlich ist es auch möglich, am Modellraumpunkt für jede Gerätehälfte zwei Führungsstangen, von welchen die eine in der x-Richtung und die andere in der y-Richtung verläuft, anzuordnen und an diesen Führungsstangen je einen als Lenker wirkenden Hebel zu führen, welcher auf der zugeordneten Achse sitzt.

Die Verwendung von Modellraumlenkern dient der Transformation der zentralen in die orthogonale Projektion; es werden somit die unter *a* genannten Abweichungen der ersten Gruppe berücksichtigt. Bei der Übertragung der durch den oder die Modellraumlenker bewirkten Drehbewegungen der beiden zueinander senkrechten Achsen in Verschiebungen der Träger der Luftbilder in x-Richtung bzw. der Träger der Meßmarken in y-Richtung können durch Einstellung der Winkelstellungen der diese Verschiebungen übertragenden Hebel die y-Parallaxen wegen $\Delta\omega$ und die x-Parallaxen wegen $\Delta\varphi$ ausgeschaltet werden. Damit werden die unter *b* genannten Abweichungen der ersten Gruppe berücksichtigt. Da bei der Einführung der Kammerkonstanten die Einstellung der wirksamen Länge der Hebelarme, welche die Träger der Luftbilder und die Träger der Meßmarken verschieben, für jeden Hebel gesondert erfolgt, kann die Differenz der Schrumpfung in der Längs- und in der Querrichtung von Filmen und Papierabzügen ausgeglichen werden, womit die unter *c* genannten Abweichungen der ersten Gruppe berücksichtigt sind. Alle erwähnten Abweichungen der ersten Gruppe können somit mit Hilfe dieser ersten mechanischen Korrektionsstufe berücksichtigt werden. Die Abweichungen der eingangs erwähnten Gruppen können somit korrigiert werden. Die erwähnten Abweichungen der zweiten Gruppe, nämlich die x-Parallaxen wegen $\Delta\omega$ und die y-Parallaxen wegen $\Delta\varphi$ können durch lineare zusätzliche Änderungen der wirksamen Hebelarmlängen der bereits genannten Hebel behoben werden. Diese Änderungen der Hebelarmlängen können mittels gerader Führungsschienen und an diesen geführten Steuerorganen bewirkt werden (2. Korrektionsstufe). Die verbleibenden Abweichungen weisen in erster Linie auf eine rautenartige Verzer-

rung hin. Dieser Teil der Abweichungen kann durch lineare, nicht parallele Führung der Meßmarken zur Verschiebungsbewegung der betreffenden Träger eliminiert werden. Diese Führung der Meßmarken kann mittels gerader Schienen direkt bewirkt werden (3. Korrektionsstufe).

In der Zeichnung sind eine beispielsweise Ausführungsform des photogrammetrischen Auswertegerätes zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung sowie eine Einzelheit hiezu und zwei Ausführungsvarianten eines Teiles desselben schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine schaubildliche Darstellung des photogrammetrischen Auswertegerätes,

Fig. 2 eine Ansicht einer Einzelheit dieses Auswertegerätes,

Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie III–III in Fig. 2.

Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie IV–IV in Fig. 2,

Fig. 5 eine schaubildliche Darstellung der ersten Ausführungsvariante und

Fig. 6 eine schaubildliche Darstellung der zweiten Ausführungsvariante eines Teiles dieses Auswertegerätes.

Das in Fig. 1 dargestellte photogrammetrische Auswertegerät besitzt einen massiven rechteckigen Chassisrahmen 1, welcher auf Füßen 2 gelagert ist. In diesen Chassisrahmen 1 sind zwei Paare von zu seinen Seitenteilen parallelen Führungsstangen 3, 4 bzw. 3′, 4′ fest eingesetzt. Auf jedem Paar dieser Führungsstangen 3, 4 bzw. 3′, 4′ läuft ein Schlitten 5 bzw. 5′, welche unabhängig voneinander in y-Richtung verschiebbar sind. Auf dem Chassisrahmen 1 sind zwei zu den Führungsstangen 3, 4 und 3′, 4′ senkrechte, das heißt in x-Richtung verlaufende Führungsstangen 6 und 7 fest gelagert, auf welchen zwei rahmenartige Schlitten 8 und 8′ unabhängig voneinander verschiebbar angeordnet sind. Diese Schlitten 8 und 8′ bilden die Träger für je eines von zwei einander stereoskopisch zugeordneten Luftbildern 9 und 9′, welche je in einem Rahmen 10 bzw. 10′ gehalten sind, der in den rahmenartigen Schlitten 8 bzw. 8′ eingesetzt und in diesem unverrückbar, aber drehbar gehalten ist. Dieses Auswertegerät besitzt ein Stereoskop, von welchem in Fig. 1 nur der Strahlengang 11 bzw. 11′ der beiden Stereoskophälften strichpunktiert angedeutet ist. Die Einblicke 12 und 12′ dieses Stereoskops sind an der Vorderseite des Auswertegerätes angeordnet und die objektivseitigen Teile des Stereoskops, welche die Meßmarken 13 enthalten, sind beweglich ausgebildet und je am einen der Schlitten 5 bzw. 5′ befestigt, derart, daß sie mit diesen Schlitten 5 bzw. 5′ voneinander unabhängig in der y-Richtung verschoben werden können. Das Auswertegerät besitzt einen Modellraumpunkt, welcher, wie allgemein bekannt, als Basiswagen 14 ausgebildet ist. Die Führung, Bedienung und Wirkungsweise dieses Basiswagens 14 ist ähnlich derjenigen eines üblichen Kartiertischchens eines Gerätes nach dem Prinzip der direkten optischen Projektion auf einer diffus reflektierenden Ebene.

Am Basiswagen 14 ist für jede der spiegelbildlich gleich ausgebildeten Hälften des Auswertegerätes ein Modellraumlenker 15 bzw. 15′ in einem Universalgelenk 16 bzw. 16′ gelagert. Die Universalgelenke 16 und 16′ können in bekannter Weise in jede beliebige, der Aufnahme der Lufbilder 9, 9′ entsprechende Stellung in bezug aufeinander eingestellt werden. Im nachstehenden wird nur die linke Hälfte der Fig. 1 beschrieben. Für die entsprechenden Teile der rechten Hälfte werden in der Zeichnung die gleichen Bezugszeichen verwendet, jedoch mit einem Index (′) versehen. In mit dem Chassisrahmen 1 fest verbundenen Supporten 17 und 18 ist eine horizontale, in x-Richtung verlaufende Achse 19 und in ebenfalls mit dem Chassisrahmen 1 fest verbundenen Supporten 20 und 21 eine in y-Richtung verlaufende Achse 22 gelagert. Die beiden Achsen 19 und 22 liegen in einer Ebene und ihre Achsen kreuzen sich. Die Achse 19 besitzt an der Kreuzungsstelle eine weite Öse 23, in welcher ein Drehkörper 24 auf einer zur Achse 18 senkrechten Achse gelagert ist. Dieser Drehkörper 24 besitzt eine zu seiner Achse senkrechte Durchbohrung, in welcher der Modellraumlenker 15 verschiebbar geführt ist. Die Achse 22 umfährt die Kreuzungsstelle mit einem halbkreisförmigen Bogenstück 25, in welchem ein in der Achsrichtung verlaufender Schlitz 26 vorgesehen ist, in welchem der Modellraumlenker 15 geführt ist. Die Achsen der Achsen 19 und 22 sowie des Modellraumlenkers 15 schneiden sich in einem Punkt der Achse des Drehkörpers 24. Diese kardanartige Führung des Modellraumlenkers 15 bewirkt, daß bei einer Verschiebung des Basiswagens 14 in x-Richtung die in y-Richtung verlaufende Achse 22 durch den Modellraumlenker 15 gedreht wird, während die in x-Richtung verlaufende Achse 19 nicht beeinflußt wird, und bei einer Verschiebung des Basiswagens 14 in y-Richtung die in x-Richtung verlaufende Achse 19 durch den Modellraumlenker 15 gedreht wird, während die in y-Richtung verlaufende Achse 22 in Ruhe bleibt. Bei jeder anderen Verschiebung des Basiswagens 14 werden beide Achsen 19 und 22 nach Maßgabe der Komponenten des Verschiebungsweges in x- und in y-Richtung gedreht.

Auf dem von der Öse 23 abgewendeten Ende der Achse 19 ist ein Führungshebel 27 verstellbar angeordnet. Am diesseitigen Ende der Achse 19 ist ein Arm 28 vorgesehen, in welchem eine zur Achse 19 senkrechte Achse 29 axial unverschiebbar gelagert ist, auf deren einem Ende eine mit einer Skala, für welche am Arm 28 eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehener Triebknopf 30 sitzt. Auf dem anderen Ende dieser Achse 29 sitzt eine Schnecke 31, welche mit einem am Führungshebel 27 sitzenden Schnekkenradsektor 32 in Eingriff steht, derart, daß durch Drehen des Triebknopfes 30 und damit der Achse 29 die Winkelstellung des Führungshebels 27 auf der

Achse 19 verändert werden kann. Der Führungshebel 27 weist einen in seiner Längsrichtung verlaufenden Führungsschlitz 33 auf, in welchem ein Stift 34 geführt ist, der an einem Führungsstück sitzt, das in einem Schieber 36 vertikal verschiebbar geführt ist. Zur Verschiebung des Führungsstückes im Schieber 36 dient eine im Schieber 36 axial nicht verschiebbar gelagerte Schraubenspindel 37, die in ein Muttergewinde des Führungsstückes eingreift und deren oberes Ende einen mit einer Einstellskala, für welche am Schieber 36 eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehenen Triebknopf 38 trägt. Der Schieber 36 ist seinerseits in einer vertikalen Führung eines Supportes 39 des Schlittens 5 verschiebbar. Das untere Ende des Schiebers 36 sitzt auf dem einen Arm eines zweiarmigen Hebels 40 auf, welcher auf dem vorderen Ende einer am Schlitten 5 gelagerten, in y-Richtung verlaufenden Achse 41 gelagert ist. Am anderen Arm des Hebels 40 ist das vordere Ende einer zur Achse 41 parallelen Führungsstange 42 gelagert, deren hinteres Ende an einem zum Hebel 40 parallelen Hebel 43 der Achse 41 gelagert ist. Auf der Führungsstange 42 gleitet das untere Ende eines in einem Support 44 des Chassisrahmens 1 vertikal verschiebbar geführten Übertragungsgliedes 45, dessen oberes Ende an einer in x-Richtung verlaufenden Führungsschiene 46 geführt ist. Diese Führungsschiene 46 ist auf einer in y-Richtung gerichteten Achse 47 an der Vorderseite des Schlittens 8 schwenkbar gelagert, und ihre Neigung kann mittels einer mit einer Skala versehenen, am Schlitten 8 angeordneten Einstellschraube 48 verändert werden.

Auf dem vom Bogenstück 25 abgewendeten, hinteren Ende der Achse 22 ist ein Führungshebel 49 verstellbar angeordnet. Am diesseitigen Ende der Achse 22 ist ein Arm 50 vorgesehen, in welchem eine zur Achse 22 senkrechte Achse 51 axial unverschiebbar gelagert ist, auf deren einem Ende ein mit einer Skala, für welche am Arm 50 eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehener Triebknopf 52 sitzt. Auf dem anderen Ende dieser Achse 51 sitzt eine Schnecke 53, welche mit einem am Führungshebel 49 sitzenden Schneckenradsektor 54 in Eingriff steht, derart, daß durch Drehen des Triebknopfes 52 und damit der Achse 51 die Winkelstellung des Führungshebels 49 auf der Achse 22 verändert werden kann. Der Führungshebel 49 weist einen in seiner Längsrichtung verlaufenden Führungsschlitz 55 auf, in welchem ein Stift 56 geführt ist, der an einem Führungsstück 57 sitzt, das in einem Schieber 58 vertikal verschiebbar geführt ist. Zur Verschiebung des Führungsstückes 57 im Schieber 58 dient eine im Schieber 58 axial nicht verschiebbar gelagerte Schraubenspindel 59, die in ein Muttergewinde des Führungsstückes 57 eingreift, und deren oberes Ende einen mit einer Einstellskala, für welche am Schieber 58 eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehenen Triebknopf 60 trägt. Der Schieber 58 ist seinerseits in einer vertikalen Führung eines Supportes 61 des Schlittens 8 verschiebbar. Das untere Ende des Schiebers 58 gleitet auf einer horizontalen, in x-Richtung verlaufenden Führungsstange 62, welche an zwei Hebeln 63 einer an der Führungsstange 5 gelagerten Achse 64 befestigt ist. An dem gegen den näher gelegenen Seitenteil des Chassisrahmens 1 zu liegenden Ende trägt die Führungsstange 62 eine Führungsrolle 65, welche auf einer in y-Richtung verlaufenden Führungsschiene 66 läuft. Diese Führungsschiene 66 ist in ihrer Neigung einstellbar auf einer Achse 67 am Schlitten 5 gelagert. Zur Einstellung der Neigung der Führungsschiene 66 ist am Support 39 ein Mutterstück 68 fest angeordnet, in dessen Gewinde eine Einstellschraube 69 verschraubbar ist, deren Kopf 70 mit einer Skala, für welche am Mutterstück 68 eine Einstellmarke vorgesehen ist, versehen ist. Das Ende der Einstellschraube 69 wirkt auf den einen Arm eines am Support 39 gelagerten Winkelhebels 71, dessen anderer Arm auf einen an der Führungsschiene 66 vorgesehenen Stift 72 einwirkt.

Zur Behebung der Verdrehung der beiden Luftbilder 9 und 9′ in bezug auf die Aufnahmebasis, hervorgerufen durch nicht geradlinigen Flug des Flugzeuges oder durch Verdrehen der Aufnahmekammer in bezug auf die Längsachse des Flugzeuges, ist für die Rahmen 10 und 10′ der Luftbilder 9 und 9′ je eine mit einer Skala versehene Einstellvorrichtung 73 vorgesehen, mittels welcher über eine Spindel 74, eine auf dieser sitzende Schnecke 75 und ein mit dieser letzteren kämmendes Zahnsegment 76 des Rahmens 10 dieser letztere auf dem Schlitten 8 gedreht werden kann.

Der bewegliche Teil der Stereoskophälfte besitzt einen auf dem Schlitten 5 fest angeordneten Kopf 77 als Träger des Objektivs, in welchem ein rahmenartiger Schieber 78 verschiebbar ist, in welchen eine Glasplatte 79 eingesetzt ist, auf welcher die Meßmarke 13 vorgesehen ist. Der Schieber 78 ist am einen Ende einer Führungsstange 80 befestigt, welche in einer Führung 81 des Schlittens 5 axial verschiebbar geführt ist. Das andere Ende der Führungsstange 80 ist an einer horizontalen Führungsschiene 82 geführt. Diese Führungsschiene 82 ist auf einer am Chassisrahmen 1 angeordneten, vertikalen Achse 83 schwenkbar gelagert und ist mittels einer Einstellschraube 84 in ihrer Neigung in bezug auf die y-Richtung einstellbar.

Vor der Auswertung zweier einander stereometrisch zugeordneter Luftbilder 9, 9′ wird das Auswertegerät in die den beiden Aufnahmen entsprechende Grundeinstellung gebracht, damit das Stereoskop ein raumtreues Betrachtungsmodell vermittelt. Bei der Auswertung der Luftbilder 9, 9′ wird der Modellraumpunkt durch Verschiebung des Basiswagens 14 verschoben, und dabei werden durch den Modellraumlenker 15 die Verschiebungskomponenten in x-Richtung in Drehbewegungen der Achse 22 und die Verschiebungskomponenten in y-Richtung in Drehbewegungen der Achse 19 umgewandelt. Von der Achse 22 werden diese Drehbewegungen über den Führungshebel 49 als Verschiebungen in x-Richtung

umgewandelt auf den Schlitten 8 und damit auf das Luftbild 9 übertragen. Die Drehbewegungen der Achse 19 werden über den Führungshebel 27 als Verschiebungen in *y*-Richtung umgewandelt auf den Schlitten 5 und damit auf den Kopf 77 mit der Meßmarke 13 des Stereoskopes übertragen. Bei der Verschiebung des Schlittens 8 gleitet der Schieber 58, in welchem das Führungsstück 57, an dessen Stift 56 der Führungshebel 49 angreift, auf der horizontalen Führungsstange 62. Die Höhenlage dieser Führungsstange 62 wird jedoch bei einer Verschiebung des Schlittens 5 in *y*-Richtung durch die auf der geneigten Führungsschiene 66 dieses Schlittens 5 laufende Führungsrolle 65 verändert. Bei der Verschiebung des Schlittens 5 gleitet das Übertragungsglied 45 auf der Führungsstange 42, welche am einen Arm des zweiarmigen Hebels 40 und am Hebel 43 befestigt ist. Das untere Ende des Schiebers 36, in welchem das Führungsstück mit dem Stift 34, an welchem der Führungshebel 27 angreift, sitzt auf dem anderen Arm des zweiarmigen Hebels 40 auf. Die Höhenlage der Führungsstange 42 wird jedoch bei der Verschiebung des Schlittens 8 in *x*-Richtung durch das an der geneigten Führungsschiene 46 dieses Schlittens 8 gleitende Übertragungsglied 45 verändert.

Somit können also in der ersten mechanischen Korrektionsstufe durch Verstellen der Führungshebel 27 und 49 mit Hilfe der Triebknöpfe 30 und 52 die Abweichungen der Gruppe 1*b*, und durch getrennte Einstellung der Kammerkonstanten, das heißt der wirksamen Hebellänge, für die beiden Schlitten 5 und 8 mit Hilfe der Triebknöpfe 38 und 60 die Abweichungen der Gruppe 1*c* berücksichtigt werden.

Die zusätzliche Veränderung der wirksamen Hebellängen, herbeigeführt durch die mit Hilfe der Einstellschrauben 48 und 69 schief gestellten Führungsschienen 47 und 66, die kleine Verschiebungen der Schieber 36 und 58 beim Bewegen der Schlitten 5 und 8 bewirken, stellt die zweite mechanische Korrektionsstufe dar und erlaubt eine weitgehende Berücksichtigung der Abweichungen der zweiten Gruppe.

Die Verschiebung der Meßmarke 13 in *x*-Richtung durch die mit Hilfe der Einstellschraube 84 schief gestellte Führungsschiene 82 stellt die dritte mechanische Korrektionsstufe dar und erlaubt die nach der zweiten Korrektionsstufe noch verbleibenden Restabweichungen der zweiten Gruppe noch wesentlich herabzusetzen.

In genau gleicher Weise, aber vollständig unabhängig, wirkt die rechte Hälfte des Auswertegerätes in bezug auf das Luftbild 9′.

Bei der Ausführungsvariante des Auswertegerätes nach Fig. 5 ist der Modellraumlenker für jede Hälfte des Auswertegerätes in zwei Lenker aufgeteilt, von denen der eine nur die Verschiebungen des Basiswagens 14 in der *x*-Richtung überträgt und von den Verschiebungen in *y*-Richtung unbeeinflußt bleibt, während der andere nur die Verschiebungen des Basiswagens 14 in *y*-Richtung überträgt und von den Verschiebungen in *x*-Richtung nicht beeinflußt wird. An einer horizontalen, in *x*-Richtung verlaufenden, in ihrer Höhenlage einstellbaren Führungsschiene 85 des in Fig. 5 nicht weiter dargestellten Basiswagens sind zwei einstellbare Führungsstücke 86 und 86′ angeordnet, in welchen je ein Schlitten 87 bzw. 87′ mittels einer Einstellschraube einstellbar gehalten ist. Der Schlitten 87 besitzt einen Gabelkopf 88, in welchem ein Drehkörper 89 auf einer in *y*-Richtung verlaufenden Achse gelagert ist. Dieser Drehkörper 89 besitzt einen in Achsrichtung verlaufenden Schlitz 90, in welchem auf einer zu seiner Achse senkrechten Achse ein Lenker 91 schwenkbar gelagert ist. Dieser Lenker 91 ist in einer Führung eines Führungsstückes 92 axial verschiebbar geführt. Das Führungsstück 92 ist in einer weiten Öse 93 am vorderen Ende der Achse 22 (Fig. 1) auf einer zu dieser Achse 22 senkrechten Achse gelagert. Der Schlitten 87 besitzt einen Ansatz 94, an welchem ein Drehkörper 95 auf einer zur Achse des Drehkörpers 89 senkrechten Achse gelagert ist. Dieser Drehkörper 95 weist einen in Achsrichtung verlaufenden Schlitz 96 auf, in welchem ein zweiter Lenker 97 auf einer zur Achse des Drehkörpers 95 senkrechten Achse gelagert ist. Der Lenker 97 ist in einer Führung eines Führungsstückes 98 axial verschiebbar geführt. Dieses Führungsstück 98 ist in einer Gabel 99 der in *x*-Richtung verlaufenden Achse 19 (Fig. 1) auf einer zur Achse 19 senkrechten Achse gelagert. Am Schlitten 87′ sind hierbei in gleicher Weise zwei Lenker 91′ und 97′ gelagert, welche die bei der Auswertung bewegten Teile der rechten Hälfte des Auswertegerätes bewegen. Es ist leicht ersichtlich, daß bei einer Verschiebung des Basiswagens und damit der Führungsschiene 85 in der *x*-Richtung der Lenker 91 die Achse 22 dreht, während die Achse 19 durch den Lenker 97 nicht gedreht wird, und umgekehrt bei einer Verschiebung des Basiswagens in *y*-Richtung der Lenker 97 die Achse 19 dreht, während die Achse 22 vom Lenker 91 nicht gedreht wird. Die Verwendung der Ausführungsvariante nach Fig. 5 ist genau die gleiche wie beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 und auch die Wirkungsweise des Auswertegerätes bleibt gleich.

Bei der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsvariante ist mit 85 wieder die Führungsschiene des Basiswagens bezeichnet, auf welcher wiederum zwei Führungsstücke 86, 86′ einstellbar angeordnet sind. In jedem dieser Führungsstücke 86 und 86′ ist ein Schlitten 87 bzw. 87′ einstellbar gehalten. An den Schlitten 87 und 87′ sind je eine in *x*-Richtung verlaufende Führungsstange 100 bzw. 100′ und eine in *y*-Richtung verlaufende Führungsstange 101 bzw. 101′ fest angeordnet. Auf der Achse 19 (Fig. 1) ist ein Hebel 102 fest angeordnet, welcher einen Längsschlitz 103 aufweist, in welchen die Führungsstange 100 eingreift, und auf der Achse 22 (Fig. 1) sitzt ein Hebel 104, welcher einen Längsschlitz 105 aufweist, in welchen die Führungsstange 101 eingreift. Bei einer Verschiebung des Basiswagens und damit der Führungsschiene 85 in *x*-Richtung gleitet der Hebel 102

auf der Führungsstange 100, ohne die Achse 19 zu drehen, während der Hebel 104 durch die Führungsstange 101 gedreht wird und seinerseits die Achse 22 dreht. Bei einer Verschiebung des Basiswagens und damit der Führungsschiene 85 in y-Richtung gleitet dagegen der Hebel 104 auf der Führungsstange 101, ohne diesen und damit die Achse 22 zu drehen, während der Hebel 102 durch die Führungsstange 100 gedreht wird und seinerseits die Achse 19 dreht. Die Verwendung des Auswertegerätes und dessen Wirkungsweise sind auch bei Anwendung der Ausführungsvariante nach Fig. 6 gleich wie beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1

PATENTANSPRÜCHE

I. Verfahren zur paarweisen photogrammetrischen Auswertung stereometrisch einander zugeordneter Luftbilder, bei welchem die Relativbewegungen zwischen den Luftbildern und den diesen zugeordneten Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander senkrechte, geradlinige Bewegungen (x_1, y_1 und x_2, y_2) aufgeteilt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die geradlinigen Bewegungen (x_1, y_1 und x_2, y_2) so weit getrennt und voneinander unabhängig gesteuert werden, daß die Komponenten der Entzerrungselemente $\Delta\omega_1$, $\Delta\omega_2$ und $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$ sowie die Komponenten der Kammerkonstanten c_1 und c_2 völlig unabhängig voneinander eingeführt werden können.

II. Photogrammetrisches Auswertegerät zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch I, bei welchem die Relativbewegung zwischen den Luftbildern und den diesen zugeordneten Meßmarken für jedes der zwei Luftbilder in zwei zueinander senkrechte, geradlinige Bewegungen aufgeteilt sind, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Gerätehälfte mindestens ein Modellraumlenker (15) vorgesehen ist, durch welchen bei der Auswertung der Luftbilder (9) die Bewegungen des Basiswagens (14) bzw. Modellraumpunktes in der x-Richtung und in der y-Richtung als voneinander unabhängige Rotationsbewegungen auf zwei sich rechtwinklig kreuzende Achsen (19, 22) überführt werden, auf welchen Achsen (19, 22) je ein Führungshebel (27 bzw. 49) fest, aber in seiner Winkelstellung zum zugeordneten Modellraumlenker (15) vor der Auswertung einstellbar angeordnet ist, welche Führungshebel (27, 49) die Rotationsbewegungen der genannten Achsen (19, 22) voneinander unabhängig als Relativbewegungen zwischen dem Träger (8) des Luftbildes (9) und den diesem zugeordneten Träger der Meßmarke (13) in x- und in y-Richtung übertragen, wobei die wirksame Länge jedes dieser Führungshebel (27, 49) vor der Auswertung einstellbar ist.

UNTERANSPRÜCHE

1. Photogrammetrisches Auswertegerät nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungshebel (27, 49) je auf einen Stift (34, 56) wirken, welcher an einem Führungsstück (57) sitzt, das in einer Führung eines Schiebers (36, 58) mittels einer mit einem Einstellkopf (38, 60) versehenen Schraubenspindel (37, 59) verschiebbar ist, welcher Schieber (36, 58) seinerseits in einer Führung eines Supportes (39, 61) frei verschiebbar ist, der ab dem vom betreffenden Führungshebel (27, 49) bewegbaren Teil (5 bzw. 8) fest angeordnet ist.

2. Photogrammetrisches Auswertegerät nach Patentanspruch II und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schieber (36, 58), in welchen die Führungsstücke (57) mit den Stiften (34, 56), an welchen die Führungshebel (27, 49) angreifen, in ihren Führungen in den Supporten durch je einen Steuermechanismus in Abhängigkeit von der Stellung je einer Führungsschiene (46, 66) verschiebbar sind, derart, daß der Schieber (36) des in y-Richtung verschiebbaren Schlittens (5) zusätzliche Verschiebungen in Abhängigkeit von der Bewegung des in x-Richtung verschiebbaren Schlittens (8) und der Stellung der Führungsschiene (46) und der Schieber (58) des in x-Richtung verschiebbaren Schlittens (8) zusätzliche Verschiebungen in Abhängigkeit von der Bewegung des in y-Richtung verschiebbaren Schlittens (5) und der Stellung der Führungsschiene (66) erfährt.

3. Photogrammetrisches Auswertegerät nach Patentanspruch II und Unteransprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Hälfte des Auswertegerätes ein Modellraumlenker (15) vorgesehen ist, welcher allseitig schwenkbar gelagert ist, welcher Modellraumlenker (15) in einem Drehkörper (24) axial verschiebbar geführt ist, der in einer am einen Ende der einen der beiden vom Modellraumlenker (15) zu drehenden Achsen (19, 22) vorgesehenen weiten Öse (23) auf einer zur betreffenden Achse (19) senkrechten Achse gelagert ist, und daß die genannte Öse (23) von einem am einen Ende der anderen Achse (22) vorgesehenen halbkreisförmigen Bogenstück (25) umfahren ist, welches einen in der Richtung der Achse (22) verlaufenden Schlitz (26) aufweist, in welchem der Modellraumlenker (15) geführt ist, das Ganze derart, daß bei einer Verschwenkung des Modellraumlenkers in x- oder in y-Richtung jeweils nur die eine der beiden Achsen (19, 22) gedreht wird, während die andere vom Modellraumlenker (15) nicht beeinflußt wird.

4. Photogrammetrisches Auswertegerät nach Patentanspruch II und Unteransprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Modellraumlenker jeder Hälfte des Auswertegerätes in zwei kardanisch gelagerte Lenker (91, 97) aufgeteilt ist, welche je in einem Führungsstück (92, 98) axial verschiebbar geführt sind, die je am einen Ende einer der beiden zu drehenden Achsen (19, 22) auf einer zu dieser Achse (19 bzw. 22) senkrechten Achse gelagert sind, das Ganze derart, daß bei einer Verschiebung des Basiswagens (14) die beiden Lenker (91, 97) die Verschiebungskomponenten in x- bzw. in y-Richtung in Drehbewegungen umgewandelt auf die ihnen zugeordnete Achse (19 bzw. 22) übertragen.

5. Photogrammetrisches Auswertegerät nach Patentanspruch II und Unteransprüchen 1 und 2, da-

durch gekennzeichnet, daß der Modellraumlenker jeder Hälfte des Auswertegerätes in zwei Hebel (102, 104) aufgeteilt ist, welche je am einen Ende einer der beiden zu drehenden Achsen (19, 22) angeordnet sind und welche je an einer von zwei zueinander senkrechten, horizontalen, am Basiswagen (14) einstellbar angeordneten Führungsstangen (100, 101) geführt sind, das Ganze derart, daß die auf den Achsen (19 bzw. 22) angeordneten, an den Führungsstangen (100 bzw. 101) geführten Hebel (102 bzw. 104) bei einer Verschiebung des Basiswagens (14) die Verschiebungskomponenten in x- bzw. in y-Richtung in Drehbewegungen ihrer Achse (19 bzw. 22) umwandeln.

6. Photogrammetrisches Auswertegerät nach Patentanspruch II und Unteransprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die die Meßmarken (13) der Stereoskopoptik aufweisenden Glasplatten (79) je in einen Schieber (78) eingesetzt sind, welcher in x-Richtung verschiebbar ist, und daß zur Steuerung der Verschiebung dieses Schiebers (78) eine horizontale Führungsschiene (82) vorgesehen ist, welche auf einer vertikalen Achse (83) am Chassisrahmen (1) gelagert ist und mittels einer Einstellschraube (84) in ihrer Neigung in bezug auf die y-Richtung einstellbar ist, das Ganze derart, daß die Meßmarke (13) in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Lage in y-Richtung eine Verschiebung in x-Richtung erfährt.

Kern & Co. AG

Vertreter: J. Spälty, Zürich

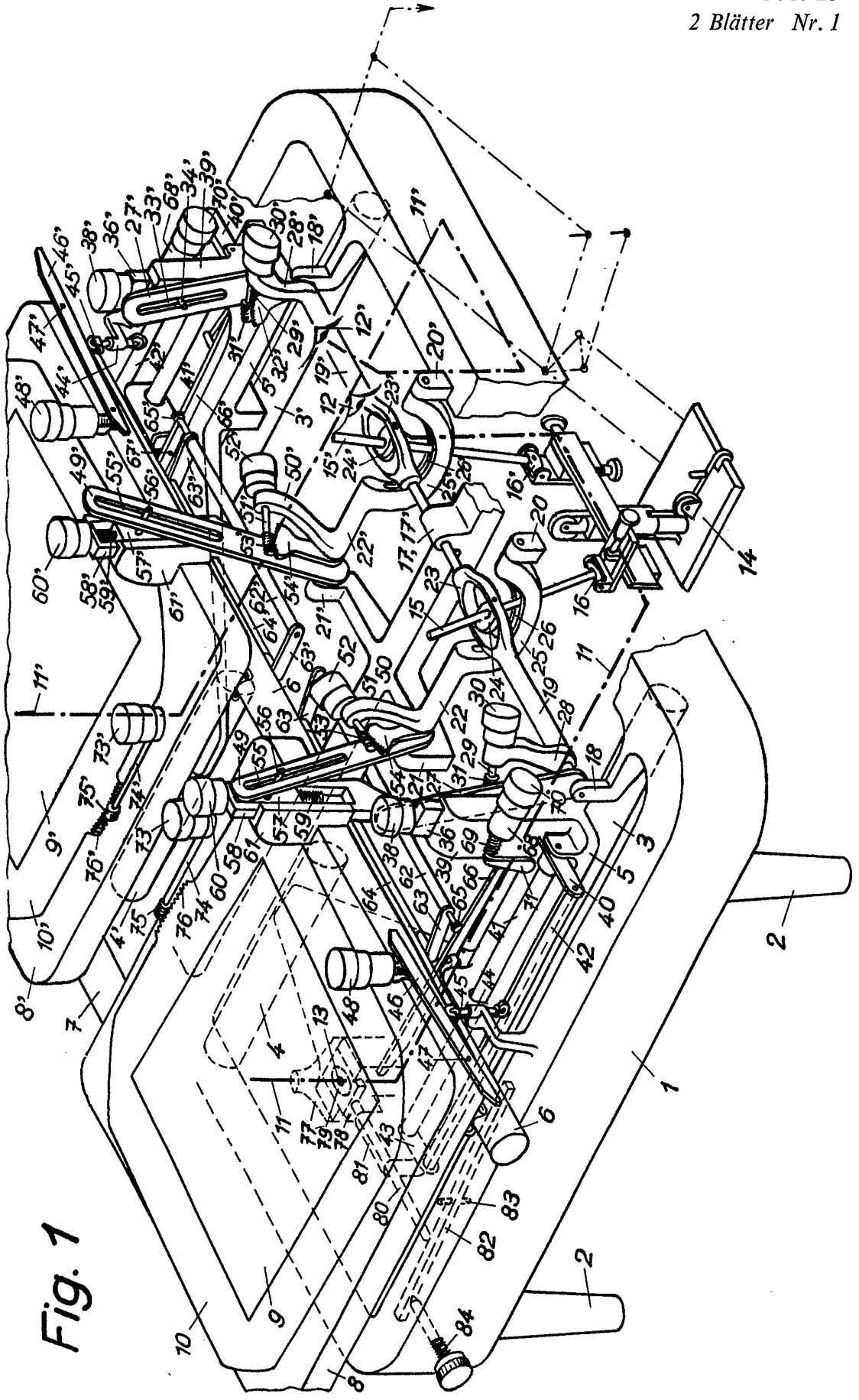


Fig. 1

Fig. 2

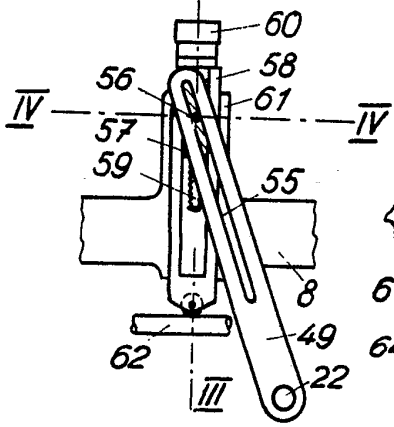


Fig. 3

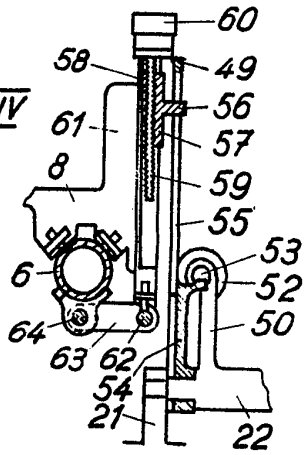


Fig. 4

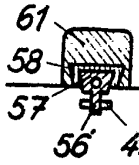


Fig. 5

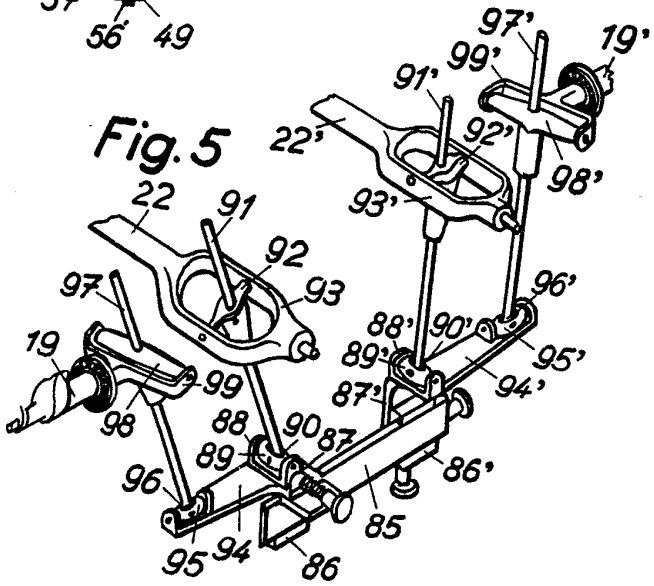
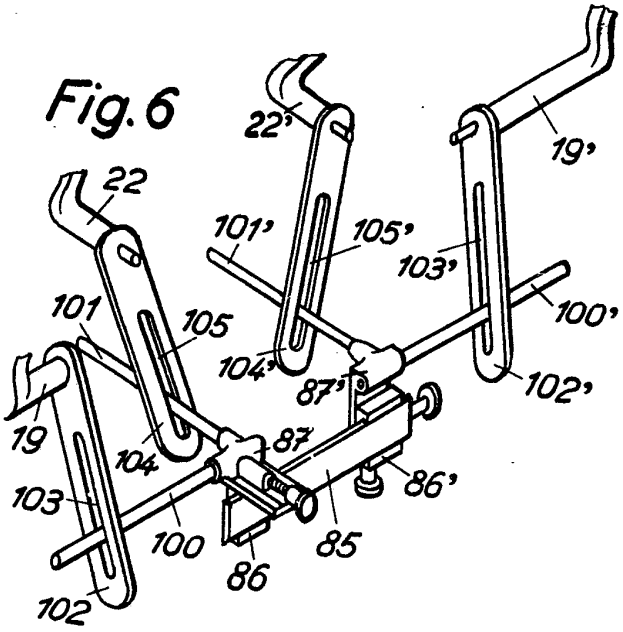


Fig. 6



Nr. 377191 PATENTSCHRIFT Nr. 377191

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung: 57 a, 7/07

Gesuchsnummer: 74737/59

Anmeldungsdatum: 22. Juni 1959, 18½ Uhr

Priorität: Niederlande, 30. Oktober 1958 (232772)

Patent erteilt: 30. April 1964

Patentschrift veröffentlicht: 15. Juni 1964

HAUPTPATENT

N. V. Optische Industrie «De Oude Delft», Delft (Niederlande)

Luftbildkamera für Reihenaufnahmen sowie Verfahren zum Betrieb derselben zur Aufnahme von Luftbildreihen hoher Bildfrequenz

Hendricus Jacobus Cornelis Nieuwenhoven, Rijswijk, und Dr. Albert Bouwers, Den Haag (Niederlande), sind als Erfinder genannt worden

Die Erfindung bezieht sich auf eine Luftbildkamera für Reihenaufnahmen auf Rollfilm, mit einem unmittelbar vor der Bildfläche angeordneten Verschluß, der zwei mit sektorförmigen Belichtungsöffnungen versehene, um eine zur optischen Achse parallele, gemeinsame Achse mit unterschiedlichen Drehzahlen kontinuierlich drehbare Scheiben aufweist, wobei die Belichtungsöffnungen periodisch die Bildfläche für eine Belichtung freigeben.

Die Erfindung bezieht sich weiter auf ein Verfahren zum Betrieb dieser Luftbildkamera, zur Aufnahme von Luftbildreihen hoher Bildfrequenz.

Es ist bereits eine Luftbildkamera der eingangs erwähnten Art bekanntgeworden, bei der ein intermittierender Filmtransport verwendet wird, das heißt, daß während jeder Aufnahme der zu belichtende Teil des Rollfilms im Bildfenster stillsteht und daß in den Zeitspannen zwischen den Belichtungen der Film mit großer Geschwindigkeit durchgezogen wird, um einen noch unbelichteten Teil des Films in das Bildfenster zu bringen. Dadurch, daß der Abstand, um welchen der Film jeweils transportiert wird, größer als die entsprechende Abmessung des Bildfensters ist, werden die aufeinanderfolgenden Aufnahmen durch unbelichtete Streifen voneinander getrennt.

Die Erfindung hat zur Aufgabe, eine Luftbildkamera einfacher Konstruktion und Handhabung zu schaffen, die den von den modernen Methoden der Luftaufklärung gestellten Forderungen gerecht wird. Diese Forderungen haben sich bekanntlich sehr erschwert durch die zunehmende Geschwindigkeit der Luftfahrzeuge und durch den Umstand, daß man Aufklärungsflüge aus Sicherheitsgründen auf geringster Höhe ausführen will. Dabei treten, wie es nachstehend noch im einzelnen erläutert werden wird, während der Belichtung so schnelle Bewegungen des Bildes relativ zum stillstehenden Film auf, daß eine befriedigende Schärfe der Aufnahme mit der oben erwähnten bekannten Kamera nicht länger zu erreichen ist.

Zur Behebung dieses Nachteiles wird die Bildbewegung vielfach dadurch kompensiert, daß man den Film während der Belichtung ebenfalls durchzieht, und zwar mit derselben Geschwindigkeit und in dieselbe Richtung wie das Bild. Zu diesem Zweck sind aber eine vorzugsweise dauernde und genaue Messung der Flughöhe und Geschwindigkeit und eine entsprechende Regelung der Filmgeschwindigkeit notwendig, was die Gesamtanlage aufwendig oder schwierig in der Handhabung macht.

Die Luftbildkamera gemäß der Erfindung, welche die genannten Nachteile nicht oder in geringerem Maß besitzt, ist durch eine Transporteinrichtung für den Rollfilm gekennzeichnet, die den Film während einer Reihe von Aufnahmen ununterbrochen mit konstanter Geschwindigkeit durch die Bildfläche führt und in solcher Weise mit den Verschlußscheiben gekoppelt ist, daß in den Zeitspannen zwischen zwei Belichtungen der Film jeweils um einen Abstand größer als die Bildhöhe verschoben wird.

In der normalen Anwendung der erfindungsgemäßen Luftbildkamera kann der Film schneller ablaufen als es der Bildgeschwindigkeit entspricht, damit bei dieser Kamera wie bei der eingangs erwähnten bekannten Kamera die aufeinanderfolgenden Bilder durch unbelichtete Streifen voneinander getrennt sind. Da man aber selbstverständlich den Wunsch hat, das überflogene Gelände wenigstens lückenlos zu photographieren, bedeutet dies, daß der Film das bewegende Bild dauernd «überholen» muß, damit, wenn

das belichtete Filmstück durch das nächste zu belichtende Filmstück ersetzt worden ist, das Bild gerade um die Bildhöhe aufgeschoben ist.

Dies gilt in verstärktem Maß, wenn man zur Erleichterung des Vergleiches der nacheinander folgenden Bilder und zur Erhöhung der Sicherheit den Wunsch hat, daß die abgebildeten Geländeteile einander von Bild zu Bild überlappen. Daher ist das erfindungsgemäße Verfahren zum Betrieb der Luftbildkamera zur Aufnahme von Luftbildreihen hoher Bildfrequenz dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera im Luftfahrzeug derart gehalten wird, daß die Filmantriebsrichtung im wesentlichen übereinstimmt mit der Bewegungsrichtung des Bildes infolge der Geschwindigkeit des Luftfahrzeuges relativ zum überflogenen Gelände, und daß die Filmgeschwindigkeit so hoch gewählt wird, daß aufeinanderfolgende Bilder Geländeabschnitte wiedergeben, welche einander überlappen.

Im Verfahren gemäß der Erfindung wird somit eine neuartige Technik der Bildbewegungskompensation verwirklicht, die mit dem Begriff der «Überkompensation» angedeutet werden kann. Dabei wird im Vergleich zur bekannten Kamera mit intermittierend durchgezogenem Film der Einfluß der relativen Vorwärtsbewegung verringert, und zwar dadurch, daß der Film mit einer Geschwindigkeit bewegt wird, die zwar höher ist als jene des Bildes, jedoch nur so viel höher, als es der gegebenen Separation sowie dem gewünschten Überlappungsgrad der Aufnahmen entspricht. Beträgt z. B. die Separation in einem bestimmten Fall 10% des Bildformates und wünscht man eine Überlappung von ebenfalls 10%, so stellt sich die relative Bildgeschwindigkeit nur noch auf $^1/_5$ von der mit stillstehendem Film. Die Notwendigkeit einer genauen Regelung der Filmgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Flughöhe und Fluggeschwindigkeit kann damit entfallen, da Abweichungen des Überlappungsgrades innerhalb weiter Grenzen nicht stören. Die restliche relative Bildbewegung kann mittels des Scheibenverschlusses, der genügende kurze Belichtungszeiten liefern kann, in solcher Weise beherrscht werden, daß keine merkliche Unschärfe in den Aufnahmen auftritt. Die bei Anwendung der Überkompensierung erforderlichen Belichtungszeiten sind einerseits genügend kurz, um außer der restlichen Vorwärtsbewegung auch viele andere Unschärfequellen, wie die unregelmäßigen Bewegungen des Luftfahrzeuges, auszuschalten, sie sind aber anderseits genügend lang, um auf den derzeit zur Verfügung stehenden Filmmaterialien ausreichend geschwärzte Aufnahmen machen zu können.

Die Kamera gemäß der Erfindung kann so ausgebildet sein, daß sie nur kontinuierlich bewegte Teile enthält; dadurch ist eine hohe Aufnahmefrequenz ohne weiteres erreichbar und sind Schwingungen ausgeschlossen. Ein weiterer wichtiger Vorteil der Überkompensationstechnik ist der, daß im Bilde auftretende, erhebliche Unterschiede in örtlicher Geschwindigkeit, sowohl nach Richtung wie nach Größe, nicht zu merklicher Unschärfe führen, so daß die Kamera, außer zu rein vertikalen Aufnahmen, auch zu Schiefaufnahmen geeignet ist, während weiter Höhenunterschiede im Gelände wenig oder gar keinen nachteiligen Einfluß haben.

Kameras, bei denen ein Rollfilm während einer aufnahme mit konstanter Geschwindigkeit durchgezogen wird, sind zwar an sich schon bekannt gewesen, sie sind aber niemals in Verbindung mit einem Verschluß mit zwei Belichtungsöffnungen aufweisenden Scheiben als Luftbildkamera für Reihenaufnahmen zur Lösung des vorstehend beschriebenen Problems herangezogen worden.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Kamera gemäß der Erfindung schematisch dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 eine Vorderansicht eines Doppelscheibenverschlusses für eine Luftbildkamera,

Fig. 2 einen Längsschnitt einer solchen Luftbildkamera,

Fig. 3 eine Draufsicht, teilweise im Schnitt, nach der Linie III–III in Fig. 2,

Fig. 4 eine Verschlußanordnung als Abwandlung der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform mit drei umlaufenden Scheiben.

Gemäß der Zeichnung, in welcher gleichartige Teile dieselben Überweisungszahlen haben, besitzt eine Scheibe 1 (Fig. 1) mit einem Durchmesser von beispielsweise 186 mm, eine sektorförmige Belichtungsöffnung 2 von solcher radialer Länge, daß ein Bildfenster 3 belichtet werden kann. Die Öffnung 2 ist durch einen Winkel von 3° begrenzt. Wenn daher die Scheibe 1 mit einer Geschwindigkeit von beispielsweise 10 000 Umdrehungen in der Minute um eine Achse 6 gedreht wird, wird eine Belichtungszeit von 50 Mikrosekunden erhalten. Eine Belichtungszeit von $^1/_{1000}$ sec verlangt eine Drehzahl von nur 500 U/min. Es ist somit ersichtlich, daß Belichtungszeiten von der Größenordnung von 1000 μsec bis hinunter zu ungefähr 50 μsec oder sogar noch weniger mit dieser Anordnung erzielbar sind, da konstante Drehzahlen bis zu 10 000 U/min in der Praxis leicht erreichbar sind.

Um zu verhindern, daß der Film bei jeder Umdrehung der Scheibe 1 belichtet wird, ist eine zweite Scheibe 4 in axialem Abstand von der Scheibe 1 vor derselben angeordnet. Die Scheibe 4 ist um dieselbe Achse wie die Scheibe 1 drehbar und wird mit einer Drehzahl angetrieben, welche höher oder niedriger als diejenige der Scheibe 1 ist. In der Scheibe 4 ist eine sektorförmige Öffnung 5 vorgesehen, die durch einen Winkel begrenzt ist, welcher größer ist als derjenige der Öffnung 2 in der Scheibe 1. Wenn angenommen wird, die Scheibe 1 laufe mit 9000 U/min um und die Scheibe 4 mit 8100 U/min, so ist es klar, daß einmal für zehn Umdrehungen der Scheibe 1 die Öffnung 2 mit der Öffnung 5 in der Scheibe 4 übereinstimmt. Wenn die Scheiben 1 und 4 richtig eingestellt sind, wird diese Übereinstimmung während der Zeit eintreten, während welcher die Öffnung 2

mit dem Bildfenster übereinstimmt oder auf dasselbe ausgerichtet ist, und entsprechend erfolgt eine Belichtung. Beim beschriebenen Beispiel muß die Öffnung 5 in der Scheibe 4 einen Winkel von etwa 12° bedekken, um sicherzustellen, daß die Öffnung 2, welche die Belichtungszeit bestimmt, während der ganzen Belichtungszeit frei ist, während beim nächsten Umlauf die Öffnung 2 wieder ganz von der Scheibe 4 überdeckt ist.

Nach den Fig. 2 und 3 trägt der Linsentubus 7 der Kamera das Linsensystem 7'. Der Linsentubus 7 wird vom Kameragehäuse 8 getragen, in welchem Filmspulen 9 und 10 und der Antriebsmechanismus für den Film und die Verschlußscheiben 1 und 4 untergebracht sind.

Wenn angenommen wird, daß mit dem Verschluß mit den oben angegebenen Daten der Film mit einer Geschwindigkeit von 90 cm/sec bewegt wird, so werden die aufeinanderfolgenden Belichtungen auf dem Film durch unbelichtete, vier Millimeter breite Streifen getrennt sein. Wenn zudem das Flugzeug auf einer Höhe von beispielsweise 50 Metern und mit einer Geschwindigkeit von etwa 300 m/sec fliegt und das Objektiv der Kamera eine Brennweite von zehn Zentimeter besitzt, wird sich das Bild mit einer Geschwindigkeit von etwa 60 cm/sec durch die Bildebene bewegen. Da die Belichtungszeit etwa 50 μsec beträgt, liegt die sich aus der Relativbewegung ergebende Unschärfe in der Größenordnung von

$$50 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot 40^4 = 15\ \mu,$$

was für den beabsichtigten Zweck völlig ausreicht. Die aufeinanderfolgenden Bilder zeigen Geländeteile, die sich gegenseitig etwa 25 % überlappen.

Zurückkommend auf die Fig. 2 und 3, ist die Scheibe 1 dicht bei der Bildebene auf einer hohlen Welle 11 gelagert. In dieser Welle ist eine Welle 12 für die Scheibe 4 vorgesehen. Der Antriebsmechanismus, der schematisch dargestellt ist, weist einen Elektromotor 13 auf, der mit einem Kraftverteilgehäuse 14 gekuppelt ist, von dem aus die Wellen 11 und 12 der Verschlußscheiben 1 und 4 und eine Antriebswelle 15 für eine Filmsprossenrolle 16 angetrieben werden. Die Verbindung zwischen der Antriebswelle 15 und der Rolle 16 erfolgt über ein Winkelgetriebe 17.

Zwischen der Filmgeschwindigkeit und den Geschwindigkeiten der Verschlußscheiben 1 und 4 kann im allgemeinen ein konstantes Verhältnis aufrechterhalten werden. Wenn angenommen wird, daß bei einer Änderung der Fluggeschwindigkeit v oder der Flughöhe h oder beider, die Geschwindigkeit $\frac{v}{h} f$ (worin f die Brennweite der Kamera ist) des Bildes in der Bildebene mit einem Faktor $k > 1$ multipliziert werde, so müssen die Filmgeschwindigkeit und die Wiederholfrequenz mit demselben Faktor k multipliziert werden, wenn der Überlappungsfaktor und die Zwischenräume zwischen aufeinanderfolgenden Bildern gleich bleiben sollen.

Entsprechend wird auch die Differenz der Geschwindigkeiten von Bild und Film ebenfalls mit dem Faktor k multipliziert. Es ist offensichtlich, daß, um eine Erhöhung der sich ergebenden Unschärfe zu vermeiden, die Belichtungszeit vorzugsweise durch den Faktor k geteilt wird, was bedeutet, daß die Drehgeschwindigkeit und die Wiederholfrequenz multipliziert werden sollte.

Auf diese Weise kann die Konstruktion des Antriebsmechanismus sehr einfach sein zufolge der Tatsache, daß alle angetriebenen Teile eine feste Kupplung mit diesem Mechanismus haben können, und daß keine Notwendigkeit besteht, dieselben einzeln zu steuern. Die Steuerung der Kamera besteht nur noch in der Änderung, durch übliche Mittel, der Drehzahl des Elektromotors 13, proportional zum Quotienten der Fluggeschwindigkeit v und der Flughöhe h. Außerdem besteht keine Notwendigkeit einer genauen Messung des tatsächlichen Wertes dieser Quotienten, wie im Falle der gebräuchlichen Kameras mit Bildbewegungskompensation, zufolge der Tatsache, daß wegen der extrem kurzen Belichtung die durch eine mögliche Ungenauigkeit verursachte zusätzliche Unschärfe innerhalb weiter Grenzen die Bildqualität nicht beeinträchtigt.

Es ist klar, daß im Falle fester Beziehungen zwischen den verschiedenen betreffenden Geschwindigkeiten die Anpassung der Kamera an die herrschenden Lichtbedingungen mit Hilfe einer Objektivblende zu erreichen ist.

Die kürzeste Belichtungszeit wird daher so gewählt, daß bei vergleichsweise ungünstigen Lichtverhältnissen und dem in Betracht kommenden Film brauchbare Bilder hergestellt werden können, wenn die Blende auf maximaler Öffnung steht. Dadurch wird für eine gegebene maximale Bildgeschwindigkeit und einen gegebenen Überlappungsfaktor die Unschärfe, die sich aus der Bild- und Filmgeschwindigkeit ergibt, bestimmt. Mit abnehmendem $\frac{v}{h}$-Verhältnis nehmen Verschluß- und Filmgeschwindigkeit proportional zur Bildgeschwindigkeit ab, wodurch der Überlappungsfaktor und die Unschärfe konstant bleiben. Die Objektivblendenöffnung wird gleichzeitig verkleinert, um die zunehmende Belichtungszeit zu korrigieren.

Der Film 18 (Fig. 2 und 3) wird in der Längsrichtung von der Vorratsrolle 9 über eine Führungsrolle 19 zum Bildfenster gefördert. Hier wird der Film zwischen einer planparallelen Glasplatte 20 und einer Platte 21 hindurchgezogen, die sich von der Glasplatte 20 in einem solchen Abstand befindet, daß der Film an allen Stellen des Bildfeldes im Tiefenschärfenbereich des Objektivs liegt. Der Film wird mittels einer Sprossenrolle 16, die mit Gegenrollen 23 zusammenarbeitet, über eine Führungsrolle 22 transportiert und von der Aufnahmespule aufgenommen.

Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt, ist das Objektiv 7' mit einem Verschluß 24 von beliebiger, bekannter Art versehen, durch welchen eine Reihe

aufeinanderfolgender Belichtungen begonnen und abgeschlossen werden kann.

Der Verschluß kann geöffnet werden, wenn der Antriebsmechanismus und die damit gekuppelten Teile die erforderliche Geschwindigkeit erreicht haben und, sobald genügend Belichtungen erfolgt sind, durch bekannte, nicht dargestellte Mechanismen wieder geschlossen. Vorzugsweise kann eine (nicht dargestellte) elektromagnetische Kupplung zwischen der Filmantriebswelle 15 und den übrigen Teilen des Antriebsmechanismus vorgesehen sein, wodurch die Filmbewegung sofort, nachdem der Motor 13 und die Verschlußscheiben 1 und 4 die erforderliche Geschwindigkeit erreicht haben, eingeschaltet werden kann. Auf diese Weise wird ein Verlust an Film vermieden. Es ist leicht verständlich, daß die Aufgabe des Zentralverschlusses 24 auch durch ein Element erfüllt werden könnte, das zusätzlich zum Paar Verschlußscheiben vor der Bildebene angeordnet ist und angehoben, gedreht oder anderswie aus dem Bündel der Lichtstrahlen bewegt werden kann, während einer Reihe von Belichtungen.

Bei der Anordnung nach Fig. 4 kann leicht dargelegt werden, daß durch Zusatz einer dritten Scheibe zu den beiden Scheiben 1 und 4, wie in bezug auf Fig. 1 beschrieben, die Wiederholfrequenz des Verschlusses auf jeden gewünschten Wert herabgesetzt werden kann. Die drei Scheiben 1, 4 und 25 besitzen die Öffnungen 2, 5 und 26.

Die Scheiben sind auf koaxialen Wellen angeordnet und werden durch einen nicht dargestellten Mechanismus mit Geschwindigkeiten von 9000, 8100 und 8250 U/min gedreht. Wie in bezug auf Fig. 1 auseinandergesetzt, wird die Öffnung 5 bei jeder zehnten Umdrehung der Scheibe 1 mit der Öffnung 2 in Deckung gelangen. Bei der Anordnung nach Fig. 4 wird aber nur jedes sechste Auftreten dieses Zustandes eine Belichtung ergeben, da die Öffnung 26 mit der Öffnung 2 bei jeder zwölften Umdrehung zur Deckung kommt. Es sind daher 60 Umdrehungen der Scheibe 1 erforderlich, bevor die Deckung der drei Öffnungen wiederholt wird, und die Wiederholfrequenz beträgt 150 Belichtungen in der Minute. Die Öffnung 26 kann sich über einen Winkel von 10,5° erstrecken, mit Rücksicht auf die leicht höhere Geschwindigkeit der Scheibe 25 verglichen mit der Scheibe 4.

PATENTANSPRÜCHE

I. Luftbildkamera für Reihenaufnahmen auf Rollfilm mit einem unmittelbar vor der Bildfläche angeordneten Verschluß, der zwei mit sektorförmiger Belichtungsöffnungen versehene, um eine zur optischen Achse parallele, gemeinsame Achse mit unterschiedlichen Drehzahlen kontinuierlich drehbare Scheiben aufweist, wobei die Belichtungsöffnungen periodisch die Bildfläche für eine Belichtung freigeben, gekennzeichnet durch eine Transporteinrichtung für den Rollfilm, die den Film während einer Reihe von Aufnahmen mit konstanter Geschwindigkeit durch die Bildfläche führt und in solcher Weise mit den Verschlußscheiben gekoppelt ist, daß in den Zeitspannen zwischen zwei Belichtungen der Film jeweils um einen Abstand größer als die Bildhöhe verschoben wird.

II. Verfahren zum Betrieb der Luftbildkamera nach Patentanspruch I, zur Aufnahme von Luftbildreihen hoher Bildfrequenz, dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera im Luftfahrzeug derart gehalten wird, daß die Filmantriebsrichtung mindestens annähernd übereinstimmt mit der Bewegungsrichtung des Bildes infolge der Geschwindigkeit des Luftfahrzeuges relativ zum überflogenen Gelände, und daß die Filmgeschwindigkeit so hoch gewählt wird, daß aufeinanderfolgende Bilder Geländeabschnitte wiedergeben, welche einander überlappen.

N. V. Optische Industrie «De Oude Delft»
Vertreter: Kirchhofer, Ryffel & Co., Zürich

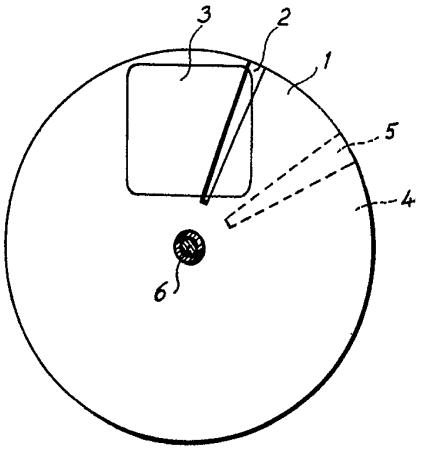


Fig. 1

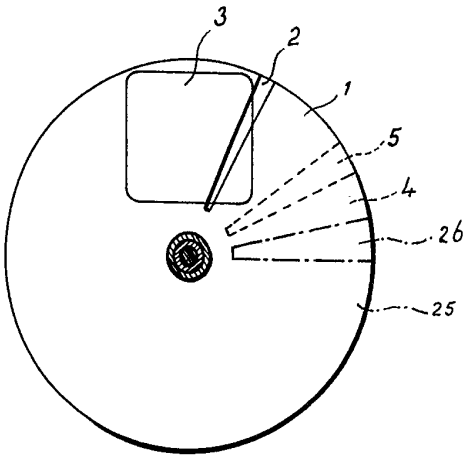


Fig. 4

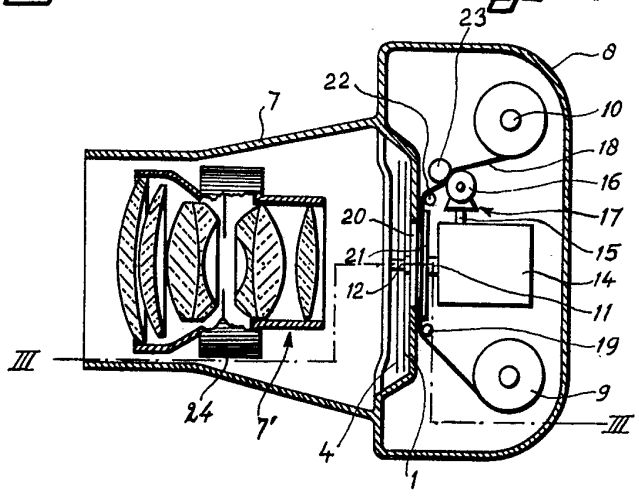


Fig. 2

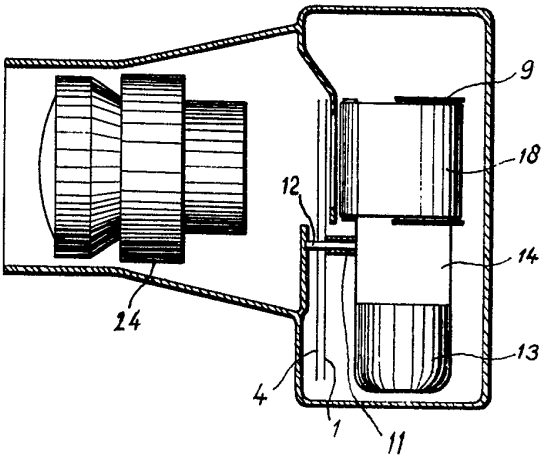


Fig. 3

Nr. 383143 PATENTSCHRIFT Nr. 383143

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung: 57 a, 6/02

Gesuchsnummer: 1255/60

Anmeldungsdatum: 4. Februar 1960, 12¼ Uhr

Priorität: USA, 6. Februar 1959 (791628)

Patent erteilt: 15. Oktober 1964

Patentschrift veröffentlicht: 31. Dezember 1964

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

HAUPTPATENT

The Perkin-Elmer Corporation, Norwalk (Conn., USA)

Luftbild-Panoramakamera

Roderic M. Scott, Stamford (Conn., USA), ist als Erfinder genannt worden

Die Erfindung betrifft eine Luftbild-Panoramakamera mit kontinuierlich ablaufendem Film und kontinuierlich umlaufenden Spiegelmitteln.

Es sind kinematographische Panoramakameras bekannt, bei denen der Film kontinuierlich an einem Spalt vorbeiläuft und vor dem Spalt gleichzeitig mittels eines rotierenden reflektierenden Gliedes und einer ebenfalls rotierenden Abbildungsoptik ein reelles Bild eines aufzunehmenden Panoramas erzeugt und vorbeibewegt wird. Auf diese Weise kann man ein Panorama über einen Winkelbereich von 360° erzeugen. Wenn man aber nur einen Winkelbereich von 180° überstreichen will, dann muß man bei diesen Kameras den Film periodisch anhalten, oder es entsteht ein unerwünschter toter Abstand zwischen den Bildern, welcher zu unnötigem Filmverbrauch führt.

Für Luftbild-Panoramakameras ist aber in der Tat nur ein Winkelbereich von 180° interessant, und dementsprechend haben bekannte Kameras dieser Art den Nachteil, daß der Filmvorschub diskontinuierlich erfolgt. Durch die Anlauf- und Abbremserschütterungen, die entstehen, wenn der Film aus der Ruhelage auf seine normale Vorschubgeschwindigkeit beschleunigt oder von dieser wieder beim Erreichen des Bildendes abgebremst werden muß, entstehen Vibrationen, welche die Bildgüte und das Auflösungsvermögen verschlechtern. Das gleiche gilt für die übrigen Teile der Kamera.

Es ist bekannt, bei Panoramakameras mit kontinuierlich umlaufenden Spiegelmitteln das Abwickeln des Films von der Abwickelspule und das Aufwickeln auf die Aufwickelspule kontinuierlich zu bewirken, während der Film im Bereich der Bildbühne ungleichförmig, nämlich mit Pausen gefördert wird. Zum Ausgleich der Bewegungsunterschiede sind zwischen der Bildbühne und den Filmspulen jeweils Schleifen des Films vorgesehen, welche diese Ungleichförmigkeiten aufnehmen. Solche Schleifen sind störend und machen die Kamera unerwünscht sperrig. Auch müssen dabei ebenfalls die Filmtransportmittel und der Film im Bereich der Bildbühne angehalten und wieder beschleunigt werden, was die geschilderten unerwünschten Folgen hat.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diese Nachteile der bekannten Luftbild-Panoramakameras zu vermeiden und eine Kamera zu schaffen, bei welcher es ermöglicht wird, trotz Abtastung eines Winkels kleiner als 360° den Filmvorschub kontinuierlich erfolgen zu lassen und auch die sonstigen Teile kontinuierliche Bewegungen ausführen zu lassen, ohne daß anderseits tote Zonen auf dem Film entstehen.

Das wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die Spiegelmittel das aufzunehmende Panorama abwechselnd in die Strahlengänge zweier Abbildungssysteme einspiegeln.

Wenn z. B. eine solche Kamera in den Boden eines Flugzeugrumpfes eingebaut ist, erfassen die kontinuierlich umlaufenden Spiegelmittel ein Panorama von Horizont zu Horizont unterhalb der Kamera, also einen Winkelbereich von 180°, auf einem Winkelweg von 90°. Während der nächsten 90°-Drehung würden sie den Halbkreis oberhalb der Kamera erfassen und in den gleichen Abbildungsstrahlengang einspiegeln, weshalb der letztere während dieses Winkelweges durch einen Verschluß unterbrochen ist. Da aber der Film währenddessen weiter kontinuierlich abläuft, ist ein zweites Abbildungssystem vorgesehen, in welches während dieses Winkelweges der Spiegelmittel das unterhalb der Kamera liegende Panorama eingespiegelt wird. Der kontinuierlich ablaufende Film wird somit voll ausgenutzt.

Die Erfindung ist im folgenden an Hand eines in

den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 ist ein schematischer Schnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer Kamera nach der Erfindung, und zwar senkrecht zur Flugrichtung.

Fig. 2 veranschaulicht die Wirkungsweise der Spiegelmittel.

Fig. 3*A* und 3*B* veranschaulichen Mittel zur Erzielung einer gleichmäßigen Überdeckung aufeinanderfolgender Bilder.

Fig. 4 zeigt schaubildlich den Mechanismus zur Bewegung der einzelnen Teile der Kamera.

In Fig. 1 ist mit 10 ein Filmstreifen bezeichnet, welcher von einer Filmabwickelspule 11 auf eine Aufwickelspule 12 gefördert wird. Hinter der Abwickelspule läuft der Film zwischen einem Rollenpaar 13, 14 hindurch, die an die beiden Seiten des Films angepreßt werden. Die Rolle 14 wird angetrieben und dient dazu, den Film von der Abwickelspule abzuziehen. Ein Filmmeßsystem 15 regelt die Filmgeschwindigkeit, so daß der Film mit einer gleichförmigen Vorschubgeschwindigkeit und unter konstanter Spannung gefördert wird. Hinter der Einheit 15 läuft der Film zwischen Rollen 16 und 17 hindurch, hinter einem ersten Spalt 18 entlang, um eine Rolle 19 herum, hinter einem zweiten Spalt 21 entlang und zwischen Rollen 22 und 23 hindurch. Die Rolle 23 ist die Filmantriebsrolle, welche zusammen mit der Rolle 22 den Film an den Spalten vorbeifördert.

Der Film wird dann von einer Filmmeßvorrichtung 24 aufgenommen und der Aufwickelspule 12 zugeführt. Die Filmmeß- und Regelvorrichtungen 15 und 24 können jede geeignete Form haben, und da die Einzelheiten derselben keinen Teil der vorliegenden Erfindung bilden, sind sie hier in Blockform dargestellt. Sie können einen von dem Film angetriebenen Drehzahlgeber enthalten, von welchem der Motor 44 regelbar ist. Zum Ausgleich von Ungleichförmigkeiten im Antrieb werden üblicherweise Schleifen in dem Film gebildet, und es sind Fühler vorhanden, welche diese Filmschleifen abtasten und dafür sorgen, daß diese Schleifen stets erhalten bleiben. Die Anordnung kann ähnlich getroffen werden, wie in der USA-Patentschrift Nr. 2 593 088.

Das Abtastprisma 25 ist auf einer Welle 26 gelagert, welche mit gleichförmiger Geschwindigkeit angetrieben wird. Das kann über ein Getriebe von dem Filmvorschubantrieb aus geschehen, wie das in Fig. 4 dargestellt ist. Die Welle der Filmantriebsrolle 14 ist über Kegelräder mit einer senkrechten Welle 48 gekoppelt, die ihrerseits das Prisma über einen zweiten Satz von Kegelrädern in Drehung versetzt. Es ist selbstverständlich, daß man auch andere Kupplungsanordnungen benutzen könnte, um die nötige Synchronisierung zwischen Filmvorschub und Prismendrehung sicherzustellen. Das Abtastprisma besteht aus zwei rechtwinkligen Prismen, deren Hypotenusenflächen aneinanderliegen, so daß eine reflektierende Fläche gebildet wird. Ein erster Strahlengang enthält ein Objekt 27, welches neben dem Abtastprisma angeordnet ist und dessen optische Achse unter einem Winkel Θ gegen die Horizontale geneigt ist. Das abgetastete Bild wird durch einen Spiegel 28 und eine Feldlinse 29 auf den Spalt 18 geleitet. Der zweite Strahlengang ist in seinem Aufbau symmetrisch zu dem ersten und enthält ein Objekt 31, einen Spiegel 32 und eine Feldlinse 33. Wie in Fig. 1 dargestellt ist, sind in den zwei Strahlengängen Verschlüsse 34 und 35 angeordnet, welche mit dem Prisma synchronisiert sind. Es ist eine Fensteranordnung, bestehend aus den Fenstern 36, 37 und 38, vorgesehen. Diese würde auf dem Boden des Flugzeuges, in welches die Kamera eingebaut wird, angeordnet sein. Das Abtastprisma 25 wird gegen den Uhrzeigersinn gedreht, wie das durch den Pfeil 70 angedeutet ist. Wenn das Prisma in dieser Weise rotiert, leitet seine reflektierende Fläche 41 das Bild eines Geländestreifens von Horizont zu Horizont auf einen der Strahlengänge.

Dann wird, nachdem das Prisma um einen vorgegebenen Winkel weiter gedreht wird, der nächste Geländestreifen abgetastet, und dessen Bild gelangt über den zweiten Strahlengang auf den Film. Die so erzeugten Bilder treten jeweils durch einen der Spalte 18 oder 21, die parallel zur Flugrichtung liegen, also senkrecht zur Papierebene in Fig. 1.

Da die Abtastung des Geländes durch Drehung eines Prismas mit einer reflektierenden Fläche erfolgt, bewegt sich das Bild mit der doppelten Umlaufgeschwindigkeit des Prismas. Die lineare Geschwindigkeit des Bildes ist die Umlaufgeschwindigkeit, ausgedrückt in Radiant pro Zeiteinheit, mal Brennweite. Damit das pohtographische Bild scharf wird, muß der Film mit einer linearen Geschwindigkeit transportiert werden, die gleich der des Bildes ist. Eine weitere Folge der Tatsache, daß das Bild mit der doppelten Umlaufgeschwindigkeit des Prismas wandert, ist, daß das Gelände bei jeder Umdrehung des Prismas zweimal abgetastet wird. In Fig. 2 ist die Achse der Objektive 27 und 31 unter einem Winkel Θ nach oben geneigt. Obwohl dies nicht unbedingt nötig ist, gestattet eine solche Anordnung doch, daß jedes Objektiv unter dem andern hindurchblicken kann, um die Horizontalrichtung noch mit zu erfassen. Wenn die Spiegelfläche 41 unter einem Winkel $\Theta/2$ vor der Vertikalen steht, wird die linke Horizontalrichtung auf das Objektiv 27 längs deren optischer Achse gelenkt und der Verschluß 34 öffnet. Nachdem der Spiegel einen Winkelweg von 90° durchlaufen hat und $\Theta/2$ vor der waagrechten Lage steht, wird die rechte Horizontalrichtung längs der optischen Achse des Objektivs 27 reflektiert und der Verschluß 34 schließt. In der Mitte zwischen diesen beiden Stellungen geht der Spiegel durch eine Winkellage hindurch, bei welcher ein Punkt direkt unterhalb der Kamera in die optische Achse des Objektivs 27 reflektiert wird, wie das durch die strichpunktierte Linie 41 in Fig. 2 dargestellt ist. Im weiteren Verlauf der Drehung, wenn der Spiegel in dem Prisma

in eine Lage $\Theta/2$ nach der Horizontalen gelangt ist, wird die linke horizontale Richtung in die optische Achse des Objektivs 31 reflektiert und der Verschluß 35 öffnet. Nach weiterer 90°-Drehung gelangt der Spiegel in eine Stellung $\Theta/2$ nach der Vertikalen und dann wird die rechte horizontale Richtung in die optische Achse des Objektivs 31 reflektiert und der Verschluß 35 schließt. Da dies bei einem Winkel geschieht, der um Θ gegenüber der Ausgangsstellung versetzt ist, tritt eine Überschneidung zwischen den Belichtungen durch die Linse 27 und die Linse 31 ein. Der Verschluß 34 öffnet, wenn der Spiegel in einem Winkel $\Theta/2$ vor der Vertikalen steht und der Verschluß 35 schließt nicht ehe der Spiegel $\Theta/2$ nach der Vertikalen steht. Während das abgetastete Bild auf das Objektiv 31 geleitet wurde, durchlief der Spiegel eine Lage, in welcher ein Objekt direkt unterhalb der Kamera in die optische Achse des Objektivs gespiegelt wurde. Diese Lage ist durch die ausgezogene Linie in Fig. 2 dargestellt. Es ist klar, daß der Winkel zwischen den zwei Stellungen des Spiegels, in welchen das Nadir erst auf die Achse des ersten Objektivs 27 und dann auf die Achse des Objektivs 31 gespiegelt wird, $\frac{\pi}{a} + \Theta$ ist während der Winkel zwischen den zwei Stellungen, in denen das Nadir erst auf Objektiv 31 und dann auf Objektiv 27 gespiegelt wird, $\frac{\pi}{a} - \Theta$ ist. Da diese zwei Winkel sich um 2Θ unterscheiden, und da das Prisma sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit dreht, werden die Nadirpunkte nicht in gleichen Zeitintervallen erfaßt. Der Film bewegt sich auch mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit. Somit würde der Abstand auf dem Film zwischen entsprechenden Punkten auf benachbarten Bildern nicht gleich sein, wenn nicht die Bilder räumlich verschoben würden. Das wird durch eine Versetzung der Spalte 18 und 21 erreicht, derart, daß der Abstand zwischen ihnen längs des Filmweges 2Θ Radiant mal Brennweite ist.

Da die Zeitabschnitte zwischen aufeinanderfolgenden Bildern nicht gleich sind, und das Flugzeug, in welches die Kamera eingebaut ist, mit konstanter Geschwindigkeit fliegt, ist Vorsorge für die Kompensation der ungleichen Bildüberlappungen getroffen worden, die sonst auftreten würden. Bei einer Prismendrehung von Φ Radiant pro Sekunde kann das Zeitintervall zwischen aufeinanderfolgenden Bildern wie folgt dargestellt werden:

$$\Delta t = \frac{\pi/2 + \Theta}{\Phi}$$

Für die Objektive hat sich ein Neigungswinkel von ungefähr 15° als zweckmäßig erwiesen. Somit wird

$$\Delta t = \frac{\pi(6 \pm 1)}{12\Phi},$$

so daß die Zeitabstände zwischen den Bildern im Verhältnis 5 : 7 abwechseln. Wenn dabei jede Linse auf der Filmmittellinie zentriert wäre, so würde die Überdeckung der Bilder sich im selben Verhältnis abwechselnd ändern. Da aber eine konstante, gleichförmige Überdeckung wünschenswert ist, sind die Objektive 27, 31 in Flugrichtung oder senkrecht zur Ebene von Fig. 1 gegeneinander versetzt.

Das Objektiv 27 ist etwas nach hinten und das Objektiv 31 etwas nach vorn in Flugrichtung verschoben, um eine konstante Überdeckung von aufeinanderfolgenden Bildern zu erhalten. Das sieht man deutlich aus Fig. 3*A*, in welcher die Bildfeldüberschneidung ohne Linsenverschiebung dargestellt ist. Wenn beispielsweise eine 55%ige Überdeckung verlangt wird, so ist das Bild bei jeder nachfolgenden Abtastung um 45% der Filmbreite gegenüber der vorangehenden Abtastung verschoben, oder 90% für das einer ganzen Umdrehung entsprechende Intervall von zwei Abtastungen. Bei dem obigen Beispiel, bei dem sich das Zeitintervall im Verhältnis von 5 : 7 ändert, würde die tatsächliche Bildverschiebung ohne Linsenversetzung sich zwischen 37½% und 52½% der Filmbreite ändern. Um eine konstante Überschneidung bei diesem Beispiel zu erzielen, sind die Objektive im Abstand der halben Differenz oder 7½% voneinander angeordnet, um so eine 45%ige Bildverschiebung oder die verlangte 55%ige Überdeckung zu erhalten.

Das ist in Fig. 3*B* dargestellt, in welcher 42 die Bildmittellinie für die Abtastung durch das Objektiv 31 bezeichnet, welche leicht nach vorn geneigt ist, und die Linie 43 die Bildmittellinie für die Abtastung durch das Objektiv 27, die leicht nach rückwärts versetzt ist. Man sieht so, daß diese zwei aufeinanderfolgenden Bilder, welche ohne Versetzung der Objektive sich zu 47% überdecken würden, nun zu 55% überdeckt. Wenn dann das Bild wieder auf das Objektiv 31 geleitet wird, welches nach vorn versetzt ist, so ist die Bildüberdeckung mit dem vorangehenden Bild ebenfalls 55%.

Es ist zu berücksichtigen, daß durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeuges längs seiner Flugbahn während jeder Streifenabtastung eine relative Bildbewegung stattfindet. Es hat sich gezeigt, daß diese Erscheinung bequem dadurch kompensiert werden kann, daß die Objektive 27 und 31 senkrecht zur Flugrichtung und synchron mit dem umlaufenden Prisma hin und her bewegt werden. Bei der Abtastung nach der Erfindung ist die Bildbewegung sinusförmig, wobei die maximale Geschwindigkeit im Nadir auftritt. Diese Kompensation der Bildbewegung kann durch harmonische Bewegung der Objektive 27, 31 mittels Vorrichtungen bewirkt werden, die mit dem Antrieb für das Prisma gekoppelt sind.

Fig. 4 stellt ein Mittel zur Erzielung harmonischer Bewegung der Objektive synchron mit dem rotierenden Prisma dar. Ein Motor 44 dreht eine Welle 45, welche die Filmantriebsrolle 14 treibt. Über das mechanische Getriebe, bestehend aus den Kegelrädern 46, 47, der Welle 48, den Kegelrädern

49, 51 und der Welle 52, wird das Prisma 25 synchron mit der Filmantriebsrolle gedreht. Ein Kegelrad 53 auf der Welle 48 greift in ein Paar von Zahnrädern 54, 55 ein, welche auf Wellen 56 bzw. 57 sitzen und Scheiben 58 bzw. 59 in Drehung versetzen. Jede dieser Scheiben hat einen Zapfen, wie der Zapfen 61 der Scheibe 59, welcher von einem geschlitzten Teil 62 und 63 umfaßt wird. Jedes dieser Teile ist mit einer Schubstange 64 bzw. 65 verbunden. Somit wird durch die Rotation der Scheiben den Objektiven 31 und 27 eine harmonische Bewegung erteilt, so daß sie in Führungsbahnen 66 bzw. 67 hin und her bewegt werden.

PATENTANSPRUCH

Luftbild-Panoramakamera mit kontinuierlich ablaufendem Film und kontinuierlich umlaufenden Spiegelmitteln, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelmittel das aufzunehmende Panorama abwechselnd in die Strahlengänge zweier Abbildungssysteme einspiegeln.

UNTERANSPRÜCHE

1. Luftbild-Panoramakamera nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß in den Strahlengängen der beiden Abbildungssysteme unmittelbar vor dem Film Spaltblenden angeordnet sind.

2. Luftbild-Panoramakamera nach Patentanspruch oder Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Film mit einer Geschwindigkeit abläuft, welche der doppelten Umlaufgeschwindigkeit der Spiegelmittel multipliziert mit der Brennweite der Abbildungssysteme entspricht.

3. Luftbild-Panoramakamera nach Unteransprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptachsen der Abbildungssysteme gegenüber der Horizontalen um einen Winkel geneigt sind, und daß der längs des Films gemessene Abstand der Spalte einer Drehung der Spiegelmittel um den doppelten Neigungswinkel entspricht.

4. Luftbild-Panoramakamera nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelmittel von zwei mit ihren reflektierenden Grundflächen aneinanderliegenden Dachkantprismen gebildet werden.

5. Luftbild-Panoramakamera nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungssysteme in Richtung der Umlaufachse der Spiegelmittel gegeneinander versetzt sind.

6. Luftbild-Panoramakamera nach Unteranspruch 5, gekennzeichnet durch ein Getriebe, durch welches den Abbildungssystemen eine etwa sinusförmige Bewegung parallel zur Umlaufachse der Spiegelmittel erteilbar ist.

The Perkin-Elmer Corporation
Vertreter: Walter F. Moser, Genf

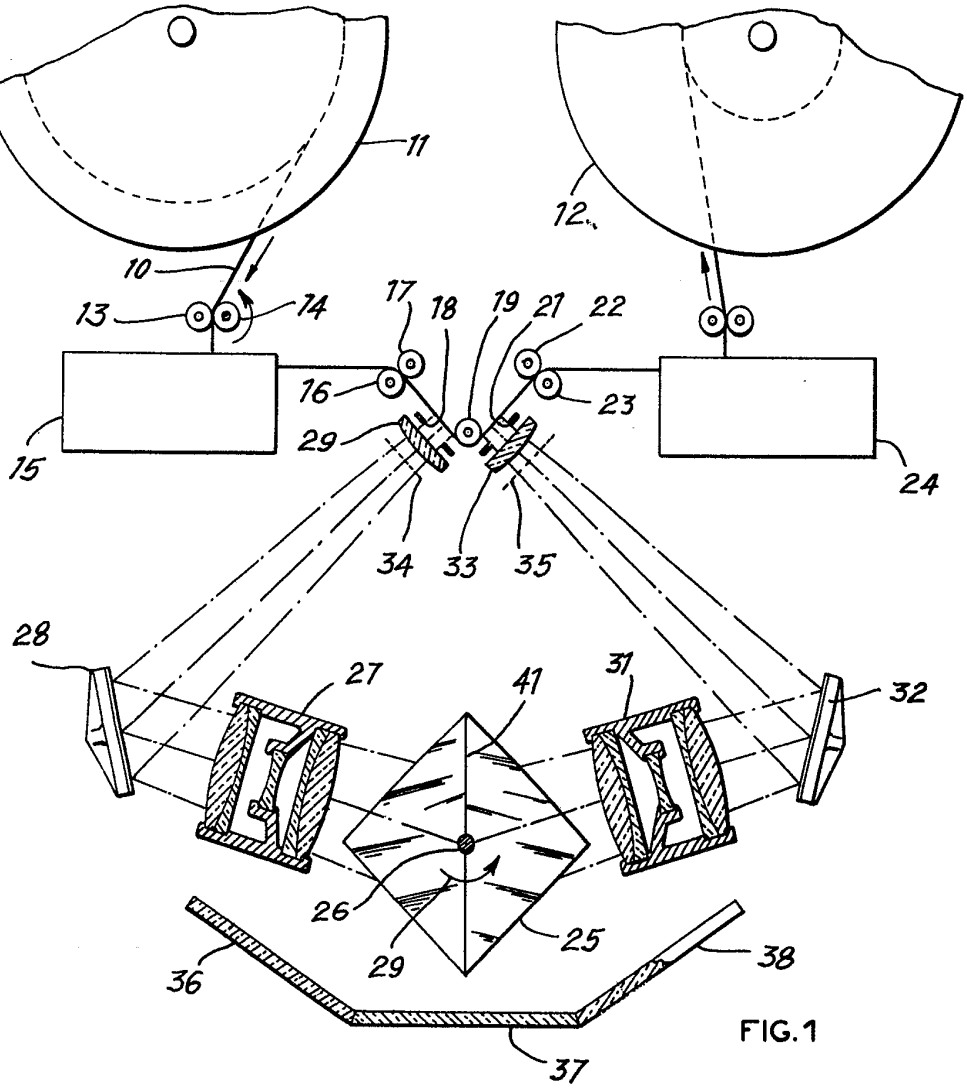

11
12
10
13
14
17
18
19
21
22
16
23
29
15
24
34
33
35
28
27
41
31
32
26
25
29
36
38
37

FIG. 1

FIG. 2

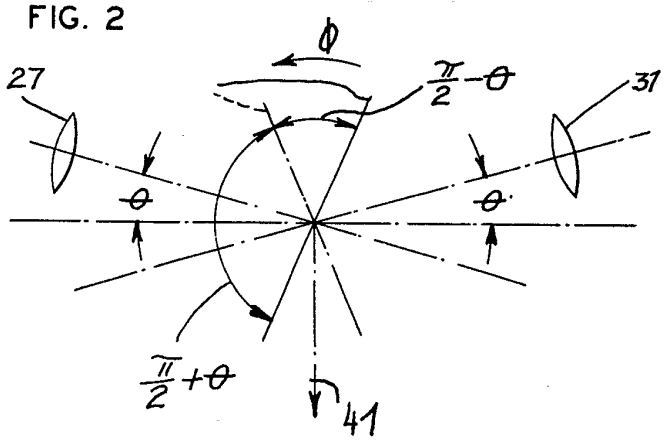

φ
π/2 − θ
27
31
θ
θ
π/2 + θ
41

FIG. 3A

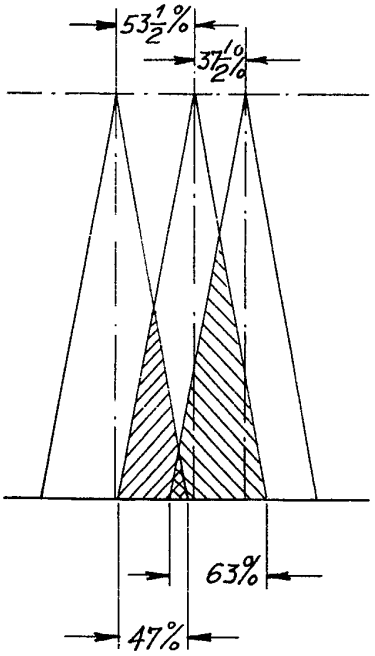
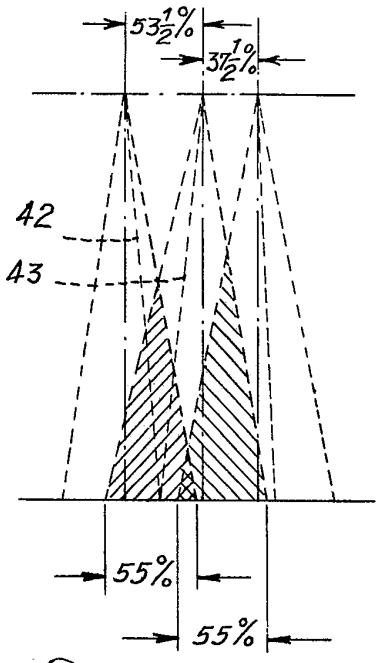


FIG. 3B



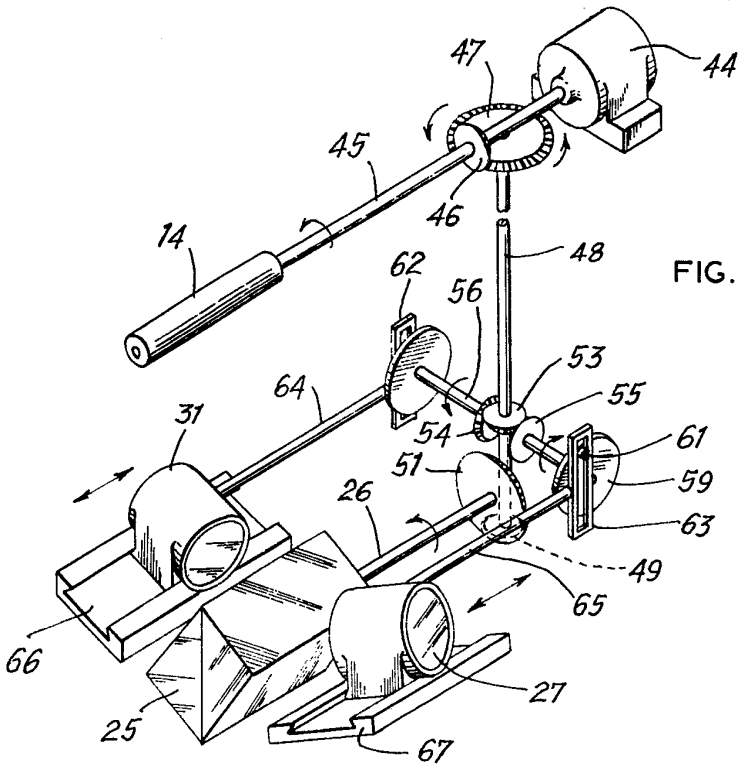


FIG. 4

Nr. 406 656 PATENTSCHRIFT Nr. 406 656

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung: 42 c, 10/02

Int. Cl.: G 01 c

Gesuchsnummer: 14650/62

Anmeldungsdatum: 13. Dezember 1962, 17¾ Uhr

Priorität: Deutschland, 9. Januar 1962 (WP 57 a/77697)

Patent erteilt: 31. Januar 1966

Patentschrift veröffentlicht: 15. August 1966

N

HAUPTPATENT

VEB Carl Zeiss Jena, Jena (Deutschland)

Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes

Dipl.-Ing. Horst Schoeler und Dr. Ing. Otto Weibrecht, Jena (Deutschland), sind als Erfinder genannt worden

Zur Herstellung eines Luftbildplanes werden bekanntlich die Originalnegative in einem Entzerrungsgerät entzerrt, auf einen einheitlichen Masstab gebracht, die entzerrten Projektionen photographisch festgehalten und die positiven Papierbilder aneinander gefügt. Die im Bildplan infolge der Zentralprojektion auftretenden Lagefehler der einzelnen Bildpunkte werden, abgesehen vom Aufnahmewinkel der Bildkammer, von den Höhenunterschieden des Geländes erheblich beeinflusst, so dass diese Art der Herstellung von Bildplänen oder -karten hinsichtlich ihrer Genauigkeit bei Luftbildern bewegten Geländes versagt.

Die Entzerrung von Luftbildern unebenen Geländes mittels eines Entzerrungsgerätes setzt mehr oder weniger die näherungsweise Kenntnis des Geländereliefs voraus. Dieses lässt sich zusammen mit der Situation leicht aus von verschiedenen Standpunkten aufgenommenen, sich überdeckenden Luftbildern mit Hilfe eines Stereoauswertegerätes ermitteln, so dass eine Entzerrung und ein Luftbildplan überflüssig erscheinen. Für viele geologische, land- und forstwirtschaftliche oder bautechnische Zwecke ist jedoch der genaue Luftbildplan wegen seines Detailreichtums der Signaturenkarte überlegen. Man hat daher zur Schaffung ausreichend genauer Luftbildpläne oder -karten mittel- oder starkbewegten Geländes Stereoauswertegeräte, die nach dem Porro-Koppe'schen Prinzip wirkend die Rückprojektion von unverzerrten Strahlenbündeln gestatten, so ausgebildet oder mit handelsüblichen Projektionsgeräten, deren Projektoren mit denen der Auswertegeräte übereinstimmen, so gekoppelt, dass mit ihnen Bildpläne erhalten wurden, die vom Einfluss der Bildneigung und der Geländehöhenunterschiede frei waren. Zur hierbei erforderlichen Umwandlung des zentralperspektiven in ein orthographisches Luftbild werden die in das Stereoauswertegeräte orientiert eingelegten Bildnegative streifenweise abgetastet, das Profil des jeweiligen Streifens gebildet und eines der orientierten Luftbilder mit Hilfe eines Spaltes differentiell auf eine photographische Schicht projiziert. Durch eine Relativbewegung des Spaltes zum Träger der photographischen Schicht entlang den Profilen, parallel zur Projektionsebene, und durch Änderung des Abstandes zwischen Projektionszentrum und Schichtträger nach Massgabe der Profile wird nach und nach das gesamte im Detail und insgesamt entzerrte Bild auf den Schichtträger projiziert. Profilermittlung und Entzerrung können gleichzeitig oder nacheinander mit demselben Gerät oder mit verschiedenen Geräten durchgeführt werden.

Der Mangel aller bekannten Vorrichtungen zur streifenweisen differentiellen Entzerrung von Luftbildern ist durch die Verwendung von Stereoauswertegeräten, die nach dem Porro-Koppe'schen Prinzip wirken, bedingt und besteht darin, dass zu jeder Aufnahmebrennweite in dem Auswerte- und Projektionsgerät spezielle Projektoren gleicher Brennweite und gleichen Öffnungswinkels des Projektionsobjektivs zur Entzerrung verwendet werden müssen.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist daher eine Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes, die, zur Ausnutzung der instrumentellen Gegebenheiten, ein Stereoauswertegerät und ein Projektionsgerät umfasst, welche miteinander derart gekoppelt sind, dass der Projektionsabstand im Projektionsgerät entsprechend einem im Stereoauswertegerät ermittelten Profil kontinuierlich veränderbar ist. Die Vorrichtung kann z. B. ohne eine Vielzahl von auswechselbaren Projektoren mit unterschiedlichen, den der Aufnahmekammern entspre-

chenden Brennweiten universell für Aufnahmen verwendet werden, die mit beliebigen Brennweiten vorgenommen worden sind.

Gemäss der vorliegenden Erfindung ergibt sich eine solche Vorrichtung, wenn das Projektionsgerät als Entzerrungsgerät ausgebildet und mit dem Stereoauswertegerät über einen Steuermechanismus gekoppelt ist, der den Projektionsabstand im Entzerrungsgerät in Abhängigkeit von der Aufnahmebrennweite des Luftbildes, der Entzerrungsbrennweite, der Neigung des Projektionstisches und der jeweiligen Profilhöhe steuert.

Das Prinzip, nach dem das Entzerrungsgerät gebaut ist, ist an sich belanglos und bestenfalls für die konstruktive Durchbildung von Bedeutung. Hinsichtlich des Steuermechanismus kann der Geräteaufbau eine gewisse Vereinfachung bringen; z. B. geht bei einem nach der feststehenden vertikalen optischen Achse aufgebauten Entzerrungsgerät die Neigung der Projektionsebene wegen ihrer Veränderlichkeit in die Steuerung ein, während bei einem Geräteaufbau nach der Senkrechten zur Projektionsebene die Neigung nicht in die Steuerung eingeht, weil die Projektionsebene keine Neigungsänderung erfährt.

Das zur Verwendung kommende Entzerrungsgerät ist vorteilhaft mit an sich bekannten automatischen Steuerungen für den Fluchtpunkt entsprechend der Perspektivbedingung, für die Scharfabbildung nach Scheimpflug und zur Erfüllung der Linsengleichung versehen. Es kann ferner eingerichtet sein zur Entzerrung von Luftbildern nach Einstellwerten, besitzt also einen um zwei Achsen schwenkbaren und in seiner Ebene kantbaren Bildträger. Die Berechnung der Einstellwerte erfolgt zweckmässig erst nach der gegenseitigen und absoluten Orientierung des Bildpaares im Stereoauswertegerät anhand der dort für das zu entzerrende Bild ermittelten Daten der äusseren Orientierung.

Bei der Koppelung, die vorteilhaft auf elektrischem Wege unter Zuhilfenahme von elektrischen Übertragungskanälen und sog. Drehmeldern erfolgt, ist streng darauf zu achten, dass die Primärachse des Entzerrungsgerätes der Primärachse des Stereoauswertegerätes zugeordnet ist.

Damit die Koppelung von Entzerrungsgerät und Stereoauswertegerät nicht auf ein bestimmtes Auswertegeräte beschränkt ist, ist der Steuermechanismus vorteilhaft mit dem Entzerrungsgerät fest verbunden. Darüber hinaus wird dadurch eine Vorrichtung zur differentiellen Entzerrung von Luftbildern mit geringstem konstruktiven Aufwand gewährleistet.

Ein einfacher Mechanismus zur Steuerung des Projektionsabstandes im Entzerrungsgerät besteht z. B. aus einer Art Schmiege, bei der ein Schenkel fest und der andere Schenkel nach Massgabe der im Stereoauswertegerät ermittelten Profilhöhen mit Hilfe eines Antriebsmittels schwenkbar angeordnet ist, das in einem von der Aufnahmebrennweite und der Projektionsebenenneigung abhängigen Abstand von der Schwenkachse der Schmiege rechtwinklig zum festen Schenkel wirkt, wobei am schwenkbaren Schenkel ein Abtrieb vorgesehen ist, dessen Projektion auf den festen Schenkel im Abstand der Entzerrungsbrennweite von der Schwenkachse der Schmiege liegt. Dieser Steuerungsmechanismus kann auch so ausgebildet sein, dass mit ihm das Vergrösserungsverhältnis zwischen dem Modellmasstab im Stereoauswertegerät und dem Entzerrungsmasstab im Entzerrungsgerät berücksichtigt und damit besondere Übersetzungsgetriebe umgangen werden können.

Ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes gemäss der Erfindung ist in den Fig. 1 und 2 perspektivisch dargestellt. Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung in schematischer Darstellung, und zwar sind nur die zum Verständnis der Erfindung erforderlichen Teile des Stereoauswertegerätes und des Entzerrungsgerätes angegeben. In Fig. 2 ist ein auf mechanischer Grundlage aufgebauter Steuerungsmechanismus vergrössert dargestellt.

In Fig. 1 ist ein Stereoauswertegerät im wesentlichen dargestellt durch seine drei Hauptspindeln 1, 2 und 3, mit deren Hilfe die zur Messung erforderlichen Bewegungen in x-, y- und z-Richtung eingegeben werden können. Mit der Spindel 1 ist ein sogenannter Basiswagen 4 verschiebbar, der zwei weitere Spindeln 5 und 6 für zwei Schlitten 7 und 8 aufweist, die in x-Richtung verschiebbar sind und auf denen je eine Messmarke 9 bzw. 10 in y- und z-Richtung zur Einstellung der entsprechenden Basiskomponenten verschiebbar angeordnet ist. Die Spindel 2 dient zur Verschiebung eines Wagens 11 in der y-Richtung, auf dem die Spindel 3 zur Verschiebung eines weiteren Wagens 12 in z-Richtung gelagert ist. Am Wagen 12 sind zwei sich gegenseitig verlängernde winkelige Haltearme 13 und 14 vorgesehen, von denen jeder an seinem abgewinkelten Ende eine Projektionskammer 15 bzw. 16 mit dem Projektionszentrum 15′ bzw. 16′ trägt, in die die Messbilder eingelegt werden. Die Projektionskammer 15 ist um zwei rechtwinklig aufeinander stehende Achsen X–X und Y_I–Y_I schwenkbar gelagert; das in sie eingelegte Messbild ist kantbar um eine Achse Z_I–Z_I. Die Projektionskammer 16 ist ebenfalls um die Achse X–X und um eine senkrecht zu dieser stehende Achse Y_{II}–Y_{II} schwenkbar, welche zur Achse Y_I–Y_I parallel ist. Das in die Projektionskammer 16 eingelegte Bild ist um eine Achse Z_{II}–Z_{II} kantbar gelagert. Die Führungen für die Wagen und Schlitten sowie die Antriebsmittel der Spindeln sind zur Wahrung der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Bei stereoskopischer Betrachtung der orientierten Messbilder mittels eines der Einfachheit halber nicht dargestellten optischen Betrachtungssystems verschmelzen diese zu einem Raumbild und die im Betrachtungssystem angeordneten Messmarken 9 und 10 zu einer Raummarke, die durch Verschiebung des Basiswagens 4 in x-Richtung, des Wagens 11 in y-Richtung und des Wagens 12 in z-Richtung auf

jeden Punkt des Raummodells eingestellt werden kann.

Das Entzerrungsgerät mit einem Geräteaufbau nach der vertikalen optischen Achse O–O besitzt eine stabile Säule 17, auf der zwei Gleitstücke 18 und 19 verschiebbar in einem Abstand a übereinander angeordnet sind, der sich aus der Linsengleichung ergibt. Am Gleitstück 18 befindet sich eine um eine Achse Y_a–Y_a schwenkbare Gabel 20, in der ein Bildträger 21 um eine Achse X_a–X_a schwenkbar gelagert ist, auf welchem ein Messbild 22 um eine bei horizontaler Lage des Bildträgers 21 mit der Achse O–O zusammenfallende Achse Z_a–Z_a kantbar ist. Die Achsen X_a–X_a, Y_a–Y_a und Z_a–Z_a entsprechen den Achsen X–X, Y_I–Y_I und Z_I–Z_I, und das Messbild 22 gleicht dem in die Projektionskammer 15 eingelegten. Das Gleitstück 19 ist mit einem Arm 23 zur Halterung eines Objektivs 24 versehen, dessen Hauptebenen zusammenfallen und in der Zeichnung durch die strichpunktierte Linie E–E angedeutet sind.

In einem von der Entzerrungsbrennweite $f_{e'}$ der Aufnahmebrennweite $f_{a'}$ der Höhe h des Projektionszentrums über einer durch einen Passpunkt bestimmten Geländeebene sowie den Neigungen ν_a und $\nu_{a'}$ der Bildebene und der Projektionsebene im Hauptschnitt abhängigen Abstand

$$a' = a_0' + \Delta a' \tag{1}$$

von der Objektivhauptebene E–E nach unten befindet sich ebenfalls eine Gabel 25, die um eine zur Achse Y_a–Y_a parallele Achse $Y_{a'}$–$Y_{a'}$ unmittelbar an der Säule 17 schwenkbar angeordnet ist. In der Gabel 25 ist um eine zur Achse $Y_{a'}$–$Y_{a'}$ rechtwinklige Achse $X_{a'}$–$X_{a'}$ ein Projektionstisch 26 schwenkbar gelagert, der von zwei einen Spalt 27 miteinander bildenden und rechtwinklig zueinander verlaufenden Jalousien 28 und 29 gegen eine photographisch wirksame Belichtung seiner gesamten oberen Fläche geschützt ist. Jede Jalousie 28 bzw. 29 ist an ihren gegenüberliegenden Enden mit zwei Walzen 30, 31 bzw. 32, 33 versehen, von denen die zur Jalousie 28 gehörenden Walzen 30 und 31 am Projektionstisch 26 selbst und die zur Jalousie 29 gehörenden Walzen 32 und 33 an der Jalousie 28 befestigt sind. Sämtliche Walzen stehen unter der Spannung von nicht dargestellten Spiralfedern, die den Walzen das Bestreben zum Aufrollen der Jalousien erteilen.

Zu beiden Seiten des Projektionstisches 26 sind einander und zur Achse $Y_{a'}$–$Y_{a'}$ parallel je eine Spindel 34 und eine Führung 35 als Antriebs- und Führungsmittel für einen Schlitten 36 am Projektionstisch selbst vorgesehen. Die Spindel 34 wird mit Hilfe eines Drehmelders 37 gedreht, der mit einem an der Spindel 2 des Stereoauswertegerätes befindlichen Drehmelder 38 über eine elektrische Leitung 39 verbunden ist, wobei der Stromfluss in dieser Leitung mit Hilfe eines Schalters 40 unterbrochen werden kann. Infolge der Drehung der Spindel 34, die der Drehung der Spindel 2 entspricht, erfährt der Schlitten 36 eine Verschiebung in Richtung der Achse $Y_{a'}$–$Y_{a'}$ entsprechend der des Wagens 11 im Stereoauswertegerät. Auf dem Schlitten 36 ist eine Spindel 41 gelagert, die über zwei Drehmelder 42 und 43 sowie eine elektrische Leitung 44 und einen Schalter 44′ mit der Spindel 1 des Stereoauswertegerätes in Verbindung steht und ein Mutterstück 45 entsprechend dem Basiswagen 4 in Richtung der Achse $X_{a'}$–$X_{a'}$ bewegt. Das Mutterstück 45 ist mit den spaltbegrenzenden Teilen der Jalousien 28 und 29 verbunden und steuert so die Verschiebung des Spaltes 27 in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen parallel zur Ebene des Projektionstisches 26 entsprechend den Bewegungen im Stereoauswertegerät in x- und y-Richtung.

Mit der Säule 17 des Entzerrungsgerätes ist ferner ein Schenkel 46 einer Schmiege fest verbunden zu denken, deren anderer Schenkel 47 um eine Achse A–A schwenkbar und mit einer Schlitzführung 48 (Fig. 2) versehen ist. Längs des festen Schenkels 46 ist ein Lagerkörper 49 für eine Zahnstange 50 mit Hilfe einer am festen Schenkel gelagerten Spindel 51 durch Drehung eines mit dieser Spindel verkeilten Handrades 52 verschiebbar und auf einen festen Abstand von der Achse A–A einstellbar. Am oberen Ende der Zahnstange befindet sich ein Mitnehmer 53, der in die Schlitzführung 48 eingreift. Die Zahnstange ist mit Hilfe eines Ritzels 54 verschiebbar, das über zwei Drehmelder 55 und 56 sowie einen mit Hilfe eines Schalters 57 unterbrechbaren Übertragungskanal 58 mit der Spindel 3 des Stereoauswertegerätes verbunden ist und entsprechende Drehungen erfährt.

In einem gerätefesten Lagerkörper 59 ist eine weitere Zahnstange 60 verschiebbar gelagert, die mit einem Mitnehmer 61 in der Schlitzführung 48 gleitet und über ein Ritzel 62 sowie ein Kegelräderpaar 63, 64 auf eine parallel zur Säule 17 gerichtete Spindel 65 wirkt. Das Kegelrad 63 ist mit dem Ritzel starr verbunden und mit diesem zusammen ausrückbar. Die Spindel 65 ist in einem an der Säule 17 befestigten Lager 66 (Fig. 1) gelagert und greift in ein am Gleitstück 19 befestigtes Mutterstück 67 ein. Die Mitnehmer 53 und 61 sowie die Schlitzführung des Schenkels 47 sind so ausgebildet, dass bei Verschiebung des Lagerkörpers 49 entlang des Schenkels 46 keine Selbsthemmung eintreten kann.

Ausserdem ist ein mit einer Teilung 68 versehenes Handrad 69 (Fig. 1) vorgesehen, das über eine Welle 70 und ein Kegelräderpaar 71 ebenfalls auf die Spindel 65 wirkt. Diese Anordnung dient zur Einstellung des a'_o-Wertes, der unter Zugrundelegung eines bestimmten Passpunktes berechnet wird, dessen Abstand vom Projektionszentrum des Stereoauswertegerätes bekannt ist und der als Bezugspunkt für die Vergrösserungseinstellung dient.

Nachdem im Stereoauswertegerät die in den Projektionskammern 15 und 16 befindlichen Messbilder relativ und absolut orientiert, die entsprechenden Orientierungskomponenten für das Entzerrungsgerät sowie die Abstände a und a'_o berechnet und am Entzerrungsgerät eingestellt worden sind, der Spalt 27 so eingestellt ist, dass der genannte Passpunkt auf

den Projektionstisch 26 projiziert werden kann und die beiden Schmiegenschenkel 46 und 47 in der dem Passpunkt entsprechenden Nullage parallel gerichtet sind, können die Schalter 40, 44′ und 57 geschlossen und das Ritzel 62 mit dem Kegelrad 63 eingerückt werden, so dass es in Eingriff mit der Zahnstange 60 bzw. dem Kegelrad 64 kommt.

Werden nun mit dem Stereoauswertegerät die Messbilder streifenweise zur Ermittlung der Profile abgetastet, so verschiebt sich der Spalt 27 entsprechend den Drehungen der Spindeln 1 und 2. Die den Geländehöhenunterschieden Δh entsprechenden Drehungen der Spindel 3 werden mit Hilfe des Ritzels 54, der Zahnstange 50 und des Mitnehmers 53 auf den Schenkel 47 übertragen. Dieser erfährt eine entsprechende Schwenkung um die Achse A–A aus der Nullage und verschiebt seinerseits über den Mitnehmer 61 die Zahnstange 60, die ihrerseits das Gleitstück 19 über das Ritzel 62, das Kegelräderpaar 63, 64, die Spindel 65 und das Mutterstück 67 um den Betrag $\Delta a'$ verschiebt, der den Abweichungen Δh der Geländehöhen vom Passpunkt entspricht. Die Werte $\Delta a'$ und Δh sind beim vorliegenden Entzerrungsgerät durch die Beziehung

$$\Delta a' = \frac{f_e}{f_a \cos v_{a'}} \cdot \Delta h \qquad (2)$$

verknüpft. Durch die im vorstehenden beschriebene Steuerung wird diese Beziehung verwirklicht, wenn der Abstand des Mitnehmers vom festen Schenkel 46 Δh, der Abstand der Projektion des Mitnehmers 53 auf dem festen Schenkel 46 von der Achse A–A $f_a \cdot \cos v_{a'}$, der Abstand der Projektion des Mitnehmers 61 auf den festen Schenkel 46 von der Achse A–A f_e und der Abstand des Mitnehmers 61 vom festen Schenkel 46 $\Delta a'$ ist.

Anstelle der beschriebenen mechanischen Steuerung für den Projektionsabstand im Entzerrungsgerät kann selbstverständlich auch eine elektrische oder elektromechanische Steuerung mit gleicher Wirkung verwendet werden.

PATENTANSPRUCH

Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes, welche ein Stereoauswertegerät und ein Projektionsgerät umfasst, die beide derart miteinander gekoppelt sind, dass der Projektionsabstand im Projektionsgerät entsprechend einem im Stereoauswertegerät ermittelten Profil kontinuierlich veränderbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Projektionsgerät als Entzerrungsgerät ausgebildet und mit dem Stereoauswertegerät über einen Steuermechanismus gekoppelt ist, der den Projektionsabstand im Entzerrungsgerät in Abhängigkeit von der Aufnahmebrennweite des Luftbildes, der Entzerrungsbrennweite, der Neigung des Projektionstisches und der jeweiligen Profilhöhe steuert.

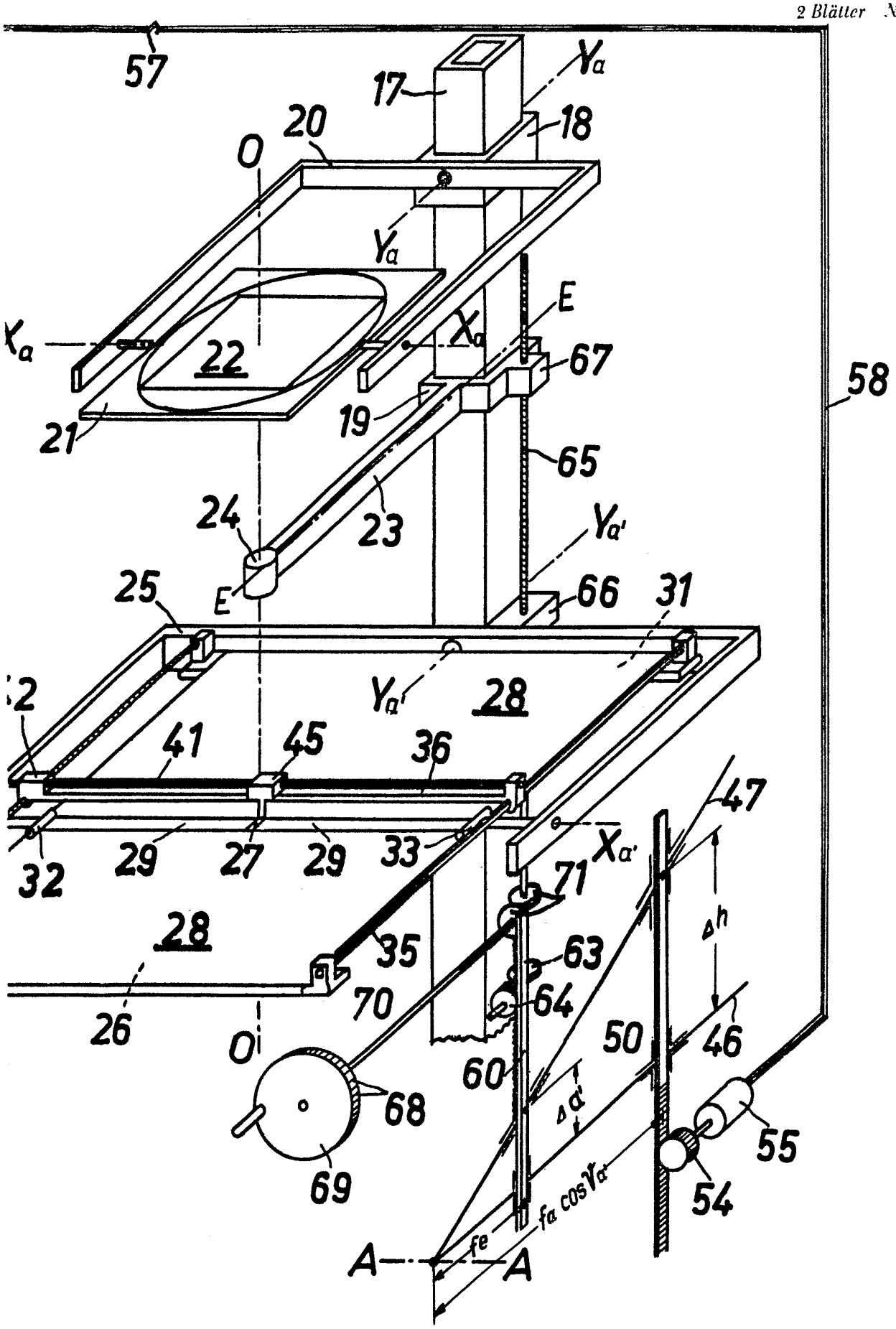
UNTERANSPRÜCHE

1. Vorrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Entzerrungsgerät mit dem Stereoauswertegerät durch elektrische Mittel gekoppelt ist.

2. Vorrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuermechanismus mit dem Entzerrungsgerät fest verbunden ist.

3. Vorrichtung nach Patentanspruch, gekennzeichnet durch einen Steuermechanismus nach Art einer Schmiege, bei der ein Schenkel fest und der andere Schenkel nach Massgabe der im Stereoauswertegerät ermittelten Profilhöhen mit Hilfe eines Antriebsmittels schwenkbar angeordnet ist, das in einem von der Aufnahmebrennweite und der Projektionsebenenneigung abhängigen Abstand von der Schwenkachse der Schmiege rechtwinklig zum festen Schenkel wirkt, wobei am schwenkbaren Schenkel ein Abtrieb vorgesehen ist, dessen Projektion auf dem festen Schenkel im Abstand der Entzerrungsbrennweite vom Scheitel liegt.

VEB Carl Zeiss Jena
Vertreter: Bovard & Cie., Bern


57
17
Ya
18
20
O
Ya
E
Xa
67
58
22
Xa
21
19
65
24
23
Ya'
25
E
66
31
Ya'
28
41
45
36
47
Xa'
32
29
27
29
33
71
28
35
63
Δh
70
64
26
O'
50
46
60
68
Δα'
55
69
54
fa cos Ya'
A
fe
A

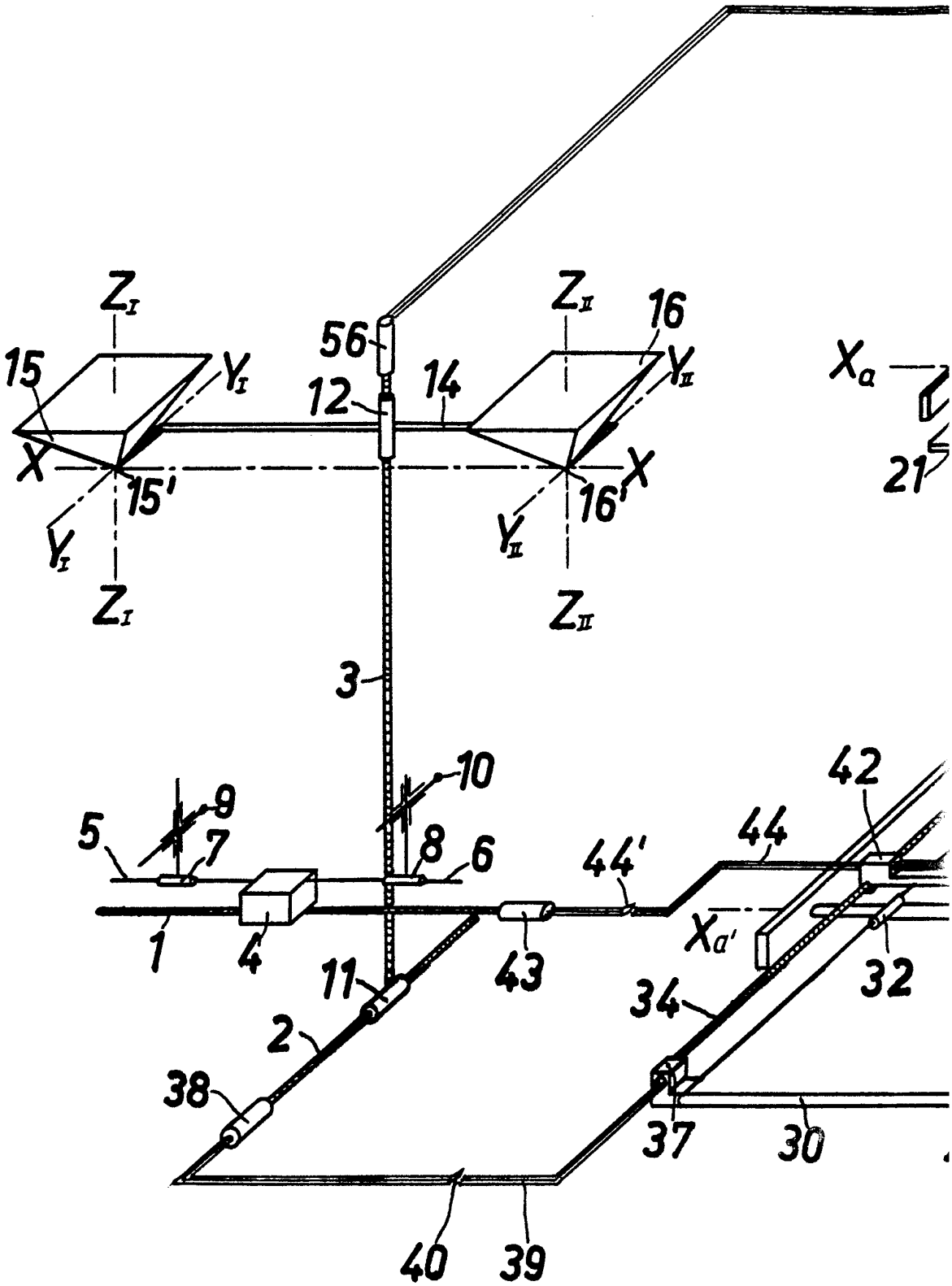

Z_I
Z_{II}
16
56
15
Y_I
12
14
Y_{II}
X_a
X
15'
16'
21
Y_I
Y_{II}
Z_I
Z_{II}
3
10
42
9
5
7
8
6
44'
44
$X_{a'}$
1
4
43
32
11
34
2
38
37
30
40
39

Fig.1

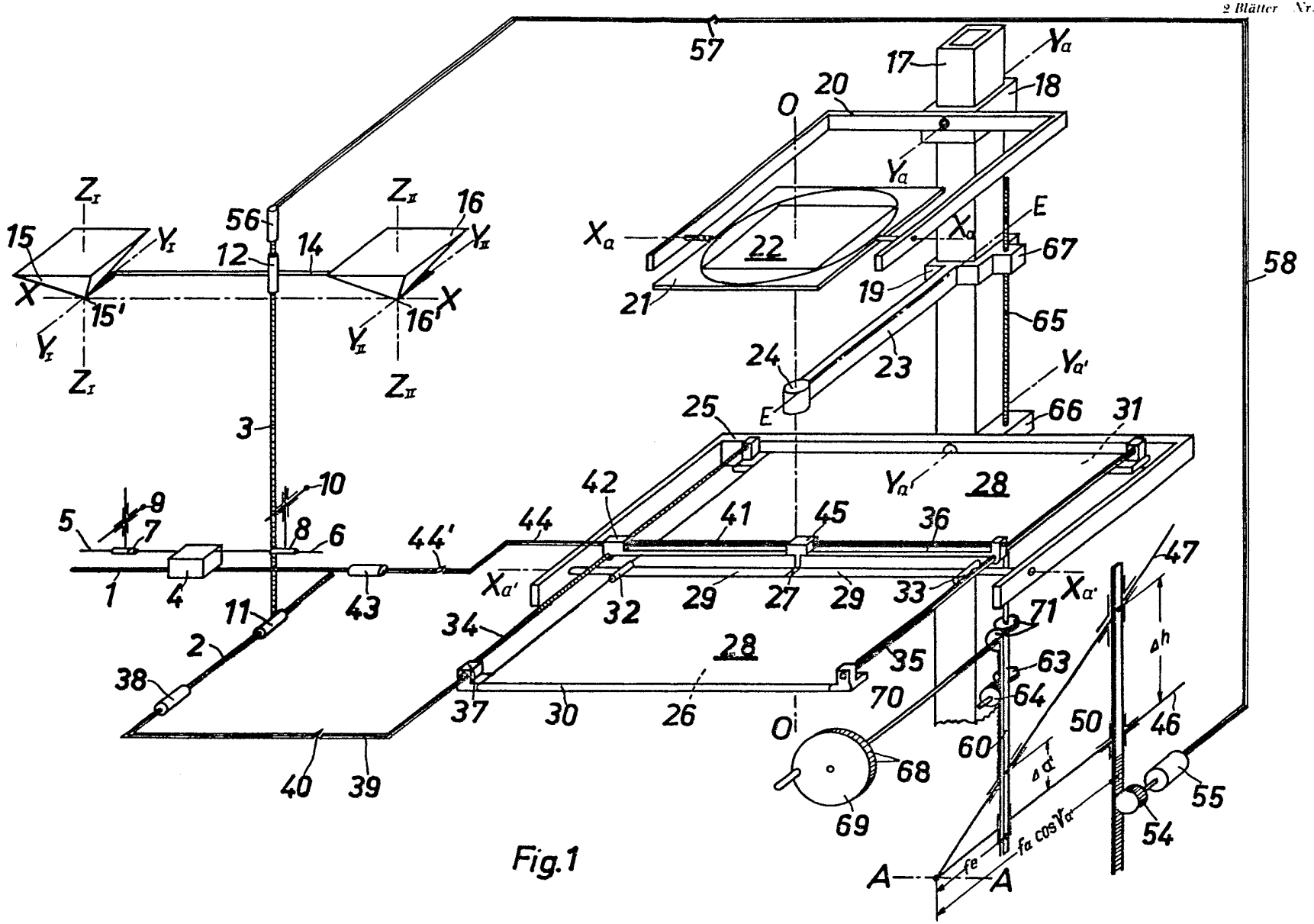

57
17
Y_a
18
20
O
Y_a
Z_I
15
Y_I
56
12
14
Z_{II}
16
Y_{II}
X
15'
16'
Y_I
Z_I
Y_{II}
Z_{II}
X_a
22
X_a
E
67
58
21
19
65
24
23
$Y_{a'}$
E
25
66
31
3
$Y_{a'}$
28
42
41
45
36
10
9
5
7
8
6
44'
44
47
$X_{a'}$
$X_{a'}$
1
4
11
43
32
29
27
29
33
71
2
34
28
35
63
38
37
30
26
70
64
O
50
46
60
Δh
$\Delta a'$
68
55
40
39
69
54
A
f_e
$f_a \cos \gamma_a$
A

Fig.1

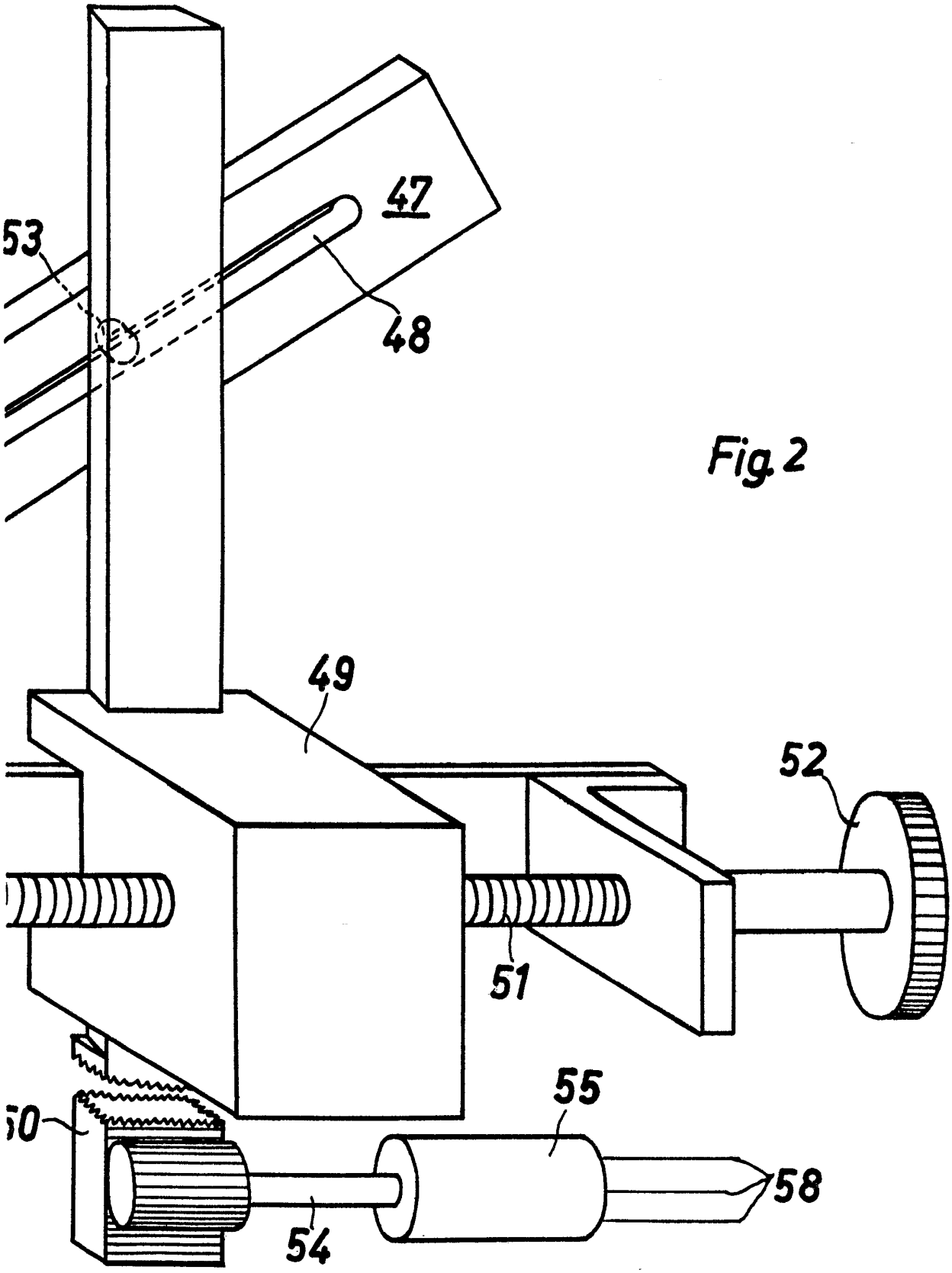
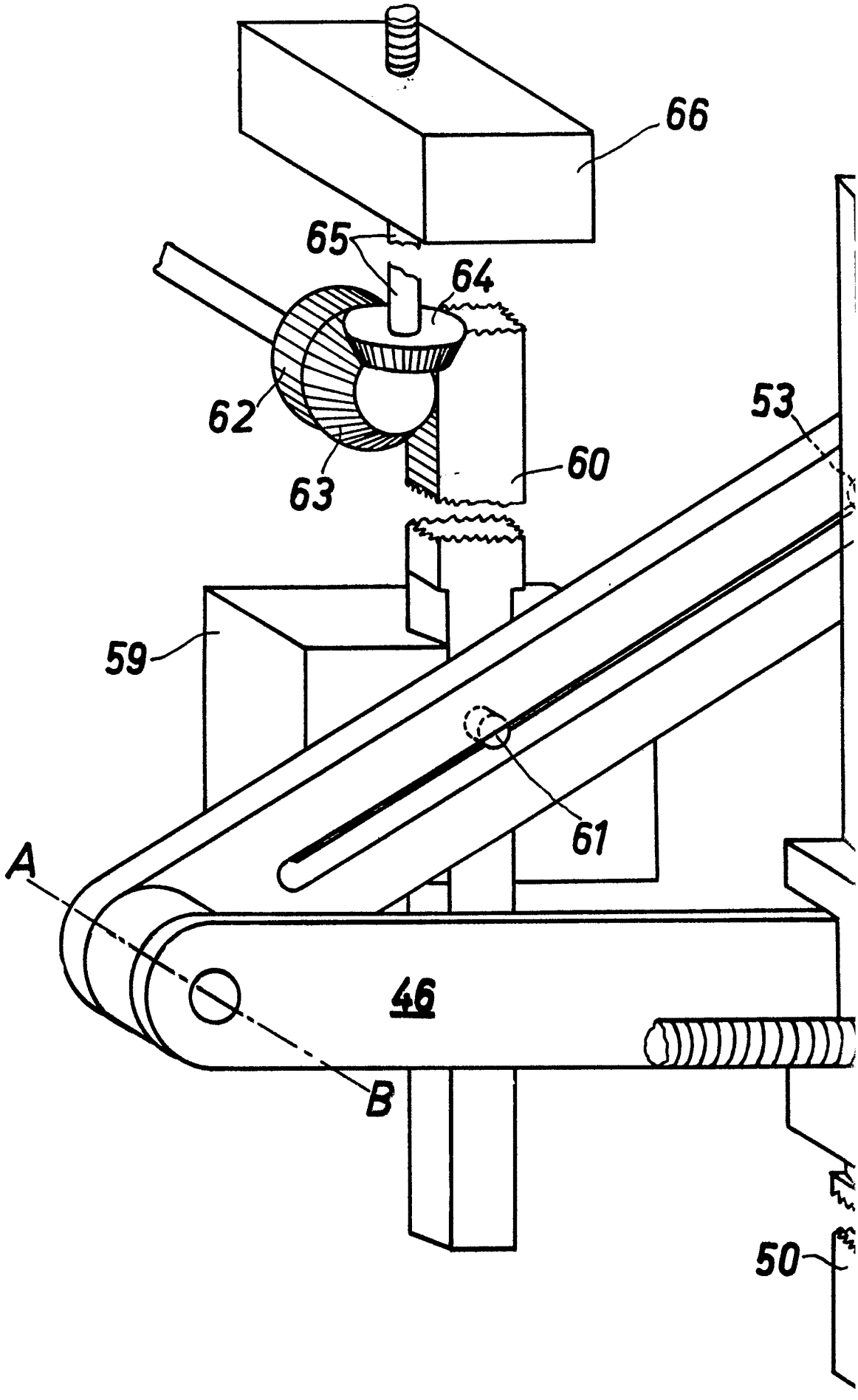


Fig. 2


66
65
64
62
63
60
53
59
61
A
46
B
50

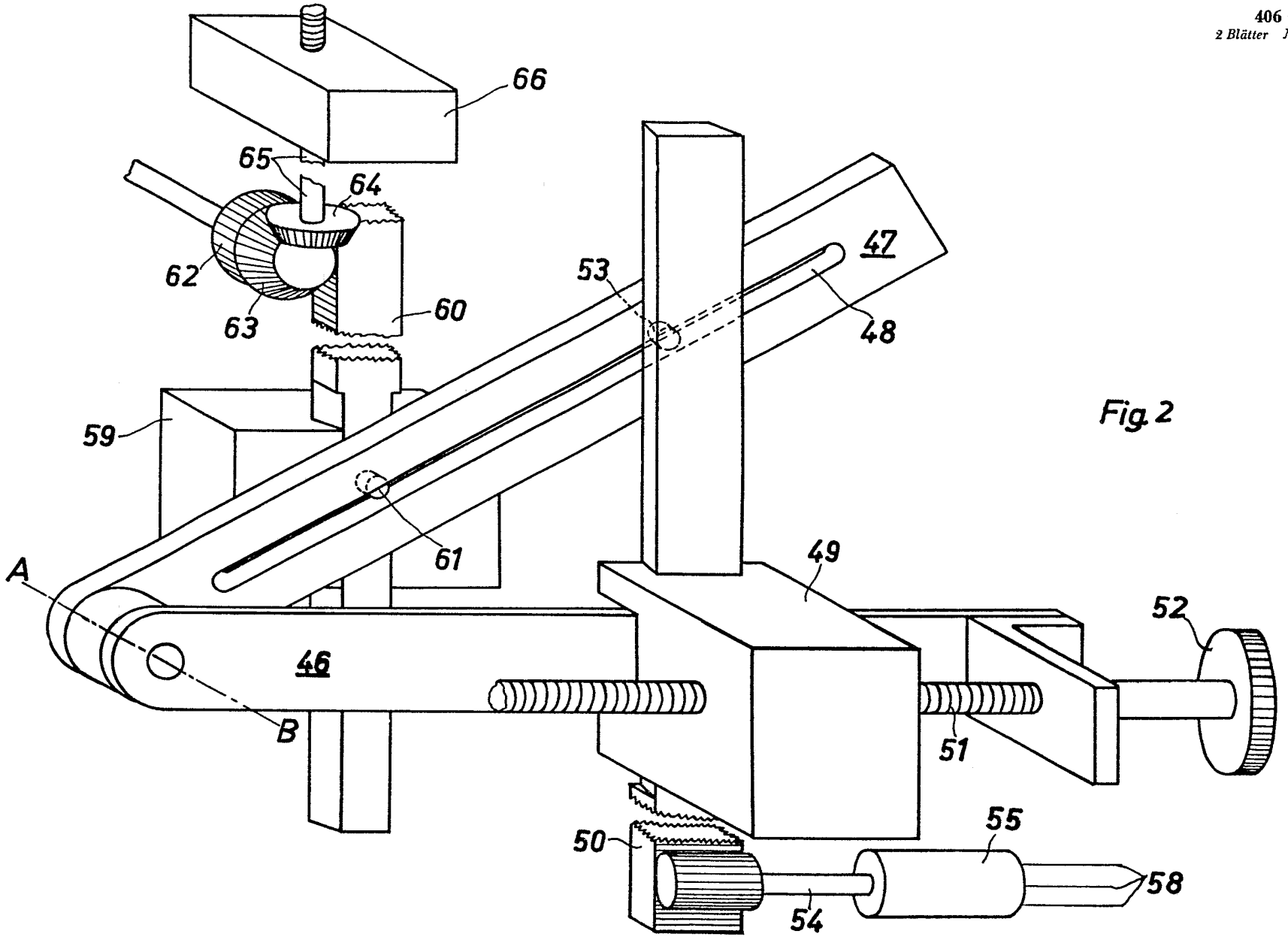


Fig. 2

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung: 57 a, 7/07

Int. Cl.: G 03 b 3/00

Gesuchsnummer: 5138/66

Anmeldungsdatum: 7. April 1966, 16¼ Uhr

Patent erteilt: 31. Dezember 1967

Patentschrift veröffentlicht: 11. April 1968

S

HAUPTPATENT

Swissair-Photo AG, Zürich

Einrichtung mit einer Luftbildkamera zum Aufnehmen einer Serie photogrammetrischer Luftbilder

Henk Yzerman, Russikon, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung mit einer Luftbildkamera für mit einem Dopplerradar- und/oder Inertial-Navigationssystem ausgerüstete Flugzeuge zum Aufnehmen einer Serie photogrammetrischer Luftbilder längs eines vorgegebenen Kurses.

Bei Bildflügen zur Vermessung großer Gebiete werden bekanntlich aus einem in möglichst gleichbleibender Höhe fliegenden Flugzeug in regelmäßigen Abständen Luftaufnahmen gemacht, wobei die Abstände zwischen den einzelnen Aufnahmen meist so gewählt sind, daß von dem zu vermessenden Gebiet Reihenbilder mit 60 % iger Längsüberdeckung erhalten werden.

Eine genaue Auswertung der Luftbilder ist z. B. mittels photogrammetrischer Kartiergeräte möglich, bei welchen durch stereometrische Projektion zweier aufeinanderfolgender Aufnahmen ein dem aufgenommenen Gelände entsprechendes Raummodell erzeugt und das Raummodell mittels geeigneter Meßvorrichtungen vermessen wird. Hierzu müssen die beiden Aufnahmen im Kartiergerät so angeordnet werden, daß ihre Lage im verkleinerten Maßstab möglichst genau der bei Belichtung im Raum eingenommenen Positionen entspricht. Zum Nachbilden dieser räumlichen Positionen werden am Boden Fixpunkte vermessen und die Aufnahmen im Kartiergerät auf diese mit aufgenommenen Fixpunkten eingepaßt. Die Vermessung der Fixpunkte ist zeitaufwendig und mit erheblichen Unkosten verbunden und oft auch gar nicht möglich, wenn das Gelände praktisch unzugänglich ist.

Auf die Bodenorientierung könnte nur dann verzichtet werden, wenn die räumliche Position jedes einzelnen Bildes in bezug auf das photographierte Gelände ganz genau bekannt wäre. Zur Ermittlung der genauen Bildposition sind eine ganze Reihe Größen erforderlich, wie z. B. die Flughöhe, der Kurs bzw. die Kursabweichung des Flugzeuges, die genaue Länge der zwischen den aufeinanderfolgenden Aufnahmen zurückgelegten Flugstrecke, die Neigung der Luftbild-

2

kamera bezüglich der vertikalen Achse usw., wobei alle diese Größen möglichst genau im Augenblick der Belichtung einer Aufnahme erfaßt oder nachträglich für diesen Zeitpunkt errechenbar sein müssen.

Zur Erlangung der Meßdaten ist ein erheblicher Aufwand an Meß- und Registriergeräten erforderlich, der um so größer sein wird, je größere Ansprüche an die Meßgenauigkeit gestellt werden.

Die bisher genaueste Koppel-Flugnavigation wird bekanntlich durch eine Navigationseinrichtung erreicht, welche aus der Kombination eines Inertialortungssystems mit einem Doppler-Radar besteht.

Ein Inertialortungssystem besteht im wesentlichen aus einer mit Kreiseln in drei aufeinander senkrecht stehenden Raumrichtungen stabilisierten Plattform, auf welcher Beschleunigungsmesser befestigt sind, die die Beschleunigungskomponenten nach diesen drei Richtungen messen. Durch einmalige Integration der Beschleunigungswerte wird die augenblickliche Geschwindigkeit und durch zweimalige Integration der zurückgelegte Weg erhalten. Die Inertialortung ist von äußeren Signalen unabhängig, bedarf aber wegen der Kreiselstabilisierung bei längeren Flugzeiten einer Korrektur. Diese Korrektur kann über einen Doppler-Navigationsradar durchgeführt werden, welcher neben der genauen Fluggeschwindigkeit auch den durch den Wind hervorgerufenen Triftwinkel liefert. Die vom Inertialortungssystem und vom Doppler-Radar gelieferten Signale werden einem Bordrechner zugeführt, welcher die für die Navigation erforderlichen Daten berechnet. Die Navigationsdaten werden in zweckmäßiger Form an Instrumenten angezeigt bzw. einem Autopiloten eingegeben. Zur Bestimmung der Bildposition können die für die Flugnavigation erforderlichen Größen verwendet werden, müssen dann jedoch mit einer wesentlich größeren Genauigkeit bestimmt sein.

Zweck der vorliegenden Erfindung ist eine Einrichtung mit einer Luftbildkamera zum Aufnehmen photogrammetrischer Reihenluftbilder, mittels welcher

unter Mitbenutzung des im Flugzeug vorhandenen Navigationssystems aufeinanderfolgende Aufnahmen nach genau bestimmten Flugstrecken belichtet und die zur Bestimmung der Position der Aufnahmen ohne Bodenorientierung notwendigen Größen im Augenblick der Belichtung jeder Aufnahme genau ermittelt werden.

Die erfindungsgemäße Einrichtung ist gekennzeichnet durch einen von Doppler-Radarimpulsen oder den Impulsen des Inertialsystems gesteuerten Impulsgeber zum Erzeugen eines Auslöseimpulses für den Kameraverschluß nach jeweils einer vorbestimmten Anzahl von Geschwindigkeitsimpulsen, durch Meßvorrichtungen zur Zählung dieser Impulse und zur Ermittlung der für die Bestimmung der Abweichung von der Sollposition aufeinanderfolgender Aufnahmen erforderlichen Daten und durch eine durch die Belichtung gesteuerte Registriereinrichtung zum Fixieren dieser Daten.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispieles und der beiliegenden Zeichnung ausführlich beschrieben. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 ein Flugbahndiagramm in der Horizontalebene,

Fig. 2 eine Zusammenstellung der vorkommenden Azimut-Winkel,

Fig. 3 ein Flugdiagramm in der Vertikalebene, und

Fig. 4 eine Zusammenstellung der vorkommenden Vertikalwinkel.

Die Fig. 1 bis 4 dienen zur Erläuterung.

Fig. 5 zeigt schematisch ein Blockschaltbild für ein Ausführungsbeispiel der Aufnahmeeinrichtung.

Fig. 6 ist ein Blockschaltbild einer Einrichtung zur Steuerung des Verschlusses und Berücksichtigung seiner Verzögerung.

Das im Flugzeug vorhandene Inertialortungssystem sei in geographischer Nordrichtung stabilisiert, und die Luftbilder sollen aus konstanter Höhe längs einer geraden Linie, der gewünschten Bahn oder Sollbahn, aufgenommen werden, die mit der Nordrichtung den Sollbahn-Winkel ψ_{ST} einschließt.

Fig. 1 und 3 zeigen die Sollbahn als durchgehende gerade Linie. Diese Sollbahn wird vom Flugzeug nicht genau eingehalten, sondern durch eine Flugbahn in Form einer räumlich verlaufenden Wellenlinie mit größeren oder kleineren Abweichungen angeglichen. Längs der Istbahn erfolgen die Aufnahmen. In einem Punkt A sei eine erste Aufnahme und in einem Punkt B eine zweite Aufnahme gemacht worden. Der Doppler-Radar liefert Informationen über die Geschwindigkeit des Flugzeuges auf der Istbahn, und die Integration dieser Geschwindigkeit liefert die Istbahnlänge zwischen den Punkten A und B. Für die Auswertung der Luftbilder ohne Bodenorientierung ist jedoch der genaue, geradlinige Abstand des Punktes B vom Punkt A erforderlich. Dieser Abstand $\overline{AB}$ kann in zwei Schritten erhalten werden.

In Fig. 1 ist die Projektion der Istbahn zwischen den Punkten A und B auf die Horizontalebene als Bogen $\widehat{AB}_H$ wiedergegeben. Der Einfachheit halber ist angenommen, daß die erste Aufnahme A gemacht worden ist, als sich das Flugzeug gerade auf der Sollbahn befunden hat. Wie in Fig. 1 gezeigt, liefert die Projektion des Punktes B auf die Sollbahn den Punkt C. Die Strecke $\overline{AC}$, die sogenannte «Bahn-Längsdistanz D_Λ», und die Strecke $\overline{CB}$, die «Bahn-Querdistanz D_C», werden in der Flugnavigation gebraucht und vom Doppler-Radar-Rechner geliefert. Für eine genaue

Positionsbestimmung der Luftbilder, d. h. zur Ermittlung der genauen Länge der Strecke $\overline{AB}_H$, sind die vom Rechner gelieferten Werte jedoch viel zu ungenau.

Aus Fig. 1 läßt sich ableiten, wie im ersten Schritt die Strecke $\overline{AB}_H$ genau bestimmt ist durch die Gleichung

$$\overline{AB}_H = \frac{\widehat{AB}_H - 2\int \sin^2 \frac{\psi_{TE}}{2}\, d\,\widehat{AB}_H}{\cos\beta} \qquad (1)$$

in welcher $\widehat{AB}_H$ die genaue Länge der Istbahnprojektion auf die Horizontalebene zwischen A und B ist, ψ_{TE} den Bahnwinkel-Fehler, d. h. den Winkel zwischen Sollbahn und Istbahn, bedeutet und der Winkel β durch $tg\beta = D_C/D_\Lambda$ bestimmt ist, wobei D_Λ die vom Bordrechner gelieferte Bahn-Längsdistanz und D_C die vom Bordrechner gelieferte Bahn-Querdistanz ist. Die Ermittlung der genauen Länge des Bogens $\widehat{AB}_H$ stellt den zweiten Schritt dar. Zunächst soll jedoch erst auf die Bestimmung des Bahnwinkelfehlers ψ_{TE} eingegangen werden.

Fig. 2 dient zur Definition der hier vorkommenden Azimut-Winkel. Es ist bereits erwähnt worden, daß das Inertial-Ortungssystem eine kreiselstabilisierte Plattform aufweist, deren Gehäuse üblicherweise mit dem Flugzeug fest verbunden ist. Zur Erzielung bestimmter Vorteile, auf die an späterer Stelle näher eingegangen wird, ist es zweckmäßig, das Kreiselgehäuse nicht mit dem Flugzeug, sondern mit der Luftbildkamera fest zu verbinden. Die Kamera wird dann so gelagert, daß sie mit einer Nachlaufsteuerung in Lotrichtung und in Azimut stabilisiert werden kann. Mit der Stabilisierung der Luftbildkamera ist dann auch das Kreiselgehäuse ständig stabilisiert. Der Steuerkurs wird an der Plattform (und damit an der Kamera) eingestellt und mittels eines Differential-Synchroservomechanismus auf die Flugzeugsteuerung übertragen. Der eingestellte (Kamera)-Steuerkurs ψ_{CH} ist nicht identisch mit dem Flugzeug-Steuerkurs ψ_{AH}, der durch den Winkel zwischen Flugzeuglängsachse und Nordrichtung N bestimmt ist. Der Unterschied zwischen Flugzeugsteuerkurs und Kamerasteuerkurs, der durch den Winkel zwischen Kameralängsachse und Nordrichtung gegeben ist, ist in Fig. 2 mit $\psi_{CH/AH}$ bezeichnet, d. h. $\psi_{CH/AH} = \psi_{CH} - \psi_{AH}$. Flugzeugsteuerkurs ψ_{AH} und der vom Wind hervorgerufene Triftwinkel δ ergeben zusammen den wirklichen Kurs ψ_{TA}, d. h. der Winkel zwischen Nordrichtung und Tangente an die Ist-Flugbahn. Die gewünschte Flugbahn oder Sollflugbahn ist durch den Sollkurs ψ_{ST} gegeben, und die Differenz zwischen (wirklichem) Kurs ψ_{TA} und Sollkurs ψ_{ST} bestimmt schließlich den oben erwähnten Bahnwinkel-Fehler ψ_{TE}, d. h. $\psi_{TE} = \psi_{TA} - \psi_{ST}$. Ähnliche Verhältnisse liegen in der Vertikalebene vor, zu deren Erläuterung die Fig. 3 und 4 dienen. Der Einfachheit halber sei angenommen, daß das Flugzeug in der Horizontalebene genau längs der Sollbahn fliegt, also die Bahn-Querdistanz gleich Null ist. In Fig. 3 wird somit der Bogen $\widehat{AB}_H$ der Fig. 1 durch die Strecke $\overline{AB}_H$ wiedergegeben, und der genaue geradlinige Abstand des Punktes B vom Punkt A wird nun im zweiten Schritt bestimmt durch die Gleichung

$$\overline{AB} = \frac{\widehat{AB} - 2\int \sin^2 \frac{\Theta_{TE}}{2}\, d\,\widehat{AB}}{\cos\gamma} \qquad (2)$$

in welcher $\widehat{AB}$ die Länge der zwischen den Punkten A und B auf der Ist-Bahn zurückgelegten Flugstrecke, Θ_{TE} der vertikale Bahnwinkelfehler und γ bestimmt ist durch $\text{tg}\ \gamma = D_H/D_H$. D_A ist hierbei wiederum die Bahn-Längsdistanz und D_H die Bahn-Höhendistanz.

Zur Herleitung des vertikalen Bahnwinkel-Fehlers Θ_{TE} wird auf Fig. 4 verwiesen, in welcher die Vertikalwinkel dargestellt sind.

Der äußere Kardanring stellt die Verbindung zwischen Flugzeug und der Kamera, d. h. dem Gehäuse der stabilisierten Plattform, her. Die eine Drehachse ist in Richtung der Flugzeuglängsachse P' (Rollachse) und die andere in Richtung der Flugzeugquerachse Q' (Kippachse) ausgerichtet.

Der Flugzeugkippwinkel Θ'_A und der Flugzeugrollwinkel Φ'_A sind als Pfeile um diese Achsen eingezeichnet. Im äußeren Kardanring ist die Kamera mit dem Gehäuse der Plattform um die Hochachse Z drehbar angeordnet. Ihre Längsachse definiert mit der Nordrichtung den Kamera-Steuerkurswinkel ψ_{CH}. Der innere Kardanring stellt die stabilisierte Plattform dar. Die vertikale Orientierung der Plattform ist in der Nord-Süd- und Ost-West-Richtung stabilisiert.

Diese beiden raumbezogenen Vertikalwinkel werden in der Plattform automatisch so umgerechnet, daß sie auf die Kameralängs- und Kameraquerachse bezogen sind, d. h. den Kippwinkel Θ_C und den Rollwinkel Φ_C der Kamera ergeben. Der auf die Flugzeugachsen bezogene Kamera-Kippwinkel ist mit Θ'_C und der Kamera-Rollwinkel mit Φ'_C bezeichnet. Der raumbezogene Kamera-Kippwinkel Θ_C und der flugzeugbezogene Kamera-Kippwinkel Θ'_C ergeben zusammen den Flugzeug-Kippwinkel Θ'_A. Ähnlich wie in der Horizontalebene der Triftwinkel δ, also der Winkel zwischen Flugzeugachse und Istbahn, der vom Doppler-Radar bestimmt wird, ermöglichen gewisse Radaranlagen auch die Bestimmung des «Höhen-Triftwinkels» δ_V zwischen Flugzeuglängsachse und Istbahn in der Vertikalebene. Der vertikale Istbahnwinkel Θ_{TA} ergibt sich dann aus der Summe von Flugzeugkippwinkel und Höhentriftwinkel: $\Theta_{TA} = \Theta'_A + \delta_V$. Die Differenz zwischen vertikalem Istbahnwinkel Θ_{TA} und vertikalem Sollbahnwinkel Θ_{ST} ergibt schließlich den vertikalen Bahn-Fehlerwinkel Θ_{TE}.

Kamera-Kippwinkel Θ_C und Kamera-Rollwinkel Φ_C bestimmen ferner die vertikale Richtung, aus der eine Aufnahme gemacht worden ist.

Die Höhe wird wie üblich barometrisch gemessen. Hierbei ergibt sich, wie in der Fachliteratur nachgelesen werden kann, ein Langzeitfehler, der durch die Krümmung der barometrischen Referenzisobare verursacht ist. Zur Ermittlung dieses Langzeitfehlers sind Angaben über den statischen und den Gesamtluftdruck hb, die Lufttemperatur T, den Triftwinkel δ, ferner über die geographische Breite λ, die zurückgelegte Flugstrecke S, Erdbeschleunigung g und Erdrotationsgeschwindigkeit ω erforderlich.

Eine genaue Auswertung von ohne Bodenorientierung aufgenommenen photogrammetrischen Luftbildern ermöglichen demnach folgende Größen: die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen vom Flugzeug zurückgelegte Wegstrecke S, die Bahnquerdistanz D_C und die Bahnlängsdistanz D_A, der Bahnwinkelfehler ψ_{TE} (vorzugsweise in der Form

$$2\int^{s} \sin^2 \frac{\psi_{TE}}{2} \ ,$$

der Kamera-Steuerkurs ψ_{CH}, Kamera-Kippwinkel Θ_C und Kamera-Rollwinkel Φ_C, der Triftwinkel δ, der statische und der Gesamtluftdruck hb, die Lufttemperatur T, der Doppler-Distanz-Fehler (dessen Bedeutung an späterer Stelle ausführlich behandelt wird) und vorteilhafterweise auch der vertikale Triftwinkel δ_V.

Ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels der Aufnahmeeinrichtung ist in Fig. 5 gezeigt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist neben einer Haupt-Luftbildkamera 1 noch eine Hilfs-Luftbildkamera 2 vorgesehen. Alle Anzeigeorgane der für die Bestimmung der vorstehend genannten Größen nötigen Meßinstrumente sind in einem Paneel 3 angeordnet, welches bei Belichtung einen Aufnahme von einer Registrierkamera 4 photographiert wird.

Der Doppler-Navigationsradar 5 erhält Informationen über den Flugzeug-Steuerkurs ψ_{AH} vom Plattformrechner 6 und liefert zusammen mit dem Doppler-Navigationsrechner 7 Informationen über die Geschwindigkeit V des Flugzeuges, den Triftwinkel δ, die Bahnlängsdistanz D_A, die Bahnquerdistanz D_C, den Bahnwinkelfehler ψ_{TE} und eventuell auch über den vertikalen Triftwinkel δ_V.

Die Information über die Geschwindigkeit V des Flugzeuges besteht aus einer Impulsfolge, deren Folgefrequenz der Geschwindigkeit proportional ist. Zwei aufeinanderfolgende Doppler-Impulse definieren so eine Doppler-Distanzeinheit von z. B. 64,35 mm Länge.

Zur Bestimmung der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen zurückgelegten Flugstrecke S werden die Doppler-Impulse V_{digit} dem Doppler-Radar 5 entnommen und einer Vorrichtung zugeführt, welche nach jeweils einer vorbestimmten Anzahl Impulsen einen Auslöseimpuls für den Kameraverschluß der Haupt- oder Hilfskamera abgibt. Das wesentliche Organ der Steuervorrichtung für den Kameraverschluß ist eine Zähleinrichtung A, welche die ankommenden Doppler-Geschwindigkeitsimpulse V_{digit} zählt. Die Zähleinrichtung ist mit einer repetierenden Voreinstellung ausgestattet, so daß die Doppler-Impulse von der Voreinstellung auf Null herabgezählt werden. Beim Erreichen der Nullstellung wird der Auslöseimpuls A_C für den Kameraverschluß erzeugt und die Zähleinrichtung auf die vorgegebene Voreinstellung zurückgestellt. Zur Vermeidung der durch die Rückstellung der Zähleinrichtung bedingten Fehler sind in der Zähleinrichtung A zwei Zählwerke A_1 und A_2 vorgesehen, die so geschaltet sind, daß das eine Zählwerk beim Erreichen seiner Nullstellung den Auslöseimpuls für den Kameraverschluß erzeugt und gleichzeitig das andere Zählwerk einschaltet, das nun die Zählung der nächsten Zählrate übernimmt. In der Zwischenzeit wird das erste Zählwerk auf seine Voreinstellung zurückgestellt, so daß es zum Einschalten durch das andere Zählwerk wieder bereit ist. Durch die beiden abwechselnd zählenden Zählwerke werden nicht nur Zählfehler vermieden, sondern man gewinnt darüber hinaus noch die Möglichkeit, während des Zählens Änderungen in der Voreinstellung vorzunehmen. Bedingt durch besondere Konstruktionsmerkmale der Luftbild-Kameraverschlüsse und spezielle Maßnahmen bei der Filmführung weist jede Kamera eine gewisse Verzögerungszeit zwischen Auslöseimpuls und Filmbelichtung auf, die je nach Kamera-

typ verschieden ist und bis einige Sekunden betragen kann. Zur Erfassung dieser Verzögerungszeit ist in der Aufnahmeeinrichtung ein weiteres Doppler-Impulse zählendes Zählwerk B vorgesehen, welches durch den von der Auslöse-Zähleinrichtung A abgegebenen Auslöseimpuls für den Kameraverschluß eingeschaltet und durch die Belichtung, also in dem Moment ausgeschaltet wird, in welchem der Kameraverschluß vollständig geöffnet hat. Dieser Ausschaltimpuls kann beispielsweise mittels einer Photodiode erzeugt werden, welche an geeigneter Stelle im Kameragehäuse angeordnet ist. Die Anzeigeorgane der Auslösezählwerke A_1 und A_2 und des Verzögerungszählwerkes B sind im Paneel 3 angeordnet, welches wie bereits erwähnt von der Registrierkamera 4 photographiert wird, sobald der Film in der Luftbildkamera 1 belichtet wird. Hierzu wird der Verschluß der Registrierkamera 4 durch den von der Photodiode erzeugten Belichtungsimpuls ausgelöst. Als Registrierkamera kann eine handelsübliche Kamera mit Weitwinkelobjektiv und z. B. 1/500 sec Belichtungszeit verwendet werden. Nach dem Photographieren des Paneels 3 wird das Verzögerungszählwerk B zurückgestellt und der Film in der Registrierkamera 4 automatisch um eine Aufnahme weitergedreht.

Ein Ausführungsbeispiel einer Auslöseeinrichtung für eine Haupt- und eine Hilfs-Luftbildkamera ist als Blockschaltbild in Fig. 6 gezeigt. Als Auslösezählwerk A_1 und A_2 sind elektromechanische Zähler mit automatischer Rückstellung verwendet, deren Voreinstellung von Hand einstellbar ist. Jeder Zähler weist z. B. ein vierziffriges Zählwerk auf, dessen Zählräder über Elektromagnete und Gesperre durch Gleichspannungsimpulse weitergeschaltet werden. Beim Erreichen der Nullstellung wird ein einpoliger Umschalter 7 betätigt, und die Zählräder werden auf die Voreinstellung zurückgestellt. Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, werden die ankommenden Doppler-Impulse V_{digit} einem Odometer zugeführt, welcher z. B. jeden 128ten Doppler-Impuls an einen Verstärker 8 weitergibt. An jedem Ausgang eines bistabilen Multivibrators 9 ist ein erstes und ein zweites Halbleiter-Schaltelement 10a, 10b und 11a, 11b angeschlossen. Die verstärkten 128ten Doppler-Impulse sind den beiden ersten Schaltelementen 10a, 11a zugeführt. Der Ausgang des einen ersten Schaltelementes 10a ist am einpoligen Umschalter 7a des ersten Zählwerkes A_1 und der Ausgang des anderen ersten Schaltelementes 11a am Umschalter 7b des zweiten Zählwerkes A_2 angeschlossen. Der Abschaltkontakt 12a, 12b des Umschalters 7a, 7b jedes Zählwerkes A_1 und A_2 ist an eines der beiden zweiten Schaltelemente 10b, 11b angeschlossen, deren Ausgänge gemeinsam zu einem zweiten Verstärker 13 führen. Am Ausgang dieses zweiten Verstärkers 13 erscheint ein Auslöseimpuls, sobald eines der beiden Zählwerke A_1 oder A_2 auf Null gezählt hat. Die Auslöseimpulse werden über zwei dreipolige Schalter 14a, 14b den Verschlüssen der beiden Luftbildkameras 1, 2 zugeführt, wobei in der einen Zuführungsleitung ein Verzögerungsglied 15 eingeschaltet ist, mit dessen Hilfe die Verzögerungszeiten der beiden Kameras so aufeinander abgestimmt werden können, daß beide zur gleichen Zeit öffnen. Die beiden dreipoligen Umschalter 14a, 14b können von Hand bedient werden und dienen dazu, die beiden Kameras 1, 2 einzeln oder zusammen arbeiten zu lassen. Der Auslöseimpuls steuert ferner den bistabilen Multivibrator 9. Der von der Photodiode 16 bei offenem Hauptkameraverschluß erzeugte Belichtungsimpuls wird in einem dritten Verstärker 17 verstärkt. Die verstärkten Belichtungsimpulse und Auslöseimpulse sind einer Flip-Flop-Stufe 18 zugeführt, deren Ausgang einerseits über einen Verzögerungskreis 19 mit dem Rückstellmechanismus 20 der Zählwerke verbunden und anderseits an dem einen Eingang eines «UND»-Elementes 21 angeschlossen ist.

Der andere Eingang des «UND»-Elementes 21 wird mit den Doppler-Impulsen V_{digit} gespeist, und seine Ausgangsimpulse steuern das Verzögerungszählwerk B. Das Verzögerungszählwerk B ist vorzugsweise eines vom binär zählenden Typ, so daß die Zählung z. B. mittels Lämpchen 22 zur Anzeige gebracht werden kann, die im Paneel 3 angeordnet sind. Zwölf Zählstufen sind im allgemeinen auch für große Fluggeschwindigkeiten und lange Verzögerungszeiten der Kameraverschlüsse ausreichend.

Die Länge der räumlichen Flugbahn, d. h. der von Aufnahme zu Aufnahme vom Flugzeug auf die Istbahn zurückgelegten Flugstrecke AB, wird aus den Anzeigen der Zählwerke A und B bestimmt durch $\delta = \widehat{AB} = E$ (n · Voreinstellung Zählwerk A + Anzeige am Zählwerk B), worin E die Doppler-Distanzeinheit und n die Impulszählung im Odometer bedeutet. Die Genauigkeit der Strecke hängt also im wesentlichen von der Impulszählung im Odometer ab und kann damit den jeweiligen Bedürfnissen angepaßt werden.

Wie aus Fig. 1 und Gleichung 1 ersichtlich ist, wird die genaue Bahn-Längsdistanz D_A durch

$$\widehat{AB}_H - 2 \int \sin^2 \frac{\psi_{TE}}{2} \, d\,\widehat{AB}_H$$

erhalten, wobei der Bahnwinkelfehler $\psi_{TE} = \psi_{TA} - \psi_{ST}$, d. h. durch die Differenz von Kurs und Steuerkurs bestimmt ist. Während des Meßfluges auf einer geraden Strecke ist der Steuerkurs ψ_{ST} eine Konstante, während sich der tatsächliche Kurs ψ_{TA} laufend ändert.

Die beiden Luftbildkameras 1 und 2 (Fig. 5) sind im Azimut auf den gewünschten Soll-Kurs stabilisiert. Der gewünschte Soll-Kurs ψ_{ST} wird in einer gesonderten Baueinheit 23 eingestellt und über ein Zählwerk mit dekadischen Zählwalzen im Paneel 3 zur Anzeige gebracht. Ein Drehfeldgeber überträgt die Einstellung auf einen synchronisierten Drehfeldempfänger in einem Kamera-Kursübertrager 24, von welchem der Kamera-Kurs ψ_{CH} bestimmt und über ein Zählwerk im Paneel 3 zur Anzeige gebracht wird. Das den Kamera-Kurs ψ_{CH} darstellende Signal wird über einen Differential-Drehfeldgeber auf den Aufhängebügel der Hauptkamera 1 übertragen. Die resultierende Stellung der Welle des Differential-Drehfeldgebers stellt die Differenz zwischen Kamera-Steuerkurs ψ_{CH} und Flugzeug-Steuerkurs ψ_{AH} dar. Die Signale über den Flugzeug-Steuerkurs ψ_{AH} werden dem Doppler-Radar 5 zugeführt und dort zu den Drehfeldsignalen über den Triftwinkel δ addiert. Die Summe dieser beiden Winkel stellen den horizontalen Istbahnwinkel ψ_{TA} dar. Der Sollbahnwinkel ψ_{ST} wird vom Istbahnwinkel ψ_{TA} subtrahiert und ergibt den Bahn-Fehlerwinkel ψ_{TE}. Die den Bahn-Winkelfehler ψ_{TE} darstellenden Signale werden einem Sinus-Potentiometer zugeführt. Die erhaltenen sin ψ_{TE}-Signale werden hierauf in der Übertragereinheit 25 quadriert und schalten ein im Paneel 3 untergebrachtes Bahn-Winkelfehlerzählwerk 26.

Wie aus der Gleichung 1 ersichtlich, ist für die genaue Bestimmung des Abstandes zweier aufeinanderfolgender Aufnahmen noch der Winkel β erforderlich,

welcher durch seinen Tangens D_C/D_A, d. h. durch Bahnlängs- und Bahnquerdistanz bestimmt ist. Zur Herleitung dieser beiden Größen werden zunächst die Doppler-Geschwindigkeitsimpulse in einem vielstufigen Integratorkreis in eine Dreiphasenspannung umgewandelt. Mit dieser Dreiphasenspannung wird ein Synchronmotor angetrieben, so daß die Anzahl der Ankerumdrehungen die zurückgelegte Flugstrecke ergibt. Der Synchronmotor treibt die Kugel eines mechanischen Kugel-Funktionsdrehmelders an. Der Kugel sind zwei mechanische Abgriffe zugeordnet, deren Wellen senkrecht aufeinander stehen und bezüglich der Antriebsachse der Kugel verstellbar sind. Die Einstellung der Abgriffe erfolgt über die Bahn-Winkelfehlersignale ψ_{TE}. Die Abgriffswellen betätigen Zählwalzen 27, 28, welche in Kilometern oder Meilen geeicht sein können und im Paneel 3 untergebracht sind.

Durch die Anzeigen der Impulszählwerke A und B, des Bahn-Winkelfehlerzählwerkes 26, der Bahn-Längsdistanz 27 und der Bahn-Querdistanz 28 ist die Strecke $\overline{AB}$ (Gleichung 1 $\overline{AB}_H$) in erster Näherung bestimmt, und diese Bestimmung ist ausreichend, wenn die durch die Höhenunterschiede bedingten Fehler in Kauf genommen werden können, d. h. wenn der Bahnbogen $\widehat{AB}_H$ als im wesentlichen in einer Horizontalebene liegend angesehen werden kann. Für genaue Messungen ist jedoch die durch die Höhenunterschiede beim Fliegen bedingte Längenänderung des Bahnbogens $\widehat{AB}_H$ zu berücksichtigen, und die durch Gleichung 1 bestimmte Strecke $\overline{AB}_H$ bedarf einer Korrektur, welche nach Gleichung 2 ermittelt wird. Hierzu ist vor allem die Bestimmung des vertikalen Bahn-Winkelfehlers Θ_{TE} erforderlich. Wie bereits ausgeführt worden ist, ergibt sich dieser aus der Differenz von vertikalem Sollbahnwinkel Θ_{ST} und vertikalem Istbahnwinkel Θ_{TA}. Der vertikale Sollbahnwinkel ist Null, da das Flugzeug in der Horizontalebene fliegen soll, so daß der vertikale Bahn-Fehlerwinkel Θ_{TE} allein durch den Istbahnwinkel Θ_{TA} bestimmt ist. Der vertikale Istbahnwinkel Θ_{TA} ist wie erwähnt bestimmt durch die Summe aus Flugzeug-Kippwinkel Θ'_A und vertikalem Triftwinkel δ_V. Der Flugzeug-Kippwinkel Θ'_A wird in Form eines Drehfeldsignals von der stabilisierten Plattform geliefert. Ebenfalls in analoger Form liefert der Doppler-Radar 5 den vertikalen Triftwinkel δ_V. Beide Signale werden einer Additionsschaltung 29 (Fig. 5) zugeführt und dort addiert. Das Summensignal wird einer Recheneinheit 30 zugeführt, in welcher der Sinus gebildet und den Sinus quadriert wird. Die Ausgangssignale der Recheneinheit 30 werden dann einem Zählwerk 31 zugeführt, und das Ergebnis gelangt im Paneel 3 zur Anzeige. Zur Bestimmung des Winkels γ in Gleichung 2 ist neben der bereits erhaltenen Bahnlängsdistanz D_A noch die Bahnhöhendistanz D_H erforderlich. Diese ergibt sich aus einer barometrischen Höhenmessung, auf die an späterer Stelle ausführlicher eingegangen wird. Mit den bisher beschriebenen Daten ist bereits eine sehr genaue Bestimmung des Abstandes zweier aufeinanderfolgender Aufnahmen geben.

Da die Bündelung der Radarstrahlen niemals unendlich scharf ist, bestehen die empfangenen Doppler-Impulse aus einem Frequenzspektrum und weisen Glockenform auf. Die Abtastung der Glockenform des Frequenzspektrums bewirkt auf kurze Zeit gesehen ein «Vor»- oder «Nach»-Gehen der Zählwerke, je nachdem, ob die ansteigenden oder abfallenden Flanken das Zählwerk weiterschalten. Die ermittelte Bahnlängsdistanz D_A ist daher noch mit einem Kurzzeitfehler behaftet. Zur Bestimmung dieses Distanzfehlers werden die vom Doppler-Radar gelieferten Geschwindigkeitsinformationen mit den vom Inertial-Ortungssystem abgeleiteten verglichen. Die Differenz beider stellt den Doppler-Inertial-Geschwindigkeitsfehler dar. Eine Integration desselben liefert den Doppler-Distanzfehler.

Die kreiselstabilisierte Plattform 32 (Fig. 5) liefert Beschleunigungswerte in der Nord-Süd-Richtung $\ddot{x}$ und in der Ost-West-Richtung $\ddot{y}$. Diese Beschleunigungswerte werden im Plattformrechner 6 zu den Geschwindigkeitskomponenten in Nord-Süd-Richtung V_I und Ost-West-Richtung U_I integriert. Bildflüge werden im allgemeinen in den kardinalen Richtungen, also in Nord-Süd- oder Ost-West-Richtung durchgeführt. In diesem Falle entsprechen die vom Doppler-Radar zweckmäßigerweise in analoger Form erzeugten Geschwindigkeitssignale V_{anal} entweder der «Doppler»-Geschwindigkeit V_D in Nord-Süd-Richtung oder der «Doppler»-Geschwindigkeit U_D in Ost-West-Richtung. Diese «Doppler»-Geschwindigkeitssignale V_D bzw. U_D werden dem Plattformrechner 6 (Fig. 5) zugeführt und dort mit den «Inertial»-Geschwindigkeitssignalen V_I bzw. U_I gemischt. Der Vergleich der «Doppler»-Geschwindigkeit mit der «Inertial»-Geschwindigkeit liefert nicht nur den kurzzeitigen «Gangfehler», sondern darüber hinaus noch die Differenz zwischen Istbahnlänge und Bahnlängsdistanz.

Die Fehlersignale (U_I-U_D) bzw. (V_I-V_D) werden einem Integrator 33 zugeführt, in welchem die Geschwindigkeitsfehler nach der Zeit integriert werden. Der Integrator 33 kann z. B. ein elektronischer Miller-Integrator sein, welcher über eine einfache Servosteuerung ein Zählwerk 34 verstellt. Das Zählwerk 34 ist zweckmäßig in Metern geeicht und im Paneel 3 angeordnet. Durch die Integration des Geschwindigkeitsfehlers wird der praktisch unmittelbare Doppler-Distanzfehler erhalten.

Die Größen (U_I-U_D) und (V_I-V_D) werden ferner im Plattformrechner 6 zur Verbesserung der U_I- und V_I-Werte benutzt. Hierbei werden mit einer wählbaren Zeitkonstante U_I und V_I an U_D und V_D angeglichen. Dieses Verfahren ist das wesentliche Merkmal eines sogenannten Doppler-Inertial-mixed-Systems. Bei mehr oder weniger starken Krümmungen der Istbahn werden somit die Werte U_I und V_I mehr oder weniger stark verfälscht. Zur Überwachung und eventuellen Korrektur dieser Verfälschung dienen die bereits erwähnten Größen

$$\sum \sin^2 \frac{\psi_{TE}}{2} \quad \text{und} \quad \sum \frac{\sin^2}{2} \Theta_{TE}.$$

Es ist zweckmäßig, die die Funktionen

$$\sum \sin^2 \frac{\psi_{TE}}{2} \quad \text{und} \quad \sum \sin^2 \frac{\Theta_{TE}}{2},$$

darstellenden Signale in einer Addierschaltung zu addieren und ihren Summenwert an einem Zählwerk anzuzeigen.

Für die Auswertung der photogrammetrischen Aufnahmen wichtig ist ferner die Richtung, aus der ein Gebiet aufgenommen worden ist, d. h. die räumliche Lage der Kamera-Hochachse. Deren Lage wird wie bereits beschrieben durch den Kamera-Kippwinkel Θ_C und den Kamera-Rollwinkel Φ_C bestimmt. Beide Winkel Θ_C und Φ_C werden direkt von der kreiselstabilisierten Plattform 32 in Form von Gleichspannungen geliefert.

Die Anzeige von Kamera-Kippwinkel und Kamera-Rollwinkel wird an späterer Stelle genauer beschrieben.

Es ist eingangs dargelegt worden, daß bei den Höhenbestimmungen die Krümmung der Referenzisobare berücksichtigt werden muß und daß für diese Korrekturen Angaben über Triftwinkel δ und Lufttemperatur T, ferner über den statischen und Gesamtluftdruck und die Länge der zurückgelegten Wegstrecke und schließlich über die geographische Breite, Erdbeschleunigung und Erdwinkelgeschwindigkeit erforderlich sind.

Der Triftwinkel δ wird vom Doppler-Radar 5 (Fig. 5) als Gleichspannung geliefert.

Die Lufttemperatur T wird zweckmäßig mittels eines Platin-Widerstandthermometers bestimmt, welches in einem Zweig einer Brückenschaltung 35 geschaltet ist, und liegt demnach ebenfalls als Gleichspannung vor. Die vier vorkommenden relativ niedrigen Gleichspannungen für Kamera-Kippwinkel Θ_C, Kamera-Rollwinkel Φ_C, Trift δ und Lufttemperatur T können in einem gemeinsamen Anzeigesystem 36 zur Anzeige gebracht werden. Das Anzeigesystem ist vorzugsweise ein Lichtpunktschreiber mit mehreren Spiegelgalvanometern, deren Lichtzeiger auf eine gemeinsame horizontale Skala ausgerichtet sind. Da Kipp- und Rollwinkel möglichst genau abzulesen sind, weisen die beiden ihnen zugeordneten Galvanometer je zwei zueinander einstellbare Spiegel auf, die so eingestellt sind, daß die beiden Lichtmarken des einen Galvanometers einen Abstand von z. B. 1 mm und die des anderen Galvanometers einen Abstand von 2 mm aufweisen. Damit ist nicht nur eine genaue Interpolation, sondern außerdem noch eine einwandfreie Unterscheidung zwischen Roll- und Kippwinkel auf der gemeinsamen Skala möglich. Ein drittes und viertes Galvanometer ist für Lufttemperatur T und Triftwinkel δ vorgesehen. Zur Markierung der Anzeigen im Augenblick der Belichtung einer Aufnahme ist schließlich noch ein fünftes Galvanometer vorhanden, welchem die von der Photodiode in der Hauptkamera erzeugten Belichtungsimpulse zugeführt werden. Der statische und Gesamtluftdruck wird wie üblich mittels eines Pitot-Rohres erfaßt und mit Dosen-Barometern gemessen. Die Verformung der Barometerdosen wird in Übertragungsvorrichtungen 37 in elektrische Spannungen umgewandelt, welche Zählwerke 38 antreiben. Die die beiden Drücke anzeigenden Zählwerke 38 sind wiederum im Paneel 3 untergebracht.

Es ist verständlich, daß die Geschwindigkeitsimpulse nicht nur vom Doppler-Radar, sondern auch vom Inertialsystem hergeleitet werden können. Ferner besteht die Möglichkeit, daß die Geschwindigkeitsimpulse nicht mit Zählwerken, sondern fortlaufend mit irgendwelchen anderen Mitteln registriert werden, wobei den registrierten Geschwindigkeitsimpulsen die bei Belichtung des Films erzeugten Belichtungsimpulse überlagert werden, so daß zwischen beiden Impulsfolgen eine Zuordnung besteht. Ein geeignetes Mittel hierzu sind z. B. Tonbandgeräte.

Im vorstehenden ist eine Einrichtung zur Erlangung aller der Daten beschrieben, welche eine äußerst genaue photogrammetrische Auswertung ohne Bodenorientierung aufgenommener Luftbilder ermöglicht.

Diese hohe Genauigkeit ist in mehreren Schritten erhalten worden. Die Steuerung des Kameraverschlusses mittels Doppler-Geschwindigkeitsimpulse zählende Zählwerke (Zählwerk A), die Berücksichtigung der Verzögerungszeit zwischen Auslöseimpuls und Belichtung der Aufnahme (Zählwerk B) und die Betätigung einer Registrierkamera mittels des in der Kamera erzeugten Belichtungsimpulses zur Fixierung der Zählwerkanzeigen im Moment einer Belichtung läßt bereits eine für viele Zwecke ausreichend genaue Bestimmung des Abstandes zweier aufeinanderfolgender Luftbilder zu.

Die Berücksichtigung der Flugbahnkrümmungen in der Horizontal- und Vertikalebene führt respektive zur Gleichung 1 und 2 und dieser entsprechend zur erforderlichen Bestimmung der geradlinige Abstand des Punktes B vom Punkt A. Wird der Bildflug in den Kardinalrichtungen durchgeführt, so ergibt sich eine wesentliche Genauigkeitssteigerung durch Vergleich der Doppler-Geschwindigkeit mit der Inertialgeschwindigkeit. Die zeitliche Integration dieser Geschwindigkeitsdifferenzen liefert den Doppler-Distanzfehler, welcher zur Anzeige gebracht wird. Auf diese Weise wird die geradlinige Distanz des Punktes B vom Punkt A in einer Kardinal-Richtung bestimmt.

Die Berücksichtigung der Krümmung der Referenzisobare mit den hierzu erforderlichen Größen: statischer Luftdruck, Gesamtluftdruck, Lufttemperatur, Triftwinkel, zurückgelegte Flugstrecke, geographische Breite, Erdbeschleunigung und Rotationsgeschwindigkeit der Erde, führt schließlich zu einer Genauigkeit, die den praktisch vorkommenden Ansprüchen gerecht wird.

PATENTANSPRUCH

Einrichtung mit einer Luftbildkamera für mit einem Doppler-Radar und/oder Inertial-Navigationssystem ausgerüstete Flugzeuge zum Aufnehmen einer Serie photogrammetrischer Luftbilder längs eines vorgegebenen Kurses, gekennzeichnet durch einen von den Doppler-Radarimpulsen oder den Impulsen des Inertialsystems gesteuerten Impulsgeber zum Erzeugen eines Auslöseimpulses für den Kameraverschluß nach jeweils einer vorbestimmten Anzahl von Geschwindigkeitsimpulsen, durch Meßvorrichtungen zur Zählung dieser Impulse und zur Ermittlung der für die Bestimmung der Abweichung von der Sollposition aufeinanderfolgender Aufnahmen erforderlichen Daten und durch eine durch die Belichtung gesteuerte Registriereinrichtung zum Fixieren dieser Daten.

UNTERANSPRÜCHE

1. Einrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsgeber eine rückwärtszählende Zähleinrichtung (A) mit repetierender Voreinstellung enthält, wobei der Auslöseimpuls bei Null erzeugt wird.

2. Einrichtung nach Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zähleinrichtung (A) zwei Zählwerke (A_1, A_2) mit Voreinstellung aufweist, wobei jeweils das eine Zählwerk beim Erreichen der Nullstellung das andere Zählwerk startet und sich selbst auf die Voreinstellung zurückstellt.

3. Einrichtung nach Patentanspruch und Unteransprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtungen Geschwindigkeitsimpulse zählendes Zählwerk (B) mit Anzeigeorgan umfassen, welches durch den Auslöseimpuls eingeschaltet und durch einen bei Belichtung des Filmes erzeugten Belichtungsimpuls ausgeschaltet und auf Null zurückgestellt wird.

4. Einrichtung nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Zählwerk (B) ein binär zählendes Zählwerk ist und sein Anzeigeorgan aus einer Anzahl Lampen (22) besteht.

5. Einrichtung nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäuse der Luftbildkamera ein lichtelektrischer Wandler (16) angeordnet ist, welcher bei offenem Verschluß den Belichtungsimpuls erzeugt.

6. Einrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtungen eine erste, die Funktion «$\sin^2$» bildende und integrierende Übertragereinheit (25) mit Anzeigeorgan umfassen, welcher Übertragereinheit (25) aus dem Bordrechner (7) des Navigationssystems die den horizontalen Bahnwinkelfehler ψ_{TE} darstellenden Signale zugeführt sind.

7. Einrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtungen eine zweite, die Funktion «$\sin^2$» bildende und integrierende Übertragereinheit (30) mit Anzeigeorgan umfassen, welcher zweiten Übertragereinheit (30) aus dem Bordrechner des Navigationssystems die den vertikalen Bahnwinkelfehler Θ_{TE} darstellenden Signale zugeführt sind.

8. Einrichtung nach Patentanspruch und den Unteransprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtungen eine Addierschaltung (39) mit Anzeigeorgan umfassen, welche an die Ausgänge der ersten und zweiten Übertragereinheit (25, 30) angeschlossen ist.

9. Einrichtung nach den Unteransprüchen 6, 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Übertragereinheit (25, 30) und die Addierschaltung (39) Mittel zur Bildung impulsförmiger Ausgangssignale enthalten und ihre Anzeigeorgane von den Ausgangsimpulsen betätigte elektromagnetische Zählwerke (26, 31, 40) sind.

10. Einrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtungen eine Integriereinrichtung (33) mit Anzeigeorgan umfassen, welcher aus dem Bordrechner des Navigationssystems Signale zugeführt sind, die die Differenz zwischen der vom Inertialsystem und vom Doppler-Radar abgeleiteten Geschwindigkeit in Nord-Süd- bzw. Ost-West-Richtung darstellen.

11. Einrichtung nach Unteranspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Integriereinrichtung (33) Mittel zur Bildung impulsförmiger Ausgangssignale enthält und ihr Anzeigeorgan ein von den Ausgangsimpulsen betätigtes in einem Längenmaß geeichtes Zählwerk (34) ist.

12. Einrichtung nach Patentanspruch und den Unteransprüchen 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeigeorgane in einem Paneel (3) angeordnet sind und dem Paneel (3) eine Registrierkamera (4) zugeordnet ist, deren Verschluß durch die Belichtungsimpulse gesteuert ist.

13. Einrichtung nach Patentanspruch, dadurch gegennzeichnet, daß die Meßvorrichtungen Mittel umfassen, welche fortlaufend die Geschwindigkeitsimpulse registrieren und diesen bei Belichtung des Filmes erzeugte Belichtungsimpulse zuordnen.

14. Einrichtung nach Unteranspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum fortlaufenden Registrieren der Geschwindigkeits- und Belichtungsimpulse ein Magnetbandgerät umfassen.

Swissair-Photo AG
Vertreter: E. Blum & Co., Zürich

Fig. 1

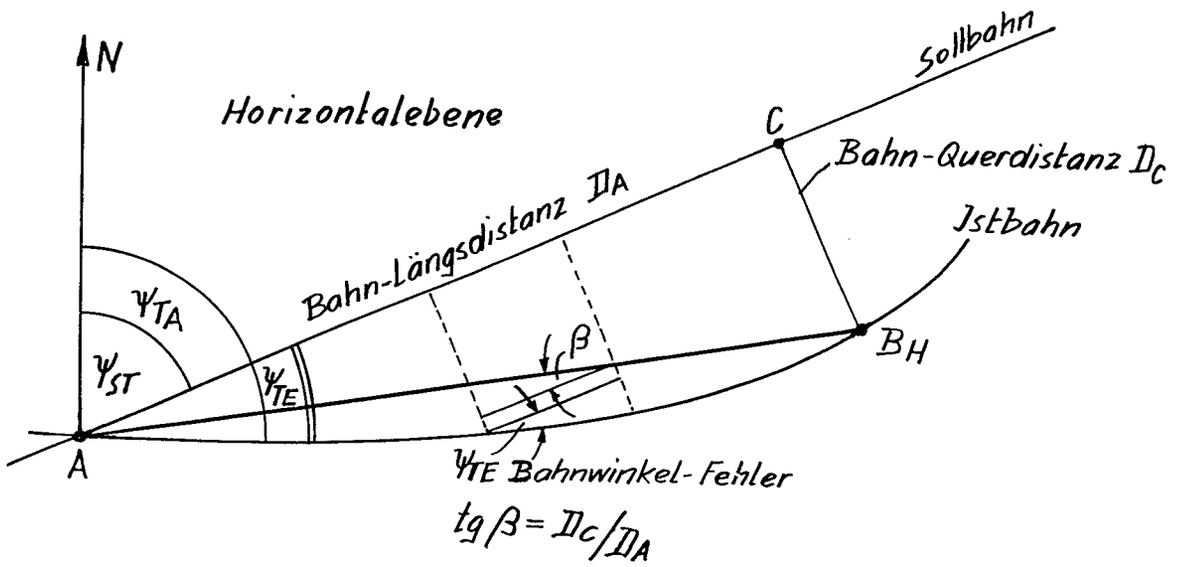

N
Horizontalebene
Sollbahn
C
Bahn-Querdistanz D_C
Bahn-Längsdistanz D_A
Istbahn
ψ_{TA}
ψ_{ST}
ψ_{TE}
β
B_H
A
ψ_{TE} Bahnwinkel-Fehler
$tg\,\beta = D_C / D_A$

Fig. 2

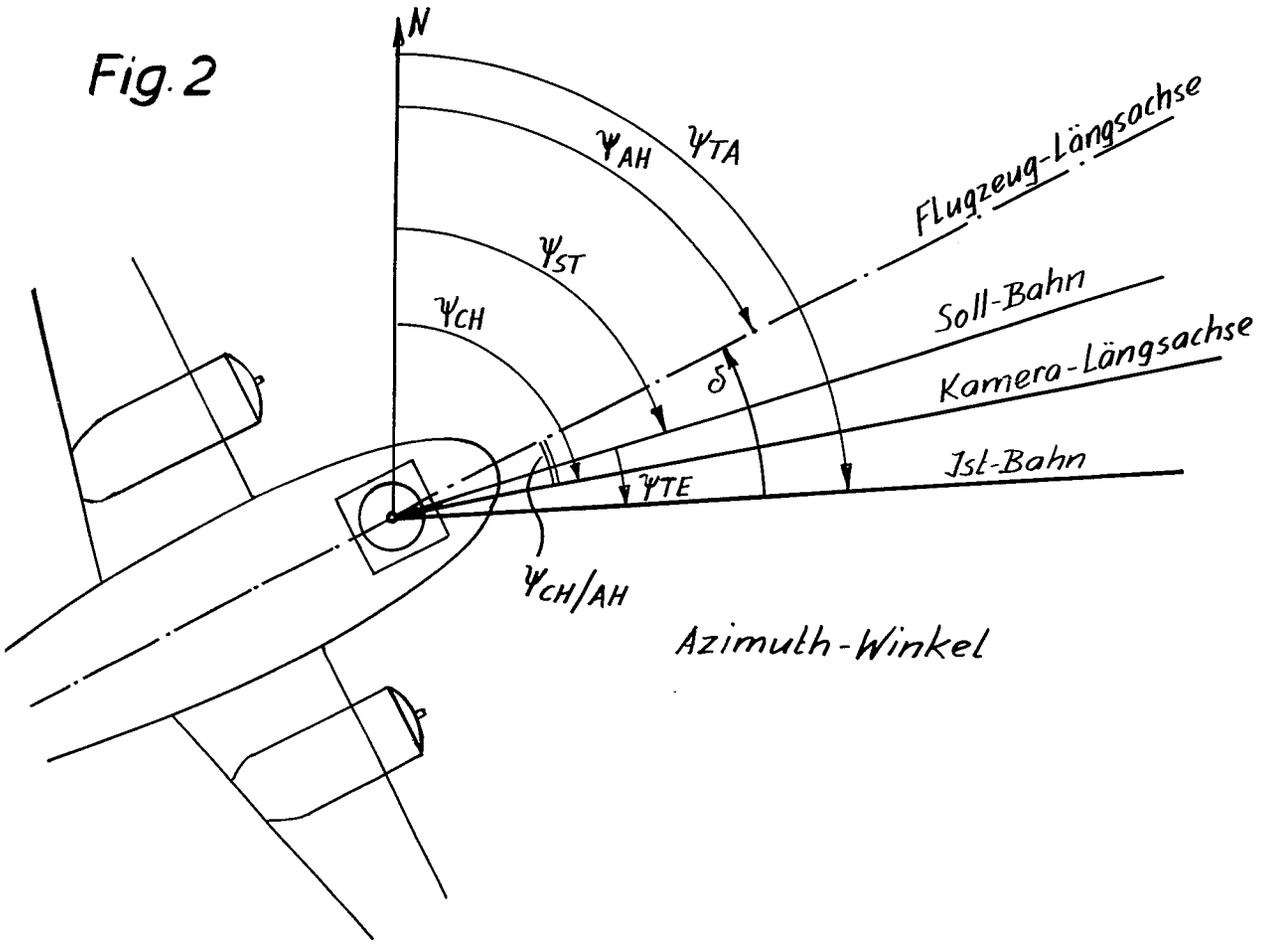

N
ψ_{AH}
ψ_{TA}
ψ_{ST}
ψ_{CH}
δ
ψ_{TE}
$\psi_{CH/AH}$
Flugzeug-Längsachse
Soll-Bahn
Kamera-Längsachse
Ist-Bahn
Azimuth-Winkel

Fig. 3

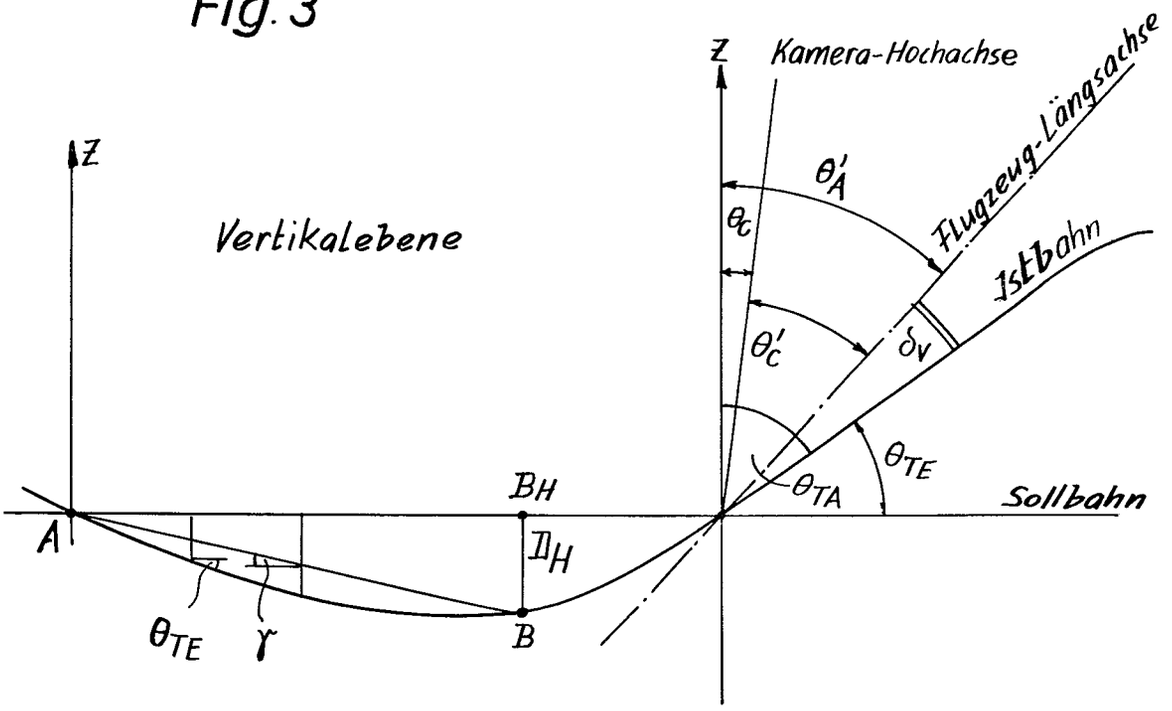

Z
Vertikalebene
A
B_H
D_H
B
θ_{TE}
γ
Z
Kamera-Hochachse
θ'_A
θ_C
θ'_C
δ_V
Flugzeug-Längsachse
Istbahn
θ_{TA}
θ_{TE}
Sollbahn

Fig. 4

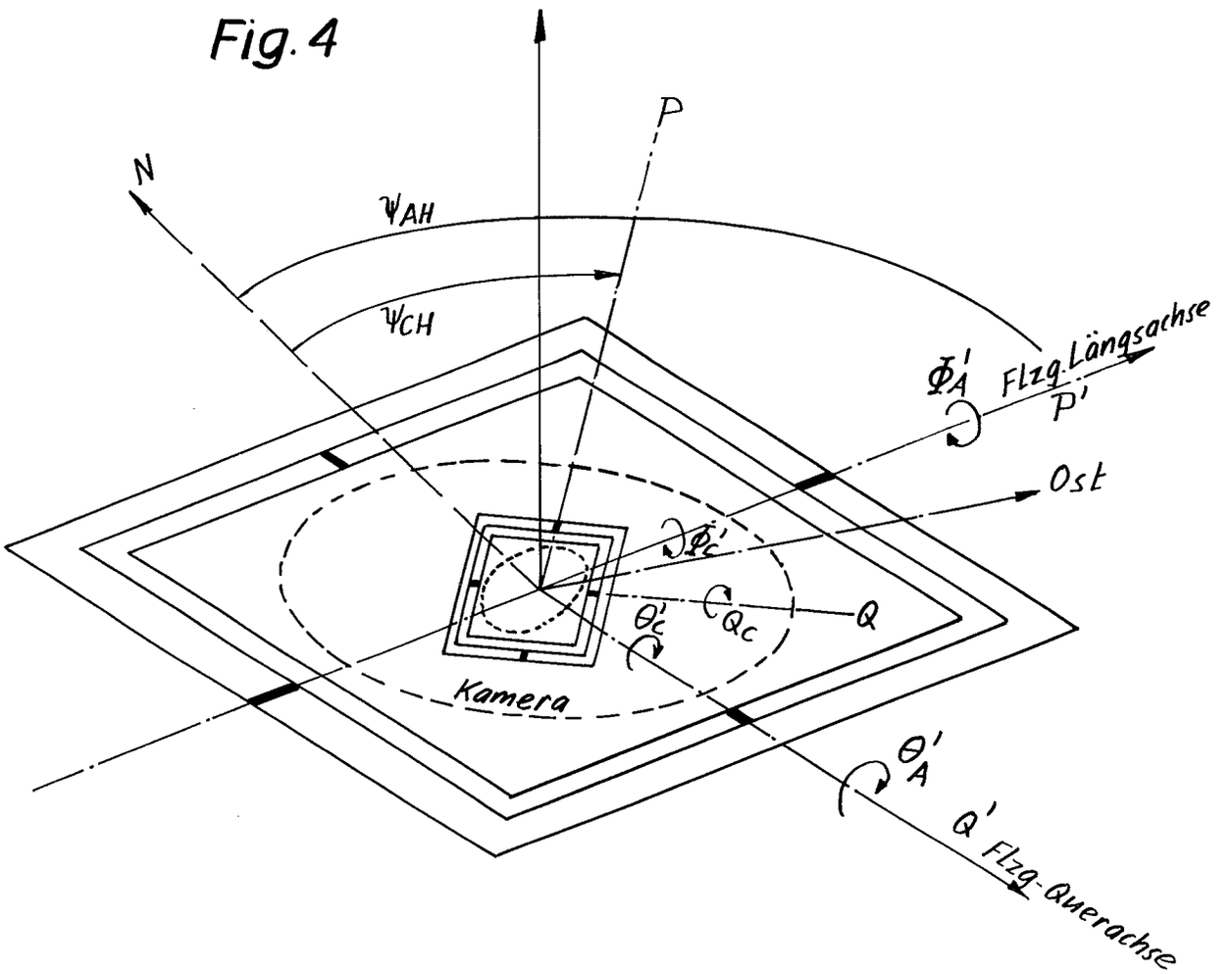

N
P
ψ_{AH}
ψ_{CH}
Φ'_A
Flzg.Längsachse
P'
Ost
Φ'_C
θ'_C
Q_C
Q
Kamera
θ'_A
Q'
Flzg-Querachse

Fig.5

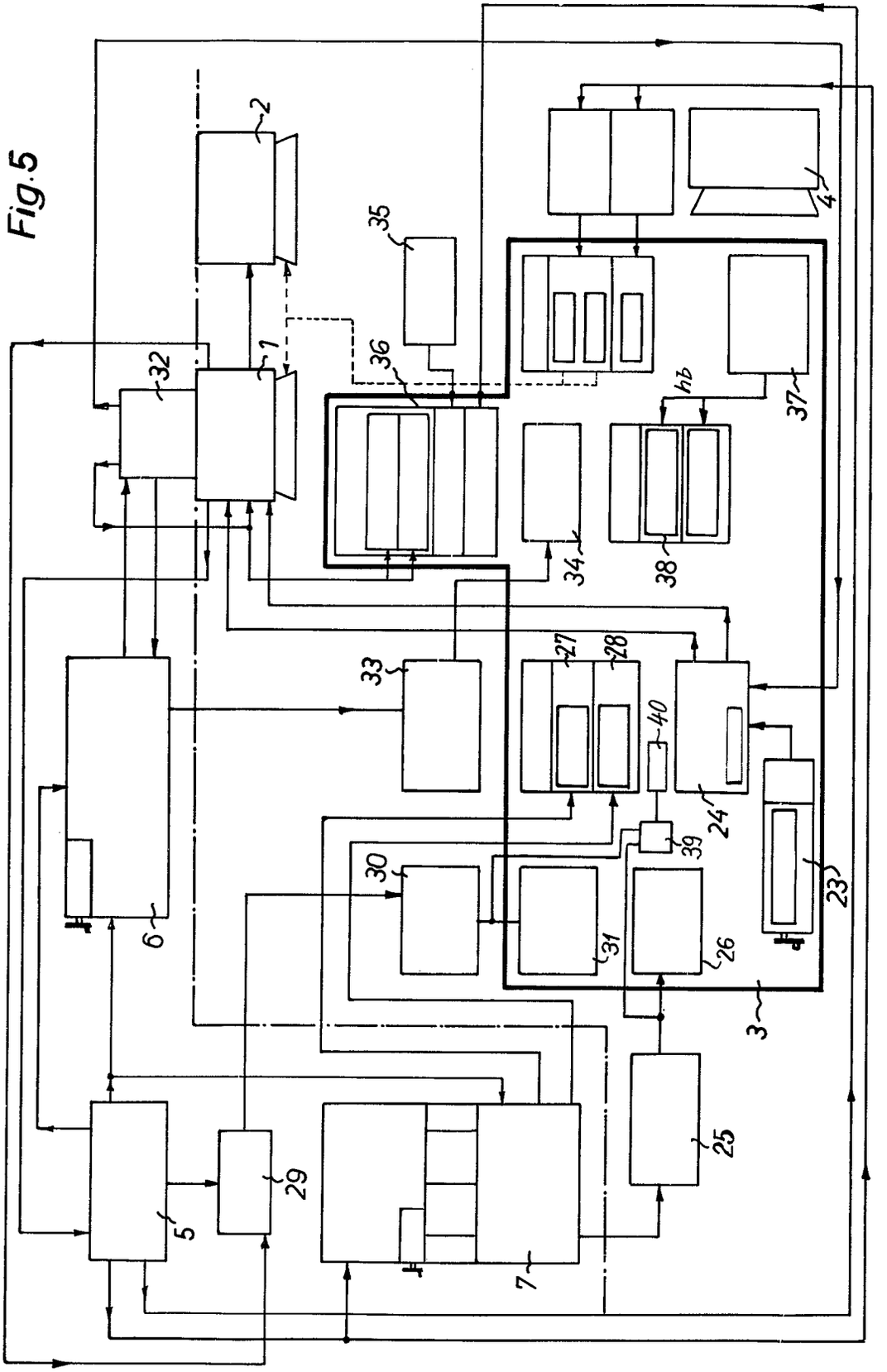
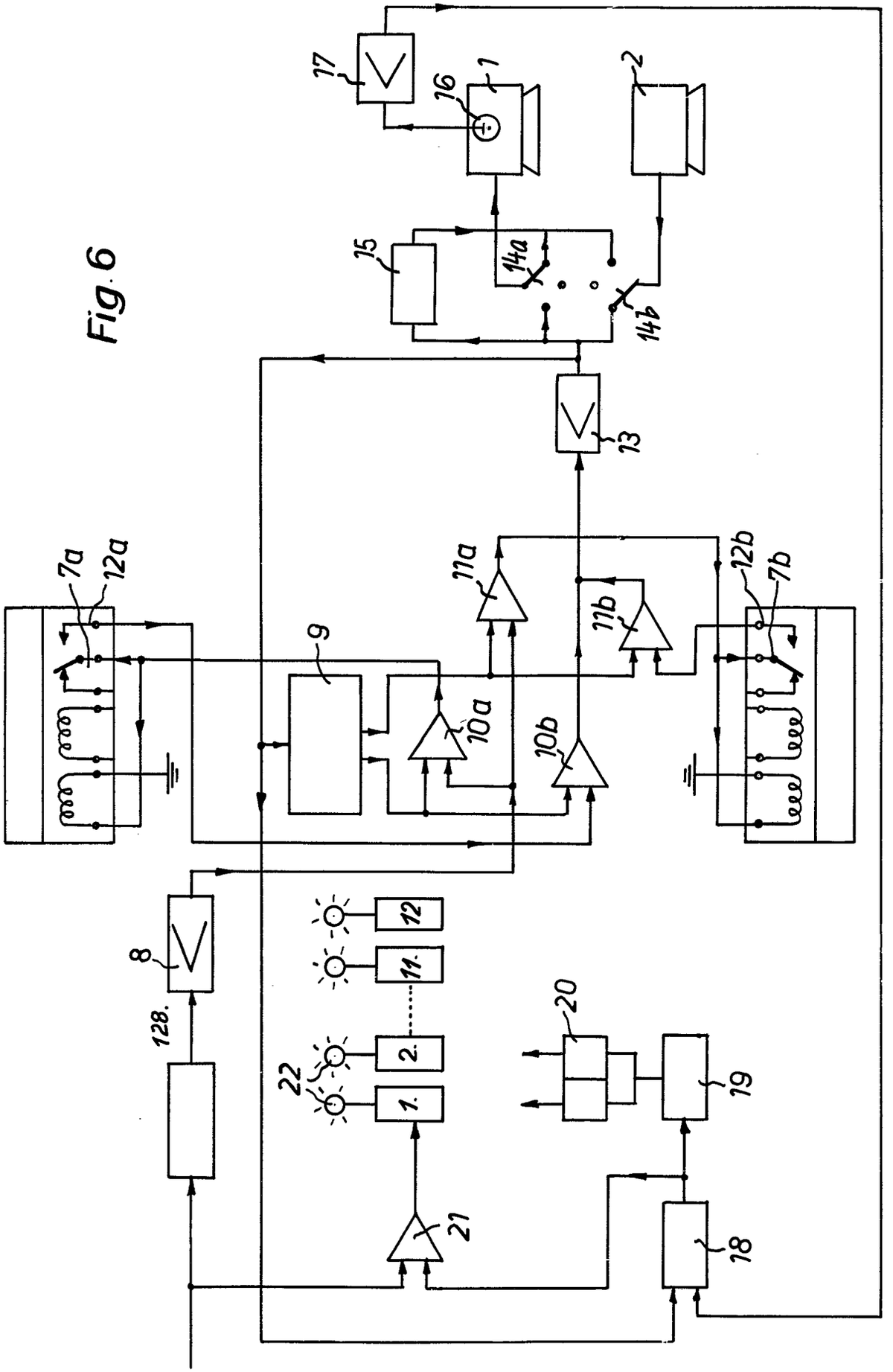


Fig. 6


17
16
1
2
15
14a
14b
13
7a
12a
11a
11b
12b
7b
9
10a
10b
8
12.
11.
2.
1.
22
20
19
18
21

CH 654916 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 654916 A5

(51) Int. Cl.⁴: G 01 C 11/02
G 03 B 7/28

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 3028/81

(22) Anmeldungsdatum: 11.05.1981

(24) Patent erteilt: 14.03.1986

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.03.1986

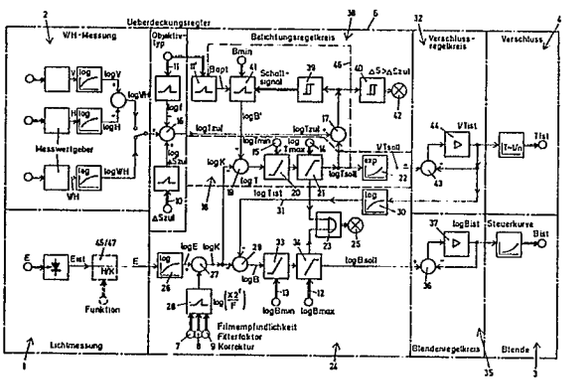
(73) Inhaber:
Wild Heerbrugg AG, Heerbrugg

(72) Erfinder:
Kucher, Gerhard, Lustenau (AT)

(74) Vertreter:
Dr. A. R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

(54) Belichtungsregeleinrichtung an einer Luftbildkamera.

(57) Die Belichtungsregeleinrichtung an einer Luftbildkamera enthält einen Belichtungsmesser (1), eine Anordnung (2) zur Bestimmung der maximal zulässigen Belichtungszeit und der Bildfolgezeit, sowie eine Blende- und Verschlussvorrichtung (3, 4). An den Ausgang des Belichtungsmessers (1) und der genannten Anordnung (2) ist eine Belichtungsregelkreisvorrichtung (6) angeschlossen, die eine Fehlermeldevorrichtung (42) enthält und die über Verschluss- und Blendenregelkreise (32 u. 35) an die Verschlussvorrichtung angeschlossen sind. Diese Einrichtung ermöglicht eine von einer vorgebbaren, zulässigen Bildwanderung s_{zul} und dem Wert $\frac{v}{h}$ abhängige zulässige Verschlusszeit T_{zul} als Grenzwert für die vollautomatische, von der Helligkeit des überflogenen Terrains abhängige Belichtungssteuerung unter Verwendung eines im wesentlichen optimale Abbildungsqualität liefernden Blendenwertes B_{opt} zu erreichen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Belichtungsregeleinrichtung an einer Luftbildkamera mit einer Anordnung, an deren Eingängen Signale der gemessenen Werte für die Fluggeschwindigkeit v und die Flughöhe h, oder dem Quotienten

$$\frac{v}{h},$$

sowie der zulässigen Bildwanderung Δs_{zul} zur Ermittlung einer maximal zulässigen Belichtungszeit T_{zul} nach der Formel

$$T_{zul} = \frac{\Delta s\,zul}{\frac{v}{h} \cdot f}$$

sowie der Bildfolgezeit liegen, mit einem Belichtungsmesser zur kontinuierlichen integralen Messung der Helligkeit des überflogenen Terrains mit Blenden- und Verschlusssteuervorrichtungen, dadurch gekennzeichnet, dass an den Ausgang dieser Anordnung und an den des Belichtungsmessers (1) eine Belichtungsregelkreisvorrichtung (6) geschaltet ist, dass diese an einer Fehlermeldevorrichtung (42) liegt und mit der Blenden- und Verschlusssteuervorrichtung (3 bzw. 4) derart verbunden ist, dass unter Berücksichtigung von den Signalen für T_{zul} und der mittleren Helligkeit sowie von den Zustandssignalen der Blenden- und Verschlussregelkreise (35 bzw. 32) und den Prozesssignalen bei einem Blendenwert B die Verschlusszeit T entsprechend den Aufnahmeverhältnissen im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ – dem Normalarbeitsbereich – nachregelbar ist, wobei bei Erreichen der durch T_{min} gegebenen Grenze des Normalarbeitsbereiches die Blende im Intervall $[B, B_{max}]$ (B_{max} = minimaler Blendendurchmesser) entsprechend den Helligkeitsverhältnissen nachführbar und bei Erreichen der durch T_{zul} gegebenen Grenze eine Blendenverstellung im Intervall $[B, B_{min}]$ (B_{min} = grösster Blendendurchmesser) ausführbar ist, wobei die Blendenverstellung vom Blendenwert B nacheinander auf diskrete Werte $B' < B$ vornehmbar ist und für jeden dieser diskreten Werte die Regelung der Verschlusszeit in Abhängigkeit von der Helligkeit des Terrains im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ erfolgt, sowie bei Erreichen des minimalen Blendenwertes B_{min} die Verschlusszeit im Intervall $[T_{zul}, T_{max}]$ regelbar ist.

2. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Blendenwert B der optimale Blendenwert B_{opt} ist.

3. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von der Verschlusssteuervorrichtung (4) zur Belichtungsregelkreisvorrichtung (6) für die Ist-Verschlusszeit T_{ist} eine Rückmeldeleitung vorgesehen ist, wobei die Belichtungsregelkreisvorrichtung (6) das zu T_{ist} gehörende Δs_{ist} mit Δs_{zul} vergleicht und für $\Delta s_{ist} > \Delta s_{zul}$ ein Signal abgibt, das einer Fehlermeldevorrichtung (42) zugeführt ist.

4. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungsregelkreisvorrichtung (6) ein Halteglied (45) zur Speicherung von Signalen während einem Zeitintervall aufweist, die bei die Expositionsdaten verfälschenden mittleren Helligkeitswerten die Signale der vorangegangenen Blenden-Zeitkombination an die Blenden- bzw. Verschlusssteuervorrichtung (3 bzw. 4) abgibt.

5. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungsregelkreisvorrichtung (6) einen Korrekturkreis (47) aufweist, in welchem die momentan gemessenen Expositionsdaten durch manuell eingegebene Werte korrigierbar sind und dieser Korrekturkreis (47) zur Abgabe der den korrigierten Blenden- und Verschlusszeitwerten entsprechenden Signale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuervorrichtung (3 bzw. 4) angeschlossen ist.

6. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungsregelkreisvorrichtung (6) ein Halteglied (45) zur Speicherung von Signalen und einen Korrekturkreis (47) aufweist, wobei die Signale der Momentanwerte für Blende und Verschlusszeit nach einer Kontrolle und Gewichtung mit den gespeicherten Signalen kombiniert werden und diese Kombinationssignale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuervorrichtung (3 bzw. 4) angeschlossen sind.

7. Belichtungsregeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Selbstüberwachungskreis für die Belichtungsregelkreisvorrichtung (6) vorgesehen ist, der bei einer Störung ein Signal an die Fehlermeldevorrichtung (42) abgibt.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Belichtungsregeleinrichtung an einer Luftbildkamera mit einer Anordnung, an deren Eingängen Signale der gemessenen Werte für die Fluggeschwindigkeit v und die Flughöhe h, oder dem Quotienten

$$\frac{v}{h},$$

sowie der zulässigen Bildwanderung Δs_{zul} zur Ermittlung einer maximal zulässigen Belichtungszeit T_{zul} nach der Formel

$$T_{zul} = \frac{\Delta s\,zul}{\frac{v}{h} \cdot f}$$

sowie der Bildfolgezeit liegen, mit einem Belichtungsmesser zur kontinuierlichen integralen Messung der Helligkeit des überflogenen Terrains und mit Blenden- und Verschlusssteuervorrichtungen.

Bei einer bekannt gewordenen Einrichtung wird von einem Belichtungsmesser, der auf das zu fotografierende Terrain gerichtet ist, ein Signal abgegeben, das die kürzest mögliche Verschlusszeit und die Blende auf den zugehörigen Wert einstellt. Bei schwächer werdender Helligkeit wird die Blende jeweils entsprechend den Lichtverhältnissen bis zu ihrem maximalen Durchmesser geöffnet. Wird die Beleuchtung noch schwächer, so wird auch die Verschlusszeit zu längeren Werten hin verstellt (Manual of color aerial photography, Seite 144, 1968).

Bei einer anderen bekannt gewordenen Einrichtung zur automatischen Belichtungssteuerung wird mit einem Belichtungsmesser das zu fotografierende Terrain abgetastet und die zugehörigen Signale einem Operationsverstärker eingespeist, der ein Ausgangssignal erzeugt, das zur Steuerung der Belichtung für die Aufnahme verwendet wird.

Dabei wird bei einer Belichtungssteuereinrichtung diese mit dem

$$\frac{v}{h}\text{-Sensor}$$

verbunden, dessen Signale direkt die Belichtungssteuerung entsprechend beeinflussen und zusätzlich die Bildfolge steuern (Manual of Photogrammetry, Seite 172, 1966, 3. Auflage).

Bei wieder einer anderen Belichtungssteuereinrichtung wird ebenfalls der Wert

$$\frac{v}{h}$$

zusammen mit anderen fotografischen Werten, wie Filter-

faktor, zulässige Bildwanderung etc. benützt, um eine maximal zulässige, vom

$\frac{v}{h}$-Wert

abhängige Belichtungszeit zu ermitteln und diese einzustellen. In einem zweiten Rechner wird zu dieser Zeiteinstellung in Abhängigkeit von den mit einem Belichtungsmesser gemessenen Helligkeitsverhältnissen die zugehörige Blende errechnet und ebenfalls eingestellt. Ausserdem kann eine weitere Regeleinrichtung in den Grenzlagen der (maximalen und minimalen) Blendeneinstellung auf die Anordnung zur Steuerung der Belichtungszeit zurückwirken (DE-PS 2 403 862).

Bei diesen Geräten ist nachteilig, dass die Belichtungssteuereinrichtung im wesentlichen auf einer fest eingestellten oder von

$\frac{v}{h}$

abhängigen und eingestellten Zeit basiert, der die Blende entsprechend den Beleuchtungsverhältnissen nachgeführt wird.

Somit steht für die Aufnahme im allgemeinen nicht die Objektivblende mit der optimalen Abbildungsleistung zur Verfügung.

Es ist jedoch zweckmässig, die optimale Abbildungsqualität der verwendeten Objektive zu nutzen. Diese liegt im Bereich der optimalen Blende.

Es ist ein Ziel der Erfindung, eine Belichtungsregeleinrichtung für eine Luftbildkamera zu schaffen, die diese Nachteile vermeidet und die die Blende und Verschlusszeit unter Berücksichtigung von der im wesentlichen laufend gemessenen Helligkeit des überflogenen und zu fotografierenden Terrains, von der im wesentlichen optimale Abbildungsleistung ergebenden Objektivblende, von den dynamischen Steuereigenschaften der Blenden- und Verschlusssteuervorrichtungen und von der zulässigen oder tolerierbaren Bewegungsunschärfe nach Kriterien optimierend einregelt, um im wesentlichen immer im optimalen Aufnahmebereich auch bei wechselnden Aufnahmebedingungen, gelände- wie beleuchtungsmässig, arbeiten zu können. Dennoch soll die Belichtungsregeleinrichtung einfach aufgebaut sein und dem Operateur manuellen Eingriff zur Korrektur oder eine automatische Korrektur bei den Bildinhalt verfälschenden Helligkeitsverhältnissen erlauben.

Ausserdem ist es wünschenswert, wenn die Belichtungsregeleinrichtung eine Selbstüberwachungseinrichtung aufweist, um Fehlerfunktionen schon während des Bildfluges erkennen und eventuell korrigieren zu können.

Dieses Ziel lässt sich erreichen, wenn erfindungsgemäss die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 definierte Massnahme angewendet wird.

Vorzugsweise wird für den Blendenwert B der Wert B_{opt} gewählt.

Ausserdem kann von der Verschlusssteuervorrichtung zur Belichtungsregelkreisvorrichtung für die Ist-Verschlusszeit T_{ist} eine Rückmeldeleitung vorgesehen sein, wobei die Belichtungsregelkreisvorrichtung das zu T_{ist} gehörende Δs_{ist} mit Δs_{zul} vergleicht und für Δs_{ist} grösser Δs_{zul} ein Signal abgibt, das einer Fehlermeldevorrichtung zugeführt ist.

Darüber hinaus kann die Belichtungsregelkreisvorrichtung ein Halteglied zur Speicherung von Signalen während einem Zeitintervall aufweisen, die bei die Expositionsdaten verfälschenden mittleren Helligkeitswerten die Signale der vorangegangenen Blenden- und Zeitkombination an die Blenden- bzw. Verschlusssteuervorrichtung abgibt.

Zweckmässig kann auch die Belichtungsregelkreisvorrichtung einen Korrekturkreis aufweisen, in welchem die momentan gemessenen Expositionsdaten durch manuell eingegebene Werte korrigierbar sind und dieser Korrekturkreis zur Abgabe der den korrigierenden Blenden- und Verschlusszeitwerten entsprechenden Signale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuervorrichtung angeschlossen ist.

Weiterhin kann die Belichtungsregelkreisvorrichtung ein Halteglied zur Speicherung von Signalen und einen Korrekturkreis aufweisen, wobei die Signale der Momentanwerte für Blende und Verschlusszeit nach einer Kontrolle und Gewichtung mit den gespeicherten Signalen kombiniert werden und diese Kombinationssignale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuervorrichtung angeschlossen sind.

Vorteilhaft ist auch ein Selbstüberwachungskreis für die Belichtungsregelkreisvorrichtung, der bei einer Störung ein Signal an die Fehlermeldevorrichtung abgibt.

Weitere Einzelheiten ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. In dieser zeigt

Fig. 1 ein Schaltbild der Belichtungsregeleinrichtung (inkl. 2 Varianten),

Fig. 2 die Arbeitskennlinie der Belichtungsregeleinrichtung nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Darstellung der kurzzeitigen, örtlich begrenzten Blendensteuer- und Verschlusssteuer-Kennlinien zufolge des dynamischen Verhaltens der Blenden- und Verschlusssteuervorrichtungen bei einer Beleuchtungsänderung,

Fig. 4 die Arbeitskennlinie der Ausführung mit der Rückkoppelleistung der Belichtungsregeleinrichtung nach Fig. 1. (2 Strich- 2 Punktlinie.)

Die Belichtungsregeleinrichtung weist einerseits einen Belichtungsmesser -1- sowie eine Anordnung -2- zur Abgabe eines

$\frac{v}{h}$-Signals, welche das

$\frac{v}{h}$-Signal

aus den Einzelmesswerten von v (Fluggeschwindigkeit) und h (Flughöhe) oder mittels eines

$\frac{v}{h}$-Sensors

ermittelt, und andererseits je eine Blenden- und Verschlusssteuervorrichtung -3 bzw. 4- auf, wobei die beiden Sensorkreise und die beiden Steuerkreise ausgangsseitig bzw. eingangsseitig an eine Belichtungsregelkreisvorrichtung -6- angeschlossen sind. Diese Belichtungsregelkreisvorrichtung -6- weist zusätzliche Eingänge zur Eingabe der Werte für die Filmempfindlichkeit (x) -7-, einen Filterfaktor (F) -8-, einen Korrekturfaktor (r) -9-, die zulässige Bildwanderung Δs_{zul} -10- und die automatisch beim Aufsetzen der Objektive eingegebene Objektivbrennweite -11- und einen Überdeckungsregler auf. Darüber hinaus sind auch noch Eingänge für die Werte der maximalen und minimalen Blendenöffnung -12 bzw. 13-, welche auch vom eingesetzten Objektiv abgreifbar sind, sowie für die Einstellung der maximalen und minimalen Verschlusszeit -14 bzw. 15- in Abhängigkeit von der eingebauten Verschlussvorrichtung -4- vorgesehen.

Die Belichtungsregelkreisvorrichtung -6- arbeitet, wie beispielsweise in Fig. 1 dargestellt, arithmetisch, wobei die Signale der effektiven Werte in entsprechende logarithmische Signale umgewandelt und die bekannten Zusammenhänge zwischen den Eingangsgrössen und der Belichtungszeit T sowie der Blende B verwendet werden, um diese zu bestimmen und zu regeln.

Beispielsweise weist eine Variante des Belichtungsregelkreises -6- einen an den Eingängen Δs_{zul}, für f und für

$$\frac{v}{h}$$

-10 bzw. 11 – ersten Summierverstärker -16- auf, der das Signal für

$$\log T_{zul} = \log \frac{\Delta s\,zul}{(v/h)\cdot f}$$

in Abhängigkeit von den

$$\frac{v}{h}\text{-Signalen}$$

erzeugt, das mit

$$\frac{v}{h}$$

veränderlich ist und einen Vergleichswert für die in Abhängigkeit von den vom Belichtungsmesser -1- gemessenen Helligkeitswerten einzuregelnde Belichtungszeit darstellt. Dieses Signal log T_{zul} wird einem zweiten Summierverstärker -17- zusammen mit einem Signal log T_{soll} zugeführt.

Dieses Signal log T_{soll} ist das Zwischen-Ausgangssignal eines Begrenzerkreises -18-, der einen dritten Summierverstärker -19- mit ihm nachgeschaltetem ersten unteren Spannungsbegrenzungsglied -20- und dem folgend ein erstes oberes Spannungsbegrenzungsglied -21- sowie einen an diesem liegenden Exponentierverstärker -22- aufweist, wobei der letztere ein Signal

$$\frac{1}{T_{soll}}$$

an seinem Ausgang abgibt. Das erste untere Spannungsbegrenzungsglied -20- weist einen Eingang -15- für die minimale Verschlusszeit T_{min} und das erste obere Spannungsbegrenzungsglied -21- weist einen Eingang -14- für die maximale Verschlusszeit T_{max} sowie einen Ausgang auf, an dem ein ODER-Glied -23- eines ersten Subkreises -24- des Belichtungsregelkreises -6- liegt, auf. An diesem ODER-Glied liegt eine Bereichsgrenzenanzeige -25-, welche jeweils bei Erreichen der unteren und oberen Regelbereichsgrenzwerte, also T_{min} und B_{max} sowie T_{max} und B_{min} in Funktion tritt.

Am Eingang dieses Subkreises liegt der Belichtungsmesser -1- und gibt ein Signal E_{ist} an einen ersten Logarithmierverstärker -26- ab. Ein mit diesem verbundener vierter Summierverstärker -27- erhält von einem Eingabeschalter -28- das Signal log

$$\frac{x\cdot 2^r}{F}$$

wobei x die Filmempfindlichkeit, r ein Korrekturfaktor und F ein Filterfaktor ist, und gibt sein Signal, log K = log

$$\left(E\cdot\frac{x\cdot 2^r}{F}\right)$$

einerseits an den dritten Summierverstärker -19- des Begrenzerkreises und andererseits an einen fünften Summierverstärker -29- ab, welcher mit einem zweiten Logarithmierverstärker -30-, der in der Rückmeldeleitung -31- für T_{ist} des Verschlussregelkreises -32- liegt, verbunden ist und das Rückmeldesignal T_{ist} aufnimmt. Sein Ausgang liegt an einem zweiten unteren Spannungsbegrenzungsglied -33-, welches noch einen zusätzlichen Eingang für den minimalen Blendenwert B_{min} (= grösster Blendendurchmesser) -13- aufweist, und dieses liegt an einem zweiten oberen Spannungsbegrenzungsglied -34-, welches einen Eingang für den maximalen Blendenwert B_{max} (= minimaler Blendendurchmesser) und einen am ODER-Glied -23- liegenden Ausgang sowie einen an einem Blendenregelkreis -35- liegenden Ausgang für log B_{soll} aufweist.

Der Blendenregelkreis -35- weist einen das Signal B_{soll} aufnehmenden sechsten Summierverstärker -36- auf, der auch noch das Rückmeldesignal log B_{ist} empfängt und seinerseits ein Signal an einen ersten Leistungsverstärker -37- abgibt, an dem die Blendensteuervorrichtung -3- liegt.

Das Zwischen-Ausgangssignal log T_{soll} liegt an einem Eingang des zweiten Summierverstärkers -17-, an dessen anderem Eingang das Signal log T_{zul} des ersten Summierverstärkers -16- liegt. Der Ausgang liegt an einem zweiten Subkreis -38- des Belichtungsregelkreises -6- zwischen einem ersten Hystereseglied -39- und einem zweiten Hystereseglied -40-, welche eine Umschaltung auf je einen benachbarten Blendenwert im Intervall [B_{opt}, B_{min}] bewirken. Das erste Hystereseglied -39- gibt ein Schaltsignal an einen Eingabeschalter -41- ab, der von einem weiteren Eingabeschalter -11'- ein dem optimalen Blendenwert B_{opt} des eingesetzten Objektives entsprechendes Signal, das ebenso wie die Eingabe der Objektivbrennweite automatisch vom Objektiv abgenommen wird, erhält und ein Signal log B' an den dritten Summierverstärker -19-, des Begrenzerkreises -18- abgibt. Das zweite Hystereseglied -40- ist mit einer Fehlermeldevorrichtung -42- verbunden, die anzeigt, wann $\Delta s > \Delta s_{zul}$ ist.

Das Ausgangssignal

$$\frac{1}{T_{soll}},$$

des Exponentierverstärkers -22- liegt an einem siebenten Summierverstärker -43- des Verschlussregelkreises -32-, wobei dieser Summierverstärker an einem weiteren Eingang ein Rückmeldesignal $1/T_{ist}$ empfängt und mit seinem Ausgang an einem zweiten Leistungsverstärker -44- liegt, der ein Ausgangssignal an die Verschlusssteuervorrichtung -4- abgibt.

Im Normalfall, wenn die Helligkeit genügend gross ist, wird für richtige bzw. entsprechend gewünschte Filmbelichtung eine Zeit-Blendenpaarung erhalten, für die bei Wahl der konstantgehaltenen optimalen Blende B_{opt}, d.h. der Blende, bei welcher das Objektiv die optimale Abbildungsleistung aufweist, eine Belichtungszeit T kleiner T_{zul} möglich ist. In diesem abgeschlossenen Intervall [T_{min}, T_{zul}] – dem Normalarbeitsbereich – ist immer $\Delta s_{effektiv} < \Delta s_{zul}$ und darin wird die optimale Blende konst. gehalten sowie die Belichtungszeit gemäss der jeweilig wechselnden Helligkeit bestimmt und nachgeführt. Erreicht die nachgeführte Zeit den Wert T_{min}, d.h. die minimal am Verschluss einstellbare Zeit, dann wird, um eine richtige bzw. gewünschte Filmbelichtung zu erhalten, diese Verschlusszeit T_{min} konst. gehalten und die Blende in Abhängigkeit von der Helligkeit nachgeregelt. Wenn die Beleuchtungsverhältnisse nicht ausreichen und die Verschlusszeit den mit

$$\frac{v}{h}$$

variablen Wert T_{zul} annimmt, wird einerseits ein Signal an eine Fehlermeldevorrichtung -42- abgegeben. Diese Fehlermeldevorrichtung kann eine Signallampe sein. Andererseits wird, um ebenfalls noch richtig bzw. gewünscht belichteten Film zu erhalten, die Blende um einen diskreten Betrag, der nicht eine ganze Blendenstufe sein muss, auf einen kleineren Blendenwert B_1 (also mit grösserem Blendendurchmesser als B_{opt}) verstellt und für diesen Blendenwert $B_1 < B_{opt}$ wieder die Verschlusszeit T im Intervall [T_{min}, T_{zul}] gemäss der mit dem Belichtungsmesser gemessenen Helligkeit verstellt. Vorzugs-

weise wird aber bei ausreichender Helligkeit unter Einhaltung eines festsetzbaren Hysteresebetrages die Blende vom diskreten Wert B_1 wieder auf den Wert B_{opt} zurückgeregelt. Bei weiterhin abnehmender Helligkeit, wenn auch für diesen Blendenwert B_1 T_{zul} erreicht wird, wird wieder ein Signal an eine Fehlermeldevorrichtung -42- abgegeben und die Blende um einen weiteren diskreten Betrag auf den Blendenwert $B_2 < B_1 < B_{opt}$ eingestellt und die Verschlusszeit T wieder im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ oder einem Teil davon wie bei B_1 bzw. mit einer Hysterese geregelt usw.; bis als Blendenwert B_{min} (grösster Blendendurchmesser) erreicht ist. Dabei ist immer $\Delta S_{effektiv} < \Delta S_{zul}$. Auch kann dabei immer mit einer relativ kleinen Verschlusszeit fotografiert werden, was wegen der Flugzeugvibrationen von Vorteil ist.

Die Zeit T_{zul} dient also einzig der Umstellung auf eine andere, wieder konst. gehaltene Blende bzw. der Warnung des Operateurs.

Diese Kennlinienregelabschnitte bzw. Arbeitsbereiche erhält man bei geeigneter Auslegung der Schaltelemente zufolge einer Reihe Optimierungsbedingungen je nach deren Gewichtung. Beispielsweise wird die in Fig. 2 dargestellte Arbeitskennlinie durch die Reihe der Optimierungsbedingungen: mögliches Gesamtstellintervall für die Blende; dynamische Eigenschaften der Blendensteuereinrichtung, insbesondere die notwendige Einstellzeit für eine gewünschte Änderung des Blendenwertes; dynamische Eigenschaften der Verschlusszeitsteuervorrichtung, insbesondere deren notwendige Einstellzeit für eine gewünschte Änderung der Verschlusszeit; zulässige Bewegungsunschärfe der Fotografie bzw. der entsprechende Grenzwert der Verschlusszeit T_{zul}; Umgebung des Blendenwertes mit optimaler Abbildungsleistung bzw. optimales Blendenintervall; Lebensdauerfaktor der Verschlussvorrichtung in Abhängigkeit von den jeweils gewählten Verschlusszeiten erhalten. Dabei ist eine Gewichtung in der angegebenen Reihenfolge vorgenommen. Die Bezeichnung optimale Blende bezieht sich auch auf einen Blendenwert aus der Umgebung des theoretischen optimalen Blendenwertes.

Zufolge der beiden Bedingungen, welche die dynamischen Eigenschaften berücksichtigen, treten kurzzeitige Kennlinienmodifikationen auf, da beispielsweise bei einer helligkeitsbedingten Änderung der Belichtungszeit zunächst die Blende zufolge der raschen Verstellmöglichkeit, d.h. kürzeren Reaktionszeit der Blendenverstellvorrichtung, den neuen Helligkeitsverhältnissen angepasst und anschliessend die Verschlusszeit, bei gleichzeitiger Rückstellung der Blende auf den vorhergehend eingestellten optimalen Wert, nachgeregelt wird (schematisch in Fig. 3).

Die aus

$$\frac{v}{h}$$

berechnete zulässige Belichtungszeit T_{zul} dient als Grenzwert-Indikator, der ein Warnsignal oder eine Reihe von Korrektursignalen für die diskrete Verstellung der Blende bis zu ihrem Minimalwert (grösste Öffnung) auslöst, ohne selbst zur Belichtungssteuerung für den Normalarbeitsbereich [T_{zul}, T_{min}] verwendet zu sein.

Bei einer anderen Variante der Belichtungsregeleinrichtung nach Fig. 1 (in Fig. 1 strichliert eingetragen) ist im Belichtungsmesser -1- vor der Belichtungsregelkreisvorrichtung -6- ein Halteglied -45- vorgesehen, welches das Signal des Belichtungsmessers während einem geeignet vorgebbaren Zeitraum oder in Abhängigkeit von anderen Signalen speichert und anschliessend an die Belichtungsregelkreisvorrichtung -6- zur Weiterverarbeitung abgibt.

Eine andere Variante einer Belichtungsregeleinrichtung (2 Strich- 2 Punktlinie in Fig. 1) weist eine Rückkopplung -46- vom Ausgang des ersten oberen Spannungsbegrenzungsgliedes -21- zum Eingang -11'- für die Objektivbrennweite und optimale Blende B_{opt} (Objektivtyp) auf.

Durch diese Rückmeldeleitung ist eine Neigung des Kennlinienabschnittes zwischen T_{min} und T_{zul}, also der Kennlinie des Normalarbeitsbereiches der Belichtungsregeleinrichtung, gegenüber der Koordinatenachse für die Belichtungszeit T möglich. Eine solche Variante wird dann von Vorteil sein, wenn bei einem Objektiv eine breitere Umgebung der optimalen Blende brauchbare Resultate liefert und der Rotorverschluss möglichst geschont werden, d.h. mit eher niedriger Drehzahl laufen soll. Bei dieser Variante ist eine andere Gewichtung der Optimierungsbedingungen vorgenommen als bei den vorausgehenden Ausführungsbeispielen.

Es ist auch im Rahmen einer anderen Variante der Belichtungsregeleinrichtung möglich, anstelle des Haltekreises -45- (strichliert in Fig. 1) einen Korrekturkreis -47- vorzusehen, welcher die gemessenen Expositionsdaten entweder durch manuell eingegebene Werte oder nach einer Kontrolle und Gewichtung nach festsetzbaren, praxisbezogenen Bedingungen korrigiert bzw. mit den gespeicherten Signalen kombiniert und diese korrigierten Signale bzw. Kombinationssignale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuervorrichtung (3 bzw. 4) abgibt.

In einer vorteilhaften weiteren Ausführungsvariante kann ein Selbstüberwachungskreis für die Belichtungsregeleinrichtung vorgesehen sein, welcher bei einer technischen Störung eines Bereiches ein Signal an die Fehlermeldevorrichtung -42- abgibt. Dabei kann diese so differenziert ausgeführt sein, dass aus der Art der Anzeige (z.B. mittels eines Codes etc.) die Art des Fehlers erkannt wird. Gewisse Fehler können dadurch eventuell noch während des Bildfluges behoben werden, was wesentliche Kosten und Zeit einspart.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass diese Funktionen der Belichtungsregeleinrichtung und deren Kennlinienverlauf auch mit Hilfe von Mikrocomputern und dergleichen Bauelementen aufgebaut und verwirklicht werden können.

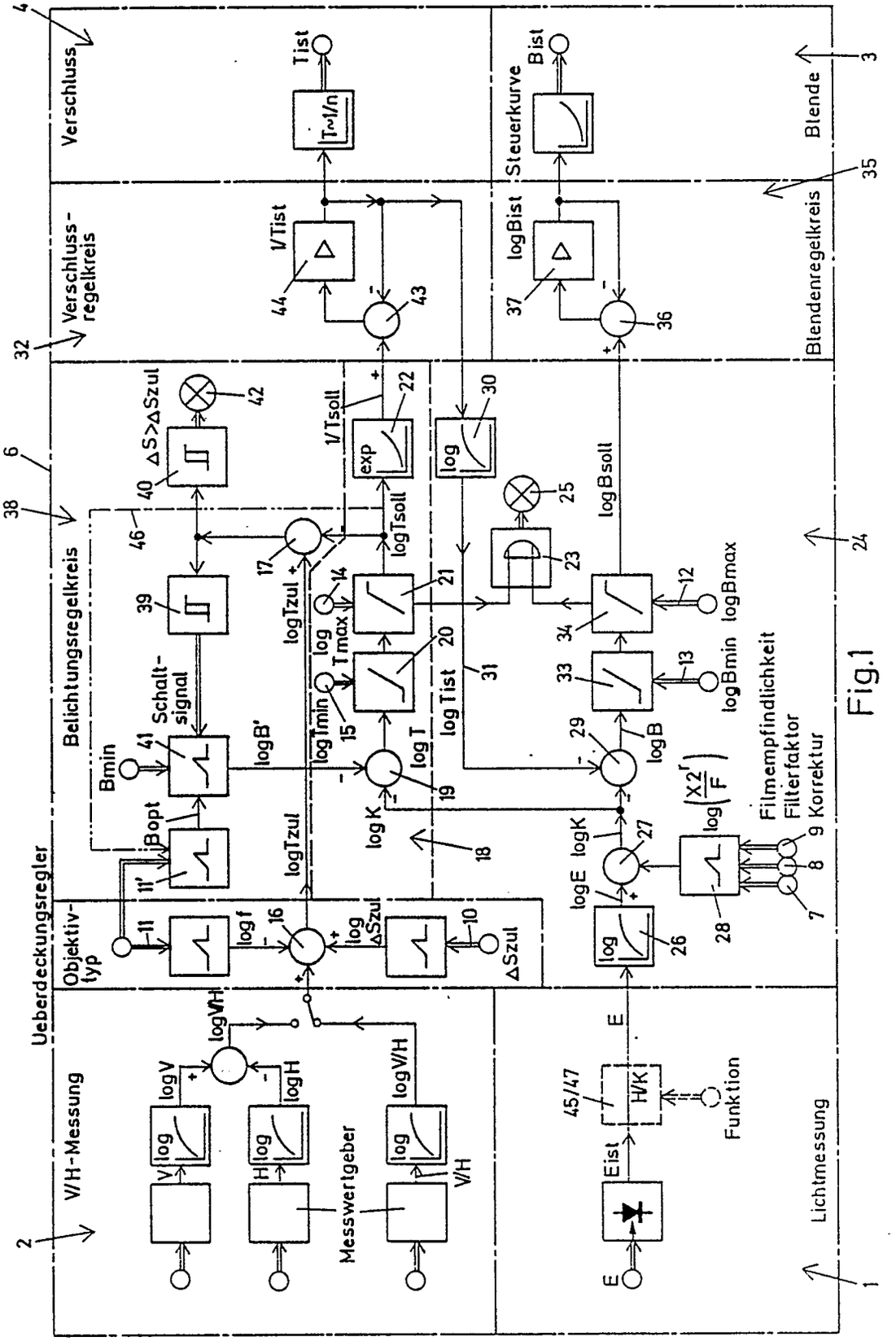

Verschluss
Steuerkurve
Blende
Tist
Bist
T~1/n
Verschluss-regelkreis
Blendenregelkreis
1/Tist
logBist
Belichtungsregelkreis
Ueberdeckungsregler
Objektiv-typ
Schalt-signal
Bmin
Bopt
logB'
logTzul
logTmin
logTmax
logTsoll
1/Tsoll
logTist
logK
logB
logBsoll
logBmax
logBmin
ΔS>ΔSzul
ΔSzul
logf
logΔSzul
logE
Filmempfindlichkeit
Filterfaktor
Korrektur
V/H-Messung
Messwertgeber
logV
logH
logV/H
V/H
Lichtmessung
Eist
E
45/47
H/K
Funktion
exp
log

Fig.1

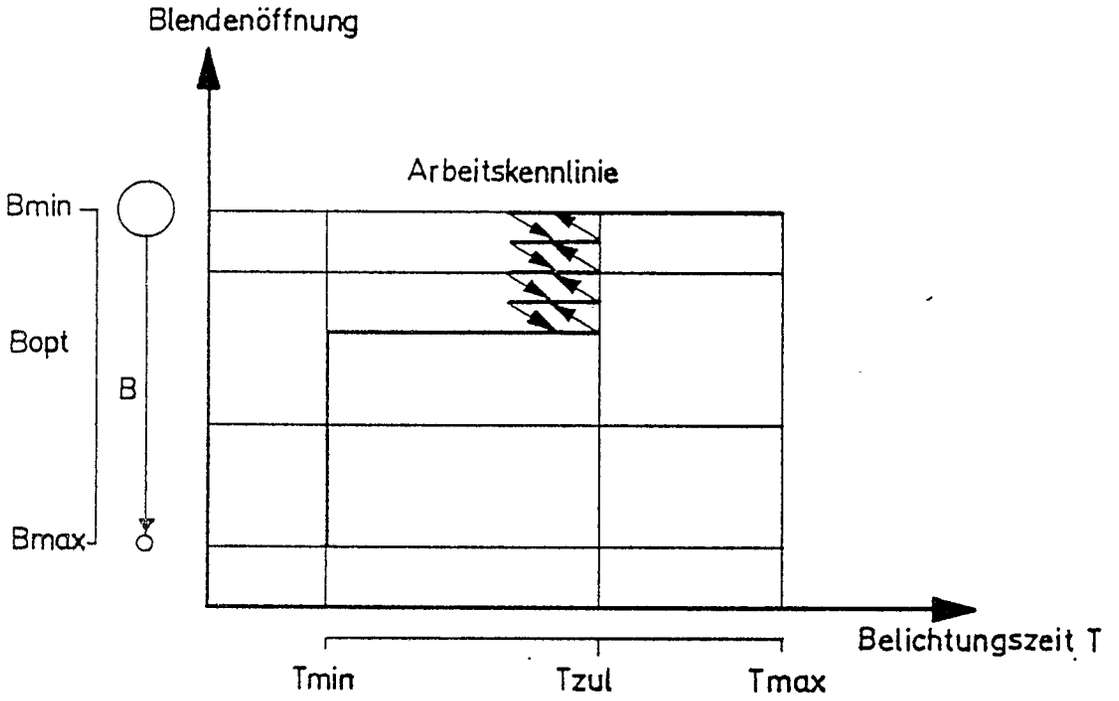

Blendenöffnung
Arbeitskennlinie
Bmin
Bopt
B
Bmax
Belichtungszeit T
Tmin
Tzul
Tmax

Fig. 2

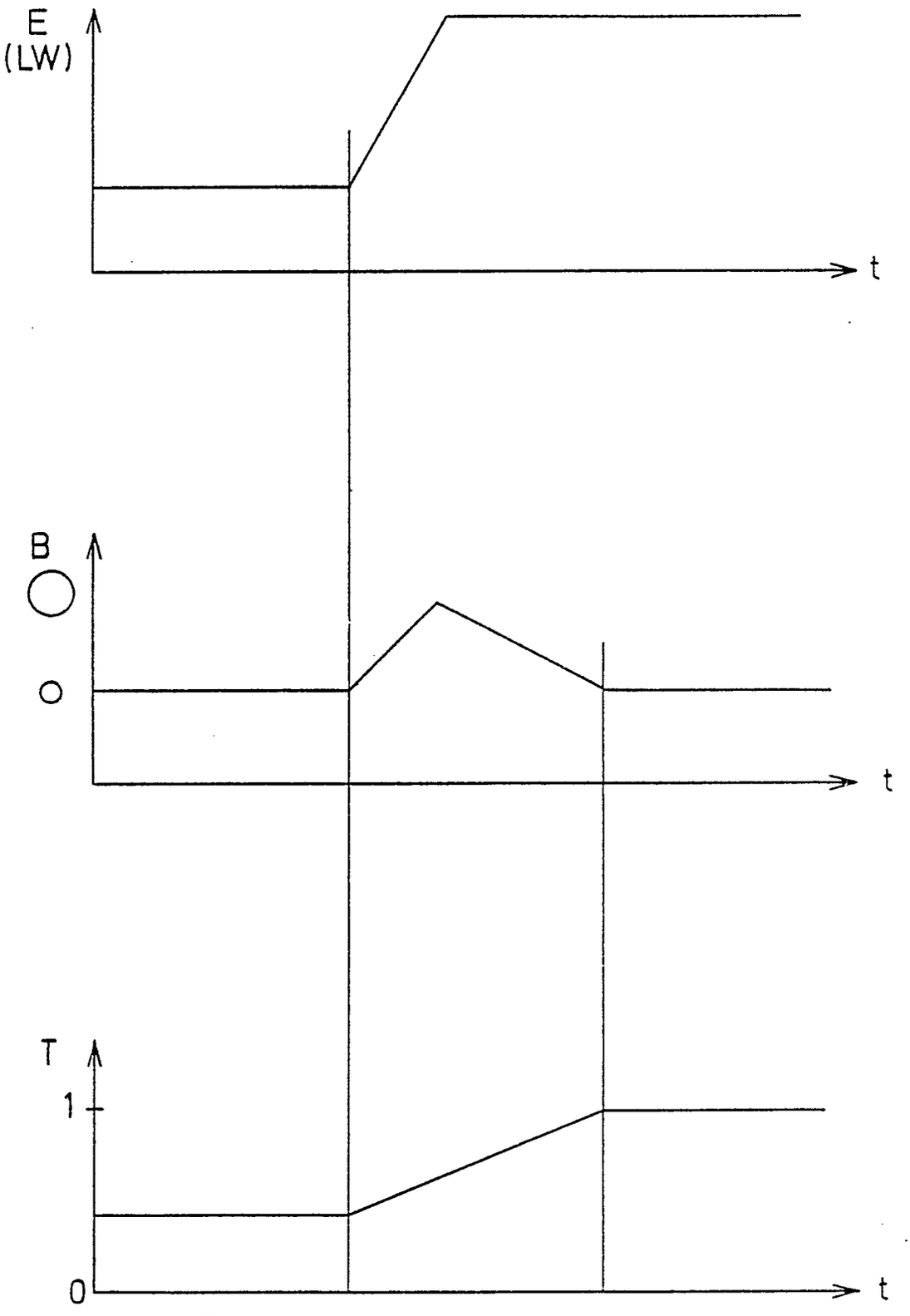


Fig. 3

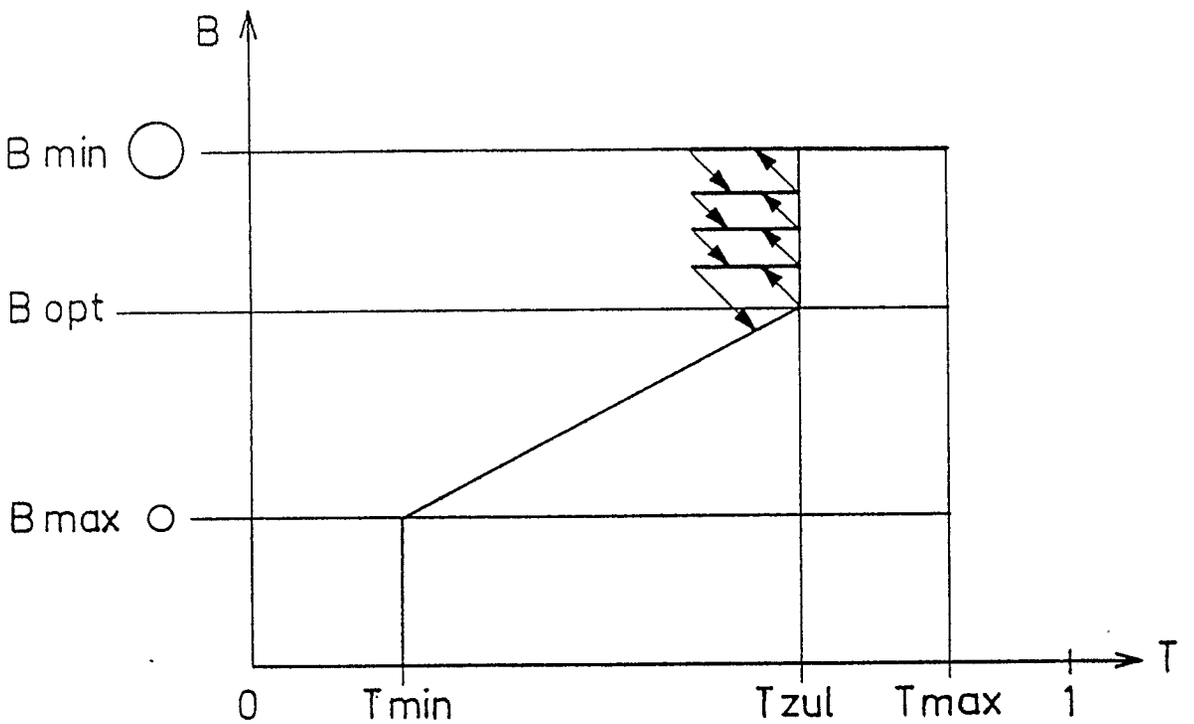


Fig.4

CH 654 917 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 654 917 A5

(51) Int. Cl.[4]: G 01 C 11/04
G 01 J 1/42
G 03 B 37/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 473/82

(22) Anmeldungsdatum: 26.01.1982

(30) Priorität(en): 02.04.1981 DD 229118

(24) Patent erteilt: 14.03.1986

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.03.1986

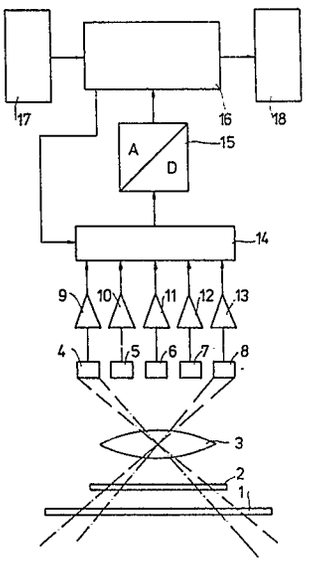
(73) Inhaber:
VEB Carl Zeiss Jena, Jena (DD)

(72) Erfinder:
Zeth, Ulrich, Jena (DD)
Klose, Heinrich, Jena (DD)
Voss, Günther, Jena (DD)
Winkler, Peter, Jena-Lobeda (DD)

(74) Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

(54) Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei der Luftbildaufnahme mit Luftbildkameras.

(57) Die von Fotoempfängern (4, 5, 6, 7 und 8) abgegebenen schwachen Fotoströme in Abhängigkeit von der Leuchtdichte der einzelnen Bereiche von Geländeabschnitten werden in den Vorverstärkern (9 bis 13) verstärkt und an den Multiplexer (14) weitergeleitet. Zu vorgewählten Zeitpunkten fragt der Multiplexer (14) die Messwerte von den Fotoempfängern (4 bis 8) ab. Mit den Angaben über den optimalen Schwärzungsbereich des Films, die maximale Leuchtdichte und die minimale Leuchtdichte des aufgenommenen Geländeabschnittes kann die Gradation bestimmt werden. In einem Glättungsprozess wird ein solcher Gradationswert ermittelt, der einen optimalen Informationsgehalt für den grössten Teil der entwickelten Aufnahmen sichert. Somit wird eine Übertragung des Objektkontrastes in den optimalen Abbildungsbereich des Filmmaterials und damit ein höchstmöglicher Informationsgehalt der Aufnahmen erreicht. Dieses Verfahren ist auf allen Gebieten der Fotografie anwendbar, bei denen eine optimale Ausnutzung des Schwärzungsbereiches des Filmes und die Vermeidung von Informationsverlusten durch Über- bzw. Unterbelichtung notwendig ist, z.B. in der terrestrischen Photogrammetrie.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei der Luftbildaufnahme mit Luftbildkameras, die über eine Einrichtung zur Messung der der Objektleuchtdichte entsprechenden Beleuchtungsstärke verfügen, welche Einrichtung aus einem System von Fotoempfängern mit schmalen Auffangwinkeln besteht, wobei mittels spezieller Filter eine Anpassung der spektralen Empfindlichkeit der Fotoempfänger an diejenige der verwendeten Aufnahmematerialien erreicht wird und wobei sich ausserdem vor dem Objektiv der Luftbildkamera und der Einrichtung zur Messung der Beleuchtungsstärke E gleiche, austauschbare Farbfilter befinden, dadurch gekennzeichnet, dass

a) zu vorgewählten Zeitpunkten die Messwerte der Fotoempfänger abgefragt werden,

b) jeweils der Maximalwert $E^{(i)}_{max}$ und der Minimalwert $E^{(i)}_{min}$ der zu einer Messung oder einer Messreihe gehörenden Messwerte ermittelt und abgespeichert wird,

c) mit den Folgen der Maximalwerte $E^{(i)}_{max}$ und der Minimalwerte $E^{(i)}_{min}$ je ein Glättungsprozess durchgeführt wird,

d) aus den geglätteten Werten $\bar{E}^{(i)}_{max}$ und $\bar{E}^{(i)}_{min}$ die zur Erreichung eines bestimmten Schwärzungsumfanges im Bild erforderliche Gradation $\gamma^{(i)}$ bestimmt, angezeigt und/oder aufgezeichnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Folge der Gradationswerte $\gamma^{(i)}$ ebenfalls einem Glättungsprozess unterworfen wird und die geglätteten Werte $\gamma^{(i)}$ angezeigt und/oder aufgezeichnet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils aus einer bestimmten Anzahl von Gradationswerten $\gamma^{(i)}$ der arithmetische Mittelwert gebildet, angezeigt und/oder aufgezeichnet wird.

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei der Luftbildaufnahme mit Luftbildkameras nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Bekannte Luftbildaufnahmesysteme verwenden Belichtungsmesser und Belichtungsregeleinrichtungen auf der Grundlage des integralen Messprinzips, d.h. mit einem Fotoempfänger wird ein die Gesamthelligkeit des aufzunehmenden Geländeabschnitts repräsentierender Messwert gewonnen und zur Regelung der Belichtungszeit herangezogen. Dabei wird in einzelnen Fällen die spektrale Empfindlichkeit des Fotoempfängers durch geeignete Mittel, z.B. Filter an die spektrale Empfindlichkeit des Filmmaterials angepasst. Bei Verwendung von Farbfiltern bei der Aufnahme werden aus der Erfahrung oder aus Herstellerangaben stammende Korrekturwerte von Hand eingegeben. Die integrale Messmethode hat damit die folgenden Nachteile:

- das Messergebnis wird von der zufälligen Verteilung heller und dunkler Flächen innerhalb des Auffangwinkels des Fotoempfängers beeinflusst. Insbesondere durch eine Oberbewertung der hellen Flächen, die aus der logarithmischen Umsetzung der Helligkeitswerte in Negativschwärzungen resultiert, kann es bei ungünstiger Verteilung zu Unterbelichtung der dunklen Flächen kommen.
- Wegen des grossen Auffangwinkels kann man keine Aussagen über den Helligkeitsumfang des Objektes aus den Messwerten ableiten. Damit ist man bei der Festlegung der optimalen Parameter für die Filmentwicklung zum Erzielen einer vollständigen Umsetzung des Helligkeitsumfanges des Objekts in unterscheidbare Schwärzungen (keine Über- und Unterbelichtungen bei Ausnutzung des gesamten Schwärzungsumfangs des Filmmaterials) auf die Erfahrungen des Bedieners angewiesen.
- Durch Vorschalten von Steilkantfarbfiltern wird der Einfluss des atmosphärischen Dunstes ausgeschaltet und damit der Kontrast der Aufnahme erhöht. Diese Kontrasterhöhung kann bei der integralen Messmethode ebenfalls nicht messtechnisch erfasst werden.

Wegen dieser Nachteile wurde in der Literatur vorgeschlagen, Belichtungsmesser zu verwenden, die das überflogene Gelände differentiell abtasten und die sowohl die minimale als auch die maximale Helligkeit des Geländeabschnitts anzeigen und so dem Bediener Hinweise zur Wahl von optimalen Filmentwicklungsparametern geben (z.B. W. Komarek «Modern Technology of Production of Aerial Photograph and Some New Devices Used in Aerial Photography» in Int. Arch. Phm. XVII Lausanne 1968). Damit spielen Erfahrungswerte des Bedieners nach wie vor eine grosse Rolle bei der Festlegung der Entwicklungsparameter.

Ziel der Erfindung ist die Objektivierung der Wahl derjenigen Filmentwicklungsparameter, die eine optimale Ausschöpfung des Schwärzungsumfanges des verwendeten Aufnahmematerials ermöglichen und damit die Über- und Unterbelichtung auch von Teilgebieten des überflogenen Geländeabschnitts wirkungsvoll verhindern.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dessen Hilfe aus den Messwerten eines Leuchtdichtemessers, der aus einem System von Fotoempfängern besteht und das Gelände abtastet, optimale Filmentwicklungsparameter bestimmt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale des kennzeichnenden Teiles des Patentanspruches 1 gelöst.

In der einzigen Figur ist eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens schematisch dargestellt. Die nicht dargestellten Luftbildkameras für Luftbildaufnahmen verfügen über eine Einrichtung zur Messung der der Objektleuchtdichte entsprechenden Beleuchtungsstärke. Die Einrichtung besteht aus einem System von Fotoempfängern mit schmalen Auffangwinkeln, wobei mittels spezieller Filter eine Anspassung der spektralen Empfindlichkeit der Fotoempfänger an diejenige der verwendeten Aufnahmematerialien erreicht wird. Vor dem Objektiv der Luftbildkamera und der Einrichtung zur Messung der Beleuchtungsstärke E sind gleiche, austauschbare Farbfilter vorgesehen.

Das von dem aufzunehmenden Geländeabschnitt abgestrahlte Licht wird durch das Farbfilter 1, welches die gleiche Filtercharakteristik aufweist wie das der Luftbildkamera, und das Filter 2, das zur Angleichung der spektralen Empfindlichkeit des Leuchtdichtemessers an diejenige des verwendeten Filmmaterials dient, und das Objektiv 3 des Leuchtdichtemessers auf eine Anordnung von elektrischen Fotoempfängern 4, 5, 6, 7, 8 projiziert. Die von den Fotoempfängern 4, 5, 6, 7, 8 in Abhängigkeit von der Leuchtdichte der einzelnen Bereiche des Geländeabschnitts abgegebenen schwachen Fotoströme werden in den Vorverstärkern 9, 10, 11, 12, 13 verstärkt und an den Multiplexer 14 weitergeleitet. Der Multiplexer 14 fragt zu vorgewählten Zeitpunkten die Messwerte von den Fotoempfängern ab und leitet sie sequentiell an einen Analog-Digital-Wandler 15 weiter, an dessen Ausgang die Messwerte in digitaler Form bereitstehen und an einen Mikroprozessor 16, der auch die zeitliche Steuerung des Multiplexers 14 realisiert, abgegeben werden. Der Mikroprozessor 16 ist mit einer Dateneingabeeinheit 17 und einer Datenausgabeeinheit 18 verbunden. Mit der Eingabeeinheit 17 werden dem Mikroprozessor 16 Steuerbefehle und der zur Berechnung der Gradation γ notwendige Wert des

Schwärzungsbereiches ΔS, in dem das jeweils benutzte Filmmaterial über optimale Abbildungseigenschaften verfügt, mitgeteilt. Mit diesem Wert und den Angaben über die maximale Beleuchtungsstärke E_{max} und die minimale Beleuchtungsstärke E_{min} kann die Gradation γ nach folgender Formel bestimmt werden

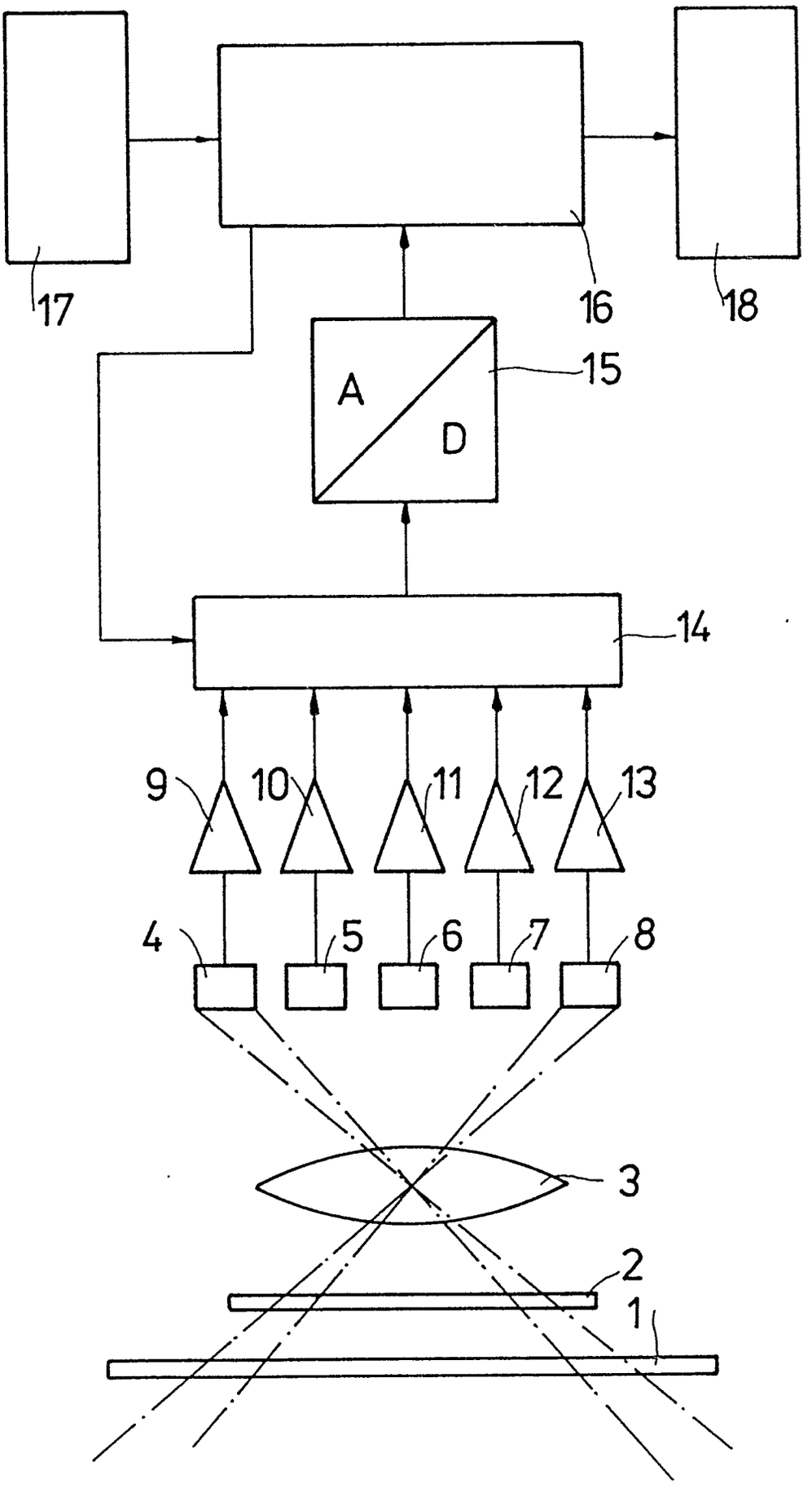
$$\gamma = \frac{\Delta S}{\lg\left(\frac{E_{max}}{E_{min}}\right)}$$

Diese Gradation stellt den anzustrebenden Wert für die maximale Ausschöpfung des Informationsgehaltes der Luftbildaufnahme dar und muss durch geeignete Wahl der Parameter bei der Filmentwicklung (Entwicklungszeit, Entwicklerzusammensetzung usw.) realisiert werden. Da aus ökonomischen Gründen die Luftbildaufnahme nicht einzeln entwickelt wird, kommt es darauf an, einen solchen Gradationswert festzulegen, der die optimale Ausschöpfung des Informationsgehaltes aller gleichzeitig zu entwickelnden Aufnahmen gewährleistet. Dazu dient der Glättungsprozess, der sowohl mit den Maximalwerten $E^{(i)}_{max}$ als auch mit den Minimalwerten $E^{(i)}_{min}$ durchgeführt wird, wobei die Glättung so vorgenommen wird, dass bei den Maximalwerten der geglättete Wert grösser ist als die überwiegende Mehrzahl der $E^{(i)}_{max}$, bei den Minimalwerten dagegen die meisten $E^{(i)}_{min}$ grösser sind als der geglättete Wert. Damit wird erreicht, dass für den grössten Teil der Aufnahmen ein solcher Gradationswert ermittelt wird, der einen optimalen Informationsgehalt der entwickelten Bilder sichert, aber durch stark von den anderen Werten abweichende Maximal- bzw. Minimalwerte keine Bestimmung falscher Gradationswerte mit dem Ergebnis der Verringerung des Konstrastes und damit des Informationsgehaltes der Aufnahmen eintritt. Zwecks Beruhigung der Anzeige kann mit den so erhaltenen Gradationswerten ein weiterer Glättungsprozess oder aber nach jeweils einer bestimmten Zeit eine Mittelwertbildung durchgeführt werden.

Desweiteren kann an der Datenausgabeeinheit ein Drucker oder ein anderer Datenspeicher angeschlossen werden, der die Gradationswerte in Form eines Protokolls aufzeichnet, eventuell zusammen mit anderen, den Luftbildaufnahmevorgang charakterisierenden Daten.

Erfolgt aufgrund von Änderungen der Geländebeschaffenheit die Bestimmung eines vom ursprünglichen abweichenden Gradationswertes, so kann der Bediener aufgrund der Anzeige oder des Protokolls die getrennte Verarbeitung der einzelnen Filmabschnitte anweisen.

Ausserdem können die mit Hilfe des Mikroprozessors bestimmten Minimalwerte der Geländehelligkeit über einen weiteren Ausgang abgegeben, angezeigt und zur automatischen Steuerung der Blende und der Belichtungszeit der Luftbildkamera herangezogen werden, wodurch eine Unterbelichtung auch von Teilbereichen des darzustellenden Geländeabschnitts wirkungsvoll verhindert werden kann.


17
16
18
A
D
15
14
9
10
11
12
13
4
5
6
7
8
3
2
1

CH 666 970 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 666 970 A5

(51) Int. Cl.[4]: G 03 B 37/00
G 01 C 11/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 3763/84

(22) Anmeldungsdatum: 03.08.1984

(30) Priorität(en): 04.08.1983 DD 253719
01.12.1983 DD 257348

(24) Patent erteilt: 31.08.1988

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.08.1988

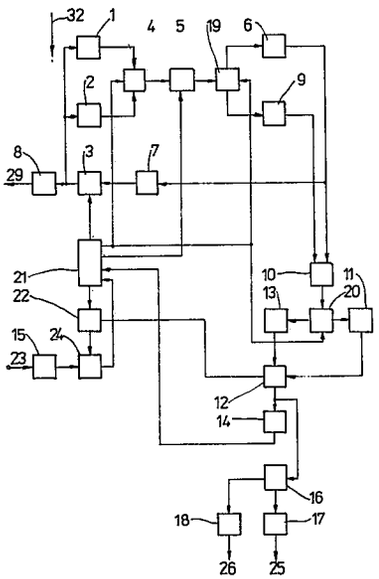
(73) Inhaber:
VEB Carl Zeiss Jena, Jena (DD)

(72) Erfinder:
Görsch, Rainer, Berlin (DD)
Gräfe, Wolf-Rainer, Berlin (DD)
Grundmann, Hans-Jörg, Neustrelitz (DD)
Poerschke, Peter, Berlin (DD)
Steffen, Werner, Berlin (DD)
Braunschweig, Thomas, Jena (DD)
Mark, Rolf Peter, Jena (DD)
Beck, Bernard, Jena-Lobeda (DD)

(74) Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

(54) Anordnung und Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras.

(57) Ein genaues und zuverlässiges Steuergerät mit geringem elektronischen und optischen Auwand, das den Operateur entlastet, wird durch zwei zueinander parallele, senkrecht zur Flugrichtung angeordnete Photoempfängerzeilen (1, 2) realisiert, wobei mindestens die erste Zeile (1) mit einem Datenspeicher (6), dieser sowie die zweite Zeile (2) mit einem Korrelator (10) verbunden sind, der über Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift mit Stelleneinrichtungen der Luftbildkamera verbunden ist. Es kann eine dritte Photoempfängerzeile vorgesehen sein, der ein Datenspeicher nachgeschaltet ist. Anwendbar in der Photogrammetrie.



PATENTANSPRÜCHE

1. Anordnung zur automatischen Steuerung einer Luftbildaufnahmekamera, dadurch gekennzeichnet, dass auf einer Projektionsfläche eine erste und zweite Photoempfängerzeile im wesentlichen zueinander parallel und senkrecht zur Flugrichtung angeordnet sind, wobei mindestens die erste Zeile mit einem Datenspeicher verbunden ist, besagter Datenspeicher sowie die zweite Zeile mit einem Korrelator verbunden sind, der über Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift mit Stelleinrichtungen der Luftbildkamera verbunden ist, wobei Vg die Geschwindigkeit über Grund und hg die Höhe über Grund ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Projektionsfläche, im wesentlichen parallel zur Flugrichtung, eine dritte Photoempfängerzeile vorgesehen ist, der ein Datenspeicher nachgeschaltet ist,

den beiden parallelen Photoempfängerzeilen ein erster, der dritten Zeile ein zweiter Korrelator zur Bestimmung des Vg/hg-Verhältnisses zugeordnet ist,

die beiden Korrelatoren mit den Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift verbunden sind und die Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift im wesentlichen auf einen Systembus zugreifen.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

— der Ausgang der ersten Photoempfängerzeile (1) mit dem ersten Eingang eines Umschalters (4), der Ausgang der zweiten Photoempfängerzeile (2) mit dem zweiten Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,

— der erste Ausgang einer Taktlogikstufe (21) sowohl mit dem Steuereingang des Umschalters (4) als auch mit dem Steuereingang eines zweiten Umschalters (19) sowie mit dem Steuereingang eines dritten Umschalters (20) zusammengeschaltet ist, während der zweite Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem Steuereingang eines A/D-Wandlers (5) und dessen Ausgang mit dem Informationseingang des zweiten Umschalters (19) verbunden ist,

— der Ausgang des ersten Speichers (6) mit dem ersten Eingang und der Ausgang des zweiten Speichers (9) mit dem zweiten Eingang eines Korrelators (10) zusammengeschaltet ist, während der Ausgang des Korrelators (10) mit dem Informationseingang eines dritten Umschalters (20) über einen Vergleichswertspeicher (11) mit einem Eingang eines dritten Speichers (12), der zweite Ausgang über einen Interpolator (13) mit dem zweiten Eingang des dritten Speichers (12) verbunden ist,

— der dritte Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem Eingang eines Zählers (22), dessen erster Ausgang mit dem dritten Eingang des dritten Speichers (12) verknüpft und der Ausgang des dritten Speichers (12) sowohl mit dem Eingang eines Vergleichers (14) als auch mit einem zweiten Interpolator (16) verbunden ist, während der Ausgang des Vergleichers (14) mit dem ersten Eingang der Taktlogikstufe (21) und jeweils ein Ausgang des zweiten Interpolators (16) mit den Eingängen von nachgeschalteten Umrechner-Filterbaugruppen (17, 18) zusammengeschaltet ist,

— der Ausgang der ersten Speichers (6) über einen Mittelwertbildner (7) mit dem Eingang eines Timers (3), der vierte Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem zweiten Eingang des Timers (3) und der Ausgang des Timers (3) sowohl mit einer Anpassanordnung (8) als auch mit den beiden Eingängen der Photoempfängerzeilen (1, 2) verbunden ist,

— der Ausgang einer Eingabestufe (15) mit einem Eingang eines zweiten Vergleichers (24), der zweite Ausgang des Zählers (22) mit dem zweiten Eingang des zweiten Vergleichers (24) und dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang der Taktlogikstufe (21) zusammengeschaltet ist,

— am Ausgang der ersten Umrechner-Filterbaugruppe (17) das Steuersignal V_g/h_g (25), am Ausgang der zweiten Umrechner-Filterbaugruppe (18) das Steuersignal für die Abdrift (26) und am Ausgang der Anpassanordnung (8) das Steuersignal für die Belichtungszeit (29) anliegt.

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

— der Ausgang der ersten Photoempfängerzeile (1) mit dem ersten Eingang eines Umschalters (4), der Ausgang einer zweiten Photoempfängerzeile (2) mit dem zweiten Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,

— der Ausgang des Umschalters (4) mit dem ersten Eingang eines A/D-Wandlers (5) verbunden ist,

— der erste Ausgang einer Taktaufbereitungslogik (27) mit den Eingängen der beiden Fotoempfängerzeilen (1, 2) sowie der zweite Ausgang der Taktaufbereitungslogik (27) mit dem zweiten Eingang des A/D-Wandlers (5) verbunden ist,

— der erste Ausgang eines Mikrorechners (28) mit dem Eingang der Taktaufbereitungslogik (27), der zweite Ausgang mit dem Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,

— der Ausgang einer Eingabestufe (15) mit dem ersten Eingang des Mikrorechners (28) sowie der Ausgang des A/D-Wandlers (5) mit dem zweiten Eingang des Mikrorechners (28) verbunden ist,

— am dritten Ausgang des Mikrorechners (28) das Steuersignal V_g/h_g (25), am vierten Ausgang das Steuersignal für die Abdrift (26) sowie am fünften Ausgang das Steuersignal für die Belichtungszeit (29) anliegt.

5. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Berechnung der Abdrift mit einer Einrichtung zur Abdriftkompensation der Luftbildkamera verbunden ist.

6. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Berechnung des V_g/h_g-Verhältnisses mit der Verschlussauslösung der Luftbildkamera verbunden ist.

7. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Datenspeicher mit einer Einrichtung zur Berechnung und Einstellung der optimalen Filmgradation verbunden ist.

8. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Datenspeicher mit einer Einrichtung zur Berechnung und Einstellung der Belichtungszeit verbunden ist.

9. Verfahren zur Steuerung einer Luftbildkamera mit einer Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Inhalte der in einem festen Zeitraster abgefragten zweiten Photoempfängerzeile, dem überflogenen Gelände entsprechend, mit dem in einem Speicher befindlichen Inhalt der zuerst abgefragten ersten Photoempfängerzeile nach jeder Abfrage verglichen und korreliert werden und durch Bestimmung der Zeit, in der eine maximale Korrelation zwischen den Inhalten der zuerst abgefragten ersten Photoempfängerzeile und der zeilich später abgefragten zweiten Photoempfängerzeile erreicht wurde, ein Mass für das V_g/h_g-Verhältnis und durch die zur maximalen Korrelation gehöriger Zeilenverschiebung die Abdrift gegeben wird und weiterhin der Mittelwert des Zeileninhalts der ersten Photoempfängerzeile als Steuergrösse gebildet wird.

10. Verfahren zur Steuerung einer Luftbildkamera mit einer Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Zyklus die Daten der parallel zur Flugrichtung liegenden dritten Photoempfängerzeile abgespeichert werden,

die Daten derjenigen der beiden parallelen Photoempfängerzeilen, welche in Bewegungsrichtung des Geländeabbildes vorn liegt, abgespeichert werden, in einem zweiten Zyklus aus den Daten der dritten Photoempfängerzeile, mittels Korrelation die Verschiebung des Bildes in Flugrichtung bestimmt, aus der Verschiebung das V_g/h_g-Verhältnis berechnet und an eine Einrichtung zur Regelung der Oberdeckung abgegeben wird,

die Bildverschiebung mit dem Abstand der beiden Pho-

toempfängerzeilen verglichen und bei Erreichen des Abstandes ein Signal an den ersten Korrelator gegeben wird,

der erste Korrelator bei Empfang dieses Signals die abgespeicherten Daten von der ersten Photoempfängerzeile mit den aktuellen Daten der zweiten Zeile vergleicht, aus der Verschiebung die Abdrift bestimmt und diese an eine Einrichtung zur Abdriftkompensation abgegeben wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet dadurch, dass die bestimmten Verschiebungswerte aufaddiert werden, dass nach jedem zweiten Zyklus die abgespeicherten Daten von der Photoempfängerzeile durch die aktuellen Daten überschrieben werden, und dass aus der so bestimmten differentiellen Verschiebung das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Einrichtung zur Regelung der Überdeckung abgegeben wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet dadurch, dass die Daten der parallel zur Flugrichtung liegenden Photoempfängerzeile rechnerisch um den Abstand der beiden parallelen Photoempfängerzeilen verschoben und abgespeichert werden, und dass der Vergleich der Bildverschiebung mit dem Abstand der beiden parallelen Photoempfängerzeilen mittels Korrelation der aktuellen Daten der dritten Zeile mit den so abgespeicherten Daten realisiert wird.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur automatischen Steuerung einer Luftbildaufnahmekamera gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Es ist bereits ein automatisches Steuergerät für Luftbildkameras bekannt (DD-WP 113 809), welches in der Projektionsfläche eines Objektivs zwei voneinander getrennte digitale Photoempfängermatrizen mit je 4 Zeilen enthält, denen eine Informationsverarbeitungsstufe nachgeschaltet ist, welche das Bildfolgeintervall, die Abdrift und eine optimierte Belichtungszeit berechnet und mit diesen Werten die Luftbildkamera steuert. Bildfolgeintervall und Abdrift werden dabei durch Korrelation der abgetasteten Werte in einer Zeile der beiden Photoempfängermatrizen bestimmt. Dazu werden die Abtastwerte einer Zeile zwischengespeichert und in einem Korrelator ständig mit den aktuellen Abtastwerten der anderen Zeile verglichen. Ein nachgeschalteter Analysator ermittelt das Maximum des Korrelationsfaktors und dazu die entsprechende Verschiebung des Bildes in Zeilenrichtung (entspricht Abdrift) und in Flugrichtung (entspricht Vg/hg). Ausserdem werden aus den Abtastwerten Informationen über die Bildhelligkeit gewonnen, mit deren Hilfe die vorgegebene Belichtungszeit modifiziert wird.

Diese Anordnung weist eine Anzahl von Nachteilen auf. Zum einen ist, hauptsächlich durch den hohen Preis von Photoempfängermatrizen bedingt, der Aufwand sehr hoch. Des weiteren funktioniert die Bestimmung des Vg/hg-Verhältnisses nur bei sehr geringen Werten der Abdrift mit ausreichender Genauigkeit, da bei Abdrift des Flugzeuges auf der zweiten Photoempfängermatrize das Bild des Geländes gegenüber der ersten Matrize verdreht erscheint, so dass sich der Korrelationsfaktor verringert. Dadurch kann sich bei ungünstigem Gelände kein auswertbares Maximum des Korrelationsfaktors mehr ergeben oder die Lage des Korrelationsmaximus wird verfälscht. Der mögliche Ausweg, den Abstand der Photoempfängermatrizen zu verringern, bedingt aber eine Vergrösserung des Fehlers der Abdriftbestimmung, da die Elemente der Maritzen eine bestimmte, nicht zu vernachlässigende Grösse haben.

Weiterhin ist eine Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeit und/oder der Bewegungsrichtung einer Bildstruktur bekannt (DE-AS 26 36 769), die ein Zylinderlinsensystem und eine bis drei Differenzdioden verwendet. Bei dieser Lösung wird das Gelände nur entlang einer in Flugrichtung liegenden Linie abgetastet, so dass beim zufälligen Zusammenfallen eines gleichförmigen, langgestreckten Geländeabschnittes mit dieser Linie die Vg/hg-Bestimmung versagt.

Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Steuergeräten für Luftbildkameras, wobei gleichzeitig der dafür notwendige elektronische und optische Aufwand verringert und der Operateur entlastet werden soll.

Aufgabe der Erfindung ist eine Anordnung und ein ihr zugeordnetes Verfahren zur optimalen und automatischen Steuerung von Luftbildkameras bezüglich des Vg/hg-Verhältnisses, der Abdrift sowie der Belichtungszeit.

Erfindungsgemäss wird die Aufgabe mittels einer Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras dadurch gelöst, dass auf einer Projektionsfläche eine erste und eine zweite Photoempfängerzeile im wesentlichen zueinander parallel und senkrecht zur Flugrichtung angeordnet sind, wobei mindestens die erste Zeile mit einem Datenspeicher verbunden ist, besagter Datenspeicher sowie die zweite Zeile mit einem Korrelator verbunden sind, der über Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift mit Stelleinrichtungen der Luftbildkamera verbunden ist. Dabei ist es vorteilhaft, dass

— der Ausgang der ersten Photoempfängerzeile (1) mit dem ersten Eingang eines Umschalters (4), der Ausgang der zweiten Photoempfängerzeile (2) mit dem zweiten Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,

— der erste Ausgang einer Taktlogikstufe (21) sowohl mit dem Steuereingang des Umschalters (4) als auch mit dem Steuereingang eines zweiten Umschalters (19) sowie mit dem Steuereingang eines dritten Umschalters (20) zusammengeschaltet ist, während der zweite Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem Steuereingang eines A/D-Wandlers (5) und dessen Ausgang mit dem Informationseingang des zweiten Umschalters (19) verbunden ist,

— der Ausgang des Umschalters (4) über den A/D-Wandler (5) mit dem Informationseingang des zweiten Umschalters (19), dessen erster Ausgang mit dem Eingang eines ersten Speichers (6), sein zweiter Ausgang mit dem Eingang eines zweiten Speichers (9) verbunden ist,

— der Ausgang des ersten Speichers (6) mit dem ersten Eingang und der Ausgang des zweiten Speichers (9) mit dem zweiten Eingang eines Korrelators (10) zusammengeschaltet ist, während der Ausgang des Korrelators (10) mit dem Informationseingang eines dritten Umschalters (20), der erste Ausgang des dritten Umschalters (20) über einen Vergleichswertspeicher (11) mit einem Eingang eines dritten Speichers (12), der zweite Ausgang über einen Interpolator (13) mit dem zweiten Eingang des dritten Speichers (12) verbunden ist,

— der dritte Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem Eingang eines Zählers (22), dessen erster Ausgang mit dem dritten Eingang des dritten Speichers (12) verknüpft und der Ausgang des dritten Speichers (12) sowohl mit dem Eingang eines Vergleichers (14) als auch mit einem zweiten Interpolator (16) verbunden ist, während der Ausgang des Vergleichers (14) mit dem ersten Eingang der Taktlogikstufe (21) und jeweils ein Ausgang des zweiten Interpolators (16) mit den Eingängen der nachgeschalteten Umrechner-Filterbaugruppen (17, 18) zusammengeschaltet ist,

— der Ausgang des ersten Speichers (6) über einen Mittelwertbildner (7) mit dem Eingang eines Timers (3), der vierte Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem zweiten Eingang des Timers (3) und der Ausgang des Timers (3) sowohl mit einer Anpassanordnung (8) als auch mit den beiden Eingängen der Photoempfängerzeilen (1, 2) verbunden ist,

— der Ausgang einer Eingabestufe (15) mit einem Eingang eines zweiten Vergleichers (24), der zweite Ausgang des Zählers (22) mit dem zweiten Eingang des zweiten Vergleichers (24) und

dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang der Taktlogikstufe (21) zusammengeschaltet ist,

— am Ausgang der Umrechner-Filterbaugruppe (17) das Steuersignal V_g/h_g (25), am Ausgang der Umrechner-Filterbaugruppe (18) das Steuersignal für die Abdrift (26) und am Ausgang der Anpassanordnung (8) das Steuersignal für die Belichtungszeit (29) anliegt,

wobei es günstig ist, dass

— der Ausgang einer Photoempfängerzeile (1) mit dem ersten Eingang eines Umschalters (4), der Ausgang einer zweiten Photoempfängerzeile (2) mit dem zweiten Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,

— der Ausgang des Umschalters (4) mit dem ersten Eingang des A/D-Wandlers (5) verbunden ist,

— der erste Ausgang der Taktaufbereitungslogik (27) mit den Eingängen der Photoempfängerzeilen (1) und (2) sowie der zweite Ausgang der Taktaufbereitungslogik (27) mit dem zweiten Eingang des A/D-Wandlers (5) verbunden ist,

— der erste Ausgang eines Mikrorechners (28) mit dem Eingang der Taktaufbereitungslogik (27), der zweite Ausgang mit dem Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,

— der Ausgang einer Eingabestufe (15) mit dem ersten Eingang des Mikrorechners (28) sowie der Ausgang des A/D-Wandlers (5) mit dem zweiten Eingang des Mikrorechners (28) verbunden ist,

— am dritten Ausgang des Mikrorechners (28) das Steuersignal V_g/h_g (25), am vierten Ausgang das Steuersignal für die Abdrift (26) sowie am fünften Ausgang das Steuersignal für die Belichtungszeit (29) anliegt.

Weiterhin ist es vorteilhaft, dass auf der Projektionsfläche, im wesenlichen parallel zur Flugrichtung, eine dritte Photoempfängerzeile vorgesehen ist, der im Datenspeicher nachgeschaltet ist, den beiden parallelen Photoempfängerzeilen ein erster, der dritten Zeile ein zweiter Korrelator zur Bestimmung des Vg/hg-Verhältnisses zugeordnet ist, die beiden Korrelatoren mit den Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhälnisses und/oder der Abdrift verbunden sind und die Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift im wesentlichen auf einen Systembus zugreifen, wobei günstige Variante darin besteht, dass die Einrichtung zur Berechnung der Abdrift mit einer Einrichtung zur Abdriftkompensation der Luftbildkamera verbunden ist, dass die Einrichtung zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses mit der Verschlussausslösung der Luftbildkamera verbunden ist, dass der Datenspeicher mit einer Einrichtung zur Berechnung und Einstellung der optimalen Filmgradation verbunden ist und der Datenspeicher mit einer Einrichtung zur Berechnung und Einstellung der Belichtungszeit verbunden ist. Das erfindungsgemässe Verfahren besteht darin, dass die Inhalte der in einem festen Zeitraster abgefragten zweiten Photoempfängerzeile, dem überflogenen Gelände entsprechend, mit dem in einem Speicher befindlichen Inhalt der zuerst abgefragten ersten Photoempfängerzeile nach jeder Abfrage verglichen und korreliert werden und durch Bestimmung der Zeit, in der eine maximale Korrelation zwischen den Inhalten der zuerst abgefragten ersten Photoempfängerzeile und der zeilich später abgefragten zweiten Photoempfängerzeile erreicht wurde, ein Mass für das Vg/hg-Verhältnis und durch die zur maximalen Korrelation gehöriger Zeilenverschiebung die Abdrift gegeben wird und weiterhin der Mittelwert des Zeileninhaltes der ersten Photoempfängerzeile als Steuergrösse gebildet wird bzw. bei einer Anordnung von drei Photoempfängerzeilen, dass in einem ersten Zyklus die Daten (Messwerte der parallel zur Flugrichtung liegenden dritten Photoempfängerzeile abgespeichert werden, die Daten (Masswerte) derjenigen der beiden parallelen Photoempfängerzeilen, welche in Bewegungsrichtung des Geländeabbildes vorn liegt, abgespeichert werden,

in einem zweiten Zyklus aus den Daten der dritten Photoempfängerzeile, mittels Korrelation die Verschiebung des Bildes in Flugrichtung bestimmt, aus der Verschiebung das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Einrichtung zur Regelung der Übedeckung abgegeben wird, die Bildverschiebung mit dem Abstand der beiden Photoempfängerzeilen verglichen und bei Erreichen des Abstandes ein Signal an den ersten Korrelator gegeben wird, der erste Korrelator bei Empfang dieses Signals die abgespeicherten Daten von der ersten Photoempfängerzeile mit den aktuellen Daten der zweiten Zeile vergleicht, aus der Verschiebung die Abdrift bestimmt und diese an die Einrichtung zur Abdriftkompensation abgegeben wird.

Varianten dieses Verfahrens bestehen darin, dass die bestimmten Verschiebungswerte aufaddiert werden, dass nach jedem Zeilenzyklus die abgespeicherten Daten von der Photoempfängerzeile durch die aktuellen Daten überschrieben werden, und dass aus der so bestimmten differentiellen Verschiebung das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Einrichtung zur Regelung der Überdeckung abgegeben wird und die Daten der parallel zur Flugrichtung liegenden Photoempfängerzeile rechnerisch um den Abstend der beiden parallelen Photoempfängerzeilenverschoben und abgespeichert werden, und dass der Vergleich der Bildverschiebung mit dem Abstand der beiden parallelen Photoempfängerzeilen mittels Korrelation der aktuellen Daten der dritten Zeile mit den so abgespeicherten Daten realisiert wird.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Beispielen näher erläutert werden.

Fig. 1 Blockschaltbild zur Steuerung einer Luftbildkamera unter Verwendung von zwei zueinander parallelen Photoempfängerzeilen,

Fig. 2 Steuerung entsprechend Fig. 1 unter Verwendung eines Mikrorechners,

Fig. 3 Blockschaltbild (stark vereinfacht) unter Verwendung einer dritten Photoempfängerzeile,

Fig. 4 Schematische Darstellung der Zusammenschaltung der Photoempfängerzeilen mit einem Rechner,

Fig. 5 Ablauf der Kamerasteuerung unter Verwendung einer Anordnung nach Fig. 3 und 4

In Fig. 1 bildet ein Objektiv das senkrecht unter einem Fluggerät befindliche Gelände in einer Projektionsebene ab, in der sich in einem geringen optischen Abstand zwei parallele Photoempfängerzeilen befinden, die so angeordnet sind, dass die Flugrichtung senkrecht zu ihnen verläuft. Aus der Zeitdifferenz in der identische Bildstrukturen von der ersten Photoempfängerzeile 1 zur zweiten Photoempfängerzeile 2 wandern, wird mit Hilfe einer Auswerteelektronik die Steuergrösse V_g/h_g gebildet, die den Bildwanderungsausgleich und die Längsüberdeckung der Luftbildkamera regelt. Weiterhin wird eine evtl. Verschiebung von Bildstrukturen in Zeilenrichtung ausgenutzt, um mit Hilfe eines Servomotors die Nachstellung der Luftbildkamera und des Steuergerätes mit den beiden Photoempfängerzeilen in die genaue Flugrichtung vorzunehmen, um damit die Abdrift und andere nicht zu beeinflussende Bewegungen des Fluggerätes auszugleichen. Es wird damit eine effektive Möglichkeit geschaffen, Luftbilder mit korrekt eingehaltener prozentualer Längsüberdeckung und Ausrichtung zu erzeugen, ohne dass das Bedienpersonal die anstrengende Prozedur der Handnachführung des Steuergeräts vornehmen muss. Weiterhin sorgt die Auswerteelektronik dafür, dass nach der Kehre des Fluggerätes aus den zuletzt bearbeiteten Informationen die für den Rückflug geltenden annähernden Werte für die Ausrichtung des Steuergeräts und der Luftbildkamera errechnet und als Steuergrösse ausgegeben werden.

Zur Erzeugung eines geringen optischen Abstandes der beiden Photoempfängerzeilen wird in den Strahlengang des Objektivs ein 90°-Winkelspiegel gebracht, der die Lichtstrahlen teilt und in zwei entgegengesetzte Richtungen lenkt. Damit entstehen zwei Projektionsebenen, in denen jeweils eine Photoempfängerzeilen sind so montiert, dass sie um einen geringen Betrag ge-

genüber dem Hauptstrahl nach unten versetzt sind. Bewegt sich nun das optische System, so wird ein Bildpunkt auf der ersten Projektionsebene von unten nach oben und auf der zweiten Projektionsebene von oben nach unten wandern. Damit ist festgelegt, dass sich die erste Photoempfängerzeile 1 vor dem Winkelspiegel und die zweite Photoempfängerzeile 2 hinter dem Winkelspiegel befindet.

Für die Gewährleistung der Korrelationsberechnungen weist das optische System eine gewollte elliptische Defokussierung auf, die garantiert, dass sich die Abtastzonen der Photoempfängerzeilen bei jeder eneuten Abfrage überdecken.

Die beiden Photoempfängerzeilen 1 und 2 werden durch den Timer 3 angesteuert. Während der Inhalt der Photoempfängerzeile 1 über den Umschalter 4, den Analog/Digital-Wandler 5 und den Umschalter 19 im Speicher 6 abgelegt wird, sodann im Mittelwertbildner 7 der lineare Mittelwert gebildet wird, der zur Steuerung der Belichtunggszeit der Photoempfängerzeilen 1, 2 und über die Anpassung 8 auch der Steuerung der Belichtungszeit der Luftbildkamera dienen kann, wird nach kürzestmöglicher Zeit die Umschaltung 4, 19 betätigt und der Inhalt der Photoempfängerzeile 2 ebenfalls über den Analog/Digital-Wandler 5, jedoch in den Speicher 9 abgelegt. Mit den beiden Speicherwerten wird im Korrelator 10 zunächst der Korrelationswert bei der Verschiebung = 0 errechnet und über den Umschalter 20 im Speicher 11 als Vergleichswert für spätere Korrelationsberechnungen abgelegt.

Mit Hilfe der Taktlogik 21 wird ein Zeitraster erzeugt, welches wiederholt den Inhalt der Photoempfängerzeile 2 ausliest, in 9 speichert, die Anzahl der Abfragen von Zeile 2 im Zähler 22 mitzählt und im Korrelator 10 den im Speicher 9 jeweils abgelegten Inhalt mit dem im Speicher 6 anstehenden Inhalt korreliert. Es wird sowohl der mit dem im Speicher 11 verglichene Maximalwert des Korrelationsergebnisses als auch der zugehörigen Verschiebungsparameter, nach Interpolation über die Korrelationswerte bei den einzelnen Verschiebungsparametern im Interpolator 13, im Speicher 12 abgelegt. Er wird dann mit dem vorher ermittelten, ebenfalls im Speicher 12 stehenden, jeweils mit dem in Zähler 22 korrespondierenden Korrelationsmaxima und dazugehörigen Verschiebungsparametern im Vergleicher 14 verglichen, bis eine maximale Korrelation zwischen Photoempfängerzeile 1 und Photoempfängerzeile 2 erreicht ist. Nach der Interpolations 16 der in 12 gespeicherten jeweiligen Korrelationsmaxima mit zugehörigem Verschiebungsparameter, in dem durch die Taktlogik 21 vorgegebenen Zeitraster und dem korrespondierenden Zählerstand, wird über eine Umrechner- und Filterbaugruppe 17 der Zählerstand, des im Interpolator 16 interpolierten Korrelationsextremums als Mass für das Geschwindigkeits-Höhe-Verhältnis ausgegeben.

Weiterhin wird der dazugehörige Verschiebungsparameter über die Umrechner- und Filterbaugruppe 18 als Mass für die Abdriftkorrektur 26 des Fluggerätes an die Luftbildkamera gegeben. Danach erfolgt die Umschaltung der Umschalter 4, 19 und der Neustart mit der Abfrage der Photoempfängerzeile 1. Diese Umschaltung mit Neustart erfolgt auch wenn ein mit der Eingabeeinrichtung 15 voreingestellter Geschwindigkeits-Höhen-Bereich 23 überschritten wird, d. h., wenn in dem vorgesehenen Bereich alle Korrelationsversuche der Elektronik fehlgeschlagen sind.

In Fig. 2 ist eine Anordnung mit mikroelektronischen Baugruppen gezeigt. Dabei übernimmt ein Mikrorechner, z.B. ein Z8 der Firma Zilog einschliesslich seiner Software die im vorangegangenen dargestellten Aufgaben bzw. Ablaufsteuerung und Bereitstellung der Steuergrössen. Die beiden Photoempfängerzeilen 1 und 2 mit je einem Eingang des Umschalters 4 verbunden. Der Ausgang des Umschalters 4 ist mit dem Dateneingang des A/D-Wandlers 5 verbunden. Der Mikrorechner 28 steuert über zwei Steuerleitungen den Umschalter 4 und die Taktaufbereitungslogik 27, die den Takt für die Photoempfängerzeilen 1 und 2 sowie für den A/D-Wandler 5 bereitstellt. Der Mikrorechner ist weiterhin mit einer Eingabeeinheit 15 zur Bedienung des Steuergerätes verbunden und weist Ausgänge 25 für das Vg/hg-Verhältnis, 26 für die Abdrift und 29 für die Belichtungszeit auf.

In Fig. 3 befinden sich drei Photoempfängerzeilen 1, 2, 30 auf der Projektionsfläche 31 eines hier nicht dargestellten Objektivs. Der Pfeil 32 zeigt die Bewegungsrichtung des von dem Objektiv auf die Projektionsfläche 31 projizierten Abbildes des Geländes an. Den Zeilen 1 und 30 sind je ein Datenspeicher 6, 33 und ein Rechner 28, 34 nachgeordnet, die Zeilen 1 und 30 sind je ein Datenspeicher 6, 33 und ein Rechner 28, 34 nachgeordnet, die Zeilen 2 bzw. 30 sind auch direkt mit dem Rechner 28 bzw. 34 verbunden. Der Rechner 28 weist Ausgänge zur Abdriftkompensation 26, zur Belichtungszeit/Blendensteuerung 29 und zur Gradationsaufzeichnung 35 auf, der Rechner 34 zur Verschlussauslösung 36 und zum Bildwanderungsausgleich 37. Ausserdem sind die beiden Rechner über eine Steuerleitung 38 verbunden. Nach Einschalten des Steuergerätes werden die Daten von der Photoempfängerzeile 1 und 30 in die Speicher 6 bzw. 33 eingelesen. Im Rechner 28 werden die von der Zeile 2 einkommenden Daten ständig bzgl. der Bildhelligkeit analysiert, die maximalen und minimalen Geländehelligkeiten bestimmt und aus diesen Werten sowohl eine optimale Belichtungszeit/Blenden-Kombination berechnet, entsprechende Steuerimpulse gebildet und an die Belichtungszeit/Blenden-Steuerung 29 angegeben als auch die optimale Filmgradation berechnet und an die Gradationsaufzeichnung 35 abgegeben. Im Rechner 28 werden die im Speicher 33 abgespeicherten Bilddaten ständig mit den neu einkommenden Bilddaten von der Zeile 30 verglichen und die entsprechende Verschiebung bestimmt. Aus dieser wird das Vg/hg-Verhältnis berechnet, das dann zur Steuerung der Verschlussauslösung 36 und des Bildwanderungsausgleiches 37 dient. Sobald die festgestellte Verschiebung den Wert erreicht hat, der dem Abstand der beiden Zeilen 1, 2 entspricht wird über die Steuerleitung 38 der Befehl an den Rechner 28 gegeben, jetzt die abgespeicherten Werte von der Zeile 1 mit den einkommenden Werten von der Zeile 2 zu vergleichen und aus der festgestellten Verschiebung den Wert der Abdrift zu bestimmen, und an die Abdriftkompensation 26 abzugeben. Jetzt beginnt der Ablauf von neuem mit dem Einspeichern der Daten von Zeile 1 und 30 in die Speicher 6 bzw. 33.

Eine bedeutende Steigerung der Genauigkeit der Vg/hg-Bestimmung lässt sich erreichen, wenn die Daten der dritten Photoempfängerzeile 30 im Speicher nach jeder Bestimmung der Verschiebung von den aktuellen Werten überschrieben werden und der Wert der Verschiebung den Wert des Abstandes der Zeilen 1, 2 erreicht hat und der Befehl zur Bestimmung der Abdrift an den Rechner 28 gegeben wird, gleichzeitig mit dem Abspeichern der Werte von Zeile 1 in den Speicher 6, wird dann dieser Zwischenspeicher wieder auf Null zurückgesetzt. Dadurch wird eine differentielle Bestimmung der Verschiebung realisiert, wodurch der Einfluss der Abdrift auf die Grösse des Maximums des Korrelationsfaktors stark reduziert wird. Die Eingabe der Einstellwerte, wie Filmempfindlichkeit, Überdekkungsgrad usw., die zur Bildung der Steuersignale notwendig sind, in die Rechner 28 und 34, erfolgt über hier nicht dargestellte übliche Mittel wie Schalter und Tastaturen. In Fig. 4 ist die Realisierung der Zusammenschaltung der Photoempfängerzeile 1, 2, 30 mit den Rechnern 28, 34 schematisch dargestellt. Die beiden Rechner 28, 34, die vorteilhafterweise als Einchipmikrorechner ausgeführt sind, benutzen einen gemeinsamen Systembus, bestehend aus Datenbus 34, Addressbus 40 und Steuerbus 41. Die Photoempfängerzeilen 1, 2, 30 können z. B. CCD-Zeilen mit je 256 Elementen sein. Sie werden von bekannten Ansteuerschaltungen 42, 43, 44 gesteuert. Diese enthalten den eigentlichen Ansteuerbaustein, der das Auslesen der Daten

aus der CCD-Zeile realisiert, Sample & Hold-Verstärker und A/D-Wandler zur Umwandlung der analogen Werte in digitale Datenwerte. Die Ansteuerschaltungen 42, 43, 44 werden vom Steuerbus 41 über die Steuerleitungen 45, 46, 47 angesprochen. Die Übernahme der Daten auf den Datenbus 34 wird von Torschaltungen 48, 49, 50 gesteuert, die die entsprechenden Befehle vom Steuerbus 41 über die Steuerleitungen 51, 52, 53 erhalten. Zum Zwischenspeichern der Daten dient der Speicherbaustein 54, der z. B. als 1Kx8-RAM ausgeführt sein kann. Die Arbeit des Speicherbausteins 54 wird vom Steuerbus 41 über die Eingänge 55 (Chip-Select), 56 (Data out) und 57 (Data in) gesteuert. Die Verbindung der Rechner 28 und 34 zur Luftbildkamera wird über die Ausgänge 58 zur Abdriftkompensation, 59 zur Belichtungszeit/Blendensteuerung, 60 zur Gradationsaufzeichnung, 61 zur Verschlussauslösung und 62 zum Bildwanderungsausgleich hergestellt.

Die Funktion des erfindungsgemässen Steuergerätes wird im folgenden anhand des Grobablaufplanes in Fig. 5 näher erläutert. Dabei beschreibt der linke Strang die Aufgaben des Rechners 28, der rechte Strang die des Rechners 34. Nach dem Einschalten der Steuerung erfolgt das Einlesen und Abspeichern der Daten von Zeile 1 in einen Speicherbereich des Speicherbausteines 54. Anschliessend werden wiederum die Daten von Zeile 1 eingelesen und es läuft eine Routine zur Bestimmung der Belichtungswerte an. Die Einzelheiten dieser Routine sind nicht Gegenstand des vorliegenden Patents, es bietet sich jedoch an, aus einer Reihe von Daten der Zeile 1 die minimale und maximale Helligkeit zu bestimmen, aus diesen Werten und gegebenenfalls nach weiteren Zwischenwerten eine optimale Belichtung zu berechnen und unter Beachtung einer optimalen Blendeneinstellung die Belichtungszeit zu bestimmen, entsprechende Steuerimpulse zu bilden und an die Kammer abzugeben. Ausserdem ist es sinnvoll für eine maximale Ausnutzung des Informationsgehaltes des Filmes aus den Minima und Maxima der Helligkeit die optimale Filmgradation zu berechnen, wie das bereits im DD-Patent 156299 vorgeschlagen wurde. Da die Belichtungszeit vom gleichen Rechner bestimmt wird, lässt sich auch in einfacher Weise der Einfluss der Gradation auf die effektive Filmempfindlichkeit bei der Wahl Belichtungszeit realisieren. Diese Routine kann solange wiederholt werde, bis vom Rechner 34 ein Steuersignal zum Abarbeiten der nächsten Aufgabe kommt. Der Rechner 34 bestimmt während der Abarbeitung dieser Routine das Vg/hg-Verhältnis. Dazu werden die Daten der Zeile 30 eingelesen und abgespeichert. Der Rechner 34 vergleicht die beiden Datenreihen miteinander und bestimmt die Verschiebung des Bildes des Geländes auf der Projektionsfläche. Der Wert der Verschiebung wird mit dem Abstand der Zeilen 1 und 2 verglichen. Ist dieser Abstand noch nicht innerhalb eines gewissen Toleranzbereiches erreicht, so wird erneut die Zeile 30 ausgelesen und die Daten abgespeichert. Es ist am günstigsten, bei diesem Abspeichern die zuerst in den Speicher gebrachten Werte zu überschreiben und den Vergleich jeweils zwischen den letzten und vorletzten Datenreihen der Zeile 30 vorzunehmen, da in dieser Zeit die durch die Abdrift bedingten Veränderungen der Bilddaten gering sind und somit ein scharfes Extremum des Korrelationsfaktors beim Vergleich ersteht. Die festgestellten Verschiebungswerte werden aufaddiert und jeweils mit dem Abstand der Zeilen 1 und 2 verglichen. Wenn die Verschiebung innerhalb des Toleranzbereiches des Abstandes liegt, wird das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Luftbildkamera ausgegeben sowie das Steuersignal für den Rechner 28 erzeugt. Daraufhin wird die Zeile 2 eingelesen und mit den abgespeicherten Werten der Zeile 1 verglichen. Aus diesem Vergleich wird die Abdrift bestimmt und an die Abdriftkompensation der Luftbildkamera abgegeben. Solange die Steuerung noch eingeschaltet ist, beginnt jetzt der gesamte Zyklus von Neuem. Die Realisierung der Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden, so können z. B. mehr als die dargestellten 3 Photoempfängerzeilen vorgesehen sein, solange nur eine der dargestellten Lösung entsprechende Einteilung und Verarbeitung der Bilddaten erfolgt. Des weiteren ist es gleich, ob mit den Rechnern 28 und 34 nur die numerischen Werte für das Vg/hg-Verhältnis, Abdrift, Helligkeit, Blende, Belichtungszeit bestimmt werden oder ob sofort die notwendigen Steuerimpulse für die Luftbildkamera gebildet werden.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemässen Lösung besteht darin, dass durch plötzliche Kippungen des Flugzeuges um seine Längs- und Querachse bewirkte Verschiebungen des Geländeabbildes auf der Projektionsfläche 31 erkannt werden können und somit eine Verfälschung der Ergebnisse vermeidbar ist. Kippungen um die Längsachse zeigen sich in einer plötzlichen Verringerung des Korrelationsfaktors der Daten, der in Flugrichtung liegenden Zeile 30, während Kippungen um die Querachse plötzliche Änderungen des Vg/hg-Verhältnisses, welches dann sogar negativ werden kann, bewirken. Durch die «differentielle» Bestimmung des Vg/hg-Verhälnisses werden solche Änderungen erkannt und bei der Steuerung der Luftbildkamera berücksichtigt.

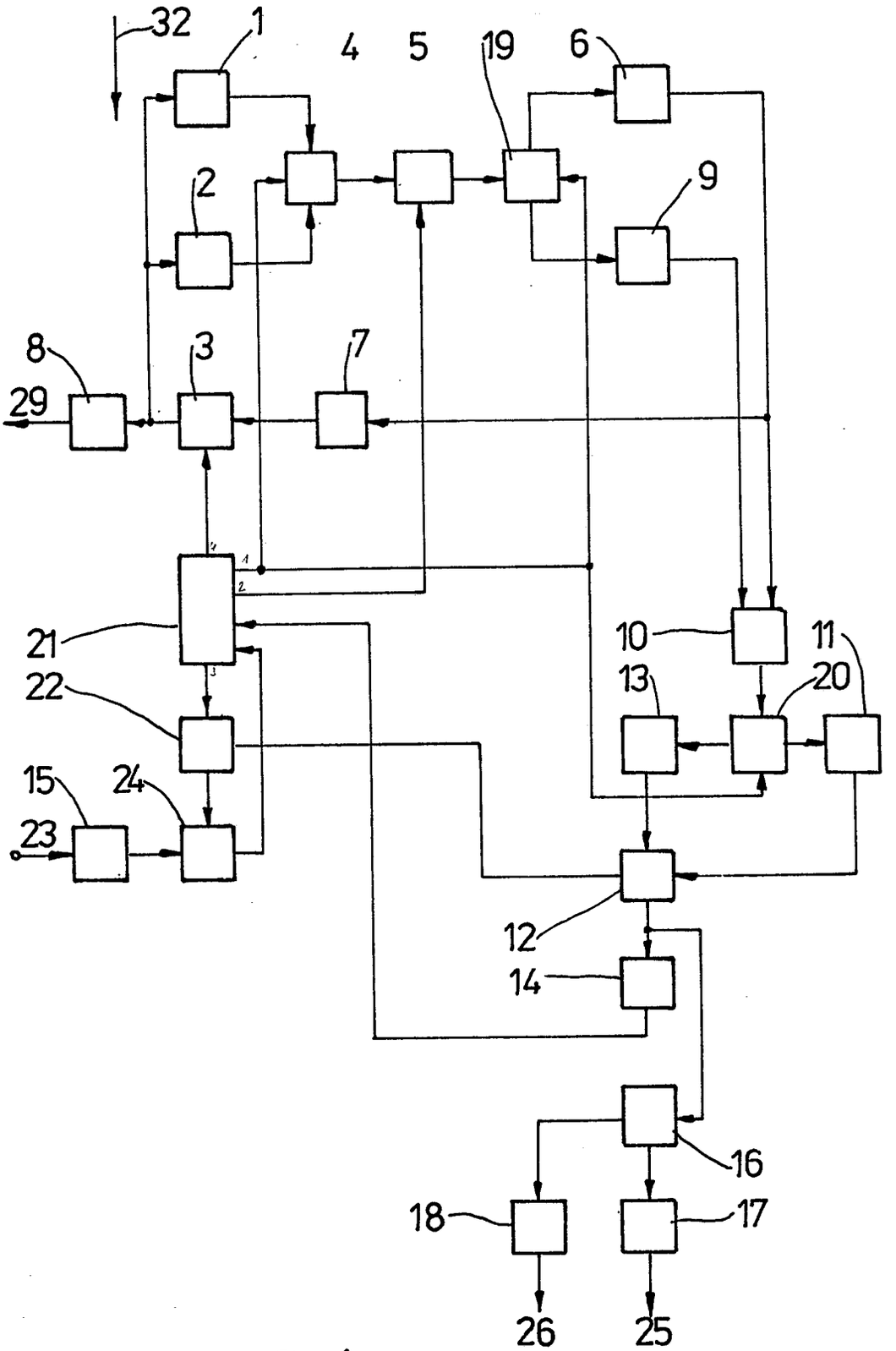


Fig.1

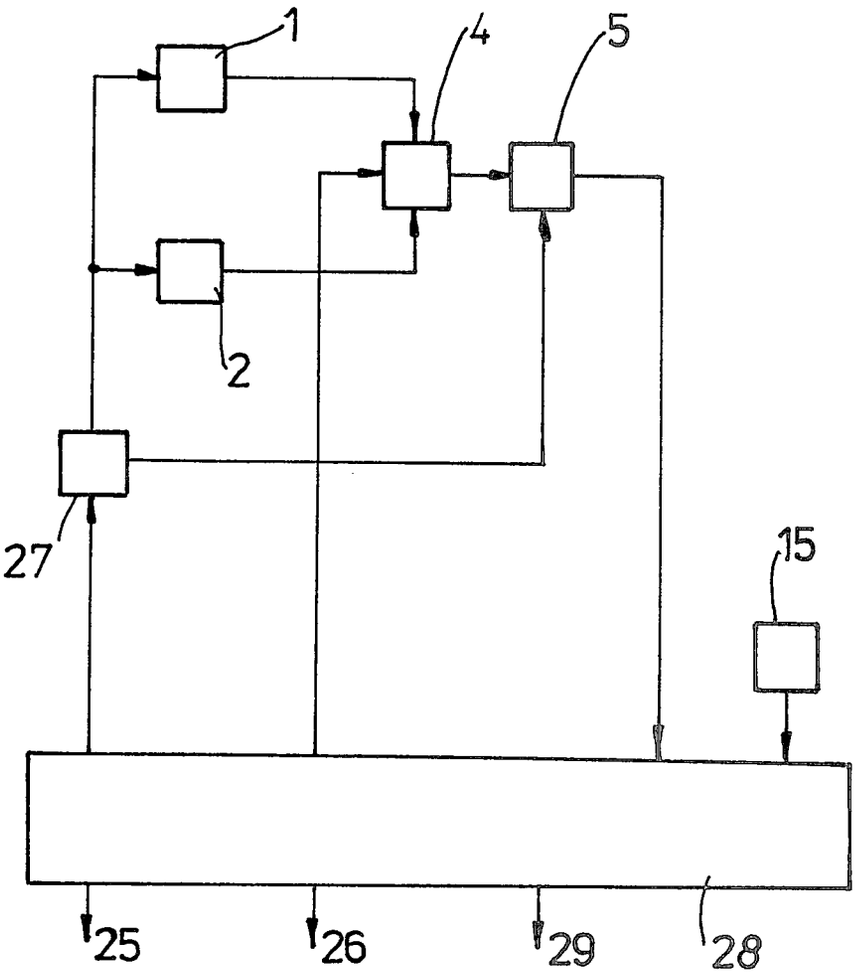


Fig. 2

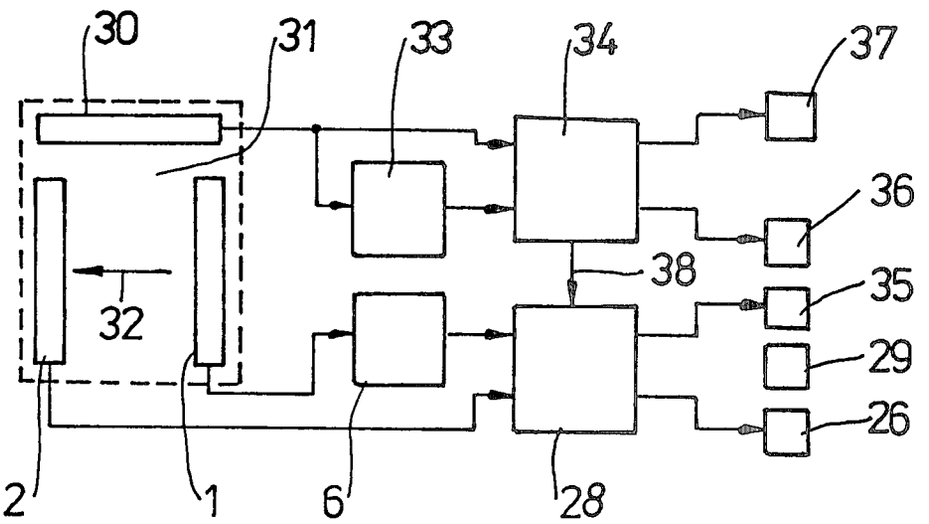


Fig. 3

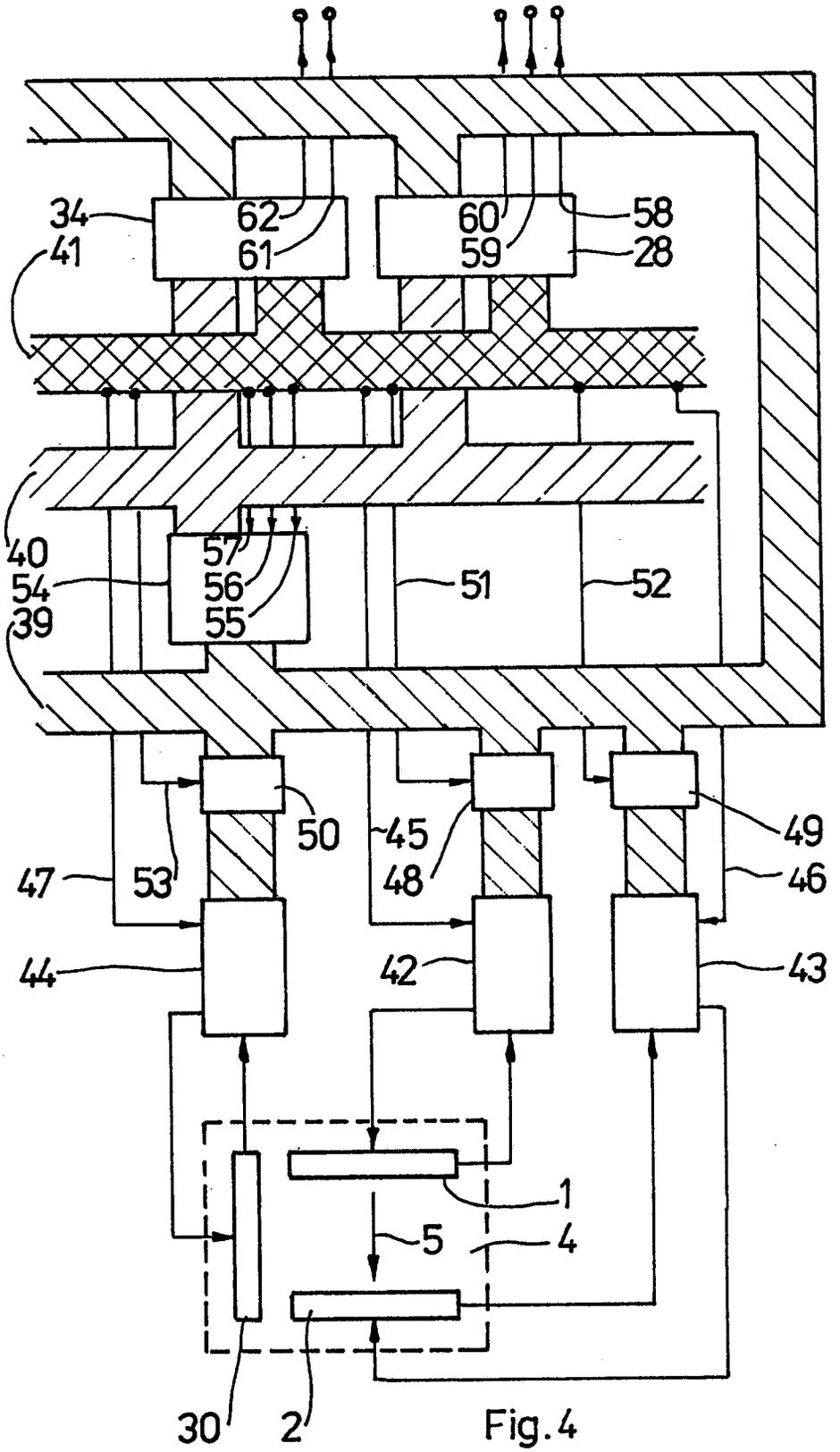

34
41
62
61
60
59
58
28
40
54
39
57
56
55
51
52
50
45
49
47
53
48
46
44
42
43
1
5
4
30
2

Fig. 4

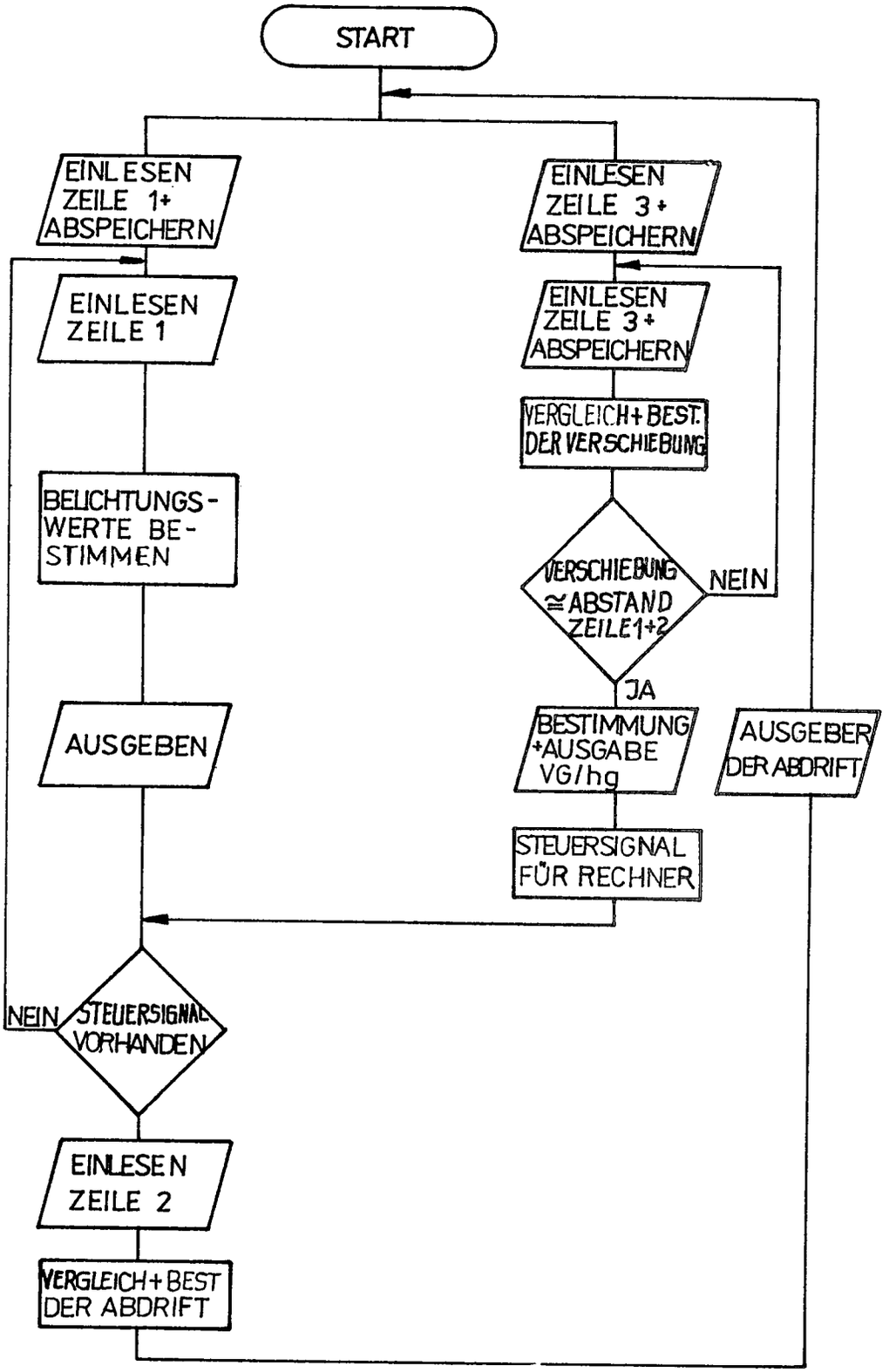

START
EINLESEN ZEILE 1+ ABSPEICHERN
EINLESEN ZEILE 1
BELICHTUNGS-WERTE BE-STIMMEN
AUSGEBEN
EINLESEN ZEILE 3+ ABSPEICHERN
EINLESEN ZEILE 3+ ABSPEICHERN
VERGLEICH+BEST. DER VERSCHIEBUNG
VERSCHIEBUNG ≅ABSTAND ZEILE1+2
NEIN
JA
BESTIMMUNG +AUSGABE VG/hg
STEUERSIGNAL FÜR RECHNER
AUSGEBER DER ABDRIFT
NEIN
STEUERSIGNAL VORHANDEN
EINLESEN ZEILE 2
VERGLEICH+BEST DER ABDRIFT

Fig.5

CH 667539 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 667 539 A5

(51) Int. Cl.[4]: G 03 B 17/38
G 03 B 9/58
G 03 B 37/04
G 01 C 11/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 2463/85

(22) Anmeldungsdatum: 11.06.1985

(30) Priorität(en): 14.06.1984 DD 264135

(24) Patent erteilt: 14.10.1988

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.10.1988

(73) Inhaber:
VEB Carl Zeiss Jena, Jena (DD)

(72) Erfinder:
Zeth, Ulrich, Jena (DD)
Rempke, Wilfried, Jena (DD)
Voigt, Klaus-Ditmar, Jena-Lobeda (DD)

(74) Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

(54) Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlussauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras.

(57) Ziel der Erfindung ist die genaue Einhaltung des eingestellten Längsüberdeckungsgrades, auch unter ungünstigen Aufnahmebedingungen. Aufgabe der Erfindung ist die Verhinderung einer unterschiedlichen zeitlichen Verzögerung zwischen der Auslösung des Verschlusses und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges zur Belichtung des photographischen Materials.

Erfindungsgemäss wird die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt, dass die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Verschlusses ist, eventuell auftretende Fehlbelichtungen werden durch entsprechende Veränderung der Blendeneinstellung verhindert.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlussauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras, welche mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung und einem Steuergerät ausgerüstet sind, wobei das Steuergerät aus dem Vg/hg-Verhältnis und dem eingestellten Überdeckungsgrad die Bildfolgezeit berechnet und zu den so bestimmten Zeitpunkten einen Auslösebefehl an die Luftbildaufnahmekamera abgibt und die automatische Belichtungszeit- und Blendensteuerung aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine optimale Belichtungszeit/Blendenkombination berechnet und an der Luftbildaufnahmekamera die Blende sowie durch entsprechende Regelung der Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses die Belichtungszeit einstellt, gekennzeichnet dadurch, dass die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt wird, dass die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Drehscheibenverschlusses ist und die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit minimal wird.

2. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlussauslösung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass die durch die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit entstehende Belichtungsänderung durch eine entsprechende Verstellung der Blende ausgeglichen wird.

3. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlussauslösung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass aus der Bildfolgezeit Δt_{BF} und dem der Belichtungszeit t_B entsprechenden Verschlussöffnungsintervall $\Delta t_{V\ddot{o}}$ der Quotient N,

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{V\ddot{o}}}$$

berechnet wird, dass der Wert von N auf die nächstliegende ganze Zahl N* gerundet wird, dass nach

$$\Delta t^{*}_{\ddot{o}} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*}$$

ein korrigiertes Verschlussöffnungsintervall $\Delta t^{*}_{\ddot{o}}$ berechnet wird, dass nach

$$t^{*}_{B} = t_B \cdot \frac{\Delta t^{*}_{\ddot{o}}}{\Delta t_{Vo}}$$

die realisierte Belichtungszeit t^{*}_{B} bestimmt wird, dass nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^{*}_{B}}{t_B}}$$

die korrigierte Blende K* berechnet und eingestellt wird, wobei K die von der Belichtungszeit/Blendensteuerung der Belichtungszeit t_B zugeordnete Blende ist und dass die Drehzahl der Drehscheiben entsprechend dem korrigierten Verschlussöffnungsintervall $\Delta t^{*}_{\ddot{o}}$ eingeregelt wird.

BESCHREIBUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlussauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Es ist bekannt, photogrammetrische Luftbildaufnahmekameras mit Drehscheibenverschlüssen auszurüsten, da diese sowohl sehr kurze Belichtungszeiten zulassen, als auch einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Bei diesen rotieren ständig mehrere Drehscheiben mit sektorförmigen Ausbrüchen, die in regelmässigen Abständen den Lichtweg freigeben, wobei die Belichtungszeit durch die Drehzahl der Drehscheiben bestimmt wird. Zur Verhinderung unerwünschter Belichtungen ist eine weitere Scheibe o.ä. vorgesehen, die den Lichtweg unterbricht oder freigibt, (DD-Erfindungsbeschreibungen 3912, 139 315).

Bei relativ langen Belichtungszeiten, wie sie insbesondere durch die Anwendung der Kompensation der Bildwanderung möglich sind und die damit verbundene relativ geringe Drehzahl der Drehscheiben verlängert sich auch die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Freigaben des Lichtweges durch die Ausbrüche der Drehscheiben, so dass zwischen der Auslösung der Belichtung und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges durch den Verschluss eine variable Zeitspanne vergeht, welche sich aus einem für alle Aufnahmen konstanten, zumeist mechanisch bedingten Anteil und einer von der aktuellen Stellung der Drehscheiben zueinander abhängigen und somit von Aufnahme zu Aufnahme verschiedenen Verzögerungszeit, die im ungünstigen Fall bis zu einer Sekunde betragen kann, zusammengesetzt.

Bei der Aufnahme von Bildreihen für Kartierungszwecke wird zur Einhaltung eines konstanten Überdeckungsgrades aufeinanderfolgender Bilder eine zeitlich konstante Folge von Belichtungsauslösungen (Bildfolgereihe, entspricht der Stereobasis bei der Auswertung) gefordert. Zur Realisierung dieses konstanten Überdeckungsgrades werden mit einem Steuergerät bzw. Überdeckungsregler (vergleiche DD-EB 113 809, DD-EB 116 517, DE-PS 1 009 916) das Verhältnis von Geschwindigkeit v_g zu Flughöhe h_g über Grund bestimmt und die dem gewünschten Überdeckungsgrad entsprechenden Impulse für die Auslösung der Belichtung an die Luftbildaufnahmekamera gegeben.

Da aus den eben geschilderten Gründen zwischen dem Auslösebefehl und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges von Aufnahme zu Aufnahme eine unterschiedlich lange Zeit vergeht, kann es bei minimaler Bildfolgezeit (ca. 1,5 s) zu Fehlern in der Längsüberdeckung bis zu 50% der stereoskopischen Basis kommen. Für eine korrekte Auswertbarkeit der Luftbilder ist jedoch die Einhaltung des vorgegebenen Längsüberdekkungsgrades mit einer Toleranz von nur wenigen Prozenten notwendig.

Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Luftbildaufnahmekameras, insbesondere die Ermöglichung der genauen Einhaltung der Längsüberdeckungsgrades auch unter ungünstigen Bedingungen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Verhinderung einer unterschiedlichen zeitlichen Verzögerung zwischen der Auslösung des Verschlusses und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges zur Belichtung des photografischen Materials in aufeinanderfolgenden Aufnahmen.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlussauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras, welche mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung und einem Steuergeät ausgerüstet sind, wobei das Steuergerät aus dem V_g/h_g-Verhältnis und dem eingestellten Überdeckungsgrad die Bildfolgezeit berechnet und zu den so bestimmten Zeitpunkten einen Auslösebefehl an die Luftbildaufnahmekamera abgibt und die automatische Belichtungszeit- und Blendensteuerung aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine optimale Belichtungszeit/Blendenkombination berechnet und an der Luftbildaufnahmekamera die Blende sowie durch entsprechende Regelung der Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses die Belichtungszeit einstellt, gelöst, bei dem die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt wird, dass die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Drehscheibenverschlusses ist und die Differenz

zwischen der vogegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit minimal wird.

Vorteilhafterweise wird dabei die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit entstehende Belichtungsänderung durch eine entsprechende Verstellung der Blende ausgeglichen.

Zur Realisierung des Verfahrens wird vorzugsweise aus der Bildfolgezeit Δt_{BF} und dem der Belichtungszeit t_B entsprechenden Verschlussöffnungsintervall $\Delta t_{V\ddot{o}}$ der Quotient N

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{V\ddot{o}}}$$

berechnet, der Wert von N auf die nächstliegende ganze Zahl N* gerundet, nach

$$\Delta t^{*}_{V\ddot{o}} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*}$$

ein korrigiertes Verschlussöffnungsintervall $\Delta t^{*}_{V\ddot{o}}$ berechnet, nach

$$t^{*}_{B} = t_B \cdot \frac{\Delta t^{*}_{V\ddot{o}}}{\Delta t_{V\ddot{o}}}$$

die realisierte Belichtungszeit t^{*}_{B} bestimmt und nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^{*}_{B}}{t_B}}$$

die korrigierte Blende K* berechnet und eingestellt, wobei K die von der Belichtungszeit/Blendensteuerung der Belichtungszeit t_B zugeordnete Blende ist und die Drehzahl der Drehscheiben entsprechend dem korrigierten Verschlussöffnungsintervall $\Delta t^{*}_{V\ddot{o}}$ eingeregelt.

Da das erfindungsgemässe Verfahren eine Verkopplung der Drehzahlen der Drehscheiben des Verschlusses und damit der möglichen Verschlussöffnungszeitpunkte mit der Überdekkungsregelung realisiert, erfolgt die Freigabe des Lichtweges jeweils zu den von der Überdeckungsregelung geforderten Zeitpunkten, damit wird die eingestellte Längsüberdeckung exakt eingehalten. Eventuell hervorgerufene Fehlbelichtungen können über eine Veränderung der Blendenstellung oder in anderer geeigneter Weise ausgeglichen werden.

Eine Luftbildaufnahmekamera verfügt zur Herstellung von Reihenaufnahmen über eine Einrichtung zur Ermittlung des Verhältnisses von Geschwindigkeit v_g zur Flughöhe h_g über Grund. Aus diesen Werten sowie der Kammerkonstante c_k, der Bildformatgrösse s' und dem vorgegebenen Längsüberdeckungsgrad p_{soll} wird von dem Steuergerät nach

$$\Delta t_{BF} = \frac{h_g}{v_g} \cdot \frac{s'}{c_k} \cdot \left(1 - \frac{P_{soll}}{100}\right) \qquad (1)$$

die Bildfolgezeit Δt_{BF} berechnet. Weiterhin besitzt die Kamera eine Einrichtung zur Belichtungsmessung und -regelung. Die Belichtungszeit t_B ergibt sich nach

$$t_B = \frac{K^2 \cdot c_R \cdot 10^{\frac{-x}{10}}}{E} \qquad (2)$$

aus der Beleuchtungsstärke E auf dem lichtempfindlichen Sensor, der vorgegebenen Filmempfindlichkeit x (in DIN) und dem vorgegebenen Blendenwert K sowie einer Eichkonstante c_R. Zur Realisierung der Belichtungszeit wird den Verschlussdrehscheiben eine bestimmte Drehzahl zugeordnet, aus der das Verschlussöffnungsintervall $\Delta t_{V\ddot{o}}$ resultiert.

Der Quotient N aus dem Bildfolgeintervall Δt_{BF} und dem Verschlussöffnungsintervall $\Delta t_{V\ddot{o}}$

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{V\ddot{o}}} \qquad (3)$$

wird auf die nächstliegende ganze Zahl N* gerundet und nach

$$\Delta t^{*}_{V\ddot{o}} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*} \qquad (4)$$

ein korrigiertes Verschlussöffnungsintervall $\Delta t^{*}_{V\ddot{o}}$ berechnet. Die Drehzahl der Drehscheiben wird entsprechend dem korrigierten Verschlussöffnungsintervall $\Delta t^{*}_{V\ddot{o}}$ eingeregelt, wodurch gesichert ist, dass der Zeitpunkt der Auslösung des Verschlusses durch das Steuergerät einen konstanten zeitlichen Abstand zum möglichen Belichtungszeitpunkt besitzt und somit keine Verfälschung des Längsüberdeckungsgrades der Aufnahmen eintritt.

Da durch die Korrektur der Drehzahl der Drehscheiben die vorgegebene Belichtungszeit t_B nicht mit der tatsächlich realisierten Belichtungszeit

$$t^{*}_{B} = t_B \cdot \frac{\Delta t^{*}_{V\ddot{o}}}{\Delta t_{V\ddot{o}}} \qquad (5)$$

übereinstimmt, wird nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^{*}_{B}}{t_B}} \qquad (6)$$

eine korrigierte Blende berechnet und eingestellt, wodurch die richtige Belichtung des photographischen Materials gesichert wird.

Das erfindungsgemässe Verfahren wird durch eine entsprechende Programmierung des Steuerrechners, über den eine moderne Luftbildaufnahmekamera (z.B. LMK aus Jena) an sich schon verfügt, realisiert. Dieser Steuerrechner weist auch die notwendigen Verbindungen zur Belichtungszeit/Blendensteuerung und zum Überdeckungsregler auf.

Die Realisierung der Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden, so kann zum Beispiel in bestimmten Fällen auf die Korrektur der Fehlbelichtungen verzichtet werden oder diese Korrektur in einer anderen Art und Weise als der dargestellten erfolgen.

Bei einer Erhöhung des Regelungsaufwandes ist es auch möglich, neben der variablen Belichtungszeit auch noch den konstanten Anteil der Zeitspanne zwischen Auslösung des Verschlusses und tatsächlicher Belichtung zu Null zu machen, so dass die Aufnahmen exakt bei Auslösung belichtet werden, für übliche Reihenaufnahmen reicht jedoch die Einhaltung einer für jede Aufnahme konstanten Zeitspanne, wie sie das beschriebene Ausführungsbeispiel sichert, aus.

CH 689 499 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 689 499 A5

(51) Int. Cl.[6]: G 09 B 029/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 01732/96

(22) Anmeldungsdatum: 08.07.1996

(24) Patent erteilt: 14.05.1999

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.05.1999

(73) Inhaber:
Symplan Map AG, Schlössli Schönegg, Wilhelmshöhe, 6003 Luzern (CH)

(72) Erfinder:
Bruno Muff, Rankhofstrasse 12, 6006 Luzern (CH)
Stefan Muff, St. Niklausenstrasse 93, 6047 Kastanienbaum (CH)

(54) Verfahren zur Visualisierung von flächigen, linearen und punktuellen Informationen auf der Basis eines lagegenauen und entzerrten Luftbildes (Orthophoto).

(57) Bis zum heutigen Zeitpunkt stehen einem Ausflügler, Wanderer etc. nur Kartenmaterial auf der Basis der offiziellen Landkarten der Schweizerischen Landestopografie zur Verfügung. Modernste Computer-Technologie macht es nun möglich, dass auf grössere Landesflächen entzerrte Luftbilder lagegenau dargestellt werden können. Durch die Kombination derartig bearbeiteter lagegenauen Luftbilder und verschiedensten digital und herkömmlich aufbereiteten Informationen entsteht eine neue, bis heute nicht herstellbare, Ausflugskarte.

Derartige Luftbildkarten sind im Rahmen der Erfindung weit definiert. Es können unterschiedlichste Informationen für verschiedenste Anwendungen optimal mittels Luftbildkarten kommuniziert werden.

Beschreibung

Stand der Technik

Bis heute stehen dem Wanderer, Ausflügler, Erholungssuchenden, generell dem sich im Gelände Bewegenden nur die herkömmlichen Kartengrundlagen zur Verfügung. Diese basieren auf den generalisierten offiziellen Landeskarten der schweizerischen Landestopografie. Sämtliche Informationen sind je nach Massstab stark bis sehr stark generalisiert und vereinfacht. Für den nicht geübten Kartenleser stellen solche handelsüblichen Kartengrundlagen erhebliche Schwierigkeiten zur Orientierung im Gelände dar. Umfragen zeigen immer wieder auf, dass ein Grossteil der Bevölkerung nicht oder nur wenig kartenkundig ist.

Seit der ersten offiziellen Kartenausgabe der Schweiz hat sich nichts Wesentliches an der Art der Visualisierung und im Design geändert. Hie und da wurden an der graphischen Gestaltung leichte Anpassungen vorgenommen und die generalisierten Karten der aktuellen Situation angepasst. Das Problem der vereinfachten Orientierungsmöglichkeit in Form von Karten anhand genauerer und auf den realen (natürlichen) Gegebenheiten basierenden Karten ist bis heute nicht gelöst.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur besseren Lesbar- und Interpretierbarkeit von Landkarten zu entwickeln, das den interessierten Personen einen leichteren Zugang zu Informationen im Gelände ermöglicht.

Gemäss der Erfindung besteht die Lösung darin, dass sämtliche wichtigen und interessanten Gegebenheiten und Informationen auf der Basis eines aktuellen und lagegenauen (entzerrten) realen Luftbildes basieren. Die Hauptinformationen wie landschaftliche Strukturen, naturräumliche Gegebenheiten, Formen und Farben sind real und natürlich in einem farbigen Luftbild ersichtlich. Auf dieses werden verschiedene Elemente wie Wanderwege, Bahnen, Radwege, Höhenlinien, Naturschutzgebiete, Feuerstellen, Hotels, Restaurants, Aussichtspunkte und vieles mehr in unterschiedlichen Farben, Formen und Logos dargestellt. Der Benutzer einer solchen Luftbildkarte kann so schneller als mit herkömmlichen Karten einen genauen Überblick über ein bestimmtes Gebiet erhalten.

Luftbildkarten sind im Rahmen der Erfindung weit definiert. Es können unterschiedlichste Informationen für verschiedenste Anwendungen optimal mittels Luftbildkarten kommuniziert werden.

Das Endprodukt, welches durch das im Patentanspruch gestellte Verfahren entsteht, ist eine Luftbildkarte. Diese beschreiben wir hiermit ausführlich.

Die Basis, um das Verfahren anzuwenden, bildet ein Luftbild oder ein sogenanntes Orthophoto, ein entzerrtes, lagegenaues Bild einer Stadt, einer Umgebung oder einer Landschaft. Das Luftbild ist senkrecht aufgenommen, zusammengefügt und bildbearbeitet.

Luftbilder zeigen eine Umgebung, Ortschaften und/oder Städte aus der Vogelperspektive, ganz real. Dank diesen senkrechten, farbigen Fotografien aus der Luft erkennt man Häuser, Flüsse, Wälder, Berge, Parks, Bahntrassen oder Flughäfen und vieles mehr.

Das Verfahren, verschiedenste flächige, lineare und punktuelle Informationen auf den Luftbildern anzubringen, ist einzigartig und macht diese entzerrten Fotografien zu einmaligen Karten = Luftbildkarten. Diese bestechen durch ihre Lesbarkeit und optische Wirkung. Es sind Karten auf dem allerneuesten Stand der Kartographie und Technologie.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Die Luftbildkarten können sowohl nach herkömmlichen Methoden der Handkartographie aber auch mit Hilfe von digital verfügbaren Daten erstellt werden.

Patentanspruch

Verfahren zur besseren Lesbarkeit von Karten auf der Basis von Luftbildern, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedenste flächige, lineare und punktuelle Informationen auf der Grundlage eines entzerrten und lagegenauen Luftbildes, eines sogenannten Orthophotos, dargestellt werden, indem das lagegenaue Luftbild mit digitaler und/oder gedruckter Zusatzinformation kombiniert wird.

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) **Wirtschaftspatent**

(19) **DD** (11) **221 264 A1**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) **G 01 C 11/02**

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 C / 254 568 4 (22) 06.09.83 (44) 17.04.85

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD
(72) Mehlhorn, Jürgen, Dipl.-Math.; Töpert, Harry, Dipl.-Ing.; Lichtenauer, Gert, DD

(54) Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen bei Luftbildkammern

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen bei Luftbildkammern, mit der eine Koordinierung des Auslösezeitpunktes von Einzelaufnahmen während des Reihenaufnahmezyklusses ermöglicht wird. Mit einer erfindungsgemäßen Anordnung ist es möglich, zusätzliche Einzelaufnahmen im Reihenaufnahmeregime auszulösen, ohne dabei den vorgewählten Überdeckungsgrad zu verändern. Eine Sollimpulszähleinrichtung zählt eine von einem Überdeckungsgradgeber bestimmte Anzahl von Impulsen einer von einem Impulsgeber gelieferten Impulsfolge. Eine Startstopimpulszähleinrichtung liefert in Auswertung der Impulsfolge ein Signal, das gekennzeichnet ist durch eine Anzahl von Impulsen pro Zeiteinheit. Ein Quotientenbildner, der der Startstopimpulszähleinrichtung nachgeschaltet ist und eine Verbindung zur Sollimpulszähleinrichtung aufweist, liefert als Ausgangssignal einem nachgeordneten Kamerazykluszeitvergleicher die Zeit, die noch vergehen wird bevor die Sollimpulszähleinrichtung ein Reihenaufnahmeauslöseimpuls erzeugt. Durch Differenzbildung der Kamerazykluszeit mit dem Ausgangssignal wird bei größer oder gleich Null ein Signal erzeugt, mit dem ein elektronischer Schalter geöffnet wird, so daß keine Einzelaufnahme im Reihenaufnahmeregime ausgelöst werden kann. Fig. 1

ISSN 0433-6461

9 Seiten

Titel der Erfindung

Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen bei Luftbildkammern

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen bei Luftbildkammern, mit der eine Koordinierung des Auslösezeitpunktes von Einzelaufnahmen während des Reihenaufnahmezyklusses erreicht werden kann.
Über diesen Einsatzfall hinaus ist der allgemeine Einsatz in elektromechanischen Steuereinrichtungen möglich, in denen in Abhängigkeit vom Auslösezeitpunkt, der Lage oder Stellung des einen mechanischen Systems ein anderes System ausgelöst werden soll.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

In Luftbildkammern, die in Flugzeugen, Satelliten, Raumflugkörpern o. ä. eingesetzt werden, kommen Anordnungen zur Aufnahmeauslösung zur Anwendung, die das Herstellen von Reihenaufnahmen mit Überdeckungsgrad und Einzelaufnahmen gestatten. Grundsätzlich gehen die bekannten Arbeitsprinzipien davon aus, daß während des einmal gewählten Arbeitsregimes das zweite Regime nicht genutzt wird.

In Luftbildkammern und klassischen Fotoapparaten sind Anordnungen bekannt, die den Auslösezeitpunkt des Verschlusses kontrollieren.
So wird z. B. in der DE-OS 29 37092 eine Sicherheitseinrichtung für eine Kamera beschrieben, die garantiert, daß ein zweiter Auslösevorgang verhindert wird, wenn der erste noch nicht beendet ist. In der Firmenschrift der Firma Wild/Heerbrugg zur Universal-Filmkamera RC10 wird ein Prinzip zur Zyklusanzeige dargestellt, die eine Übersicht über das Zeitintervall zwischen den Reihenaufnahmen gibt, jedoch keine Sicherheitsschaltung zur unbedingten Einhaltung dieses Zeitintervalls bei eingeschobenen Einzelaufnahmen garantiert.
Diese bekannten Anordnungen und Einrichtungen sind nicht zur Überwachung des zeitlichen Bildabstandes von Reihenaufnahmen geeignet und erlauben keine Synchronisation zusätzlicher Einzelaufnahmen ohne mögliche Beeinflussung des Reihenaufnahmeregimes, weil die mögliche unbestimmte Zeit zwischen dem Auslösezeitpunkt der ersten Aufnahme und der nächsten nicht überwacht wird.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, mit geringstem Aufwand das exakte Einhalten der vorgewählten Bildüberdeckung von Reihenaufnahmen zu garantieren, wobei es möglich sein soll im Zyklus der Reihenaufnahme zusätzliche Einzelaufnahmen auszulösen.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung für die Koordinierung und Überwachung der voneinander zeitlich unabhängig ablaufenden Funktionen zur Bildung von

Reihenaufnahmen mit Überdeckung und Einzelaufnahmen, die während des Reihenaufnahmeregimes zusätzlich ausgelöst werden sollen, zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen bei Luftbildkammern mit einem Startgeber für Reihenaufnahmen, einem Startgeber für Einzelaufnahmen und einer Sollimpulszähleinrichtung zur Erzeugung eines Reihenaufnahmeauslösesignals, die sämtlich mit einer Aufnahmeauslöseschaltung verknüpft sind, wobei der Sollimpulszähleinrichtung ein Überdeckungsgradgeber und ein Impulsgeber, deren gelieferte Impulsfolge eine Funktion von Höhe und Geschwindigkeit des Flugkörpers darstellt, vorgeschalten sind dadurch gelöst, daß ein elektronischer Sperrschalter mit Auslöseeingang im Signalweg zwischen dem Startgeber für Einzelaufnahmen und der Aufnahmeauslöseschaltung vorhanden ist, daß zwischen dem Impulsgeber und dem Auslöseeingang des elektronischen Sperrschalters nacheinander eine Startstopimpulszähleinrichtung zur Erzeugung einer Anzahl von gezählten Impulsen bezüglich einer Zeitbasis, ein Quotientenbildner und ein Kamerazykluszeitvergleicher vorhanden sind, und daß eine Verbindung zwischen der Sollimpulszähleinrichtung zur Übermittlung der Anzahl der noch zu zählenden Impulse bis zur Erzeugung des Reihenaufnahmeauslösesignals und dem Quotientenbildner vorhanden ist. Eine besonders einfache Ausgestaltungsmöglichkeit der Startstopimpulszähleinrichtung besteht darin, daß sie aus einer Zähleinrichtung und einer Zählsteuerlogik, der ein Zeitbasisgeber vorgeschaltet ist, besteht, wobei die Zählsteuerlogik mit der Zähleinrichtung rückgekoppelt ist. Von besonderem Vorteil kann es sich erweisen, wenn der Kamerazykluszeitvergleicher zum Zwecke der Signalgewinnung mit den die Kamerazykluszeit bestimmenden Einheiten verbunden ist. Der wesentliche Vorteil der Erfindung besteht darin, daß mit geringstem Aufwand das exakte Einhalten der vorgewählten Bildüberdeckung von Reihenaufnahmen garantiert wird, wobei es möglich ist, im Zyklus der Reihenaufnahme zusätzliche Einzelaufnahmen auszulösen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert werden. In der dazugehörigen Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen bei Luftbildkammern.

Gemäß Fig. 1 ist eine Aufnahmeauslöseschaltung 1 dargestellt, die über eine Sollimpulszähleinrichtung 2 mit einem Überdeckungsgradgeber 3 und einem Impulsgeber 4, über einen elektronischen Schalter 5 mit Auslöseeingang, mit einem Startgeber für Einzelaufnahmen 6 und mit einem Startgeber für Reihenaufnahmen 7 verbunden ist.
Weiterhin ist im Signalweg zwischen dem Impulsgeber 4 und dem Auslöseeingang des elektronischen Schalters 5 nacheinander eine Zähleinrichtung 8, eine Zählsteuerlogik 9, die mit der Zähleinrichtung 8 rückgekoppelt ist, ein Quotientenbildner 10 und ein Kamerazykluszeitvergleicher 11 angeordnet. Darüberhinaus ist der Zählsteuerlogik 9 ein Zeitbasisgeber 12 vorgeschaltet und die Sollimpulszähleinrichtung 2 weist eine Verbindung zum Quotientenbildner 10 auf.
Vom Impulsgeber 4 wird eine Impulsfolge geliefert, die eine Funktion von Höhe und Geschwindigkeit des Flugkörpers, in dem die Luftbildkammer installiert ist, darstellt. D. h. bei hoher Geschwindigkeit bzw. niedriger Höhe wird eine Impulsfolge mit hoher Impulsfrequenz vom Impulsgeber 4 geliefert und im umgekehrten Fall eine Impulsfolge mit niedriger Impulsfrequenz. Mit dem Überdeckungsgradgeber 3 wird der gewünschte Überdeckungsgrad bei Reihenaufnahmen eingestellt. Das bedeutet, daß der Sollimpulszähleinrichtung 2 die Anzahl der zu zählenden Impulse der Impulsfolge, die an einem Eingang der Sollimpulszähleinrichtung 2 anliegt, mitgeteilt wird. Nach Ablauf der zu zählenden Impulse wird durch die Sollimpulszähleinrichtung 2 ein Reihenaufnahmeauslösesignal erzeugt und an die Aufnahmeauslöseeinrichtung 1 weitergeleitet. Danach wird eine Reihenaufnahme ausgeführt, falls das Reihenaufnahmeregime durch den Startgeber für Reihenaufnahme 7 eingestellt wurde.

Durch die Zähleinrichtung 8 wird eine Zählung der Impulse der Impulsfolge, die an der Zähleinrichtung 8 anliegt, vorgenommen. Der Zeitbasisgeber 12 liefert der Zählsteuerlogik 9 nach Ablauf einer definierten Zeit einen Impuls, der die Zählsteuerlogik 9 veranlaßt, den momentanen Zählerstand von der Zähleinrichtung 8 zu übernehmen. Gleichzeitig wird die Zähleinrichtung über die Rückkopplung zurückgesetzt und beginnt von neuem zu zählen. Das Signal, das somit am Ausgang der Zählsteuerlogik 9 anliegt und dem Quotientenbildner 10 zugeführt wird, ist Ausdruck dafür, wieviel Impulse pro Zeiteinheit gezählt werden. Von der Sollimpulszähleinrichtung 2 erhält der Quotientenbildner 10 über einen zweiten Eingang die Information der noch zu zählenden Impulse bevor ein Reihenaufnahmeauslösesignal erzeugt wird. Durch die Informationen über die Anzahl der noch zu zählenden Impulse und der Anzahl von Impulsen pro Zeiteinheit ermittelt der Quotientenbildner 10 die Zeit die noch notwendig sein wird, um die noch zu zählenden Impulse abzuarbeiten. Im Kamerazykluszeitvergleicher 11 ist die Zeit gespeichert, die maximal notwendig ist, um eine Aufnahme (d. h. Kamerazykluszeit) auszuführen. Zwischen diesem Signal und dem von dem Quotientenbildner 10 angebotenen Signal wird die Differenz gebildet und falls sie kleiner oder gleich Null ist wird ein Signal erzeugt und dem Auslöseeingang des elektronischen Schalters 5 zugeführt. Der elektronische Schalter 5 öffnet sich und selbst bei Betätigung des Startgebers für Einzelaufnahme 6 wird keine Einzelaufnahme mehr ausgelöst, da sonst der Überdeckungsgrad der Reihenaufnahme nicht mehr gewährleistet ist. Zur weiteren Optimierung des letztmöglichen Zeitpunktes einer Auslösung einer Einzelaufnahme im Reihenaufnahmeregime erweist es sich als günstig, wenn in dem Kamerazykluszeitvergleicher 11 nicht die maximale Kamerazykluszeit gespeichert ist, sondern wenn der Kamerazykluszeitvergleicher 11 Verbindungen zu sämtlichen den Kamerazyklus beeinflussenden Einheiten aufweist. Somit kann die tatsächlich eingestellte Kamerazykluszeit als Vergleichsgröße herangezogen werden.

Erfindungsanspruch

1. Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen bei Luftbildkammern mit einem Startgeber für Reihenaufnahmen, einem Startgeber für Einzelaufnahmen und einer Sollimpulszähleinrichtung zur Erzeugung eines Reihenaufnahmeauslösesignals, die sämtlich mit einer Aufnahmeauslöseschaltung verknüpft sind, wobei der Sollimpulszähleinrichtung ein Überdeckungsgradgeber und ein Impulsgeber, deren gelieferte Impulsfolge eine Funktion von Höhe und Geschwindigkeit des Flugkörpers darstellt, vorgeschalten sind, gekennzeichnet dadurch, daß ein elektronischer Sperrschalter mit Auslöseeingang im Signalweg zwischen dem Startgeber für Einzelaufnahmen und der Aufnahmeauslöseschaltung vorhanden ist, daß zwischen dem Impulsgeber und dem Auslöseeingang des elektronischen Sperrschalters nacheinander eine Startstopimpulszähleinrichtung zur Erzeugung einer Anzahl von gezählten Impulsen bezüglich einer Zeitbasis, ein Quotientenbildner und ein Kamerazykluszeitvergleicher vorhanden sind, und daß eine Verbindung zwischen der Sollimpulszähleinrichtung zur Übermittlung der Anzahl der noch zu zählenden Impulse bis zur Erzeugung des Reihenaufnahmeauslösesignals und dem Quotientenbildner vorhanden ist.

2. Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Startstopimpulszähleinrichtung aus einer Zähleinrichtung und einer Zählsteuerlogik, der ein Zeitbasisgeber vorgeschaltet ist, besteht, wobei die Zählsteuerlogik mit der Zähleinrichtung rückgekoppelt ist.

3. Anordnung zur Überwachung von Reihenaufnahmen nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß der Kamerazykluszeitvergleicher zum Zweck der Signalgewinnung mit den die Kamerazykluszeit bestimmenden Einheiten verbunden ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

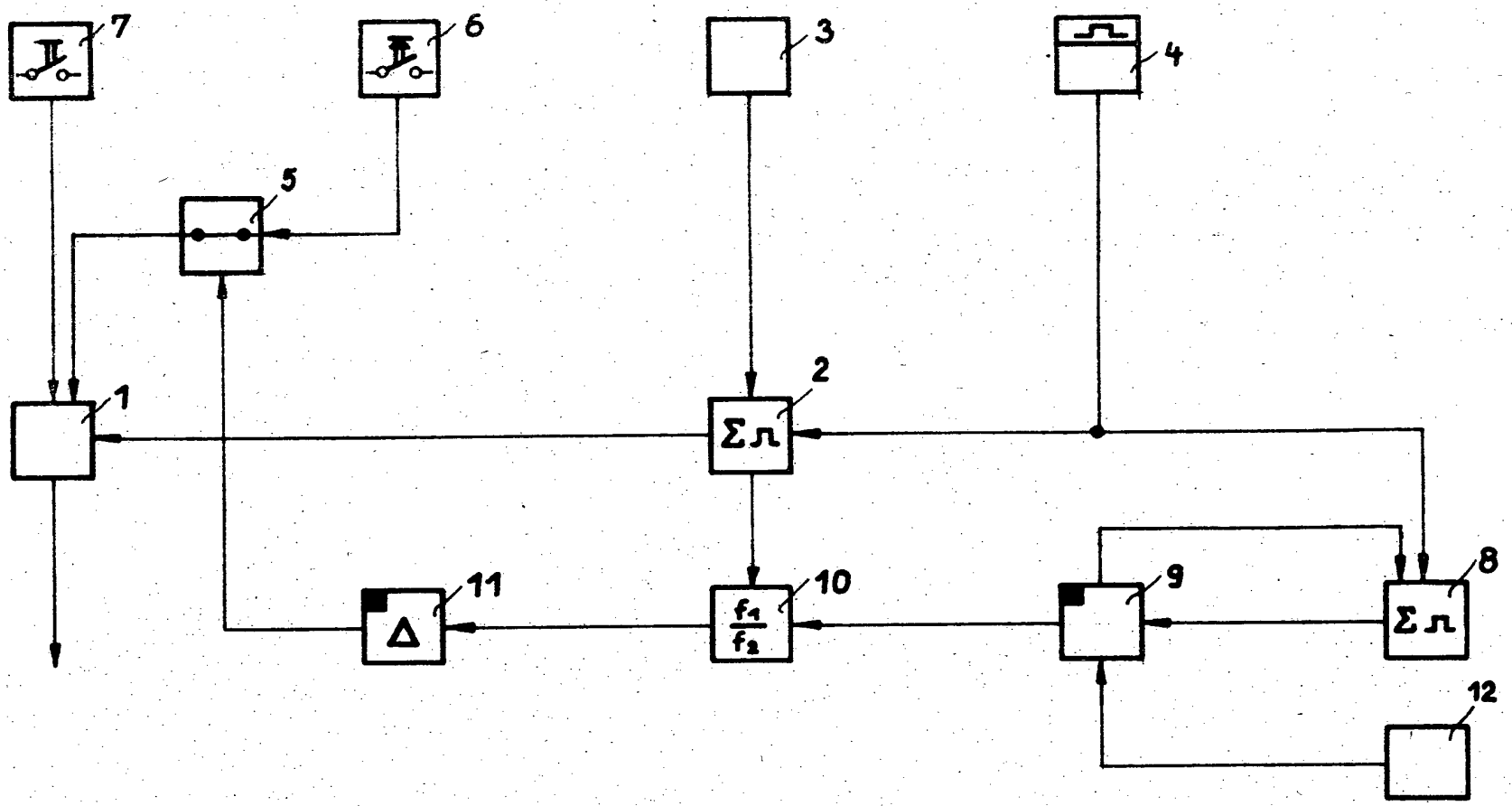


Fig.1

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) **Wirtschaftspatent**

(19) **DD** (11) **225 515 A1**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) **G 03 B 9/00**

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 03 B / 264 135 4	(22)	14.06.84	(44)	31.07.85

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD
(72) Zeth, Ulrich; Rempke, Wilfried, Dr.-Ing.; Voigt, Klaus-Ditmar, Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras. Ziel der Erfindung ist die genaue Einhaltung des eingestellten Längsüberdeckungsgrades, auch unter ungünstigen Aufnahmebedingungen. Aufgabe der Erfindung ist die Verhinderung einer unterschiedlichen zeitlichen Verzögerung zwischen der Auslösung des Verschlusses und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges zur Belichtung des photographischen Materials. Erfindungsgemäß wird die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt, daß die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Verschlusses ist, eventuell auftretende Fehlbelichtungen werden durch entsprechende Veränderung der Blendeneinstellung verhindert.

ISSN 0433-6461

10 Seiten

Titel der Erfindung:

Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung ist anwendbar in photogrammetrischen Luftbildkameras, insbesondere zur Anfertigung von Luftbildreihenaufnahmen mit konstantem Überdeckungsgrad aufeinanderfolgender Bilder.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Es ist bekannt, photogrammetrische Luftbildaufnahmekameras mit Drehscheibenverschlüssen auszurüsten, da diese sowohl sehr kurze Belichtungszeiten zulassen, als auch einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Bei diesen rotieren ständig mehrere Drehscheiben mit sektorförmigen Ausbrüchen, die in regelmäßigen Abständen den Lichtweg freigeben, wobei die Belichtungszeit durch die Drehzahl der Drehscheiben bestimmt wird. Zur Verhinderung unerwünschter Belichtungen ist eine weitere Scheibe o. ä. vorgesehen, die den Lichtweg unterbricht oder freigibt. (DD-Erfindungsbeschreibungen 3912, 139 315)

14 JUN 1994 * 178292

Bei relativ langen Belichtungszeiten, wie sie insbesondere durch die Anwendung der Kompensation der Bildwanderung möglich sind und der damit verbundenen relativ geringen Drehzahl der Drehscheiben verlängert sich auch die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Freigaben des Lichtweges durch die Ausbrüche der Drehscheiben, so daß zwischen der Auslösung der Belichtung und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges durch den Verschluß eine variable Zeitspanne vergeht, welche sich aus einem für alle Aufnahmen konstanten, zumeist mechanisch bedingten Anteil und einer von der aktuellen Stellung der Drehscheiben zueinander abhängigen und somit von Aufnahme zu Aufnahme verschiedenen Verzögerungszeit, die im ungünstigen Fall bis zu einer Sekunde betragen kann, zusammensetzt.

Bei der Aufnahme von Bildreihen für Kartierungszwecke wird zur Einhaltung eines konstanten Überdeckungsgrades aufeinanderfolgender Bilder eine zeitlich konstante Folge von Belichtungsauslösungen (Bildfolgereihe, entspricht der Stereobasis bei der Auswertung) gefordert. Zur Realisierung dieses konstanten Überdeckungsgrades werden mit einem Steuergerät bzw. Überdeckungsregler (vergleiche DD-EB 113 809, DD-EB 116 517, DE-PS 1009 916) das Verhältnis von Geschwindigkeit v_g zu Flughöhe h_g über Grund bestimmt und die dem gewünschten Überdeckungsgrad entsprechenden Impulse für die Auslösung der Belichtung an die Luftbildkamera gegeben.

Da aus den eben geschilderten Gründen zwischen dem Auslösebefehl und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges von Aufnahme zu Aufnahme eine unterschiedlich lange Zeit vergeht, kann es bei minimaler Bildfolgezeit (ca. 1,5 s) zu Fehlern in der Längsüberdeckung bis zu 50 % der stereoskopischen Basis kommen. Für eine korrekte Auswertbarkeit der Luftbilder ist jedoch die Einhaltung des vorgegebenen Längsüberdeckungsgrades mit einer Toleranz von nur wenigen Prozenten notwendig.

Ziel der Erfindung:

Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Luftbildaufnahmekameras, insbesondere die Ermöglichung der genauen Einhaltung des Längsüberdeckungsgrades auch unter ungünstigen Bedingungen.

Wesen der Erfindung:

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Verhinderung einer unterschiedlichen zeitlichen Verzögerung zwischen der Auslösung des Verschlusses und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges zur Belichtung des photographischen Materials in aufeinanderfolgenden Aufnahmen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras, welche mit einer automatischen Belichtungszeit-und Blendensteuerung und einem Steuergerät ausgerüstet sind, wobei das Steuergerät aus dem v_g/h_g-Verhältnis und dem eingestellten Überdeckungsgrad die Bildfolgezeit berechnet und zu den so bestimmten Zeitpunkten einen Auslösebefehl an die Luftbildkamera abgibt und die automatische Belichtungszeit- und Blendensteuerung aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine optimale Belichtungszeit/Blendenkombination berechnet und an der Luftbildkamera die Blende sowie durch entsprechende Regelung der Drehscheiben des Verschlusses die Belichtungszeit einstellt, gelöst, bei dem die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt wird, daß die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Drehscheibenverschlusses ist und die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit minimal wird.

Vorteilhafterweise wird dabei die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit entstehende Belichtungsänderung durch eine entsprechende Verstellung der Blende ausgeglichen.

Zur Realisierung des Verfahrens wird aus der Bildfolgezeit Δt_{BF} und dem der Belichtungszeit t_B entsprechendem Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{Vö}$ der Quotient N,

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{Vö}}$$

berechnet, der Wert von N auf die nächstliegende ganze Zahl N^* gerundet, nach

$$\Delta t^*_{Vö} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*}$$

ein korrigiertes Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{Vö}$ berechnet, nach

$$t^*_B = t_B \cdot \frac{\Delta t^*_{Vö}}{\Delta t_{Vö}}$$

die realisierte Belichtungszeit t^*_B bestimmt und nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^*_B}{t_B}}$$

die korrigierte Blende K^* berechnet und eingestellt, wobei K die von der Belichtungszeit/Blendensteuerung der Belichtungszeit t_B zugeordnete Blende ist, und die Drehzahl der Drehscheiben entsprechend dem korrigierten Verschlußöffnungsintervall eingeregelt.

Da das erfindungsgemäße Verfahren eine Verkopplung der Drehzahlen der Drehscheiben des Verschlusses und damit der möglichen Verschlußöffnungszeitpunkte mit der Überdeckungsregelung realisiert, erfolgt die Freigabe des Lichtweges jeweils zu den von der Überdeckungsregelung geforderten Zeitpunkten; damit wird die eingestellte Längsüberdeckung exakt eingehalten. Eventuell hervorgerufene Fehlbelichtungen können über eine Veränderung der Blendenstellung oder in anderer geeigneter Weise ausgeglichen werden.

Ausführungsbeispiel:

Eine Luftbildaufnahmekamera verfügt zur Herstellung von Reihenaufnahmen über eine Einrichtung zur Ermittlung des Verhältnisses von Geschwindigkeit v_g zur Flughöhe h_g über Grund. Aus diesen Werten sowie der Kammerkonstante c_k, der Bildformatgröße s' und dem vorgegebenen Längsüberdeckungsgrad p_{soll} wird von dem Steuergerät nach

$$\Delta t_{BF} = \frac{h_g}{v_g} \cdot \frac{s'}{c_k} \cdot \left(1 - \frac{p_{soll}}{100}\right) \qquad (1)$$

die Bildfolgezeit Δt_{BF} berechnet. Weiterhin besitzt die Kamera eine Einrichtung zur Belichtungsmessung und -regelung. Die Belichtungszeit t_B ergibt sich nach

$$t_B = \frac{K^2 \cdot c_R \cdot 10^{-\frac{x}{10}}}{E} \qquad (2)$$

aus der Beleuchtungsstärke E auf dem lichtempfindlichen Sensor, der vorgegebenen Filmempfindlichkeit x (in DIN) und dem vorgegebenen Blendenwert K sowie einer Eichkonstante c_R.
Zur Realisierung der Belichtungszeit wird den Verschlußdrehscheiben eine bestimmte Drehzahl zugeordnet, aus der das Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{Vö}$ resultiert.

Der Quotient N aus dem Bildfolgeintervall Δt_{BF} und dem Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{Vö}$

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{Vö}} \tag{3}$$

wird auf die nächstliegende ganze Zahl N^* gerundet und nach

$$\Delta t^*_{Vö} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*} \tag{4}$$

ein korrigiertes Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{Vö}$ berechnet. Die Drehzahl der Drehscheiben wird entsprechend dem korrigierten Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{Vö}$ eingeregelt, wodurch gesichert ist, daß der Zeitpunkt der Auslösung des Verschlusses durch das Steuergerät einen konstanten zeitlichen Abstand zum möglichen Belichtungszeitpunkt besitzt und somit keine Verfälschung des Längsüberdeckungsgrades der Aufnahmen auftritt.

Da durch die Korrektur der Drehzahl der Drehscheiben die vorgegebene Belichtungszeit t_B nicht mit der tatsächlich realisierten Belichtungszeit

$$t^*_B = t_B \cdot \frac{\Delta t^*_{Vö}}{\Delta t_{Vö}} \tag{5}$$

übereinstimmt, wird nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^*_B}{t_B}} \tag{6}$$

eine korrigierte Blende berechnet und eingestellt, wodurch die richtige Belichtung des photographischen Materials gesichert wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird durch eine entsprechende Programmierung des Steuerrechners, über den eine moderne Luftbildaufnahmekamera (z. B. LMK aus Jena) an sich schon verfügt, realisiert. Dieser Steuerrechner weist auch die notwendigen Verbindungen zur Belichtungszeit/Blendensteuerung und zum Überdeckungsregler auf.

Die Realisierung der Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden, so kann zum Beispiel in bestimmten Fällen auf die Korrektur der Fehlbelichtungen verzichtet werden oder diese Korrektur in einer anderen Art und Weise als der dargestellten erfolgen.

Bei einer Erhöhung des Regelungsaufwandes ist es auch möglich, neben der variablen Verzögerungszeit auch noch den konstanten Anteil der Zeitspanne zwischen Auslösung des Verschlusses und tatsächlicher Belichtung zu Null zu machen, so daß die Aufnahmen exakt bei Auslösung belichtet werden, für übliche Reihenaufnahmen reicht jedoch die Einhaltung einer für jede Aufnahme konstanten Zeitspanne, wie sie das beschriebene Ausführungsbeispiel sichert, aus.

Erfindungsansprüche:

1. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras, welche mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung und einem Steuergerät ausgerüstet sind, wobei das Steuergerät aus dem v_g/h_g-Verhältnis und dem eingestellten Überdeckungsgrad die Bildfolgezeit berechnet und zu den so bestimmten Zeitpunkten einen Auslösebefehl an die Luftbildkamera abgibt und die automatische Belichtungszeit- und Blendensteuerung aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine optimale Belichtungszeit/Blendenkombination berechnet und an der Luftbildkamera die Blende sowie durch entsprechende Regelung der Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses die Belichtungszeit einstellt, gekennzeichnet dadurch, daß die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt wird, daß die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Drehscheibenverschlusses ist und die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit minimal wird.

2. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die durch die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit entstehende Belichtungsänderung durch eine entsprechende Verstellung der Blende ausgeglichen wird.

3. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß aus der Bildfolgezeit Δt_{BF} und dem der Belichtungszeit t_B entsprechenden Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{VÖ}$ der Quotient N,

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{Vö}}$$

berechnet wird, daß der Wert von N auf die nächstliegende ganze Zahl N^* gerundet wird, daß nach

$$\Delta t^*_{Vö} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*}$$

ein korrigiertes Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{Vö}$ berechnet wird, daß nach

$$t^*_B = t_B \cdot \frac{\Delta t^*_{Vö}}{\Delta t_{Vö}}$$

die realisierte Belichtungszeit t^*_B bestimmt wird, daß nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^*_B}{t_B}}$$

die korrigierte Blende K^* berechnet und eingestellt wird, wobei K die von der Belichtungszeit/Blendensteuerung der Belichtungszeit t_B zugeordnete Blende ist, und daß die Drehzahl der Drehscheiben entsprechend dem korrigierten Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{Vö}$ eingeregelt wird.

Bk/Mtg
12. 6. 84

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

(12) **Wirtschaftspatent**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) **DD** (11) **228 891 A1**

4(51) **G 01 C 11/00**

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 01 C / 267 809 3	(22)	01.10.84	(44)	23.10.85

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD
(72) Mark, Rolf-Peter, Dr.-Ing.; Voss, Günther, Dipl.-Ing., DD

(54) Photogrammetrische Luftbildmeßkammer

(57) Um für jedes einzelne Luftbild den kompensierten Bildwanderungsbetrag exakt nachzuweisen, ist in dem vom Objektiv ausgehenden Lichtkegel, hinter dem Verschluß, ein lichtempfindlicher Sensor angeordnet sowie mit der Steuerelektronik Mittel zur Erkennung des vom Sensor ausgehenden Signals verbunden. Über die Steuerelektronik erfolgt die kurzzeitige Belichtung mindestens einer Marke im Anlegerahmen. Anwendbar bei der Aufnahme von Luftbildern vom Flugzeug oder Satelliten aus. Fig. 1

ISSN 0433-6461

6 Seiten

Titel der Erfindung

Photogrammetrische Luftbildmeßkammer

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist bei der Aufnahme und Auswertung von Luftbildern aus Flugzeugen und Satelliten anwendbar.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei bekannten photogrammetrischen Luftbildmeßkammern wird durch Ermittlung des v_g/h_g - Verhältnisses in einer Steuerelektronik der Bildfolgezyklus gesteuert, der bei Luftbildmeßkammern mit Einrichtungen zur Kompensation der Bildwanderung auch die Bewegung der Andruckplatte in Flugrichtung gegenüber dem Anlegerahmen während der Belichtungszeit enthält. Die im Anlegerahmen der Luftbildmeßkammern enthaltenen Rahmenmarken werden bei Beleuchtung über die ganze Belichtungszeit als Striche abgebildet (Internat. Archiv Photogr. and Remote Sensing vol. XXV, Part. A1, S. 194), ebenfalls die senkrecht zur Flugrichtung liegenden Kanten des Anlegerahmens. Eine exakte Ermittlung des Bildwanderungsbetrages, wie sie zur Feststellung der richtigen Funktion der Bildwanderungskompensation erforderlich ist, ist nicht möglich.
Als Striche abgebildete Rahmenmarken haben den weiteren Nachteil, daß sie eine exakte Bestimmung der Koordinaten des Bildmittelpunktes erschweren.

-1054-021246

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, Diagnosemittel für die exakte Funktion der Bildwanderungskompensation zu schaffen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, für jedes einzelne Luftbild den kompensierten Bildwanderungsbetrag nachzuweisen.
Die Aufgabe wird bei einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer, bestehend aus einem Objektiv, einem Verschluß, einem Anlegerahmen, einer Kassette mit einer Einrichtung zur Bildwanderungskompensation sowie einer Steuerelektronik erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Anlegerahmen mindestens eine zusätzliche Rahmenmarke enthält, daß das Bild einer dieser zusätzlichen Rahmenmarken vorzugsweise beim Beginn der Belichtung des Luftbildes kurzzeitig auf den Film aufbelichtet wird, und daß das Bild vorzugsweise einer zweiten zusätzlichen Rahmenmarke eine bestimmte Zeit später auf den Film aufbelichtet wird.
Durch Beleuchtung der Marken im Anlegerahmen vom Beginn bis zum Ende der Verschlußöffnung bzw. für eine definierte Zeitspanne ist der kompensierte Bildwanderungsbetrag direkt nachweisbar. Desjalb ist es vorteilhaft, daß in dem vom Objektiv ausgehenden Lichtkegel, hinter dem Verschluß, ein lichtempfindlicher Sensor angeordnet ist, mit der Steuerelektronik Mittel zur Erkennung des vom Sensor ausgehenden Signals verbunden sind und über die Steuerelektronik die Belichtung der Marken im Anlegerahmen beim Öffnen bzw. Schließen des Verschlusses erfolgt bzw. die Zeitdauer zwischen den beiden Belichtungen durch die Steuerelektronik aus üblichen Steuerparametern, z. B. der Belichtungszeit, festgelegt wird.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen: Fig. 1 die optische Anordnung
Fig. 2 Anordnungen von Rahmenmarken
Fig. 3 die Anordnung zur Signalübertragung

Entlang der optischen Achse 0-0 eines Objektivs 1 befindet sich ein Verschluß 2, ein Anlegerahmen 3 und eine Andruckplatte 4. Zwischen Anlegerahmen 3 und Andruckplatte 4 befindet sich ein Film 5, der zur Kompensation der Bildwanderung während der Belichtungszeit in Flugrichtung (Pfeilrichtung in Fig. 1) bewegt wird. In dem vom Objektiv 1 ausgehenden Lichtkegel befindet sich außerhalb des Bildformates ein lichtempfindlicher Sensor 6, beispielsweise eine Fotodiode, die beim Öffnen des Verschlusses 2 ein Signal abgibt, daß beim Schließen des Verschlusses wieder erlischt. Dieses Signal wird einer elektronischen Steuereinheit 7 zugeführt, die beim Eintreffen des Signals eine kurzzeitige Belichtung der Marke 8, z. B. durch eine lichtemittierende Diode (LED) und beim Verlöschen des Signals eine entsprechende Belichtung der Marke 9 auslöst. Die Marken 8 und 9 können sich an beliebiger Stelle im Anlegerahmen 3 befinden. Zwei Varianten sind in Fig. 2 dargestellt. Die Marken 8 und 9 können auch mit den Rahmenmarken 10 des Anlegerahmens 3 oder anderen zur Abbildung gelangenden Zeichen kombiniert werden. Es ist weiterhin möglich, die Beleuchtung von Marke(n) bei Eintreffen des Signals und eine konstante Zeit danach auszulösen.
Weiterhin ist es möglich, nur eine Marke 8 zu verwenden und in der beschriebenen Art und Weise zweimal hintereinander auf den Film aufzubelichten.

Patentanspruch

1. Photogrammetrische Luftbildmeßkammer, bestehend aus einem Objektiv, einem Verschluß, einem Anlegerahmen, einer Kassette mit einer Einrichtung zur Bildwanderungskompensation sowie einer Steuerelektronik, dadurch gekennzeichnet, daß der Anlegerahmen mindestens eine zusätzliche Rahmenmarke enthält, daß das Bild einer dieser zusätzlichen Rahmenmarken vorzugsweise beim Beginn der Belichtung des Luftbildes kurzzeitig auf den Film aufbelichtet wird, und daß das Bild vorzugsweise einer zweiten zusätzlichen Rahmenmarke eine bestimmte Zeit später auf den Film aufbelichtet wird.

2. Photogrammetrische Luftbildmeßkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem vom Objektiv ausgehenden Lichtkegel, hinter dem Verschluß, ein lichtempfindlicher Sensor angeordnet ist, mit der Steuerelektronik Mittel zur Erkennung des vom Sensor ausgehenden Signals verbunden sind und über die Steuerelektronik die Belichtung der Marken im Anlegerahmen beim Öffnen bzw. Schließen des Verschlusses erfolgt.

3. Photogrammetrische Luftbildmeßkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer zwischen den beiden Belichtungen durch die Steuerelektronik aus üblichen Steuerparametern, z. B. der Belichtungszeit, festgelegt wird.

25. 9. 84
Hp/Mtg

Hierzu [illegible] Zeichnungen

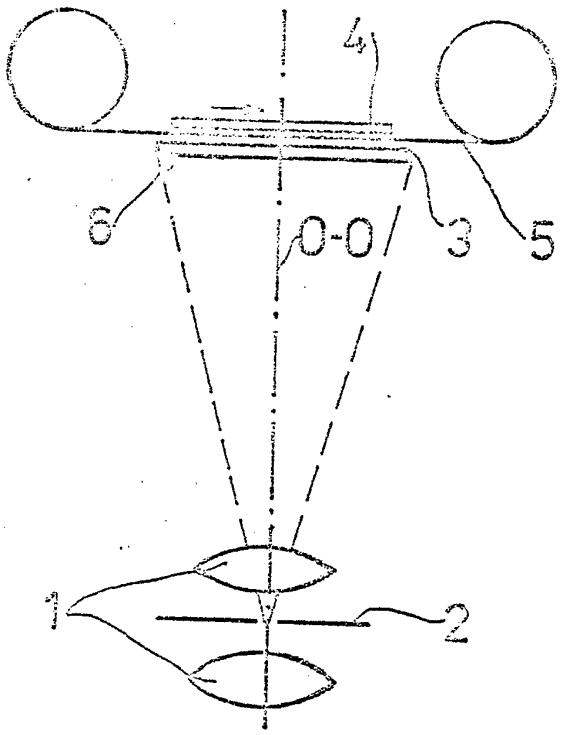


Fig.1

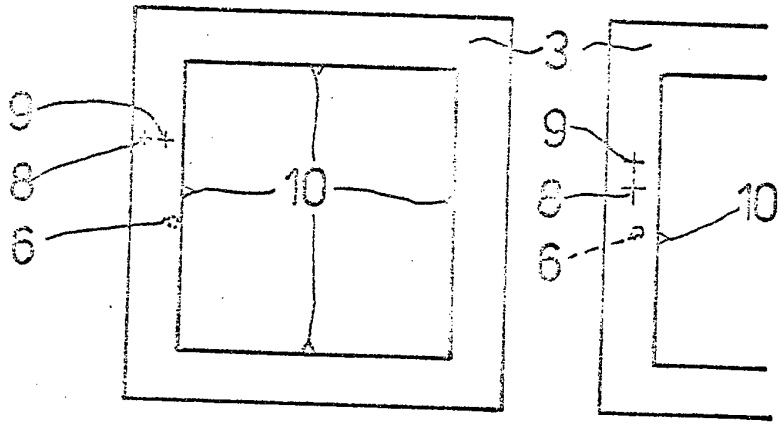


Fig. 2

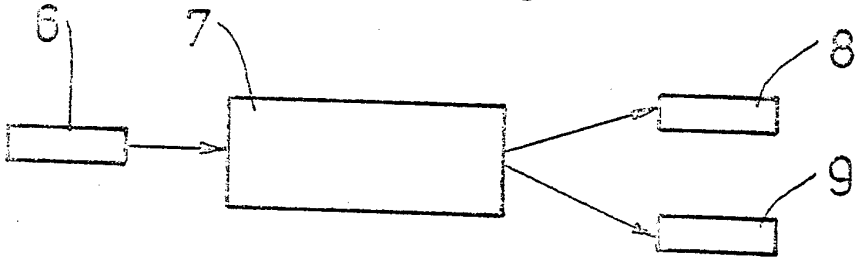


Fig. 3

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 231 206 A3

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

4(51) B 64 B 1/40
B 64 B 1/70

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP B 64 B / 260 101 7 (22) 15.02.84 (45) 24.12.85

(71) Bauakademie der DDR, Institut für Militärbauten, 1125 Berlin, Plauener Straße 163–165, DD
(72) Rödiger, Burkhard, Dipl.-Ing.; Müller, Siegfried, Dr.-Ing. Dipl.-Mil.; Fritsche, Peter, Dipl.-Ing., DD

(54) Sicherheitsvorrichtung zur Herstellung von Luftbildaufnahmen

(57) Erfindungsgegenstand ist eine Sicherheitsvorrichtung zur Herstellung von Luftbildaufnahmen, die vorzugsweise für die visuelle Feststellung von Schäden an Verkehrsflächen, für geographische und geologische Erkundungen sowie für die Vorbereitung von Projektierungsarbeiten geeignet ist. Mit dieser Vorrichtung wird das Ziel erreicht, Luftbildaufnahmen rationell und in hoher Qualität herstellen zu können. Dazu wurde die technische Aufgabe gelöst, eine stabile Lage von Luftbildkameras während der Aufnahmezeit bis zur sicheren Bergung der Filme und Kameras mit einfachen technischen Mitteln zu gewährleisten. Die Lösung der Aufgabe erfolgte mittels an einer Ballonhaltetraverse, die mittig ein Drehlager aufweist, über Haltestäbe befestigter Ballons als Auftriebsmittel, wobei das Drehlager gleichzeitig einen Gewichtsausgleichsstab aufnimmt. An der Ballonhaltetraverse sind Verbindungsseile befestigt, die eine bespannte Traverse mit an ihr gelenkig angeordneten Bremsklappen tragen. An dieser Traverse befindet sich mittig die Luftbildaufnahmetechnik. Fig. 1

ISSN 0433-6461

15 Seiten

Titel der Erfindung

Sicherheitsvorrichtung zur Herstellung von Luftbildaufnahmen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Luftbildaufnahmetechnik und eignet sich besonders für die visuelle Feststellung von Schäden an Verkehrsflächen einschließlich Flugplätzen mit Start- und Landebahnen.
Darüber hinaus ist die Vorrichtung für geographische und geologische Erkundungen sowie zur Ermittlung des Ausmaßes von Havarien in der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, im Bergbau und infolge von Vulkanismus einsetzbar. Ebenso können mit ihr Projektierungsarbeiten vorbereitet werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, zur Anfertigung von Luftbildaufnahmen als Kameraträgermittel Luft- oder Modelluftfahrzeuge einzusetzen. Dabei bestehen die offensichtlichen Nachteile bei Luftfahrzeugen in hohen Anlage- und Betriebskosten sowie großem Flächenbedarf für Flugplätze mit Start- und Landebahnen. Sehr nachteilig ist hierbei auch der hohe Kraftstoffverbrauch.

DE FCD 4004 ~ 1 60596

Wenn auch bei Luftbildaufnahmen mit Hilfe von Modelluftfahrzeugen der materiell-technische Aufwand im Vergleich zum Einsatz von Luftfahrzeugen wesentlich geringer ist, so sind aber bei der Anwendung von Modellen einige technische Probleme noch nicht gelöst. Dazu gehören unter anderem die komplizierte Navigation vom Boden nach Höhe und Richtung, die Störanfälligkeit der Funkfernsteuerung und die allgemeine Empfindlichkeit der Modelluftfahrzeuge, und das vor allem bei Windstößen. Abstürze und somit materielle Schäden sind die Folge.

Die Grenzen für den Einsatz von Modelluftfahrzeugen sind außerdem auch durch die beschränkte Tragfähigkeit gegeben. Auch solche Kameraträgermittel erfordern Anlagen mit Start- und Landestrecke sowie entsprechende Bodenmarkierungen. Modellflugkörper weisen als weitere Nachteile geringe Stabilität und Vibrationserscheinungen ihrer Motoren auf, woraus unzureichende Qualität der Luftbildaufnahmen resultiert. Brauchbare Luftbilder können auf diese Weise zumeist nicht angefertigt werden. Ein ferngesteuerter Kameramodellhubschrauber ist z. B. in der DE-OS 3.030.375 A1 beschrieben.

Es sind aber auch Aufnahmevorrichtungen zur Herstellung von Luftbildern bekannt, womit, z. B. gemäß der DE-PS 361.332, Meßbilder aus der Luft unter Verwendung von Auftriebsmitteln, die eine oder mehrere Aufnahmekameras in die notwendige Höhe über Terrain befördern, angefertigt werden können. Die genannte Patentschrift beinhaltet aber zugleich triviale, umständliche Detaillösungen zum Festlegen des Aufnahmeortes, indem Haltevorrichtungen mit Registrierrollen, von denen aus Meßdrähte eine Verbindung zwischen den Kameras oder den Auftriebsmitteln und der Erdoberfläche herstellen, vorgeschlagen werden.

Zum Stand der Technik gehört nach der DE-PS 106.089 eine Vorrichtung zur Aufhängung einer fotografischen Kamera an Fesselballons, mit der die durch Seitenstöße verursachten Kameraschwankungen ausgeschlossen werden können. Diese Vorrichtung besteht aus einem in einem Kugelgelenk hängenden Gestell, in dessen Bodenplatte ein Doppelpendel aufgehängt ist, das an seinem unteren Ende die Kamera trägt, während sich das obere Ende im Eingriff mit einem an der oberen Platte des Gestells aufgehängten Pendel befindet. Dabei leisten vier Haltetaue Widerstand gegen Drehungen des Gestells, die in bekannter Weise die vier Ecken dieses kastenförmigen Gestells mit der Erdoberfläche verbinden. Dieser Widerstand wird durch den Auftrieb des Ballons vergrößert. Die unvermeidlichen Drehungen des Ballons werden bei dieser vorgeschlagenen Aufhängevorrichtung nicht auf das Gestell übertragen.

Als Nachteil der Vorrichtung gemäß der DE-PS 106.089 sind ihre komplizierte Konstruktion, damit die aus materialtechnischen und personellen Gründen besonders aufwendigen Haltevorrichtungen, und die Tatsache anzusehen, daß diese ältere Lösung bei eventueller Funktionsunfähigkeit des Fesselballons keine sichere Bergung der Luftbildkamera ermöglicht.

Mit der DE-PS 299.666 wird eine Vorrichtung zur Herstellung aerogeodätischer Aufnahmen offenbart, wobei ein Kastendrachen, mit einem Elektromotor ausgestattet, eine Aufnahmekamera über einem bestimmten Geländeabschnitt hochhebt. Die Windstärkenschwankungen werden bei dieser Lösung mittels einer elektromechanischen Widerstandsbremse ausgeglichen. Eine Variante dieser Konstruktion ist, daß die lotrechte Lage der Kamera mit gyrostatischen Vorrichtungen erreicht wird, die durch elektrische Ströme betätigt werden. Mit dieser Lösung sind Geländeaufnahmen mit nahezu lotrechter Achslage möglich, wodurch die Auswertung der Luftbilder für die Kartografie vereinfacht wird. Jedoch sind als Nachteile zu erkennen, daß Elektroenergie notwendig und die Konstruktion sehr kompliziert ist.

Ein mit Helium gefüllter Fesselballon als Trägermittel für fotografische Aufnahmegeräte zur Herstellung von Luftbildern ist auch Gegenstand der US-PS 3.866.858. Dieser Erfindungsgegenstand besitzt unübersehbare Nachteile durch seine Kompliziertheit, den Arbeitskräftebedarf und den Verbrauch von Helium.

In der DD-PS 37.900 wird gleichfalls ein Ballon als Auftriebsträgermittel vorgeschlagen, um zum Beispiel funktechnische Sonden in die verschiedenen Schichten der Atmosphäre, u. a. in die Troposphäre, zu bringen. Dabei wird auf einen Fallschirm verzichtet, aber Vulkanisierkapazität für die Ballonproduktion benötigt. Darüber hinaus sind Flugeinrichtungen bekannt, die Fallbrems-, Steuer- und/oder Stabilisierungselemente aufweisen. Gegenstand der DE-PS 1.139.754 ist zum Beispiel eine fallschirmartige Lösung, wobei zwei kreuzweise angeordnete Stoffstreifen eine etwa halbkugelförmige Kuppel als Luftträger bilden, die relativ große Luftdurchtrittsflächen besitzt. Dieser Fallschirm zeichnet sich durch stabilisierende Eigenschaften aus. Da aber keine vollständige Kuppel ausgebildet ist, werden große Stoffflächen erforderlich, um die Fallgeschwindigkeit niedrig zu halten.

Die DE-PS 272.784 beschreibt ein Flugzeug mit zur Erzielung einer Fallschirmwirkung schräg nach aufwärts einstellbaren Tragflächen. Nachteilig ist hierbei, daß der Propellersog zum Schrägstellen dieser Tragflächen benötigt wird.

In dem SU-Urheberschein 50.358 wird ein "Gleitfallschirm" dargestellt, der außer der Fallschirmkuppel vier ausrollbare dreieckige "Tuchflächen" als Steuerelemente besitzt. Diese "Zusatzoberflächen" können variabel entsprechend der gewünschten Flugrichtung bedient, das heißt in allen Kombinationen dieser zusätzlich angebrachten dreieckigen Steuerelemente hochgelassen oder heruntergezogen werden. Diese technische Lösung offentbart also dreieckige Steuerelemente, aber nicht gegen schnelles Herabfallen der Flugvorrichtung schützende Bremselemente.

Zusammenfassend ist zum Stand der Technik festzustellen, daß alle vorgeschlagenen Vorrichtungen für die Herstellung von Luftbildaufnahmen zu kompliziert und zu aufwendig sind und damit eine einfache, kontinuierliche Anfertigung solcher fotografischer Aufnahmen in ständig hoher Qualität nicht ermöglichen. Außerdem existiert bisher kein Lösungsvorschlag, nach dem bei Verwendung einfacher Auftriebsmittel im Havariefalle eine sichere Bergung von Filmen und Luftbildkameras erfolgen kann.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, im Vergleich zu den bereits bekannten Lösungen Luftbildaufnahmen mittels einer einfachen Vorrichtung kontinuierlich in hoher Qualität herstellen zu können. Dabei sollen der materiell-technische Aufwand vor allem gegenüber dem Einsatz von Luftfahrzeugen wesentlich verringert und auch im Havariefalle eine sichere Bergung hochwertiger Spezialkameras und Filmaufnahmen ermöglicht werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der eine stabile Lage von Luftbildkameras für Luftbildaufnahmen während der Aufnahmezeit bis zur sicheren Bergung von Filmen und Kameras in Terrainhöhe selbst bei Versagen von Auftriebsmitteln gewährleistet wird. Auch bei Wind sind eine ruhige Lage der Luftbildkameras und bei Windstößen ein schnelles Wiedereinpendeln dieser fotografischen Aufnahmegeräte in eine stabile, ruhige Lage zu sichern.

Diese technische Aufgabe wird dadurch gelöst, daß sich in der Mitte einer Ballonhaltetraverse ein Drehlager befindet, an dem zwei oder noch mehr, mit einem Gas, das leichter als Luft ist, gefüllte Ballons als Auftriebsmittel über Ballonhaltestäbe, an denen je eine Ballonhalteschale befestigt ist,

angeordnet sind. Ein Drehlager nimmt außer den Ballonhaltestäben einen Gewichtsausgleichsstab auf, an dessen dem Drehlager gegenüberliegendem Ende ein vollständig oder teilweise mit Flüssigkeit gefülltes Gewichtsausgleichsbehältnis angebracht sein kann. An der Ballonhaltetraverse sind Verbindungsseile befestigt, die eine ständig mit Stoff oder Folie überspannte Traverse tragen, die konstruktiv verschiedenartig ausgebildet sein kann. Dazu gehören stabähnliche, flächenartige und auch stereometrische Formen.

An dieser Traverse sind zwei oder mehr als zwei über gelenkige oder federartige Halterungen verstellbare Bremsklappen befestigt. Dabei können die rahmenartigen Bremsklappen rechteckig, trapezförmig, dreieckig und anders geometrisch eben gestaltet sein und Abkantungen aufweisen.

Die luftbildtechnischen Aufnahmegeräte sind im Anwendungsfalle an der Traverse mittig angeordnet.

Diese Traverse nimmt Zugleinen für die bei Auftriebsverlust (Platzen von mindestens einem Ballon) vorgesehene Stoff- oder Folienbespannung der Bremsklappen auf. Die Bespannungsmaterialien sind im äußeren Bereich bzw. am unteren Rand der Bremsklappen reserviert.

Wird nur ein Ballon eingesetzt, erübrigt sich unter anderem die Ballonhaltetraverse.

Die vorgeschlagene Sicherheitsvorrichtung zur Herstellung von Luftbildaufnahmen funktioniert einerseits dadurch, daß die Ballons explosionssicher getrennt angeordnet sind und mittels der wippenden Ballonbefestigung am Drehlager der Ballonhaltetraverse unter Ausnutzung der stabilisierenden Wirkung des gleichfalls am Drehlager befestigten Gewichtsausgleichsstabes mit oder ohne Gewichtsausgleichsbehältnis eine ruhige, stabile Lage der Luftbildaufnahmetechnik und das auch durch die flexible

Aufhängung derselben mittels der Verbindungsseile ermöglicht wird, und andererseits bei Auftriebsverlust im Betriebszustand die Luftbildaufnahmetechnik an der Traverse ausklinkt und plötzlich tief unter dieser Traverse einen neuen Masseschwerpunkt bildet. Dadurch wird die stabile Lage der gesamten Vorrichtung beibehalten.
Das Herabfallen der Luftbildaufnahmetechnik bewirkt mittels Zugleinen ein sofortiges Bespannen der Bremsklappen, wonach sich diese durch den Aufwind bis in etwa horizontale Lage aufrichten und die gesamte Sicherheitsvorrichtung mit der Luftbildaufnahmetechnik fallschirmartig, langsam schwebend zu Boden geht.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung wird nachstehend variabel mit Bezug auf Zeichnungen weiter beschrieben.
Die Figur 1 zeigt hierzu eine Seitenansicht der zweckmäßigsten Ausführung der erfinderischen Lösung. Dabei sind drei mit reinem Wasserstoffgas gefüllte Ballons mit vorzugsweise jeweils gleicher Auftriebskraft an Ballonhalteschalen 4 befestigt, die der Form- und Lagestabilisierung der Auftriebsmittel (Ballons) dienen. Jede dieser drei Ballonhalteschalen 4 sitzt am Ende eines Ballonhaltestabes 3, wobei die drei Ballonhaltestäbe 3 an ihren anderen Stabenden in einem Drehlager 2 gelagert sind, das von einer Ballonhaltetraverse 1 in ihrer Mitte aufgenommen wird. Diese Ballonhaltetraverse 1 ist als Doppel-T zum Beispiel aus Aluminiumrohr ausgebildet und im rechten Winkel zur Drehebene der Ballonhaltestäbe 3 angeordnet. An dem Drehlager 2 hängt außerdem ein Gewichtsausgleichsstab 5 mit einem Gewichtsausgleichsbehältnis 9, das mit einer Flüssigkeit gefüllt ist.

Somit ist also eine getrennte, stabilisierende Anordnung der Ballons vorgesehen, um die Bildung von Entladungsfunken und Explosionsgefahr zu vermeiden und beim Platzen eines oder zweier Ballons das An- oder Umkippen der Traverse 7 und der Luftbildaufnahmetechnik durch selbständiges lagestabilisierendes Drehen des oder der noch verbleibenden Ballons entsprechend ihrer Auftriebskraft auszuschließen. An den Enden bzw. Ecken der Ballonhaltetraverse 1 sind Verbindungsseile 6 befestigt, die eine Traverse 7 tragen, die als mit Fallschirmseide überspannter rechteckiger Rahmen mit mittigem Querstab ausgebildet ist, an dem Höhen- und Lageorientierungslote hängen. An dieser rahmenförmigen Traverse 7 mit an ihren Enden angeschlagenen Halte- und Führungsleinen sind allseitig Bremsklappen 8 um die vier äußeren Rahmenholme schwenkbar angeordnet.

Diese Traverse 7 ist ständig überspannt und hat eine mittige Luftaustrittsöffnung, um stoßartige Höhenschwankungen der Sicherheitsvorrichtung zu dämpfen, die durch unterschiedliche Auftriebsbedingungen der Luft entstehen können. Dadurch werden Schwankungen von Luftbildkameras wesentlich verringert.

Gemäß Figur 1 sind zum Beispiel die vier Bremsklappen 8 nach unten gerichtet, dabei schräg nach außen gestellt und in dieser Stellung mechanisch mit Zugfedern oder anderen lösbaren Verbindungsmitteln gesichert, wodurch sie bei technischen Vorbereitungen an der Sicherheitsvorrichtung als Montageständer/-stützen dienen können. Diese Bremsklappen 8 sind vorzugsweise aus leichten, biegebeanspruchbaren Materialien wie Aluminium, z. B. Aluminiumrohr, oder faserverstärkten Stoffen hergestellt.

Befindet sich die neue Sicherheitsvorrichtung im Betriebszustand, hochgelassen zum Beispiel über einem Flugplatz, und platzt einer der zwei äußeren der drei Ballons, folgt der funktionelle Zustand der Sicherheitsvorrichtung gemäß Figur 2.

Bei diesem plötzlichen hohen Auftriebsverlust wird die an der Traverse 7 mittige, elektromagnetisch oder mechanisch angebrachte Luftbildaufnahmetechnik ausgeklinkt und bildet sofort tief unter der Traverse 7 einen neuen Masseschwerpunkt, der durch Führungsleinen mit der Traverse 7 und der aufzuspannenden Fallschirmseide der Bremsklappen 8 verbunden ist. Durch die neue Lage des Masseschwerpunktes wird die Lagestabilität der gesamten Vorrichtung auch jetzt gesichert.

Das Herabfallen der Luftbildaufnahmetechnik in diese neue Lage bewirkt gleichzeitig mittels Zugleinen ein schnelles Bespannen der angewinkelten Bremsklappen 8 mit der Fallschirmseide von außen nach innen in Richtung der Traverse 7. Dabei wirkt der Aufwind an der Unterseite der Bremsklappen 8 als Luftkissen, die sich entsprechend Figur 2 bis zum Anschlag an Sperrwinkel aufrichten. Somit bilden die durch den Aufwind aufgerichteten Bremsklappen 8 mit mittiger Luftaustrittsöffnung über bewegliche Verbindungselemente mit der bespannten Traverse 7 eine geschlossene, fallschirmartige Bremsfläche.

Die gesamte Sicherheitsvorrichtung mit Luftbildaufnahmetechnik kann fallschirmartig, langsam schwebend zu Boden gehen, ohne also selbst bei Ballonhavarien die Sicherheitsvorrichtung, die Luftbildkameras und das Filmmaterial zu beschädigen.

Die Figuren 3 und 4 stellen eine Variante der erfindungsgemäßen Sicherheitsvorrichtung zur Herstellung von Luftbildaufnahmen dar, wobei unterhalb der Traverse 7 zwei bespannte Bremsklappen 8 einander gegenüberliegend angeordnet sind, die beim Platzen eines Ballons durch das sofortige Ausklinken der Luftbildaufnahmetechnik aus ihrer Halterung herausgelöst werden. Zusammen mit an den übrigen Seiten der Traverse 7 angebrachtem flexiblen, zusammengelegtem Stoff bilden diese Bremsklappen 8 bei geringem Aufwind, das heißt bei geringer Fallgeschwindigkeit, eine nach unten weitgeöffnete fallschirmartige Kuppel, in deren Innenraum sich eindringende Luft staut und

durch eine oder mehrere Austrittsöffnungen im oberen Teil der Kuppel düsenartig ausströmt (Figur 4). Die untere Kuppelöffnung kann je nach Kräfteausgleich zwischen dem gestauten Aufwind und der zu tragenden Last variieren, das heißt kleiner oder größer sein.

Es sind auch Varianten der vorgeschlagenen Sicherheitsvorrichtung möglich, wobei nur zwei Ballons oder gar nur ein Ballon als Auftriebsmittel eingesetzt werden. Damit ist lediglich eine entsprechende Reduzierung der vorgeschlagenen technischen Mittel verbunden.

Spezifische Vorteile der genannten Ausführungen sind, daß mit einfachen Vorrichtungen Luftbilder hoher Qualität hergestellt werden können, damit nur geringer materiell-technischer Aufwand erforderlich ist und selbst bei Versagen der Auftriebsmittel (Ballons) eine sichere Bergung von Spezialfilmkameras und der erzielten wertvollen Filmaufnahmen möglich ist. Außerdem genügen zwei Arbeitskräfte als Haltepersonen.

Als gleichfalls neuer Vorteil ist gegeben, daß die Sicherheitsvorrichtung auch Aufhängevorrichtung für Luftbildkameras ist. Gegenüber bisher angewendeten Kameraträgermitteln ist die neue Sicherheitsvorrichtung zur Herstellung von Luftbildaufnahmen wesentlich einfacher zu warten und zu bedienen.

Erfindungsanspruch

1. Sicherheitsvorrichtung zur Herstellung von Luftbildaufnahmen mit Ballons, Fallbremselementen und Halteleinen gekennzeichnet dadurch, daß eine Ballonhaltetraverse (1) ein Drehlager (2) mittig aufnimmt, an dem ein oder mehrere Ballonhaltestäbe (3) angeordnet sind, die jeweils an ihrem dem Drehlager (2) gegenüberliegendem Ende eine form- und lagerstabilisierende Ballonhalteschale (4) aufweisen, daß an dem Drehlager (2) ein Gewichtsausgleichsstab (5) angebracht ist und daß an den Enden bzw. Ecken der Ballonhaltetraverse (1) Verbindungsseile (6) befestigt sind, an denen eine mit textilem Gewebe oder Plastefolie überspannte Traverse (7) mit an ihr schwenkbar angeordneten und mit textilem Gewebe oder Plastefolie überspannbaren, als Rahmen mit oder ohne Verstrebungen ausgebildeten Bremsklappen (8) hängt, wobei die Traverse (7) mittig eine oder mehrere Luftbildkameras mit Zubehör trägt und Zugleinen für die Bespannung der Bremsklappen (8) mit textilem Gewebe oder Plastefolie aufnimmt, die am äußeren bzw. unteren Rand der Bremsklappen (8) vorrätig sind.

2. Sicherheitsvorrichtung nach Punkt 1. gekennzeichnet dadurch, daß drei Ballonhaltestäbe (3) in einer Ebene an einem Drehlager (2) angeordnet sind, wobei jeweils zwei Ballonhaltestäbe (3) einen rechten Winkel bilden.

3. Sicherheitsvorrichtung nach Punkt 1. und 2. gekennzeichnet dadurch, daß sich an dem Drehlager (2) gegenüberliegendem Ende des Gewichtsausgleichsstabes (5) ein vollständig oder teilweise mit Flüssigkeit gefülltes Gewichtsausgleichsbehältnis (9) befindet.

4. Sicherheitsvorrichtung nach den Punkten 1. bis 3. gekennzeichnet dadurch, daß die Traverse (7) aus einem rechteckigen, mit textilem Gewebe oder Plastefolie bespannten Rahmen besteht, der durch einen Querstab halbiert ist, an dem mittig mittels schnellösbarer Verbindungselemente eine oder mehrere Luftbildkameras mit Zubehör angeordnet sind.

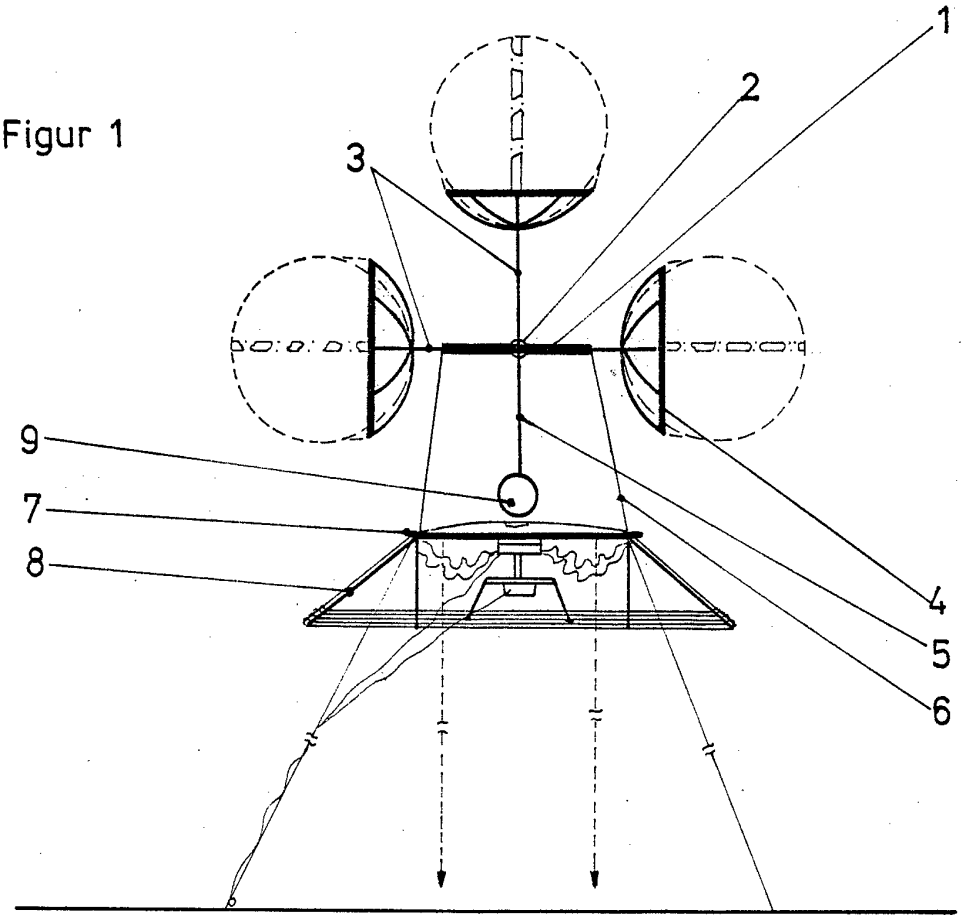
5. Sicherheitsvorrichtung nach den Punkten 1. bis 3. gekennzeichnet dadurch, daß die Traverse (7) stabförmig als Doppel-T ausgebildet ist.

6. Sicherheitsvorrichtung nach den Punkten 1. bis 3. gekennzeichnet dadurch, daß die Traverse (7) andere Form als nach Punkt 4. und 5. aufweist.

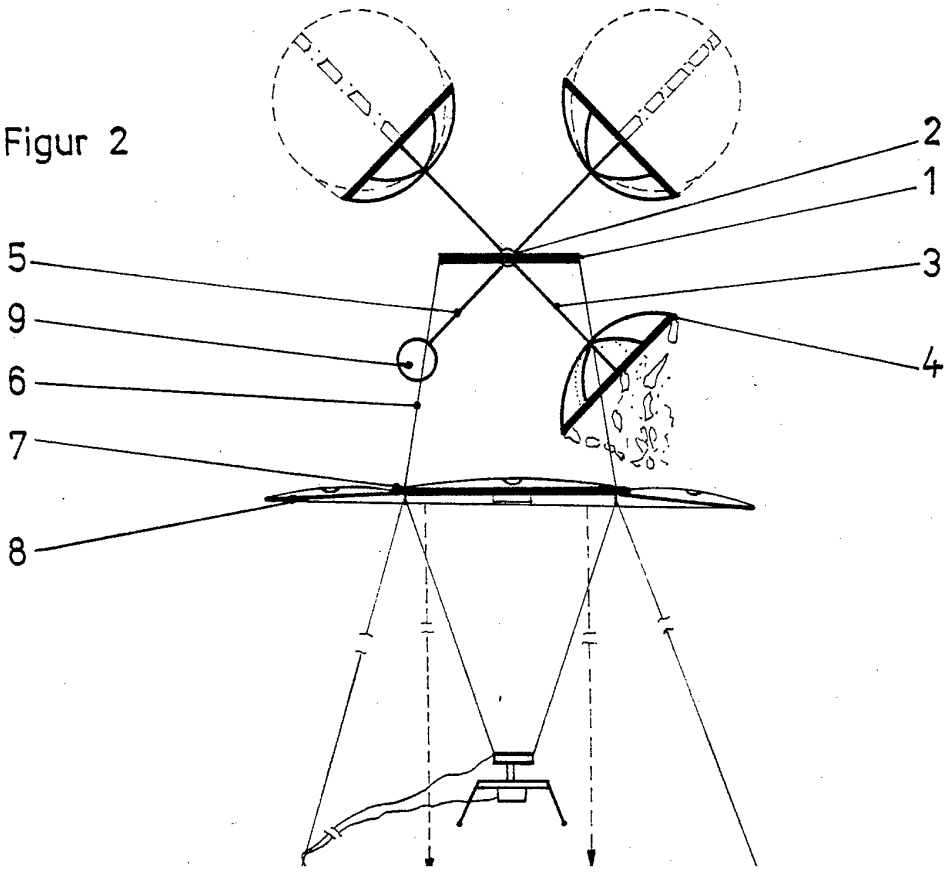
7. Sicherheitsvorrichtung nach den Punkten 1. bis 3. gekennzeichnet dadurch, daß die Bremsklappen (8) rechteckige, trapezförmige, dreieckige oder andere geometrisch ebene Rahmen mit oder ohne Abkantungen darstellen.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

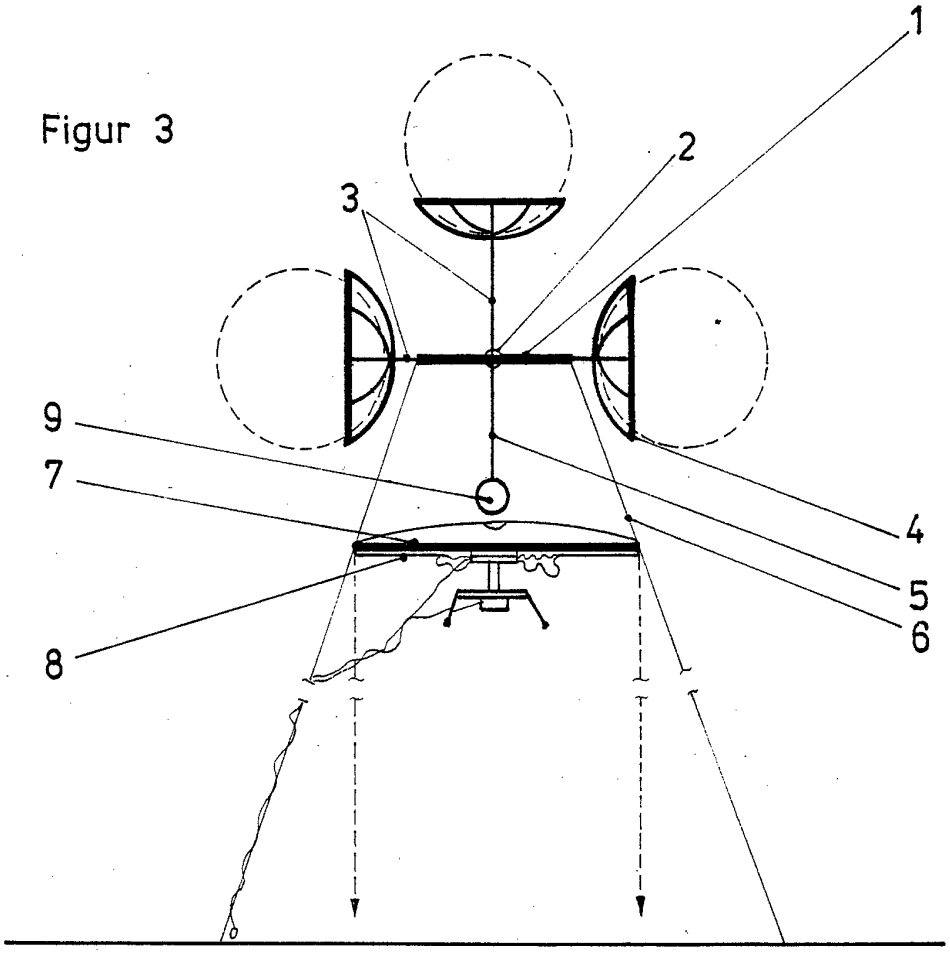
Figur 1



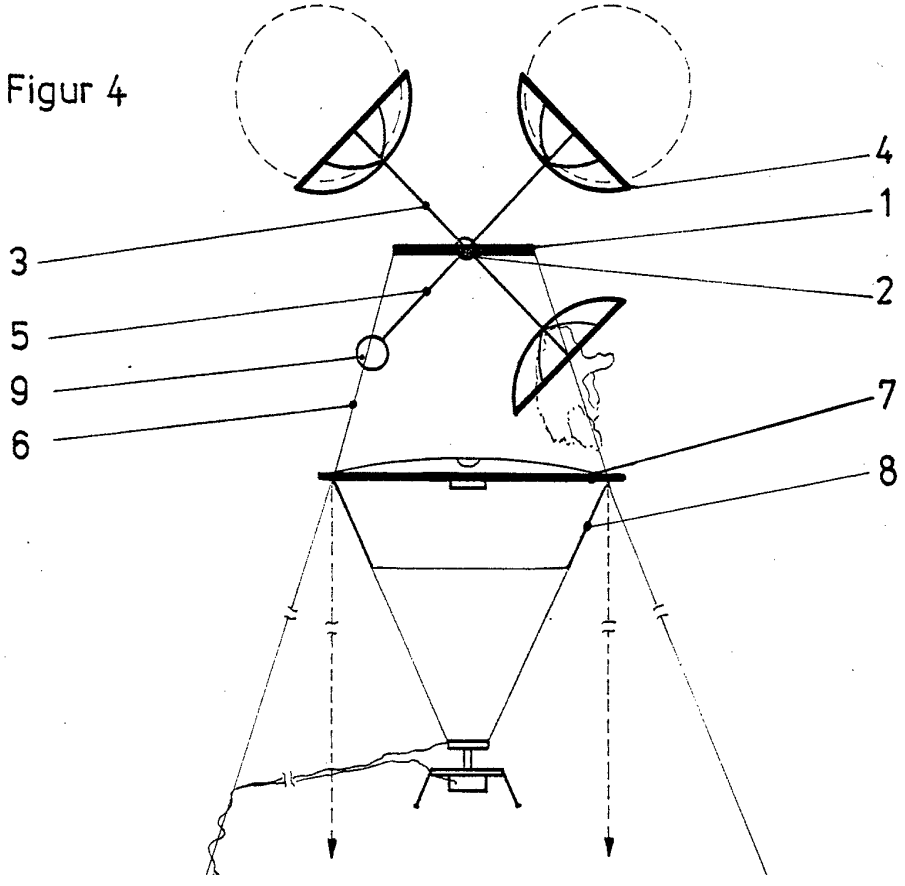
Figur 2



Figur 3



Figur 4



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) **Wirtschaftspatent**

(19) **DD** (11) **240 595 A1**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) **G 01 C 11/02**

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

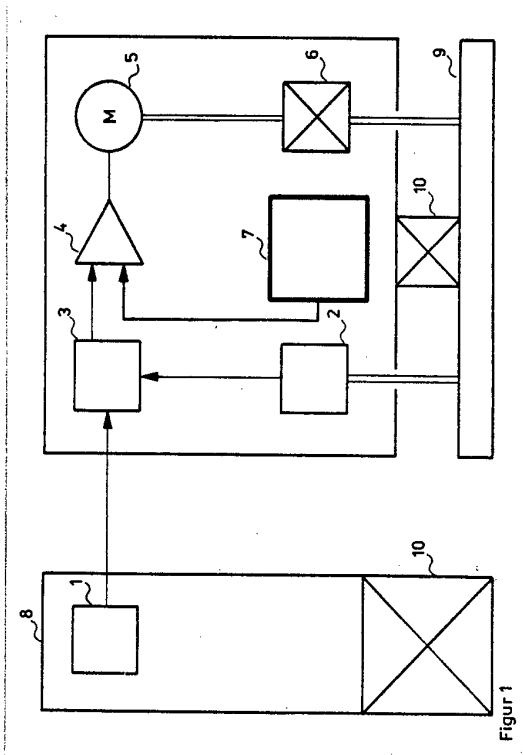
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 01 C / 280 127 4	(22)	30.08.85	(44)	05.11.86

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD
(72) Klose, Heinrich; Plischke, Franz, Dipl.-Ing., DD

(54) Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer Luftbildmeßkammer

(57) Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer. Um durch kurzzeitige Flugzeugdrehungen infolge von Turbulenzen hervorgerufene Beeinträchtigungen der Aufnahmequalität, besonders bei längeren Belichtungszeiten, zu eliminieren, ist mit der Meßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden. Anwendbar vorzugsweise bei Aufnahmesystemen mit Einrichtungen zur Kompensation der Vorwärts-Bildwanderung. Fig. 1



Figur 1

ISSN 0433-6461

3 Seiten

Patentansprüche:

1. Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer, **dadurch gekennzeichnet,** daß mit der Meßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß je ein Winkelgeschwindigkeitssensor zur Erfassung der Längs- und Querneigung der Meßkammer vorgesehen ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer. Sie ist vorzugsweise bei Aufnahmesystemen mit Einrichtungen zur Kompensation der Vorwärts-Bildwanderung anwendbar.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei modernen, mit Bildwanderungsausgleich versehenen Luftbildmeßkammern ist es möglich, hochauflösende, aber unempfindliche Filme einzusetzen. Daraus resultieren relativ lange Belichtungszeiten. Das bedeutet, daß das Flugzeug sehr stabil fliegen muß, damit tatsächlich nur Bildwanderungen durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeuges auftreten. In der Praxis treten jedoch oftmals Turbulenzen auf, durch die das Flugzeug kurzzeitig in verschiedene Richtungen gedreht wird, so daß Bildwanderungen in verschiedenen Richtungen auftreten. Dadurch wird die Bildqualität entscheidend gemindert. Durch die Kurzzeitigkeit dieser Störungen ist ein Ausgleich durch den das Steuergerät bedienenden Operateur nicht möglich.

Ziel der Erfindung

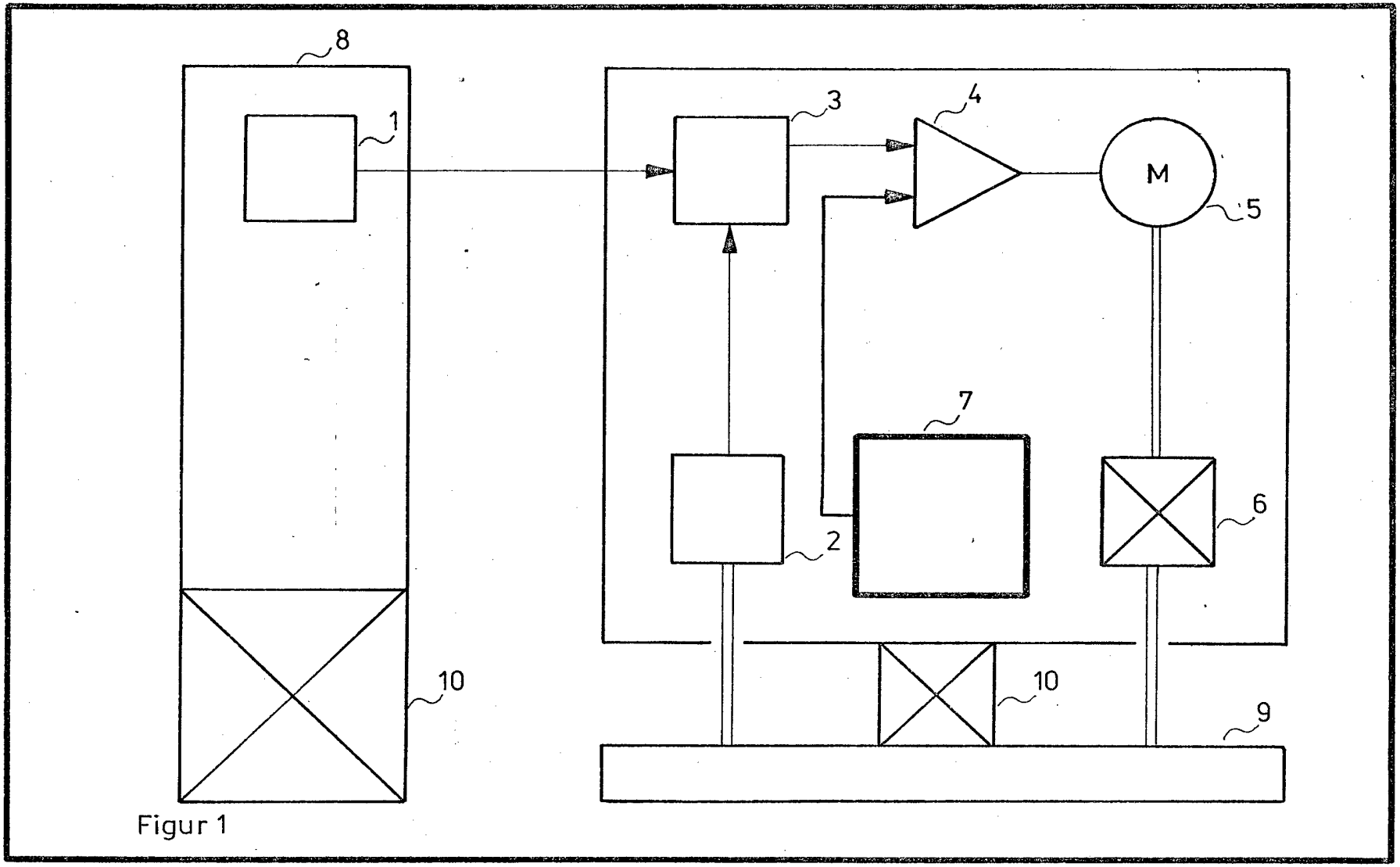
Ziel der Erfindung ist die Gewährleistung von Luftbildaufnahmen mit hoher Auflösung auch bei längeren Belichtungszeiten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, in Verbindung mit der vorhandenen Bildwanderungskompensation sämtliche Bildwanderungen zu eliminieren.
Die Aufgabe wird bei einer Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer dadurch gelöst, daß mit der Meßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden ist. Dabei ist es vorteilhaft, zur Erfassung der Längs- und Querneigung der Meßkammer jeweils einen Sensor vorzusehen.
Die Winkelgeschwindigkeitssensoren können auf der Basis von Kreiseln arbeiten. Sie sprechen nur auf rotatorische Bewegungen an, d. h. bei rein translatorischen Bewegungen ist ihr Ausgangssignal Null.
Das Ausgangssignal der Sensoren wird jeweils einem ohnehin vorhandenen Motor zugeführt, der mit den Sensoren einen Regelkreis bildet und die vom Flugzeug auf die Kammer einwirkenden rotatorischen Bewegungen eliminiert.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Ein von einem Operateur bedienter Soll-Lage-Geber 1 in einem Steuergerät 8, das über eine kardanische Aufhängung 10 mit dem Flugzeug verbunden ist, übermittelt die Soll-Lage des Kamerasystems an ein System zur Horizontierung. In der Zeichnung ist ein System zur Änderung in einer Drehachse dargestellt.
Ein mit einem Istwert-Geber 2 verbundener Komparator 3 ermittelt das Korrektursignal, das über einen Verstärker 4 einem Motor 5 mit Getriebe 6 zugeführt wird. Dadurch wird der vom Operateur festgelegte Sollzustand herbeigeführt. Dem Verstärker 4 ist nun ein Winkelgeschwindigkeitssensor 7 vorgeordnet. Das Signal dieses Sensors entspricht der kurzzeitigen Abweichung des aufgehängten Kamerasystems von der eingestellten mittleren Soll-Lage. Es ergibt sich eine Ansteuerung des Motors 5, der die rotatorischen Bewegungen des Kamerasystems um die jeweilige Drehachse eliminiert.
Der Istwert-Geber 2 und die Getriebeanordnung 6 sind jeweils mit einem mit dem Flugzeug verbundenen festen Teil der Aufhängung verbunden. Für jede Drehachse ist eine Anordnung der beschriebenen Art auf den kardanisch aufgehängten Teil des Meßkammersystems vorgesehen.
Der Soll-Lage-Geber kann auch Bestandteil eines automatischen Steuerungssystems sein.



Figur 1

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) **Wirtschaftspatent**

(19) **DD** (11) **241 471 A1**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) **G 01 C 11/02**

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 01 C / 281 324 5	(22)	02.10.85	(44)	10.12.86

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD
(72) Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys.; Beck, Bernhard, Dipl.-Phys.; Diete, Norbert, Dipl.-Phys., DD

(54) Verfahren und Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildkameras

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei der ein Objektiv das überflogene Gelände auf eine Projektionsfläche abbildet, wobei auf der Projektionsfläche mindestens zwei Photoempfängerzeilen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes angebracht sind und aus den Signalen der Photoempfänger Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit des Geländeabbildes auf der Projektionsfläche und damit die Abdrift und das v_g/h_g-Verhältnis bestimmt wird. Ziel und Aufgabe der Erfindung bestehen in der Eliminierung von durch Kippungen um die Flugzeuglängs- bzw. -querachse hervorgerufenen Fehler der Bestimmung von v_g/h_g und Abdrift. Dazu wird zeitgleich mit dem Auslesen der Photoempfängerzeilen die Kippung des Flugzeugs bestimmt und bei der Auswertung der Signale der Photoempfänger berücksichtigt. Das Anwendungsgebiet der Erfindung bilden Steuergeräte für Luftbildaufnahmekameras.

ISSN 0433-6461

13 Seiten

Titel:

Verfahren und Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei der mindestens das Verhältnis von Geschwindigkeit über Grund zur Höhe über Grund (v_g/h_g) und die Abdrift bestimmt und aus diesen Daten Steuerdaten für die zeitgerechte Auslösung der Kamera zur Erzielung von konstanten Bildüberdeckungen bei Reihenaufnahmen sowie für die Kompensation der Abdrift gebildet werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Automatische Steuergeräte für Luftbildkameras sind bekannt. Im DD-WP 115 809 ist ein Steuergerät beschrieben, welches in der Projektionsfläche eines Objektivs zwei voneinander getrennte digitale Photoempfängermatrizen mit je vier Zeilen enthält, denen eine Informationsverarbeitungsstufe nachgeschaltet ist, welche das Bildfolgeintervall, die Abdrift und weitere Einstellwerte der Kamera berechnet und mit diesen Werten die Luftbildkamera steuert.
In der DE-OS 3427066 ist ein Steuergerät beschrieben, welches in der Projektionsfläche mindestens zwei senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes verlaufende Photoempfängerzeilen aufweist, denen Datenspeicher und eine Korrelationsschaltung nachgeordnet sind, mit deren Hilfe das Bildfolgeintervall und die Abdrift bestimmt werden.

Die Arbeitsweise der bekannten Lösungen beruht auf der Bestimmung der Größe der Verschiebung identischer Bildstrukturen über die Projektionsfläche, welche durch Korrelation der von den zwei Photoempfängerzeilen (-matrizen) zu verschiedenen Zeitpunkten gelieferten Helligkeitswerte des Geländeabbildes bestimmt werden. Bei bekanntem Abstand der beiden Zeilen voneinander ist die Zeit, in der eine Bildstruktur von der einen Zeile zur anderen wandert ein Maß für das v_g/h_g-Verhältnis, während die Verschiebung der Struktur innerhalb der Zeile (Querverschiebung) ein Maß für die Abdrift ist.

Die bekannten Lösungen mit zwei parallelen Zeilen (Matrizen) weisen den Nachteil auf, daß die Bestimmung von v_g/h_g und der Abdrift bei plötzlichen Bewegungen des Flugzeugs um seine Längs- bzw. Querachse, wie sie durch Turbulenzen, Flugkorrekturen u. ä. praktisch ständig auftreten, sehr fehlerhaft arbeitet bzw. sogar vollständig versagt.

Zur Lösung dieses Problems wurde im DD-WP 222 395 vorgeschlagen, eine dritte Zeile parallel zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes in der Projektionsfläche anzuordnen, welche über einen eigenen Korrelator verfügt, mit dessen Hilfe eine "differentielle" v_g/h_g-Bestimmung erfolgt.

Diese Lösung erfordert einen erheblichen Mehraufwand (3. Zeile) und erbringt nur für die v_g/h_g-Bestimmung eine Abhilfe. Das Kippen des Flugzeugs um die Längsachse bewirkt eine plötzliche Verringerung des Korrelationsfaktors der Daten der dritten Zeile, diese tritt jedoch auch bei Abdrift des Flugzeugs auf, so daß keine Möglichkeit zur Trennung der beiden Ursachen und somit zur Angabe der Einwirkung der Verkippung auf das Ergebnis der Abdriftbestimmung besteht. In solchen Fällen bleibt nur die Möglichkeit, die bestimmte Abdrift nicht zur Steuerung der Kamera heranzuziehen und den Zyklus der Abdriftbestimmung neu zu starten. Somit ist die Funktionsfähigkeit des Steuergerätes stark eingeschränkt.

Ziel der Erfindung:

Es ist das Ziel der Erfindung, die korrekte Funktion eines automatischen Steuergerätes auch unter ungünstigen Flugbedingungen zu gewährleisten und so einen Beitrag zur Verringerung des personellen Aufwandes beim Bildflug und zur Erhöhung der Qualität des gewonnenen Bildmaterials zu leisten.

Wesen der Erfindung:

Die Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren und eine Anordnung zur automatischen Steuerung einer Luftbildaufnahmekamera anzugeben, welches auch bei plötzlichen Bewegungen des Flugzeugs um seine Längs- bzw. Querachse korrekte Werte für das v_g/h_g-Verhältnis und die Abdrift liefert.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei dem die Verschiebung eines Geländebildes auf einer Projektionsfläche mittels Vergleich (Korrelation) der Bilddaten von zwei auf der Projektionsfläche im wesentlichen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes angeordneten Photoempfängerzeilen bestimmt wird, wobei die Bilddaten der in Bewegungsrichtung des Geländeabbildes vorn liegenden Zeile zwischengespeichert und in einem Zeitraster mit den Bilddaten der zweiten Photoempfängerzeile verglichen werden, und aus der für die Verschiebung identischer Bildstrukturen von der ersten zur zweiten Zeile bestimmten Zeit das v_g/h_g-Verhältnis und aus der Verschiebung entlang der Zeilenrichtung die Abdrift bestimmt und diese Werte in Steuerdaten für die Luftbildkamera umgesetzt werden, gelöst, indem im wesentlichen im gleichen Zeitraster mindestens die Größe der Kippung des Flugzeugs um seine Längsachse bestimmt wird, aus der Größe dieser Kippung die entsprechende Verschiebung des Abbildes der Bildstruktur berechnet wird und bei dem Vergleich der Bilddaten der beiden Zeilen die durch die Kippung bewirkte Verschiebung berücksichtigt wird. Dabei ist es günstig, aus der Größe der Kippung den Teil der Bilddaten zu bestimmen, der gleiche Bildstrukturen enthalten

kann, und nur diesen Teil für den Vergleich heranzuziehen. Die Zahl $\bar{n}$ der Pixel dieses Teils wird vorteilhafterweise nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{2}\left[1 - \frac{\tan(\omega-\sigma)}{\tan\sigma}\right]$$

berechnet, wobei n die Gesamtzahl der Pixel, σ der Bildwinkel der Photoempfängerzeilen und ω die festgestellte Verkippung ist.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung ergibt sich, wenn weiterhin im gleichen Zeitraster die Kippung des Flugzeugs um seine Querachse bestimmt wird, aus der Größe dieser Kippung die entsprechende Verschiebung des Abbildes der Bildstruktur berechnet wird, aus dieser Verschiebung ein Korrekturwert für die Bewegungsgeschwindigkeit des Geländeabbildes gebildet wird und dieser Korrekturwert bei der Bestimmung des v_g/h_g-Verhältnisses berücksichtigt wird.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur automatischen Steuerung einer Luftbildaufnahmekamera weist mindestens zwei Photoempfängerzeilen, welche in der Projektionsfläche eines Objektivs vorzugsweise senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes angebracht sind sowie eine den Photoempfängerzeilen nachgeschaltete Signalverarbeitungseinheit auf, welche mindestens aus einem Zeitgeber, einem Zwischenspeicher für die von den Photoempfängerzeilen gelieferten Bilddaten, eine Korrelatorschaltung und einer Steuerimpulserzeugungsschaltung besteht, wobei die Signalverarbeitungseinheit weiterhin eine Datenkorrekturschaltung enthält, welche mit Sensoren zur Bestimmung der Größe der Kippungen um die Flugzeuglängs- bzw. -querachse verbunden ist.

Vorteilhafterweise besteht die Datenkorrekturschaltung aus einer Rechenschaltung, welche nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{2}\left[1 - \frac{\tan(\omega-\sigma)}{\tan\sigma}\right]$$

die Zahl der Pixel bestimmt, deren Bilddaten identische Bildstrukturen repräsentieren können, sowie einer mit der Korrelatorschaltung verbundenen Auswahlschaltung, welche nur die so bestimmten Bilddaten an die Korrelatorschaltung abgibt.

Die Sensoren können z. B. Winkelgeschwindigkeitsgeber sein, denen Integratoren nachgeschaltet sind, welche sowohl mit der Datenkorrekturschaltung als auch mit dem Zeitgeber elektrisch verbunden sind, aber auch geeignete andere Winkelgeber sind einsetzbar.
Es ist vorteilhaft, wenn die Signalverarbeitungseinheit aus mindestens einem Mikrorechner mit entsprechenden Peripheriebaugruppen besteht und das erfindungsgemäße Verfahren durch eine geeignete Programmierung realisiert wird.
Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß durch Kippungen des Flugzeugs um seine Längs- bzw. Querachse hervorgerufene Fehler der herkömmlichen optoelektronischen Bestimmung von Abdrift- bzw. v_g/h_g-Verhältnis eliminiert werden, indem die dadurch bewirkte Bildverschiebung berücksichtigt wird und nur die Bilddaten zur Korrelation herangezogen werden, welche gleiche Geländestrukturen repräsentieren. Weiterhin ergibt sich durch diese Maßnahme ein schärferes Maximum der Korrelation und somit eine Erhöhung der Genauigkeit der für die Steuerung der Luftbildaufnahmekamera herangezogenen Meßwerte.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel anhand von zwei Zeichnungen erläutert. Es zeigen

Fig. 1: ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung

Fig. 2: eine Skizze zur Veranschaulichung der geometrischen Verhältnisse bei der Kippung um eine Flugzeugachse

In Fig. 1 befinden sich zwei Photoempfängerzeilen 1, 2 auf der Projektionsfläche 3 eines hier nicht dargestellten Objektivs. Der Pfeil 4 zeigt die Bewegungsrichtung des auf die Projektionsfläche 4 projizierten Geländeabbildes an. Den Zeilen 1 und 2 ist je eine Ansteuerschaltung 5, 6, die auch Sample & Hold-Verstärker und A/D-Wandler enthält, nachgeordnet. Der Ansteuerschaltung 5 der Zeile ist weiterhin ein Datenspeicher 7 nachgeschaltet. Der Datenspeicher 7 und die Ansteuerschaltung 6 sind mit einem Mikrorechner 8

verbunden, der von einem Taktgeber 9 getaktet wird. Der Rechner 8 weist Ausgänge 10, 11 für die Abdrift und das v_g/h_g-Verhältnis auf. Zwei Winkelgeschwindigkeitsmessern 12, 13, die so im Flggzeug angebracht sind, daß sie auf die Kippung um die Flugzeuglängsachse (ω) und die Flugzeugquerachse (φ) reagieren, sind Verstärker 14, 15, Integratoren 16, 17 und A/D-Wandler 18, 19 nachgeschaltet. Die Datenausgänge der A/D-Wandler 18, 19 sind mit ensprechenden Eingängen des Rechners 8 verbunden. Der Taktgeber 9 weist Verbindungen zur Ansteuerschaltung 6 und den Integratoren 16, 17 auf.

Anhand dieses Ausführungsbeispiels wird jetzt das erfindungsgemäße Verfahren zur automatischen Steuerung einer Luftbildaufnahme näher erläutert.

Zum Start wird vom Rechner über eine Signalleitung 20 das Auslesen der Photoempfängerzeile 1 und die Abspeicherung der in digitale Werte umgewandelten Bilddaten im Speicher 7 bewirkt, außerdem werden die in den Integratoren 16, 17 anstehenden Werte zurückgesetzt. Gleichzeitig wird der Taktgeber 9 dazu angestoßen, Impulse in einem regelmäßigen Zeitraster von z. B. 50 ms zu erzeugen und an die Ansteuerschaltung 6 sowie die Integratoren 16, 17 abzugeben. Bei jedem dieser Impulse wird die Zeile 2 ausgelesen und die in digitale Werte gewandelten Bilddaten an den Rechner abgegeben, gleichzeitig werden die nach der Integration der Winkelgeschwindigkeit während der Zeit zwischen den Impulsen in den Integratoren 16, 17 anstehenden Winkelwerte ausgelesen und mittels der A/D-Wandler 18, 19 in digitale Werte umgewandelt an den Rechner 8 abgegeben.

Der Rechner 8 berechnet jetzt für den Kippwinkel ω um die Flugzeuglängsachse nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{2}\left[1 - \frac{\tan(\omega-\delta)}{\tan\delta}\right]$$

die Zahl der Pixel der beiden Zeilen, auf die bei Vernachlässigung der Abdrift identische Bildstrukturen abgebildet werden. Die geometrischen Zusammenhänge dazu sind in Fig. 2 dargestellt, der schraffierte Teil zeigt den Bildteil, der

auf beide Zeilen abgebildet wird. n ist dabei die Gesamtzahl der Pixel und σ der Bildwinkel der beiden Zeilen. Die Formel ist eine Näherung, die die Streckung der auf ein Pixel abgebildeten Geländestruktur bei Nichtparallelität zwischen Zeile und Gelände vernachlässigt, was bei $\omega < 10^{\circ}$ (maximaler praktisch vorkommender Wert) wegen des Faktors $\frac{1}{\cos\omega}$ durchaus zulässig ist. Wie aus Fig. 2 ebenfalls hervorgeht, befinden sich die zum Vergleich der Bilddaten geeigneten Pixel stets an den entgegengesetzten Enden der beiden Zeilen; welches Ende jeweils zugrunde zu legen ist, wird durch das Vorzeichen von ω bestimmt. Mit den so bestimmten Bilddatenfolgen wird jetzt im Rechner 8 in dem durch den Taktgeber 9 definierten Zeitraster der Vergleich (Korrelation) zwischen den im Speicher 7 abgespeicherten und den von Zeile 2 aktuell ankommenden Bilddaten durchgeführt, d. h. daß jeweils vor der Korrelation der Einfluß der Kippung um die Längsachse auf das "Gesichtsfeld" der Zeile 2 berücksichtigt wird. Die erhaltenen Korrelationsfaktoren werden abgespeichert und mit den bei den vorangegangenen Korrelationen erhaltenen verglichen, um so das Maximum an Übereinstimmung zu finden. Dazu geeignete Verfahren sind bekannt, z. B. kann das in der DE-OS 3427066 angegebene benutzt werden. Ist das Korrelationsmaximum erreicht, so bedeutet das, daß jetzt das Geländebild sich von Zeile 1 zu Zeile 2 bewegt hat. Aus der dazu notwendigen Zeit (d. h. der Zahl der Takte des Zeitrasters) und dem Abstand zwischen den Zeilen 1 und 2 wird das v_g/h_g-Verhältnis bestimmt. Zur Berücksichtigung durch durch eine eventuelle Kippung φ um die Flugzeugquerachse bewirkten Bildverschiebung wird diese Bildverschiebung bei der v_g/h_g-Bestimmung zu dem festen Abstand der beiden Zeilen addiert, so daß jeweils ein korrigierter Abstandswert in die Rechnung eingeht. Dieses v_g/h_g-Verhältnis und die aus der Verschiebung der beiden nach dem oben angegebenen Verfahren bestimmten Bilddatenfolgen gegeneinander bestimmte Abdrift werden über die Ausgänge 10 und 11 vom Rechner an die Luftbildkamera abgegeben. Anschließend beginnt der gesamte Zyklus erneut

mit dem Einlesen der Bilddaten von Zeile 1 in Speicher 7 und dem Zurücksetzen der in den Integratoren 16, 17 anstehenden Werte.

Die Realisierung der Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden. So kann z. B. die Berücksichtigung der Kippung um auch mit der im DE-WP 222 395 dargestellten "differentiellen" Bestimmung des v_g/h_g-Verhältnisses ausreichend sein. Als Sensoren für die Kippwinkel können auch andere geeignete Systeme, wie z. B. Kreisel, künstlicher Horizont u. ä. verwendet werden, insbesondere bietet sich an, auf die zur Navigation des Flugzeugs von vornherein vorhandenen Systeme zurückzugreifen. Desweiteren ist es gleich, ob mit dem Rechner 8 nur die numerischen Werte für v_g/h_g und Abdrift oder sofort die notwendigen Steuerimpulse für die Luftbildkamera gebildet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei dem die Verschiebung eines Geländeabbildes auf einer Projektionsfläche mittels Vergleich (Korrelation) der Bilddaten von zwei auf der Projektionsfläche im wesentlichen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes angeordneten Photoempfängerzeilen bestimmt wird, wobei die Bilddaten der in Bewegungsrichtung des Geländeabbildes vorn liegenden Zeile zwischengespeichert und in einem Zeitraster mit den Bilddaten der zweiten Photoempfängerzeile verglichen werden, und aus der für die Verschiebung identischer Bildstrukturen von der ersten zur zweiten Zeile bestimmten Zeit das v_g/h_g-Verhältnis und aus der Verschiebung entlang der Zeilenrichtung die Abdrift bestimmt und diese Werte in Steuerdaten für die Luftbildkamera umgesetzt werden, gekennzeichnet dadurch, daß im wesentlichen im gleichen Zeitraster mindestens die Größe der Kippung des Flugzeugs um seine Längsachse bestimmt wird, daß aus der Größe dieser Kippung die entsprechende Verschiebung des Abbildes der Bildstruktur berechnet wird und daß bei dem Vergleich der Bilddaten der beiden Zeilen die durch die Kippung bewirkte Verschiebung berücksichtigt wird.

2. Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß aus der Größe der Kippung des Flugzeugs der Teil der Bilddaten der beiden Zeilen, der gleiche Bildstrukturen enthält, bestimmt, und daß zum Vergleich nur dieser Teil der Bilddaten herangezogen wird.

3. Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Zahl $\bar{n}$ der Pixel der beiden Zeilen, deren Bilddaten die gleiche Bildstruktur repräsentieren, nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{2}\left[1 - \frac{\tan(\omega-\delta)}{\tan\delta}\right]$$

berechnet wird, wobei n die Gesamtzahl der Pixel der Zeilen, σ der Bildwinkel der Photoempfängerzeilen und ω die festgestellte Verkippung ist.

4. Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß weiterhin im gleichen Zeitraster die Kippung des Flugzeugs um seine Querachse bestimmt wird, daß aus der Größe dieser Kippung die entsprechende Verschiebung des Abbildes der Bildstruktur berechnet wird, daß aus dieser Verschiebung ein Korrekturwert für die Bewegungsgeschwindigkeit des Geländeabbildes gebildet wird, und daß dieser Korrekturwert bei der Bestimmung des v_g/h_g-Verhältnisses berücksichtigt wird.

5. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach dem Verfahren nach Anspruch 1, bei der in einer Projektionsfläche eines Objektivs mindestens zwei Photoempfängerzeilen vorzugsweise senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes angebracht sind, wobei den beiden Photoempfängerzeilen eine Signalverarbeitungseinheit nachgeschaltet ist, welche mindestens aus einem Zeitgeber, einem Zwischenspeicher für die von den Photoempfängerzeilen gelieferten Bilddaten, einer Korrelatorschaltung und einer Steuerimpulserzeugungsschaltung besteht, gekennzeichnet dadurch, daß die Signalverarbeitungseinheit eine Datenkorrekturschaltung aufweist, welche mit Sensoren zur Bestimmung der Größe der Kippungen um die Flugzeuglängs- bzw. -querachse verbunden ist.

6. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 5, gekennzeichnet dadurch, daß die Datenkorrekturschaltung eine Rechenschaltung, welche nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{2}\left[1 - \frac{\tan(\omega-\sigma)}{\tan\sigma}\right]$$

die Zahl der Pixel bestimmt, deren Bilddaten identische

Bildstrukturen repräsentieren, sowie eine Auswahlschaltung, die mit der Korrelatorschaltung verbunden ist, aufweist, welche nur die so bestimmten Bilddaten an die Korrelatorschaltung abgibt.

7. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 5, gekennzeichnet dadurch, daß als Sensoren Winkelgeschwindigkeitsgeber vorgesehen sind, daß den Winkelgeschwindigkeitsgebern Integratoren nachgeschaltet sind, welche sowohl mit der Datenkorrekturschaltung als auch mit dem Zeitgeber elektrisch verbunden sind.

8. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 5, gekennzeichnet dadurch, daß die Signalverarbeitungseinheit aus mindestens einem Mikrorechner mit entsprechenden Peripheriebaugruppen besteht.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

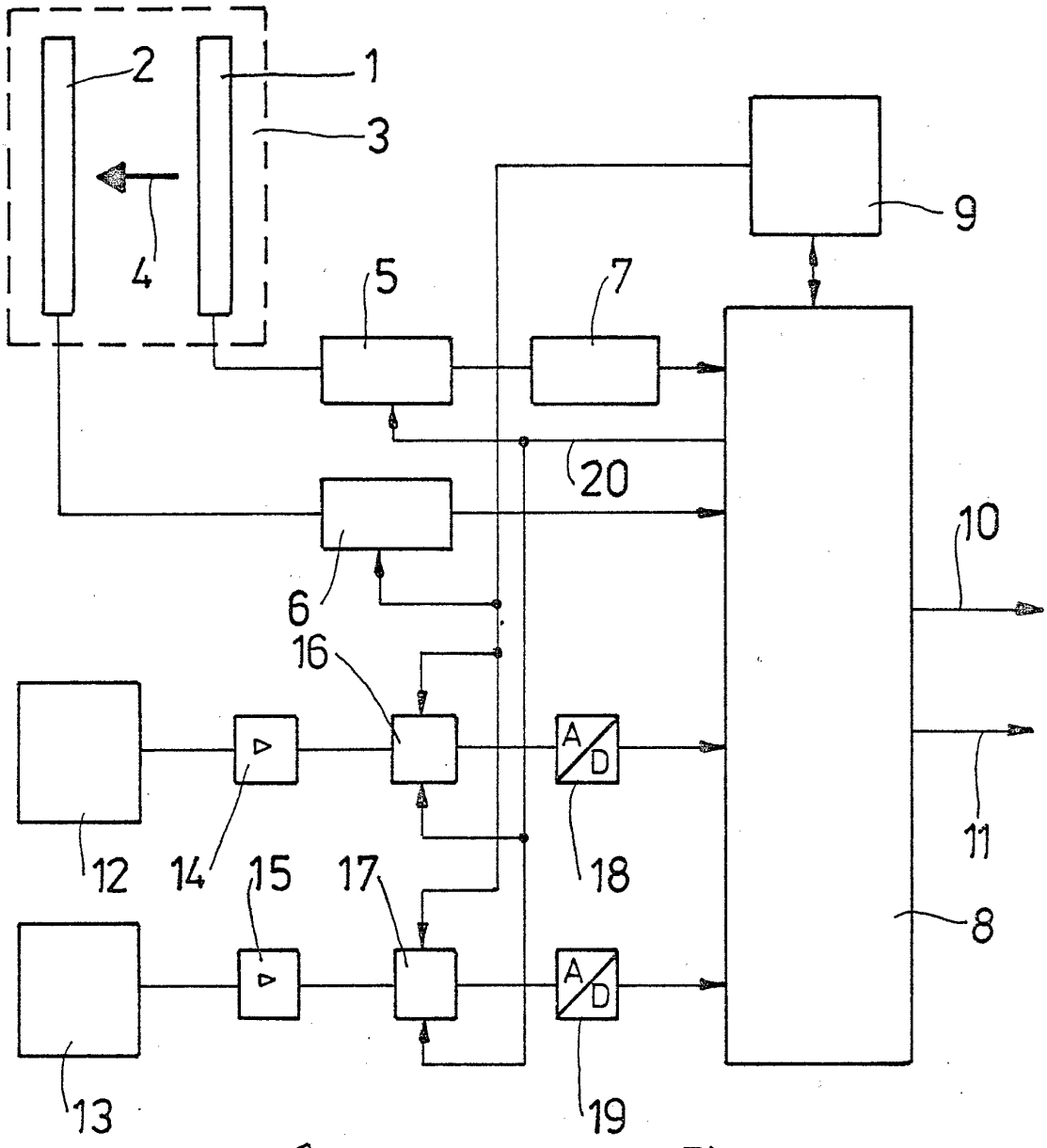


Fig. 1

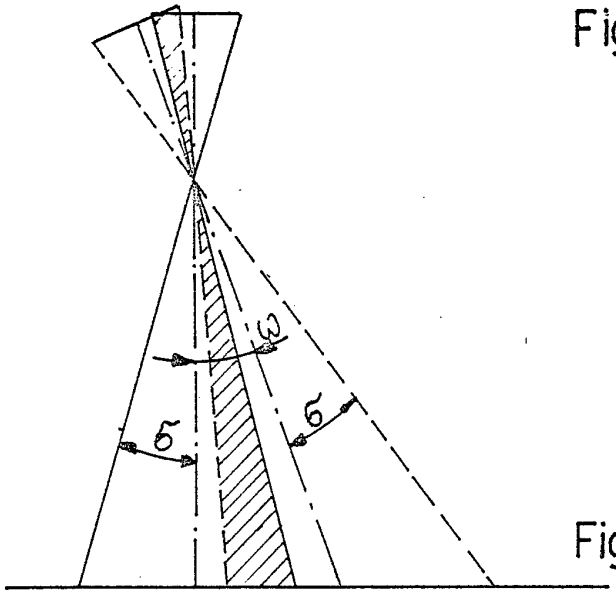


Fig. 2

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 245 046 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) G 01 C 11/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

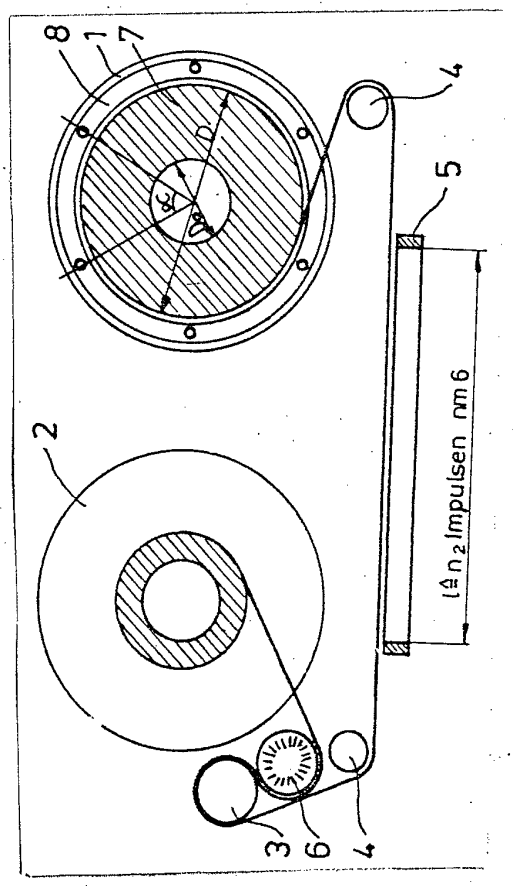
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 01 C / 285 145 1	(22)	23.12.85	(44)	22.04.87

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD
(72) Zeth, Ulrich, DD

(54) Verfahren zur Filmvorratsermittlung und -anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten

(57) Vorrichtung zur Filmvorratsermittlung und -anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten, um bei hoher Meßgenauigkeit und verbesserter Anzeigemöglichkeit den noch vorhandenen Filmvorrat zu ermitteln, wird an den Codescheiben der Filmtransporteinrichtung und der Abwickelspule eine Filmschrittimpulszählung durchgeführt, aus der Impulszählung und der pro Filmschritt transportierten Filmlänge l der Umfang der Filmrolle auf der Abwickelspule ermittelt, aus diesem die Anzahl der Filmwindungen und, daran anschließend, die Filmlänge sowie die Anzahl der möglichen Aufnahmen bestimmt und an einer Anzeigeeinheit angezeigt. Figur



ISSN 0433-6461

4 Seiten

Patentanspruch:

1. Verfahren zur Filmvorratsermittlung und -anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten, wobei die Filmtransporteinrichtung der Filmkassette mit einer Codescheibe zur Ermittlung der pro Filmschritt transportierten Filmlänge l, die Abwickelspule mit einer Codescheibe zur Kontrolle des erfolgten Filmtransportes versehen ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß an beiden Codescheiben während des Filmschrittes eine Impulszählung durchgeführt wird, aus der Impulszählung und der Filmschrittlänge l der Umfang der Filmrolle auf der Abwickelspule ermittelt wird, aus diesem und der Filmdicke die Anzahl der Filmwindungen und, daran anschließend, die Filmlänge sowie die Anzahl der möglichen Aufnahmen bestimmt und an einer Anzeigeeinheit angezeigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß bei Ermittlung einer definierten minimalen noch vorhandenen Filmmenge über die Anzeigeeinheit ein Warnsignal ausgelöst wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Filmvorratsermittlung und -anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten, wobei die Filmtransporteinrichtung der Filmkassette mit einer Codescheibe zur Ermittlung der pro Filmschritt transportierten Filmlänge l, die Abwickelspule mit einer Codescheibe zur Kontrolle des erfolgten Filmtransports versehen ist.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei Luftbildaufnahmegeräten wird die Filmlänge im allgemeinen als Funktion von Filmdicke und Radius bzw. Durchmesser der Filmrolle bestimmt. Als Hilfsmittel hierfür sind Fühlhebel bekannt, die im allgemeinen im Kassettendeckel untergebracht und mit einer Anzeigevorrichtung verbunden sind. Die Anzeige ist entweder in Meter Filmvorrat oder in Anzahl der Aufnahmen unterteilt.
Unterschiedliche Filmdicken werden größenordnungsmäßig durch verschiedene Skalen berücksichtigt.
Nachteile sind die geringe Anzeigegenauigkeit durch nicht ausreichende Berücksichtigung der tatsächlichen Filmdicke und die bedingte Genauigkeit der Hebelübertragung. Die Ablesung ist nur an der Kassette selbst und nicht an einer zentralen Bedieneinheit möglich.
Aus der Magnetbandtechnik (DE-OS 2918544) ist es bekannt, aus der Ermittlung der Umlaufperioden von Auf- und Abwickelspule die Restbandlänge zu ermitteln. Zur Ermittlung der notwendigen Ausgangsdaten ist bei diesen Lösungen jedoch ein Meßlauf mit anschließender Rückspulung des Bandes erforderlich. Ein derartiger Meßlauf mit anschließender Rückspulung ist in der Kassette einer Luftbildmeßkammer nicht möglich. Es ist dort ein Antrieb nur in einer Richtung vorgesehen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur Filmvorratsermittlung, das sich durch höhere Meßgenauigkeit und bessere Anzeigemöglichkeit für den Operateur auszeichnet.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist ein Verfahren zur Filmvorratsermittlung und -anzeige, das die genaue Anzeige des vorhandenen Filmvorrates an einer zentralen Bedieneinheit ermöglicht und auf den durch den Aufbau einer herkömmlichen Kassette gegebenen technischen Bedingungen aufbaut.
Die Aufgabe wird bei einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale gelöst.
Eine bevorzugte Weiterbildung ist im Unteranspruch beschrieben.

Ausführungsbeispiel

Die Kassette einer Luftbildmeßkammer ist ausgestattet mit einer Filmvorratsspule 1 und einer Filmaufwickelspule 2 sowie mit einer Filmtransporteinrichtung 3 mit entsprechenden Umlenkrollen 4 zur Führung des Filmes während des Transports. Nach der Belichtung des über dem Filmanlegerahmen 5 liegenden Filmabschnittes wird der Film jeweils um einen Filmschritt weitertransportiert.
Das erfindungsgemäße Meßprinzip zur Bestimmung des auf der Filmvorratsspule 1 noch enthaltenen Filmvorrats beruht auf der Tatsache, daß von der den Filmvorrat verkörpernden Filmrolle 7 pro Filmschritt eine definierte Filmlänge l abgewickelt und diese hierdurch um einen bestimmten Winkel gedreht wird. Die Größe dieses Drehwinkels steht in Abhängigkeit vom jeweiligen Umfang der Filmrolle 7 in einem bestimmten Verhältnis zu der noch auf ihr vorhandenen Filmlänge. Die Messung selbst beruht darauf, daß bei Ausführung des Filmschrittes mittels einer codierten Meßwalze 6, die mit der Filmtransporteinrichtung 3 verbunden ist, eine bestimmte, der Filmschrittlänge zugeordnete Anzahl von n_1 Impulsen gezählt werden. Des weiteren ist die Filmspule 1 mit einer Codescheibe 8 verbunden, auf deren Umfang im Abstand eines Winkels α Löcher oder Schlitze angeordnet sind, die durch einen nicht dargestellten Sensor abgetastet werden. Während des Filmtransportes wird die Anzahl n_3 von Filmschrittimpulsen gezählt, die zwischen zwei Zählimpulsen der Codescheibe 8 liegen. Diese sind das Maß für die Länge des Filmabschnittes auf dem Anteil des Umfanges der Filmrolle 7, der durch den Winkel α bestimmt wird. Der zugehörige Gesamtumfang U_{n_1} (n_1 = Anzahl der noch vorhandenen Filmwindungen) berechnet sich nach:

$$U_{n_1} = \frac{360° \cdot n_3}{a° \cdot n_2} \cdot l \qquad (1)$$

Hieraus ergibt sich die Anzahl n_1 der Filmwindungen nach:

$$n_1 = \frac{\frac{U_{n_1}}{\pi} - Do}{2d} \qquad (2)$$

wobei Do der Durchmesser des Spulenkerns und d die Filmdicke ist.

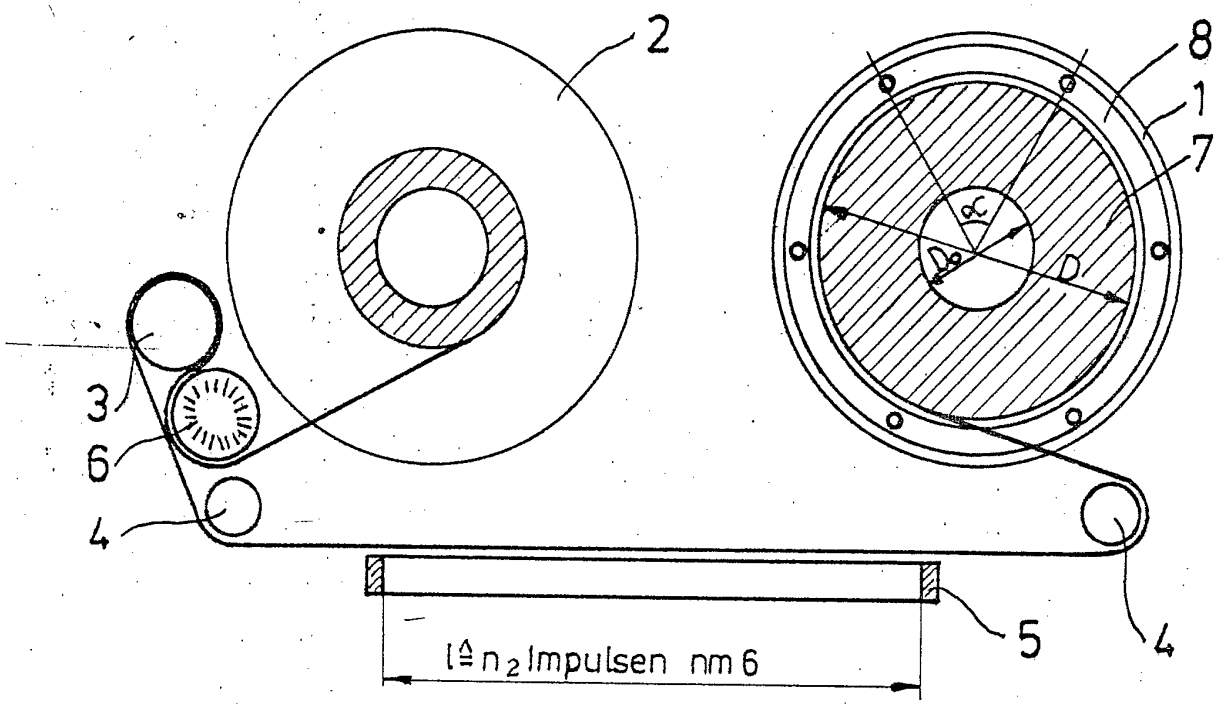
Die Filmlänge L_{n_1} berechnet sich nach:

$$L_{n_1} = n_1 \pi [Do + (n_1 + 1) d] \qquad (3)$$

und die Anzahl n_4 der noch möglichen Aufnahmen nach:

$$n_4 = \frac{L_{n_1} - xl}{l} ,$$

wobei xl eine Sicherheitsvorgabe für das nicht voll nutzbare Filmende (Zuschnitt, Nachspann) ist.
Formel (3), die auf der Basis abgeleitet wurde, daß die Filmwindungen in Form von konzentrischen Kreisen vorliegen, kann auch durch eine Ableitung auf der Basis einer Spirale ersetzt werden.



23.DEZ.1985*309717

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) **Wirtschaftspatent**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **253 099 A1**

4(51) **G 03 B 7/18**
G 01 C 11/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 03 B / 294 938 0	(22)	02.10.86	(44)	06.01.88

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD
(72) Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys.; Voß, Günther, Dipl.-Ing.; Zeth, Ulrich, DD

(54) Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses von Luftbildaufnahmekameras

(55) Luftbildaufnahme, Lichtwirkungsgrad, Verschluß, Drehscheibenverschluß, Blende, Belichtungszeit, Belichtung
(57) Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses von Luftbildaufnahmekameras, die mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung ausgerüstet sind, wobei aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine Belichtungszeit/Blenden-Kombination ermittelt sowie Blende und/oder Belichtungszeit eingestellt wird, wobei der dem Blendenwert entsprechende Lichtwirkungsgrad ermittelt und eine Korrektur der Blende oder der Belichtungszeit durchgeführt wird.

ISSN 0433-6461

4 Seiten

Patentanspruch:

1. Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses von Luftbildaufnahmekameras, die mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung ausgerüstet sind, wobei aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine Belichtungszeit/Blenden-Kombination ermittelt sowie Blende und/oder Belichtungszeit eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet,** daß der dem Blendenwert entsprechende Lichtwirkungsgrad ermittelt und eine Korrektur der Blende oder der Belichtungszeit durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß
   — der ermittelte Blendenwert eingestellt wird,
   — aus der durchgeführten Einstellung der Blendendurchmesser ermittelt wird,
   — der Wirkungsgrad und aus diesem die zugehörige Belichtungszeit ermittelt wird,
   — die zugehörige Verschlußdrehzahl ermittelt und eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß
   — durch Regelung der Verschlußdrehzahl die ermittelte Belichtungszeit eingestellt wird,
   — der zugehörige Blendenwert ermittelt und aus diesem Blendenfläche und Blendendurchmesser berechnet werden,
   — der Wirkungsgrad berechnet und aus diesem die zugehörige Blendenfläche ermittelt wird,
   — der Blendendurchmesser ermittelt und eingestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Verfahren wiederholt wird, bis die erzielte Belichtung innerhalb einer vorgegebenen Toleranz mit der vorgegebenen Belichtung übereinstimmt.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung wird bei der Aufnahme von Luftbildern für Vermessungs- und Interpretationszwecke angewandt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei den bekannten technischen Lösungen wird der mit der Blendenöffnung veränderliche Lichtwirkungsgrad durch die vorhandenen Belichtungsautomatiken nur als mittlerer Lichtwirkunsgrad berücksichtigt. In Abhängigkeit von der Blendenöffnung kann bei modernen Drehscheibenverschlüssen der Lichtwirkungsgrad in Bereichen von 0,65...0,90 variieren. Hierbei wurde bei konventionellen Aufnahmekammern der Lichtwirkungsgrad vor allem unter dem Gesichtspunkt betrachtet und gewertet, daß bei schlechtem Wirkungsgrad sich infolge der Vorwärtsbewegung des Flugzeuges die Bildverwischung gegenüber der aus dem Nominalwert der Belichtungszeit berechneten erhöht.
Es bestand die Forderung nach einem möglichst hohen Wirkungsgrad. Diese Fehlerwirkung tritt jedoch bei Aufnahmekammern mit Bildwanderungskompensation nicht mehr auf, da durch die gezielte Bewegung des Films während der Aufnahme praktisch eine Belichtung „im Stand" erreicht wird. Hierdurch kann auch ein ungünstiger Wirkungsgrad diesbezüglich akzeptiert werden. Nicht akzeptiert werden kann der sich aus der Blendenabhängigkeit ergebende Wirkungsgradbereich bezüglich seiner Wirkung auf die Belichtung. Selbst bei Berücksichtigung eines mittleren Wirkungsgrades (s. o.) verbleibt bei dem angegebenen möglichen Bereich ein Restfehler bis zu etwa 15%. Dieser systematische Fehler ist aus zwei wesentlichen Gründen zu hoch:
— die Anforderungen der modernen Bildmeßtechnik an die optimale Ausnutzung des Informationsgehaltes des Luftbildes sind in den letzten Jahren mit der Verbesserung der Aufnahmeobjekte und der Luftbildemulsionen erheblich gestiegen. Diese Anforderungen können nur bei exakter Belichtung erfüllt werden, was in der Luftbildaufnahmetechnik gegenüber der bildmäßigen Photographie wegen der hier auftretenden relativ steilen Entwicklungsgradation wesentlich schwieriger ist.
— mit Hilfe der differentiellen Belichtungsmessung kommt man heute durch die Möglichkeit, auf die Schatten, d. h. die dunkelsten Details, zu belichten, einer optimalen Belichtung wesentlich näher als mit der bisher und heute auch noch anderweitig praktizierten integralen Belichtungsmessung. Hierdurch hat der Fehleranteil von „nur" 15% infolge Vernachlässigung des Lichtwirkungsgrades wesentlich an Gewicht gewonnen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Beseitigung der oben angeführten Nachteile.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist die Verbesserung der Belichtung von Luftbildern im Hinblick auf die Erzielung einer optimalen Schwärzung im gesamten Objekthelligkeitsbereich.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses von Luftbildaufnahmekameras, die mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung ausgerüstet sind, wobei aus

der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine Belichtungszeit/Blenden-Kombination ermittelt sowie Blende und/oder Belichtungszeit eingestellt wird, dadurch gelöst, daß der dem Blendenwert entsprechende Lichtwirkungsgrad ermittelt und eine Korrektur der Blende oder der Belichtungszeit durchgeführt wird.
Eine vorteilhafte Variante des Verfahrens besteht darin, daß
— der ermittelte Blendenwert eingestellt wird
— aus der durchgeführten Einstellung der Blendendurchmesser ermittelt wird
— der Wirkungsgrad und aus diesem die zugehörige Belichtungszeit ermittelt wird
— die zugehörige Verschlußdrehzahl ermittelt und eingestellt wird.
Eine weitere vorteilhafte Ausführung besteht darin, daß
— durch Regelung der Verschlußdrehzahl die ermittelte Belichtungszeit eingestellt wird
— der zugehörige Blendenwert ermittelt und aus diesem Blendenfläche und Blendendurchmesser berechnet werden
— der Wirkungsgrad berechnet und aus diesem die zugehörige Blendenfläche ermittelt wird
— der Blendendurchmesser ermittelt und eingestellt wird
und daß das Verfahren wiederholt wird, bis die erzielte Belichtung innerhalb einer vorgegebenen Toleranz mit der vorgegebenen Belichtung übereinstimmt. Erfindungswesentlich ist, daß die Wahl von Belichtungszeit oder Blende nicht nach einer Normalbelichtungsreihe, sondern unter Berücksichtigung einer dem Lichtwirkungsgrad entsprechenden Korrektur getroffen wird.

Ausführungsbeispiel

Die für eine korrekte Belichtung notwendige effektive Belichtungszeit t_{eff} ist stets geringer als die Gesamtbelichtungszeit t_{ges}. Der Lichtwirkungsgrad ist der Quotient aus beiden.
Der Lichtwirkungsgrad ist eine Funktion der Blendenfläche F_B bzw. linear abhängig vom Blendendurchmesser d.
Geht man von einer vorgegebenen Blende aus, für die sich aus dem Blendendurchmesser d der zugehörige Wirkungsgrad η ermitteln läßt, so ergibt sich die korrekte Belichtungszeit zu

$$t_{red} = t_{norm} \cdot \eta_o \cdot \eta^{-1}$$

Hierbei ist t_{norm} die zu der vorgegebenen Blende gehörige Belichtungszeit aus der Normreihe und η_o der Wirkungsgrad für diejenige Blende, für die die Belichtungsformel kalibriert wurde.
Berücksichtigung des Lichtwirkungsgrades durch Reduzierung der Blende: Die Korrektur des Wirkungsgrades soll durch Änderung der wirksamen Blendenfläche bei vorgegebener Belichtungszeit erfolgen. Die Belichtungszeit ergibt sich aus der notwendigen Synchronisierung zur Bildfolgezeit.
Analog ergibt sich

$$F_{B_{red}} = F_{B_{norm}} \cdot \eta_o \cdot \eta^{-1}$$

Da sich mit der Korrektur der Blende von $F_{B_{norm}}$ auf $F_{B_{red}}$ der Wirkungsgrad wiederum verändert, kann für genauere Bestimmung dieser Vorgang beliebig iterativ wiederholt werden. Die Vorgabe der Belichtungszeit kann auch aus anderen Gründen als dem angeführten notwendig sein.
Folgende Verfahren sind möglich:
a)
— Ausgabe der Blende
— Einstellung der Blende
— Blende eingestellt?
— Berechnung des Blendendurchmessers $d = f(k; f)$
— Berechnung des Wirkungsgrades $\eta = h(d)$
— Berechnung der zugehörigen Belichtungszeit gemäß obiger Formel (und Berechnung der Drehzahl der Verschlußblenden)
— Einstellung der Drehzahl
b)
— Einstellen der Belichtungszeit t (Ausgabe der Motorführungsfrequenz)
— Drehzahl eingestellt?
— Ermittlung des zugehörigen Blendenwertes $k = g(t, E, x, c_R)$
— Berechnung der Blendenfläche

$$F_{B_{norm}} = f(k, f)$$

— Berechnung des Blendendurchmessers

$$d = i(k, f)$$

— Berechnung des Wirkungsgrades

$$\eta = h(d)$$

— Ermittlung der zugehörigen Blendenfläche gemäß obiger Formel
— Berechnung des Blendendurchmessers

$d_{red} = f(F_{B_{red}})$

— Berechnung der resultierenden Belichtung H'
— Vergleich $H-H' < \pm \varepsilon$
— Einstellung des Blendenwertes
Im Falle der Iteration tritt an die Stelle von η_o jeweils das η_o des vorhergegangenen Iterationsschrittes.

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) **Wirtschaftspatent**

(19) **DD** (11) **259 034 A1**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) **G 01 C 11/02**

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

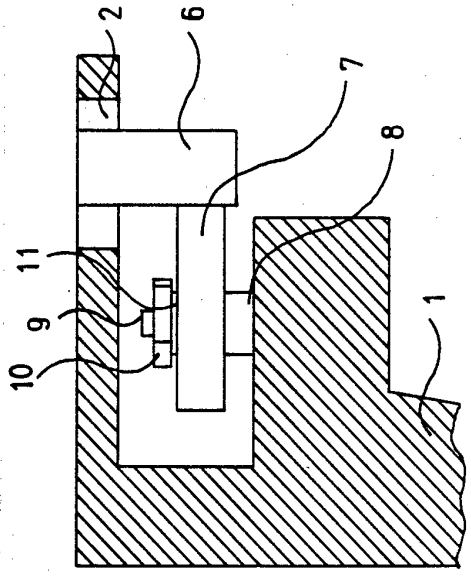
(21)	WP G 01 C / 301 397 1	(22)	02.04.87	(44)	10.08.88

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD
(72) Diete, Norbert, Dipl.-Phys.; Laack, Ulrich, Dr.-Phys.; Koch, Raimund, Dipl.-Ing.; Lauenroth, Gerhard, Dipl.-Ing.; Beck, Bernard, Dipl.-Phys., DD

(54) Anordnung zur Kompensation von Temperatureinflüssen auf die innere Orientierung von Luftbildmeßkammern

(55) Luftbildmeßkammer, innere Orientierung, Temperaturkompensation
(57) Es wird eine Anordnung zur Kompensation des Einflusses von Temperaturschwankungen auf die gegenseitige Lage der Rahmenmarken angegeben. Jede Rahmenmarke ist an einen Träger befestigt, der aus einem Material mit einem hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besteht und dessen wirksame Länge und Winkel zum Anlegerahmen justierbar ist. Fig. 2

Fig.2



ISSN 0433-6461

4 Seiten

Patentansprüche:

1. Anordnung zur Kompensation von Temperatureinflüssen auf die innere Orientierung von Luftbildmeßkammern, welche einen Objektivstutzen und einen mit diesem verbundenen Anlegerahmen für den Film sowie Projektoren für eine Anzahl von Rahmenmarken aufweisen, **gekennzeichnet dadurch,** daß zwischen den Projektoren für die Rahmenmarken und dem Anlegerahmen (bzw. Objektivstutzen) eine Kompensationseinrichtung für die Veränderung der Geometrie des Rahmens (bzw. Objektivstutzens) infolge von Temperaturänderungen vorgesehen ist.
2. Anordnung zur Kompensation von Temperatureinflüssen auf die innere Orientierung von Luftbildmeßkammern nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Kompensationseinrichtung einen Träger aus einem Material mit einem höheren Ausdehnungskoeffizienten als das Material des Rahmens (bzw. Objektivstutzens) aufweist, welcher den Projektor für die Rahmenmarke trägt und am Rahmen (bzw. Objektivstutzen) befestigt ist.
3. Anordnung zur Kompensation von Temperatureinflüssen auf die innere Orientierung von Luftbildmeßkammern nach Anspruch 2, **gekennzeichnet dadurch,** daß der Winkel zwischen dem Träger und einer Bezugskante des Anlegerahmens justierbar ist.
4. Anordnung zur Kompensation von Temperatureinflüssen auf die innere Orientierung von Luftbildmeßkammern nach Anspruch 2, **gekennzeichnet dadurch,** daß die wirksame Länge des Trägers justierbar ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft den konstruktiven Aufbau von Luftbildkameras für die Aufnahme von Meßbildern für photogrammetrische Zwecke.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die metrischen Eigenschaften einer Luftbildmeßkammer werden im wesentlichen durch die Elemente der inneren Orientierung bestimmt.
Dazu zählen:
— die Lage der Rahmenmarken
— die Kammerkonstante
— der Durchstoßpunkt der optischen Achse durch die Filmebene
— die Orientierung der optischen Achse senkrecht zur Filmebene
Wegen der während eines Bildfluges stark wechselnden Umweltbedingungen (teilweise offene Bodenluke beim Flug, Aufheizung des Flugzeuges auf dem Flugfeld durch Sonneneinstrahlung usw.) wird die Maßhaltigkeit der inneren Orientierung der Meßkammern in einem weiten Temperaturbereich (−45°C bis +55°C) auf wenige Mikrometer gefordert. Alle Fehler der inneren Orientierung wirken sich unmittelbar auf das Ergebnis der photogrammetrischen Auswertung der Luftbilder aus. Diesen hohen Anforderungen wird bei bisherigen Luftbildmeßkammern durch stabile Gestaltung der Baugruppe Kammerstutzen mit Anlagerahmen Rechnung getragen, was erhebliche Auswirkungen auf die Masse des Gerätes und den Materialeinsatz hat. Dem steht das ständige Bestreben entgegen, das Gewicht der Aufnahmesysteme zu reduzieren, was u. a. im Hinblick auf den häufig während eines Bildflugs erforderlichen Wechsel des Objektivstutzens von großer Bedeutung ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Erreichung einer hohen Temperaturstabilität der Elemente der inneren Orientierung ein Meßkammer bei gleichzeitiger Verringerung des Materialbedarfs für den Objektivstutzen und den Anlegerahmen.

Darstellung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die durch thermische Effekte bewirkte Verschiebung der für die Festlegung der inneren Orientierung maßgebenden Rahmenmarken des Anlegerahmens zu kompensieren. Diese Aufgabe löst eine Anordnung zur Kompensation von Temperatureinflüssen auf die innere Orientierung von Luftbildmeßkammern, welche einen Objektivstutzen und einen mit diesem verbundenen Anlegerahmen für den Film sowie Projektoren für eine Anzahl von Rahmenmarken aufweisen, erfindungsgemäß dadurch, daß zwischen den Projektoren für die Rahmenmarken und dem Anlegerahmen (bzw. Objektivstutzen) eine Kompensationseinrichtung für die Veränderung der Geometrie des Rahmens (bzw. Objektivstutzens) infolge von Temperaturänderungen vorgesehen ist. Dabei weist die Kompensationseinrichtung einen Träger aus einem Material mit einem höheren Ausdehnungskoeffizienten als das Material des Rahmens (bzw. Objektivstutzens) auf, welcher den Projektor für die Rahmenmarke trägt und am Rahmen (bzw. Objektivstutzen) befestigt ist.

Vorteilhafterweise ist der Winkel zwischen dem Träger und einer Bezugskante des Anlegerahmens und die wirksame Länge des Trägers justierbar.
Die Erfindung ermöglicht die exakte Justierung der Lage der Rahmenmarken zueinander und sichert die Beibehaltung dieser Lage über einen weiten Temperaturbereich.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigen

Fig. 1: eine schematische Darstellung des Anlegerahmens einer Luftbildmeßkammer
Fig. 2: die Seitenansicht einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung
Fig. 3: eine Draufsicht einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung

der Anlegerahmen 1 (Fig. 1) weist eine Reihe von Ausbrüchen 2, 3, 4, 5 auf. Er definiert die Bildebene, gegen ihn wird während der Belichtung der Film mittels einer Andruckplatte (hier nicht dargestellt) gepreßt. In den Ausbrüchen 2 befinden sich kleine Projektoren 6 für die Rahmenmarken (hier 8 Stück, aber auch nur vier sind möglich). Hinter den Ausbrüchen 3, 4, 5 befinden sich Projektoren für die Nebenabbildungen wie Bildnummer, Kammernummer, Höhe, Uhrzeit usw.. Jeder der Rahmenmarkenprojektoren 6 ist an einem Träger 7 befestigt, der wiederum fest mit dem Anlegerahmen verbunden ist. Diese tigung ist justierbar gehalten, wie aus Fig. 2 und Fig. 3 ersichtlich ist. Am Anlegerahmen 1 ist ein Zapfen 8 mit Gewindestift 9 befestigt. Is einer Mutter 10 und einer Scheibe 11 wird der Träger 7 des Rahmenmarkenprojektors 6 geklemmt, so daß er zur Justierung um den Zapfen 8 gedreht und vermittels des Langloches 12 seine wirksame Länge (Abstand Zapfen 8 — Rahmenmarkenprojektor 6) verändert werden kann. Dieser Träger ist aus einem Material mit einem höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als dem des Materials des Anlegerahmens 1 gefertigt, so daß mit einer relativ geringen wirksamen Läge die Größenänderung des gesamten Rahmens 1 kompensiert werden kann. Durch die Kompensation des Temperatureinflusses auf die gegenseitige Lage der Rahmenmarken bleibt die innere Orientierung der Luftbildmeßkammer auch bei starken Temperaturschwankungen mit hoher Genauigkeit erhalten, was sich unmittelbar auf die bei der Auswertung der Meßbilder erreichbare Genauigkeit auswirkt.

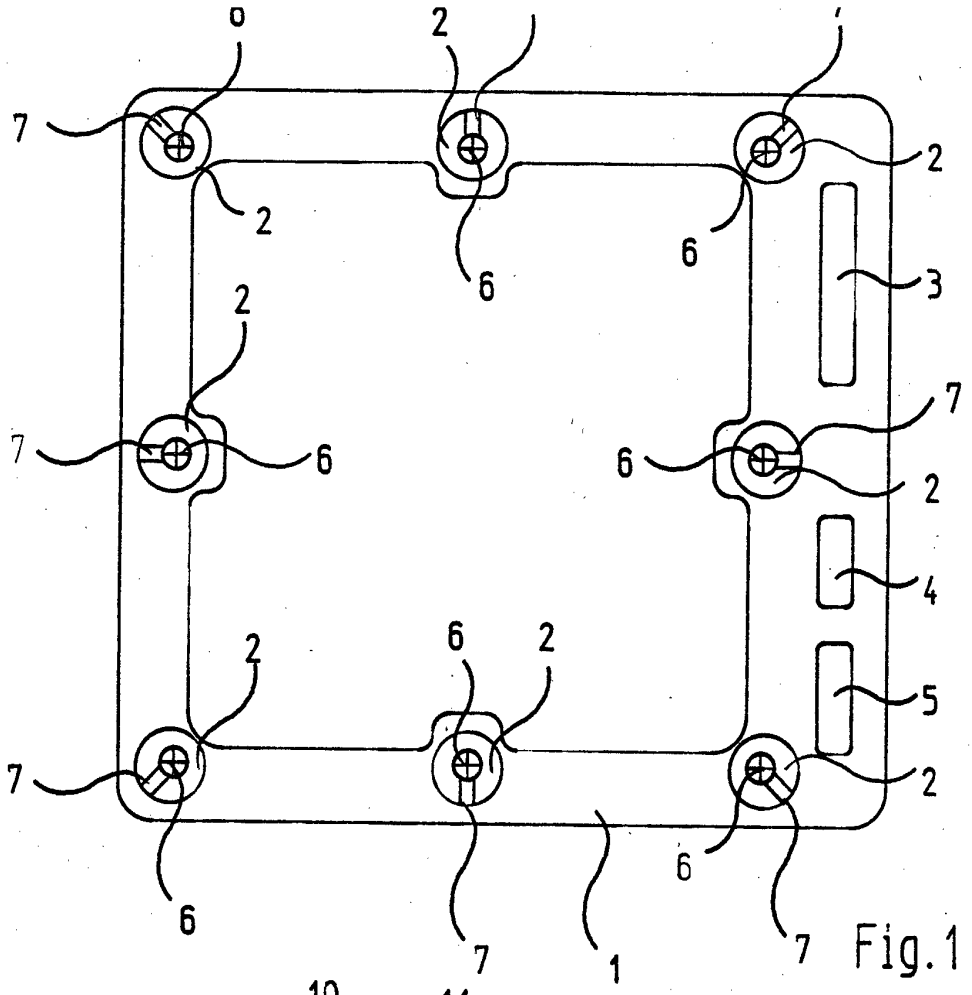


Fig.1

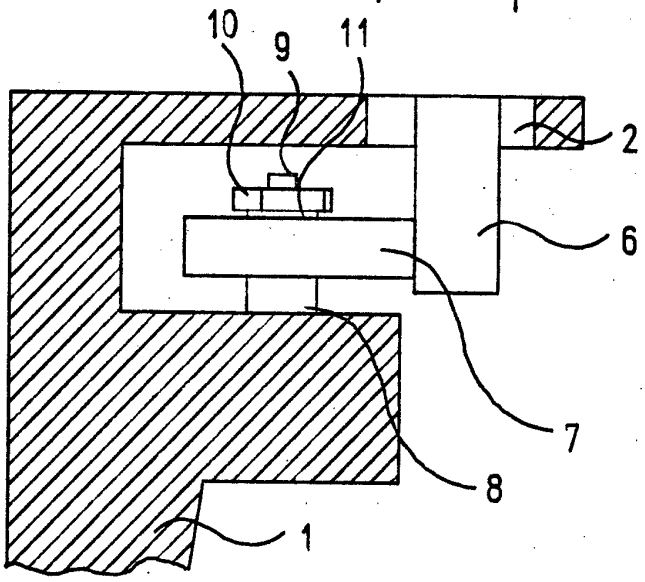


Fig.2

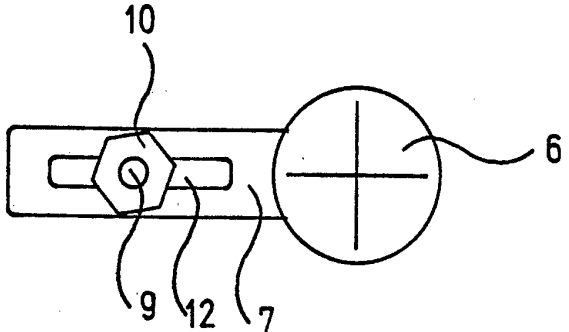


Fig.3

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 268 519 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) G 01 C 11/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

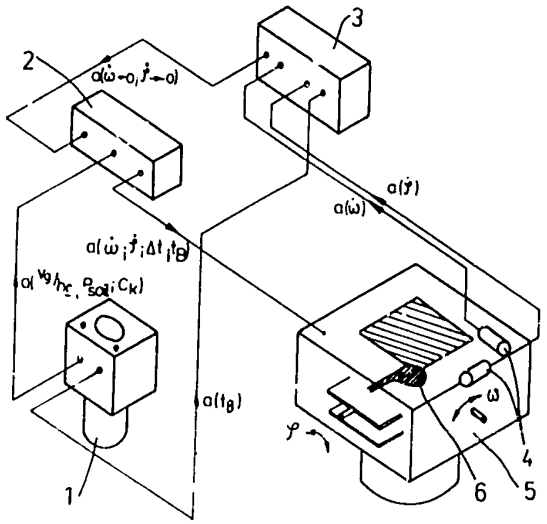
(21) WP G 01 C / 312 306 0 (22) 20.01.88 (44) 31.05.89

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD
(72) Plischke, Franz, Dipl.-Ing.; Rempke, Wilfried, Dr.-Ing.; Zeth, Ulrich, DD

(54) Verfahren zur Elimination von Bildverwischungen bei der Luftbildaufnahme

(55) Luftbildmeßkammer, Winkelgeschwindigkeitssensor, Bildverwischungen, Winkelgeschwindigkeit, Kameraneigung, Belichtung, Geschwindigkeitsminimum

(57) Um mit relativ einfachen Mitteln, ohne spezielle Besonderheiten der Kameraaufhängung, Bildverwischungen bei der Luftbildaufnahme zu eliminieren, wird die Winkelgeschwindigkeit der Kameraneigung fortlaufend registriert und die Belichtung jeweils in einem der periodisch auftretenden Geschwindigkeitsminima ausgelöst. Figur



ISSN 0433-6461

3 Seiten

Patentanspruch:

Verfahren zur Elimination von Bildverwischungen bei der Luftbildaufnahme, wobei mit der Luftbildmeßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Winkelgeschwindigkeit der Kameraneigung fortlaufend registriert und die Belichtung jeweils in einem der periodisch auftretenden Geschwindigkeitsminima ausgelöst wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist in photogrammetrischen Aufnahmesystemen, insbesondere Luftbildmeßkammern, anwendbar.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind bereits kardanisch aufgehängte und kreiselstabilisierte Kameraplattformen für Luftbildmeßkammern bekannt, wobei für jede Schwenkachse Winkelgeschwindigkeitssensoren vorgesehen sind (DE-OS 3621897), die die Längs- und Querneigung der Meßkammer erfassen. Über entsprechende Stellelemente wird die Kamera in einer möglichst ruhigen Lage gehalten, um trotz auftretender Turbulenzen verwischungsfreie Aufnahmen zu ermöglichen. Dabei gibt es mechanische und hydraulische Lösungsvarianten mit entsprechendem hard- und softwaremäßigem Aufwand. Dieser Masse- und Kostenaufwand ist in der Regel im Verhältnis zum eigentlichen Aufnahmegerät erheblich.

Ziel der Erfindung

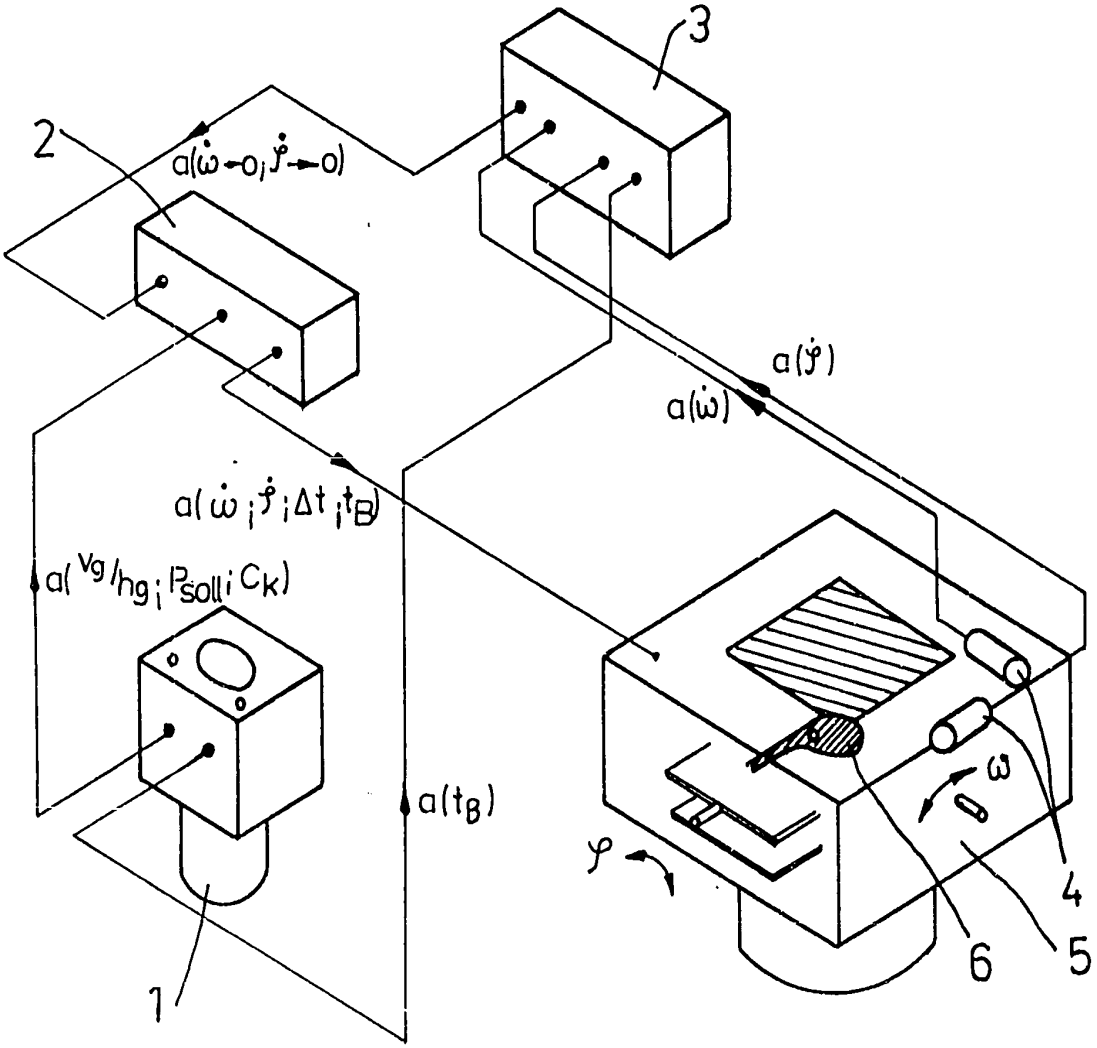
Ziel der Erfindung ist eine Lösung zur Elimination von Bildverwischungen bei der Luftbildaufnahme, die den ökonomischen Aufwand in einem zum Gesamtgerät günstigen Verhältnis hält.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Lösung anzugeben, die mit relativ einfachen, kamerainternen Mitteln auskommt und keine spezifischen Besonderheiten der Kameraaufhängung erfordert. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren zur Elimination von Bildverwischungen bei der Luftbildaufnahme, wobei mit der Luftbildmeßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden ist, dadurch gelöst, daß die Winkelgeschwindigkeit der Kameraneignung fortlaufend registriert und die Belichtung jeweils in einem der periodisch auftretenden Geschwindigkeitsminima ausgelöst wird.
Die bildverschlechternde Wirkung der Kameragеschwindigkeit wird gemäß der Erfindung passiv innerhalb der Kamera eliminiert. Die Zuordnung der obengenannten Belichtungen zu den aus der vorgegebenen Bildfolgezeit Δt (zur Realisierung einer bestimmten Längsüberdeckung aufeinanderfolgender Aufnahmen) resultierenden Belichtungszeitpunkten erfolgt, indem die Auslösung der Belichtung innerhalb gegebener Toleranzen verzögert wird, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der dem Verschluß eigenen, unter Umständen belichtungszeitabhängigen Verzögerung. Da von den angularen Schwingungen des Flugzeuges die Querneigungswinkelgeschwindigkeit die weitaus größten Amplituden erreicht, ist primär diese Komponente zu erfassen. Weiterhin können aber auch die Schwingungen um die Querachse und Hochachse des Flugzeuges erfaßt werden.
Für den Benutzer ergeben sich aus dem erfindungsgemäßen Verfahren Vorteile bezüglich des Kosten- und Materialaufwandes. Die Ausnutzungsmöglichkeiten der an sich geringsten Anzahl von Bildflugwetterlagen wird erhöht, da auch Aufnahmeflüge bei stärkerer Turbulenz ermöglicht werden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Fig. 1 zeigt die für die Erfindung wesentlichen Elemente eines photogrammetrischen Aufnahmesystems. Aus einem Steuergerät 1 werden Signale a (v_g/h_g, p_{Soll}, c_k) für die Bildfolgezeit Δt und a (t_B) für die Belichtungszeit t_B entnommen.
Von Winkelgeschwindigkeitsgebern 4 werden Signale a ($\dot{\omega}$, $\dot{\varphi}$) für den Verlauf der Winkelgeschwindigkeit $\dot{\omega}$, $\dot{\varphi}$ bereitgestellt und mit dem Signal a (t_B) für die Belichtungszeit einem Mikroprozeßrechner 3 zugeführt, der ein Auslösesignal erzeugt, das mit der Annäherung an den nächstgelegenen Nullwert der Summe der Winkelgeschwindigkeiten wirksam wird.
Das Auslösesignal a ($\dot{\omega} \rightarrow 0$, $\dot{\varphi} \rightarrow 0$) des Mikroprozeßrechners 3 sowie das vom Steuergerät 1 bereitgestellte Signal a (v_g/h_g, p_{Soll}, c_k) werden in der Synchronisiereinrichtung 2 verglichen. Stimmen beide Signale zeitlich überein, wird ein Verschlußauslösesignal dem Verschluß 6 der Kamera 5 zugeführt und damit die Belichtung bewirkt. Voraussetzung hierfür ist die Verwendung eines Verschlußtyps mit verzögerungsarmer Auslösung.


3
2
a(ω→0; ṗ→0)
a(ṗ)
a(ω)
a(ω; ṗ; Δt; tB)
a(vg/hg; Psoll; CK)
a(tB)
ω
φ
1
6
5
4

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 271 950 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) G 01 M 11/03

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

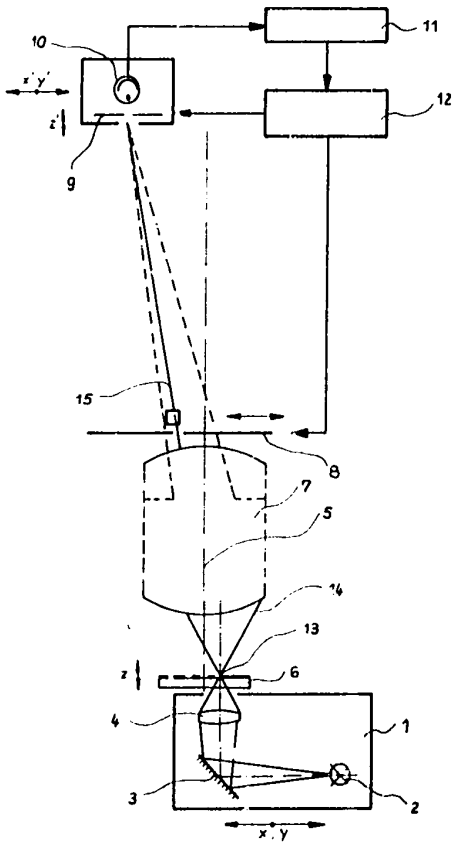
(21) WP G 01 M / 315 538 1 (22) 09.05.88 (44) 20.09.89

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD
(72) Freitag, Wolfgang, Dipl.-Phys.; Großmann, Wilfried, Dr.-Ing.; Grunewald, Uwe, Dipl.-Phys.; Rudolph, Günter, Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahren zur Bestimmung der Verzeichnungsvektoren im Luftbild optischer Systeme

(55) Verfahren, Bestimmung, Verzeichnungsvektor, Luftbild, optisches System, Stützpunkte, Meßebene, Halbebenenverschluß

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Verzeichnungsvektoren im Luftbild optischer Systeme. Das Verfahren ist zur Bildgütebestimmung optischer Systeme, insbesondere zur Bestimmung der Verzeichnung von Objektiven für die Photolithographie und die Luftbildvermessung, anwendbar. Die Erfindung besteht darin, daß in einem ersten Schritt Stützpunkte mit maximaler Punktförmigkeit für eine Meßebene mit Hilfe einer verschiebbaren Blende und eines Halbebenenverschlusses photometrisch ermittelt werden. In einen zweiten Schritt werden in der gleichen Anordnung ohne Zuhilfenahme der verschiebbaren Blende die Verzeichnungsvektoren bestimmt. Dazu wird jeder Punkt eines Objektpunktrasters mit voller Apertur in die Meßebene abgebildet. Zur photometrischen Auswertung werden die Schwerpunktkoordinaten der Bildpunkte ermittelt, indem der Halbebenenverschluß auf Intensitätsgleichheit seiner vier Quadrantensignale rechnergesteuert positioniert wird und aus allen ermittelten Lagen die Verzeichnungsvektoren im Sinne der kleinsten Fehlerquadrate errechnet werden. Figur



ISSN 0433-6461

4 Seiten

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung der Verzeichnungsvektoren im Luftbild optischer Systeme, bei dem über das optische System von einem ortsfesten fokussierbaren Objektpunktraster ein Bild in einer Meßebene erzeugt wird, und bei dem mittels fotoelektrischer Mittel aus der Lage der einzelnen Bildpunkte elektrische Signale gewonnen werden, aus denen die jeweiligen Meßgrößen für die Verzeichnung mit Hilfe eines Rechners ermittelt und zur Anzeige gebracht werden, **dadurch gekennzeichnet,** daß in einem ersten Schritt drei bis neun Stützpunkte für die Meßebene mit maximaler Punktförmigkeit ermittelt werden, wobei in bekannter Weise jedes zu einem Punkt (13) des Objektpunktrasters (6) laufende Bündel (14) mit einer verschiebbaren Blende (8) quadratischen Querschnitts in eine Vielzahl von Strahlen zerlegt wird, deren Strahlauftrefforte mit einem bekannten Halbebenenverschluß (9) photometrisch analysiert werden und aus der Verrechnung aller Strahlauftrefforte die nötige fokale Lage der Meßebene errechnet und auf den Ort der maximalen Punktförmigkeit nachgestellt wird, und daß in einem zweiten Schritt unter Erhalt der gefundenen Meßebene auf der gleichen Meßanordnung die Verzeichnungsvektoren bestimmt werden, indem mit Hilfe des besagten Halbebenenverschlusses (9) die Schwerpunktkoordinaten der Bildpunkte des Objektpunktrasters (6) ermittelt werden, wobei jeder Punkt (13) des Objektpunktrasters (6) ohne Strahlzerlegung mit voller Apertur in die Meßebene abgebildet wird und mit dem Halbebenenverschluß (9) in der gefundenen Meßebene auf Intensitätsgleichheit seiner vier Quadrantensignale rechnergesteuert positioniert wird und aus allen ermittelten Lagen die Verzeichnungsvektoren im Sinne der kleinsten Fehlerquadrate errechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß jeweils nur der Punkt (13) des Objektpunktrasters (6) beleuchtet wird, der optisch konjugiert zum Halbebenenverschluß (9) steht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein Objektpunktraster (6) aus quadratischen Öffnungen in der Größenordnung bis zum 10fachen des Objektivauflösungsvermögen verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Halbebenenverschluß (9) auf die geometrisch-optische Sollposition gefahren wird und die koordinatenmäßigen Restabweichungen aus dem Intensitätsungleichgewicht der 4 Quadrantensignale berechnet werden.

Hierzu 1 Blatt Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Verfahren ist zur Bildgütebestimmung optischer Systeme anwendbar, insbesondere zur Bestimmung der Verzeichnung von Objektiven für die Photolithographie und die Luftbildvermessung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind Verfahren zur Ermittlung der Verzeichnung und/oder des Abbildungsmaßstabes bekannt, bei denen über ein zu prüfendes optisches System von einer Vorlage mit definierter rasterartiger Anordnung punktförmiger Strukturen ein Bild in einer Meßebene erzeugt wird. Mit Hilfe fotoelektrischer Mittel werden aus der Lage der einzelnen Bildpunkte elektrische Signale gewonnen, aus denen die jeweiligen Meßgrößen für die Verzeichnung mit Hilfe eines Rechners ermittelt und zur Anzeige gebracht werden. (DD 140588 A1, DD 211869 A1, DE 3007514 A1, DE 3318293 A1)
Nachteilig bei diesen Verfahren ist, daß die für die Bestimmung der Verzeichnung notwendige hinreichende Punktförmigkeit des Bildes nicht gewährleistet ist.
Der Strukturschwerpunkt im Bild verschiebt sich aufgrund unsymmetrischer, fertigungsbedingter Bildfehleranteile auch bei telezentrischen Hauptstrahlengang in nichtlinearer Weise mit der Fokuslage. Jedes Meßverfahren für die Verzeichnung muß daher, um genau zu arbeiten, in einem gesonderten Verfahrensschritt den Abbildungsmaßstab und die Lage der Fokalebene festlegen. Bei photographischer Auswertung des Bildes der Vorlage ist die Punktförmigkeit des Bildes gegeben, da nicht genügend scharfe Platten nicht zur Auswertung herangezogen werden. Als Nachteil bleibt bei photografischen Verfahren daß sich der Einfluß der chemischen Strecke nicht separieren läßt, so daß die Verzeichnung im Luftbild nicht direkt erfaßbar ist. Die Verzeichnung ist ein zweidimensionales Vektorfeld. Eindimensionale Vereinfachungen sind insbesondere für Hochleistungsobjekte der Mikroelektronik nicht ausreichend, da Strukturen und Leiterbahnen für Montage- und Repeatprozesse zweidimensional paßfähig sein müssen.
Die bei einigen Verfahren als fotoelektrische Empfängerelemente eingesetzten CCD-Bauelemente sind der Verzeichnungsmessung nicht angepaßt. Es besteht ein Mißverhältnis zwischen Pixelgröße von 10 bis 20 µm und den zu ermittelnden Verzeichnungsgrößen im Bereich von Zehntel µm.

Ziel der Erfindung

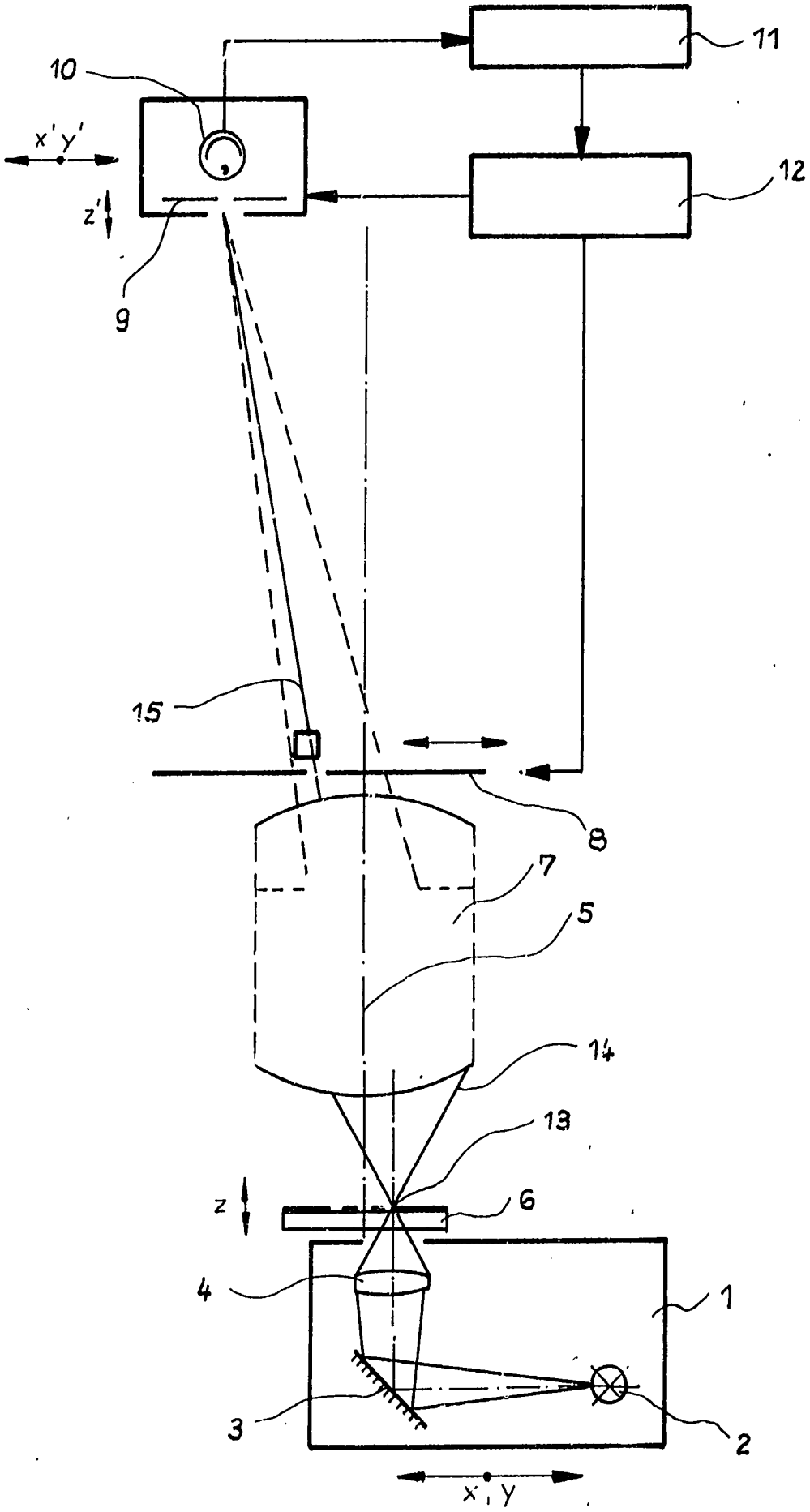
Ziel der Erfindung ist es, die Bestimmung der Verzeichnungsvektoren im Luftbild zu ermöglichen und die Genauigkeit bei der Bestimmung der Verzeichnungsvektoren zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches es ermöglicht, ohne Anwendung photochemischer Prozesse eine Ebene mit hinreichender Punktförmigkeit des Bildes zu finden, in der dann mit photoelektrischen Mitteln eine Verzeichnungsmessung durchführbar wird.
Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in einem ersten Schritt drei bis neun Stützpunkte für eine Meßebene mit maximaler Punktförmigkeit ermittelt werden. Dabei wird in bekannter Weise jedes zu einem Punkt eines Objektpunktrasters laufende Bündel mit einer verschiebbaren Blende quadratischen Querschnitts, in eine Vielzahl von Strahlen zerlegt. Die Strahlauftrefforte werden mit einem bekannten Halbebenenverschluß photometrisch analysiert. Aus der Verrechnung aller Strahlauftrefforte wird die nötige fokale Lage der Meßebene errechnet und auf den Ort der maximalen Punktförmigkeit nachgestellt.
Nach Erhalt der Meßebene werden in einem zweiten Schritt auf der gleichen Meßanordnung die Verzeichnungsvektoren bestimmt. Dazu werden mit Hilfe besagten Halbebenenverschlusses die Schwerpunktkoordinaten der Bildpunkte des Objektpunktrasters vermittelt, wobei jeder Punkt des Objektpunktrasters ohne Strahlzerlegung mit voller Apertur in die Meßebene auf Intensitätsgleichheit seiner vier Quadrantensignale rechnergesteuert positioniert wird und aus allen ermittelten Lagen die Verzeichnungsvektoren im Sinne der kleinsten Fehlerquadrate errechnet werden.
Um den Aufwand im Beleuchtungssystem gering zu halten, ist es vorteilhaft, wenn jeweils nur der Punkt des Objektpunktrasters beleuchtet wird, der optisch konjugiert zum Halbebenenverschluß steht. Für die photometrische Analyse der Strahlauftrefforte ist es von Vorteil, wenn ein Objektpunktraster aus quadratischen Öffnungen in der Größenordnung bis zum 10fachen des Auflösungsvermögens des optischen Systems verwendet wird. Eine günstige Variante zur Bestimmung der Verzeichnungsvektoren entsteht dann, wenn der Halbebenenverschluß auf die geometrisch-optische Sollposition gefahren wird und die koordinatenmäßigen Restabweichungen aus dem Intensitätsungleichgewicht der vier Quadrantensignale berechnet werden.

Ausführungsbeispiel

In der Zeichnung ist ein Schema einer Anordnung dargestellt, mit der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann.
Danach besteht die Anordnung aus einem in zwei Koordinaten x, y verschiebbar vorgesehenen Beleuchtungssystem 1, welches eine Lichtquelle 2, einen Selektivspiegel 3 und einen Kondensor 4 beinhaltet. Weiterhin sind im Strahlengang nacheinander entlang einer optischen Achse 5 angeordnet: ein Objektpunktraster 6, welches in Richtung der Achse 5 verschiebbar ist, ein zu prüfendes Objektiv 7, eine quer zur Achse 5 verschiebbare Blende 8, die eine quadratische Öffnung aufweist und wahlweise aus dem Strahlengang entfernbar ist und einen Halbebenenverschluß 9, der zusammen mit einem photoelektrischen Empfänger 10 in den Koordinatenrichtungen x', y' und z' verschiebbar angeordnet ist. Der Empfänger 10 ist über eine Photonenzählelektronik 11 mit einem Rechner 12 verbunden. Ebenso mit dem Rechner 12 verbunden sind die Einrichtungen zur Positionierung und Steuerung des Beluchtungssystems 1, des Objektpunktrasters 6, der Blende 8 und des Verschlusses 9.
Das Verfahren kann mit dieser Anordnung wie folgt durchgeführt werden:
In einem ersten Verfahrensschritt werden drei bis neun Stützpunkte für die Meßebene mit maximaler Punktförmigkeit ermittelt. Während dieses Schrittes wird jedes zu einem Punkt 13 des Objektpunktrasters 6 laufende Bündel 14 mit der Blende 8 in eine Vielzahl von Strahlen 15 zerlegt. Die Auftrefforte x', y' der Strahlen 15 werden mit dem Halbebenenverschluß 9 photometrisch analysiert.
Aus der Verrechnung aller Strahlauftrefforte wird die Lage der Meßebene mit Hilfe des Rechners 12 errechnet, so daß der Halbebenenverschluß 9 einschließlich des Empfängers 10 auf den Ort z' der maximalen Punktförmigkeit nachgestellt werden.
In einem zweiten Schritt werden die Verzeichnungsvektoren bezüglich der gefundenen Meßebene bestimmt. Dazu wird die Blende 8 aus dem Strahlengang entfernt. Damit wird jeder Punkt 13 des Objektpunktrasters 6 einzeln ohne Strahlzerlegung mit voller Apertur in die Meßebene abgebildet. Der Halbebenenverschluß 9 wird in der gefundenen Meßebene auf Intensitätsgleichheit seiner vier Quadrantensignale rechnergesteuert positioniert. Aus den ermittelten Lagen des Halbebenenverschlusses 9 werden die Verzeichnungsvektoren im Sinne der kleinsten Fehlerquadrate errechnet. Durch die Verschiebbarkeit des Beleuchtungssystems 1, ist es möglich, jeweils nur genau einen Punkt 13 des Objektpunktrasters 6 zu beleuchten. Dieser Punkt 13 und der Halbebenenverschluß 9 stehen dann jeweils optisch konjugiert zueinander.


11
10
x' y'
12
z'
9
15
8
7
5
14
13
z
6
4
1
3
2
x, y

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 272 127 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) G 01 C 11/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

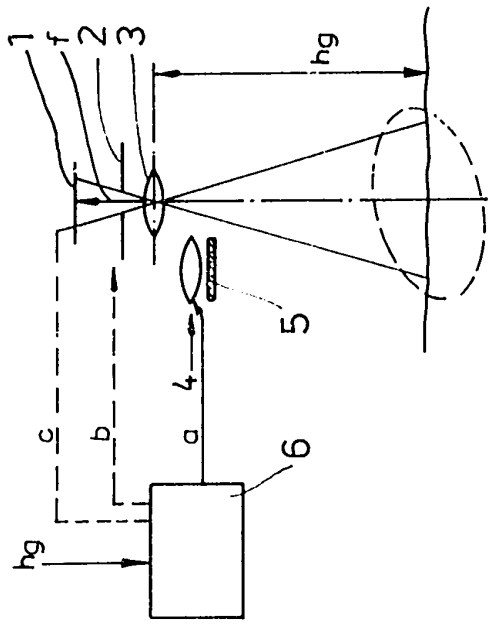
(21) WP G 01 C / 315 528 5 (22) 09.05.88 (44) 27.09.89

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD
(72) Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys.; Diete, Norbert, Dipl.-Phys.; Voß, Günther, Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildkammern

(55) differentielle Belichtungsmessung, Luftbildkammer, Sensor, Objekthelligkeit, Objektfläche, Sensorfläche, Blende

(57) Um auch aus großen Flughöhen die dunklen Objektflächen optimal abzubilden und Informationsverluste in diesen Abbildungen zu vermeiden, wird über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen, wobei die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird, was durch Veränderung der Sensorfläche, Veränderung einer dem Sensor vorgeordneten Blende oder durch Veränderung der Brennweite eines dem Sensor vorgeordneten Objektivs realisiert wird. Figur



ISSN 0433-6461

3 Seiten

Patentanspruch:

1. Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildkammern, wobei über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet,** daß die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Objektfläche durch Veränderung der Sensorfläche konstant gehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Objektfläche durch Veränderung einer dem Sensor vorgeordneten Blende konstant gehalten wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Objektfläche durch Veränderung der Brennweite eines dem Sensor vorgeordneten Objektivs konstant gehalten wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung findet bei der Luftbildaufnahme durch photogrammetrische Aufnahmesysteme Anwendung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bereits bekannt (Aufnahmesystem „LMK", VEB Carl Zeiss JENA), die Objekthelligkeit mittels eines im Objektivstutzen untergebrachten schmalwinkligen Sensors zu messen. Unter Verwendung der gemessenen minimalen Geländehelligkeiten erfolgt die Bestimmung der Belichtungsparameter, die von Hand oder automatisch auf Verschluß und Blende übertragen werden, so daß, im Gegensatz zur integralen Belichtungsmessung, die Unterbelichtung der Schattenpartien des Geländes verhindert wird.
Weiterhin wird unter Verwendung der gemessenen minimalen und maximalen Geländehelligkeiten der Geländekontrast bestimmt und in Abhängigkeit vom gewünschten Dichteumfang des Negativs eine Gradationsempfehlung ermittelt und angezeigt.
Aufgrund der Konstanz des Bildwinkels des Sensorsystems hängt die erfaßte Geländefläche vom Abbildungsmaßstab und damit von der Flughöhe ab. Mit steigender Flughöhe ergibt sich ein zunehmender Integrationseffekt über die im Empfängerfleck stochastisch verteilten Geländehelligkeiten. Daraus resultiert eine anwachsende Verfälschung der ermittelten Belichtungsparameter und Gradationsempfehlungen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, auch aus großen Flughöhen die dunklen Objektivflächen optimal abzubilden und Informationsverluste in diesen Abbildungen zu vermeiden.

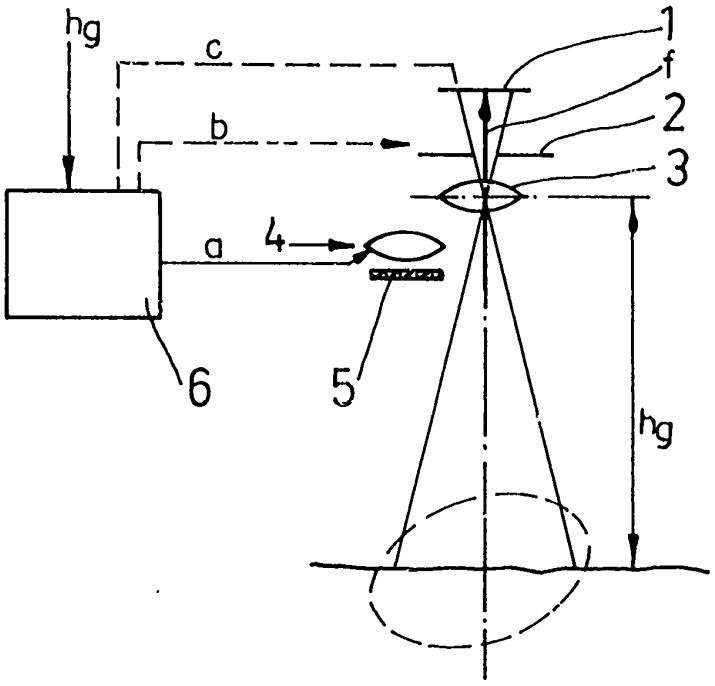
Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, eine korrekte Anzeige des Objektkontrastes unter Vermeidung von Verfälschungen bei dunklen Objektflächen zu realisieren. Die Aufgabe wird mit einem Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildkammern, wobei über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen wird, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird. Erfindungsgemäße Ausführungsformen bestehen darin, daß die Objektfläche durch Veränderung der Sensorfläche konstant gehalten wird, bzw. das die Objektfläche durch Veränderung einer dem Sensor vorgeordneten Blende konstant gehalten wird, oder daß die Objektfläche durch Veränderung der Brennweite eines dem Sensor vorgeordneten Objektivs konstant gehalten wird.
Durch die Erfindung wird die Bildqualität verbessert, was einen unmittelbaren Einfluß auf die Ökonomie nachfolgender Arbeitsschritte (photogrammetrische und interpretatorische Auswertung) hat. Die automatische Berücksichtigung der Flughöhe entlastet außerdem den Operateur von subjektiven Entscheidungen hinsichtlich bewußter Korrekturen der angezeigten bzw. eingebrachten Belichtungsparameter.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert.
In einem nicht dargestellten Objektivgehäuse ist eine Belichtungsmeßeinrichtung, bestehend aus Sensor 1, Blende 2 und Objektiv 3, deren optische Achse parallel zu der des Hauptobjektivs der Kamera verläuft, angeordnet.
Die ermittelte Flughöhe hg wird einem Steuerrechner 6, der Bestandteil des Aufnahmesystems ist, zugeführt. Dieser ermittelt aus der Flughöhe die notwendige Brennweite des Objektivs 3. Zur Einstellung der ermittelten Brennweite (Leitung a)) werden wahlweise aus Linsen 4 und Graufilter 5 bestehende optische Baugruppen eingeschwenkt. Die abgebildete Objektfläche bleibt damit immer innerhalb bestimmter vorgewählter Grenzen.
Dieser Effekt kann auch durch Veränderung der Blende 2 (Leitung b)) bzw. durch Veränderung der aktiven Sensorfläche 1, beispielsweise durch wahlweises Ab- oder Zuschalten von Teilen der Empfängerfläche (über Leitung c)) erfolgen.

272127



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 272 714 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) G 01 V 9/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 V / 315 614 0 (22) 10.05.88 (44) 18.10.89

(71) Zentrum für Umweltgestaltung Berlin, Schnellerstraße 140, Berlin, 1190, DD
(72) Voigt, Thomas, Dipl.-Phys., DD

(54) Verfahren zur luftbildgestützten Eichung und Kontrolle von Modellen für die Berechnung des küstennahen Sedimenttransportes

(55) Multispektralkamera, Multispektralbildprojektor, Küstendynamik, Küstenschutz, Umweltkontrolle, Sedimenttransportmodell, Fernerkundung, Modelleichung, Modellkontrolle, Modellkorrektur

(57) Verfahren zur luftbildgestützten Eichung und Kontrolle von Modellen für die Berechnung des küstennahen Sedimenttransportes. Dabei sind luftbildgestützte Dokumente der realen Entwicklung von Küstenbereichen innerhalb definierter Zeiträume herzustellen und mit den auf Modellrechnungen beruhenden Ergebnissender simulierten Entwicklung dieser Küstenzone in der entsprechenden Zeitspanne zu vergleichen. Mit wiederholten Vergleichen ist das Modell bei Beachtung der äußeren Parameter, z. B. meteorologischer und strömungsphysikalischer Daten, iterativ zu verändern, bis eine hinreichende Übereinstimmung mit der realen Entwicklung gewährleistet ist.

ISSN 0433-6461

4 Seiten

Patentanspruch:

Verfahren zur luftbildgestützten Eichung und Kontrolle von Modellen für die Berechnung des küstennahen Sedimenttransportes, **dadurch gekennzeichnet,** daß die mit Hilfe eines Rechenmodells auf Grundlage archivierter meteorologischer und hydrodynamischer Daten berechneten Veränderungen der Küstenlinien- und Schorremorphologie kartiert und mit den die reale Entwicklung des betreffenden Küstenabschnittes innerhalb eines festgelegten Zeitraumes charakterisieren, luftbildgestützt erarbeiteten Dokumenten, vorzugsweise Mischungen multitemporal gefertigter Spektralluftbilder und automatisch auf Basis digitalisierter Bildschwärzungsdaten hergestellter Tiefenkarten, verglichen und durch iterative Korrektur von Parametern die Modelle der realen Entwicklung hinreichend angeglichen werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung findet Anwendung bei der Sicherung und Kontrolle von Modellen zur Berechnung des küstennahen Sedimenttransportes, die eine wesentliche Rolle bei der prognostischen Beurteilung der Küstenlinien- und Schorremorphologie spielen und für die Planung von Küstenschutzbauten von Bedeutung sind.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Kontrolle der Zuverlässigkeit von Modellen zur Berechnung des küstennahen Sedimenttransportes erfolgt bisher meist mit Hilfe maßstabgetreu nachgebauter Küstenmodelle bzw. mit bodengebundenen Meßverfahren im Küstengebiet.
Für die Herstellung luftbildgestützter Dokumente zur Entwicklung der Schorre- und Küstenlinienmorphologie sind Verfahren zur Erfassung und Kartierung der Wassertiefenverhältnisse von Flachwassergebieten mittels quantitativ-fotometrischer Erfassung von Schwärzungsparametern in Meßkammerluftbildern bekannt. Ähnliche Verfahren existieren für die Umwandlung von radiometrischen Meßdaten flugzeug- bzw. satellitgebundener Scanner in Wassertiefendaten.
Weiterhin ist die Möglichkeit zeitabhängige Informationen über Merkmalsveränderungen innerhalb eines Objektraumes, durch die optisch-analoge Mischung von mehreren, zu verschiedenen Zeitpunkten gefertigten Spektralluftbildern mit Hilfe eines Multispektralprojektors in einer Bildebene zu verdichten, bekannt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Effektivität und Zuverlässigkeit von Modellen zur Berechnung des küstennahen Sedimenttransports und die Verbesserung ihrer Variabilität bei der Berücksichtigung potentieller Küstenschutzbauten im Prognosegebiet.

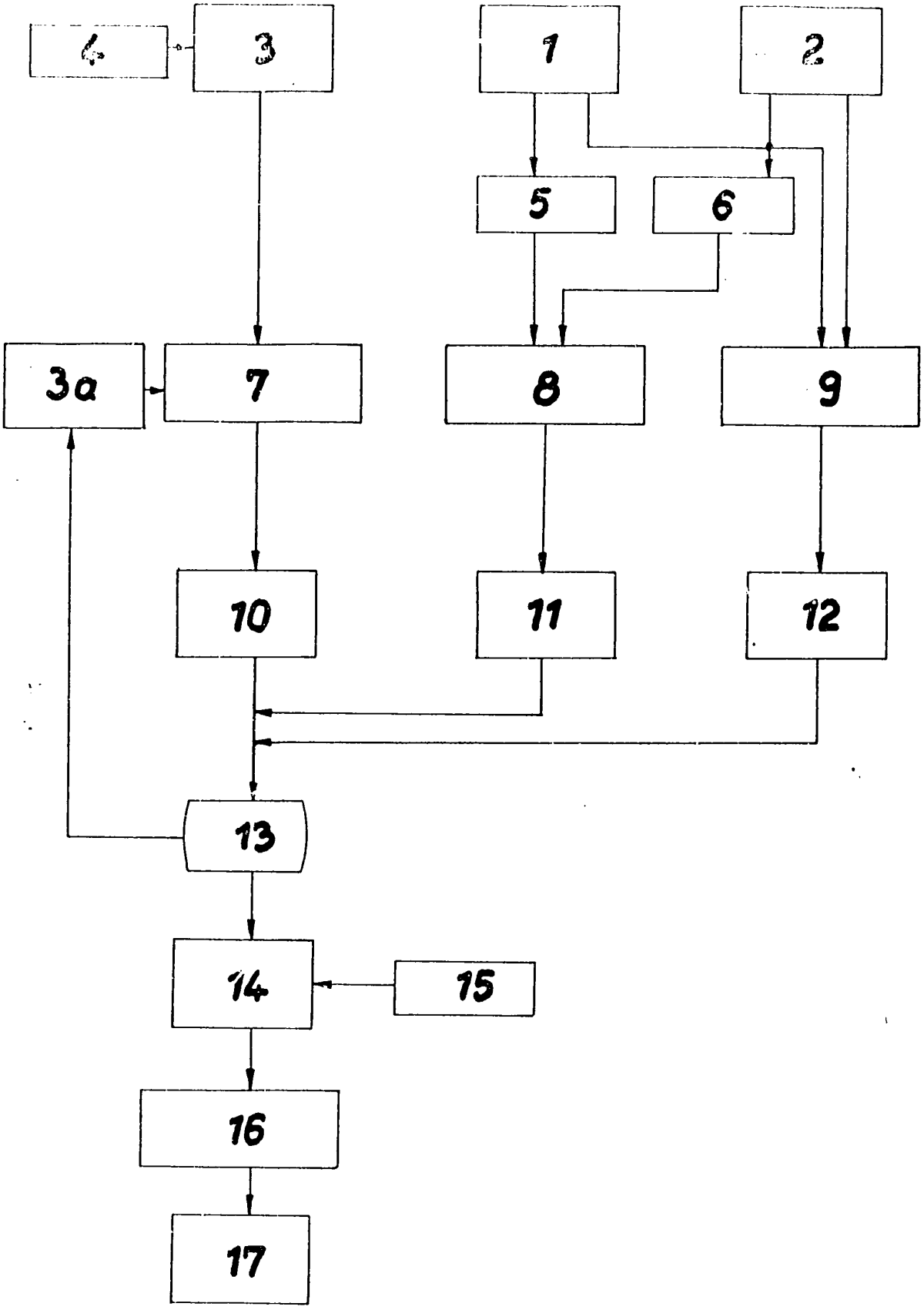
Wesen der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, Dokumente realer zeitabhängiger Veränderungen des Küstenraumes für die Eichung und Kontrolle von Sedimenttransportmodellen nutzbar zu machen.
Erfindungsgemäß werden durch optisch-analoge Mischung von geeignetem multitemporal gefertigtem Luftbildmaterial an einem Multispektralbildprojektor Bilddokumente hergestellt, die die zeitabhängige Veränderung des Küstenabschnittes durch farblich differenzierte Darstellung einzelner Entwicklungsabschnitte wiedergeben.
Auf Basis quantitativ-fotometrischer Meßverfahren und bekannter Rechenmodelle können mit einem automatischen Bildverarbeitungssystem die Wasertiefenwerte der betreffenden Küstenabschnitte luftbildgestützt ermittelt und flächendeckend kartiert werden. Damit erhält man zwei Dokumente der realen Küstenentwicklung innerhalb eines durch die Termine der beiden Luftbildflüge begrenzten Zeitraumes.
Erfidungsgemäß wird mit Hilfe eines bekannten Rechenmodells die Küstenentwicklung dieses Gebietes innerhalb des Zeitraumes bei Berücksichtigung archivierter metereologischer Randwerte und bekannter Strömungsverhältnisse simuliert. Die modellgestützt errechnete Karte der Küstenlinien- und Schorremorphologie wird mit den Dokumenten der realen Küstenentwicklung rechnergestützt verglichen.
Bei hinreichender Übereinstimmung kann das Modell für die Prognose der Küstenentwicklung genutzt werden.
Sollte die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen des Rechenmodells und denen der luftbildgestützten erarbeiteten Dokumente nicht ausreichen, so ist das Modell auf iterativem Wege durch zyklisch durchzuführende Vergleiche mit der realen Entwicklung zu korrogieren.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Blockschemas näher erläutert.
Die beiden zu unterschiedlichen Zeitpunkten über ein und denselben Küstenabschnitt gefertigten Spektralluftbilder 1, 2 werden optisch bzgl. ihres Maßstabes korrigiert und kopiert 5, 6.
Die transparenten Diapositive 5, 6, der Originalaufnahmen sind in einem Multispektralbildprojektor 8 derart zu orientieren, da eine Lageübereinstimmung identischer Geländeobjekte, welche auf den multitemporal gefertigten Spektralluftbildern unterschiedlichen Bildpunkten zugeordnet werden müssen, auf dem Projektionsschirm gewährleistet ist.
Mit Hilfe von Farbfiltern erfolgt im Projektor 8 eine Kolorierung der Spektralbilder, wobei sich die Nutzung der Farben „rot" und „grün" für die Erzeugung deutlicher Kontraste in der additiven Farbkomposition des Mischbildes 11 bewährt hat.
Nachfolgend erfaßt man quantitativ die Grauwerte der Originalluftbildnegative 1, 2 mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems 9 und berechnet anhand bekannter Algorithmen die Wassertiefenverhältnisse des betreffenden Küstenabschnittes, die in einer Karte 12 dargestellt werden.
Ein Modell zur Berechnung des Sedimenttransportes im unfernahen Raum und der daraus resultierenden Schorre- und Küstenliniendynamik 3 wird mit den erforderlichen Randwerten 4, z. B. archivierte metereologische Daten, Seegangsparameter, Strömungswerte, ergänzt und erzeugt in einer Rechneranlage 7 eine Wassertiefenkarte 10.
Diese Karte wird mit den Dokumenten der realen Küstenentwicklung 11, 12 verglichen. Anhand der zwischen den Ergebnissen der Modellberechnung und der realen Entwicklung des Gebietes im vergleichbaren Zeitraum aufgetretenen Abweichung erfolgt die Entscheidung 13, ob eine Veränderung des Modells 3a vorgenommen werden muß oder ob das Modell 14 für Prognoseberechnungen der Küstenlinien- und Schorremorphologieveränderung genutzt werden kann.
Bei negativer Entscheidung wird dieser Vorgang solange zyklisch fortgesetzt, bis die Ergebnisse des iterativ veränderten Modells den realen Verhältnissen hinreichend angenähert sind.
Das korrigierte Modell 14 kann für prognostische Berechnungen der Küstenentwicklung bei variablen Randwerten 15, wie z. B. verschiedenartigen Küstenschutzbauten im Prognosegebiet oder unterschiedliche meteorologische Bedingungen im Vorhersagezeitraum, genutzt werden.
Als Ergebnisse stehen Prognosekarten der Küstenentwicklung 17, die im entsprechen leistungsfähigen Rechnersystem 16 für eine Vielzahl unterschiedlicher Entwicklungsbedingungen des Küstenabschnittes erzeugt werden.

272714



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 272 717 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) G 03 B 27/53

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 03 B / 315 613 2 (22) 10.05.88 (44) 18.10.89

(71) Zentrum für Umweltgestaltung Berlin, Schnellerstraße 140, Berlin, 1190, DD
(72) Voigt, Thomas, Dipl.-Phys., DD

(54) Verfahren zur Herstellung von Luftbildmischungen mit Hilfe eines Multispektralbildprojektors für die Darstellung der zeitabhängigen Entwicklung der Schorre- und Küstenlinienmorphologie

(55) Multispektralkamera, Multispektralbildprojektor, Küstendynamik, Küstenschutz, Umweltkontrolle, Fernerkundung, Küsteningenieurwesen

(57) Verfahren zur Herstellung von Luftbildmischungen mit Hilfe eines Multispektralbildprojektors für die Darstellung der zeitabhängigen Entwicklung der Schorre- und Küstenlinienmorphologie. Dabei sind die mit einer Multispektralkamera in ausgewählten Spektralbereichen zu unterschiedlichen Zeitpunkten über ein und denselben Küstenabschnitt gefertigten Luftbilder nach einer fotografisch-optischen Vorbehandlung in einem Multispektralprojektor derart zu orientieren und zu bearbeiten, daß zeitabhängige Veränderungen des Objektraumes in einem Mischbild akkumuliert werden und farblich differenziert erscheinen.

ISSN 0433-6461

4 Seiten

Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Luftbildmischungen mit Hilfe eines Multispektralbildprojektors zur Darstellung der zeitabhängigen Entwicklung der Schorre- und Küstenlinienmorphologie, **gekennzeichnet dadurch,** daß zeitveränderliche Merkmale des Küstenraumes mit Hilfe multitemporal gefertigter Luftbilder definierter Spektralbereiche, nach deren Maßstabanpassung und Umkopierung in deckungsgleiche Diapositive, auf dem Projektionsbildschirm des Multispektralbildprojektors akkumuliert und in einem Mischbild farblich differenziert dargestellt werden, wobei für die Kennzeichnung zeitabhängiger submariner Reliefänderungen Bilder von Kamerakanälen der Spektralzonen geringer Lichtschwächung im Küstenwasser, vorwiegend also des grünen bzw. grüngelben Bereichs des Lichtspektrums und für die Verdeutlichung von Verschiebungen des Küstenverlaufs im Gebiet des nahen Infrarot gefertigte Spektralluftbilder verwendet werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung findet Anwendung im Küsteningenieurwesen, im Umweltschutz und in der Wasserwirtschaft bei der Beobachtung natürlicher und künstlich beeinflußter Veränderungen der Schorre- und Küstenlinienmorphologie.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Kontrolle zeitabhängiger Veränderungen im Küstenbereich erfolgt bisher vorwiegend durch terrestrische Geländevermessung. Es sind auch luftbildgestützte Methoden der Küstenüberwachung bekannt, die auf der visuellen bzw. rechnergestützten Einzelbildauswertung beruhen.
Die bodengestützten Verfahren sind durch großen zeitlichen und personellen Aufwand gekennzeichnet und erlauben nur die gleichzeitige Untersuchung in stark begrenzten Küstenabschnitten.
Luftbildgestützte Verfahren, die auf der Akkumulation von Einzelbildinformationen in einem Mischbild beruhen, wurden noch nicht für die speziellen Erfordernisse der Untersuchung zeitabhängiger Veränderungen der Küste und ihres unmittelbaren Vorfeldes spezifiziert.

Ziel der Erfindung

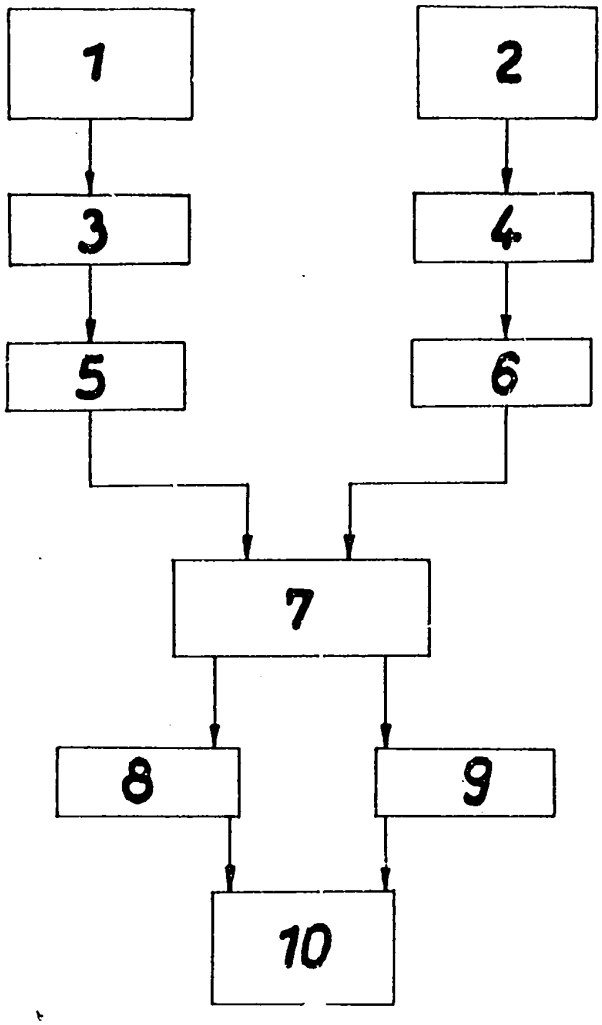
Ziel der Erfindung ist eine Methode zur effektiven, großräumigen Erfassung von Langzeitveränderungen des Küstenbereiches, die eine wesentliche Reduzierung der bisher für diese Arbeit notwendigen Zeit- und Kräfteaufwandes gestattet und darüber hinaus einen zusätzlichen Informationsgewinn realisiert.

Wesen der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Möglichkeit zur großräumigen Erfassung zeitabhängiger Veränderungen im Küsten- und küstennahen Schorrebereich zu schaffen. Dabei sollen die Veränderungen des Küstenlinienverlaufs, der Riffkammlagen und der Meeresbodenbedeckung für größere Küstengebiete über längere Zeiträume übersichtlich dargestellt werden.
Erfindungsgemäß werden durch die optisch-analoge Mischung geeigneten, multitemporal gefertigten Luftbildmaterials mit Hilfe eines Multispektralprojektors Bilddokumente hergestellt, die die zeitabhängige Veränderung des Küstenabschnittes anhand der farblich differenzierten Darstellung einzelner Entwicklungsabschnitte dokumentieren.
Für die Darstellung der zeitabhängigen Riffkamm-Verlagerung und Veränderung der Meeresbodenbedeckung werden Luftbilder derjenigen Spektralkanäle verwendet, die durch gute Lichttransparenz im Gewässer gekennzeichnet sind. Dabei bewähren sich im grünen bzw. gelbgrünen Bereich des Lichtspektrums gefertigte Luftbilder.
Sedimentumlagerungen im Strandbereich, die zur zeitabhängigen Veränderung des Küstenlinienverlaufs führen, sind gut mit Spektralluftbildern, die im Bereich des nahen Infrarot hergestellt wurden, visualisierbar. Hierbei nutzt man die kontraststarke Differenzierung der Land-Wasser-Grenze in Bildern dieses Spektralbereiches aus.
Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten gefertigten Luftbilder ein und desselben Objektbereiches werden in ihren Bildmaßstäben einander angepaßt und in ihre Diapositiv-Darstellung umkopiert. Die Diapositive sind im Multispektralbildprojektor derart zu positionieren, daß einander entsprechende Bildobjekte im Mischbild deckungsgleich projiziert werden.
Durch geeignete Auswahl der den einzelnen Projektkanälen vorgeschalteten Farbfilter werden die zeitabhängigen Veränderungen im Küstenbereich infolge additiver Farbmischung, entsprechend der Transparenz des Diapositiv-Luftbildmaterials, farblich differenziert abgebildet.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand des Blockschemas näher erläutert.
Die beiden zu unterschiedlichen Zeitpunkten über ein und denselben Küstenabschnitt gefertigten Spektralluftbilder 1, 2 werden in ihren Maßstäben einander angeglichen 3, 4 und in transparente Diapositive 5, 6 umkopiert.
In einem Multispektralbildprojektor 7 sind die Luftbildmaterialien derart zu orientieren, daß einander entsprechende Bildprojekte im Mischbild 10 deckungsgleich projiziert werden.
Zur Realisierung einer deutlichen Farbdifferenzierung zur Kennzeichnung charakteristischer Veränderungen der Küstenlinien- bzw. Schorremorphologie im Zeitraum zwischen beiden Bildflügen hat es sich bewährt, die Farbfilter „rot" und „grün" in den Strahlengang des Projektors einzubringen. Die beiden gefilterten Bilder 8, 9 werden optisch-analog durch Projektion am Bildschirm verschmolzen und ergeben ein entsprechend den Gesetzen der additiven Farbmischung koloriertes Mischbild 10 mit farbdifferenzierter Darstellung der Ergebnisse dynamischer Veränderungen des Küsten- und Schorrebereiches.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Ausschließungspatent

(19) DD (11) 281 245 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) G 01 C 11/00

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 01 C / 327 258 7 (22) 05.04.89 (44) 01.08.90

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD
(72) Klose, Heinrich, DD
(73) siehe (71)

(54) Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer

(55) Luftbildmeßkammer; Aufhängung; Abdriftwinkel; Regelkreis; Abdriftwinkelgeschwindigkeit; Winkelaufnehmer

(57) Die Erfindung betrifft die Aufhängung eine photogrammetrischen Luftbildmeßkammer. Um die Bildwanderung zu verringern und die Genauigkeit der Luftbildaufnahme zu erhöhen, ist neben einem ersten Regelkreis, der den von einem Steuer- oder Navigationsgerät ermittelten Abdriftwinkel kompensierend auf die Meßkammer überträgt, ein zweiter Regelkreis vorgesehen der die Abdriftwinkelgeschwindigkeit der Luftbildmeßkammer gegen Null oder auf eine Korrekturwinkelgeschwindigkeit regelt, die von der Regelabweichung des ersten Regelkreises abgeleitet wird. Anwendbar in photogrammetrischen Aufnahmesystemen.
Fig. 2

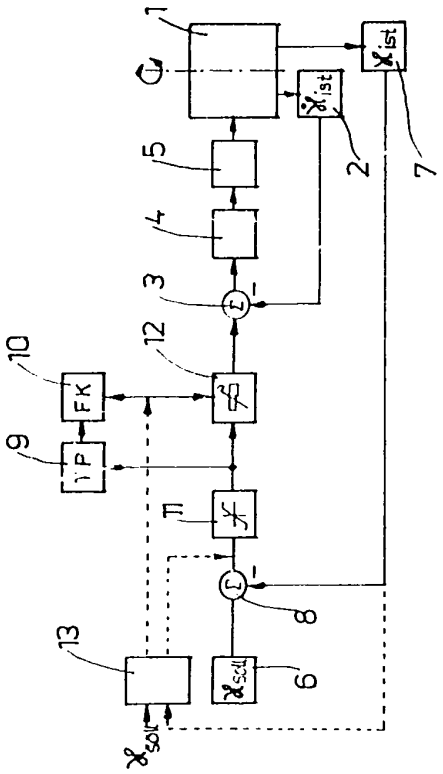


Fig. 2

ISSN 0433-6461

5 Seiten

Patentansprüche:

1. Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer, die zur Korrektur des Flugzeugabdriftwinkels einen ersten Regelkreis enthält, der den von einem Steuer- oder Navigationsgerät ermittelten Abdriftwinkel kompensierend auf die Meßkammer überträgt, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein zweiter Regelkreis vorgesehen ist, der die Abdriftwinkelgeschwindigkeit der Luftbildmeßkammer gegen Null oder auf eine Korrekturwinkelgeschwindigkeit regelt, die von der Regelabweichung des ersten Regelkreises abgeleitet wird.
2. Aufhängung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß über den ersten Regelkreis, bestehend aus einem Winkelaufnehmer, der den Ist-Abdriftwinkel zwischen Luftbildmeßkammer und Flugzeug mißt, und einem ersten Summierer, der diesen Istwert mit dem Abdrift-Sollwert des Steuergerätes vergleicht, die sich ergebende Regelabweichung über einen Begrenzungsverstärker und einen Pegelsteller, einem zweiten Summierer des zweiten Regelkreises als Winkelgeschwindigkeits-Sollwert zugeführt wird, durch diesen mit dem Winkelgeschwindigkeits-Istwert eines mit der Luftbildmeßkammer verbundenen Winkelgeschwindigkeitssensors verglichen wird und die daraus resultierende Differenz als Stellgröße über einen Regler und einen Antrieb auf die Meßkammer einwirkt, bis die Winkelgeschwindigkeit dem Ausgangspegel des Pegelstellers proportional ist.
3. Aufhängung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Ausgang des Begrenzerverstärkers weiterhin über eine Tiefpaß großer Zeitkonstante mit dem Eingang eines Fensterkomparators verbunden ist, der, falls das Eingangssignal den Fensterbereich verläßt, den Ausgangspegel des Pegelstellers auf einen größeren Wert umschaltet.
4. Aufhängung nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß der auf beliebige Art und Weise ermittelte Flugzeugabdriftwinkel in einem Rechner mit dem Ist-Abdriftwinkel der Luftbildmeßkammer verglichen wird wobei der Rechner dem Begrenzungsverstärker ein Korrektursignal zuführt und die Pegelumschaltung des Pegelstellers vornimmt.
5. Aufhängung nach Anspruch 1–4, **dadurch gekennzeichnet,** daß der mit der Luftbildmeßkammer verbundene Winkelgeschwindigkeitssensor durch einen Winkelbeschleunigungssensor mit nachgeschaltetem Integrator ersetzt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung findet vorzugsweise Anwendung in photogrammetrischen Luftbildmeßkammern, die in horizont stabilisierten Plattformen aufgehängt sind.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Praktische Ergebnisse von Bildflügen unter turbulenten Flugbedingungen zeigen, daß trotz Bildwanderungsausgleich und dynamisch stabilisierten Plattformen immer noch unkompensierte Bildwanderungskomponenten durch azimutale Drehbewegungen des Flugzeugs vorhanden sind. Unter mittelturbulenten Flugbedingungen werden Winkelgeschwindigkeiten bis 3°/s bei Frequenzen von 0,5 Hz gemessen. Die dadurch resultierenden Bildwanderungen betragen $\Delta e'_\kappa = r \cdot \sin(\kappa \cdot t)$, wobei

$\Delta e'_\kappa$: Bildwanderungsbetrag
r: Radius des betroffenen Bilddetails vom Bildmittelpunkt
κ: azimutale Winkelgeschwindigkeit
t: Belichtungszeit

Das beteutet beispielsweise bei einer azimutalen Winkelgeschwindigkeit von 2°/s und einer Belichtungszeit von $^1/_{100}$s in den Bildecken einer 23 × 23 cm² Meßkammer eine Bildwanderung von 56 µm.
Bekannte stabilisierte Aufhängungen für Luftbildmeßkammern (SU 448442, US 3703999) stabilisieren nur die beiden horizontalen Kippachsen, können daher diesen Fehler nicht ausgleichen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Verringerung der Bildwanderung und die damit verbundene Genauigkeitserhöhung der Luftbildaufnahme.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, den durch azimutale Drehbewegungen des Flugzeuges verursachten Störfaktor bei der Luftbildaufnahme weitgehend auszugleichen.
Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer, die zur Korrektur des Flugzeugabdriftwinkels einen ersten Regelkreis enthält, der den von einem Steuer- oder Navigationsgerät ermittelten Abdriftwinkel kompensierend auf die Meßkammer überträgt, dadurch gelöst, daß ein zweiter Regelkreis vorgesehen ist, der die Abdriftwinkelgeschwindigkeit der Luftbildmeßkammer gegen Null oder auf eine Korrekturwinkelgeschwindigkeit regelt, die von der Regelabweichung des ersten Regelkreises abgeleitet wird. Eine vorteilhafte Ausführung der Erfindung besteht darin, daß über den ersten Regelkreis, bestehend aus einem Winkelaufnehmer, der den Ist-Abdriftwinkel zwischen Luftbildmeßkammer und Flugzeug mißt, und einem ersten Summierer, der diesen Istwert mit dem Abdrift-Sollwert des Steuergerätes vergleicht, die sich ergebende Regelabweichung über einen Begrenzerverstärker und einen Pegelsteller einem zweiten Summierer des zweiten Regelkreises als Winkelgeschwindigkeits-Sollwert zugeführt wird, durch diesen mit dem Winkelgeschwindigkeits-Istwert eines mit der Luftbildmeßkammer verbundenen Winkelgeschwindigkeitssensors verglichen wird und die daraus resultierende Differenz als Stellgröße über einen Regler und einen Antrieb auf die Meßkammer einwirkt, bis die Winkelgeschwindigkeit dem Ausgangspegel des Pegelstellers proportionell ist.
Weiterhin ist es günstig, daß der Ausgang des Begrenzerverstärkers über einen Tiefpaß großer Zeitkonstante mit dem Eingang eines Fensterbereich verläßt, den Ausgangspegel des Pegelstellers auf einen größeren Wert umschaltet. Das ist der Fall, wenn über einen größeren Zeitraum eine einseitige Regelabweichung des ersten Regelkreises vorliegt, d.h., die absolute Abdriftposition hat eine größere Differnez zwischen Soll- und Istwert (z.B. nach ein er geflogenen Kurve). Die Umschaltung des Pegelstellers bewirkt nun eine größere Korrekturgeschwindigkeit des zweiten Regelkreises, wodurch die neue Abdriftposition schneller erreicht wird. Der auf beliebige Art und Weise ermittelte Flugzeugabdriftwinkel kann auch in einem Rechner mit dem Ist-Abdriftwinkel der Luftbildmeßkammer verglichen werden, wobei der Rechner dem Begrenzerverstärker das entsprechende Korrektursignal zuführt und die Pegelumschaltung des Pegelstellers ebenfalls vom Rechner nach beliebigen Kriterien vorgenommen werden kann. Der mit der Luftbildmeßkammer verbundene Winkelgeschwindigkeitssensor kann durch einen ausreichend empfindlichen Winkelbeschleunigungssensor mit nachgeschaltetem Integrator ersetzt werden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: Eine Prinzipdarstellung der Aufhängung der Luftbildmeßkammer.
Fig. 2: Ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung.

Die Kammer 1 ist in einem Abdriftdrehlager 14 gelagert, das im Aufhängungsoberteil 15 angeordnet ist. Das Oberteil 15 ruht über einer Horizontierungseinrichtung auf einem Unterteil 16. Der Abdriftwinkel zwischen Kammer und Flugzeug wird durch einen Winkelaufnehmer 7 gemessen, der mit dem Oberteil 15 fest verbunden ist.
Der Winkel zwischen Drehlager 14 und Oberteil 15 wird über einen Antrieb 5 eingestellt, der ebenfalls mit dem Oberteil 15 fest verbunden ist. Am Drehlager 14 ist ein Winkelgeschwindigkeitssensor 2 vorgesehen. Wie in Fig. 2 dargestellt, bildet der Winkelgeschwindigkeitssensor 2 zusammen mit dem Summierer 3, dem Regler 4 und dem Antrieb 5 einen Regelkreis, der die azimutale Winkelgeschwindigkeit der Meßkammer 1 auf eine Winkelgeschwindigkeit regelt, die dem Ausgangssignal des Pegelstellers 12 proportional ist (im Normalfall Null). Ist die Meßkammer 1 am Anfang der Flugtrasse entsprechend zu dieser ausgerichtet, bleibt die Meßkammer während der Aufnahme der Luftbilder über der Trasse immer konstant zur Trasse ausgerichtet – unabhängig von dynamischen azimutalen Drehungen des Flugzeugs, die z.B. durch Turbulenzen oder Korrekturmanöver des Pilcten hervorgerufen werden.
Da dieser schnelle Regelkreis die Meßkammer in jeder beliebigen azimutalen Position fixiert, wird ihm ein weiterer langsamer Regelkreis überlagert, der die Ausrichtung der Meßkammer zur Flugtrasse wir die herkömmliche Abdriftsteuerung ermöglicht. Dazu ist ein weiterer Meßwertumformer 7 (Winkelmessung z.B. mit Potentiometer) vorgesehen, der den Winkel zwischen Meßkammeraufhängung 15/16 (identisch mit Flugzeugabdrift) und Meßkammer 1 mißt. Dieser Meßwert (Istwert) wird im Summierer 8 mit dem Sollwert verglichen. Das Ergebnis ist eine Regelabweichung, die, über den Begrenzerverstärker 11 und den Pegelsteller 12, dem Summierer 3 des schnellen Regelkreises als Führungsgröße für die Soll-Winkelgeschwindigkeit zur Abdriftkorrektur zugeführt wird.
Im Normalfall (während der Luftbildaufnahme) ist die Korrekturwinkelgeschwindigkeit so klein festgelegt (z.B. 0,2°/s), daß die dadurch hervorgerufene Bildwanderung in den Luftbildern vernachlässigbar klein bleibt. Das dem Winkelmeßwert des Meßwertumformers 7 überlagerte dynamische azimutale Flugzeugpendeln (Regeln des schnellen Regelkreises) wird dabei durch das wesentlich langsamere Nachführen des langsamen Regelkreises weitestgehend integriert.
Durch eine Veränderung der Abdriftwinkelsollgröße entsteht ein einseitiges Korrektursignal am Ausgang des Begrenzverstärkers 11, das solange anliegt, bis die Meßkammer 1 nachgeführt ist und das Signal der Winkeldifferenz nach dem Summierer 8 wieder nullpunktsymmetrisch pendelt.
Für die Korrektur größerer Winkelbeträge, wie das z.B. nach einer geflogenen Wende erforderlich ist, wurde die neue Positionierung der Meßkammer mit der langsamen Korrekturwinkelgeschwindigkeit zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Zu diesem Zweck wird das Korrektursignal nach dem Begrenzerverstärker 11 über einen Tiefpaß (mit relativ großer Zeitkonstante) dem Fensterdiskriminator 10 zugeführt. Läuft nach einer definierten Zeit (z.B. 20s) der Tiefpaß-Ausgang aus dem Fenster des Fensterdiskriminators hinaus, schaltet dieser den Pegelsteller 12 um. Der Summierer 3 wird nun mit einer wesentlich größeren Führungsgröße beaufschlagt, so daß die Korrektur der Abdrift-Position mit einer wesentlich größeren Winkelgeschwindigkeit erfolgt. Ist die vorgesehene Abdriftposition erreicht, wird das Signal am Tiefpaß-Ausgang wieder kleiner, und der Fensterdiskrimitator schaltet den Pegelsteller wieder auf Normal- (langsam) Korrekturwinkelgeschwindigkeit zurück.

Der Abdrift-Sollwert wird wie bei klassischen unstabilisierten Systemen manuell durch ein Steuergerät 6 gemessen und durch einen Meßwertumformer (Potentiometer) elektrisch zur Meßkammer-Abdriftsteuerung übertragen, oder ein Mikro-Prozessor 13 übernimmt den Abdrift-Sollwert von einem beliebigen System (z. B. einem Steuergerät 6 oder einem Navigationssystem), den Abdrift-Istwert von dem Meßwertgeber 7 und liefert ein entsprechendes Korrekursignal (nach Soll-Ist-Wert-Vergleich) an den Begrenzerverstärker 11. Ein Mikroprozessor 13 kann auch in den Pegelsteller 12 eingreifen und nach anderen Kriterien die Schnell-Abdrift-Positionierung ein- und ausschalten.

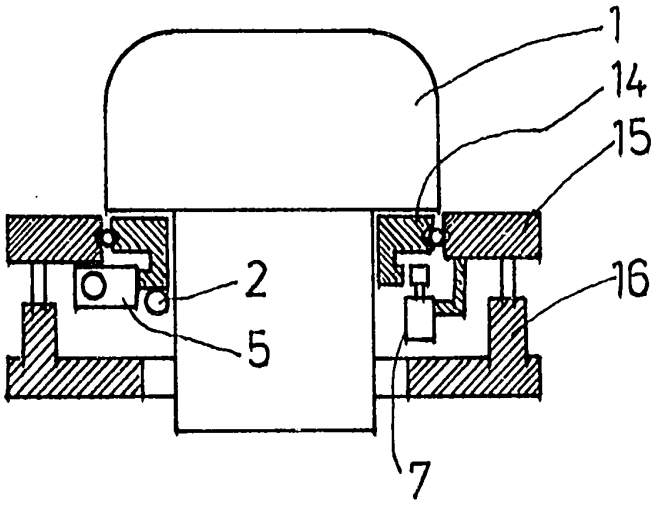

1
14
15
2
16
5
7

Fig. 1

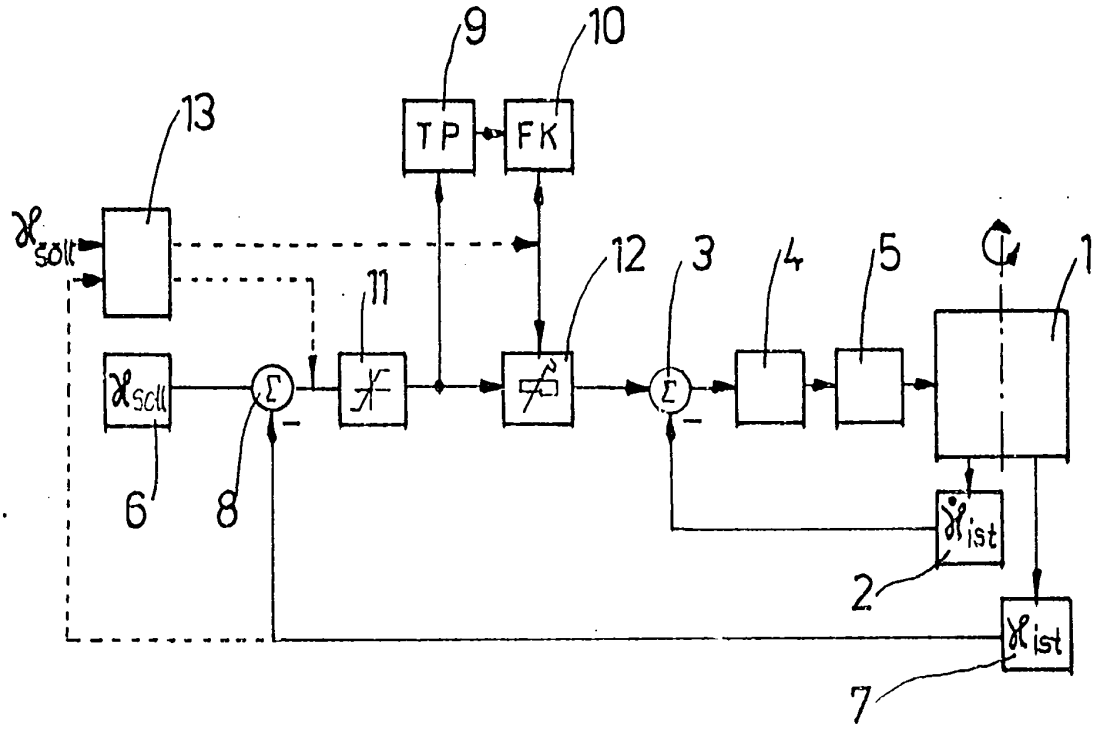

9
10
13
TP
FK
α_{soll}
12
3
4
5
1
11
α_{soll}
Σ
Σ
α_{ist}
6
8
2
α_{ist}
7

Fig. 2

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 100 10 366 A 1**

(51) Int. Cl.[7]:
G 01 C 11/02
G 01 C 11/26

(21) Aktenzeichen: 100 10 366.9
(22) Anmeldetag: 7. 3. 2000
(43) Offenlegungstag: 27. 9. 2001

(71) Anmelder:
EKOS Entwicklung und Konstruktion optischer Systeme GmbH, 12099 Berlin, DE; Retzios, Evangelos, 12099 Berlin, DE

(74) Vertreter:
Hoffmann, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 10719 Berlin

(72) Erfinder:
Retzios, Evangelos, 12099 Berlin, DE

(56) Entgegenhaltungen:

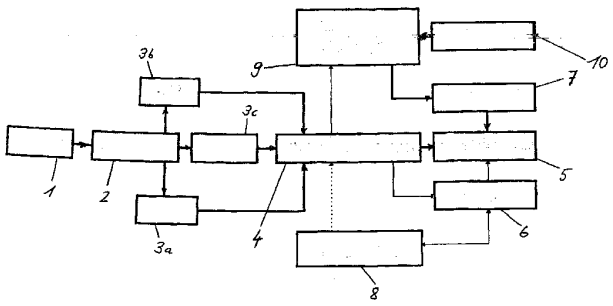
DE	197 19 620 A1
US	53 96 282
EP	6 06 906 A2
WO	97 35 166

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur digitalen Aufnahme und Speicherung von Bilddaten, insbesondere von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen digitalen Aufnahme und Speicherung von Bilddaten, insbesondere von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen. Hierzu werden die Bildinformationen der Objekte von einem Farbteilprisma in drei definierte Spektralbereiche aufgespalten und die jeweilige Aufspaltung wird auf einen CCD-Sensor hoher Pixelauflösung pro Spektralbereich gezielt. Die Bilddaten, die von den drei CCD-Sensoren gewonnen werden, werden über die Software einer mit letzteren gekoppelten Steuerungselektronik digitalisiert mit hoher Transferrate ausgelesen. Der von der Steuerungselektronik vorbereitete Datenfluß wird auf einen letzterer nachgeschalteten Massenspeicher abgelegt. Die im Massenspeicher abgelegten Bilddaten werden dann über letzterem zugeordnete Schnittstellen für nachgeschaltete Arbeitsabläufe fortlaufend abgegriffen.



DE 100 10 366 A 1

DE 100 10 366 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen digitalen Aufnahme und Speicherung von Bilddaten, insbesondere von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen.

Bei einem nach der DE 197 19 620 A1 bekannten Verfahren zur Erstellung, Bearbeitung und Nutzung von Luftaufnahmen werden zunächst mittels flächendeckender Befliegung bei geringer Höhe des Luftfahrzeuges von den gewünschten Objekten Luftaufnahmen angefertigt. Nach der Erstellung des Bildmaterials erfolgt dann dessen Digitalisierung durch hochauflösendes Scannen in ein Computersystem und mittels einer Bildbearbeitungssoftware das Speichern der Bilddaten, die dann in einen externen Rechner übertragen werden können, auf den jeder Nutzer von Luftaufnahmen mittels entsprechender Hard- und Software Zugriff erhalten soll.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs erwähnten Art zur Verfügung zu stellen, mit dem die Aufnahme von Objekten aus der Luft mittels digitaler Technik sowie die Speicherung der digitalen Informationen während des Fluges kontinuierlich und überwacht erfolgen kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur kontinuierlichen digitalen Aufnahme und Speicherung von Bilddaten, insbesondere von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen, erfolgt die Auswahl mindestens eines Objektivs in Abstimmung mit einem dem Objektiv im Strahlengang nachgeordneten Strahlteiler und damit in Abstimmung direkt auf die Korrektur der Fehler durch den optischen Glasweg und der Auswirkung der verlängerten Schnittweite sowie aufgrund der geforderten Objekte wie Panorama-, Flächen- oder Einzelobjekte, wobei der Aufnahmewinkel freiwählbar voreingestellt, jedoch während einer Aufnahmereihe konstant gehalten wird, als Strahlteiler ein Farbprisma verwendet wird, das die Bildinformation des mindestens einen Objektivs in drei definierte (z. B. blau, rot, grün) Spektralbereiche aufspaltet, die jeweils die gleiche Weglänge besitzen, die Aufteilung durch das Farbteilprisma jeweils auf einen CCD-Sensor mit verhältnismäßig hoher Pixelauflösung pro Spektralbereich gezielt wird, die von den CCD-Sensoren gewonnenen Bilddaten von einer mit den CCD-Sensoren gekoppelten Steuerungselektronik über deren Software digitalisiert mit hoher Transferrate ausgelesen und der von der Steuerungselektronik vorbereitete Datenfluß auf einen letzterer nachgeschalteten Massenspeicher mit verhältnismäßig großer Kapazität ohne Reduzierung der Transferrate kontinuierlich abgelegt und über dem Massenspeicher zugeordnete Schnittstellen für nachgeschaltete Arbeitsabläufe bei Übernahme der zuvor gewonnenen Qualitäts- und Geschwindigkeitsparameter fortlaufend abgegriffen werden und wobei ein gewünschter Datenaustausch von Flugdaten und/oder Anweisungen seitens einer Zentralsteuerung einer Bodenstation über die Schnittsellen auf die Steuerungselektronik zugreifen.

Vorteilhafterweise werden mittels der Steuerungselektronik kontinuierlich über die Schnittstelle zur Zentralsteuerung der Bodenstelle monochromatische (komprimierte) Informationen zwecks Motivabgleich und Schärfenkontrolle gesendet und bei Bewertung der Informationen als "negativ" seitens der Zentralsteuerung der Bodenstation wird von ersterer direkt über die Schnittstelle auf den Massenspeicher zugegriffe, wobei die entsprechenden Aufnahmen zur Optimierung der Auslastung gelöscht werden.

Von der Zentralsteuerung der Bodenstation können der Steuerungselektronik nach Belieben neue Koordinaten übermittelt werden, die in einer weiteren Zentralsteuerung einer Koordinatenüberwachung mit den Flugdaten verglichen werden, wobei bei Übereinstimmung der Massenspeicher aktiviert und über das Display die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahmen signalisiert wird.

Vorzugsweise werden von der Zentralsteuerung der Koordinatenüberwachung kontinuierlich die aktuellen Flugdaten mit den Soll-Daten der Zentralsteuerung der Bodenstation verglichen, wobei nur bei einer Übereinstimmung der genannten Daten der Massenspeicher freigegeben und über das Display die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahme signalisiert bzw. die Luftaufnahmen ferngesteuert oder automatisch ausgelöst werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht durch geeignete Kombination einzelner Technikstandards eine einfache, kontinuierlich Aufnahme und Speicherung von Bilddaten unter Flugbedingungen, da sämtliche zum Einsatz kommenden Komponenten darauf ausgelegt sind, ein Höchstmaß an konstant schneller Bildfolge und deren Speicherung sowie an räumlicher Auflösung und Farbtiefe zu gewährleisten. Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch für einen industriellen Einsatz sowie in besonders rauher Umgebung geeignet.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nun anhand der einzigen Figur der Zeichnung erläutert, in der die Verfahrensschritte bzw. die entsprechenden Komponenten in Form eines Blockschaltbildes dargestellt sind. Hiernach ist mindestens einem Objektiv **1** der Kamara in deren Strahlengang ein Strahlteiler **2** in Form eines Farbteilprismas nachgeordnet, das die Bildinformation des Objektivs **1** in drei definierte Spektralbereiche (z. B. blau, rot, grün) aufteilt, die jeweils die gleiche Weglänge besitzen. Die Aufteilung durch das Farbprisma **2** wird jeweils auf einen CCD-Sensor **3**a bis **3**c mit verhältnismäßig hoher Pixelauflösung pro Spektralbereich gezielt. Mit den CCD-Sensoren **3**a bis **3**c ist eine Steuerungselektronik **4** gekoppelt, über deren Software die von den CCD-Sensoren **3**a bis **3**c gewonnenen Bilddaten digitalisiert mit hoher Transferrate ausgelesen werden. Der von der Steuerungselektronik **4** vorbereite Datenfluß wird auf einen letzterer nachgeschalteten Massenspeicher **5** mit verhältnismäßig großer Kapazität ohne Reduzierung der Transferrate kontinuierlich abgelegt. über dem Massenspeicher **5** zugeordnete Schnittstellen **6** und **7** können die im Massenspeicher **5** abgelegten Daten für nachgeschaltete Arbeitsabläufe fortlaufend abgegriffen werden. So können mittels der Steuerungselektronik **4** kontinuierlich über die Schnittstelle **6** zur Zentralsteuerung **8** der Bodenstation monochromatische (komprimierte) Informationen zwecks Motivabgleich und Schärfenkontrolle gesendet werden. Werden die erhaltenen Informationen von der Zentralsteuerung **8** der Bodenstation als "negativ" bewertet, so wird von der Zentralsteuerung **8** der Bodenstation direkt über die Schnittstelle **6** auf den Massenspeicher **5** zugegriffen, wobei in letzterem die entsprechenden Aufnahmen zur Optimierung der Auslastung gelöscht werden.

Aus der einzigen Figur geht hervor, daß von der Zentralsteuerung **8** der Bodenstation der Steuerungselektronik **4** nach Belieben neue Koordinaten übermittelt werden können, die dann in einer weiteren Zentralsteuerung **9** einer Koordinatenüberwachung mit den Flugdaten **10** verglichen werden. Bei Übereinstimmung der Daten wird der Massenspeicher **5** aktiviert, und über das Display wird die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahmen signalisiert. Die aktuellen Flugdaten werden von der Zentralsteuerung **9** der Koordinatenüberwachung kontinuierlich mit den Soll-Daten der Zentralsteuerung **8** der Bodenstation verglichen. Nur bei einer Übereinstimmung der genannten Daten wird der Massenspeicher **5** freigegeben. Über das Display wird dann die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahmen signalisiert bzw. die Luftaufnahmen werden ferngesteuert oder automatisch

ausgelöst.

Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen digitalen Aufnahme und Speicherung von Bilddaten, insbesondere von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen,
bei dem die Auswahl mindestens eines Objektivs in Abstimmung mit einem dem Objektiv im Strahlengang nachgeordneten Strahlteiler und damit in Abstimmung direkt auf die Korrektur der Fehler durch den optischen Glasweg und der Auswirkung der verlängerten Schnittweite sowie aufgrund der geforderten Objekte wie Panorama-, Flächen- oder Einzelobjekte erfolgt und der Aufnahmewinkel freiwählbar voreingestellt, jedoch während einer Aufnahmereihe konstant gehalten wird,
als Strahlteiler ein Farbteilprisma verwendet wird, das die Bildinformation des mindestens einen Objektivs in drei definierte Spektralbereiche aufspaltet, die jeweils die gleiche Weglänge besitzen,
die Aufteilung durch das Farbteilprisma jeweils auf einen CCD-Sensor mit verhältnismäßig hoher Pixelauflösung pro Spektralbereich gezielt wird,
die von den CCD-Sensoren gewonnenen Bilddaten von einer mit den CCD-Sensoren gekopppelten Steuerungselektronik über deren Software digitalisiert mit hoher Transferrate ausgelesen und der von der Steuerungslektronik vorbereitete Datenfluß auf einen letzterer nachgeschalteten Massenspeicher mit verhältnismäßig großer Kapazität ohne Reduzierung der Transferrate kontinuierlich abgelegt und über dem Massenspeicher zugeordnete Schnittstellen für nachgeschaltete Arbeitsabläufe bei Übernahme der zuvor gewonnenen Qualitäts- und Geschwindigkeitsparameter fortlaufend abgegriffen werden und
bei dem ein gewünschter Datenaustausch von Flugdaten und/oder Anweisungen seitens einer Zentralsteuerung einer Bodenstation über die Schnittstellen auf die Steuerungselektronik zugreifen.

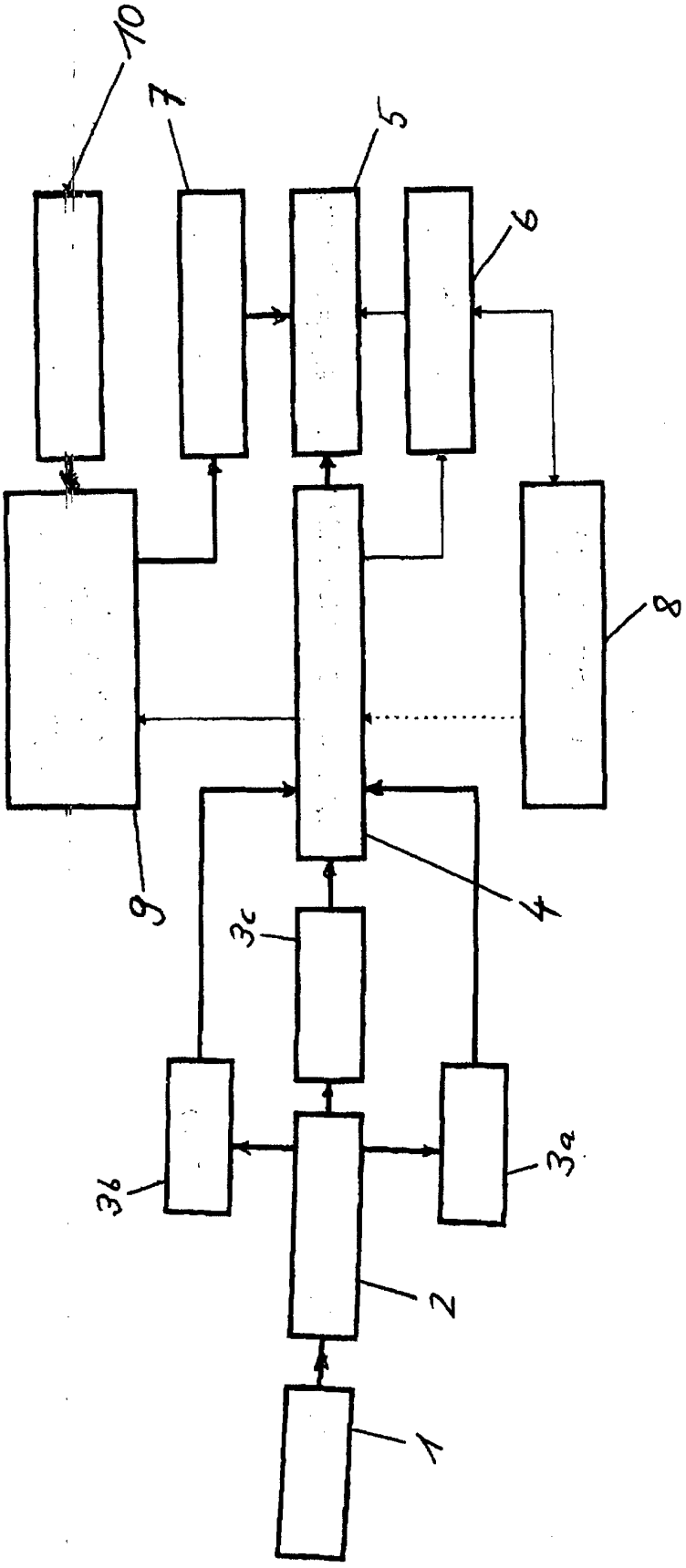
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Steuerungselektronik kontinuierlich über die Schnittstelle zur Zentralsteuerung der Bodenstation monochromatische (komprimierte) Informationen zwecks Motivabgleich und Schärfenkontrolle gesendet werden, und daß bei Bewertung der Informationen als "negativ" seitens der Zentralsteuerung der Bodenstation von ersterer direkt über die Schnittstelle auf den Massenspeicher zugegriffen wird und die entsprechenden Aufnahmen zur Optimierung der Auslastung dabei gelöscht werden.

3 Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß von der Zentralsteuerung der Bodenstation der Steuerungselektronik nach Belieben neue Koordinaten übermittelt werden, die in einer weiteren Zentralsteuerung einer Koordinatenüberwachung mit den Flugdaten verglichen werden, wobei bei Übereinstimmung der Massenspeicher aktiviert und über das Display die Bereitschaft der Kamera zu Luftbildaufnahmen signalisiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß von der Zentralsteuerung der Koordinatenüberwachung kontinuierlich die aktuellen Flugdaten mit den Soll-Daten der Zentralsteuerung der Bodenstation verglichen werden und nur bei einer Übereinstimmung der genannten Daten der Massenspeicher freigegeben und über das Display die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahmen signalisiert bzw. die Luftaufnahmen ferngesteuert oder automatisch ausgelöst werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 100 10 366 A1**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 11/02**
Offenlegungstag: 27. September 2001



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Patentschrift**

(10) **DE 100 10 366 C 2**

(51) Int. Cl.[7]:
G 01 C 11/02
G 01 C 11/26

(21) Aktenzeichen: 100 10 366.9-52
(22) Anmeldetag: 7. 3. 2000
(43) Offenlegungstag: 27. 9. 2001
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 7. 8. 2003

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:
EKOS Entwicklung und Konstruktion optischer Systeme GmbH, 12099 Berlin, DE; Retzios, Evangelos, 12099 Berlin, DE

(74) Vertreter:
Hoffmann, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 10719 Berlin

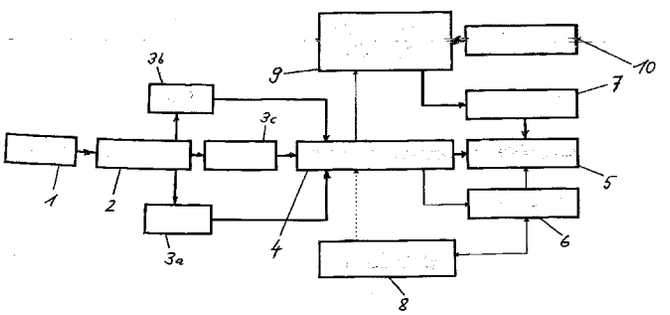
(72) Erfinder:
Retzios, Evangelos, 12099 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	197 19 620 A1
US	53 96 282
EP	6 06 906 A2
WO	97 35 166

(54) Verfahren zur digitalen Aufnahme und Speicherung von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen

(57) Verfahren zur kontinuierlichen digitalen Aufnahme und Speicherung von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen,
bei dem die Auswahl mindestens eines Objektivs in Abstimmung mit einem dem Objektiv im Strahlengang nachgeordneten Strahlteiler und damit in Abstimmung direkt auf die Korrektur der Fehler durch den optischen Glasweg und der Auswirkung der verlängerten Schnittweite sowie aufgrund der aufzunehmenden Objekte wie Panorama-, Flächen- oder Einzelobjekte erfolgt und der Aufnahmewinkel freiwählbar voreingestellt, jedoch während einer Aufnahmereihe konstant gehalten wird,
als Strahlteiler ein Farbteilerprisma verwendet wird, das den Strahlengang des mindestens einen Objektivs in mehrere Teilstrahlengänge mit definierten Spektralbereichen aufspaltet,
die Teilstrahlengänge durch das Farbteilerprisma jeweils auf einen CCD-Sensor gerichtet werden,
die von den CCD-Sensoren gewonnenen Bilddaten von einer mit den CCD-Sensoren gekopppelten Elektronik digitalisiert ausgelesen werden,
und der von der Elektronik vorbereitete Datenfluß auf einen nachgeschalteten Massenspeicher ohne Reduzierung der Transferrate kontinuierlich abgelegt und über dem Massenspeicher zugeordnete Schnittstellen für nachgeschaltete Arbeitsabläufe bei Übernahme von zuvor gewonnenen Qualitäts- und Geschwindigkeitsparametern fortlaufend abgegriffen wird,
ein gewünschter Datenaustausch von Flugdaten und/oder Anweisungen seitens einer Zentralsteuerung einer Bodenstation über die Schnittstellen auf die Elektronik erfolgt,
mittels der Elektronik kontinuierlich über die Schnittstelle zur Zentralsteuerung der Bodenstation monochromatische Informationen zwecks Motivabgleich und Schärfenkontrolle gesendet werden,
und bei dem bei Bewertung der Informationen als "negativ" seitens der Zentralsteuerung der Bodenstation von ersterer direkt über die Schnittstelle auf den Massenspeicher zugegriffen wird und die entsprechenden Aufnahmen zur Optimierung der Auslastung dabei gelöscht werden.



DE 100 10 366 C 2

DE 100 10 366 C 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen digitalen Aufnahme und Speicherung von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen.

[0002] Bei einem nach der DE 197 19 620 A1 bekannten Verfahren zur Erstellung, Bearbeitung und Nutzung von Luftaufnahmen werden zunächst mittels flächendeckender Befliegung bei geringer Höhe des Luftfahrzeuges von den gewünschten Objekten Luftaufnahmen angefertigt. Nach der Erstellung des Bildmaterials erfolgt dann dessen Digitalisierung durch hochauflösendes Scannen in ein Computersystem und mittels einer Bildbearbeitungssoftware das Speichern der Bilddaten, die dann in einen externen Rechner übertragen werden können, auf den jeder Nutzer von Luftaufnahmen mittels entsprechender Hard- und Software Zugriff erhalten soll.

[0003] Bekannt ist weiterhin ein luftgestütztes Bildaufzeichnungssystem (WO 97/35166), das mit drei separaten Kameras unterschiedliche Spektralbereiche des überflogenen Terrains erfaßt. Die Bildsignale der Kameras werden über einen Frame-Grabber einem Systemcomputer zugeführt, der die digitalen Signale mit zugeordneten GPS-Signalen und kamerabezogenen Winkel-Signalen mit hoher Datenrate in einem Speicher ablegt. Die gespeicherten Daten sind über eine Bodenstation abrufbar, über die das Bildaufzeichnungssystem für eine Befliegung auch programmiert wird.

[0004] Bekannt ist auch ein luftgestütztes Kartenaufnahmeradiometer (US 5,396,282), bei dem eine Kamera mit einer Strahlenteileranordnung zur Erfassung der Erdoberfläche in mehreren Spektralbereichen eingesetzt wird.

[0005] Bei einem Erdüberwachungssatelliten (EP 606906 A2) ist es bei der Bilddatengewinnung schließlich bekannt, zur Reduzierung der erforderlichen Übertragungskapazität des Satelliten eine Überschreibung von Speicherinhalten nach einer gewissen Zeit vorzunehmen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs erwähnten Art zur Verfügung zu stellen, mit dem die Aufnahme von Objekten aus der Luft mittels digitaler Technik sowie die Speicherung der digitalen Informationen während des Fluges in optimal ausgelasteter Weise kontinuierlich und überwacht erfolgen kann.

[0007] Zu diesem Zweck wird gemäß der Erfindung ein Verfahren zur kontinuierlichen digitalen Aufnahme und Speicherung von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen bereitgestellt, bei dem die Auswahl mindestens eines Objektivs in Abstimmung mit einem dem Objektiv im Strahlengang nachgeordneten Strahlteiler und damit in Abstimmung direkt auf die Korrektur der Fehler durch den optischen Glasweg und der Auswirkung der verlängerten Schnittweite sowie aufgrund der aufzunehmenden Objekte wie Panorama-, Flächen- oder Einzelobjekte erfolgt und der Aufnahmewinkel freiwählbar voreingestellt, jedoch während einer Aufnahmereihe konstant gehalten wird, als Strahlteiler ein Farbteilerprisma verwendet wird, das den Strahlengang des mindestens einen Objektivs in mehrere Teilstrahlengänge mit definierten Spektralbereichen aufspaltet, die Teilstrahlengänge durch das Farbteilerprisma jeweils auf einen CCD-Sensor gerichtet werden, die von den CCD-Sensoren gewonnenen Bilddaten von einer mit den CCD-Sensoren gekoppelten Elektronik digitalisiert ausgelesen werden und der von der Elektronik vorbereitete Datenfluß auf einen nachgeschalteten Massenspeicher ohne Reduzierung der Transferrate kontinuierlich abgelegt und über dem Massenspeicher zugeordnete Schnittstellen für nachgeschaltete Arbeitsabläufe bei Übernahme von zuvor gewonnenen Qualitäts- und Geschwindigkeitsparametern fortlaufend abgegriffen wird, ein gewünschter Datenaustausch von Flugdaten und/oder Anweisungen seitens einer Zentralsteuerung einer Bodenstation über die Schnittstellen auf die Elektronik erfolgt, mittels der Elektronik kontinuierlich über die Schnittstelle zur Zentralsteuerung der Bodenstation monochromatische Informationen zwecks Motivabgleich und Schärfekontrolle gesendet werden, und bei dem bei Bewertung der Informatiom als "negativ" seitens der Zentralsteuerung der Bodenstation von ersterer direkt über die Schnittstelle auf den Massenspeicher zugegriffen wird und die entsprechenden Aufnahmen zur Optimierung der Auslastung dabei gelöscht werden.

[0008] Vorzugsweise werden von der Zentralsteuerung der Bodenstation der mit den CCD-Sensoren gekoppelten Elektronik nach Belieben neue Koordinaten übermittelt, die in einer Koordinatenüberwachung mit den Flugdaten verglichen werden, wobei bei Übereinstimmung der Massenspeicher aktiviert und über das Display der Bodenstation die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahmen signalisiert wird.

[0009] Vorzugsweise werden weiterhin von der Koordinatenüberwachung kontinuierlich die aktuellen Flugdaten mit den Soll-Daten der Zentralsteuerung der Bodenstation verglichen und nur bei einer Übereinstimmung der genannten Daten der Massenspeicher freigegeben und über das Display der Bodenstation die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahme signalisiert bzw. die Luftaufnahmen ferngesteuert oder automatisch ausgelöst.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht durch geeignete Kombination einzelner Technikstandards eine kontiunierliche und überwachte Speicherung der digitalen Informationen während des Fluges in optimal ausgelasteter Weise. Sämtliche zum Einsatz kommenden Komponenten sind darauf ausgelegt, ein Höchstmaß an konstant schneller Bildfolge und deren Speicherung sowie an räumlicher Auflösung und Farbtiefe zu gewährleisten.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nun anhand der einzigen Figur der Zeichnung erläutert, in der die Verfahrensschritte bzw. die entsprechenden Komponenten in Form eines Blockschaltbildes dargestellt sind. Hiernach ist mindestens einem Objektiv **1** der Kamara in deren Strahlengang ein Strahlteiler **2** in Form eines Farbteilerprismas nachgeordnet, das den Strahlengang des Objektivs **1** in drei Teilstrahlengänge mit definierten Spektralbereichen (z. B. blau, rot, grün) aufspaltet, die jeweils die gleiche Weglänge besitzen. Die Teilstrahlengänge werden durch das Farbteilerprisma **2** jeweils auf einen CCD-Sensor **3**a bis **3**c mit verhältnismäßig hoher Pixelauflösung pro Spektralbereich gerichtet. Mit den CCD-Sensoren **3**a bis **3**c ist eine Elektronik **4** gekoppelt, über deren Software die von den CCD-Sensoren **3**a bis **3**c gewonnenen Bilddaten digitalisiert und mit hoher Transferrate ausgelesen werden. Der von der Elektronik **4** vorbereitete Datenfluß wird auf einen nachgeschalteten Massenspeicher **5** mit verhältnismäßig großer Kapazität ohne Reduzierung der Transferrate kontinuierlich abgelegt und über dem Massenspeicher **5** zugeordnete Schnittstellen **6** und **7** für nachgeschaltete Arbeitsabläufe bei Übernahme von zuvor gewonnenen Qualitäts- und Geschwindigkeitsparametern fortlaufend abgegriffen. Es erfolgt ein gewünschter Datenaustausch von Flugdaten und/oder Anweisungen seitens einer Zentralsteuerung **8** der Bodenstation über die Schnittstellen. Mittels der Elektronik **4** werden kontinuierlich über die Schnittstelle **6** zur Zentralsteuerung **8** der Bodenstation monochromatische Informationen zwecks Motivabgleich und Schärfenkontrolle gesendet. Werden die erhaltenen Informationen von der Zentralsteuerung **8** der Bodenstation als "negativ" bewertet, so wird von der Zentralsteuerung **8** der Bodenstation direkt über die Schnittstelle **6** auf den Massenspeicher **5** zugegriffen und die entsprechen-

den Aufnahmen zur Optimierung der Auslastung dabei gelöscht.

[0012] Aus der einzigen Figur geht hervor, daß von der Zentralsteuerung **8** der Bodenstation der Elektronik **4** nach Belieben neue Koordinaten übermittelt werden können, die dann in einer weiteren Zentralsteuerung **9** einer Koordinatenüberwachung mit den Flugdaten **10** verglichen werden. Bei Übereinstimmung der Daten wird der Massenspeicher **5** aktiviert und über das Display wird die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahmen signalisiert. Die aktuellen Flugdaten werden von der Zentralsteuerung **9** der Koordinatenüberwachung kontinuierlich mit den Soll-Daten der Zentralsteuerung **8** der Bodenstation verglichen. Nur bei einer Übereinstimmung der genannten Daten wird der Massenspeicher **5** freigegeben. Über das Display wird dann die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahmen signalisiert bzw. die Luftaufnahmen werden ferngesteuert oder automatisch ausgelöst.

Patentansprüche

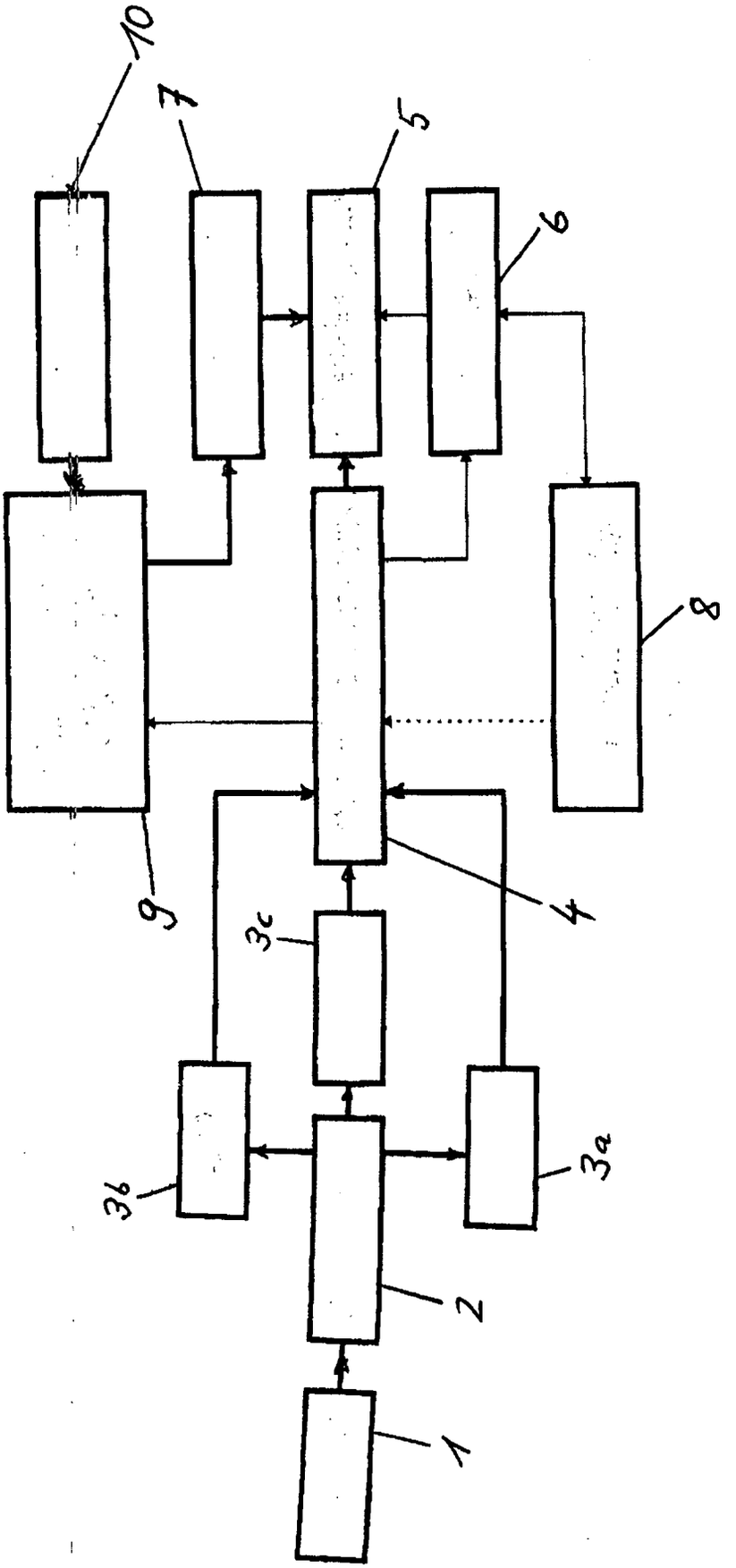
1. Verfahren zur kontinuierlichen digitalen Aufnahme und Speicherung von Luftbildaufnahmen unter Flugbedingungen,
bei dem die Auswahl mindestens eines Objektivs in Abstimmung mit einem dem Objektiv im Strahlengang nachgeordneten Strahlteiler und damit in Abstimmung direkt auf die Korrektur der Fehler durch den optischen Glasweg und der Auswirkung der verlängerten Schnittweite sowie aufgrund der aufzunehmenden Objekte wie Panorama-, Flächen- oder Einzelobjekte erfolgt und der Aufnahmewinkel freiwählbar voreingestellt, jedoch während einer Aufnahmereihe konstant gehalten wird,
als Strahlteiler ein Farbteilerprisma verwendet wird, das den Strahlengang des mindestens einen Objektivs in mehrere Teilstrahlengänge mit definierten Spektralbereichen aufspaltet,
die Teilstrahlengänge durch das Farbteilerprisma jeweils auf einen CCD-Sensor gerichtet werden,
die von den CCD-Sensoren gewonnenen Bilddaten von einer mit den CCD-Sensoren gekopppelten Elektronik digitalisiert ausgelesen werden,
und der von der Elektronik vorbereitete Datenfluß auf einen nachgeschalteten Massenspeicher ohne Reduzierung der Transferrate kontinuierlich abgelegt und über dem Massenspeicher zugeordnete Schnittstellen für nachgeschaltete Arbeitsabläufe bei Übernahme von zuvor gewonnenen Qualitäts- und Geschwindigkeitsparametern fortlaufend abgegriffen wird,
ein gewünschter Datenaustausch von Flugdaten und/oder Anweisungen seitens einer Zentralsteuerung einer Bodenstation über die Schnittstellen auf die Elektronik erfolgt,
mittels der Elektronik kontinuierlich über die Schnittstelle zur Zentralsteuerung der Bodenstation monochromatische Informationen zwecks Motivabgleich und Schärfenkontrolle gesendet werden,
und bei dem bei Bewertung der Informationen als "negativ" seitens der Zentralsteuerung der Bodenstation von ersterer direkt über die Schnittstelle auf den Massenspeicher zugegriffen wird und die entsprechenden Aufnahmen zur Optimierung der Auslastung dabei gelöscht werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß von der Zentralsteuerung der Bodenstation der mit den CCD-Sensoren gekoppelten Elektronik nach Belieben neue Koordinaten übermittelt werden, die in einer Koordinatenüberwachung mit den Flugdaten verglichen werden, wobei bei Übereinstimmung der Massenspeicher aktiviert und über das Display der Bodenstation die Bereitschaft der Kamera zu Luftbildaufnahmen signalisiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß von der Koordinatenüberwachung kontinuierlich die aktuellen Flugdaten mit den Soll-Daten der Zentralsteuerung der Bodenstation verglichen werden und nur bei einer Übereinstimmung der genannten Daten der Massenspeicher freigegeben und über das Display der Bodenstation die Bereitschaft der Kamera zu Luftaufnahmen signalisiert bzw. die Luftaufnahmen ferngesteuert oder automatisch ausgelöst werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 100 10 366 C2**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 11/02**
Veröffentlichungstag: 7. August 2003



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 100 13 567 A 1**

(51) Int. Cl.[7]:
G 01 C 11/02
H 04 N 5/335
H 04 N 5/232
G 02 B 7/28

(21) Aktenzeichen: 100 13 567.6
(22) Anmeldetag: 14. 3. 2000
(43) Offenlegungstag: 27. 9. 2001

DE 100 13 567 A 1

(71) Anmelder:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 53175 Bonn, DE; LH Systems GmbH, Heerbrugg, CH

(74) Vertreter:
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489 Berlin

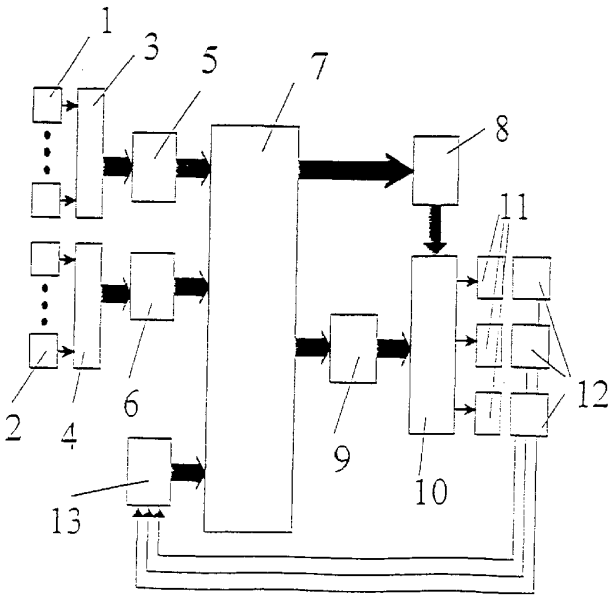
(72) Erfinder:
Driescher, Hans, Dr., 12559 Berlin, DE; Eckardt, Andreas, 12524 Berlin, DE; Biering, Bernd, 13053 Berlin, DE; Greiner-Bär, Michael, 12489 Berlin, DE; Grote, Ute, 12559 Berlin, DE; Hotz, Alois, Götzis, AT; Winterfeld, Walter, Widnau, CH

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Luftbildkamera für die Photogrammetrie

(57) Die Erfindung betrifft eine Luftbildkamera für die Photogrammetrie, umfassend ein Objektiv und eine Fokalebene, auf der photosensitive elektrische Bauelemente angeordnet sind, wobei der Fokalebene eine in Richtung der optischen Achse wirkende Stelleinrichtung zugeordnet ist, wobei die Luftbildkamera mindestens einen Sensor zur Erfassung einer Fokusdrift oder einer Größe zur Abschätzung der Fokusdrift umfaßt, wobei die Fokalebene in Abhängigkeit von der erfaßten oder abgeschätzten Fokusdrift entgegen der Fokusdrift in der optischen Achse bewegbar ist.



DE 100 13 567 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Luftbildkamera für die Photogrammetrie gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Photogrammetrische Luftbildkameras mit photosensitiven elektronischen Bauelementen haben gegenüber den herkömmlichen Film-Kameras den Vorteil, daß die Daten sofort in digitaler Form vorliegen.

Die Filmebene einer solchen photogrammetrischen Kamera wird dabei durch eine Fokalebene ersetzt, die z. B. aus einer speziellen Anordnung von CCD-Zeilen bestehen kann, mit denen unterschiedliche geometrische und spektrale Informationen gewonnen werden können.

Um eine scharte Abbildung zu erreichen, müssen die lichtempfindlichen Pixel der CCD-Zeilen, die ihrerseits in einer Ebene fest angeordnet sind, genau mit der Bildebene des Objektives in Übereinstimmung gebracht werden. In Abhängigkeit von Brennweite und Öffnungsverhältnis des verwendeten Objektives sind nur sehr kleine Lageabweichungen zwischen der Bildebene und der Fokalebene zugelassen.

Typische Toleranzen liegen im Bereich von +10 µm, wird diese Toleranz überschritten, macht sich das in einer merklichen Verschlechterung der Punktverwaschungsfunktion bemerkbar, d. h die Aufnahme wird dann mit zunehmender Toleranzüberschreitung immer unschärfer.

Dabei hat sich im praktischen Einsatz gezeigt, daß die theoretisch möglichen Abbildungsschärfen nicht erreicht werden.

Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Luftbildkamera für die Photogrammetrie zu schaffen, mittels derer eine verbesserte Abbildungsschärfe erzielt werden kann.

Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch den Gegenstand mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Hierzu ist der Fokalebene der Luftbildkamera eine Stelleinrichtung zugeordnet, mittel derer die Fokalebene in Richtung der optischen Achse bewegbar ist, um die während des Fluges auftretende Fokusdrift zu kompensieren. Dabei gibt es prinzipiell die Möglichkeit, die Fokusdrift auszuregeln oder gegenzusteuern.

Bei der Ausregelung wird die Fokusdrift direkt erfaßt. Hierzu dient beispielsweise ein Fokusdetektor, dessen Ausgangssignale die Stellgröße für die Stelleinrichtung bilden. Dabei wird die Fokalebene stets derart nachgeführt, daß die Fokusdrift zu Null geregelt wird, wobei die Ursache für die Fokusdrift nicht weiter in Erwägung gezogen wird. Ein derartiger Fokusdetektor kann beispielsweise durch eine kleine separate CCD-Matrix gebildet werden, die mit Hilfe einer ins Unendliche abgebildeten kreisrunden Fläche bestrahlt, die beispielsweise von 30 Pixeln der CCD-Matrix erfaßt wird. Hiermit wird der kalibrierte Ist-Zustand definiert. Sollte sich nunmehr durch äußere Einflüsse der Fokus verschieben, so werden mehr als 30 Pixel beleuchtet. Diese Fokusdrift kann nun anhand dieser Information ausgeregelt werden, bis wieder nur 30 Pixel beleuchtet werden Die ins Unendliche abgebildete kreisrunde Fläche kann dabei beispielsweise durch eine Kollimatoroptik vor dem Objektiv erzeugt werden, die dabei derart angeordnet ist, daß das optische Sichtfeld der Kamera weitgehend unbeeinflußt wird.

Alternativ kann die Fokusdrift durch Kenntnis der Ursache und des Zusammenhangs kompensiert werden. Dabei hat sich gezeigt, daß insbesondere folgende Größen für die Fokusdrift verantwortlich sind:

- Fokusverschiebung in Abhängigkeit vom Luftdruck (Veränderung des Brechungsindex der Luft in Abhängigkeit vom Druck)
- Fokusverschiebung in Abhängigkeit von der Aufnahmeentfernung (Fokusverkürzung entsprechend der Abbildungsgleichung mit zunehmender Entfernung des aufzunehmenden Objektives)
- Fokusverschiebung in Abhängigkeit von der Temperatur des Objektives

Unter Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen ergibt sich eine Funktion, die nur noch von der Höhe abhängig sind. Durch Erfassen des Druckes oder Temperatur, die ebenfalls von der Höhe abhängig ist, kann dann mittels der Funktion die resultierende Fokusdrift abgeschätzt werden und durch die Stelleinrichtung kompensiert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Stelleinrichtung durch piezoelektrische Translatoren gebildet, mittels derer hochpräzise Stellbewegungen realisierbar sind.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispieles näher erläutert. Die Figur zeigen:

Fig. 1 einen Verlauf der Fokusdrift über der Flughöhe und

Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Kompensationssteuerung.

In der **Fig.** 1 ist die resultierende Fokusdrift aufgrund der Höhe, der Temperatur des Objektivs und des Luftdrucks über der Flughöhe dargestellt, wobei der Fokus auf eine Flughöhe von 1 km normiert ist. Dabei wurde vorausgesetzt, daß das Objektiv die Umgebungstemperatur angenommen hat. Wie aus der Darstellung zu entnehmen ist, beträgt die Fokusdrift über einer Flughöhe von 10 km mehr als 100 µm, also ein Vielfaches dessen, was für die photosensitiven Bauelemente zulässig ist. Dabei sei angemerkt, daß bei teilhermatisierten Luftbildkameras entsprechend korrigierte Kurven aufgenommen bzw. errechnet werden müssen, ohne von dem nachfolgenden Grundprinzip abzuweichen.

In der **Fig.** 2 ist ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Kompensation der Fokusdrift dargestellt. Die Vorrichtung umfaßt eine Anzahl von Drucksensoren **1** und Temperatursensoren **2**, die jeweils an verschiedenen Stellen des Objektivs innen und außen angeordnet sind und den jeweiligen Temperatur- und Druckverlauf erfassen. Die Drucksensoren **1** sind mit Dateneingängen eines Analogmultiplexers **3** und die Temperatursensoren **2** mit Dateneingängen eines weiteren Analogmultiplexers **4** verbunden. Die Datenausgänge der Analogmultiplexer **3**, **4** sind jeweils mit einem Analog-Digital-Wandler verbunden. Ausgangsseitig sind die beiden Analog-Digital-Wandler **5**, **6** mit einem Signalprozessor **7** verbunden. Weiter umfaßt die Vorrichtung einen Speicher **8**, in den Look up Korrekturtabellen gemäß der Verläufe nach **Fig.** 1 abgelegt sind. Ausgangsseitig ist der Signalprozessor **7** mit einem Digital-Analog-Wandler **9** mit nachgeordnetem Spannungsverstärker **10** verbunden. Der Spannungsverstärker **10** ist mit Steuereingängen von piezoelektrischen Translatoren **11** verbunden, die auf eine nicht dargestellte Fokalebene in Richtung der optischen Achse einwirken. Den einzelnen piezoelektrischen Translatoren **11** sind Längenmeßsensoren **12** zugeordnet, die über einen Analog-Digital-Wandler **13** mit dem Signalprozessor **7** verbunden sind.

Im Betrieb erfassen nun die Drucksensoren **1** und die Temperatursensoren **2** die Druck- und Temperaturverläufe am Objektiv. Die digitalen Sensordaten werden im Signalprozessor **7** ausgewertet, wobei der Signalprozessor **7** aufgrund der Look up Korrekturtabellen die Fokusdrift ermitteln kann. Daraufhin erzeugt der Signalprozessor ein Stellsignal für die piezoelektrischen Translatoren **11**, um die Fokalebene entgegen der Fokusdrift entlang der optischen Achse derart zu verschieben, daß die Fokalebene wieder im Brennpunkt des Objektivs liegt. Die resultierende Verschiebung der Fokalebene wird durch die Längenmeßsensoren **12**

erfaßt und an den Signalprozessor **7** übergeben, so daß dieser die reale Position der Fokalebene kennt und gegebenenfalls die Stellbewegung korrigieren kann.

Patentansprüche

1. Luftbildkamera für die Photogrammetrie, umfassend ein Objektiv und eine Fokalebene, auf der photosensitive elektrische Bauelemente angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Fokalebene eine in Richtung der optischen Achse wirkende Stelleinrichtung zugeordnet ist, wobei die Luftbildkamera mindestens einen Sensor zur Erfassung einer Fokusdrift oder einer Größe zur Abschätzung der Fokusdrift umfaßt, wobei die Fokalebene in Abhängigkeit von der erfaßten oder abgeschätzten Fokusdrift entgegen der Fokusdrift in der optischen Achse bewegbar ist.
2. Luftbildkamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinrichtung als mindestens ein piezoelektrischer Translator (**11**) ausgebildet ist.
3. Luftbildkamera nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die photosensitiven Bauelemente als CCD-Zeilen ausgebildet sind.
4. Luftbildkamera nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen oder neben den CCD-Zeilen ein als CCD-Matrix ausgebildeter Fokusdetektor angeordnet ist.
5. Luftbildkamera nach einen den vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Objektiv mindestens ein Temperatur- und/oder Drucksensor (**1**, **2**) zugeordnet ist und die Luftbildkamera einen Speicher (**8**) mit Korrekturkurven umfaßt, in denen die Fokusdrift als Funktion der Höhe, der Temperatur und des Druckes abgelegt sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 100 13 567 A1**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 11/02**
Offenlegungstag: 27. September 2001

Fig. 1

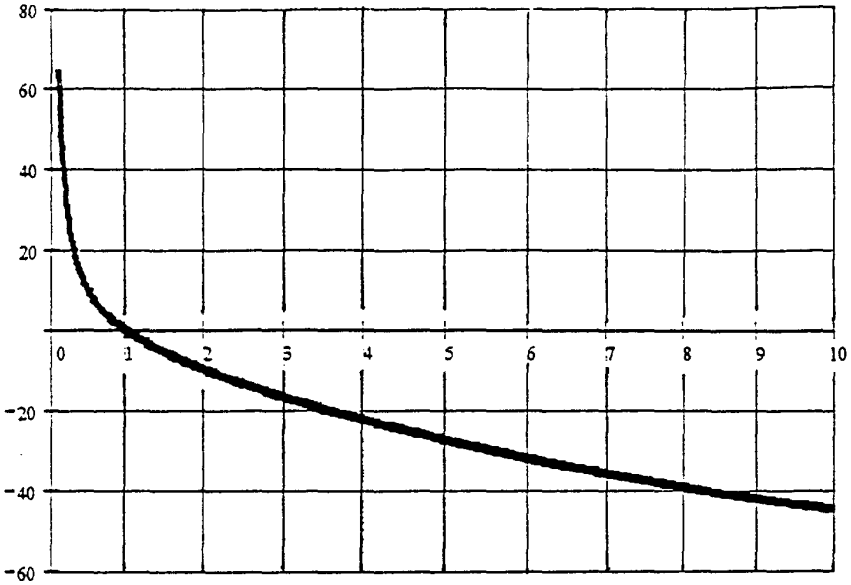
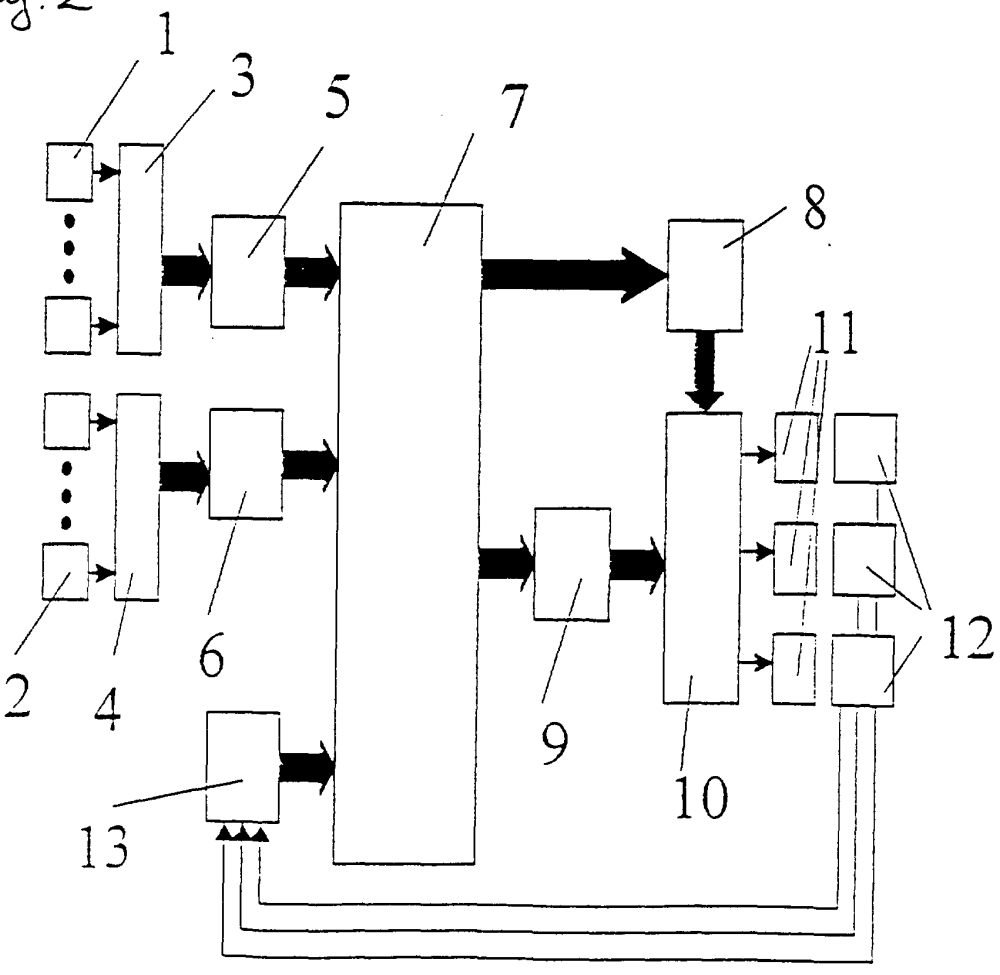


Fig. 2



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 13 567 B4** 2005.04.28

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 13 567.6**
(22) Anmeldetag: **14.03.2000**
(43) Offenlegungstag: **27.09.2001**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **28.04.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G01C 11/02**
H04N 5/335, H04N 5/232, G02B 7/28

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 51147 Köln, DE; Leica Geosystems GIS & Mapping GmbH, Balgach, CH

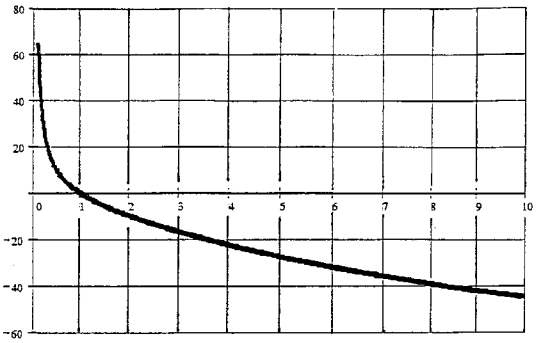
(74) Vertreter:
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489 Berlin

(72) Erfinder:
Driescher, Hans, Dr., 12559 Berlin, DE; Eckardt, Andreas, 12524 Berlin, DE; Biering, Bernd, 13053 Berlin, DE; Greiner-Bär, Michael, 12489 Berlin, DE; Grote, Ute, 12559 Berlin, DE; Hotz, Alois, Götzis, AT; Winterfeld, Walter, Widnau, CH

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 195 02 045 C2
DE 199 32 065 A1
US 54 60 341 A

(54) Bezeichnung: **Luftbildkamera für die Photogrammetrie**

(57) Hauptanspruch: Luftbildkamera für die Photogrammetrie, umfassend ein Objektiv und eine Fokalebene, auf der photosensitive elektrische Bauelemente angeordnet sind, die als CCD-Zeilen ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Fokalebene eine in Richtung der optischen Achse wirkende Stelleinrichtung zugeordnet ist, wobei die Luftbildkamera mindestens einen Sensor zur Erfassung einer Fokusdrift umfasst, der als CCD-Matrix ausgebildet und zwischen oder neben den CCD-Zeilen angeordnet ist, wobei die Fokalebene in Abhängigkeit von der erfassten Fokusdrift entgegen der Fokusdrift in der optischen Achse bewegbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Luftbildkamera für die Photogrammetrie gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Photogrammetrische Luftbildkameras mit photosensitiven elektronischen Bauelementen haben gegenüber den herkömmlichen Film-Kameras den Vorteil, dass die Daten sofort in digitaler Form vorliegen.

[0003] Die Filmebene einer solchen photogrammetrischen Kamera wird dabei durch eine Fokalebene ersetzt, die z.B. aus einer speziellen Anordnung von CCD-Zeilen bestehen kann, mit denen unterschiedliche geometrische und spektrale Informationen gewonnen werden können.

[0004] Eine solche Luftbildkamera ist beispielsweise aus der DE 199 32 065 A1 bekannt.

[0005] Um eine scharfe Abbildung zu erreichen, müssen die lichtempfindlichen Pixel der CCD-Zeilen, die ihrerseits in einer Ebene fest angeordnet sind, genau mit der Bildebene des Objektivs in Übereinstimmung gebracht werden. In Abhängigkeit von Brennweite und Öffnungsverhältnis des verwendeten Objektivs sind nur sehr kleine Lageabweichungen zwischen der Bildebene und der Fokalebene zugelassen.

[0006] Typische Toleranzen liegen im Bereich von +10µm, wird diese Toleranz überschritten, macht sich das in einer merklichen Verschlechterung der Punktverwaschungsfunktion bemerkbar, d.h. die Aufnahme wird dann mit zunehmender Toleranzüberschreitung immer unschärfer.

[0007] Dabei hat sich im praktischen Einsatz gezeigt, dass die theoretisch möglichen Abbildungsschärfen nicht erreicht werden.

[0008] Aus der US 5,460,341 A ist eine Luftbildkamera bekannt, wo mittels linearer Stelleinrichtungen die Fokalebene zur Kompensation der Fokusdrift in verschiedenen Richtungen verstellbar ist. Die Luftbildkamera umfasst einen Fokusdrift-Sensor, der die Position der die Abbildungsoptik bildenden Teile erfasst, und einen Temperatursensor, der die Temperatur verschiedener Bereiche der Abbildungsoptik erfasst. Mittels anhand Computersimulation ermittelter Werte für die Fokusdrift wird dann die Fokalebene in Abhängigkeit der Werte des Fokusdrift-Sensors und des Temperatursensors nachgeführt.

[0009] Aus der DE 195 02 045 C2 ist eine Fokalebene mit CCD-Zeilen einer Luftbildkamera bekannt, die mittels eines piezoelektrischen Stellelementes senkrecht zur optischen Achse bewegbar ist, um Bildverwaschungen aufgrund der Bewegung der Kamera bei der Aufnahme zu kompensieren.

Aufgabenstellung

[0010] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Luftbildkamera für die Photogrammetrie zu schaffen, mittels derer eine verbesserte Abbildungsschärfe erzielt werden kann.

[0011] Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch den Gegenstand mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0012] Hierzu ist der Fokalebene der Luftbildkamera eine Stelleinrichtung zugeordnet, mittel derer die Fokalebene in Richtung der optischen Achse bewegbar ist, um die während des Fluges auftretende Fokusdrift zu kompensieren. Dabei gibt es prinzipiell die Möglichkeit, die Fokusdrift auszuregeln oder gegenzusteuern.

[0013] Zur Ausregelung wird die Fokusdrift direkt erfasst. Hierzu dient ein Fokusdetektor, dessen Ausgangssignale die Stellgröße für die Stelleinrichtung bilden. Dabei wird die Fokalebene stets derart nachgeführt, dass die Fokusdrift zu Null geregelt wird, wobei die Ursache für die Fokusdrift nicht weiter in Erwägung gezogen wird. Ein derartiger Fokusdetektor wird durch eine kleine separate CCD-Matrix gebildet werden, die beispielsweise mit Hilfe einer ins Unendliche abgebildeten kreisrunden Fläche bestrahlt, die beispielsweise von 30 Pixeln der CCD-Matrix erfasst wird. Hiermit wird der kalibrierte Ist-Zustand definiert. Sollte sich nunmehr durch äußere Einflüsse der Fokus verschieben, so werden mehr als 30 Pixel beleuchtet. Diese Fokusdrift kann nun anhand dieser Information ausgeregelt werden, bis wieder nur 30 Pixel beleuchtet werden Die ins Unendliche abgebildete kreisrunde Fläche kann dabei beispielsweise durch eine Kollimatoroptik vor dem Objektiv erzeugt werden, die dabei derart angeordnet ist, dass das optische Sichtfeld der Kamera weitgehend unbeeinflusst wird.

[0014] Ergänzend kann die Fokusdrift durch Kenntnis der Ursache und des Zusammenhangs kompensiert werden. Dabei hat sich gezeigt, dass insbesondere folgende Größen für die Fokusdrift verantwortlich sind:

- Fokusverschiebung in Abhängigkeit vom Luftdruck (Veränderung des Brechungsindex der Luft in Abhängigkeit vom Druck)
- Fokusverschiebung in Abhängigkeit von der Aufnahmeentfernung (Fokusverkürzung entsprechend der Abbildungsgleichung mit zunehmender

Entfernung des aufzunehmenden Objektives)
– Fokusverschiebung in Abhängigkeit von der Temperatur des Objektives

[0015] Unter Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen ergibt sich eine Funktion, die nur noch von der Höhe abhängig sind. Durch Erfassen des Druckes oder Temperatur, die ebenfalls von der Höhe abhängig ist, kann dann mittels der Funktion die resultierende Fokusdrift abgeschätzt werden und durch die Stelleinrichtung kompensiert werden.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Stelleinrichtung durch piezoelektrische Translatoren gebildet, mittels derer hochpräzise Stellbewegungen realisierbar sind.

Ausführungsbeispiel

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispieles näher erläutert. Die Fig. zeigen:

[0018] **Fig.** 1 einen Verlauf der Fokusdrift über der Flughöhe und

[0019] **Fig.** 2 ein Blockschaltbild zur Kompensationssteuerung.

[0020] In der **Fig.** 1 ist die resultierende Fokusdrift aufgrund der Höhe, der Temperatur des Objektivs und des Luftdrucks über der Flughöhe dargestellt, wobei der Fokus auf eine Flughöhe von 1 km normiert ist. Dabei wurde vorausgesetzt, dass das Objektiv die Umgebungstemperatur angenommen hat. Wie aus der Darstellung zu entnehmen ist, beträgt die Fokusdrift über einer Flughöhe von 10km mehr als 100µm, also ein Vielfaches dessen, was für die photosensitiven Bauelemente zulässig ist. Dabei sei angemerkt, dass bei teilhermatisierten Luftbüdkameras entsprechend korrigierte Kurven aufgenommen bzw. errechnet werden müssen, ohne von dem nachfolgenden Grundprinzip abzuweichen.

[0021] In der **Fig.** 2 ist ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Kompensation der Fokusdrift dargestellt. Die Vorrichtung umfasst eine Anzahl von Drucksensoren **1** und Temperatursensoren **2**, die jeweils an verschiedenen Stellen des Objektivs innen und außen angeordnet sind und den jeweiligen Temperatur- und Druckverlauf erfassen. Die Drucksensoren **1** sind mit Dateneingängen eines Analogmultiplexers **3** und die Temperatursensoren **2** mit Dateneingängen eines weiteren Analogmultiplexers **4** verbunden. Die Datenausgänge der Analogmultiplexer **3**, **4** sind jeweils mit einem Analog-Digital-Wandler verbunden. Ausgangsseitig sind die beiden Analog-Digital-Wandler **5**, **6** mit einem Signalprozessor **7** verbunden. Weiter umfasst die Vorrichtung einen Speicher **8**, in den Look up Korrekturtabellen gemäß der Verläufe nach **Fig.** 1 abgelegt sind. Ausgangsseitig ist der Signalprozessor **7** mit einem Digital-Analog-Wandler **9** mit nachgeordnetem Spannungsverstärker **10** verbunden. Der Spannungsverstärker **10** ist mit Steuereingängen von piezoelektrischen Translatoren **11** verbunden, die auf eine nicht dargestellte Fokalebene in Richtung der optischen Achse einwirken. Den einzelnen piezoelektrischen Translatoren **11** sind Längenmesssensoren **12** zugeordnet, die über einen Analog-Digital-Wandler **13** mit dem Signalprozessor **7** verbunden sind.

[0022] Im Betrieb erfassen nun die Drucksensoren **1** und die Temperatursensoren **2** die Druck- und Temperaturverläufe am Objektiv. Die digitalen Sensordaten werden im Signalprozessor **7** ausgewertet, wobei der Signalprozessor **7** aufgrund der Look up Korrekturtabellen die Fokusdrift ermitteln kann. Daraufhin erzeugt der Signalprozessor ein Stellsignal für die piezoelektrischen Translatoren **11**, um die Fokalebene entgegen der Fokusdrift entlang der optischen Achse derart zu verschieben, dass die Fokalebene wieder im Brennpunkt des Objektivs liegt. Die resultierende Verschiebung der Fokalebene wird durch die Längenmesssensoren **12** erfasst und an den Signalprozessor **7** übergeben, so dass dieser die reale Position der Fokalebene kennt und gegebenenfalls die Stellbewegung korrigieren kann.

Patentansprüche

1. Luftbildkamera für die Photogrammetrie, umfassend ein Objektiv und eine Fokalebene, auf der photosensitive elektrische Bauelemente angeordnet sind, die als CCD-Zeilen ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fokalebene eine in Richtung der optischen Achse wirkende Stelleinrichtung zugeordnet ist, wobei die Luftbildkamera mindestens einen Sensor zur Erfassung einer Fokusdrift umfasst, der als CCD-Matrix ausgebildet und zwischen oder neben den CCD-Zeilen angeordnet ist, wobei die Fokalebene in Abhängigkeit von der erfassten Fokusdrift entgegen der Fokusdrift in der optischen Achse bewegbar ist.

2. Luftbildkamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stelleinrichtung als mindestens ein piezoelektrischer Translator (**11**) ausgebildet ist.

3. Luftbildkamera nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Objektiv mindestens ein Temperatur- und/oder Drucksensor (**2**, **1**) zugeordnet ist und die Luftbildkamera einen Speicher (**8**) mit Korrekturkurven umfasst, in dem die Fokusdrift als Funktion der Höhe, der Temperatur und des Druckes abgelegt ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

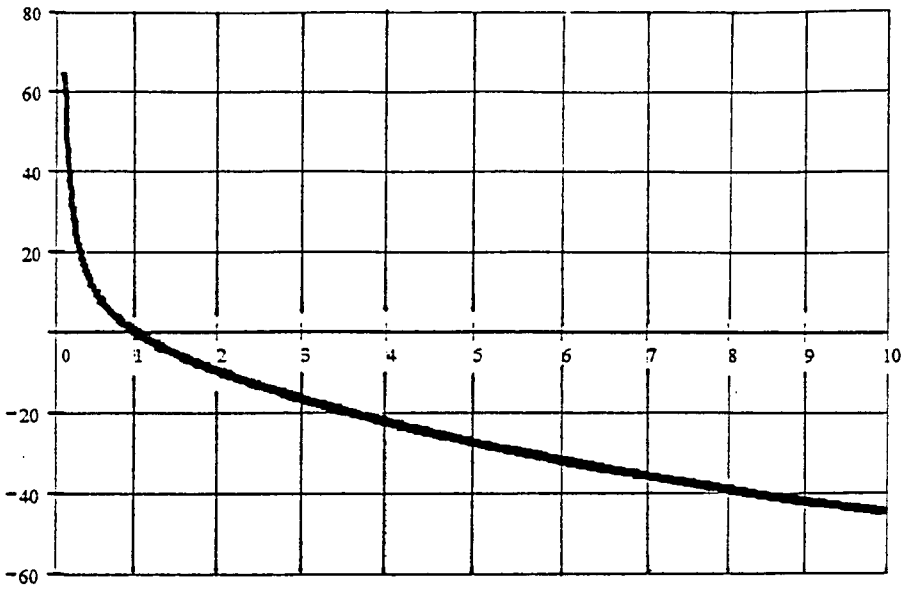
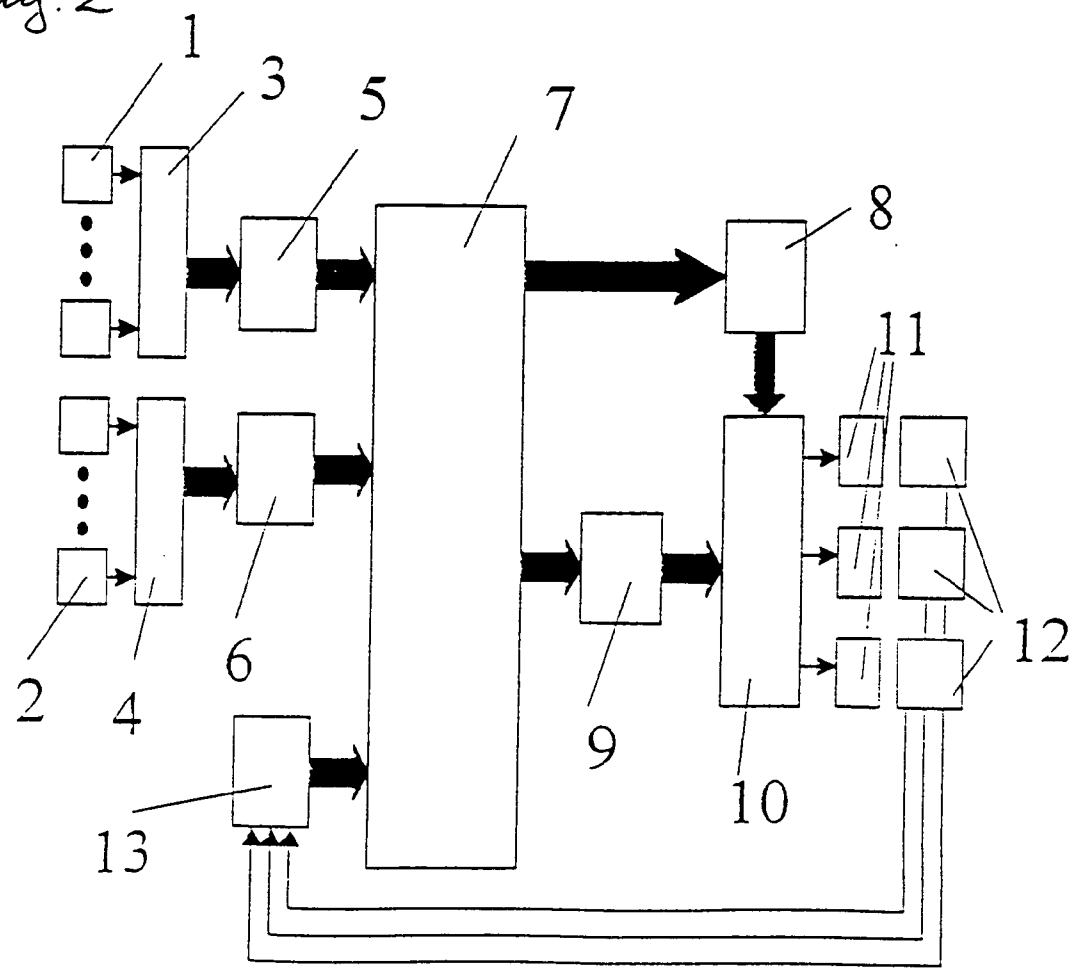


Fig. 2



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 100 17 415 A 1**

(51) Int. Cl.[7]:
G 01 C 11/02
H 04 N 1/00

(21) Aktenzeichen: 100 17 415.9
(22) Anmeldetag: 7. 4. 2000
(43) Offenlegungstag: 11. 10. 2001

DE 100 17 415 A 1

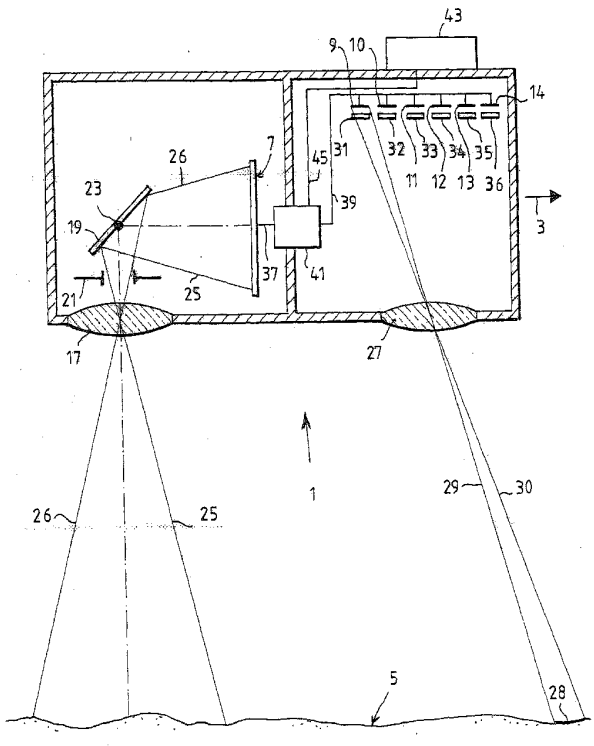
(71) Anmelder:
Z/I Imaging GmbH, 73447 Oberkochen, DE

(72) Erfinder:
Teuchert, Wolf-Dieter, Dr., 89551 Königsbronn, DE;
Hinz, Alexander, Dr., 89551 Königsbronn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Kamera, insbesondere Luftbildkamera

(57) Bei einer Kamera (1) mit mindestens einem flächigen Bildsensor (7) und mit mindestens einem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) sind dem flächigen Bildsensor (7) und dem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) jeweils ein gesondertes Objekt (17, 27) zugeordnet.



DE 100 17 415 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kamera nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 und ein Bilderzeugungsverfahren mittels einer derartigen Kamera.

[0002] Eine gattungsgemäße Kamera ist z. B. aus der DE 38 02 219 A1 bekannt. Diese bekannte Kamera umfaßt drei als CCD-Zeilendetektoren ausgebildete linienhafte Bildsensoren und vier flächige Bildsensoren. Dabei sollen mittels der von den flächigen Bildsensoren erzeugten Flächenbildern die jeweilige Lage und Orientierung der linienhaften Bildsensoren bestimmt werden.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, die gattungsgemäße Kamera so zu verbessern, daß ihr Anwendungsbereich erweitert wird.

[0004] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale in Anspruch 1 gelöst. Denn durch das dem flächigen Bildsensor bzw. dem linienhaften Bildsensor jeweils zugeordnete, gesonderte Objektiv kann die Belichtungssteuerung für den flächigen Bildsensor unabhängig von der Belichtungssteuerung für den oder die linienhaften Bildsensoren erfolgen. Dadurch kann z. B. die Belichtungssteuerung des flächigen Bildsensors über einen Verschluß erfolgen und die Belichtung der linienhaften Bildsensoren gleichzeitig derart gesteuert werden, daß diese das Aufnahmeobjekt lückenlos erfassen.

[0005] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist dem flächigen Bildsensor eine Einrichtung zur Bildwanderungskompensation zugeordnet, welche das vom flächigen Bildsensor erfaßte Bild bei einer geradlinigen Kamerabewegung während der Belichtung des flächigen Bildsensors konstant hält. Diese Ausführungsform ist insbesondere für den Einsatz der erfindungsgemäßen Kamera als Luftbildkamera für die Photogrammetrie und/oder Fernerkundung vorteilhaft.

[0006] Falls dem flächigen Bildsensor ein Kreiselsystem zugeordnet ist, welches eine Gierbewegung der Kamera erfaßt, wird die Zuordnung der von dem mindestens einem linienhaften Bildsensor aufgenommenen Zeilenbilder zu den von dem flächigen Bildsensor aufgenommenen Flächenbildern erleichtert. Dadurch kann der Rechenaufwand bei der Korrelation von Flächen- und Zeilenbildern erheblich reduziert werden, da das Gieren des Kameraträgers, z. B. eines quer zur Längsrichtung des linienhaften Bildsensors fliegenden Flugzeugs, zu einer Verdrehung der Zeilenbilder führt. Eine derartige Verdrehung ist bei der Korrelation der zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommenen Flächen- und Zeilenbilder durch reinen Bildvergleich erheblich schwieriger zu beherrschen als die durch Rollen und/oder Nicken des Kameraträgers hervorgerufenen Zeilenabweichungen (Rollen äußert sich in einer Verschiebung der Zeilenbilder entlang der Zeilenrichtung; Nicken führt zu einer vertauschten Abfolge der Zeilenbilder).

[0007] Durch die Kombination des Kreiselsystems mit dem flächigen Bildsensor kann zudem eine Kreiseldrift durch die Flächenbilder ermittelt werden, wodurch eine hohe Stabilität und Meßgenauigkeit des Kreiselsystems nur für den Zeitraum zwischen den Aufnahmeintervallen der Flächenbilder notwendig ist und deshalb der Aufwand für das Kreiselsystem erheblich reduziert werden kann.

[0008] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kamera umfaßt eine Mehrzahl von linienhaften Bildsensoren, wobei jedem der linienhaften Bildsensoren ein Farbfilter vorgeschaltet ist und die Farbfilter vorzugsweise unterschiedlich sind. Bei dieser Ausführungsform sind die linienhaften Bildsensoren also multispektral und können zum Einfärben panchromatischer Flächenbilder verwendet werden. Somit kann durch die Erfindung eine

multispektrale digitale Luftbildkamera geschaffen werden, ohne die Nachteile bekannter multispektraler CCD-Flächenkameras hinnehmen zu müssen. Denn bei multispektralen CCD-Flächenkameras müssen entweder zeitlich nacheinander verschiedene Farbauszüge belichtet werden oder der CCD-Chip mit einem Farbmosaik bedruckt werden, wobei im allgemeinen jeweils vier spektral unterschiedlich empfindliche Pixel unter Inkaufnahme einer Auflösungsreduzierung zusammengefaßt werden müssen.

[0009] Bei dem erfindungsgemäßen Bilderzeugungsverfahren werden die mit einer erfindungsgemäßen Kamera aufgenommenen Zeilenbilder mit den Flächenbildern derart kombiniert, daß ein Bild mit erhöhtem Informationsgehalt entsteht.

[0010] Falls mit spektral unterschiedlich empfindlichen linienhaften Bildsensoren aufgenommene multispektrale Zeilenbilder mit den Flächenbildern kombiniert werden, kann durch die erfindungsgemäße Kamera insbesondere eine multispektrale Stereokamera realisiert werden, wobei der oder die flächigen Bildsensoren lediglich ein panchromatisches Bild liefern müssen.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform werden vor der Korrelation mit den Flächenbildern die multispektralen Zeilenbilder zu einem Überlagerungszeilenbild überlagert, welches dann mit den Flächenbildern korreliert wird. Dabei sind natürlich bei der Kombination von Zeilen- und Flächenbildern zu einem einheitlichen Bild die unterschiedlichen Informationsgehalte der einzelnen Zeilenbilder wieder gesondert auswertbar.

[0012] Die Erfindung wird anhand der beiliegenden schematischen Darstellung einer erfindungsgemäßen Kamera erläutert.

[0013] In der beiliegenden Figur ist eine als multispektrale Stereo-Luftbildkamera ausgebildete erfindungsgemäße Kamera **1** in einer schematischen Schnittdarstellung gezeigt. Die Kamera **1** ist an einem nicht dargestellten Fluggerät, z. B. Satellit, Flugzeug, Hubschrauber oder Drohne, angebracht und überfliegt in Richtung des Pfeils **3** ein das Aufnahmeobjekt bildendes Gelände **5**.

[0014] Die Kamera **1** umfaßt einen z. B. als zweidimensionales CCD-Array ausgebildeten flächigen Bildsensor **7** und eine Mehrzahl von z. B. als CCD-Zeilendetektoren ausgebildeten linienhaften Bildsensoren **9**, **10**, **11**, **12**, **13** und **14**. Die linienhaften Bildsensoren **9**, **10**, **11**, **12**, **13** und **14** sind mit ihrer Längsrichtung quer zur Flugrichtung **3** angeordnet.

[0015] Dem flächigen Bildsensor **7** ist ein Objektiv **17** zugeordnet, welches jeweils einen Abschnitt des überflogenen Geländes **5** mit Hilfe eines schwenkbaren Umlenkspiegels **19** auf den flächigen Bildsensor **7** abbildet. Ein einen derartigen Geländeabschnitt während der Belichtungszeit auf den Flächensensor **7** abbildendes Lichtbündel ist schematisch durch seine Randstrahlen **25** und **26** dargestellt.

[0016] Ein dem flächigen Bildsensor **7** zugeordneter Verschluß **21** steuert die Belichtung des flächigen Bildsensor **7** derart, daß die zeitlich aufeinanderfolgend aufgenommenen Flächenbilder einander jeweils überlappen. Der Überlappungsgrad wird dabei vorteilhafterweise ca. 50%–ca. 66% oder mehr betragen. Diese sich überlappenden Flächenbilder ermöglichen eine stereoskopische Auswertung des überflogenen Geländebereichs **5** mit photogrammetrischer Präzision.

[0017] Der Umlenkspiegel **19** ist um eine zur Flugrichtung **3** orthogonale Achse **23** derart verschwenkbar, daß trotz einer Bewegung der Kamera **1** der während der Belichtungszeit auf den Bildsensor **7** abgebildete Geländeabschnitt konstant bleibt. Der um seine Schwenkachse **23** verschwenkbare Umlenkspiegel **19** bildet also eine Einrichtung

zur Bildwanderungskompensation, welche es erlaubt, die Belichtungszeit und damit die Empfindlichkeit des flächigen Bildsensors **7** zu erhöhen.

[0018] Den linienhaften Bildsensoren **9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14** ist ein Objektiv **27** zugeordnet, welches jeweils einen sich quer zur Flugrichtung **3** erstreckenden Geländestreifen auf jeden der linienhaften Bildsensoren **9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14** abbildet. Beispielhaft ist die Abbildung des sich in seiner Längserstreckung orthogonal zur Zeichenebene ausdehnenden Geländestreifens **28** auf den linienhaften Bildsensor **9** durch die Randstrahlen **29** und **30** des abbildenden Lichtbüschels dargestellt.

[0019] Dabei durchsetzt das Lichtbüschel **29**, **30** vor seinem Auftreffen auf dem Zeilensensor **9** ein Farbfilter **31**. Da auch den Zeilensensoren **10**, **11**, **12**, **13** und **14** im Abbildungsstrahlengang jeweils ein Farbfilter **32**, **33**, **34**, **35** und **36** vorgeschaltet ist und die Farbfilter **31**, **32**, **33**, **34**, **35**, **36** eine jeweils unterschiedliche Spektralcharakteristik aufweisen, ermöglicht die Kamera **1** eine multispektrale Erfassung des überflogenen Geländebereichs **5**.

[0020] Wenn die Aufnahmerate der Zeilensensoren **9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14** dem Verhältnis zwischen Fluggeschwindigkeit und Flughöhe entspricht, ist zudem eine lückenlose Erfassung des überflogenen Geländebereichs **5** durch die Zeilensensoren **9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14** möglich.

[0021] In einer über eine Datenleitung **37** mit dem Flächensensor **7** und über eine Datenleitung **39** mit den Zeilensensoren **9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14** verbundenen Kombinationseinheit **41** wird aus den Flächen- und Zeilenbildern ein Gesamtbild erzeugt. Dazu werden die Flächenbilder mit den Zeilenbildern korreliert, d. h. die Zeilenbilder werden relativ zu den Flächenbildern derart gedreht und/oder verschoben, daß bei einer Überlagerung von Flächen- und Zeilenbildern die jeweiligen Objektdetails der Zeilenbilder über identischen Objektdetails der Flächenbilder liegen.

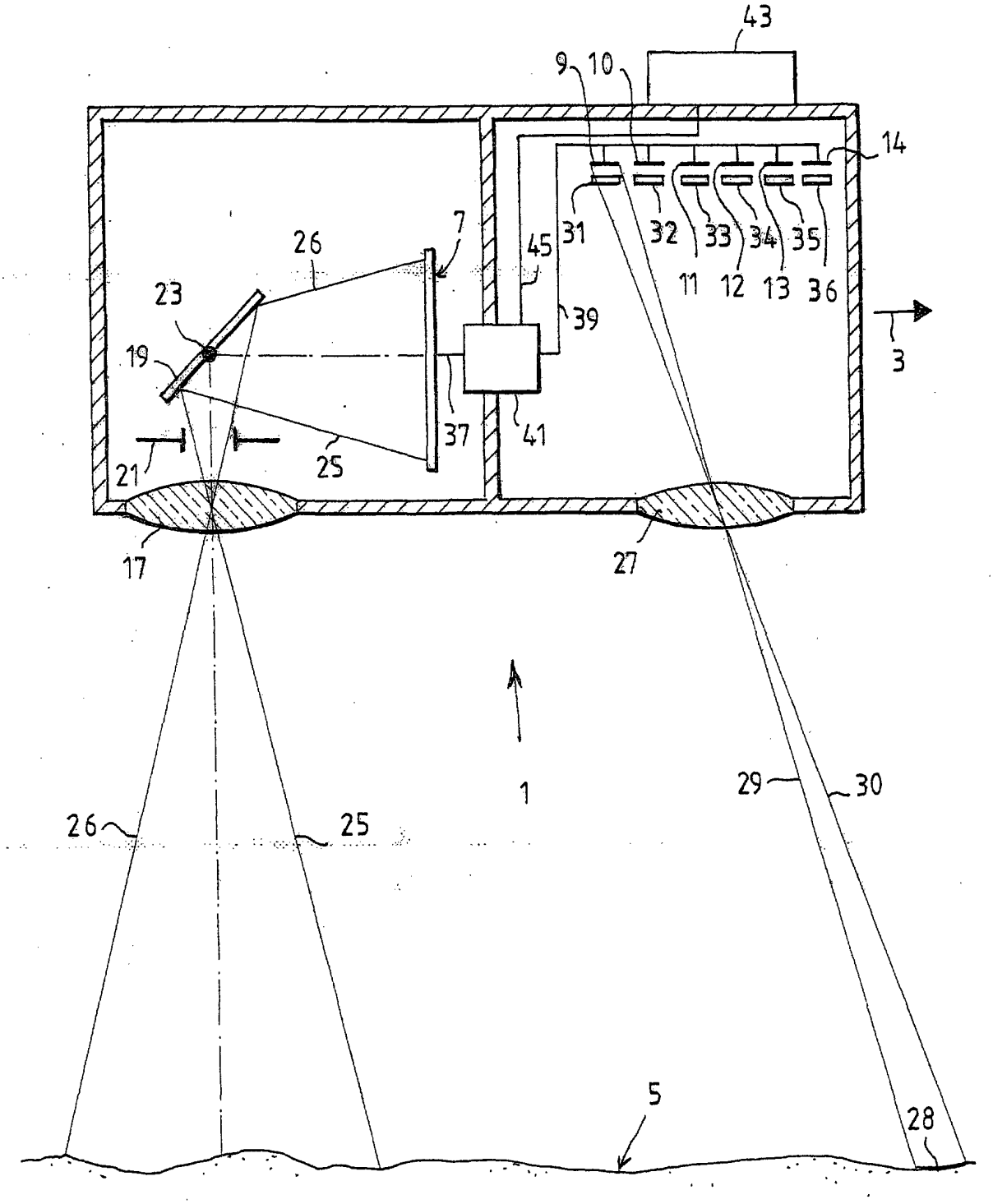
[0022] Ein Kreiselsystem **43** erfaßt Gierbewegungen der Kamera **1** bzw. des in der Figur nicht dargestellten Kameraträgers und ist über eine Datenleitung **45** mit der Kombinationseinheit **41** verbunden, um die Korrelation zwischen Flächen- und Zeilenbildern durch die über die Datenleitung **45** übermittelte Gierwinkelinformation zu erleichtern.

Patentansprüche

1. Kamera (**1**) mit mindestens einem flächigen Bildsensor (**7**) und mit mindestens einem linienhaften Bildsensor (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**), **dadurch gekennzeichnet**, daß dem flächigen Bildsensor (**7**) und dem linienhaften Bildsensor (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**) jeweils ein gesondertes Objektiv (**17**, **27**) zugeordnet ist.
2. Kamera (**1**) nach Anspruch 1, wobei dem flächigen Bildsensor (**7**) ein seine Belichtung steuernder Verschluß (**21**) zugeordnet ist.
3. Kamera (**1**) nach Anspruch 1 oder 2, wobei dem flächigen Bildsensor (**7**) eine Einrichtung (**19**) zur Bildwanderungskompensation zugeordnet ist, welche das vom flächigen Bildsensor (**7**) erfaßte Bild bei einer geradlinigen Kamerabewegung während der Belichtung des flächigen Bildsensors (**7**) konstant hält.
4. Kamera (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Kamera (**1**) ein Kreiselsystem (**43**) aufweist, welches eine Gierbewegung der Kamera (**1**) erfaßt, um die Zuordnung der von dem linienhaften Bildsensor (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**) aufgenommenen Zeilenbilder zu den von dem flächigen Bildsensor (**7**) aufgenommenen Flächenbildern zu erleichtern.
5. Kamera (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einer Mehrzahl linienhafter Bildsensoren (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**), wobei jedem der linienhaften Bildsensoren (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**) ein Farbfilter (**31**, **32**, **33**, **34**, **35**, **36**) vorgeschaltet ist.
6. Kamera (**1**) nach Anspruch 5, wobei die Farbfilter (**31**, **32**, **33**, **34**, **35**, **36**) unterschiedlich sind.
7. Kamera (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Bildkombinationseinheit (**41**) mit dem flächigen Bildsensor (**7**) und mit dem linienhaften Bildsensor (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**) verbunden ist.
8. Bilderzeugungsverfahren mit einer Kamera (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei von dem linienhaften Bildsensor (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**) aufgenommene Zeilenbilder mit Flächenbildern, welche von dem flächigen Bildsensor (**7**) aufgenommen worden sind, korreliert werden und die Zeilenbilder mit den Flächenbildern zu einem einheitlichen Bild kombiniert werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei mit spektral unterschiedlich empfindlichen linienhaften Bildsensoren (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**) aufgenommene, multispektrale Zeilenbilder mit den Flächenbildern kombiniert werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei vor der Korrelation mit den Flächenbildern die multispektralen Zeilenbilder zu einem Überlagerungszeilenbild überlagert werden und das Überlagungszeilenbild mit den Flächenbildern korreliert wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10 mit einer Kamera (**1**) nach Anspruch 4, wobei die Korrelation mit Hilfe der durch das Kreiselsystem (**43**) gelieferten Gierbewegungsinformation durchgeführt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei die Kamera (**1**) an einem ein Aufnahmeobjekt (**5**) überfliegenden Kameraträger angeordnet ist und die Aufnahmerate des mindestens einen linienhaften Bildsensors (**9**, **10**, **11**, **12**, **13**, **14**) dem Verhältnis aus Fluggeschwindigkeit und Flughöhe über dem Aufnahmeobjekt (**5**) entspricht.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 100 17 415 A1**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 11/02**
Offenlegungstag: 11. Oktober 2001



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 101 12 009 A 1**

(51) Int. Cl.[7]:
H 04 N 1/387
H 04 N 5/33
H 04 N 7/12

(21) Aktenzeichen: 101 12 009.5
(22) Anmeldetag: 13. 3. 2001
(43) Offenlegungstag: 19. 9. 2002

DE 101 12 009 A 1

(71) Anmelder:
EMT Ingenieurbüro für Elektro-Mechanische Technologien Dipl.-Ing. Hartmut Euer, 82377 Penzberg, DE

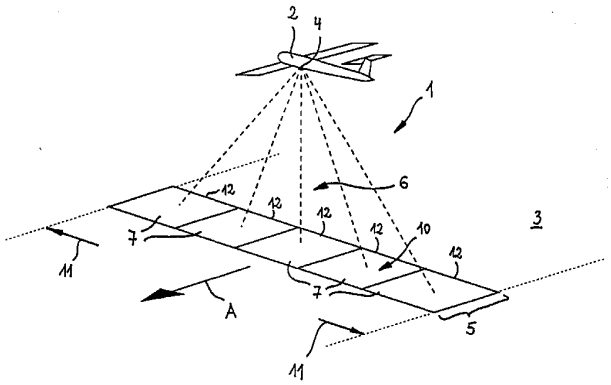
(74) Vertreter:
Patentanwälte Kern, Volpert und Kollegen, 81369 München

(72) Erfinder:
Euer, Hartmut, Dipl.-Ing., 82393 Iffeldorf, DE;
Wernicke, Joachim, Prof. Dr.-Ing., 14167 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung und Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung, bei welchem die aufgenommenen Luftbilder aus einer zeitlichen Folge von Einzelbildern in Form von Videosignalen zur Anzeige gebracht werden.
Erfindungsgemäß wird verfahrensseitig ein streifenförmiger Bodenbereich in Form eines Einzelbildfächers aufgenommen. Vorrichtungsseitig ist zum Aufnehmen des streifenförmigen Bodenbereichs in Form eines Einzelbildfächers wenigstens eine Kamera vorgesehen. Gemäß einer ersten Ausführungsform sind mehrere Videokameras fächerartig vorgesehen und angeordnet. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist lediglich eine Videokamera vorgesehen, deren optische Achse stufenweise verstellbar ist.
Luftbildaufklärung.



DE 101 12 009 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7.

[0002] Sogenannte Aufklärungs-Fluggeräte sind aus der Praxis bekannt und üblicherweise mit elektronischen Luftbildkameras ausgestattet, die ihre Bilder über eine Funkstrecke in Echtzeit an eine Bodenstation übermitteln. Derartige Kameras können in unterschiedlichen Spektralbereichen empfindlich sein und unterschiedliche Gesichts- oder Abbildungsfelder gemäß der bei der betreffenden Kamera verwendeten Tele-, Normal- oder Weitwinkeloptik sowie unterschiedliche Blickrichtungen haben.

[0003] Bei den vorgenannten elektronischen Kameras handelt es sich beispielsweise um sogenannte Bildzeilenkameras auf der Grundlage einer Sensorzeile aus Bildpunkten, auch Pixelzeile genannt, oder um sogenannte Bildflächenkameras auf der Grundlage einer Sensormatrix aus Bildpunkten, auch Pixelmatrix genannt.

[0004] Bei der vorgenannten Bildzeilenkamera ergibt sich das Bild sequentiell aus einer Folge einzelner Bildzeilen. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Flugbewegung über dem abzubildenden Erdboden senkrecht zur Bildzeile fortschreitet. Diese Voraussetzung ist bei Fluggeräten auf der Basis von Starrflüglern regelmäßig gegeben. Eine weitere Voraussetzung ist eine Raumlagestabilität der Bildzeile während eines bestimmten Aufnahmeintervalls.

[0005] Bei den vorgenannten Bildflächenkameras ergibt sich das gesamte Bild simultan durch gleichzeitige Belichtung und nachfolgende elektronische Auslesung der Sensormatrix aus den Bildpunkten.

[0006] Das zuvor erwähnte Bildzeilenprinzip wird im Stand der Technik der Luftbildaufklärung nur bei hochauflösenden Wärmebildkameras verwendet, während die vorerwähnten Bildflächenkameras hauptsächlich für den sichtbaren Spektralbereich und den nahen Infrarotbereich oder als niedrigauflösende Wärmebildkameras verwendet werden.

[0007] Aus dem Stand der Technik sind ferner Bildflächenkameras bekannt, welche Fernsehsignale gemäß internationaler Normen ausgeben. Diese Kameras werden nachfolgend Videokameras genannt. Bei den ausgegebenen Signalen handelt es sich zumeist um analoge Fernsehsignale, bei neueren Videokameras sowie bei sogenannten Internet-Kameras auch um digitale Fernsehsignale. Es ist auch bekannt, solche Videokameras in der luftgestützten Aufklärung einzusetzen. Das Videosignal besteht aus einer zeitlichen Folge von inhaltlich grundsätzlich unabhängigen Einzelbildern mit einer festen Bildfolgefrequmz. Diese beträgt beispielsweise 25 Einzelbilder pro Sekunde bei der PAL-Fernsehnorm oder 20 Einzelbilder pro Sekunde bei der NTSC-Fernsehnorm. Die Einzelbilder sind in der Regel in je zwei zeilenweise ineinander kämmende Halbbilder unterteilt. Diese Unterteilung geht aus historischen Gründen zurück auf die Fernseh-Normenkompatibilität. Die vorgenannten Videokameras können Monochrom- oder Farbkameras in CCD (charge-coupled device)-Technik oder CMOS (complementary metaloxide semiconductor)-Technik sein.

[0008] Ein Nachteil der genannten Videokameras besteht in ihrer im Vergleich zu fotografischen Bildern niedrigen Bildauflösung. PAL-Einzelbilder zeigen gemäß einer üblichen Konvention beispielsweise eine Auflösung von etwa 400.000 Pixeln (Format **576** × 768 Pixel). Demgegenüber beträgt die Auflösung fotografischer Luftbilder mindestiens einige Millionen Pixel.

[0009] Um den vorgenannten Nachteil der geringen Auflösung zu vermeiden, werden in den genannten Fluggeräten häufig elektronische Kameras höherer Auflösung meist in Form digitaler Standbildkameras eingesetzt. Die Bildauflösung derartiger Kameras kommt derjenigen konventioneller fotografischer Luftbilder nahe. Allerdings wird die höhere Auflösung durch den Verlust der sogenannten Echtzeitfunktion erkauft, welcher durch die großen Bilddatenvolumen und die erforderlichen Übertragungsdauern, welche über die vorhandenen Funkstrecken vielfach im Sekundenbereich liegen, bedingt ist. Der im Videobild fließende subjektive Bewegungseindruck geht bei in Sekundenabständen eingehenden Standbildern verloren. Durch den zusätzlichen Einsatz digitaler Datenkompressionsverfahren kann dieser Verlust der Echtzeitfunktion gemildert, nicht jedoch aufgehoben werden.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs erwähnten Art anzugeben, mittels dem die Luftbilder hochauflösend und in Echtzeit aufgenommen werden können. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens anzugeben.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 gelöst.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

[0013] Verfahrensseitig wird erfindungsgemäß ein streifenförmiger Bodenbereich in Form eines Einzelbildfächers aufgenommen. Dadurch ergibt sich ein gegenüber einer gemäß dem Stand der Technik angeordneten Videokamera vergrößerter Bildstreifen aus einer bestimmten Anzahl n von Einzelbildern. Vorteilhaft ist dabei insbesondere eine Bildauflösung, so zum Beispiel Pixelanzahl, in Querrichtung des Bildstreifens, d. h. senkrecht zur Flugrichtung, welche ohne Berücksichtigung geringfügiger Überlappungen an den Einzelbildgrenzen um das n-fache gegenüber dem Einzelbild gesteigert ist. In Längsrichtung des Bildstreifens, d. h. parallel zur Flugrichtung, ist die Bildauflösung im Vergleich zu derjenigen des Einzelbildes gemäß dem Stand der Technik jedoch unverändert. Im Falle von beispielsweise sieben Kameras (n = 7) umfasst der Bildstreifen in der Höhe **576** Pixel, in der Breite jedoch mehr als 5.300 Pixel (768 × 7 Pixel), so dass sich für den Bildstreifen insgesamt mehr als 3 Millionen Pixel ergeben. Dies entspricht etwa der Auflösung eines fotografischen Luftbildes.

[0014] Vorteilhafterweise werden die den streifenförmigen Bodenbereich abbildenden Einzelbilder gleichzeitig oder sequentiell aufgenommen, wobei vorzugsweise die Einzelbilder in Form von Videosignalen gespeichert, anschließend sequentiell ausgegeben und zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden. Die nachfolgende Aneinanderreihung der Bildstreifen in Flugrichtung ergibt somit eine detailreiche, hochauflösende, im Prinzip endlose Darstellung eines größeren Geländestreifens, welcher einem sogenannten Bildteppich unter dem Flugweg entspricht. Es ist ferner durch bildinhaltsbezogene Verfahren der elektronischen Bildverarbeitung möglich, die einzelnen Bildstreifen ihrerseits zu einem fast oder vollständig nahtlosen Gesamtbild zusammenzufassen.

[0015] Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Zusammensetzen der Einzelbilder zu einem Gesamtbild unter Berücksichtigung der Flugbewegung, insbesondere der Flugbahn- und Raumlagebewegung, zum Zeitpunkt der Aufnahme der Einzelbilder, wobei sich die Einzelbilder vorzugsweise geringfügig überlappen. Insofern können die Einzelbilder unter entsprechenden Verschiebungen und Drehungen gemäß der Flugbewegung

zu den Bildstreifen aneinander gereiht werden. Dieser Verfahrensschritt des mosaikartigen Aufbaus des Gesamtbildes hat den Vorteil, dass zeitaufwändige Bildinhaltsrechnungen nicht erforderlich sind. Ein apparativer Mehraufwand tritt in aller Regel nicht auf, weil die Flugbahn- und Raumlagedaten des Fluggeräts zumeist ohnehin an die Bodenstation zu übermitteln sind, um eine Zuordnung des Blickfeldes der Videokamera zur Landkarte vornehmen zu können.

[0016] Gemäß einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden für Aufnahmen bei Nacht kurzzeitige Blitzlichter vorzugsweise im Fernsehtakt der Einzelbildaufnahme geschaltet. Dadurch sind Verwacklungen der Einzelbilder infolge der Bewegung der Videokamera während der Belichtung praktisch ausgeschlossen. Vorteilhaft ist dabei ferner, dass für die Aufklärung bei Nacht die kosten- und gewichtsaufwändigen Wärmebildkameras entbehrlich werden, welche außerdem in temperaturhomogenen Szenen nur unbefriedigende Bildkontraste ergeben. Es ist aber auch möglich, für die Bildaufnahme Dauerlicht zu verwenden, sofern eine der Flughöhe und der Empfindlichkeit der Videokamera entsprechende Lichtleistung des betreffenden Scheinwerfers gewählt wird. Mit Hilfe der kurzzeitigen Blitzlichter lässt sich darüber hinaus vorteilhaft Beleuchtungsenergie einsparen.

[0017] Vorrichtungsseitig ist erfindungsgemäß zum Aufnehmen eines streifenförmigen Bodenbereichs in Form eines Einzelbildfächers wenigstens eine Videokamera vorgesehen. Wie zuvor erwähnt, lässt sich mit Hilfe des Einzelbildfächers quer zur Bewegungsrichtung, d. h. quer zur Flugrichtung des Fluggeräts, eine beträchtlich höhere Auflösung erreichen, wobei der Echtzeitcharakter der Bewegungsabfolge vollständig oder zumindest nahezu vollständig erhalten bleibt.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung sind mehrere Videokameras fächerartig derart vorgesehen und angeordnet, dass eine Aneinanderreihung der Bildfelder der einzelnen Videokameras den Bildstreifen in Form des Einzelbildfächers ergibt. Durch die zueinander feste fächerförmige Anordnung entsprechend verschiedenen Blickrichtungen um die Längsachse des Fluggeräts können die einzelnen, den Bildstreifen letztlich ergebenden Einzelbilder gleichzeitig aufgenommen werden. Dabei überlappen sich die Bildfelder jeweils benachbarter Kameras geringfügig. Im Falle der vorerwähnten PAL- oder NTSC-Fernsehnorm können mit 25 bzw. 30 Einzelbildern pro Sekunde bei einer Anordnung von n = 7 Kameras etwa vier Bildstreifenzyklen je Sekunde durchlaufen bzw. aufgenommen oder abgetastet werden, so dass sich ein nahezu stetiger Bewegungseindruck der Bildszene entsprechend einer Bewahrung der Echtzeitfünktion ergibt. Im Falle der erwähnten mehreren Videokameras in fester Fächeranordnung können die Einzelbilder der Videokameras für einen Bildstreifen, wie erwähnt, gleichzeitig aufgenommen, anschließend aber sequentiell zur Auswerteeinheit übertragen werden. In diesem Fall entfallt eine nachträgliche Korrektur des aus mehreren Bildstreifen zusammengesetzten Gesamtbildes aufgrund der Flugbewegung des Fluggeräts.

[0019] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist lediglich eine Videokamera vorgesehen, deren optische Achse stufenweise verstellbar ist, wobei entweder die Videokamera selbst oder ein Umlenkspiegel vor dem Objektiv der Videokamera schwenkbar ausgebildet ist. Dadurch lässt sich der apparative Aufwand in Bezug auf die Videokameras und das Gewicht der gesamten erfindungsgemäßen Vorrichtung günstig beeinflussen.

[0020] Vorteilhafterweise ist die Schwenkbewegung systematisch und synchron zum Takt der Video-Einzelbilder in Winkelstufen entsprechend den gewünschten Aufnahmerichtungen der Einzelbilder durchführbar. Daraus folgt, dass die Aufnahmerichtung, auch Blickrichtung genannt, zyklisch während eines möglichst kurzen Zeitintervalls verstellt wird und dann während der Belichtungszeit wenigstens eines Einzelbildes oder Halbbildes konstant bleibt. Es ist klar, dass die vorerwähnte stufenweise Schwenkbewegung um die Längsachse des Fluggeräts erfolgt. Ein zusätzlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit mehreren Videokameras oder mit einer schwenkbaren Videokamera im Vergleich zu einer Weitwinkel-Streifenaufnahme besteht darin, dass selbst unter den als begrenzt anzunehmenden Raumlagebewegungen des Fluggeräts ein breiter Bodenstreifen stets im Blick bleibt. Insofern kann das Videokamera-System zellenfest montiert sein und bedarf nicht einer aufwändigen kardanischen Schwenkvorrichtung, wie sie in Aufklärungs-Fluggeräten nach dem Stand der Technik gebräuchlich ist. Durch den Wegfall solcher mechanischer Einrichtungen für eine Kameraschwenkung wird mit der technischen Vereinfachung zugleich auch eine erhöhte Betriebszuverlässigkeit erreicht.

[0021] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung weist jede Videokamera einen Bildspeicher und vorzugsweise einen Infrarot-Scheinwerfer auf. Damit ist es möglich, die Bildaufnahme von einer Übertragung der Bildpunkte zur Auswerteeinheit zu entkoppeln.

[0022] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der jeder Videokamera zugeordnete Infrarot-Scheinwerfer eine Strahlrichtung auf, die parallel zur optischen Achse der jeweiligen Videokamera geführt ist. Damit kann auch bei Verwendung von lediglich einer Videokamera der Bodenbereich auch bei Nacht streifenförmig aufgenommen werden. Durch die einfache Umlenkung des Infrarot-Scheinwerfers ist eine einfache Möglichkeit geschaffen, die Strahlrichtung des Scheinwerfers an diejenige der optischen Achse der Videokamera anzupassen.

[0023] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist jede Videokamera mit einer Auswerteeinheit verbunden, welche vorzugsweise einen synchronen Videoumschalter, einen Modulator und Funksender, einen Demodulator und einen Bildstreifensynthetisator aufweist, wobei vorzugsweise zusätzlich eine Raumlage- und Flugbahnsensorik vorgesehen und an den Funksender angeschlossen ist und jede Videokamera, der Videoumschalter, der Modulator und Funksender und die Raumlage- und Flugbahnsensorik am Fluggerät und der Demodulator sowie der Bildstreifensynthetisator bodenseitig angeordnet sind. Damit wird einerseits das Gewicht des Fluggeräts möglichst minimal gehalten, andererseits ist es möglich, die von der erfindungsgemäßen Vorrichtung aufgenommenen Bilder in Echtzeit am Boden zu verfolgen und gegebenenfalls in die Flugbahn des Fluggeräts eingreifen zu können. Durch geeignete Flugbahnschleifen des Fluggeräts kann somit ein bestimmter Bodenpunkt über längere Zeit im Blick gehalten werden, wodurch eine Echtzeitbeobachtung von Bewegungsvorgängen innerhalb der Bodenszene ermöglicht ist.

[0024] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist an den Bildstreifensynthetisator eine Bildmontageeinrichtung zum Zusammensetzen eines Gesamtbildes aus den vom Bildstreifensynthetisator ausgegebenen Bildstreifen angeschlossen. Mit Hilfe der Bildmontageeinrichtung ist es daher möglich, einen sogenannten zusammenhängenden Bildteppich aus den einzelnen Bildstreifen zu erzeugen und so einen guten Überblick über das aufgenommene Gelände zu erlangen.

[0025] Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0026] **Fig.** 1 eine schematische, perspektivische Ansicht

eines eine Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung aufweisenden Fluggeräts;

[0027] **Fig.** 2 eine schematische Vorderansicht der Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung gemäß einer ersten Ausführungsform; und

[0028] **Fig.** 3 eine schematische Vorderansicht der Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die Bildaufklärung gemäß einer anderen Ausführungsform.

[0029] In **Fig.** 1 ist schematisch ein Anwendungsfall einer Vorrichtung **1** zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung in einer perspektivischen Ansicht dargestellt. Die Vorrichtung **1** ist am Rumpf eines Fluggeräts **2**, beispielsweise eines Aufklärungs-Fluggeräts in Form eines Starrflüglers, befestigt und zum Boden **3** gerichtet.

[0030] Die Vorrichtung **1** hat wenigstens eine in **Fig.** 1 nicht näher gezeigte, jedoch in den **Fig.** 2 und 3 dargestellte Videokamera **4** zum Aufnehmen eines streifenförmigen Bodenbereichs **5** in Form eines Einzelbildfächers **6**, wobei sich benachbarte Einzelbilder **7** geringfügig überlappen. Eine derartige Überlappung ist der Einfachheit halber in **Fig.** 1 nicht dargestellt.

[0031] Beispielhaft sind in **Fig.** 1 fünf (n = 5) nebeneinander angeordnete Einzelbilder **7** gezeigt, welche zusammen den streifenförmigen Bodenbereich **5** und den Einzelbildfächer **6** bilden. Die wenigstens eine Kamera ist vom Fluggerät **2** etwa senkrecht zum Boden **3** gerichtet; der streifenförmige Bodenbereich **5**, welcher letztlich einen Bildstreifen **10** bildet, erstreckt sich quer zur fortschreitenden Flugbewegung des Fluggeräts **2** entlang dem Pfeil A über dem abzubildenden Boden **3**, nämlich dem Erdboden oder Gelände. Damit lässt sich mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** ein mit der Flugbewegung entlang dem Pfeil A fortschreitendes Bild von dem Boden **3** erstellen, dessen Breite **11** der Gesamtbreite der aneinander gereihten Einzelbilder **7** entspricht.

[0032] Eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** ist in **Fig.** 2 schematisch in einer Vorderansicht dargestellt. Gemäß dieser Ausführungsform sind fünf (n = 5) Videokameras **4** fächerartig derart vorgesehen und angeordnet, dass eine Aneinanderreihung der Bildfelder **12** der einzelnen Videokameras **4**, wie in **Fig.** 1 angedeutet, den Bildstreifen **10** in Form des Einzelbildfächers **6** ergibt. Der Pfeil B bezeichnet dabei näherungsweise die Lotrichtung zum Boden **3**, welcher in **Fig.** 1 angedeutet, in **Fig.** 2 jedoch weggelassen ist.

[0033] Eine andere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** ist schematisch in **Fig.** 3 gezeigt. In diesem Fall ist lediglich eine Videokamera **4** vorgesehen, deren optische Achse **13** stufenweise verstellbar ist. Dazu kann gemäß einer nicht gezeigten Ausführungsform die Videokamera selbst schwenkbar ausgebildet sein. Gemäß der in **Fig.** 3 gezeigten Ausführungsform ist vor dem Objektiv **14** der Videokamera **4** ein Umlenkspiegel **15** mit Hilfe eines Stellantriebs **16** schwenkbar angeordnet, so dass sich der Einzelbildfächer **6** aufgrund des Fächers der umgelenkten optischen Achsen **20**, **21**, **22** ergibt. Es ist klar, dass zum Aufnehmen des in **Fig.** 1 gezeigten Bildstreifens **10** mit fünf Einzelbildern **7** gemäß der in **Fig.** 3 gezeigten Ausführungsform der Vorrichtung **1** letztlich auch fünf unterschiedliche Stellungen des Umlenkspiegels und damit fünf umgelenkte optische Achsen zu erzeugen sind. Der Einfachheit und der besseren Übersicht halber sind in **Fig.** 3 jedoch lediglich drei unterschiedliche Stellungen gezeigt, wobei sich in der in durchgezogenen Linien dargestellten Stellung des Umlenkspiegels **15** die umgelenkte optische Achse **21**, mit der im Uhrzeigersinn in Richtung des Pfeils C verschobenen Stellung des Umlenkspiegels **15** die umgelenkte optische Achse **20** und mit der im Gegenuhrzeigersinn in Richtung des Pfeils D verschobenen Stellung des Umlenkspiegels **15** die umgelenkte optische Achse **22** ergibt. Die im Uhrzeigersinn bzw. im Gegenuhrzeigersinn verschobenen Stellungen in Richtung der Pfeile C und D des Umlenkspiegels **15** sind in **Fig.** 3 gestrichelt angedeutet.

[0034] Die durchgeführte Schwenkbewegung ist systematisch und synchron zum Takt der Video-Einzelbilder **7** in Winkelstufen entsprechend den gewünschten Aufnahmerichtungen der Einzelbilder durchführbar. Somit lässt sich über ein Verschwenken der optischen Achse **13** ein in **Fig.** 1 angedeuteter Einzelbildfächer **6** erreichen, welcher aus einer bestimmten Anzahl von Einzelbildern **7** zusammengesetzt ist. Diese Anzahl beträgt gemäß der in **Fig.** 1 gezeigten Ausführungsform fünf Einzelbilder. Der Bildstreifen **10** kann aber auch aus einer anderen Anzahl von Einzelbildern, beispielsweise aus sieben (n = 7) Einzelbildern, zusammengesetzt sein. In **Fig.** 3 bezeichnet der Pfeil B wieder näherungsweise die Lotrichtung zum Boden, welcher in **Fig.** 1 mit dem Bezugszeichen **3** versehen ist.

[0035] Jede Videokamera **4** hat einen Bildspeicher **23** sowie einen Scheinwerfer **24**, welcher vorzugsweise als Infrarot-Scheinwerfer ausgebildet ist. Jeder Scheinwerfer **24** ist fest mit der Videokamera **4** verbunden, wobei sich der Lichtstrahl jedes Scheinwerfers parallel zur optischen Achse der jeweiligen Kamera erstreckt. Um die visuelle Auffälligkeit der Scheinwerfer zu vermeiden, sind insbesondere Lichtquellen im nahen Infrarot, d. h. zwischen 0,7 und 1,1 µm, besonders geeignet. Die eingangs erwähnten üblichen Monochrom-Videokameras sind in diesem Bereich empfindlich.

[0036] In Bezug auf die Ausführungsform gemäß **Fig.** 3 ist klar, dass der Umlenkspiegel **15** im Sinne einer Doppelfunktion auch die Lichtstrahlen des Scheinwerfers **24** der Videokamera **4** zum Boden hin entsprechend seiner jeweiligen Stellung umknkt. Statt eines Scheinwerfers mit Dauerlicht kann dieser auch derart ausgebildet sein, dass kurzzeitige Blitzlichter im Fernsehtakt der Einzelbildaufnahme oder Halbbildaufnahme erzeugt werden. Damit sind auch Luftbildaufnahmen bei Nacht möglich. Es ist klar, dass die Lichtleistung der Scheinwerfer entsprechend der Flughöhe und der Helligkeit des aufzunehmenden Geländes sowie der Empfindlichkeit der Videokamera(s) zu wählen ist. Die einzelnen Bildstreifen ergeben sich daher gemäß **Fig.** 1 beim Überflug des Fluggeräts **2** mit der wenigstens eine Videokamera **4** aufweisenden Vorrichtung **1** über eine Landschaft oder ein Gelände in Flugrichtung gemäß dem Pfeil A.

[0037] Gemäß **Fig.** 2 ist jede Videokamera **4** mit einer Auswerteeinheit **25** über Leitungen **26** verbunden. Die Auswerteeinheit **25** umfasst einen synchronen Videoumschalter **27**, der über die Leitungen **26** mit den einzelnen Videokameras **4** verbunden ist, sowie einen Modulator und Funksender **30**, welcher über eine Leitung **31** mit dem Videoumschalter **27** verbunden ist.

[0038] Über eine Leitung **32** ist ferner eine Raumlage- und Flugbahnsensorik **33** mit dem Modulator und Funksender **30** verbunden.

[0039] Die Auswerteeinheit **25** umfasst ferner einen Demodulator **34** sowie einen Bildstreifensynthetisator **35** und eine mit letzterem verbundene Bildmontageeinrichtung **36**. Die drei erstgenannten Komponenten Videoumschalter **27**, Modulator und Funksender **30** sowie Raumlage- und Flugbahnsensorik **33** sind am Fluggerät **2**, die drei letztgenannten Komponenten Demodulator **34**, Bildstreifensynthetisator **35** sowie Bildmontageeinrichtung **36** sind hingegen bodenseitig angeordnet.

[0040] Die Übertragung der Signale erfolgt beispielsweise über Funk mit Hilfe einer an den Modulator und Funksender **30** angeschlossenen Sendeantenne **37** sowie einer an den

Demodulator **34** angeschlossenen Empfangsantenne **40**. Die empfangenen Signale werden dem Bildstreifensynthetisator **35** über Leitungen **41**, **42** zugeführt, wobei die empfangenen Signale zunächst in Videosignale und Flugzustandssignale separiert werden. Die Videosignale werden dem Bildstreifensynthetisator beispielsweise über die Leitung **41**, die Flugzustandssignale beispielsweise über die Leitung **42** zugeführt. Die Bildmontageeinrichtung **36** ist über eine Leitung **43** mit dem Bildstreifensynthetisator **35** verbunden und in der Lage, aus den einzelnen, vom Bildstreifensynthetisator 35 über die Leitung **43** gelieferten Bildstreifen ein zusammenhängendes Gesamtbild in Form eines sogenannten Bildteppichs zusammenzusetzen. Bei einer vereinfachten Ausführungsform kann die letztgenannte Bildmontageeinrichtung **36** auch entfallen.

[0041] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung näher erläutert.

[0042] Dabei werden die aufgenommenen Luftbilder aus einer zeitlichen Folge von Einzelbildern in Form von Videosignalen zur Anzeige gebracht. Erfindungsgemäß wird ein streifenförmiger Bodenbereich **5** in Form eines Einzelbildfächers **6** aufgenommen. Dazu werden die den streifenförmigen Bodenbereich **5** abbildenden Einzelbilder **7** gleichzeitig oder sequentiell aufgenommen. Im Falle der in **Fig.** 2 gezeigten Ausführungsform erfolgt die Aufnahme der Einzelbilder vorzugsweise gleichzeitig, im Fall der in **Fig.** 3 gezeigten Ausführungsform sequentiell, d. h. nacheinander.

[0043] Die aufgenommenen Einzelbilder **7** werden in Form von Videosignalen im Bildspeicher **23** jeder Videokamera **4** gespeichert, anschließend sequentiell ausgegeben und zu einem den gesamten Bildstreifen **10** betreffenden Gesamtbild zusammengesetzt. Von n Videokameras wird demnach jeweils ein Einzelbild aufgenommen, sequentiell unverzüglich an die vorerwähnten Komponenten der Auswerteeinheit **25** am Hoden übertragen und dort mit Hilfe des elektronischen Bildstreifensynthetisators **35** zu einem Bildstreifen entsprechend der Anordnung der n Videokameras und der Bewegung des Fluggeräts **2** während der Aufnahmesequenz zusammengesetzt. In dem in **Fig.** 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind n = 5 Videokameras vorgesehen.

[0044] Die Bildstreifenmontage kann bildinhaltsgestützt durch Verfahren der digitalen Bildverarbeitung, d. h. auf Bildinhaltsvergleiche gestützte sogenannte Bildmosaikmontage, erfolgen. Dabei kann es bei Einsatz von größeren Gesichtsfeldwinkeln erforderlich sein, die durch die Raumlagegeometrie oder gegebenenfalls Objektivverzeichnungen bedingten systematischen, nichtlinearen Randverzerrungen der Einzelbilder vor der Streifenmontage, d. h. vor der Erzeugung des gesamten Bildstreifens, zu entzerren.

[0045] Erfindungsgemäß erfolgt die sogenannte Mosaikmontage, d. h. das Zusammensetzen der Einzelbilder zu einem den Bildstreifen bildenden Gesamtbild unter Berücksichtigung der Flugbewegung, insbesondere der Flugbahn- und Raumlagebewegung, zum Zeitpunkt der Aufnahme der Einzelbilder. Die Mosaikmontage kann daher auch ohne Bildinhaltsbezug unter Zuhilfenahme der Besonderheiten der Luftbild-Aufnahmesituation dadurch erfolgen, dass die relativen geometrischen Lagen der Einzelbilder durch gleichzeitige Messung und Funkübertragung der Daten der Flugbahn- und Raumlagebewegung des Fluggeräts ermittelt und dem Bildstreifensythetisator **35** über die erwähnte Funkstrecke zugeführt werden. Die Einzelbilder **7** werden dann unter entsprechenden Verschiebungen und Drehungen gemäß der Flugbewegung zu den jeweiligen Bildstreifen aneinandergereiht, wobei die vorerwähnte Überlappung aufrechterhalten bleibt.

[0046] Für Aufnahmen bei Nacht werden kurzzeitige Blitzlichter, vorzugsweise im Fernsehtakt der Einzelbildaufnahme, geschaltet.

[0047] Die bodenseitige Objektauflösung wird in dem Maße feiner, in dem die Gesichtsfeldwinkel der Einzelbilder schmaler werden. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform können deshalb Teleobjektive bei den genannten Videokameras zum Einsatz kommen. Dadurch ergibt sich der zusätzliche Vorteil, dass die mit derartigen Objektiven aufgenommenen Einzelbilder meist vernachlässigbare, nichtlineare Randverzerrungen aufweisen, so dass der Bildstreifenmontage keine Randentzerrung der Einzelbilder vorausgehen muss. Beispielsweise ergibt eine Aneinanderreihung von n = 7 Videokameras mit Teleobjektiven von je 6° Bildfeldbreite einen Bildstreifen von ca. 42° Bildfeldbreite, was einem Weitwinkelobjektiv entspricht. Voraussetzung für den Einsatz der genannten Teleobjektive ist eine ausreichende Bewegungsruhe des Fluggeräts während der Belichtungszeit des jeweiligen Einzelbildes, d. h. eine Begrenzung der Winkelgeschwindigkeit des Fluggeräts. Diese Voraussetzung ist in der Luftbildaufklärung meist erfüllt oder erfüllbar.

[0048] Gemäß der in **Fig.** 2 gezeigten Ausführungsform sind die Videokameras **4** jeweils mit einem Bildspeicher **23** versehen. Diese speichern einen gleichzeitig aufgenommenen Satz von Einzelbildern der Videokamera, so dass die Einzelbilder anschließend sequentiell ausgegeben werden können. Damit entfällt eine Korrektur bei der Bildstreifenmontage aufgrund der Flugbewegung während der Aufnahmesequenz. Im Falle der in **Fig.** 3 gezeigten Ausführungsform der Erfindung werden die Einzelbilder sequentiell in verschiedenen Richtungen gemäß dem Einzelbildfächer **6** aufgenommen. In diesem Fall kann eine Korrektur bei der Bildstreifenmontage entsprechend der Flugbewegung während der Aufnahmesequenz erforderlich sein.

[0049] Damit ist es möglich, eine hochauflösende Luftbildaufklärung in Echtzeit durchzuführen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung, bei welchem die aufgenommenen Luftbilder aus einer zeitlichen Folge von Einzelbildern in Form von Videosignalen zur Anzeige gebracht werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein streifenförmiger Bodenbereich in Form eines Einzelbildfächers aufgenommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die den streifenförmigen Bodenbereich abbildenden Einzelbilder gleichzeitig oder sequentiell aufgenommen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelbilder in Form von Videosignalen gespeichert, anschließend sequentiell ausgegeben und zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusammensetzen der Einzelbilder zu einem Gesamtbild unter Berücksichtigung der Flugbewegung, insbesondere der Flugbahn- und Raumlagebewegung, zum Zeitpunkt der Aufnahme der Einzelbilder erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Einzelbilder geringfügig überlappen.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für Aufnahmen bei Nacht kurzzeitige Blitzlichter vorzugsweise im Fernsehtakt der Einzelbildaufnahme geschaltet werden.

7. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Aufnehmen eines streifenförmigen Bodenbereichs (**5**) in Form eines Einzelbildfächers (**6**) wenigstens eine Videokamera (**4**) vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Videokameras (**4**) fächerartig derart vorgesehen und angeordnet sind, dass eine Aneinanderreihung der Bildfelder (**12**) der einzelnen Videokameras (**4**) den Bildstreifen (**10**) in Form des Einzelbildfächers (**6**) ergibt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass lediglich eine Videokamera (**4**) vorgesehen ist, deren optische Achse (**13**) stufenweise verstellbar ist, wobei entweder die Videokamera (**4**) selbst oder ein Umlenkspiegel (**15**) vor dem Objektiv (**14**) der Videokamera (**4**) schwenkbar ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwenkbewegung systematisch und synchron zum Takt der Video-Einzelbilder (**7**) in Winkelstufen entsprechend den gewünschten Aufnahmerichtungen der Einzelbilder (**7**) durchführbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass jede Videokamera (**4**) einen Bildspeicher (**23**) und vorzugsweise einen Infrarot-Scheinwerfer (**24**) aufweist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der jeder Videokamera (**4**) zugeordnete Infrarot-Scheinwerfer (**24**) eine Strahlrichtung aufweist, die parallel zur optischen Achse (**13**) der jeweiligen Videokamera (**4**) geführt ist.

13. Vorrichtung nach einem der Anspruche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass jede Videokamera (**4**) mit einer Auswerteeinheit (**25**) verbunden ist, welche vorzugsweise einen synchronen Videoumschalter (**27**), einen Modulator und Funksender (**30**), einen Demodulator (**34**) und einen Bildstreifensynthetisator (**35**) aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Raumlage- und Flugbahnsensorik (**33**) vorgesehen und an den Funksender (**30**) angeschlossen ist und dass jede Videokamera (**4**), der Videoumschalter (**27**), der Modulator und Funksender (**30**) und die Raumlage- und Flugbahnsensorik (**33**) am Fluggerät (**2**) und der Demodulator (**34**) sowie der Bildstreifensynthetisator (**35**) bodenseitig angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass an den Bildstreifensynthetisator (**35**) eine Bildmontageeinrichtung (**36**) zum Zusammensetzen eines Gesamtbildes aus den vom Bildstreifensynthetisator (**35**) ausgegebenen Bildstreifen (**10**) angeschlossen ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Nummer: **DE 101 12 009 A1**
Int. Cl.[7]: **H 04 N 1/387**
Offenlegungstag: 19. September 2002

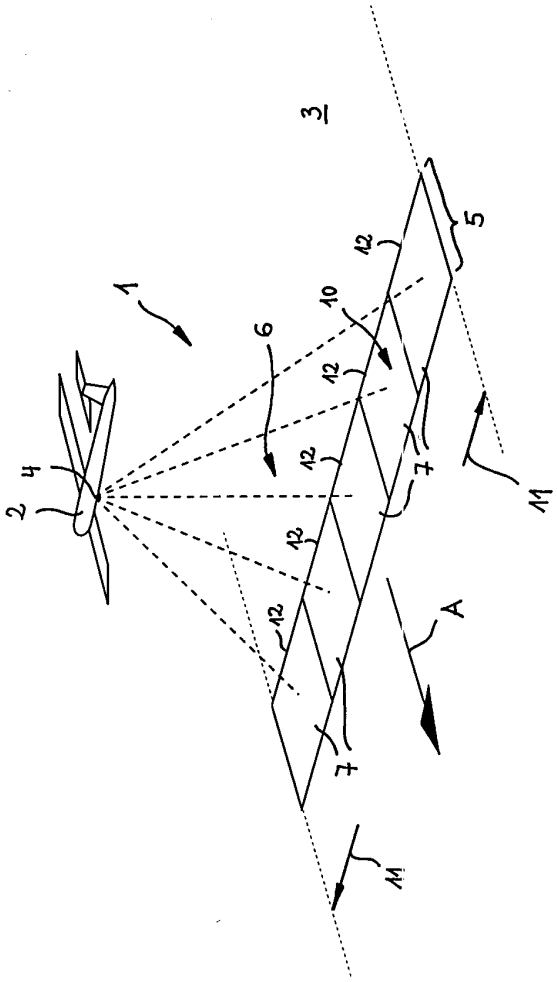


Fig. 1

Nummer: **DE 101 12 009 A1**
Int. Cl.[7]: **H 04 N 1/387**
Offenlegungstag: 19. September 2002

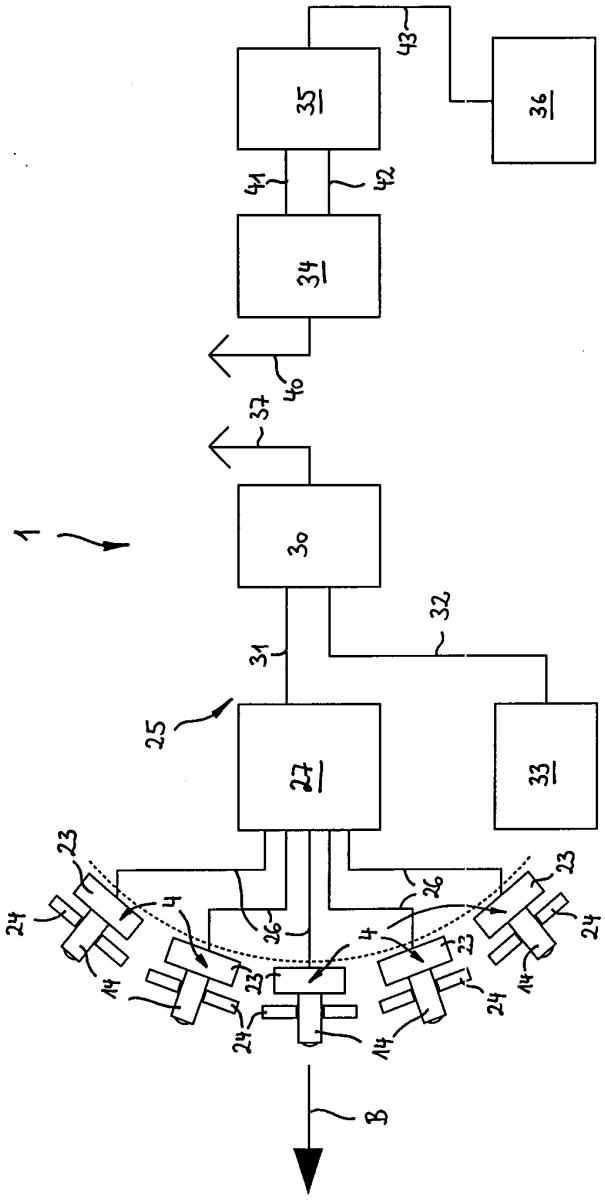


Fig. 2

Nummer: **DE 101 12 009 A1**
Int. Cl.[7]: **H 04 N 1/387**
Offenlegungstag: 19. September 2002

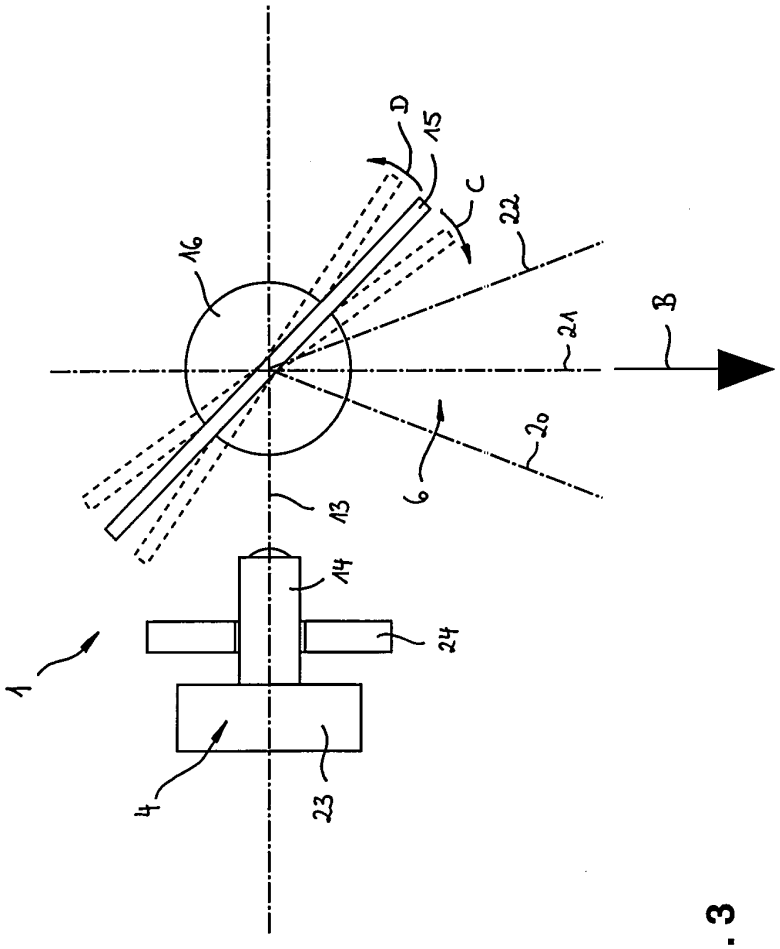


Fig. 3

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

KL. 57a 23/01
INTERNAT. KL. G 03b

DEUTSCHES PATENTAMT

AUSLEGESCHRIFT 1 011 726

G 18652 IX/57a

ANMELDETAG: 22. DEZEMBER 1955

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 4. JULI 1957

Rollfilmspule für Luftbildkameras

Anmelder:
Gevaert Photo-Producten N. V.,
Mortsel, Antwerpen (Belgien)

Vertreter: Dr. W. Müller-Boré, Patentanwalt,
Braunschweig, Am Bürgerpark 8

Beanspruchte Priorität:
Belgien vom 27. Dezember 1954

Leon Frederic Thiriar, Berchem (Belgien),
ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung bezieht sich auf Rollfilmspulen für solche Luftbildkameras, bei denen der Film nach jeder Aufnahme bzw. Belichtung automatisch und schnell durchdrehen muß.

Diese Filmspulen sind wegen ihrer besonderen, genau auf die damit zusammenarbeitenden Kamerateile abgestimmten Bauart ein Bestandteil der Flugzeugkameras. Solche Spulen werden sorgfältig maschinell bearbeitet und sind deshalb entsprechend teuer. Die hohen Kosten haben wiederum zur Folge, daß die Spulen aus Ersparnisgründen mehrere Male verwendet werden.

Bisher erfolgte die Auslieferung von Filmen unter recht ungünstigen Umständen: entweder sendet der Kunde zum Aufwickeln bzw. Liefern des erforderlichen Films dem Fabrikanten leere Spulen, oder der gelieferte Film ist auf einen Holz- oder Pappkern gewickelt, und der Kunde muß ihn auf eine Kameraspule umwickeln, oder der Verbraucher muß immer wieder neue Spulen bestellen, was sehr kostspielig ist.

Die vorliegende Erfindung hat den Zweck, die Rollfilmpackung für Luftbildkameras in einer Weise anzuordnen, daß die Lieferung einfacher vor sich gehen kann. Diese Anpassung besteht darin, daß der Film von der Fabrik aus auf einem Hohlkern geliefert wird.

Die Erfindung geht dabei aus von einer an sich bekannten Rollfilmspule, die aus einem den Film tragenden Hohlzylinder und zwei mit Spulenflanschen versehenen, im Hohlzylinder gelagerten Achsstücken zusammengesetzt ist.

Die Erfindung besteht darin, daß die mit den Spulenflanschen versehenen Achsteile mit dem Hohlzylinder lösbar verriegelt und nach Lösen der Verriegelung aus diesem herausziehbar sind. In einer besonderen Ausbildung können dabei auch die Achsteile ineinanderschiebbar und lösbar miteinander gekuppelt sein.

Auch kann die Anordnung so getroffen sein, daß auf dem Achsteil des angetriebenen Spulenteiles ein in eine Einkerbung des Hohlzylinders greifender Nocken angebracht ist.

Schließlich kann auf dem Spulenflansch des antreibenden Spulenteiles ein fühlbares Kennzeichen angebracht sein, das z. B. in einer polygonen Ausbildung der Flansche bestehen kann.

Im nachstehenden ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes beschrieben und in der Zeichnung veranschaulicht.

Fig. 1 ist ein axialer Schnitt durch eine auseinandernehmbare Spule mit Hohlkern;

Fig. 2 ist eine axiale Detailansicht der Verriegelung zwischen Hohlkern und Spulenschaft;

Fig. 3 ist eine Vorderansicht eines erfindungsgemäß ausgestalteten Spulenflansches.

2

Die in dieser Ausführung dargestellte Aerofilmspule besteht aus zwei Flanschen **1** und **2**, die der Kamera angepaßt und mittels eines rohrförmigen Spulenschaftes fest miteinander verbunden sind, dessen zwei demontierbare Teile **3** und **4** in axialer Richtung durch eine bequeme und schnelle Riegelkombination, beispielsweise einen Bajonettverschluß **5**, miteinander verbunden sind. Bekanntlich funktioniert ein solcher Verschluß in der Weise, daß durch gegenseitiges Verschieben der beiden Kernteile in Kombination mit einer axialen Ineinanderverschiebung die Verbindung entweder hergestellt oder gelöst wird. Durch eine auf einen der Flansche ausgeübte Drehbewegung werden die Spulenteile frei.

Das Filmband **6** (Fig. 2) wird von der Fabrik aus für Luftkameras eines gewissen Formats geliefert, und zwar auf einen Metall- oder Kunststoffhohlkern, der dem Spulenschaft angepaßt ist. An den äußersten Enden des Kernes **7** sind Einkerbungen **8** angebracht, welche dazu dienen, den auf der Spule aufgewickelten Film gegen Verschiebungen zu verriegeln.

Fig. 2 zeigt als Verbindungselement einen auf dem Spulenschaft **4** angebrachten Nocken **9**, der in die Einkerbung **8** des Hohlkernes **7** greift. Beim Aufstellen der Spule in die Kamera ist es deshalb wesentlich, daß als Antreibelement der mit dem Nocken versehene Spulenteil 4 verwendet wird.

Bei der mit Film versehenen Spule ist dieser Nocken nicht mehr sichtbar; deswegen wird der Spulenteil **4** mit einem sichtbaren, fühlbaren Kennzeichen versehen.

Wie in Fig. 3 wiedergegeben ist, ist dieser Teil **4** mit einem polygonen Flansch **2** versehen in der Weise, daß sich durch Betasten im Dunkeln leicht erkennen läßt, welcher Flansch gerade auf den Filmwindeschlüssel der Kamera eingestellt werden muß.

Darüber hinaus hat die vieleckige Kontur des Flansches **2** noch den Vorteil, das Wegrollen der auf einem Tisch od. dgl. liegenden Spule zu verhindern.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Rollfilmspule für Luftbildkamera, bestehend aus einem den Film tragenden Hohlzylinder und zwei mit den Spulenflanschen versehenen, im Hohlzylinder gelagerten Achsteilen, dadurch gekennzeichnet, daß die mit den Spulenflanschen (**1, 2**) versehenen Achsteile (**3, 4**) mit dem Hohlzylinder (**7**) lösbar verriegelt und nach Lösen der Verriegelung aus diesem herausziehbar sind.

2. Rollfilmspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsteile (**3, 4**) ineinanderschiebbar und lösbar miteinander gekuppelt sind.

3. Rollfilmspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Achsteil des angetriebenen Spulenteiles ein in eine Einkerbung des Hohlzylinders greifender Nocken angebracht ist.

4. Rollfilmspule nach den Ansprüchen 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Spulenflansch des antreibenden Spulenteiles ein fühlbares Kennzeichen angebracht ist.

5. Rollfilmspule nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennzeichnung in einer polygonen Ausbildung des Flansches besteht.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschrift Nr. 534 172;
französische Patentschrift Nr. 1 055 402.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

709 586/243 6. 57

AUSGABETAG: 4. JULI 1957

DAS 1011726
KL. 57a 23/01
INTERNAT. KL. G03b

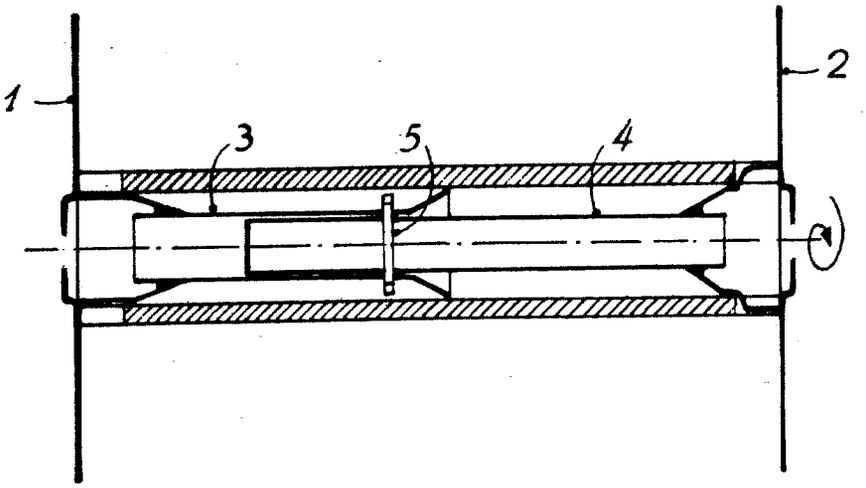


FIG. 1

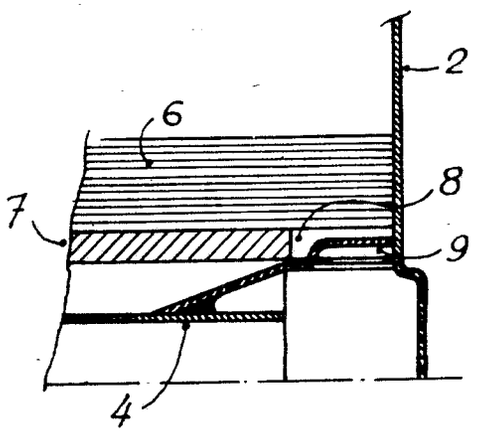


FIG. 2

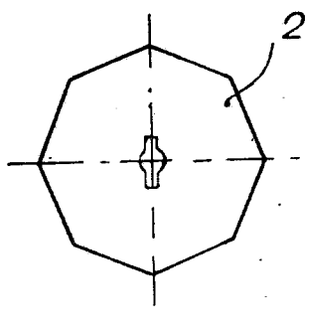


FIG. 3

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1 011 726

DBP 1 011 726
KL. 57 a 23/01
INTERNAT. KL. G 03 b

ANMELDETAG: 22. DEZEMBER 1955

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 4. JULI 1957

AUSGABE DER PATENTSCHRIFT: 12. DEZEMBER 1957

STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT 1 011 726 (G 18652 IX / 57 a)

Rollfilmspule für Luftbildkameras

Patentiert für:

Gevaert Photo-Producten N. V.,
Mortsel, Antwerpen (Belgien)

Beanspruchte Priorität:
Belgien vom 27. Dezember 1954

Leon Frederic Thiriar, Berchem (Belgien),
ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung bezieht sich auf Rollfilmspulen für solche Luftbildkameras, bei denen der Film nach jeder Aufnahme bzw. Belichtung automatisch und schnell durchdrehen muß.

Diese Filmspulen sind wegen ihrer besonderen, genau auf die damit zusammenarbeitenden Kamerateile abgestimmten Bauart ein Bestandteil der Flugzeugkameras. Solche Spulen werden sorgfältig maschinell bearbeitet und sind deshalb entsprechend teuer. Die hohen Kosten haben wiederum zur Folge, daß die Spulen aus Ersparnisgründen mehrere Male verwendet werden.

Bisher erfolgte die Auslieferung von Filmen unter recht ungünstigen Umständen: entweder sendet der Kunde zum Aufwickeln bzw. Liefern des erforderlichen Films dem Fabrikanten leere Spulen, oder der gelieferte Film ist auf einen Holz- oder Pappkern gewickelt, und der Kunde muß ihn auf eine Kameraspule umwickeln, oder der Verbraucher muß immer wieder neue Spulen bestellen, was sehr kostspielig ist.

Die vorliegende Erfindung hat den Zweck, die Rollfilmpackung für Luftbildkameras in einer Weise anzuordnen, daß die Lieferung einfacher vor sich gehen kann. Diese Anpassung besteht darin, daß der Film von der Fabrik aus auf einem Hohlkern geliefert wird.

Die Erfindung geht dabei aus von einer an sich bekannten Rollfilmspule, die aus einem den Film tragenden Hohlzylinder und zwei mit Spulenflanschen versehenen, im Hohlzylinder gelagerten Achsstücken zusammengesetzt ist.

Die Erfindung besteht darin, daß die mit den Spulenflanschen versehenen Achsteile mit dem Hohlzylinder lösbar verriegelt und nach Lösen der Verriegelung aus diesem herausziehbar sind. In einer besonderen Ausbildung können dabei auch die Achsteile ineinanderschiebbar und lösbar miteinander gekuppelt sein.

Auch kann die Anordnung so getroffen sein, daß auf dem Achsteil des angetriebenen Spulenteiles ein in eine Einkerbung des Hohlzylinders greifender Nocken angebracht ist.

Schließlich kann auf dem Spulenflansch des antreibenden Spulenteiles ein fühlbares Kennzeichen angebracht sein, das z. B. in einer polygonen Ausbildung der Flansche bestehen kann.

Im nachstehenden ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes beschrieben und in der Zeichnung veranschaulicht.

Fig. 1 ist ein axialer Schnitt durch eine auseinandernehmbare Spule mit Hohlkern;

Fig. 2 ist eine axiale Detailansicht der Verriegelung zwischen Hohlkern und Spulenschaft;

Fig. 3 ist eine Vorderansicht eines erfindungsgemäß ausgestalteten Spulenflansches.

2

Die in dieser Ausführung dargestellte Aerofilmspule besteht aus zwei Flanschen **1** und **2**, die der Kamera angepaßt und mittels eines rohrförmigen Spulenschaftes fest miteinander verbunden sind, dessen zwei demontierbare Teile **3** und **4** in axialer Richtung durch eine bequeme und schnelle Riegelkombination, beispielsweise einen Bajonettverschluß **5**, miteinander verbunden sind. Bekanntlich funktioniert ein solcher Verschluß in der Weise, daß durch gegenseitiges Verschieben der beiden Kernteile in Kombination mit einer axialen Ineinanderverschiebung die Verbindung entweder hergestellt oder gelöst wird. Durch eine auf einen der Flansche ausgeübte Drehbewegung werden die Spulenteile frei.

Das Filmband **6** (Fig. 2) wird von der Fabrik aus für Luftkameras eines gewissen Formats geliefert, und zwar auf einen Metall- oder Kunststoffhohlkern, der dem Spulenschaft angepaßt ist. An den äußersten Enden des Kernes **7** sind Einkerbungen **8** angebracht, welche dazu dienen, den auf der Spule aufgewickelten Film gegen Verschiebungen zu verriegeln.

Fig. 2 zeigt als Verbindungselement einen auf dem Spulenschaft **4** angebrachten Nocken **9**, der in die Einkerbung **8** des Hohlkernes **7** greift. Beim Aufstellen der Spule in die Kamera ist es deshalb wesentlich, daß als Antreibelement der mit dem Nocken versehene Spulenteil 4 verwendet wird.

Bei der mit Film versehenen Spule ist dieser Nocken nicht mehr sichtbar; deswegen wird der Spulenteil **4** mit einem sichtbaren, fühlbaren Kennzeichen versehen.

Wie in Fig. 3 wiedergegeben ist, ist dieser Teil **4** mit einem polygonen Flansch **2** versehen in der Weise, daß sich durch Betasten im Dunkeln leicht erkennen läßt, welcher Flansch gerade auf den Filmwindeschlüssel der Kamera eingestellt werden muß.

Darüber hinaus hat die vieleckige Kontur des Flansches **2** noch den Vorteil, das Wegrollen der auf einem Tisch od. dgl. liegenden Spule zu verhindern.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Rollfilmspule für Luftbildkamera, bestehend aus einem den Film tragenden Hohlzylinder und zwei mit den Spulenflanschen versehenen, im Hohlzylinder gelagerten Achsteilen, dadurch gekennzeichnet, daß die mit den Spulenflanschen (**1**, **2**) versehenen Achsteile (**3**, **4**) mit dem Hohlzylinder (**7**) lösbar verriegelt und nach Lösen der Verriegelung aus diesem herausziehbar sind.

2. Rollfilmspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsteile (**3**, **4**) ineinanderschiebbar und lösbar miteinander gekuppelt sind.

3. Rollfilmspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Achsteil des angetriebenen Spulenteiles ein in eine Einkerbung des Hohlzylinders greifender Nocken angebracht ist.

4. Rollfilmspule nach den Ansprüchen 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Spulenflansch des antreibenden Spulenteiles ein fühlbares Kennzeichen angebracht ist.

5. Rollfilmspule nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennzeichnung in einer polygonen Ausbildung des Flansches besteht.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschrift Nr. 534 172;
französische Patentschrift Nr. 1 055 402.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

709 586/243 6. 57
(709 803/393 12. 57)

AUSGABETAG: 12. DEZEMBER 1957

DBP 1011726
KL. 57a 23/01
INTERNAT. KL. G03b

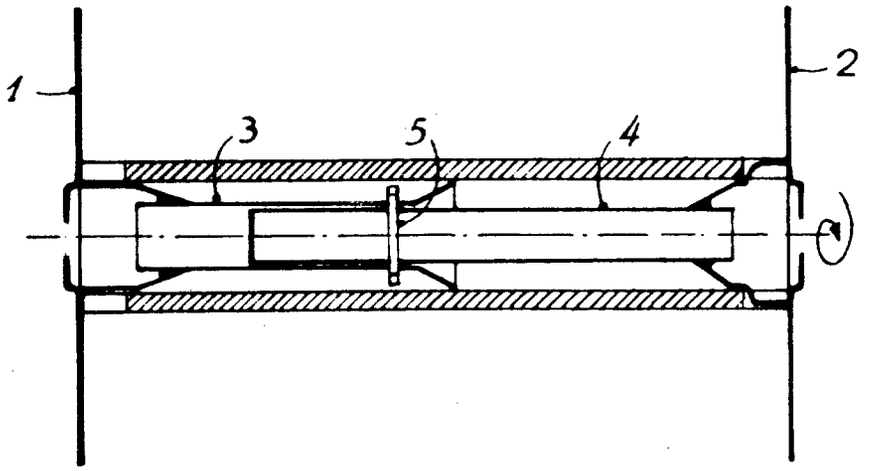


FIG. 1

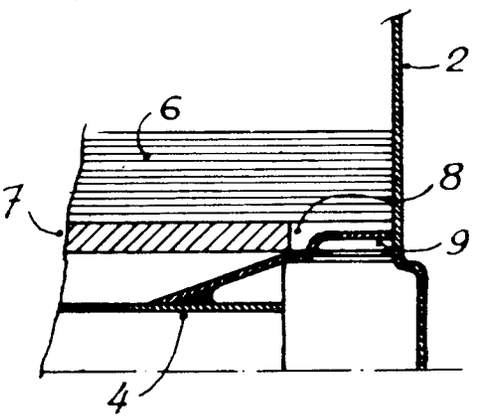


FIG. 2

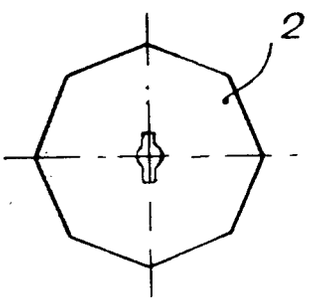


FIG. 3

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

KL. 57a 7/07
INTERNAT. KL. G 03b

DEUTSCHES PATENTAMT

AUSLEGESCHRIFT 1 016 552

Z 4386 IX/57a

ANMELDETAG: 26. AUGUST 1954

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 26. SEPTEMBER 1957

Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen, insbesondere bei Luftbildkameras

Anmelder:
Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz

Heinrich Sonnberger, Heidenheim/Brenz, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen, insbesondere bei Luftbildkameras. Die Belichtung solcher Hilfsabbildungen wurde früher durch Aufblitzenlassen von Lampen bewirkt, welche, da sie in etwa 1/10 bis 1/40 Sekunden ihre volle Helligkeit erreichen und wieder verlöschen sollten, mit erheblichen Überspannungen betrieben werden mußten. Dadurch bestand die dauernde Gefahr des Durchbrennens der Lampe.

Um diesen Nachteil zu vermeiden, hat man bereits Kameras entwickelt, bei denen die Lampe für die Belichtung der Hilfsabbildungen dauernd brannte und ein besonderer Verschluß vorgesehen war.

Der Verschluß war bei der einen Gruppe von Kameras ein Schlitzverschluß, welcher gleichzeitig die Haupt- und Hilfsabbildungen bewirkte. Dieser Verschluß hatte den Nachteil, daß die einzelnen Hilfsabbildungen, wie Abbildung der Zeigerstellung eines Amperemeters zur Festlegung der Flughöhe, Ausschlag einer Libelle od. dgl. nicht individuell behandelt werden konnte. Die einzelnen Abbildungen erfordern nämlich verschiedene Lichtmengen, was sich mit der genannten Ausbildung nicht erreichen ließ.

Bei einer anderen Gruppe von Kameras hat man daher besondere Verschlüsse für die Hilfsabbildungen und die Hauptabbildungen vorgesehen. Hier waren jedoch so viel Verschlüsse erforderlich, wie Hilfsabbildungen vorgenommen werden sollten. Diese Ausbildung war deshalb konstruktiv kompliziert und verteuerte die Kameras wesentlich.

Die Erfindung beseitigt alle diese Nachteile dadurch, daß sie, wie bekannt, eine dauernd brennende Lampe als Lichtquelle vorsieht, jedoch zur Steuerung der Belichtung einen drehbaren mit Durchbrüchen versehenen Körper benutzt. Der Körper wird zur Belichtung der Hilfsabbildungen so weit gedreht, daß das Licht durch die Durchbrüche auf die photographische Platte oder den Film gelangen kann. Die Kürze der Belichtungszeit ist hier von der Drehgeschwindigkeit des Körpers abhängig. Somit kann dieser Körper mit einem Zentralverschluß verglichen werden, und die Größe der Durchbrüche wird unterschiedlich und so gewählt, daß die gewünschte Lichtmenge für die Belichtung auf den Film fällt.

Zweckmäßig besteht der Körper aus einem drehbaren Zylinder. Die Lampe kann dann entweder im Zylinder angeordnet sein. In diesem Fall braucht der Zylindermantel nur auf einer Seite durchbrochen zu sein, es kann aber auch der Zylinder zwischen Lampe und Platte angeordnet sein. Im letzteren Fall muß der Zylinder längs Durchmessern seiner Grundfläche durchbohrt sein. Zur Belichtung ist dann eine Drehung des Zylinders um etwa 90° aus der lichtundurchlässigen Lage in die Belichtungsstellung erforderlich.

2

Die Drehung des Zylinders wird vorteilhaft durch einen Schleuderantrieb ausgelöst. Zweckmäßig ist ein Anschlag vorgesehen, auf den der Zylinder in der Belichtungsstellung trifft und von dem er in die Ausgangsstellung zurückgeworfen wird. Diese Ausbildung hat den Vorteil, daß, da in der Belichtungsstellung eine Umkehr der Drehrichtung des Zylinders stattfindet, die volle Öffnung des Zylinders für die Belichtung gut ausgenutzt wird. Zur beschleunigten Rückdrehung kann der Zylinder unter der Wirkung einer Feder stehen.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Belichtungseinrichtung dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 die Belichtungseinrichtung im Querschnitt,

Fig. 2 ein Teilstück der Fig. 1 in Ansicht,

Fig. 3 ein weiteres Teilstück in Ansicht.

In Fig. 1 bedeutet **1** den zu belichtenden Film, und zwar wird der Teil des Filmes über der Kammer **2** mit dem aufzunehmenden Geländebild über ein nicht gezeichnetes Objektiv belichtet, und auf den Teil des Filmes über der Kammer **3** werden Hilfsgrößen, welche auf einer Glasplatte **4** angeordnet sind, wie Flughöhe, Nummer der Luftbildaufnahme usw., durch eine Linse **5** projiziert. Als Lichtquelle für die Abbildung dient eine ständig brennende Lampe **6**. Damit der Lichtstrom nicht dauernd auf den Film **1** fällt, ist im Lichtweg ein Zylinder **7** drehbar gelagert. Der Zylinder **7** weist, wie insbesondere die Seitenansicht des Zylinders in Fig. 2 zeigt, Durchbrüche **8** auf. Wird in Fig. 1 der Zylinder um 90° gedreht, dann lassen die Durchbrüche **8** den Lichtstrom von der Lichtquelle **6** durch, und der Film wird belichtet. Jeder Durchbruch **8** ist für die Belichtung des Filmes mit einer Hilfsgröße gedacht. Er kann entsprechend der Wahl der Blende bei bekannten Kameras verschieden groß gewählt werden, so daß bei vorgegebener Drehgeschwindigkeit des

Zylinders eine gewünschte Lichtmenge für die Belichtung dient.

Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung zur Drehung des Zylinders in die Belichtungsstellung. Der Zylinder **7** weist an seinem einen Ende einen Stift **9** auf, welcher sich zwischen zwei Anschlägen **10** und **11** bewegen kann. Befindet sich der Stift **9** in der in Fig. 3 gezeichneten Lage, so liegen die Durchbrüche des Zylinders **7** wie in Fig. 1 dargestellt, d. h. es findet keine Belichtung statt. Befindet sich der Stift **9** im Anschlag an den Stift **11**, so ist der Zylinder **7** um 90° gedreht, und der Film wird belichtet. Die Drehbewegung des Zylinders **7** und des Stiftes **9** wird dadurch ausgelöst, daß ein um einen Bolzen **12** drehbarer Hammer **13** vorgesehen ist, welcher, wenn er durch nicht gezeichnete Mittel gedreht wird, auf den Stift **9** schlägt. Der Stift **9** wird dann gegen den Anschlag **11** geschleudert und von dort aus wieder zurück in die gezeichnete Lage. Um einen sicheren Ablauf dieser Bewegung zu gewährleisten, steht der Zylinder **7** unter dem Zug einer Feder **14**.

Patentansprüche:

1. Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen, insbesondere bei Luftbildkameras, bei der eine dauernd brennende Lampe als Lichtquelle vorgesehen ist und die Belichtung über einen besonderen Verschluß erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung der Belichtung ein drehbarer, mit Durchbrüchen versehener Körper dient.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper durch einen drehbaren Zylinder gebildet ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Zylinder zwischen Lampe und zu belichtender Schicht angeordnet ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lampe im Innern des Zylinders angeordnet ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehung des Zylinders in die Belichtungsstellung durch einen Schleuderantrieb erfolgt.

6. Einrichtung nach den Ansprüchen 3 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anschlag vorgesehen ist, auf den der Zylinder in der Belichtungsstellung trifft, von dem er in die Ausgangsstellung zurückgeworfen wird.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Britische Patentschrift Nr. 159 310.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 709 698/253 9. 57

AUSGABETAG: 26. SEPTEMBER 1957

DAS 1 016 552
KL. 57a 7/07
INTERNAT. KL. G03b

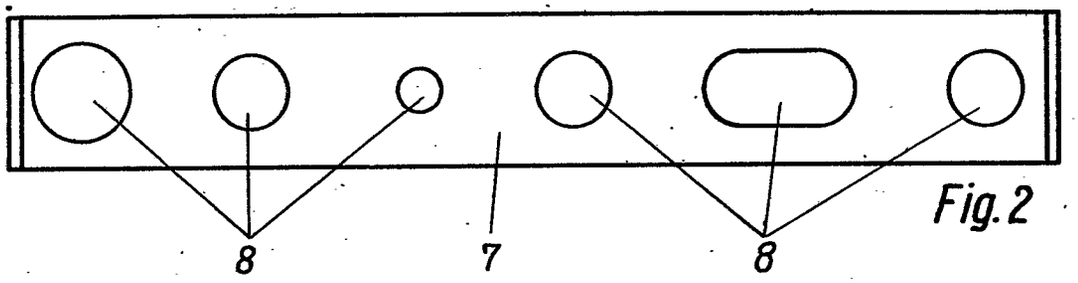


Fig. 2

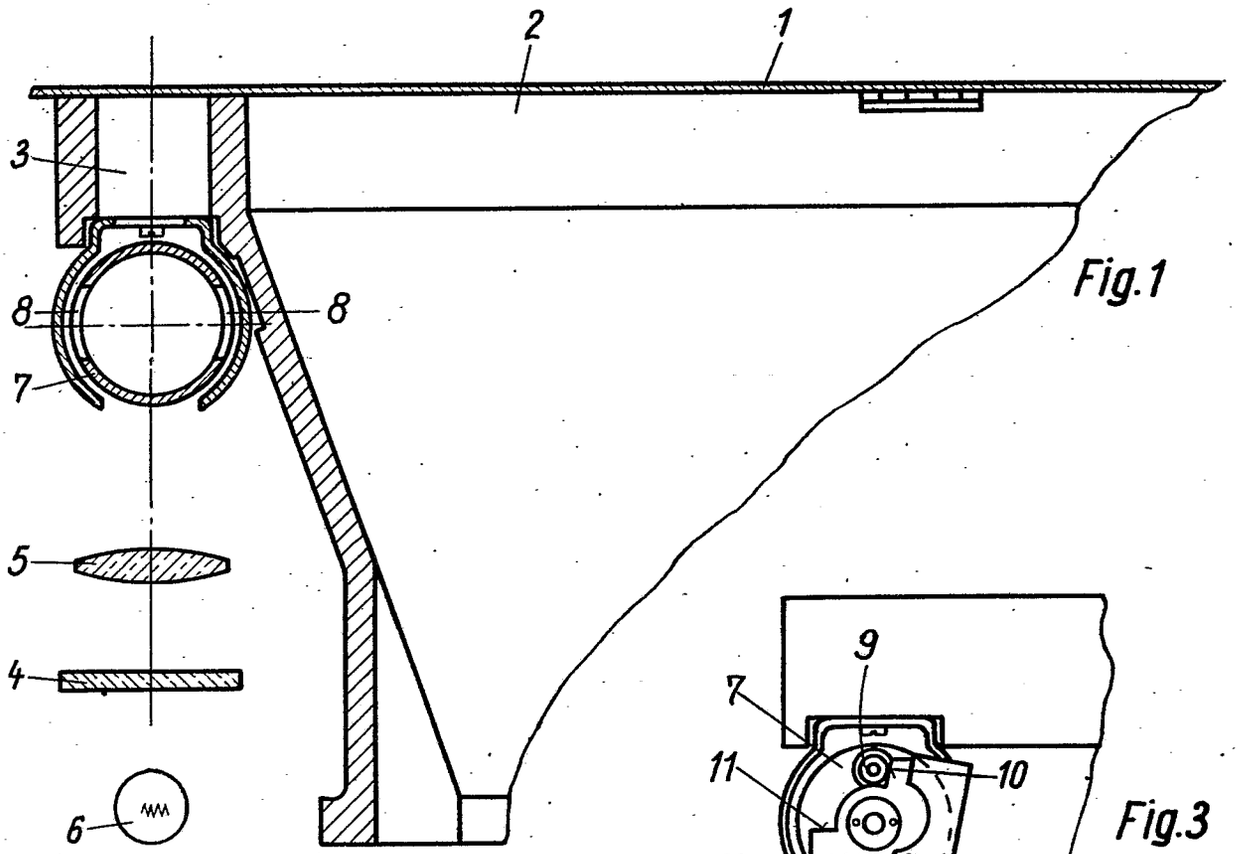


Fig. 1

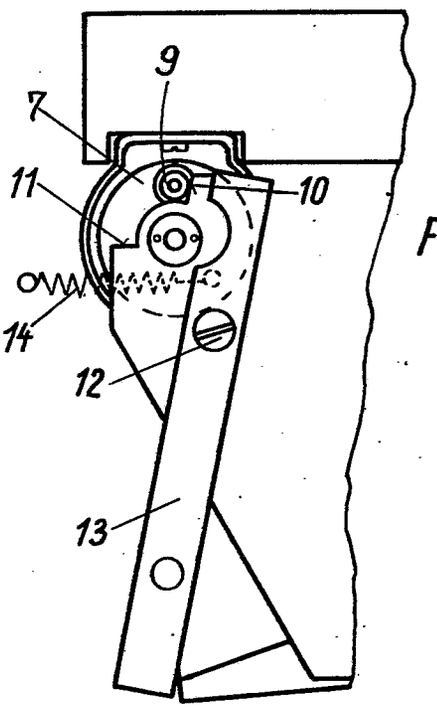


Fig. 3

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1 016 552

DBP 1 016 552
KL. 57 a 7/07
INTERNAT. KL. G 03 b
ANMELDETAG: 26. AUGUST 1954
BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 26. SEPTEMBER 1957
AUSGABE DER PATENTSCHRIFT: 27. FEBRUAR 1958
STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT 1 016 552 (Z 4386 IX / 57 a)

Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen, insbesondere bei Luftbildkameras

Patentiert für:

Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz

Heinrich Sonnberger, Heidenheim/Brenz, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen, insbesondere bei Luftbildkameras. Die Belichtung solcher Hilfsabbildungen wurde früher durch Aufblitzenlassen von Lampen bewirkt, welche, da sie in etwa 1/10 bis 1/40 Sekunden ihre volle Helligkeit erreichen und wieder verlöschen sollten, mit erheblichen Überspannungen betrieben werden mußten. Dadurch bestand die dauernde Gefahr des Durchbrennens der Lampe.

Um diesen Nachteil zu vermeiden, hat man bereits Kameras entwickelt, bei denen die Lampe für die Belichtung der Hilfsabbildungen dauernd brannte und ein besonderer Verschluß vorgesehen war.

Der Verschluß war bei der einen Gruppe von Kameras ein Schlitzverschluß, welcher gleichzeitig die Haupt- und Hilfsabbildungen bewirkte. Dieser Verschluß hatte den Nachteil, daß die einzelnen Hilfsabbildungen, wie Abbildung der Zeigerstellung eines Amperemeters zur Festlegung der Flughöhe, Ausschlag einer Libelle od. dgl. nicht individuell behandelt werden konnte. Die einzelnen Abbildungen erfordern nämlich verschiedene Lichtmengen, was sich mit der genannten Ausbildung nicht erreichen ließ.

Bei einer anderen Gruppe von Kameras hat man daher besondere Verschlüsse für die Hilfsabbildungen und die Hauptabbildungen vorgesehen. Hier waren jedoch so viel Verschlüsse erforderlich, wie Hilfsabbildungen vorgenommen werden sollten. Diese Ausbildung war deshalb konstruktiv kompliziert und verteuerte die Kameras wesentlich.

Die Erfindung beseitigt alle diese Nachteile dadurch, daß sie, wie bekannt, eine dauernd brennende Lampe als Lichtquelle vorsieht, jedoch zur Steuerung der Belichtung einen drehbaren mit Durchbrüchen versehenen Körper benutzt. Der Körper wird zur Belichtung der Hilfsabbildungen so weit gedreht, daß das Licht durch die Durchbrüche auf die photographische Platte oder den Film gelangen kann. Die Kürze der Belichtungszeit ist hier von der Drehgeschwindigkeit des Körpers abhängig. Somit kann dieser Körper mit einem Zentralverschluß verglichen werden, und die Größe der Durchbrüche wird unterschiedlich und so gewählt, daß die gewünschte Lichtmenge für die Belichtung auf den Film fällt.

Zweckmäßig besteht der Körper aus einem drehbaren Zylinder. Die Lampe kann dann entweder im Zylinder angeordnet sein. In diesem Fall braucht der Zylindermantel nur auf einer Seite durchbrochen zu sein, es kann aber auch der Zylinder zwischen Lampe und Platte angeordnet sein. Im letzteren Fall muß der Zylinder längs Durchmessern seiner Grundfläche durchbohrt sein. Zur Belichtung ist dann eine Drehung des Zylinders um etwa 90° aus der lichtundurchlässigen Lage in die Belichtungsstellung erforderlich.

2

Die Drehung des Zylinders wird vorteilhaft durch einen Schleuderantrieb ausgelöst. Zweckmäßig ist ein Anschlag vorgesehen, auf den der Zylinder in der Belichtungsstellung trifft und von dem er in die Ausgangsstellung zurückgeworfen wird. Diese Ausbildung hat den Vorteil, daß, da in der Belichtungsstellung eine Umkehr der Drehrichtung des Zylinders stattfindet, die volle Öffnung des Zylinders für die Belichtung gut ausgenutzt wird. Zur beschleunigten Rückdrehung kann der Zylinder unter der Wirkung einer Feder stehen.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Belichtungseinrichtung dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 die Belichtungseinrichtung im Querschnitt,
Fig. 2 ein Teilstück der Fig. 1 in Ansicht,
Fig. 3 ein weiteres Teilstück in Ansicht.

In Fig. 1 bedeutet **1** den zu belichtenden Film, und zwar wird der Teil des Filmes über der Kammer **2** mit dem aufzunehmenden Geländebild über ein nicht gezeichnetes Objektiv belichtet, und auf den Teil des Filmes über der Kammer **3** werden Hilfsgrößen, welche auf einer Glasplatte **4** angeordnet sind, wie Flughöhe, Nummer der Luftbildaufnahme usw., durch eine Linse **5** projiziert. Als Lichtquelle für die Abbildung dient eine ständig brennende Lampe **6**. Damit der Lichtstrom nicht dauernd auf den Film **1** fällt, ist im Lichtweg ein Zylinder **7** drehbar gelagert. Der Zylinder **7** weist, wie insbesondere die Seitenansicht des Zylinders in Fig. 2 zeigt, Durchbrüche **8** auf. Wird in Fig. 1 der Zylinder um 90° gedreht, dann lassen die Durchbrüche **8** den Lichtstrom von der Lichtquelle **6** durch, und der Film wird belichtet. Jeder Durchbruch **8** ist für die Belichtung des Filmes mit einer Hilfsgröße gedacht. Er kann entsprechend der Wahl der Blende bei bekannten Kameras verschieden groß gewählt werden, so daß bei vorgegebener Drehgeschwindigkeit des

Zylinders eine gewünschte Lichtmenge für die Belichtung dient.

Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung zur Drehung des Zylinders in die Belichtungsstellung. Der Zylinder **7** weist an seinem einen Ende einen Stift **9** auf, welcher sich zwischen zwei Anschlägen **10** und **11** bewegen kann. Befindet sich der Stift **9** in der in Fig. 3 gezeichneten Lage, so liegen die Durchbrüche des Zylinders **7** wie in Fig. 1 dargestellt, d. h. es findet keine Belichtung statt. Befindet sich der Stift **9** im Anschlag an den Stift **11**, so ist der Zylinder **7** um 90° gedreht, und der Film wird belichtet. Die Drehbewegung des Zylinders **7** und des Stiftes **9** wird dadurch ausgelöst, daß ein um einen Bolzen **12** drehbarer Hammer **13** vorgesehen ist, welcher, wenn er durch nicht gezeichnete Mittel gedreht wird, auf den Stift **9** schlägt. Der Stift **9** wird dann gegen den Anschlag **11** geschleudert und von dort aus wieder zurück in die gezeichnete Lage. Um einen sicheren Ablauf dieser Bewegung zu gewährleisten, steht der Zylinder **7** unter dem Zug einer Feder **14**.

Patentansprüche:

1. Einrichtung zum Belichten von Hilfsabbildungen, insbesondere bei Luftbildkameras, bei der

eine dauernd brennende Lampe als Lichtquelle vorgesehen ist und die Belichtung über einen besonderen Verschluß erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung der Belichtung ein drehbarer, mit Durchbrüchen versehener Körper dient.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper durch einen drehbaren Zylinder gebildet ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Zylinder zwischen Lampe und zu belichtender Schicht angeordnet ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lampe im Innern des Zylinders angeordnet ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehung des Zylinders in die Belichtungsstellung durch einen Schleuderantrieb erfolgt.

6. Einrichtung nach den Ansprüchen 3 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anschlag vorgesehen ist, auf den der Zylinder in der Belichtungsstellung trifft, von dem er in die Ausgangsstellung zurückgeworfen wird.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Britische Patentschrift Nr. 159 310.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 709 698/253 9. 57
(709 893/324 2. 58)

AUSGABETAG: 27. FEBRUAR 1958

DBP 1016552
KL. 57a 7/07
INTERNAT. KL. G03b

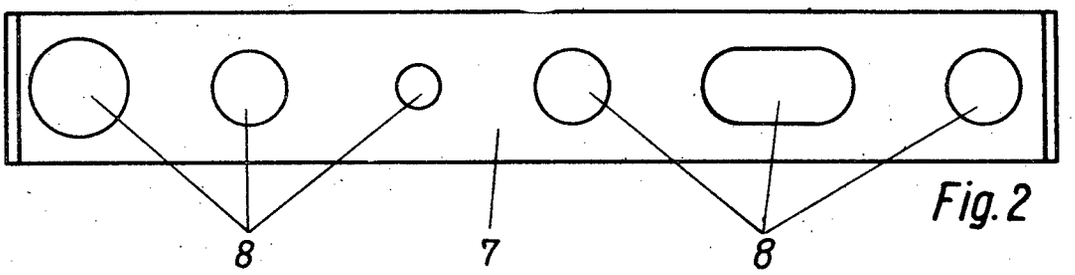


Fig. 2

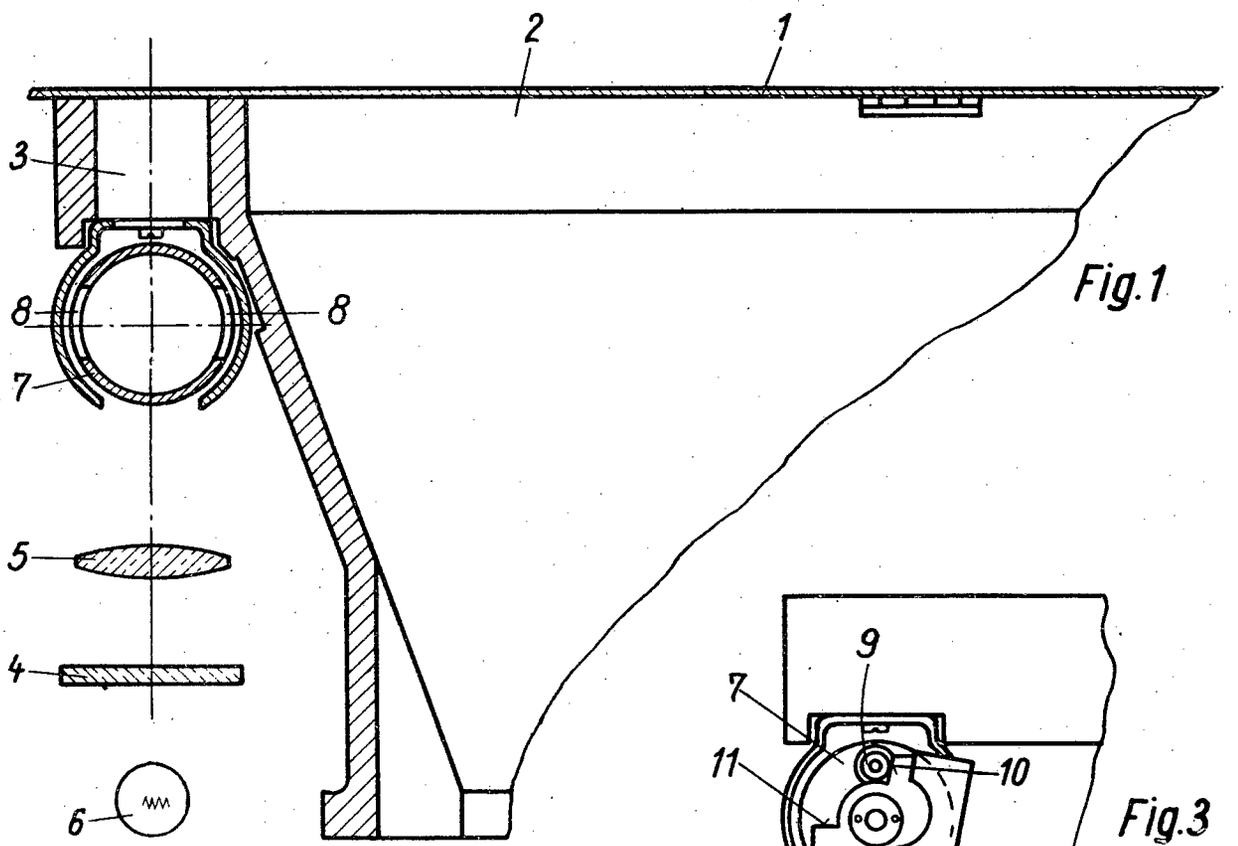


Fig. 1

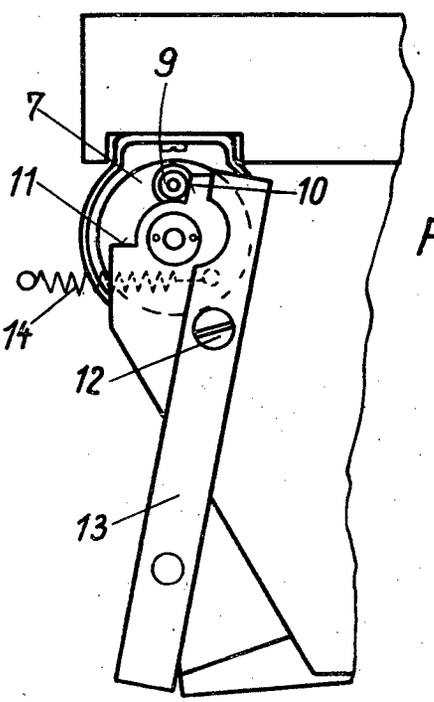


Fig. 3

(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 45 682 A1** 2004.04.15

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 45 682.8**
(22) Anmeldetag: **30.09.2002**
(43) Offenlegungstag: **15.04.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G02B 27/00**
G02B 27/02, G03B 21/28, G02B 1/00, G09F 19/18, H04N 5/74

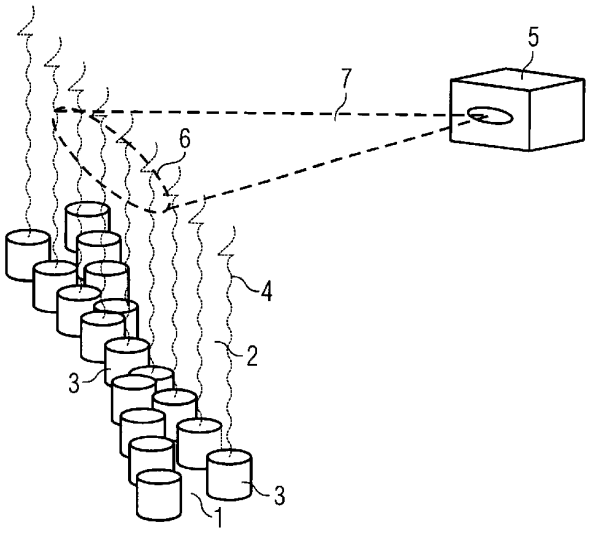
(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Fricke, Christian, 14050 Berlin, DE; Holst, Jens-Christian, Dr., 10405 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Schirm für Luftbildprojektionen**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Schirm für Luftbildprojektionen vorgeschlagen, der mit einfachen Gerätschaften auf einfache Weise realisierbar und außerdem auch mobil einsetzbar ist. Ein solcher Schirm wird örtlich mit einer erzeugten Heißluftfrontfläche (2) gebildet, für die nur einfache und transportierbare Lufterhitzungsgeräte (1) benötigt werden. Ein solcher Schirm ist außerdem weitestgehend unsichtbar. Der Umstand, dass sich auf einem solchen Heißluftschirm Bilder darstellen lassen, beruht auf dem Prinzip des Entstehens von sogenannten Fata Morganen. Durch das Erhitzen der Luft werden die optischen Eigenschaften der Luft gewollt in entsprechender Weise verändert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schirm für Luftbildprojektionen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Für z. B. Werbezwecke ist ein mobiler, soweit als möglich unsichtbarer Projektionsschirm mitten im Raum gewünscht, der die Darstellung von 2D- und 3D-Projektionen mit Hilfe von Laserlicht ermöglicht. Dabei sollen die Inhalte der dargestellten Projektionen für einzelne oder gleichzeitig für mehrere Betrachter einsehbar sein.

[0003] Es ist bekannt, semi-transluzente Medien wie z. B. Wasserdampf, Nebel, Staub, Milchglas, engmaschige Netze u.s.w. für die Bildung eines Projektionsschirmes zu verwenden, der mit entsprechend gesteuertem Laserlicht bzw. entsprechend gesteuerten Laserlichtern angestrahlt wird.

[0004] Nachteilig bei derartigen Realisierungen ist, dass die hierfür benötigten Anlagen komplexe Gerätschaften und aufwendige Justagen benötigen. Die Anlagen sind daher auch nur stationär betreibbar.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, einen Schirm für Luftbildprojektionen anzugeben, der mit einfachen Gerätschaften auf einfache Weise realisierbar und außerdem auch mobil einsetzbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Schirm gelöst, der die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist.

[0007] Ein solcher Schirm wird örtlich durch heiße Luft gebildet, die mit einfachen Gerätschaften erzeugt wird. Die Gerätschaften sind in einfacher Weise konstruierte Lufterhitzungsgeräte, die leicht transportiert und aufgebaut werden können. Außerdem ist ein solcher Schirm weitestgehend unsichtbar.

[0008] Der Umstand, dass sich auf einem solchen Schirm Bilder darstellen lassen, beruht auf dem Prinzip des Entstehens von sogenannten Fata Morganen. Im vorliegenden Fall ist die Luftspiegelung lediglich begrenzt auf einen lokalen Raum. Der lokale Raum ist dadurch bestimmt, dass dessen optischen Eigenschaften durch Erhitzen der Luft entsprechend verändert sind.

[0009] Ein solcher mit heißer Luft hergestellter Schirm für Lichtprojektionen kann auch als ein sogenannter Heißluftspiegel bezeichnet werden.

[0010] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist Gegenstand eines Unteranspruchs.

[0011] Danach ist die Möglichkeit gegeben, die Lage der Projektionsfläche im Raum durch entsprechende Modifikationsmöglichkeit des Erhitzens von Raumluft zu steuern. Im Ergebnis kann auf diese Weise der jeweilige Betrachterkreis für jeweilige Projektionen gesteuert werden.

[0012] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

[0013] **Fig.** 1 ein Schema der Luftbildprojektion mit Hilfe eines Heißluftprojektionsschirmes,

[0014] **Fig.** 2 ein Diagramm bezüglich eines vorherrschenden Zusammenhangs zwischen der Brechungszahl der Luft, der Lufttemperatur und einem daraus resultierenden möglichen Betrachtungswinkel,

[0015] **Fig.** 3 ein dem Diagramm der **Fig.** 2 nebengestelltes Diagramm bezüglich der Reflektivität nach Fresnel als Funktion der Lufttemperatur und des Luftdruckes,

[0016] **Fig.** 4 ein Modell eines Heißluftschirmes mit wegen der vorherrschenden Konvektion ortsbezogenen Angaben zum Temperaturgradienten und der sich daraus ergebenden Brechungszahl, und

[0017] **Fig.** 5 eine Prinzipdarstellung eines Lufterhitzungsgeräts zur Realisierung der Heißluftfrontfläche.

[0018] Gemäß dem in der **Fig.** 1 dargestellten Schema der Luftbildprojektion mit Hilfe eines Heißluftprojektionsschirmes wird ein Wechsel der Brechungszahl n der Luft dadurch erreicht, dass die Luft von einem Grundniveau y_0 aus über einen Bereich x_0 mittels eines Lufterhitzungsgerätes **1** erhitzt wird, wobei dann die erhitzte Luft wegen der Konvektion nach oben steigt und sich abkühlt. In der Nähe des Grundniveaus y_0 ist die Luft am heißesten, weswegen die Brechungszahl n der Luft dort am kleinsten ist. Mit zunehmender Höhe y kühlt die Luft mehr und mehr ab, weswegen die Brechungszahl n der Luft größer wird.

[0019] In einem statistischen Übergangsbereich vom Übergang der Luft von heißen Temperaturen zu kalten Temperaturen tritt analog zu den sogenannten Fata Morganen die Möglichkeit der Totalreflexion auf, weshalb eine in diesem Bereich z.B. mittels Laserlicht gestrahlte Projektion für einen Betrachterkreis sichtbar gemacht werden kann.

[0020] Die Projektion wird für einen solchen Betrachterkreis sichtbar, die sich bezüglich der Projektion in einem vorgegebenen Betrachtungswinkel befinden. Der Betrachtungswinkel α ist dabei gemäß der Formeln:

$$n(T,p) = 1 + \frac{(n-1)\cdot p}{1 + T/273}$$

$$\alpha(n) = \arcsin\left(\frac{n_<}{n_>}\right)$$

mit: T – Lufttemperatur [in Kelvin K]
p – Luftdruck [in Bar] abschätzbar.

[0021] In der **Fig.** 2 ist der gemäß der obigen Formeln angegebene Zusammenhang für den Luftdruck 1 bar grafisch dargestellt.

[0022] In der **Fig.** 3 ist der Einfluss von verschiedenen Lufttemperaturen zwischen ca. 200 K und 1000 K und verschiedenen Luftdrucken von 1 bis 3 bar dargestellt. Zu sehen ist, dass sich mit zunehmender Lufttemperatur T und zunehmendem Luftdruck p zwar die Reflektivität der heißen Luftfrontfläche verkleinert((1-Reflektivität) wird größer), da die Brechungszahl n (s. **Fig.** 2) kleiner wird. Der Betrachtungswinkel wird dabei aber größer (s. **Fig.** 2).

[0023] Gemäß Fresnel kann die Reflektivität R gemäß folgender Formel abgeschätzt werden:

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2$$

[0024] Das in der **Fig.** 4 gezeigte Modell eines Heißluftschirmes **2** umfasst neben dem eigentlichen Heißluftschirm **2** ein Lufterhitzungsgerät **1**, das durch Erhitzen der Luft und Konvektion der erhitzten Luft den Heißluftschirm **2** erzeugt.

[0025] Gemäß der **Fig.** 4 weist der Heißluftschirm **2** eine Breite von z.B. 1 m und eine effektive Höhe von 1 m auf. Die effektive Höhe ist bestimmt durch die Konvektion, bzw. dadurch, wie schnell die aufsteigende Luft abkühlt.

[0026] Das Lufterhitzungsgerät **1** weist gemäß der **Fig.** 4 eine einzige Linie mit z.B. einer Reihe von einzelnen kleinen Heizelementen **3** (**Fig.** 5) mit z.B. einem jeweiligen Durchmesser von 1 cm auf.

[0027] Die durch die Heizelemente **3** hervorgerufene, den Heißluftschirm **2** bildende laminare Luftströmung **4** (**Fig.** 5) folgt den Navier-Stokes-Gleichungen. Drei Effekte sind dabei besonders zu beachten, die den Temperaturgradienten in der Luftströmung maßgeblich bestimmen: Das sind die Abstrahlwärme, mit der die Luft von dem Lufterhitzungsgerät abgegeben wird. Das sind weiter die Güte der Konvektion, das heißt, wie gut die heiße Luft aufsteigen kann. Und das sind das Auftreten von turbulenten Strömungen, durch die ein zu unregelmäßiger Heißluftschirm entsteht.

[0028] Da eine laminare Strömung eine Grundvoraussetzung für einen Heißluftschirm ist, ist daher zunächst einmal der maximale Temperaturunterschied zu ermitteln, ab dem der erzeugte heiße Luftstrom turbulent wird. Dies kann gemäß folgender Gleichung abgeschätzt werden:

$$\Lambda = \frac{g\beta \cdot \Delta T \cdot h^3}{a \cdot \nu}$$

[0029] Siehe hierzu: Handbuch der experimentellen Physik, 5.2: Elektrizitätslehrel Elektromechanische Schwingungen und Wellen, Ultraschall; Josef Breitsameter, 1995 [1].

[0030] Mit experimentellen Werten (s. [1]) für A von bis zu 10^9 Stück kann der Temperaturunterschied in Abhängigkeit der Höhe des laminaren Stromes ermittelt werden, wie es als Beispiel in der **Fig.** 4 näher dargestellt ist. Danach kann es beispielsweise sein, dass die Temperatur des heißen Luftstromes 20 cm über den Heizelementen **3** des Lufterhitzungsgerätes **1** ausgehend von einer Starttemperatur von z.B. 1217° C noch 900° C beträgt, während die Temperatur 1 m über den Heizelementen **3** des Lufterhitzungsgerätes nur noch 22° C beträgt.

[0031] Der Temperaturgradient verläuft dabei nach folgender Proportionalität:

$$T \propto \frac{1}{x}$$

[0032] Die sich aus der Temperaturänderung ergebende Änderung der Brechungszahl der erhitzten Luft ist in der **Fig.** 4 in % auf der rechten Seite der **Fig.** 4 angegeben. Danach ist zu erkennen, dass der starken Änderung der Temperatur innerhalb des maßgeblichen Streckenabschnittes nur eine relativ geringe Änderung der Brechungszahl gegenüber steht.

[0033] Die Arbeitsbedingungen für die Dicke des Heißluftschirmes **2** für einen 1 m hohen Heißluftschirm **2** können gemäß der nachfolgenden Beziehung abgeschätzt werden:

$$\delta = \sqrt[4]{\frac{\nu^2 x}{g\beta \cdot T}}$$

[0034] Als Ergebnis kann gesagt werden, dass sich für einen solchen Heißluftschirm **2** eine durchschnittliche Dicke von 3 cm ergibt.

[0035] Die benötigte Leistung, um einen solchen Heißluftschirm **2** zu erzeugen, kann unter Berücksichtigung des Wärmeaustausches pro Zeiteinheit und pro Dickeneinheit jeweils bezogen auf eine aktuelle Betrachtungshöhe innerhalb des Heißluftschirmes **2** gemäß der folgenden Beziehung abgeschätzt werden:

$$Q_w = \rho \cdot c_p \sqrt[4]{\nu^2 \Delta T^5 \cdot h^3 \beta g}$$

[0036] Der Einfluss von Wärmestrahlung kann in Bezug auf den Wärmeauftrieb vernachlässigt werden. Dies kann aus folgender Beziehung hergeleitet werden:

$$\kappa = \frac{1}{3} \cdot c_{V/P} \sqrt{3RT}\,\lambda \frac{\partial E(T)}{\partial T}$$

mit $\lambda = 1\mu m$, $T = 500°C$,
$\kappa = 2.41\ 10^{-2}$
(Siehe: Experimentalphysik, „Optik", Bergmann-Schäfer).

[0037] Danach tritt bei einer Änderung von 200° C über einen Streckenabschnitt von 1 m Höhe nur eine Temperaturänderung von 20° K auf Grund der Wärmestrahlung auf.

[0038] In der **Fig.** 5 ist ein schematisches Ausführungsbeispiel eines Lufterhitzungsgerätes **1** gezeigt, das zur Erzeugung eines jeweiligen Heißluftschirmes **2** zwei in einem vorgegebenen Winkel zueinander stehende Linien von angeordneten Heizelementen **3** aufweist. Mit jeder Linie von Heizelementen **3** kann für einen vorgegebenen Betrachterkreis ein Heißluftschirm **2** erzeugt werden, auf dem z.B. mittels eines entsprechenden Laserprojektors **5** eine Projektion **6** unter Aussenden von entsprechendem Laserlicht **7** sichtbar gemacht werden kann. Ist eine entsprechen-

de Ansteuerung für die Linien von Heizelementen **2** gegeben, können gesteuert Projektionen für unterschiedlich zueinander positionierte Benutzerkreise sichtbar gemacht werden. Gleiches kann erreicht werden, wenn stattdessen mehrere Lufterhitzungsgeräte **1** mit einzelnen Linien von Heizelementen **3** gepaart mit einer entsprechenden Ansteuerung verwendet werden.

Patentansprüche

1. Schirm für Luftbildprojektionen unter Verwendung von Laserlicht, gekennzeichnet durch eine mittels wenigstens einem einzigen Lufterhitzungsgerät (**1**) im Raum erzeugte Heißluftfrontfläche (**2**).

2. Schirm nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionierung der Heißluftfrontfläche (**2**) im Raum durch das Vorsehen mehrerer Lufterhitzungsgeräte (**1**) oder durch das Vorsehen unterschiedlich positionierter Heizelemente (**3**) innerhalb eines Lufterhitzungsgerätes (**1**) gepaart jeweils mit einer jeweils entsprechenden Ansteuerung steuerbar ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

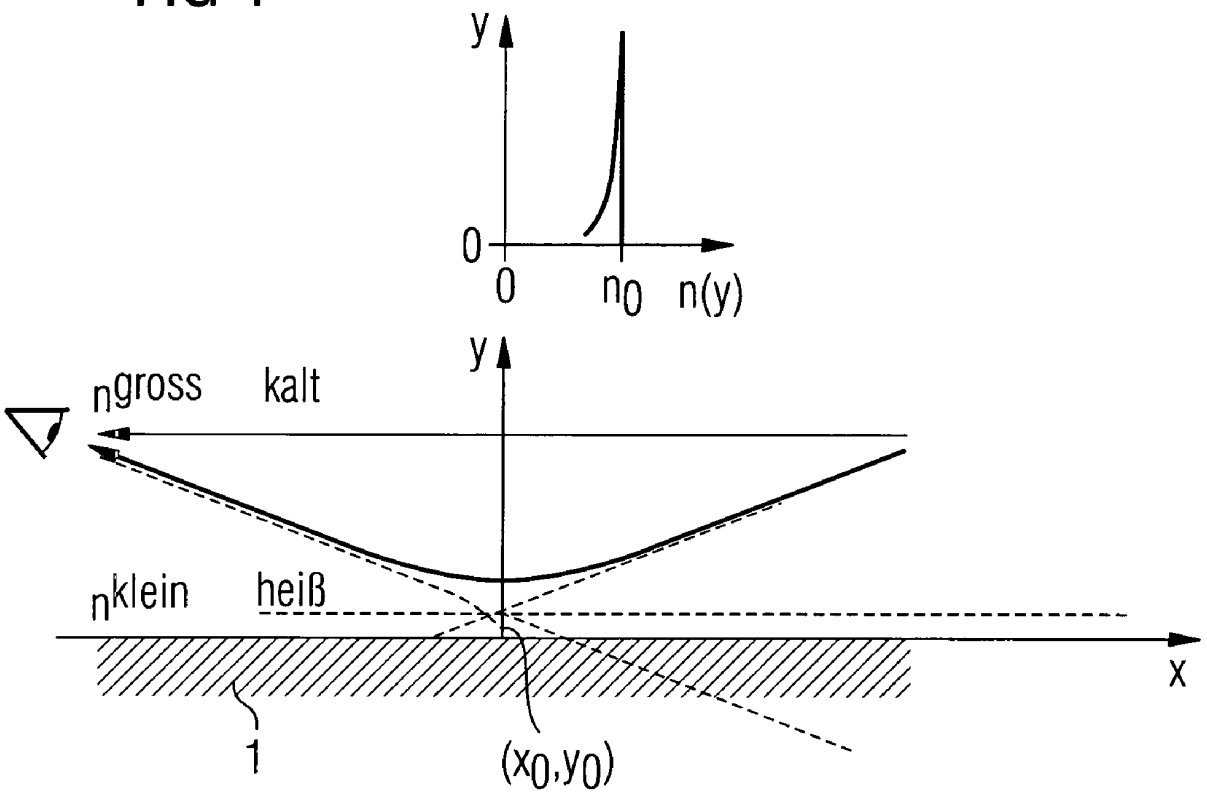


FIG 3

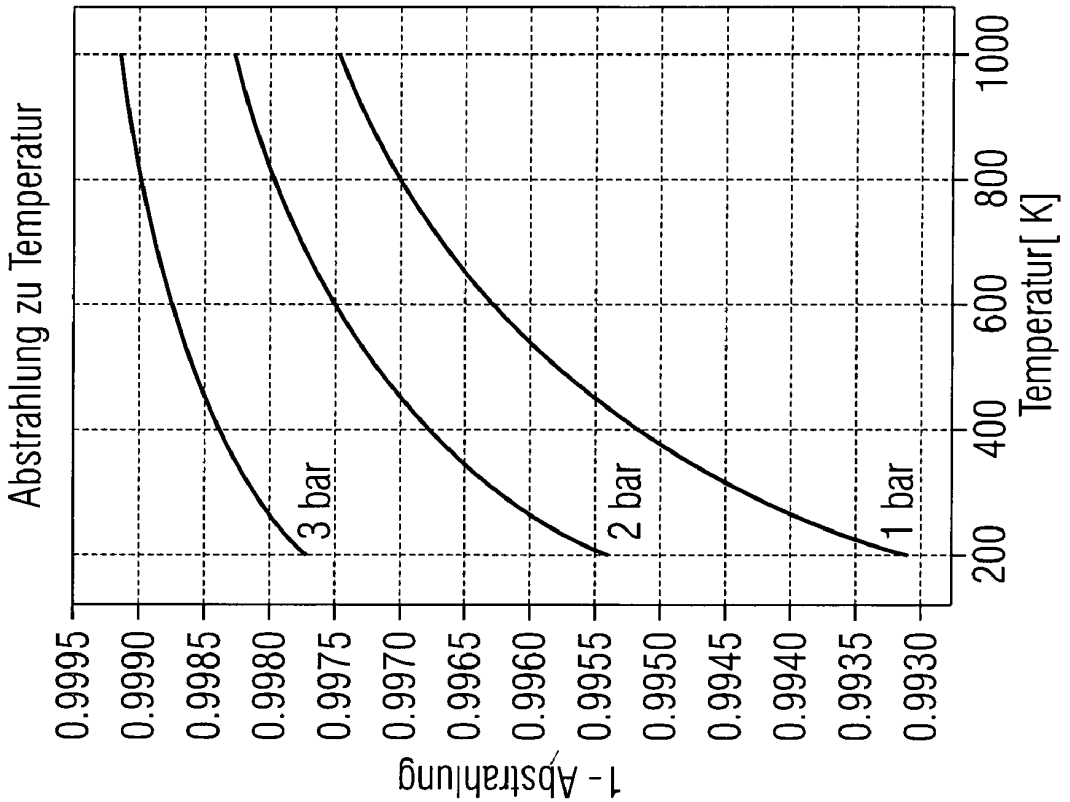

Abstrahlung zu Temperatur
1 - Abstrahlung
Temperatur[K]
0.9995
0.9990
0.9985
0.9980
0.9975
0.9970
0.9965
0.9960
0.9955
0.9950
0.9945
0.9940
0.9935
0.9930
200
400
600
800
1000
3 bar
2 bar
1 bar

FIG 2

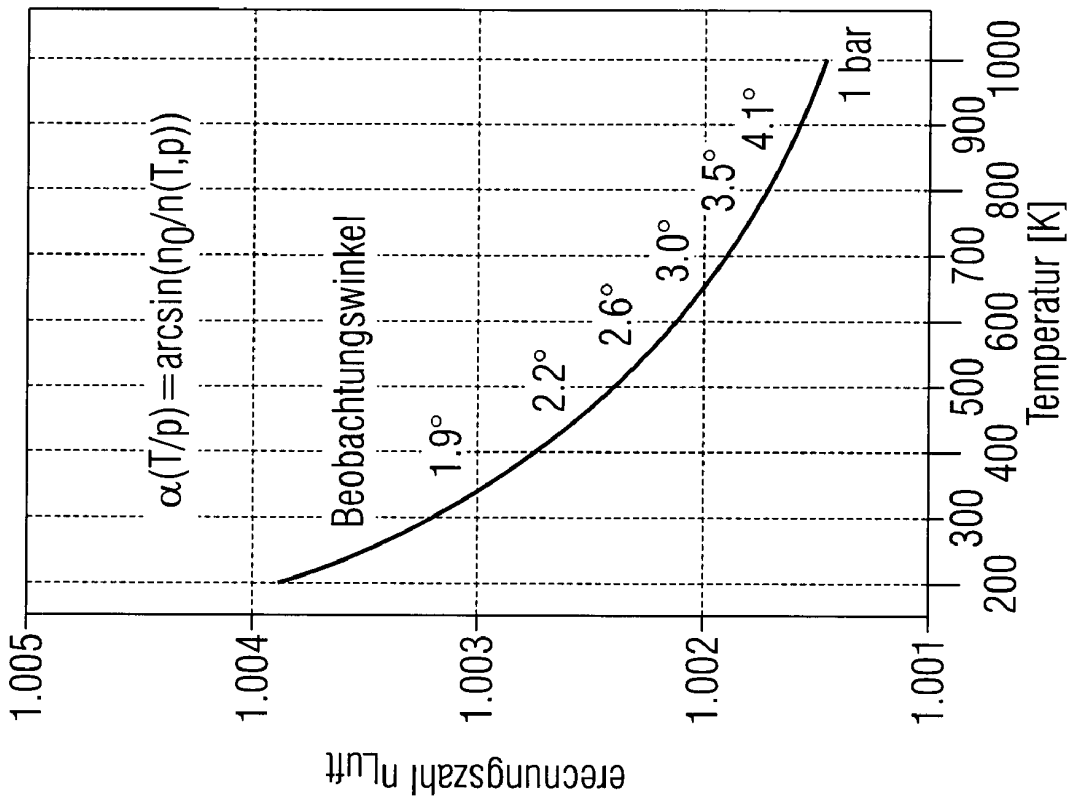

α(T/p)=arcsin(n0/n(T,p))
Beobachtungswinkel
1.9°
2.2°
2.6°
3.0°
3.5°
4.1°
1 bar
Temperatur [K]
1.005
1.004
1.003
1.002
1.001
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

FIG 4

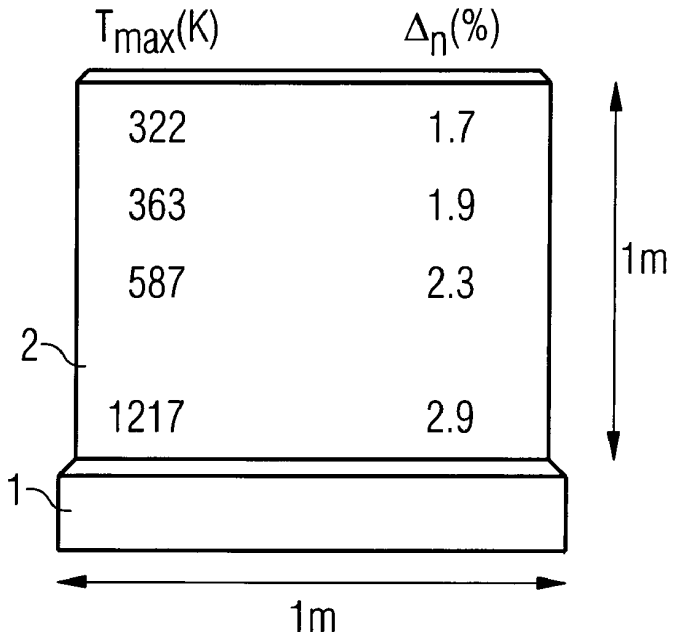
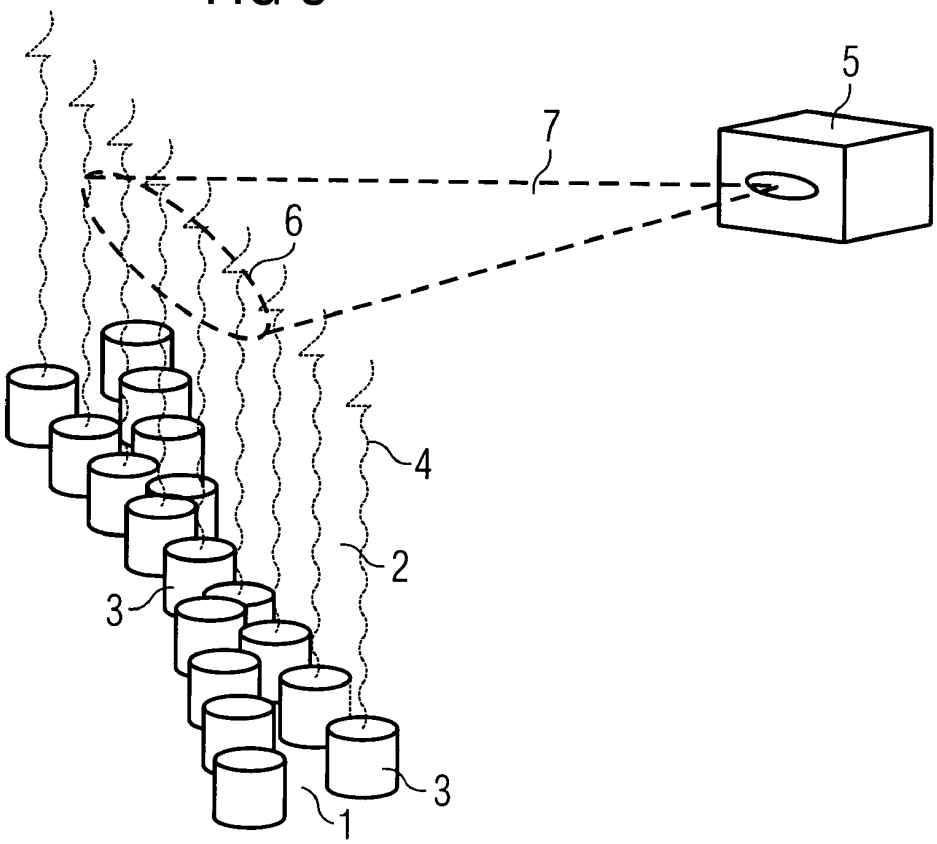


FIG 5



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 45 682 B4** 2006.01.19

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 45 682.8**
(22) Anmeldetag: **30.09.2002**
(43) Offenlegungstag: **15.04.2004**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **19.01.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G02B 27/00*** (2006.01)
G02B 27/02 (2006.01)
G03B 21/56 (2006.01)
G02B 1/00 (2006.01)
G09F 19/18 (2006.01)
H04N 5/74 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Fricke, Christian, 14050 Berlin, DE; Holst, Jens-Christian, Dr., 10405 Berlin, DE

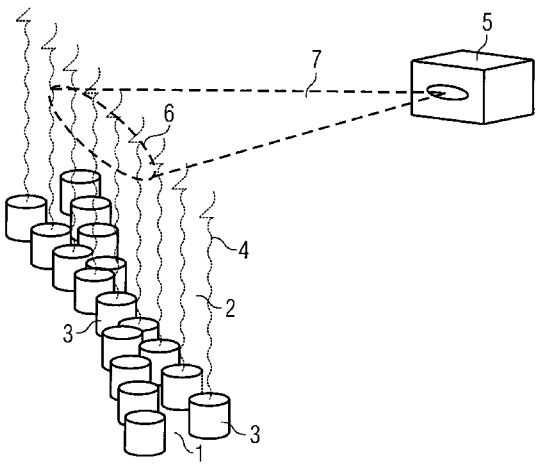
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 196 45 976 C1
DE 100 26 973 A1

(54) Bezeichnung: **Schirm für Luftbildprojektionen**

(57) Hauptanspruch: Schirm für Luftbildprojektionen unter Verwendung von Laserlicht, gekennzeichnet durch eine mittels wenigstens einem einzigen Lufterhitzungsgerät (1) im Raum erzeugte, einen turbulenten Luftstrom beherbergende Heißluftfrontfläche (2), die mit einem Bild darstellenden Laser in einem Einstrahlwinkel α(n) bezüglich eines Betrachters des Bildes bestrahlt ist, wobei die Lufttemperatur T in Kelvin, der Luftdruck p in Bar, die Brechungszahl $n_<$ der erhitzten Luft in der Nähe des Lufterhitzungsgeräts (1) und die Brechungszahl $n_>$ im Abstand vom Lufterhitzungsgerät (1) gemäß folgender Beziehungen berücksichtigt sind:

$$\alpha(n) = \arcsin\left(\frac{n_<}{n_>}\right)$$

$$n(T,p) = 1 + \frac{(n-1)\cdot p}{1 + T/273}$$



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schirm für Luftbildprojektionen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Für z. B. Werbezwecke ist ein mobiler, soweit als möglich unsichtbarer Projektionsschirm mitten im Raum gewünscht, der die Darstellung von 2D- und 3D-Projektionen mit Hilfe von Laserlicht ermöglicht. Dabei sollen die Inhalte der dargestellten Projektionen für einzelne oder gleichzeitig für mehrere Betrachter einsehbar sein.

[0003] Es ist bekannt, semi-transluzente Medien wie z. B. Wasserdampf, Nebel, Staub, Milchglas, engmaschige Netze u.s.w. für die Bildung eines Projektionsschirmes zu verwenden, der mit entsprechend gesteuertem Laserlicht bzw. entsprechend gesteuerten Laserlichtern angestrahlt wird.

[0004] Nachteilig bei derartigen Realisierungen ist, dass die hierfür benötigten Anlagen komplexe Gerätschaften und aufwendige Justagen benötigen. Die Anlagen sind daher auch nur stationär betreibbar.

Stand der Technik

[0005] Einen ersten konkreten Fall zeigt das Dokument DE 100 26 973 A1. Dieses Dokument betrifft eine Projektionsfläche für die Laserprojektionstechnik. Mit der Laserprojektionstechnik steht eine Technik zur Verfügung, die bewegte Bilder auf einer streuenden Oberfläche projizieren kann. Im vorliegenden Fall wird als Projektionsfläche ein transparentes, glaskeramisches Material oder ein durchsichtiges, entmischtes Glas an Stelle von konventionellen Leinwänden oder in den Raum streuenden Teilchen verwendet.

[0006] Einen zweiten konkreten Fall zeigt das Dokument DE 196 45 976 C1. Dieses Dokument betrifft eine Vorrichtung mit einem Laser und zum Abbilden von Bildern einem Bildschirm, bei dem dieser oder eine Schicht von diesem eine Vielzahl streuender Strukturen aufweist, wobei hier die Dicke des Schirms oder die Dicke der besagten Schicht eine bedeutende Rolle spielt.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, einen Schirm für Luftbildprojektionen anzugeben, der mit einfachen Gerätschaften auf einfache Weise realisierbar und außerdem auch mobil einsetzbar ist.

Aufgabenstellung

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Schirm gelöst, der die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist.

[0009] Ein solcher Schirm wird örtlich durch heiße Luft gebildet, die mit einfachen Gerätschaften erzeugt wird. Die Gerätschaften sind in einfacher Weise konstruierte Lufterhitzungsgeräte, die leicht transportiert und aufgebaut werden können. Außerdem ist ein solcher Schirm weitestgehend unsichtbar.

[0010] Der Umstand, dass sich auf einem solchen Schirm Bilder darstellen lassen, beruht auf dem Prinzip des Entstehens von sogenannten Fata Morganen. Im vorliegenden Fall ist die Luftspiegelung lediglich begrenzt auf einen lokalen Raum. Der lokale Raum ist dadurch bestimmt, dass dessen optischen Eigenschaften durch Erhitzen der Luft entsprechend verändert sind.

[0011] Ein solcher mit heißer Luft hergestellter Schirm für Lichtprojektionen kann auch als ein sogenannter Heißluftspiegel bezeichnet werden.

[0012] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist Gegenstand eines Unteranspruchs.

[0013] Danach ist die Möglichkeit gegeben, die Lage der Projektionsfläche im Raum durch entsprechende Modifikationsmöglichkeit des Erhitzens von Raumluft zu steuern. Im Ergebnis kann auf diese Weise der jeweilige Betrachterkreis für jeweilige Projektionen gesteuert werden.

[0014] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

[0015] Fig. 1 ein Schema der Luftbildprojektion mit Hilfe eines Heißluftprojektionsschirmes,

[0016] Fig. 2 ein Diagramm bezüglich eines vorherrschenden Zusammenhangs zwischen der Brechungszahl der Luft, der Lufttemperatur und einem daraus resultierenden möglichen Betrachtungswinkel,

[0017] Fig. 3 ein dem Diagramm der Fig. 2 nebengestelltes Diagramm bezüglich der Reflektivität nach Fresnel als Funktion der Lufttemperatur und des Luftdruckes,

[0018] Fig. 4 ein Modell eines Heißluftschirmes mit wegen der vorherrschenden Konvektion ortsbezogenen Angaben zum Temperaturgradienten und der sich daraus ergebenden Brechungszahl, und

[0019] Fig. 5 eine Prinzipdarstellung eines Lufterhitzungsgeräts zur Realisierung der Heißluftfrontfläche.

Ausführungsbeispiel

[0020] Gemäß dem in der Fig. 1 dargestellten Schema der Luftbildprojektion mit Hilfe eines Heiß-

luftprojektionsschirmes wird ein Wechsel der Brechungszahl n der Luft dadurch erreicht, dass die Luft von einem Grundniveau y_0 aus über einen Bereich x_0 mittels eines Lufterhitzungsgerätes **1** erhitzt wird, wobei dann die erhitzte Luft wegen der Konvektion nach oben steigt und sich abkühlt. In der Nähe des Grundniveaus y_0 ist die Luft am heißesten, weswegen die Brechungszahl n der Luft dort am kleinsten ist. Mit zunehmender Höhe y kühlt die Luft mehr und mehr ab, weswegen die Brechungszahl n der Luft größer wird.

[0021] In einem statistischen Übergangsbereich vom Übergang der Luft von heißen Temperaturen zu kalten Temperaturen tritt analog zu den sogenannten Fata Morganen die Möglichkeit der Totalreflexion auf, weshalb eine in diesem Bereich z.B. mittels Laserlicht gestrahlte Projektion für einen Betrachterkreis sichtbar gemacht werden kann.

[0022] Die Projektion wird für einen solchen Betrachterkreis sichtbar, die sich bezüglich der Projektion in einem vorgegebenen Betrachtungswinkel befinden. Der Betrachtungswinkel α ist dabei gemäß der Formeln:

$$n(T,p) = 1 + \frac{(n-1)\cdot p}{1 + T/273}$$

$$\alpha(n) = \arcsin\left(\frac{n_<}{n_>}\right)$$

mit:

T Lufttemperatur [in Kelvin K]
p Luftdruck [in Bar]

abschätzbar.

[0023] In der Fig. 2 ist der gemäß der obigen Formeln angegebene Zusammenhang für den Luftdruck 1 bar grafisch dargestellt.

[0024] In der Fig. 3 ist der Einfluss von verschiedenen Lufttemperaturen zwischen ca. 200 K und 1000 K und verschiedenen Luftdrucken von 1 bis 3 bar dargestellt. Zu sehen ist, dass sich mit zunehmender Lufttemperatur T und zunehmendem Luftdruck p zwar die Reflektivität der heißen Luftfrontfläche verkleinert ((1-Reflektivität) wird größer), da die Brechungszahl n (s. Fig. 2) kleiner wird. Der Betrachtungswinkel wird dabei aber größer (s. Fig. 2).

[0025] Gemäß Fresnel kann die Reflektivität R gemäß folgender Formel abgeschätzt werden:

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2$$

[0026] Das in der Fig. 4 gezeigte Modell eines Heißluftschirmes **2** umfasst neben dem eigentlichen Heißluftschirm **2** ein Lufterhitzungsgerät **1**, das durch Erhitzen der Luft und Konvektion der erhitzten Luft den Heißluftschirm **2** erzeugt.

[0027] Gemäß der Fig. 4 weist der Heißluftschirm **2** eine Breite von z.B. 1 m und eine effektive Höhe von 1 m auf. Die effektive Höhe ist bestimmt durch die Konvektion, bzw. dadurch, wie schnell die aufsteigende Luft abkühlt.

[0028] Das Lufterhitzungsgerät **1** weist gemäß der Fig. 4 eine einzige Linie mit z.B. einer Reihe von einzelnen kleinen Heizelementen **3** (Fig. 5) mit z.B. einem jeweiligen Durchmesser von 1 cm auf.

[0029] Die durch die Heizelemente **3** hervorgerufene, den Heißluftschirm **2** bildende laminare Luftströmung **4** (Fig. 5) folgt den Navier-Stokes-Gleichungen. Drei Effekte sind dabei besonders zu beachten, die den Temperaturgradienten in der Luftströmung maßgeblich bestimmen: Das sind die Abstrahlwärme, mit der die Luft von dem Lufterhitzungsgerät abgegeben wird. Das sind weiter die Güte der Konvektion, das heißt, wie gut die heiße Luft aufsteigen kann. Und das sind das Auftreten von turbulenten Strömungen, durch die ein zu unregelmäßiger Heißluftschirm entsteht.

[0030] Da eine laminare Strömung eine Grundvoraussetzung für einen Heißluftschirm ist, ist daher zunächst einmal der maximale Temperaturunterschied zu ermitteln, ab dem der erzeugte heiße Luftstrom turbulent wird. Dies kann gemäß folgender Gleichung abgeschätzt werden:

$$\Lambda = \frac{g\beta \cdot \Delta T \cdot h^3}{a \cdot \nu}$$

[0031] Siehe hierzu: Handbuch der experimentellen Physik, 5.2: Elektrizitätslehre; Elektromechanische Schwingungen und Wellen, Ultraschall; Josef Breitsameter, 1995 [1].

[0032] Mit experimentellen Werten (s. [1]) für Λ von bis zu 10^9 Stück kann der Temperaturunterschied in Abhängigkeit der Höhe des laminaren Stromes ermittelt werden, wie es als Beispiel in der Fig. 4 näher dargestellt ist. Danach kann es beispielsweise sein, dass die Temperatur des heißen Luftstromes 20 cm über den Heizelementen **3** des Lufterhitzungsgerätes **1** ausgehend von einer Starttemperatur von z.B. 1217° C noch 900° C beträgt, während die Temperatur 1 m über den Heizelementen **3** des Lufterhitzungsgerätes nur noch 22° C beträgt.

[0033] Der Temperaturgradient verläuft dabei nach folgender Proportionalität:

$$T \propto \frac{1}{x}$$

[0034] Die sich aus der Temperaturänderung ergebende Änderung der Brechungszahl der erhitzten Luft ist in der Fig. 4 in % auf der rechten Seite der Fig. 4 angegeben. Danach ist zu erkennen, dass der starken Änderung der Temperatur innerhalb des maßgeblichen Streckenabschnittes nur eine relativ geringe Änderung der Brechungszahl gegenüber steht.

[0035] Die Arbeitsbedingungen für die Dicke des Heißluftschirmes **2** für einen 1 m hohen Heißluftschirm **2** können gemäß der nachfolgenden Beziehung abgeschätzt werden:

$$\delta = \sqrt[4]{\frac{\nu^2 x}{g\beta \cdot T}}$$

[0036] Als Ergebnis kann gesagt werden, dass sich für einen solchen Heißluftschirm **2** eine durchschnittliche Dicke von 3 cm ergibt.

[0037] Die benötigte Leistung, um einen solchen Heißluftschirm **2** zu erzeugen, kann unter Berücksichtigung des Wärmeaustausches pro Zeiteinheit und pro Dickeneinheit jeweils bezogen auf eine aktuelle Betrachtungshöhe innerhalb des Heißluftschirmes **2** gemäß der folgenden Beziehung abgeschätzt werden:

$$Q_w = \rho \cdot c_P \sqrt[4]{\nu^2 \Delta T^5 \cdot h^3 \beta g}$$

[0038] Der Einfluss von Wärmestrahlung kann in Bezug auf den Wärmeauftrieb vernachlässigt werden. Dies kann aus folgender Beziehung hergeleitet werden:

$$\kappa = \frac{1}{3} \cdot c_{V/P} \sqrt{3RT}\lambda \frac{\partial E(T)}{\partial T}$$

mit λ = 1 µm, T = 500°C,
$\kappa = 2.41\ 10^{-2}$
(Siehe: Experimentalphysik, „Optik", Bergmann-Schäfer).

[0039] Danach tritt bei einer Änderung von 200° C über einen Streckenabschnitt von 1 m Höhe nur eine Temperaturänderung von 20° K auf Grund der Wärmestrahlung auf.

[0040] In der Fig. 5 ist ein schematisches Ausführungsbeispiel eines Lufterhitzungsgerätes **1** gezeigt, das zur Erzeugung eines jeweiligen Heißluftschirmes **2** zwei in einem vorgegebenen Winkel zueinander stehende Linien von angeordneten Heizelementen **3** aufweist. Mit jeder Linie von Heizelementen **3** kann für einen vorgegebenen Betrachterkreis ein Heißluftschirm **2** erzeugt werden, auf dem z.B. mittels eines entsprechenden Laserprojektors **5** eine Projektion **6** unter Aussenden von entsprechendem Laserlicht **7** sichtbar gemacht werden kann. Ist eine entsprechende Ansteuerung für die Linien von Heizelementen **2** gegeben, können gesteuert Projektionen für unterschiedlich zueinander positionierte Benutzerkreise sichtbar gemacht werden. Gleiches kann erreicht werden, wenn stattdessen mehrere Lufterhitzungsgeräte **1** mit einzelnen Linien von Heizelementen **3** gepaart mit einer entsprechenden Ansteuerung verwendet werden.

Patentansprüche

1. Schirm für Luftbildprojektionen unter Verwendung von Laserlicht, gekennzeichnet durch eine mittels wenigstens einem einzigen Lufterhitzungsgerät (**1**) im Raum erzeugte, einen turbulenten Luftstrom beherbergende Heißluftfrontfläche (**2**), die mit einem Bild darstellenden Laser in einem Einstrahlwinkel α(n) bezüglich eines Betrachters des Bildes bestrahlt ist, wobei die Lufttemperatur T in Kelvin, der Luftdruck p in Bar, die Brechungszahl $n_<$ der erhitzten Luft in der Nähe des Lufterhitzungsgeräts (**1**) und die Brechungszahl $n_>$ im Abstand vom Lufterhitzungsgerät (**1**) gemäß folgender Beziehungen berücksichtigt sind:

$$\alpha(n) = \arcsin\left(\frac{n_<}{n_>}\right)$$

$$n(T,p) = 1 + \frac{(n-1)\cdot p}{1 + T/273}$$

2. Schirm nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionierung der Heißluftfrontfläche (**2**) im Raum durch das Vorsehen mehrerer Lufterhitzungsgeräte (**1**) oder durch das Vorsehen unterschiedlich positionierter Heizelemente (**3**) innerhalb eines Lufterhitzungsgerätes (**1**) gepaart jeweils mit einer jeweils entsprechenden Ansteuerung steuerbar ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

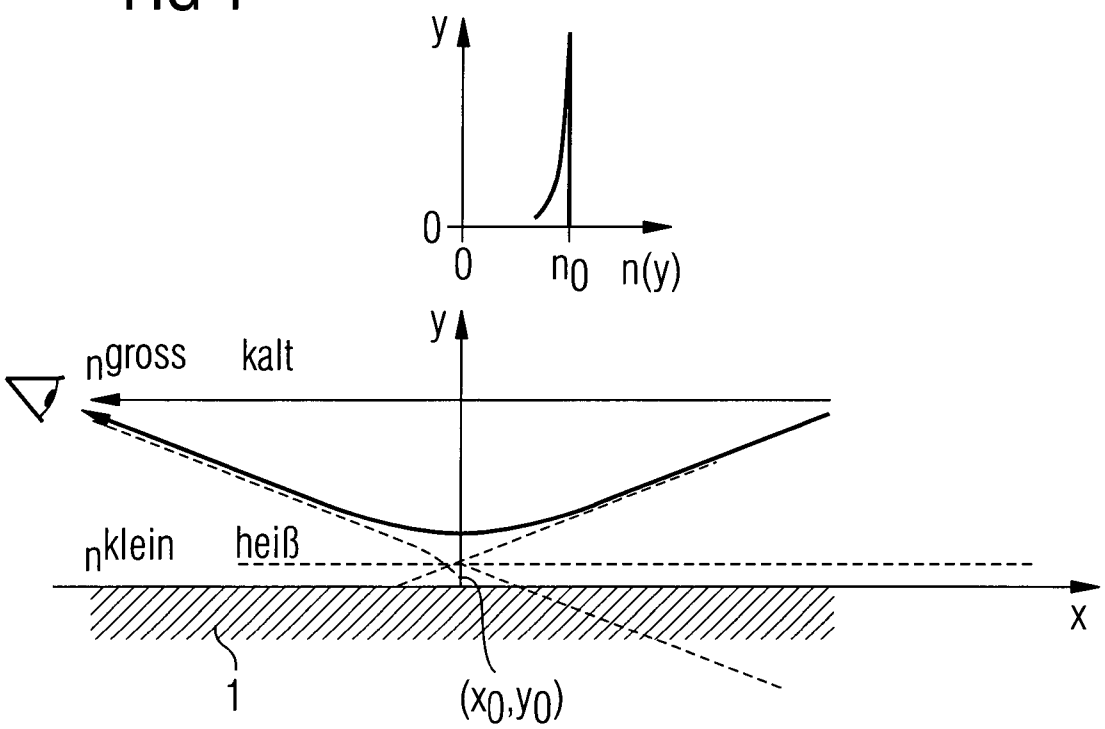


FIG 3

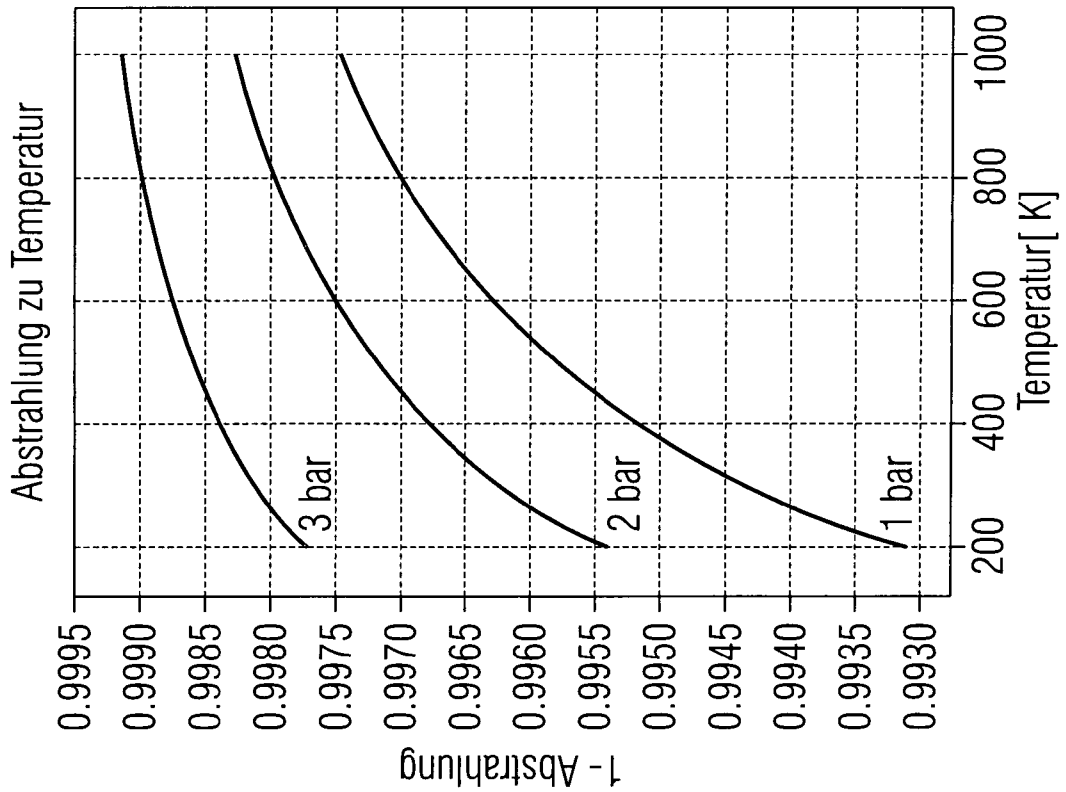

Abstrahlung zu Temperatur
1 - Abstrahlung
Temperatur[K]
0.9995
0.9990
0.9985
0.9980
0.9975
0.9970
0.9965
0.9960
0.9955
0.9950
0.9945
0.9940
0.9935
0.9930
200
400
600
800
1000
3 bar
2 bar
1 bar

FIG 2

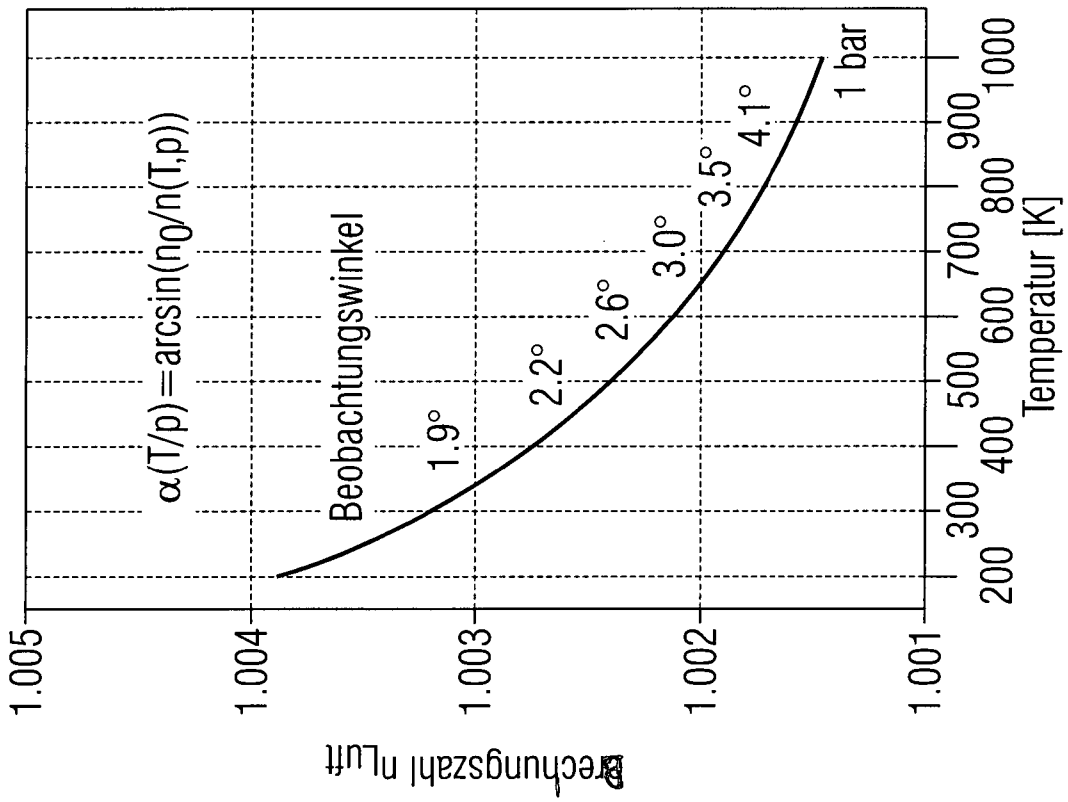

Brechungszahl nLuft
Temperatur [K]
1.005
1.004
1.003
1.002
1.001
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
α(T/p)=arcsin(nO/n(T,p))
Beobachtungswinkel
1.9°
2.2°
2.6°
3.0°
3.5°
4.1°
1 bar

FIG 4

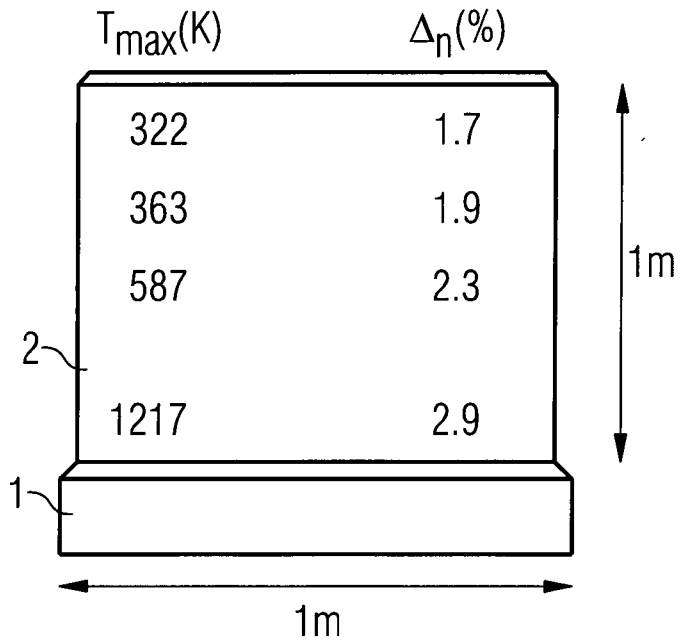
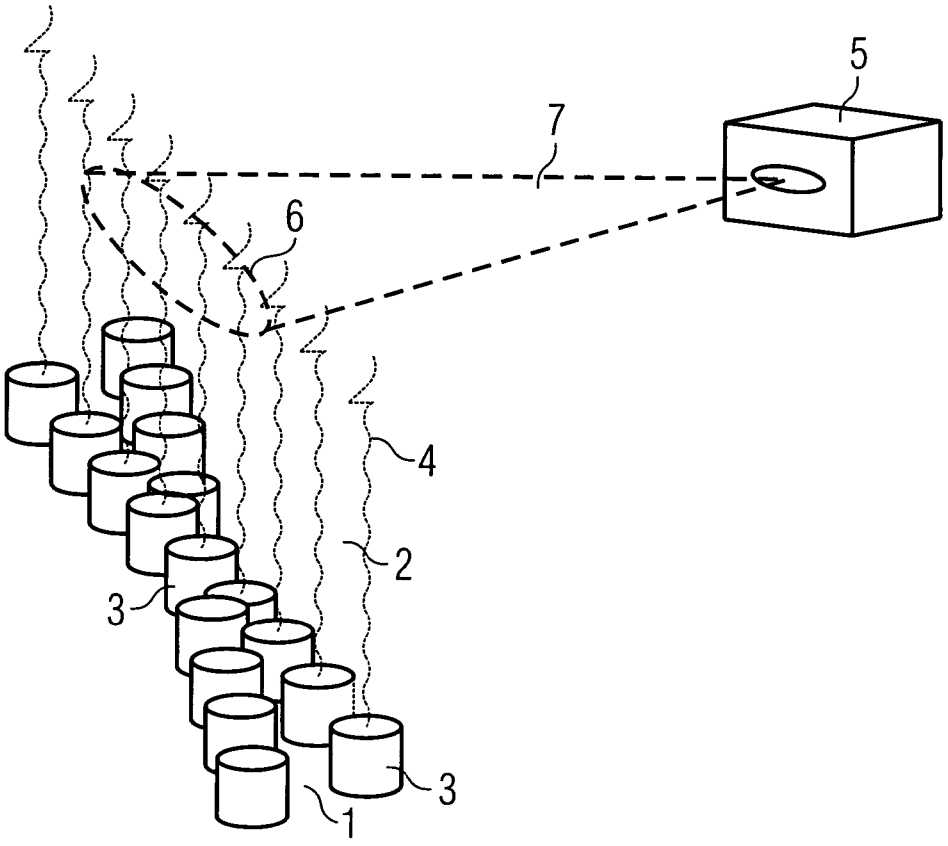


FIG 5



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 45 683 A1** 2004.04.15

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 45 683.6**
(22) Anmeldetag: **30.09.2002**
(43) Offenlegungstag: **15.04.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G02B 27/00**
G02B 27/02, G03B 21/28, G09F 19/18, H04N 3/10, H04N 5/74

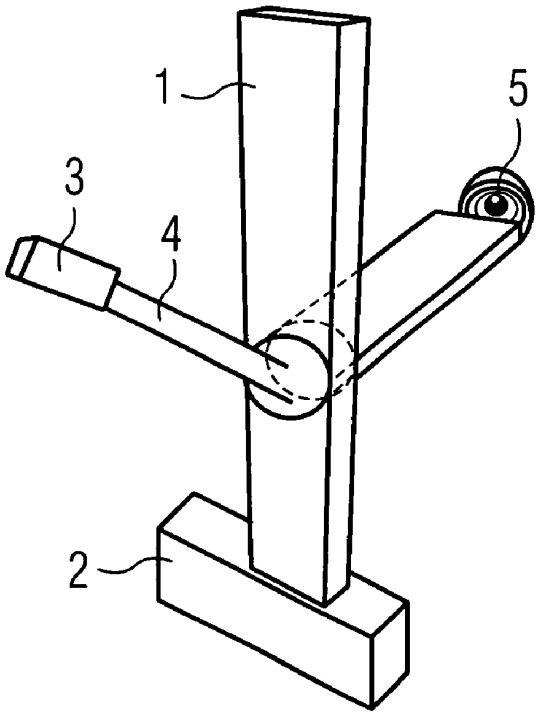
(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Fricke, Christian, 14050 Berlin, DE; Holst, Jens Christian, Dr., 10405 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Schirm für Luftbildprojektionen**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Schirm für Luftbildprojektionen vorgeschlagen, der mit einfachen Gerätschaften auf einfache Weise realisierbar und außerdem auch mobil einsetzbar ist. Ein solcher Schirm wird örtlich durch eine Ultraschallwellenfrontfläche (1) gebildet, die mit einfachen Gerätschaften erzeugbar ist. Die Gerätschaften sind in einfacher Weise konstruierte Akustikwandler (2), die leicht transportiert und aufgebaut werden können. Außerdem ist ein solcher Schirm unsichtbar.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schirm für Luftbildprojektionen.

[0002] Für z. B. Werbezwecke ist ein mobiler, soweit als möglich unsichtbarer Projektionsschirm mitten im Raum gewünscht, der die Darstellung von 2D- und 3D-Projektionen mit Hilfe von Laserlicht ermöglicht. Dabei sollen die Inhalte der dargestellten Projektionen für einzelne oder gleichzeitig für mehrere Betrachter einsehbar sein.

[0003] Es ist bekannt, semi-transluzente Medien wie z. B. Wasserdampf, Nebel, Staub, Milchglas, engmaschige Netze u.s.w, für die Bildung eines Projektionsschirmes zu verwenden, der mit entsprechend gesteuertem Laserlicht bzw. entsprechend gesteuerten Laserlichtern angestrahlt wird.

[0004] Nachteilig bei derartigen Realisierungen ist, dass die hierfür benötigten Anlagen komplexe Gerätschaften und aufwendige Justagen benötigen. Die Anlagen sind daher auch nur stationär betreibbar.

[0005] In der Physik ist die sogenannte Bragg-Reflexion bekannt. Darunter ist das Phänomen der Reflexion von Licht an Schallwellen zu verstehen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, einen Schirm für Luftbildprojektionen anzugeben, der mit einfachen Gerätschaften auf einfache Weise realisierbar und außerdem auch mobil einsetzbar ist.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Schirm gelöst, der die Merkmale des einzigen Anspruchs aufweist.

[0008] Ein solcher Schirm wird örtlich durch eine Ultraschallwellenfrontfläche gebildet, die mit einfachen Gerätschaften erzeugbar ist. Die Gerätschaften sind in einfacher Weise konstruierte Akustikwandler, die leicht transportiert und aufgebaut werden können. Außerdem ist ein solcher Schirm unsichtbar.

[0009] Der Umstand, dass sich auf einem solchen Schirm Bilder darstellen lassen, beruht darauf, dass in der Ultraschallwellenfrontfläche die optischen Eigenschaften des betroffenen Luftraumes in einer solchen Weise verändert sind, dass kohärentes Licht wie z.B. Laserlicht eine Teil- oder auch Ganzreflexion erfahren, abhängig davon, in welchem Winkel das Licht auf die Ultraschallwellenfrontfläche fällt. Bei einer entsprechenden Steuerung des Laserlichts kann auf diese Weise auf der Ultraschallwellenfrontfläche eine Lichtprojektion durchgeführt werden. Ein solcher mit Ultraschallwellen hergestellter Schirm für Lichtprojektionen kann auch als ein sogenannter Ultraschallwellenspiegel bezeichnet werden.

[0010] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

[0011] **Fig.** 1 eine schematische Darstellung der Wirkungsweise eines erfindungsgemäßen Ultraschallwellenspiegels,

[0012] **Fig.** 2 eine Prinzipdarstellung der bei einem erfindungsgemäßen Ultraschallwellenspiegel gemäß der **Fig.** 1 zur Anwendung kommenden Bragg'schen Reflexion, und

[0013] **Fig.** 3 ein Ausführungsbeispiel für eine Anwendung des erfindungsgemäßen Ultraschallwellenspiegels.

[0014] In der **Fig.** 1 ist eine Ultraschallwellenfrontfläche **1** zu sehen, die von einer Ultraschallwellenquelle **2** erzeugt wird. Bei der Ultraschallwellenquelle handelt es sich um Akustikwandler, die elektromagnetische Wellen in mechanische Wellen umformen.

[0015] In der **Fig.** 1 ist auf der einen Seite der Ultraschallwellenfrontfläche **1** ein Laserprojektor **3** angeordnet, der für eine Lichtprojektion an der Ultraschallwellenfrontfläche **1** ein entsprechend gesteuertes Laserlicht **4** auf die Ultraschallwellenfrontfläche **1** aussendet. Auf Grund der Bragg'schen Reflexion kommt es an der Ultraschallwellenfrontfläche **1** zu einer Lichtbrechung und ein Betrachter **5** auf der anderen Seite der Ultraschallwellenfrontfläche **1** kann die durch das Laserlicht **4** verursachte Projektion sehen.

[0016] In der **Fig.** 1 ist der Laserprojektor **3** in einem solchen Winkel zur Ultraschallwellenfrontfläche **1** angeordnet, dass ein Betrachter **5** die Projektion hinter der Ultraschallwellenfrontfläche **1** sehen kann. Bei Einstellung eines entsprechend anderen Winkels kann durch Totalreflexion ein Betrachter **5** eine Projektion vor der Ultraschallwellenfrontfläche **1** sehen. Schließlich gibt es Winkeleinstellungen, bei denen auf Grund der Brechungsgesetze die Projektion sowohl vor als auch hinter der durchsichtigen Ultraschallwellenfrontfläche **1** gesehen werden kann.

[0017] Die Wellenlänge der Ultraschallwellen, mit denen die Ultraschallwellenfrontfläche **1** erzeugt wird, legt einen Ablenkungswinkel bzw. einen Betrachtungswinkel fest, mit dem Personen entweder auf der einen oder anderen Seite der Ultraschallwellenfrontfläche **1** eine Projektion sehen können.

[0018] Eine Bragg'sche Reflexion tritt auf, wenn für die Wellenlänge λ_{laser} des vom Laserprojektor **3** ausgesendeten Laserlichtes **4** und die Wellenlänge $\lambda_{ultrasonic}$ für die zur Bildung der Ultraschallwellenfrontfläche **1** herangezogene Ultraschallwelle sowie dem Einstrahlwinkel Θ des Laserlichts **4** auf die Ultraschallwellenfrontfläche **1** folgende Beziehung gilt:

$$\lambda_{laser} = 2 \cdot \lambda_{ultrasonic} \sin\left(\frac{\Theta}{2}\right)$$

[0019] In der **Fig.** 2 ist in einer Prinzipdarstellung die Bragg'sche Reflexion näher dargestellt. Dabei steht die

Abkürzung λ_{US} für die oben erwähnte Abkürzung $\lambda_{ultrasonic}$.

[0020] Bei einer vorgegebenen Wellenlänge λ_{laser} des Laserlichtes **4** tritt eine Bragg'sche Reflexion von 10° auf, wenn die Frequenzen der Ultraschallwellen gemäß der folgenden Tabelle eingestellt sind:

@ 10° reflection	Frequency (MHz)	Wavelength (µm)
Blue (450 nm)	120	2.6
Green (550 nm)	100	3.2
Red (650 nm)	80	3.9

[0021] Die Ultraschallwellen verändern die Lichtbrechungszahl von Luft drastisch. Die Veränderung kann gemäß folgender Formel abgeschätzt werden:

$$\Delta n/n = \frac{(n^2-1)(n^2+2)}{6 \cdot n^2 \cdot \rho} \frac{1}{v^2} \Delta p = 0.056$$

[0022] Das Formelzeichen v gibt die Viskosität, das Formelzeichen ρ gibt die Dichte und p den Druck der Luft an. Der Druckunterschied in einer Ultraschallwelle kann nach folgender Formel angegeben werden:

$$\Delta p = \sqrt{2 \cdot I_{US} \cdot \rho \cdot v}$$

[0023] Die Werte bei solchen Druckunterschieden liegen z.B. bei 7 kbar/cm. Die Reflektivität gemäß Fresnel liegt in der Größenordnung von 5% und ist damit relativ hoch. Unter Berücksichtigung der Wellenlänge der Ultraschallwellen hat ein einzelner Spiegelungsfleck einen Durchmesser von 60 µm.

[0024] Es gibt zahlreiche Mittel, Ultraschallwellen zu erzeugen. Beispiele hierfür sind magnetostriktive oder piezoelektrische Wandler, die hochfrequente wechselnde Magnetfelder oder elektrische Ströme in mechanische Schwingungen umwandeln.

$$I = \frac{3.6 \cdot 10^{-14} \cdot v^2 U_{eff}^2}{\rho \cdot v}$$

[0025] Da die Elemente für die Erzeugung von Ultraschallwellen nur einige cm groß sind, werden für eine Ultraschallwellenfrontfläche von 1 m^2 mehrere solcher Elemente benötigt.

[0026] Einer der größten Vorteile der Verwendung von Ultraschallwellen ist ihre leichte Anpassbarkeit. Ultraschallwellen können gebündelt werden, sie können gespiegelt werden und sie können mit Linsen oder Spiegeln in Richtungen gelenkt werden. Der Abstrahlwinkel zur Abstrahlquelle ist nahezu parallel zur Abstrahlquelle. Auf diese Weise kann ein homogenes Strahlprofil erreicht werden. Dieser Umstand macht es wiederum einfach, mehrere Ultraschallquellen zusammenzufassen, um so eine größere Schirmfläche zu erhalten.

[0027] In der **Fig.** 3 ist ein Projektionsschirm gezeigt, der eine Projektion im 360° Winkel ermöglicht. Die Projektion im 360° Winkel stellt eine rund um gute Übermittlung einer projizierten Botschaft sicher. Die Projektionsfläche ist als Ultraschallwellenfrontfläche ausgebildet in der Form eines vollständigen Zylindermantels. Möglich wäre auch eine streifenförmige Projektionsfläche, die mit einer konstanten Geschwindigkeit in einem Zylinder rotiert. Die Informationen werden unter Verwendung eines Laserprojektionssystems in einer Durchstrahlkonfiguration einem Betrachter gezeigt. An Stelle eines Laserprojektionssystems könnte auch ein Videoprojektionssystem eingesetzt sein.

Patentansprüche

1. Schirm für Luftbildprojektionen unter Verwendung von Laserlicht, gekennzeichnet durch eine mittels einer Ultraschallwellenquelle (**2**) im Raum erzeugte Ultraschallwellenfrontfläche (**1**).

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

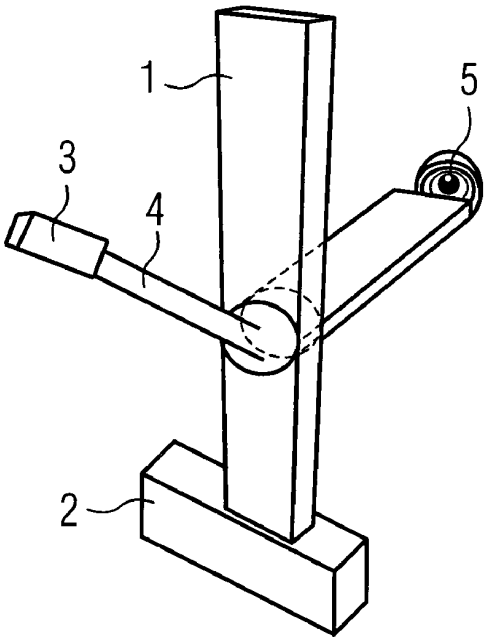


FIG 2

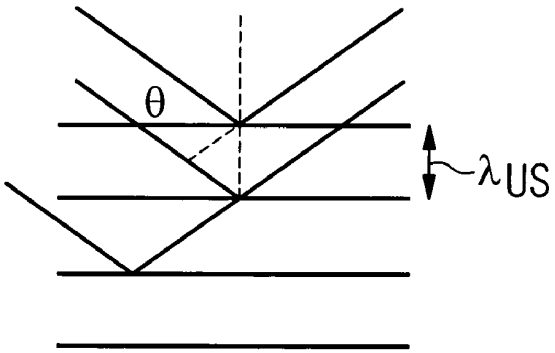


FIG 3

(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 45 683 B4** 2006.01.19

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 45 683.6**
(22) Anmeldetag: **30.09.2002**
(43) Offenlegungstag: **15.04.2004**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **19.01.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G02B 27/00*** (2006.01)
G02B 27/02 (2006.01)
G03B 21/56 (2006.01)
G09F 19/18 (2006.01)
H04N 3/10 (2006.01)
H04N 5/74 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

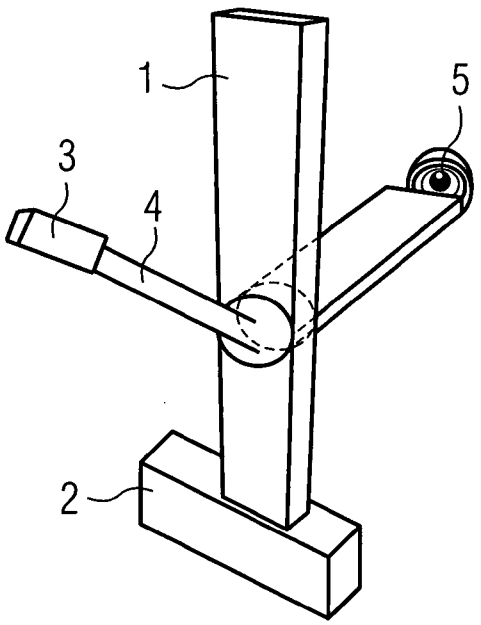
(72) Erfinder:
Fricke, Christian, 14050 Berlin, DE; Holst, Jens Christian, Dr., 10405 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 196 45 976 C1
DE 100 26 973 A1

(54) Bezeichnung: **Schirm für Luftbildprojektionen**

(57) Hauptanspruch: Schirm für Luftbildprojektionen unter Verwendung von Laserlicht, gekennzeichnet durch eine mittels einer Ultraschallwellenquelle (2) im Raum erzeugte Ultraschallwellenfrontfläche (1), die mit Ultraschallwellen der Wellenlänge λultrasonic erzeugt ist und die mit einem Bild darstellenden Laser mit der Wellenlänge λ_{laser} in einem Einstrahlwinkel Θ bezüglich eines Betrachters des Bildes bestrahlt ist, wobei zwischen den genannten Größen folgende Beziehung berücksichtigt ist:

$$\lambda_{laser} = 2 \cdot \lambda_{ultrasonic} \sin(\frac{\Theta}{2})$$



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schirm für Luftbildprojektionen.

[0002] Für z. B. Werbezwecke ist ein mobiler, soweit als möglich unsichtbarer Projektionsschirm mitten im Raum gewünscht, der die. Darstellung von 2D- und 3D-Projektionen mit Hilfe von Laserlicht ermöglicht. Dabei sollen die Inhalte der dargestellten Projektionen für einzelne oder gleichzeitig für mehrere Betrachter einsehbar sein.

[0003] Es ist bekannt, semi-transluzente Medien wie z. B. Wasserdampf, Nebel, Staub, Milchglas, engmaschige Netze u.s.w. für die Bildung eines Projektionsschirmes zu verwenden, der mit entsprechend gesteuertem Laserlicht bzw. entsprechend gesteuerten Laserlichtern angestrahlt wird.

[0004] Nachteilig bei derartigen Realisierungen ist, dass die hierfür benötigten Anlagen komplexe Gerätschaften und aufwendige Justagen benötigen. Die Anlagen sind daher auch nur stationär betreibbar.

[0005] In der Physik ist die sogenannte Bragg-Reflexion bekannt. Darunter ist das Phänomen der Reflexion von Licht an Schallwellen zu verstehen.

Stand der Technik

[0006] Weiter zeigt das Dokument DE 100 26 973 A1 einen ersten konkreten Fall, der eine Projektionsfläche für die Laserprojektionstechnik betrifft. Mit der Laserprojektionstechnik steht eine Technik zur Verfügung, die bewegte Bilder auf einer streuenden Oberfläche projizieren kann. Im vorliegenden Fall wird als Projektionsfläche ein transparentes, glaskeramisches Material oder ein durchsichtiges, entmischtes Glas an Stelle von konventionellen Leinwänden oder in den Raum streuenden Teilchen verwendet.

[0007] Einen zweiten konkreten Fall zeigt das Dokument DE 196 45 976 C1. Dieses Dokument betrifft eine Vorrichtung mit einem Laser und zum Abbilden von Bildern einem Bildschirm, bei dem dieser oder eine Schicht von diesem eine Vielzahl streuender Strukturen aufweist, wobei hier die Dicke des Schirms oder die Dicke der besagten Schicht eine bedeutende Rolle spielt.

Aufgabenstellung

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, einen Schirm für Luftbildprojektionen anzugeben, der mit einfachen Gerätschaften auf einfache Weise realisierbar und außerdem auch mobil einsetzbar ist.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Schirm gelöst, der die Merkmale des einzigen Anspruchs aufweist.

[0010] Ein solcher Schirm wird örtlich durch eine Ultraschallwellenfrontfläche gebildet, die mit einfachen Gerätschaften erzeugbar ist. Die Gerätschaften sind in einfacher Weise konstruierte Akustikwandler, die leicht transportiert und aufgebaut werden können. Außerdem ist ein solcher Schirm unsichtbar.

[0011] Der Umstand, dass sich auf einem solchen Schirm Bilder darstellen lassen, beruht darauf, dass in der Ultraschallwellenfrontfläche die optischen Eigenschaften des betroffenen Luftraumes in einer solchen Weise verändert sind, dass kohärentes Licht wie z.B. Laserlicht eine Teil- oder auch Ganzreflexion erfahren, abhängig davon, in welchem Winkel das Licht auf die Ultraschallwellenfrontfläche fällt. Bei einer entsprechenden Steuerung des Laserlichts kann auf diese Weise auf der Ultraschallwellenfrontfläche eine Lichtprojektion durchgeführt werden. Ein solcher mit Ultraschallwellen hergestellter Schirm für Lichtprojektionen kann auch als ein sogenannter Ultraschallwellenspiegel bezeichnet werden.

[0012] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

[0013] Fig. 1 eine schematische Darstellung der Wirkungsweise eines erfindungsgemäßen Ultraschallwellenspiegels,

[0014] Fig. 2 eine Prinzipdarstellung der bei einem erfindungsgemäßen Ultraschallwellenspiegel gemäß der Fig. 1 zur Anwendung kommenden Bragg'schen Reflexion, und

[0015] Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel für eine Anwendung des erfindungsgemäßen Ultraschallwellenspiegels.

Ausführungsbeispiel

[0016] In der Fig. 1 ist eine Ultraschallwellenfrontfläche **1** zu sehen, die von einer Ultraschallwellenquelle **2** erzeugt wird. Bei der Ultraschallwellenquelle handelt es sich um Akustikwandler, die elektromagnetische Wellen in mechanische Wellen umformen.

[0017] In der Fig. 1 ist auf der einen Seite der Ultraschallwellenfrontfläche **1** ein Laserprojektor **3** angeordnet, der für eine Lichtprojektion an der Ultraschallwellenfrontfläche **1** ein entsprechend gesteuertes Laserlicht **4** auf die Ultraschallwellenfrontfläche **1** aussendet. Auf Grund der Bragg'sehen Reflexion kommt es an der Ultraschallwellenfrontfläche **1** zu einer Lichtbrechung und ein Betrachter **5** auf der anderen Seite der Ultraschallwellenfrontfläche **1** kann die durch das Laserlicht **4** verursachte Projektion sehen.

[0018] In der Fig. 1 ist der Laserprojektor **3** in einem solchen Winkel zur Ultraschallwellenfrontfläche **1** angeordnet, dass ein Betrachter **5** die Projektion hinter der Ultraschallwellenfrontfläche **1** sehen kann. Bei Einstellung eines entsprechend anderen Winkels kann durch Totalreflexion ein Betrachter **5** eine Projektion vor der Ultraschallwellenfrontfläche **1** sehen. Schließlich gibt es Winkeleinstellungen, bei denen auf Grund der Brechungsgesetze die Projektion sowohl vor als auch hinter der durchsichtigen Ultraschallwellenfrontfläche **1** gesehen werden kann.

[0019] Die Wellenlänge der Ultraschallwellen, mit denen die Ultraschallwellenfrontfläche **1** erzeugt wird, legt einen Ablenkungswinkel bzw. einen Betrachtungswinkel fest, mit dem Personen entweder auf der einen oder anderen Seite der Ultraschallwellenfrontfläche **1** eine Projektion sehen können.

[0020] Eine Bragg'sche Reflexion tritt auf, wenn für die Wellenlänge λ_{laser} des vom Laserprojektor **3** ausgesendeten Laserlichtes **4** und die Wellenlänge $\lambda_{ultrasonic}$ für die zur Bildung der Ultraschallwellenfrontfläche **1** herangezogene Ultraschallwelle sowie dem Einstrahlwinkel Θ des Laserlichts **4** auf die Ultraschallwellenfrontfläche **1** folgende Beziehung gilt:

$$\lambda_{laser} = 2 \cdot \lambda_{ultrasonic} \sin(\frac{\Theta}{2})$$

[0021] In der Fig. 2 ist in einer Prinzipdarstellung die Bragg'sche Reflexion näher dargestellt. Dabei steht die Abkürzung λ_{US} für die oben erwähnte Abkürzung $\lambda_{ultrasonic}$.

[0022] Bei einer vorgegebenen Wellenlänge λ_{laser} des Laserlichtes **4** tritt eine Bragg'sche Reflexion von 10° auf, wenn die Frequenzen der Ultraschallwellen gemäß der folgenden Tabelle eingestellt sind:

@ 10° reflection	Frequency (MHz)	Wavelength (µm)
Blue (450 nm)	120	2.6
Green (550 nm)	100	3.2
Red (650 nm)	80	3.9

[0023] Die Ultraschallwellen verändern die Lichtbrechungszahl von Luft drastisch. Die Veränderung kann gemäß folgender Formel abgeschätzt werden:

$$\Delta n / n = \frac{(n^2-1)(n^2+2)}{6 \cdot n^2 \cdot \rho} \frac{1}{v^2} \Delta p = 0.056$$

[0024] Das Formelzeichen v gibt die Viskosität, das Formelzeichen ρ gibt die Dichte und p den Druck der Luft an. Der Druckunterschied in einer Ultraschallwelle kann nach folgender Formel angegeben werden:

$$\Delta p = \sqrt{2 \cdot I_{US} \cdot \rho \cdot v}$$

[0025] Die Werte bei solchen Druckunterschieden liegen z.B. bei 7 kbar/cm. Die Reflektivität gemäß Fresnel liegt in der Größenordnung von 5% und ist damit relativ hoch. Unter Berücksichtigung der Wellenlänge der Ultraschallwellen hat ein einzelner Spiegelungsfleck einen Durchmesser von 60 µm.

[0026] Es gibt zahlreiche Mittel, Ultraschallwellen zu erzeugen. Beispiele hierfür sind magnetostriktive oder

piezoelektrische Wandler, die hochfrequente wechselnde Magnetfelder oder elektrische Ströme in mechanische Schwingungen umwandeln.

$$I = \frac{3.6 \cdot 10^{-14} \cdot \upsilon^2 U_{eff}^2}{\rho \cdot v}$$

[0027] Da die Elemente für die Erzeugung von Ultraschallwellen nur einige cm groß sind, werden für eine Ultraschallwellenfrontfläche von 1 m^2 mehrere solcher Elemente benötigt.

[0028] Einer der größten Vorteile der Verwendung von Ultraschallwellen ist ihre leichte Anpassbarkeit. Ultraschallwellen können gebündelt werden, sie können gespiegelt werden und sie können mit Linsen oder Spiegeln in Richtungen gelenkt werden. Der Abstrahlwinkel zur Abstrahlquelle ist nahezu parallel zur Abstrahlquelle. Auf diese Weise kann ein homogenes Strahlprofil erreicht werden. Dieser Umstand macht es wiederum einfach, mehrere Ultraschallquellen zusammenzufassen, um so eine größere Schirmfläche zu erhalten.

[0029] In der Fig. 3 ist ein Projektionsschirm gezeigt, der eine Projektion im 360° Winkel ermöglicht. Die Projektion im 360° Winkel stellt eine rund um gute Übermittlung einer projizierten Botschaft sicher. Die Projektionsfläche ist als Ultraschallwellenfrontfläche ausgebildet in der Form eines vollständigen Zylindermantels. Möglich wäre auch eine streifenförmige Projektionsfläche, die mit einer konstanten Geschwindigkeit in einem Zylinder rotiert. Die Informationen werden unter Verwendung eines Laserprojektionssystems in einer Durchstrahlkonfiguration einem Betrachter gezeigt. An Stelle eines Laserprojektionssystems könnte auch ein Videoprojektionssystem eingesetzt sein.

Patentansprüche

1. Schirm für Luftbildprojektionen unter Verwendung von Laserlicht, gekennzeichnet durch eine mittels einer Ultraschallwellenquelle (**2**) im Raum erzeugte Ultraschallwellenfrontfläche (**1**), die mit Ultraschallwellen der Wellenlänge λultrasonic erzeugt ist und die mit einem Bild darstellenden Laser mit der Wellenlänge λ_{laser} in einem Einstrahlwinkel Θ bezüglich eines Betrachters des Bildes bestrahlt ist, wobei zwischen den genannten Größen folgende Beziehung berücksichtigt ist:

$$\lambda_{laser} = 2 \cdot \lambda_{ultrasonic} \sin(\frac{\Theta}{2})$$

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

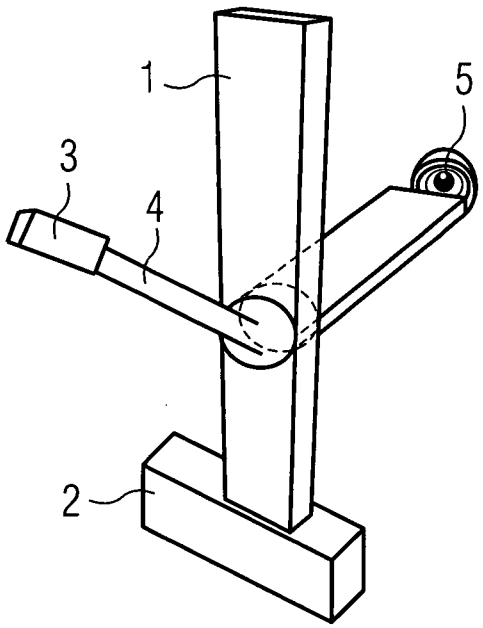


FIG 2

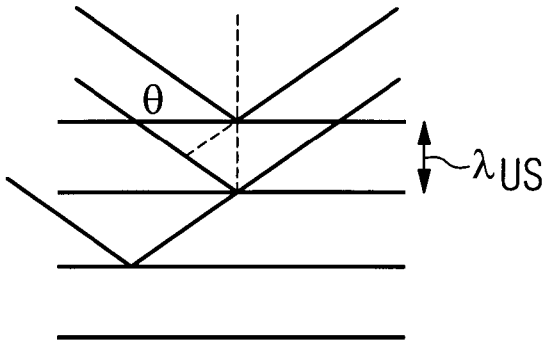
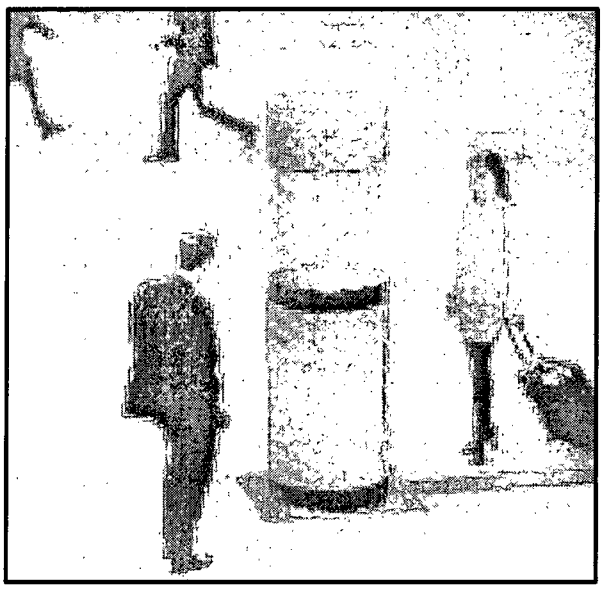


FIG 3



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 55 635 A1** 2004.06.17

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 55 635.0**
(22) Anmeldetag: **28.11.2002**
(43) Offenlegungstag: **17.06.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B64D 47/00**

(71) Anmelder:
Ingenieurbüro für Elektro-Mechanische Technologien, Dipl.-Ing. Hartmut Euer, 82377 Penzberg, DE

(74) Vertreter:
Patentanwälte Kern, Volpert und Kollegen, 81369 München

(72) Erfinder:
Euer, Hartmut, Dipl.-Ing., 82393 Iffeldorf, DE;
Wernicke, Joachim, Prof. Dr.-Ing., 14167 Berlin, DE

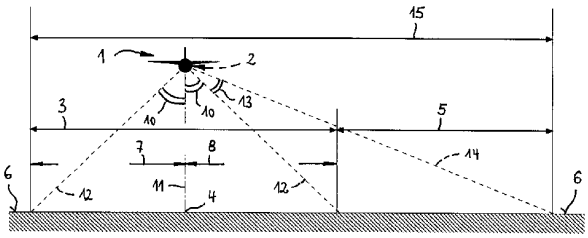
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Sensoreinrichtung für die Luftbildaufklärung**

(57) Zusammenfassung: Bei der Luftbildaufklärung besteht das Problem der Bildgewinnung bei schlechter oder fehlender optischer Sicht. Es ist bekannt, bei der Luftaufklärung Radar in den Varianten mit realer oder synthetischer Apertur als elektromagnetisch aktives Verfahren oder Radiometer als elektromagnetisch passives Verfahren einzusetzen. Die neue Sensoreinrichtung soll zusammenhängende Landschaftsstreifen größerer Gesamtstreifenbreite mit hoher geomtrischer Auflösung abbilden können.

Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung weist an Bord des Fluggeräts auf: ein Radiometer zum Abbilden eines inneren Landschaftsstreifens (3) nahe der Flugbahnspur (4) und wenigstens ein Synthetik-Apertur-Radar (SAR) zum Abbilden eines sich an den inneren Landschaftsstreifen (3) des Radiometers nach außen hin anschließenden, äußeren Landschaftsstreifen (5). Vorzugsweise sind zwei SAR vorgesehen, von denen der eine zur einen Seite von der Flugbahnspur (4) und von denen der andere zur anderen Seite von der Flugbahnspur (4) wirkend angeordnet ist.

Luftbildaufklärung insbesondere bei schlechter oder fehlender optischer Sicht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Sensoreinrichtung für die Luftbildaufklärung mit bemannten oder unbemannten Fluggeräten nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Bei der Luftbildaufklärung besteht das Problem der Bildgewinnung im Falle beispielsweise wetterbedingt schlechter oder fehlender optischer Sicht. Eine solche schlechte oder gar fehlende Sicht kann beispielsweise aufgrund von Wolken, Nebel, Schnee oder Regen aber auch aufgrund von Rauchentwicklung auftreten. Generell besteht das Ziel darin, einen möglichst breiten Landschaftsstreifen um die bodenseitige Flugbahnspur des Fluggeräts lückenlos und mit möglichst hoher geometrischer Auflösung abzubilden. Der Begriff "Landschaft" wird in diesem Zusammenhang und in Verbindung mit der nachfolgend erläuterten Erfindung in einem breiten, umfassenden Sinn als ein Teil oder Bereich der Erdoberfläche unabhängig davon verstanden, ob es sich bei diesem Teil oder Bereich um Boden, ein Gelände oder um Wasser oder Meer handelt.

[0003] Aus der Praxis ist bekannt, in solchen Situationen funktechnische Bildaufklärungsmittel einzusetzen. Derartige Bildaufklärungsmittel sind beispielsweise das Radar in den Varianten mit realer und synthetischer Apertur als elektromagnetisch aktives Verfahren und ein Radiometer als elektromagnetisch passives Verfahren. Radar mit realer Apertur und Radiometer arbeiten dabei mit einer sequentiellen, meist streifenweisen Abtastung der Landschaft, wie zum Beispiel des Bodens, während des Überflugs durch die Antennenkeule einer Richtantenne. Mit dem Verfahren des Radars mit synthetischer Apertur, auch Synthetik-Apertur-Radar, nachfolgend abgekürzt SAR, genannt, ist die Erzielung hoher Bildauflösungen möglich.

[0004] Jedes der vorgenannten Verfahren zeigt jedoch spezifische Nachteile. So ist das Radar mit realer Apertur durch seine üblichen Betriebswellenlängenbereiche und durch die bei den in Fluggeräten nur kleinen realisierbaren Antennenabmessungen in seiner geometrischen Bildauflösung stark beschränkt. Die auflösbare Objektgröße sinkt dabei proportional zum Objektabstand. Eine Wahl kürzerer Wellenlängen und dadurch verbesserter Bildauflösung verbietet sich jedoch aus Gründen der mit kürzerer Wellenlänge sinkenden Radar-Reichweite infolge der Dämpfung der Radarstrahlung in der Atmosphäre. Außerdem ist das Radar mit realer Apertur durch seine Funkemissionen auffällig. Ein solches Verhalten ist insbesondere bei der militärischen Luftaufklärung unerwünscht.

[0005] Das Radiometer nutzt die thermische Eigen-Strahlungsemission der abzubildenden Objekte und die Strahlungsreflexion des thermischen Himmelhintergrundes im elektrotechnischen Höchstfrequenzbereich. Radiometer verwenden meist in vorteilhafter Weise kürzere Betriebswellenlängen als das Radar. Die Bildauflösung mit den bordseitig platzierbaren Antennengrößen ist für die Entdeckung von Bodenobjekten mit bestimmten erwarteten Eigenschaften vielfach ausreichend. Die Bildauflösung ist jedoch zumeist nicht ausreichend für die Erkennung, welcher An die entdeckten Objekte im Detail sind. Aus geometrischen Gründen liefert das Radiometer maximale Bildauflösungen und maximale Bildkontraste bei der Bildaufnahme in Lotrichtung, d.h. senkrecht zur überflogenen Landschaft. Die Bildauflösungen des Radiometers verschlechtern sich mit zunehmend flacher werdenden Blickwinkeln.

[0006] Das SAR erzeugt Luftbilder durch rechnerische Prozessverarbeitung der Landschaftsechos von kohärenter Radarstrahlung, die von einer bordseitigen Senderantenne in einer Richtung etwa senkrecht zur Flugbahn in flachem Winkel in die Landschaft ausgesendet wird. Diese Abbildung kann daher vom Funktionsprinzip her nur in einem zur bodenseitigen Flugbahnspur seitlich parallel versetzten Streifen erfolgen, weshalb für das SAR auch der Begriff Seitensicht-Radar verwendet wird. In Lotrichtung oder nahe der bodenseitigen Flugbahnspur kann das SAR keine Bilder erzeugen. Auch das SAR emittiert Radarstrahlung, wenngleich diese wegen seines zumeist Dauerstrichbetriebs weitaus schwächer ist als diejenige der Radargeräte mit realer Apertur.

Aufgabenstellung

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sensoreinrichtung der eingangs erwähnten An zu schaffen, welche in der Lage ist, zusammenhängende Landschaftsstreifen größerer Gesamtstreifenbreite mit hoher geometrischer Auflösung abzubilden.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Sensoreinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung ermöglicht die Abbildung einer Gesamtstreifenbreite, welche sich aus dem inneren Landschaftsstreifen und wenigstens einem äußeren Landschaftsstreifen zusammensetzt. Da sich der äußere Landschaftsstreifen an den inneren Landschaftsstreifen anschließt, ergibt sich in dem letztgenannten Fall eine in Bezug auf die Flugbahnspur asymmetrische Landschaftsabbildung. Mit Hilfe einer solchen Sensoreinrichtung kann ein zusammenhängender, lückenloser Landschaftsstreifen in der und um die bodenseitige bzw. landschaftsseitige Flugbahnspur erzeugt werden. Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung ist in der Lage, interessierende Objekte innerhalb der Gesamtstreifenbreite, welche sich, wie zuvor erwähnt, aus dem inneren Landschaftsstreifen und wenigs-

tens einem äußeren Landschaftsstreifen zusammensetzt, beim ersten Überflug zu entdecken und bei Erfordernis in weiteren Vorbeiflügen mit hoher geometrischer Auflösung abzubilden. Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung ist also letztlich ein sogenannter Kombinationssensor aus einem Radiometer und wenigstens einem SAR. Vorteilhaft ist dabei, dass sowohl der Landschaftsbereich um die bodenseitige Flugbahnspur als auch ein seitlich darüber hinaus gehender Bereich abgebildet werden kann, wobei sowohl das Radiometer als auch das SAR in seinem jeweils optimalen Betriebsbereich eingesetzt ist.

[0011] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist der innere Landschaftsstreifen symmetrisch zur Flugbahnspur ausgebildet, wobei vorzugsweise die Flugbahnspur innerhalb des inneren Landschaftsstreifens liegt. Somit ist, jedenfalls was den inneren Landschaftsstreifen betrifft, eine lükkenlose Abbildung zu beiden Seiten der Flugbahnspur gewährleistet.

[0012] Vorteilhafterweise beträgt der Öffnungswinkel zur Abbildung des inneren Landschaftsstreifens maximal +60° um die Lotrichtung. Damit ist einerseits eine möglichst maximale Bildauflösung des Radiometers im Bereich des inneren Landschaftsstreifens, andererseits zusätzlich eine weitere Abtastung der Landschaft in einem Bereich außerhalb des inneren Landschaftsstreifens möglich.

[0013] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung grenzt der äußere Landschaftsstreifen unmittelbar an den inneren Landschaftsstreifen an oder überlappt sich mit letzterem teilweise. Mittels dieser Weiterbildung ist eine lückenlose Abbildung innerhalb der abgetasteten Gesamtstreifenbreite gewährleistet.

[0014] Vorteilhafterweise beträgt der Öffnungswinkel zur Abbildung des äußeren Landschaftsstreifens zwischen +10° und + 40° oder zwischen –10° und –40°. Damit es es möglich, innerhalb der Gesamtstreifenbreite eine optimale Abbildung der Landschaft mit möglichst hoher geometrischer Auflösung zu erreichen.

[0015] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind zwei SAR vorgesehen, von denen der eine zur einen Seite von der Flugbahnspur und von denen der andere zur anderen Seite von der Flugbahnspur wirkend angeordnet ist. Dadurch ergibt sich letztlich eine Gesamtstreifenbreite, bei der ein innerer Landschaftsstreifen mit zwei äußeren Landschaftsstreifen kombiniert ist. Dadurch entsteht eine symmetrische Gesamtanordnung relativ zur Flugbahnspur, welche die Symmetrieachse bildet. Damit ist es möglich, bei der Luftbildaufklärung eine hohe Gesamtstreifenbreite zu erzielen, wodurch die Aufklärungsleistung der Sensoreinrichtung nicht unbeträchtlich gesteigert werden kann. Eine erhöhte Gesamtstreifenbreite führt letztlich zu einer geringeren Flugdauer des Fluggeräts, da die Abbildung einer vorgegebenen Landschaft mit einer geringeren Anzahl von Überflügen bewerkstelligt werden kann. Damit lassen sich die Betriebskosten des Fluggeräts günstig beeinflussen.

Ausführungsbeispiel

[0016] Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert, wobei alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der vorliegenden Erfindung unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung bilden. Es zeigen:

[0017] **Fig.** 1 eine schematische Darstellung einer unsymmetrischen Gesamtstreifenbreite bei einer Sensoreinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform für die Luftbildaufklärung mit bemannten oder unbemannten Fluggeräten; und

[0018] **Fig.** 2 eine schematische Darstellung einer symmetrischen Gesamtstreifenbreite bei einer Sensoreinrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform.

[0019] In **Fig.** 1 ist ein bemanntes oder unbemanntes Fluggerät **1** in einer Vorder- oder Rückansicht gezeigt. Das Fluggerät weist an Bord eine erfindungsgemäße Sensoreinrichtung **2** auf, die in den **Fig.** 1 und 2 nicht näher gezeigt ist. Die Sensoreinrichtung **2** ist ein sogenannter Allwetter-Kombinationssensor und hat ein nicht näher gezeigtes Radiometer zum Abbilden eines inneren Landschaftsstreifens **3** nahe der Flugbahnspur **4** und wenigstens ein Synthetik-Apertur-Radar, nachfolgend kurz SAR genannt, welches ebenfalls nicht näher gezeigt ist und zum Abbilden eines sich an den inneren Landschaftsstreifen **3** des Radiometers nach außen hin anschließenden, äußeren Landschaftsstreifens **5** dient.

[0020] Die Flugbahnspur **4** stellt dabei die lotrechte Projektion der Flugbahn vom Fluggerät **1** zur nicht näher dargestellten Landschaft **6** dar. **Fig.** 1 ist zu entnehmen, dass der innere Landschaftsstreifen **3** symmetrisch zur Flugbahnspur **4** ausgebildet ist und somit einen in **Fig.** 1 linken Abschnitt **7** und einen in **Fig.** 1 rechten Abschnitt **8** aufweist. Beide Abschnitte **7**, **8** zusammen ergeben somit den inneren Landschaftsstreifen **3**. Gemäß **Fig.** 1 liegt die Flugbahnspur **4** innerhalb des inneren Landschaftsstreifens **3**, nämlich exakt zwischen dem linken Abschnitt **7** des inneren Landschaftsstreifens **3** und dem rechten Abschnitt **8** dieses Landschaftsstreifens. Der Öffnungswinkel **10** zur Abbildung des inneren Landschaftsstreifens **3** beträgt maximal +60° um die Lotrichtung. Gemäß **Fig.** 1 ist dieser Winkel so definiert, dass er von der vertikalen Verbindungslinie **11** zwischen dem Fluggerät und der Flugbahnspur **4** auf der einen Seite und der jeweils äußeren Begrenzungslinie **12** des inneren Landschaftsstreifens **3** eingeschlossen ist.

[0021] Gemäß der in **Fig.** 1 dargestellten Ausführungsform der Erfindung grenzt der äußere Landschaftsstreifen **5** unmittelbar an den inneren Landschaftsstreifen **3** an, wobei gemäß **Fig.** 1 lediglich auf der rechten Seite ein äußerer Landschaftsstreifen **5**

vorgesehen ist. Gemäß einer anderen, nicht näher gezeigten Ausführungsform der Erfindung ist es auch möglich, dass sich der äußere Landschaftsstreifen teilweise mit dem inneren Landschaftsstreifen überlappt.

[0022] Der Öffnungswinkel **13** zur Abbildung des äußeren Landschaftsstreifens **5** ist durch die in **Fig.** 1 rechts dargestellte Begrenzungslinie **12** des inneren Landschaftsstreifens **3** und die äußere Begrenzungslinie **14** eingeschlossen. Dieser Öffnungswinkel beträgt vorzugsweise zwischen +10° und +40° oder, sofern das SAR nicht wie in **Fig.** 1 nach rechts hin sondern nach links hin (in **Fig.** 1 nicht gezeigt) wirkend angeordnet ist, zwischen –10° und –40°. Vorzugsweise liegt der Öffnungswinkel **13** um 25°.

[0023] Sofern die gegenüber dem SAR geringere Bildauflösung des Radiometers in der Praxis ein Problem darstellt, kann der betreffende Landschaftsstreifen in einem parallel versetzten, zweiten Vorbeiflug durch das SAR in erhöhter Bildauflösung abgebildet werden. Die Breite von innerem Landschaftsstreifen **3** und äußerem Landschaftsstreifen **5** kann derart ausgebildet sein, dass sie nahezu identisch ist.

[0024] **Fig.** 1 verdeutlicht, dass die Gesamtstreifenbreite **15** zusammengesetzt ist aus dem inneren Landschaftsstreifen **3** und einem äußeren Landschaftsstreifen **5**.

[0025] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig.** 2 dargestellt. Die Sensoreinrichtung **2** des Fluggeräts **1** hat hier zwei SAR, von denen der eine zur einen Seite von der Flugbahnspur, also beispielsweise nach links, und von denen der andere zur anderen Seite von der Flugbahnspur **4**, also beispielsweise nach rechts, wirkend angeordnet ist. Im Gegensatz zur Darstellung gemäß **Fig.** 1 hat also die in **Fig.** 2 gezeigte Sensoreinrichtung **2** zwei SAR und damit zwei äußere Landschaftsstreifen **5**, welche sich jeweils an die äußeren Begrenzungslinien **12** des inneren Landschaftsstreifens **3** anschließen. Der Darstellung der **Fig.** 2 ist zu entnehmen, dass sich bei dieser Ausführungsform die Gesamtstreifenbreite **15** aus einem inneren, zentralen Landschaftsstreifen **3** und zwei sich nach außen hin an diesen anschließenden, äußeren Landschaftsstreifen **5** zusammensetzt. Die in **Fig.** 2 gezeigte Anordnung ist daher symmetrisch in Bezug auf die Flugbahnspur **4** ausgebildet.

[0026] Es ist klar, dass auch im Fall der in **Fig.** 2 gezeigten Ausführungsform die äußeren Landschaftsstreifen **5** unmittelbar an den inneren Landschaftsstreifen **3** angrenzen oder, im Falle einer nicht gezeigten Ausführungsform, sich mit letzterem teilweise überlappen. Bei dieser Ausführungsform wird der Landschaftsbereich um die bodenseitige Flugbahnspur **4** in größerer Breite (Gesamtstreifenbreite) abgebildet als bei der Anordnung mit lediglich einem inneren Landschaftsstreifen und einem äußeren Landschaftsstreifen gemäß der Darstellung der **Fig.** 1. Bei sämtlichen Ausfiihrungsformen sind sowohl das oder die SAR als auch das Radiometer in ihren jeweils optimalen Betriebsbereichen eingesetzt. Während eines Überflugs über ein Gebiet wird bei der in **Fig.** 2 gezeigten Ausführungsform eine maximal erhältliche Bildinformation gewonnen.

[0027] Der innere Landschaftsstreifen **3** kann auch Radiometer-Landschaftsstreifen sowie jeder äußere Landschaftsstreifen auch SAR-Landschaftsstreifen bezeichnet werden. Die Breite des inneren Landschaftsstreifens **3** entspricht somit der Radiometer-Streifenbreite, und die Breite jedes äußeren Landschaftsstreifens **5** entspricht der SAR-Streifenbreite. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann jeder äußere Landschaftsstreifen **5** eine Breite von 15 km aufweisen, wobei die Länge jeder äußeren Begrenzungslinie **14** im letztgenannten Fall um die 20 km beträgt.

[0028] Wie erwähnt, verläuft die Flugbahnspur **4** im Lotpunkt unter dem Fluggerät **1**, wobei der Lotpunkt der Endpunkt der lotrechten Verbindungslinie **11** in der Landschaft, also beispielsweise am Boden, ist. Aus den vorstehenden Ausführungen folgt, dass das nicht näher gezeigte Radiometer einen um die Flugbahnspur symmetrischen Bodenbereich, nämlich den inneren Landschaftsstreifen **3**, abbildet, während das nicht näher gezeigte SAR einen unsymmetrisch zur Flugbahnspur **4** verlaufenden Bereich, nämlich jeden äußeren Landschaftsstreifen **5**, abbildet. Zwei SAR bilden hingegen einen symmetrisch zur Flugbahnspur **4** verlaufenden Geländestreifen ab, welcher sich aus den in **Fig.** 2 gezeigten, beiden äußeren Landschaftsstreifen **5** zusammensetzt.

[0029] Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung arbeitet vorzugsweise im elektrotechnischen Hoch- oder Höchstfrequenzbereich.

[0030] Es wird darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung beispielsweise auch auf hoher See oder im Bereich von Binnenseen eingesetzt werden kann.

[0031] Damit ist eine Sensoreinrichtung geschaffen, welche zusammenhängende Landschaftsstreifen größerer Gesamtstreifenbreite mit hoher geometrischer Auflösung abbilden kann.

Patentansprüche

1. Sensoreinrichtung für die Luftbildaufklärung mit bemannten oder unbemannten Fluggeräten (**1**), welche Sensoreinrichtung (**2**) an Bord des Fluggeräts (**1**) aufweist:
– ein Radiometer zum Abbilden eines inneren Landschaftsstreifens (**3**) nahe der Flugbahnspur (**4**) und
– wenigstens ein Synthetik-Apertur-Radar (SAR) zum Abbilden eines sich an den inneren Landschaftsstreifen (**3**) des Radiometers nach außen hin anschließenden, äußeren Landschaftsstreifens (**5**).

2. Sensoreinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der innere Landschaftsstreifen symmetrisch zur Flugbahnspur (**4**) ausgebildet ist.

3. Sensoreinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Flugbahnspur (**4**) innerhalb des inneren Landschaftsstreifens (**3**) liegt.

4. Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel (**10**) zur Abbildung des inneren Landschaftsstreifens (**3**) maximal +60° um die Lotrichtung beträgt.

5. Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Landschaftsstreifen (**5**) unmittelbar an den inneren Landschaftsstreifen (**3**) angrenzt oder sich mit letzterem teilweise überlappt.

6. Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel (**13**) zur Abbildung des äußeren Landschaftsstreifens (**5**) zwischen +10° und +40° oder zwischen –10° und –40° beträgt.

7. Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwei SAR vorgesehen sind, von denen der eine zur einen Seite von der Flugbahnspur (**4**) und von denen der andere zur anderen Seite von der Flugbahnspur (**4**) wirkend angeordnet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

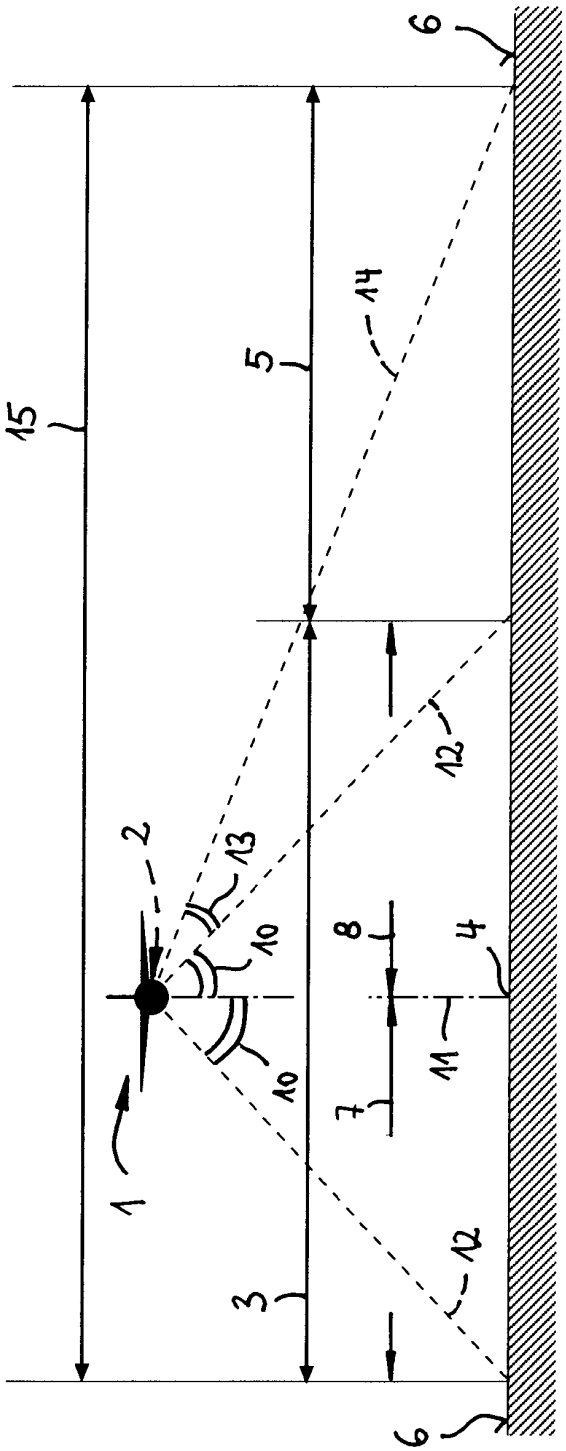


Fig. 1

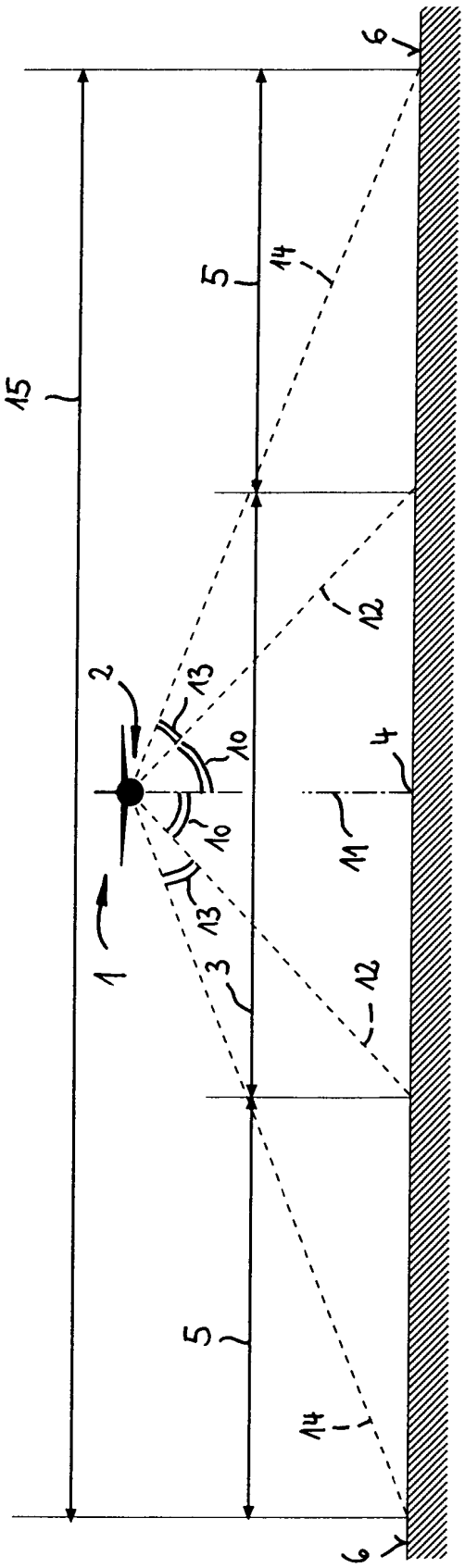


Fig. 2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1 052 125

DBP 1 052 125
KL. 42 c 10/02
INTERNAT. KL. G 01 c

ANMELDETAG: 8. MÄRZ 1954

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 5. MÄRZ 1959

AUSGABE DER PATENTSCHRIFT: 27. AUGUST 1959

STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT 1 052 125 (Z 4052 IX / 42 c)

Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern

Patentiert für:

Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H., München

Dipl.-Ing. Hermann Deker, Heidenheim/Brenz, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft ein Gerät für stereoskopische Auswertung von nicht streng nadirwärts aufgenommenen Luftbildern, bei dem die Luftbilder parallel zur Meßebene angeordnet sind. Bei der Auswertung derart angeordneter Luftbilder sind die Auswerteergebnisse mit verschiedenen Fehlern behaftet.

So verbiegt sich beispielsweise das stereoskopische Geländemodell wegen der nicht senkrechten Aufnahmeachsen, und man erhält falsche Höhen- und Parallaxenwerte. Geräte, welche diesen Fehler näherungsweise durch Abstandsänderung der Parallaxenmarken korrigieren, sind bekannt.

Es tritt ferner ein Fehler dadurch auf, daß die Luftbilder an Stelle einer Orthogonalprojektion durch Zentralprojektion in die Meßebene abgebildet werden. Auch zur Beseitigung dieses Fehlers sind Zusatzeinrichtungen zu den Auswertegeräten bekanntgeworden, in welche die im Auswertegerät ermittelten fehlerhaften Lagekoordinaten des betrachteten Geländepunktes und der zugehörige Parallaxenwert eingegeben werden und die z. B. beim Kartieren des Geländes dem Zeichenstift eine entsprechende Korrekturbewegung erteilen.

Schließlich tritt ein durch die schiefe Aufnahmeachse des der Messung zugrunde liegenden Luftbildes hervorgerufener Verzerrungsfehler auf. Es ist an sich bekannt, diesen Fehler dadurch zu beseitigen, daß man die Meßbilder vor der stereoskopischen Auswertung in einem Entzerrungsgerät umphotographiert. Ein solches Vorgehen ist jedoch bei einfachen Auswertegeräten, wie sie der vorliegenden Erfindung zugrunde liegen, z. B. Spiegelstereoskopen mit parallel zur Meßebene angeordneten Luftbildern, unwirtschaftlich, da die Kosten eines Entzerrungsgerätes ein Vielfaches der Kosten derartiger Auswertegeräte einschließlich der Einrichtung zur Korrektur der vorstehend aufgeführten sonstigen Fehler betragen. Man hat daher im allgemeinen bisher auf die Korrektur des Verzerrungsfehlers bei einfachen Auswertegeräten verzichtet.

Ziel der Erfindung ist es, eine einfache Korrektureinrichtung ausreichender Genauigkeit für den Verzerrungsfehler bei einfachen stereoskopischen Auswertegeräten zu schaffen.

Es wurde erkannt, daß sich der genannte Verzerrungsfehler dann leicht beseitigen läßt, wenn das Auswertegerät bereits eine Einrichtung zum Ausgleich des durch die Zentralprojektion der Luftbilder bedingten Fehlers aufweist. Hiervon ausgehend besteht die Erfindung darin, daß bei einem Gerät für die stereoskopische Auswertung nicht streng nadirwärts aufgenommener Luftbilder, bei dem die Luftbilder parallel zur Meßebene angeordnet sind und eine Einrichtung zum Ausgleich des durch die zentrale Projektion der Luftbilder bedingten Fehlers vorgesehen ist, in welche

2

wenigstens die im Auswertegerät ermittelten fehlerhaften Lagekoordinaten des betrachteten Geländepunktes und der zugehörige Parallaxenwert eingegeben werden, eine analytisch arbeitende Korrekturvorrichtung zum Ausgleich der bei nicht lotrechter Aufnahmerichtung auftretenden Koordinatenverzerrung vorgesehen ist, welche in Abhängigkeit von der Neigung u der Aufnahmeachse und von den fehlerhaften Koordinaten x', y' einen dieser Koordinatenverzerrung entsprechenden linearen Korrekturbetrag für die Parallaxe errechnet und zu dem in der Meßebene mit den fehlerhaften Koordinaten x', y' ermittelten Parallaxenwert vor dessen Eingabe in die Einrichtung zum Ausgleich des Zentralprojektionsfehlers addiert.

Da diese Einrichtung nur einen linearen Korrekturwert zu bilden hat, ist sie sehr einfach aufgebaut.

Errechnet die Einrichtung zum Ausgleich des durch Zentralprojektion bedingten Fehlers den Höhenwert, dann rechnet die Einrichtung zum Ausgleich des Verzerrungsfehlers den Parallaxenkorrekturwert zweckmäßig in einen Höhenkorrekturwert um.

Die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Korrektureinrichtung soll an Hand eines Ausführungsbeispiels in der Beschreibung der Zeichnung erläutert werden. Es stellen dar

Fig. 1 und 2 Skizzen zur Erläuterung des Erfindungsgedankens,

Fig. 3 ein Auswertegerät mit einer erfindungsgemäßen Korrektureinrichtung in Draufsicht,

Fig. 4 die Korrekturvorrichtung aus der Fig. 3.

Fig. 1 zeigt die Projektion eines Luftbildes **1**, welches mit unter dem Winkel u geneigter Aufnahmeachse aufgenommen worden ist, in eine Projektionsebene **3**. Die Normale **2** des Luftbildes **1** ist dabei ebenfalls um den Winkel u gegen die Senkrechte geneigt, so daß, falls die Projektionsebene **3** als Meßebene in einem Auswertegerät dient, z. B. die Strecke AB der

Länge s im Luftbild **1** in die Strecke $A'B'$ der Länge S, vergrößert abgebildet wird, das in diese Ebene abgebildete Gelände aber unverzerrt erscheint.

Wird das Luftbild **1**, wie in Fig. 2 dargestellt, parallel zur Meßebene **3** im Auswertegerät angeordnet, so wird die Strecke AB nach $A''B''$ der Länge S'' abgebildet, und die Strecke $A''B''$ ist gegen die Strecke S um den Betrag $k = S'' - S$ verfälscht. Dieser Fehler k, welcher als Verzerrungsfehler bezeichnet worden ist, läßt sich näherungsweise darstellen, wenn man eine Bezugsebene **4** einführt, welche gegen die Meßebene **3** in der gezeichneten Weise ebenfalls um den Winkel u geneigt und derart angeordnet ist, daß die Projektion der Strecke AB des Luftbildes **1** in die Bezugsebene **4** die Strecke $A'B'$ der Länge S ergibt, so daß in der Bezugsebene unverfälschte Messungen durchgeführt werden könnten. Die Orthogonalprojektion der Strecke $A'B'$ in die Meßebene **3** gibt die Strecke A_1B'' der Länge $S_1 = S \cdot \cos u$, wie aus dem rechtwinkligen Dreieck $A_1'A_1B''$ zu ersehen ist. Bezeichnet man $S'' - S_1$ mit K, so ist, wie aus der Umklappung der Strecke $A_1'B'' = S$ in die Ebene **3** ersichtlich ist, K ungefähr gleich der Verzerrung k, denn der Fehler $K - k$ fällt nicht ins Gewicht, sofern die Neigung u der Bezugsebene **4** nicht zu groß ist.

Dieser Fehler K läßt sich nun leicht aus dem in der Meßebene **3** gemessenen Wert S'' eliminieren, denn er stellt nichts weiter dar als den durch die zentrale Projektion des Punktes A' vom Projektionszentrum O aus in die Meßebene **3** bedingten Fehler, d. h., es läßt sich K ausdrücken durch die räumliche Lage des Punktes A'. Die räumliche Lage aller Punkte A' in der Bezugsebene **4** ist aber durch eine Gleichung der Form

$$H = ax + by + c \qquad (1)$$

gegeben, wobei x und y die Koordinaten des Punktes A' in der Ebene **3** sind, H seine Höhe über der Meßebene **3** und die Konstanten a, b und c so zu bestimmen sind, daß die Projektion der Strecke $AB = s$ in die Bezugsebene **4** gleich S wird. Addiert man deshalb zu einer im Punkt $A_1(x, y)$ ermittelten Höhe h des Geländes **5** die Höhe $H(x, y)$ so ist der Verzerrungsfehler eliminiert, und die Meßwerte entsprechen mit guter Näherung den wirklichen Geländeabmessungen.

Werden die Höhen h durch ihre Parallaxenwerte p ausgedrückt, so kann die Größe H in eine Parallaxenkorrektur H_p umgewandelt und zum Parallaxenwert addiert werden. Bei genügend kleinen Neigungen der Aufnahmeachse läßt sich ferner H_p in die Näherungsform

$$H_p = w_1 x + w_2 y \qquad (2)$$

bringen, wobei w_1 und w_2 entweder aus der Gleichung für H ermittelbar sind oder aber auch, wie nachfolgend beschrieben werden wird, empirisch in der Korrekturvorrichtung einstellbar sind.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer solchen Einrichtung. Auf einem verschiebbaren Bildträger **10** sind zwei Luftbilder **1** und **11** angeordnet, welche durch ein nicht gezeichnetes Stereoskop betrachtet werden. Zum Abtasten der einzelnen Geländepunkte dienen Meßmarken **12** und **13**, welche zwecks Einstellung eines Parallaxenwertes in ihrem Abstand voneinander einstellbar, im übrigen aber fest angeordnet sind. Da die Marken **12** und **13** im stereoskopischen Bild als räumliche Marke erscheinen und ihr Parallaxenabstand einer bestimmten Geländehöhe entspricht, läßt sich durch Verschieben der Bilder **1** und

11 mit dem Bildträger **10** z. B. eine Höhenschichtlinie ermitteln, welche jedoch in vorliegendem Fall zunächst noch einen perspektivischen Fehler, welcher durch die zentrale Projektion des Geländepunktes in die Meßebene **3** entsteht und als Verzeichnungsfehler bezeichnet worden ist, und die genannte Verzerrung aufweist. Die Verschiebungsgrößen des Bildträgers **10** in den Richtungen x und y werden durch eine Stange **14** als Eingangswerte einem fest angeordneten Rechengerät **15** mitgeteilt. Zur Einstellung des Parallaxenabstandes ist die Marke **12** auf einer festen Hülse **16** angeordnet, und die Meßmarke **13** sitzt mit einem Muttergewinde auf einer in der Hülse **16** geführten Gewindespindel **17**. Beim Drehen eines an der Spindel befestigten Knopfes **18** dreht sich die Gewindespindel **17** und verschiebt die Marke **13** relativ zur Marke **12**. Die Spindel **17** läuft in eine biegsame Welle **19** aus, welche die Verschiebungsgröße der Marke **13** als Rechengröße einem Rechengerät **20** zuführt. Über eine am Bildträger **10** befestigte Stange **21** werden im Rechengerät **20** die Koordinaten x und y des auszuwertenden Geländepunktes eingestellt. Das Rechengerät löst die Gleichung (2), und zwei Einstellknöpfe **22** und **23** dienen zur Einstellung der Größe w_1 und w_2 dieser Gleichung. Im Rechengerät **20** wird zu dem durch die biegsame Welle **19** eingestellten Parallaxenwert die Größe H_p addiert, welche in das Rechengerät **15** durch eine Gewindespindel **24** übertragen wird. Das Rechengetriebe **15** ermittelt mit diesem korrigierten Parallaxenwert den Fehler, welcher durch die zentrale Projektion der Luftbilder entsteht, und ein vom Rechengerät **15** betätigter Zeichenstift **25** zeichnet den Verschiebungen des Bildträgers **10** entsprechende Punkte auf, welche frei von den genannten Fehlern sind.

Fig. 4 zeigt die Wirkungsweise des Rechengerätes **20**. Die Bewegung der Stange **21** wird durch einen Kreuzschlitten **30, 31** in die Koordinatenrichtungen x und y zerlegt. Am Schlitten **30** ist in der x-Richtung verschiebbar in Führungen **32** und **33** eine Stange **34** befestigt. Mit der Stange **34** ist ein um einen Punkt **35** drehbarer Winkelhebel **36, 37** derart verbunden, daß er sich bei Verschiebung der Stange **34** um den Punkt **35** drehen kann. Die Drehung des Winkelhebels wird auf eine in einer Führung **38** verschiebbare und mit dem Arm **37** des Winkelhebels verbundene Stange **39** übertragen, welche ihrerseits auf ein Ende eines Lineals **40** wirkt und dieses senkrecht zur x-Richtung verschiebt. Am Schlitten **31** des Kreuzschlittens **30, 31** ist eine Stange **41** befestigt, welche sich mit dem Schlitten **31** axial in der y-Richtung verschiebt. Die Stange **41** ist an einem um einen Punkt **42** drehbaren Hebel **43** derart angelenkt, daß sich der Hebel bei einer axialen Verschiebung der Stange **41** um den Punkt **42** dreht. Diese Drehbewegung wird auf eine ebenfalls mit dem Lineal **43** verbundene, in einer Führung **44** verschiebbare Stange **45** und von dieser auf das andere Ende des Lineals **40** übertragen. In der Mitte des Lineals **40** ist an diesem eine in Führungen **46** und **47** verschiebbare Zahnstange **48** angeordnet, welche sich bei einer Lageänderung des Lineals **40** in paralleler Richtung zu den Stangen **39** und **45** verschiebt. Diese Verschiebung wird auf eine mit einem Zahnrad **49** versehene Welle **50** übertragen, die mit einem Kronrad **51** eines Differentials **52** verbunden ist. Das andere Kronrad **57** des Differentials **52** ist mit der biegsamen Welle **19** verbunden. Das Differential überträgt mittels eines Kegelräderpaares **53** und **54** die Drehung der Wellen **19** und **50** als Summe auf die Spindel **24**. Die Führung **38** weist ein in einer Füh-

rung **55** verschiebbares Mutterstück **56** auf, in das eine durch den Einstellknopf **22** betätigte Spindel **58** greift. Bei Drehung des Einstellknopfes **22** wird demnach die Führung und damit die Stange **39** parallel zu sich selbst verschoben. Damit diese Parallelverschiebung ungehindert erfolgen kann, weisen der Arm **37** und das dem Lineal **40** zugekehrte Ende der Stange **39** entsprechende Führungsschlitze **59** und **60** auf. Entsprechend weist die Führung **44** für die Stange **45** ein in einer Führung **61** verschiebbares Mutterstück **62** auf, in das eine mit dem Einstellknopf **23** versehene Spindel **63** greift. Bei Drehung des Einstellknopfes **23** verschiebt sich die Stange **45** parallel zu sich selbst, und das dem Lineal **40** zugekehrte Ende der Stange **45** sowie der Hebel **43** weisen entsprechende Führungen **64** und **65** auf.

Die Wirkungsweise des Rechengeräts ist wie folgt: Bei Verschiebung des Schlittens **30** um die Strecke x_1 verschiebt sich die Stange **39** über den Winkelhebel **36**, **37** um $x_2 = 2 \cdot w_1 \cdot x_1$, wobei der Faktor $2 \cdot w_1$ durch die Parallelversetzung der Stange **39** mittels Einstellknopf **22** einstellbar ist. Die Stange **39** hebt das eine Ende des Lineals **40** entsprechend an, so daß sich die Zahnstange **48** um den Betrag $w_1 x_1$ axial verschiebt. Bei Verschiebung des Schlittens **31** um y_1 verschiebt sich die Stange **41** um y_1, und die Stange **45** wird durch den Hebel **43** um $y_2 = 2 \cdot w_2 \cdot y_1$ angehoben. Der Faktor $2 \cdot w_2$ ist auch hier durch Drehen des Einstellknopfes **23** durch die damit verbundene Parallelversetzung der Stange **45** einstellbar. Die Stange **45** wirkt auf das andere Ende des Lineals **40**, so daß die Zahnstange **48** nochmals um $w_2 y_1$ verschoben wird. Die Zahnstange **48** erfährt demnach stets eine Gesamtverschiebung um $H_p = w_1 x + w_2 y$. Dieser Betrag von H_p wird durch das Differential **52** zu dem durch die biesgame Welle **19** übertragenen Parallaxeneinstellwert p addiert, so daß die Spindel **24** eine Drehbewegung entsprechend $H_p + p$ ausführt, welche zur weiteren Korrektur des durch zentrale Projektion bewirkten Fehlers in das Rechengerät **15** übertragen wird.

Zur Beseitigung des Verzerrungsfehlers brauchen die w_1- und w_2-Werte numerisch nicht bekannt zu sein, sofern von vier Geländepunkten bekannte Höhenwerte vorliegen. Man verschiebt dann den Bildträger **10** unter jeweiliger Parallaxeneinstellung auf diese Geländepunkte und kontrolliert, ob und inwieweit die durch den Rechner **15** ermittelten Ergebnisse von den bekannten Werten abweichen. Durch Drehen der Einstellknöpfe **22** und **23** ist es dann möglich, sukzessive die Ergebnisse des Rechners **15** für die vier Geländepunkte auf die bekannten Werte zu korrigieren.

Patentansprüche:

1. Gerät für die stereoskopische Auswertung nicht streng nadirwärts aufgenommener Luftbilder, bei dem die Luftbilder parallel zur Meßebene angeordnet sind und eine Einrichtung zum Ausgleich des durch die zentrale Projektion der Luftbilder bedingten Fehlers vorgesehen ist, in welche wenigstens die im Auswertegerät ermittelten fehlerhaften Lagekoordinaten des betrachteten Geländepunktes und der zugehörige Parallaxenwert eingegeben werden, gekennzeichnet durch eine analytisch arbeitende Korrekturvorrichtung zum Ausgleich der bei nicht lotrechter Aufnahmerichtung auftretenden Koordinatenverzerrung, welche in Abhängigkeit von der Neigung (u) der Aufnahmeachse und von den fehlerhaften Koordinaten (x', y') einen dieser Koordinatenverzerrung entsprechenden linearen Korrekturbetrag für die Parallaxe errechnet und zu dem in der Meßebene mit den fehlerhaften Koordinaten (x', y') ermittelten Parallaxenwert vor dessen Eingabe in die Einrichtung zum Ausgleich des Zentralprojektionsfehlers addiert.

2. Gerät nach Anspruch 1, bei dem die Einrichtung zum Ausgleich des durch die Zentralprojektion bedingten Fehlers mit dem Höhenwert rechnet, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturvorrichtung den Parallaxenkorrekturwert vor der Addition zu dem Höhenwert in einen Höhenkorrekturwert umformt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
USA.-Patentschrift Nr. 2 448 484.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 809 768/145 2. 59
(909 586/75 8. 59)

AUSGABETAG: 27. AUGUST 1959

DBP 1 052 125

KL. 42 c 10/02

INTERNAT. KL. G 01 c

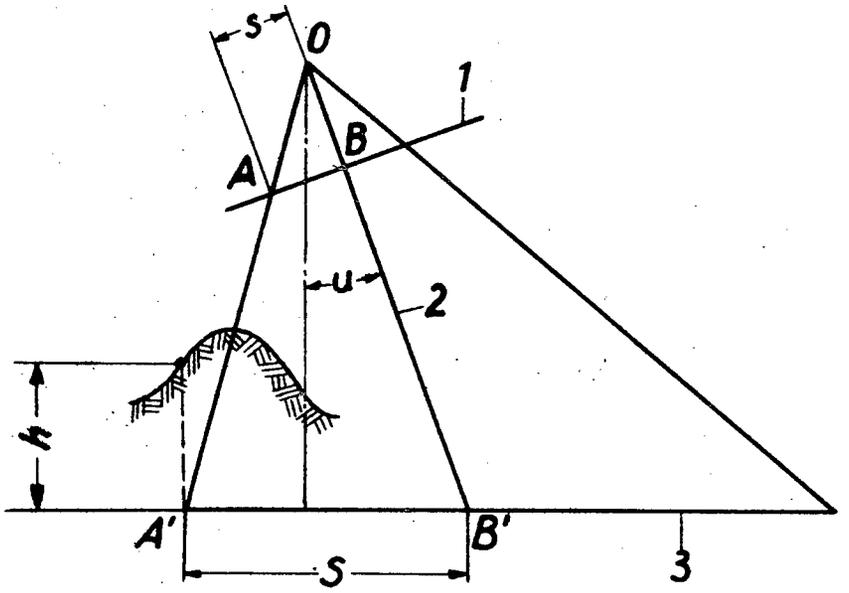


Fig. 1

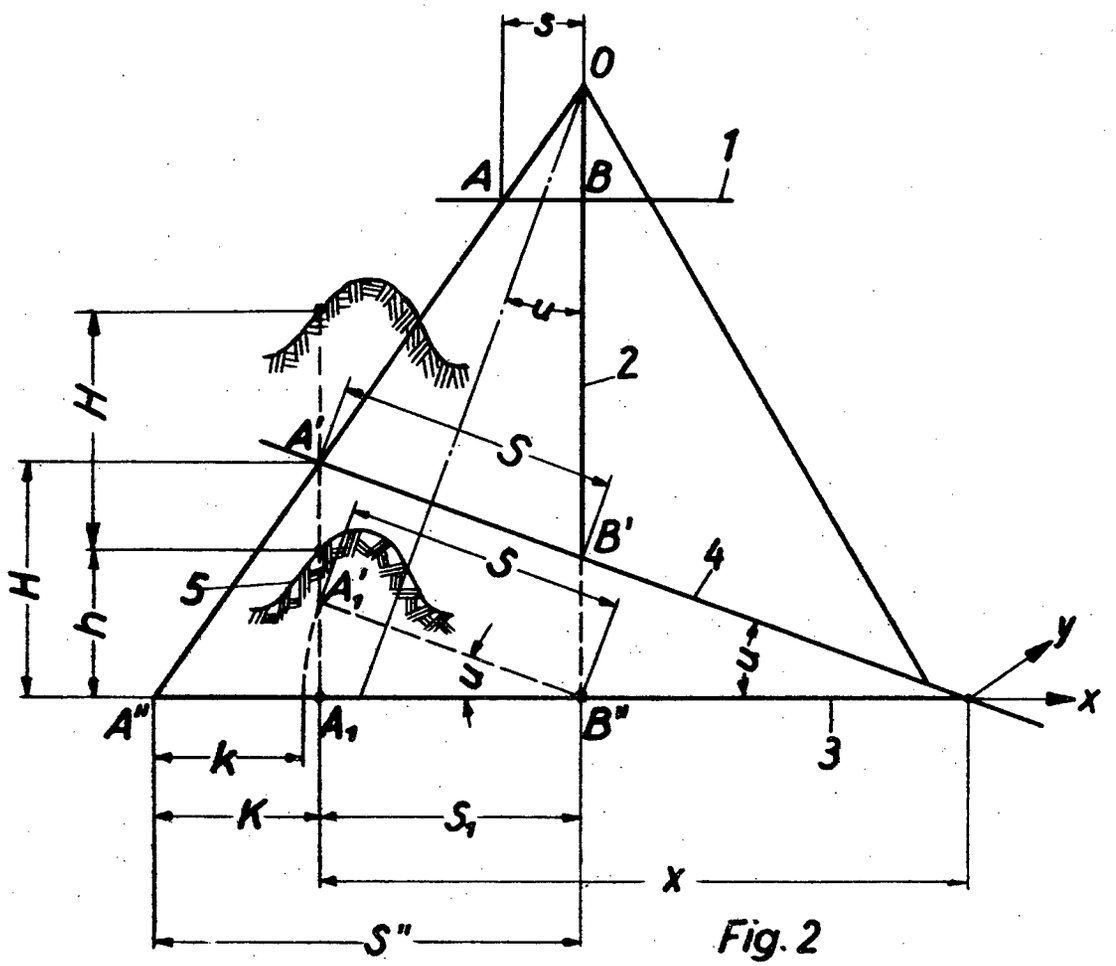


Fig. 2

AUSGABETAG: 27. AUGUST 1959

DBP 1052125

KL. 42c 10/02

INTERNAT. KL. G 01c

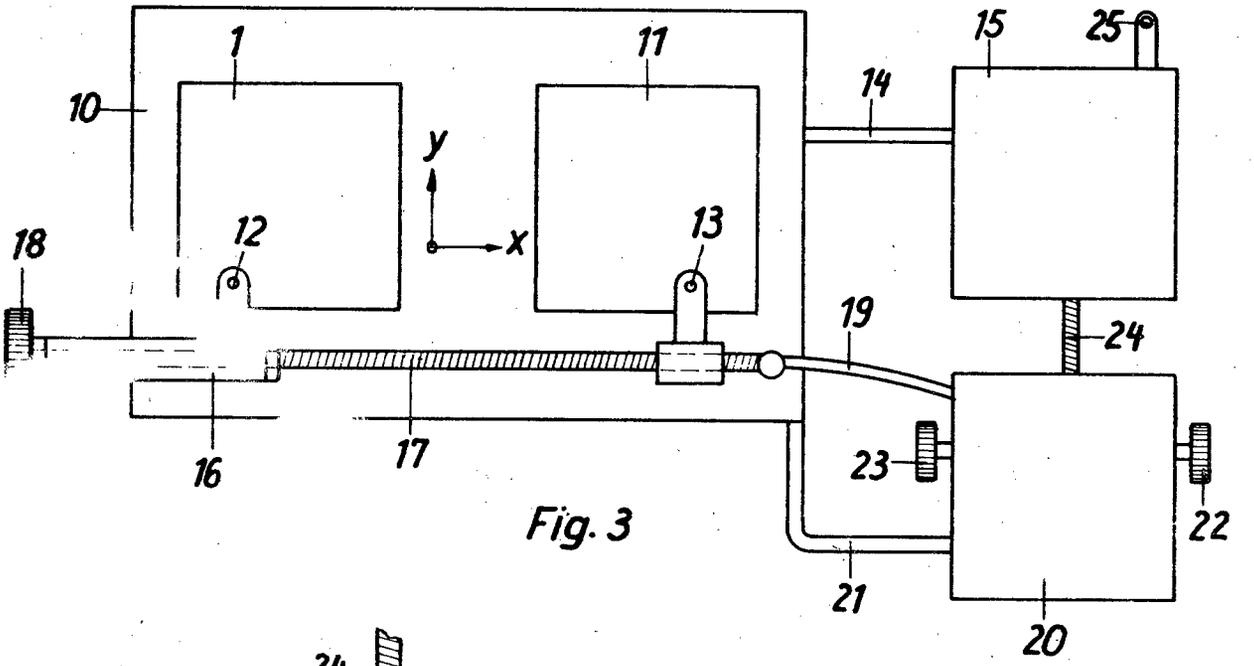


Fig. 3

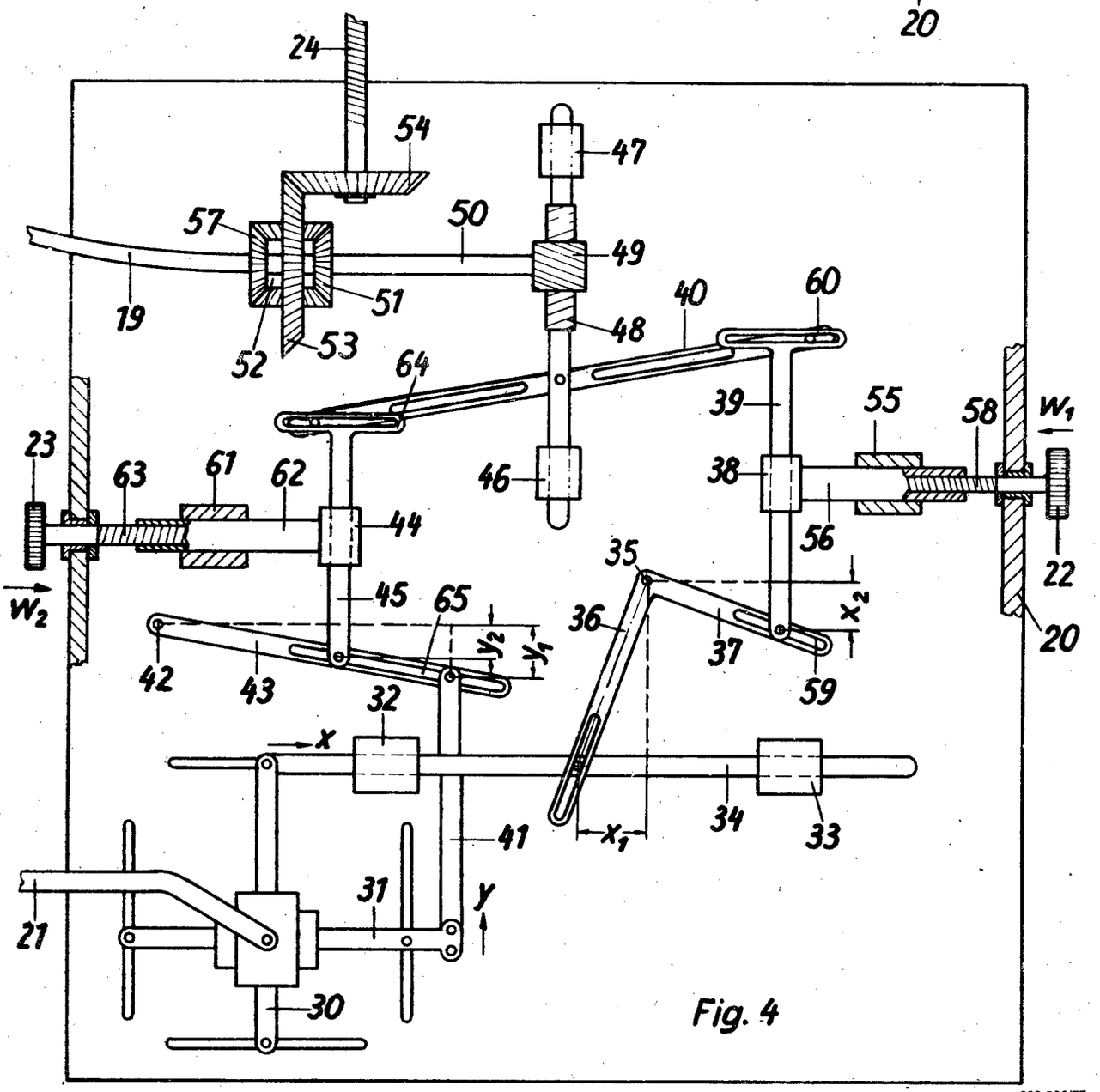


Fig. 4

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1 052 232

DBP 1 052 232
KL. 57 a 7/07
INTERNAT. KL. G 03 b

ANMELDETAG: 15. NOVEMBER 1957

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 5. MÄRZ 1959

AUSGABE DER PATENTSCHRIFT: 20. AUGUST 1959

STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT 1 052 232 (N 14325 IX / 57 a)

Verfahren zur Beheizung von Luftbildkameras und nach diesem Verfahren beheizte Kameras

Patentiert für:

N. V. Optische Industrie »De Oude Delft«, Delft (Niederlande)

Beanspruchte Priorität:
Niederlande vom 16. November 1956

Arjen Nawijn, Delft (Niederlande), ist als Erfinder genannt worden

1

Es ist oft wünschenswert, Luftbildkameras, die starken Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, mit Heizvorrichtungen zu versehen. Nur mit Hilfe solcher Vorrichtungen kann unter allen möglichen Bedingungen eine zufriedenstellende Arbeitsweise der Luftbildkamera sichergestellt werden. Das einwandfreie Arbeiten der Kamera kann nicht nur durch mechanische Verformung ihres Aufbaus und der optischen Elemente, sondern auch durch infolge plötzlichen Temperaturabfalls auf den optischen Elementen kondensierten Wasserdampf oder durch das Ansetzen von Eiskristallen, wodurch der Gebrauch der Kamera unmöglich gemacht wird, beeinträchtigt werden.

Es wurde vorgeschlagen, Luftbildkameras aus den vorgenannten Gründen durch das Kameragehäuse umgebende elektrisch erhitzte Mäntel zu beheizen. Nach einem anderen bekannten Verfahren wird Warmluft durch einen das Kameragehäuse umgebenden Luftbeheizungsmantel hindurchgeblasen. Es ist ferner bekannt, elektrische Heizelemente im Innern des Kameragehäuses selbst anzuordnen. Es wird in diesem Zusammenhang auf »The Manual of Photogrammetry« der American Society of Photogrammetry, 2. Auflage, 1952 verwiesen.

Gemäß der Erfindung läßt sich eine einfache und sehr wirksame Lösung des Problems der Beheizung von Luftbildkameras dadurch erzielen, daß in den Metallteilen des Kameragehäuses ein magnetisches Wechselfeld erzeugt wird. Bekanntlich werden durch ein magnetisches Wechselfeld in Metallteilen Wirbelströme hervorgerufen, durch deren Widerstandsverluste die Metallteile erwärmt werden. In den Fällen, in denen das Metall ferromagnetisch ist, treten zusätzlich Hysteresisverluste auf, durch die das Metall ebenfalls erwärmt wird.

Das Beheizungsverfahren gemäß der Erfindung hat den Vorteil, daß die Wärme auf die Konstruktionsteile der Kamera nicht von innen oder außen durch wärmeisolierende Schichten, die mehr oder weniger unregelmäßig sind, übertragen wird, sondern in diesen Teilen selbst erzeugt wird. Der hierdurch erzielte Hauptvorteil besteht darin, daß die Temperatur der Kamera auf die zugeführte Wärme in kürzestmöglicher Zeit anspricht, so daß die Wärmeverteilung viel gleichmäßiger ist als bei den bekannten Anordnungen. Es ist richtig, daß bei den bekannten Anordnungen, bei denen sich die Heizelemente innerhalb der Kamera befinden, eine direkte Erwärmung der Luft innerhalb der Kamera stattfindet, jedoch wirkt dieses Beheizungsverfahren notwendigerweise sehr unregelmäßig hinsichtlich der Wärmeverteilung und können Luftströmungen im Inneren der Kamera nicht vermieden werden, wodurch die gewünschte hohe Genauigkeit der optischen Abbildung stark beeinträchtigt wird.

2

Ein weiterer Vorteil besteht in der offensichtlichen Einfachheit der zur Erregung des Magnetfeldes nötigen Mittel. Eine Luftbildkamera gemäß der Erfindung kann mit ein oder mehreren Stromleitungen versehen sein, die so im Verhältnis zum Gehäuse angeordnet sind, daß, wenn ein elektrischer Strom in den Leitungen fließt, ein Magnetfeld in den Metallteilen des Gehäuses erregt wird. Die Leitung kann in einfacher Weise um das Kameragehäuse gewickelt sein, wobei eine geeignete Isolation vorgesehen ist, um die Leitungen von den Metallteilen des Gehäuses zu isolieren.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Isolation aus einer unmittelbar auf das Gehäuse aufgebrachten Isoliermaterialschicht bestehen. Vorzugsweise wird die dadurch erhaltene Wicklung ihrerseits durch ein wärmeisolierendes Material abgedeckt, um die elektrische Energie, welche nötig ist, die Kamera auf die gewünschte Temperatur zu bringen und sie während des Betriebs unverändert zu halten, auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Natürlich können geeignete Klemmen zur Verbindung der Stromleitungen mit einer Wechselstromquelle vorgesehen werden.

Das Beheizungsverfahren gemäß der Erfindung kann sowohl auf neue als auch auf bereits vorhandene Luftbildkameras ohne jegliche Schwierigkeiten angewendet werden, vorausgesetzt, daß die Konstruktion der Luftbildkamera das Anbringen von Stromleitungen am Gehäuse ermöglicht. Es wurde festgestellt, daß die

Verteilung der Leitungen nicht sehr regelmäßig sein muß, da sich keine wesentlichen Veränderungen in der Stärke des Magnetfelds von einer Stelle zur anderen ergeben, wenn die Wicklung etwas unregelmäßig ist und überdies durch solche Veränderungen bedingte Temperaturunterschiede sehr rasch durch Wärmeleitung im Metallgehäuse ausgeglichen werden.

Aus der Praxis hat sich ergeben, daß ein Wechselstrom mit einer Frequenz von 400 Hz für den beabsichtigten Zweck sehr geeignet ist. Ein solcher Strom steht in fast allen Flugzeugen in ausreichender Stärke zur Verfügung.

In der Zeichnung ist eine gemäß der Erfindung beheizte Luftbildkamera schematisch dargestellt. Die gezeigte Kamera ist eine Spiegelreflexkamera, bei welcher ein Planspiegel unter einem Winkel von 45° zur optischen Achse des Kameraobjektivs geneigt ist, so daß von unten durch das Objektiv einfallende Lichtstrahlen reflektiert werden. Der Planspiegel ist am linken Ende angeordnet, während sich das übrige optische System im zylindrischen Teil des Gehäuses befindet. Die Bildebene ist rechts, so daß der Verschluß, die Filmrollen und die dazugehörigen Mechanismen in der die Kamera rechts abschließenden Kappe angeordnet sind.

Um das Gehäuse **1** ist eine Wicklung **2** aus isoliertem Kupferdraht angeordnet. Diese Wicklung ist durch eine wärmeisolierende Schicht **3** aus einem geeigneten Material, beispielsweise aus einem porösen oder faserartigen Kunststoffisoliermaterial, abgedeckt. Die Wicklung kann mit einer elektrischen Stromquelle

mit einer Spannung von z. B. 110 V und einer Frequenz von 400 Hz verbunden werden. Zum Ausgleich für eine Blindkomponente des in der Wicklung **2** fließenden Stroms kann ein Kondensator in Reihen- bzw. in Parallelschaltung zur Wicklung verwendet werden. Die Kameratemperatur kann in an sich bekannter Weise, z. B. durch einfaches An- und Abschalten des Wicklungsstroms mittels eines in das Kameragehäuse eingebauten Thermostaten geregelt werden. Wenn gewünscht, kann die an der Wicklung liegende Spannung geregelt oder ein mit der Wicklung in Reihe geschalteter Widerstand verändert werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Beheizung von Luftbildkameras, dadurch gekennzeichnet, daß in metallischen Teilen des Kameragehäuses ein magnetisches Wechselfeld erregt wird.

2. Luftbildkamera, die nach dem Verfahren des Anspruchs 1 beheizt wird, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein wenigstens teilweise aus Metall bestehendes Gehäuse aufweist, sowie wenigstens einen elektrischen Leiter, der in solcher Weise, z. B. in Form von Windungen, am Gehäuse angeordnet ist, daß bei Stromdurchgang ein magnetisches Feld in den Metallteilen entsteht.

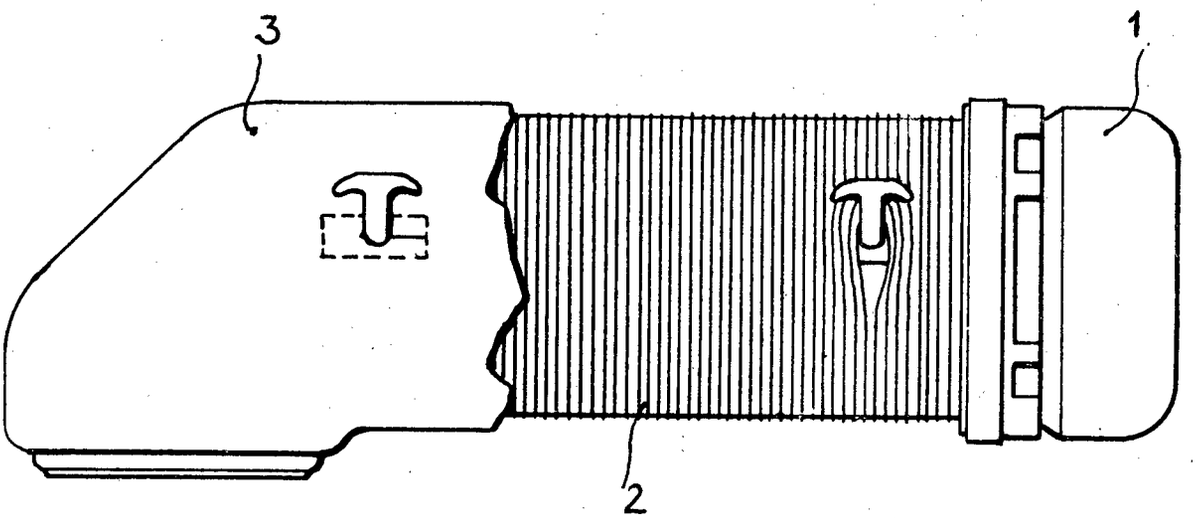
3. Luftbildkamera nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse mit einer wärmeisolierenden um den elektrischen Leiter angeordneten Umhüllung versehen ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 809 768/173 2. 59

AUSGABETAG: 20. AUGUST 1959

DBP 1052232
KL. 57a 7/07
INTERNAT. KL. G 03b



909 583/371

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

KL. 42 c 10/02

INTERNAT. KL. G 01 c

DEUTSCHES PATENTAMT

AUSLEGESCHRIFT 1 081 678

Z 3513 IX/42c

ANMELDETAG: 13. JUNI 1953

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 12. MAI 1960

Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder

Anmelder:

Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H., München 27, Ismaninger Str. 57

Dr. Hermann Deker, München, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft ein Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder mittels Horizontalparallaxenmessung, bei dem die Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen behandelt werden. Bei der Horizontalparallaxenmessung identischer Punkte der Luftbilder entstehen dabei bekanntlich Parallaxenfehler, die in ihrer Gesamtheit als eine Modellverbiegung in Erscheinung treten, derart, daß eine ursprünglich ebene Fläche im stereoskopischen Modell der Luftbilder in eine sattelartige Fläche verfälscht wird.

Um diese Parallaxenfehler zu beseitigen, wurde bereits ein Gerät entwickelt, welches diese Fehler in Abhängigkeit von der Einstellung der stereoskopischen Meßmarke auf einen Punkt (x, y) des stereoskopischen Bildes durch eine die Parallaxeneinstellung beeinflussende Korrekturvorrichtung selbsttätig ausgleicht, indem die gekrümmte Bezugsfläche in einem mit dem Auswertegerät gekuppelten gesonderten Gerät durch eine Anzahl einstellbarer schmaler Führungsflächen in Form von Bändern, Stäben oder biegsamen Streifen nachgebildet und diese Fläche durch einen an den Bewegungen des Auswertegeräts teilnehmenden Hebel abgetastet wird, wobei der Hebel die so gewonnene Parallaxenkorrektur auf die verstellbare Meßmarke des Auswertegräts überträgt. Die Darstellung der gekrümmten Bezugsfläche bei der bekannten Anordnung erfordert jedoch einen erheblichen technischen Aufwand, und die Genauigkeit der Parallaxenkorrektur ist dadurch begrenzt, daß die Unterteilung der Bezugsfläche in Flächenstreifen aus mechanischen Gründen und auch mit Rücksicht auf die mit der Anzahl der Flächenstreifen zunehmenden Schwierigkeiten bei der Einstellung nicht beliebig verfeinert werden kann.

Die Erfindung beseitigt nun diese Nachteile des bekannten Gerätes dadurch, daß die Korrekturvorrichtung aus einer Kette von Produktbildnern besteht, welche die Korrekturwerte für jeden Bildpunkt auf analytischem Wege aus seinen Koordinatenwerten (x, y) entsprechend einer hyperbolischen Näherungsgleichung für die Bezugsfläche ermittelt.

Damit ist es möglich, in bekannter Weise die Parallaxenwerte für einen Punkt (x, y) zu ermitteln und im Rechengerät die jeweilige Parallaxenkorrektur z abzulesen, so daß in einfachster Weise der fehlerfreie Parallaxenwert sofort angegeben werden kann.

Als Näherungsgleichung für die Parallaxenkorrektur z dient zweckmäßig eine Gleichung der Form

$$z = ax + by + cxy + d \qquad (1)$$

wobei (x, y) die Koordinaten des betrachteten Geländepunktes und a, b, c und d so wählbare Konstante sind, daß die durch die Gleichung (1) dargestellte Fläche näherungsweise die sich durch die Behandlung der Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen ergebende gekrümmte Bezugsfläche darstellt.

2

Das erfindungsgemäß ausgebildete Gerät bietet in gleicher Weise wie das eingangs erwähnte bekannte Gerät den Vorteil der selbsttätigen Ermittlung des fehlerfreien Parallaxenwertes, gibt aber wesentlich genauere Werte. Zum andern ist seine Bedienung erheblich einfacher, denn die langwierige Nachbildung der gekrümmten Bezugsfläche entfällt, und es ist nicht mehr notwendig, diese Fläche durch Ermittlung einer Reihe von fehlerfreien Parallaxenwerten überzubestimmen. Vielmehr genügt es, vier bekannte fehlerfreie Parallaxenwerte zu kennen, mit denen, wie aus der Beschreibung eines nachfolgenden Ausführungsbeispieles zu ersehen sein wird, die Konstanten a, b, c und d ermittelt und die entsprechenden Einstellungen im Rechengerät vorgenommen werden können.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Korrekturvorrichtung bildet den Gegenstand der weiteren Erfindung. Diese ist dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturvorrichtung aus drei mechanischen Produktbildern besteht, von denen die ersten beiden Produkte von die hyperbolische Näherungsfläche charakterisierenden vier Einstellgrößen mit einem der unabhängig veränderlichen Koordinatenwerte x oder y bilden und die Ergebnisse in den dritten Produktbildner als Eingangsgröße geben, daß der dritte Produktbildner diese Ergebnisse mit dem anderen unabhängig veränderlichen Koordinatenwert y oder x multipliziert und daß dieses Produkt mit dem Produkt einer der ersten beiden Produktbildner zu der Korrektur z vereinigt wird. Jeder der ersten beiden Produktbildner hat zweckmäßig zur Einstellung der Konstanten eine drehbare und verschiebbare gerade Führungsschiene, und für die Einstellung des einen unabhängig ver-

änderlichen Wertes in diesen Produktbildnern ist ein verschiebbarer Schlitten vorgesehen, welcher Abtastvorrichtungen aufweist, die die Entfernungsdifferenz zweier dem eingestellten Wert auf den Führungsschienen entsprechender Punkte von einer in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden abgreifen und diese Werte in den dritten Produktbildner geben, in dem sie dort die Neigung und Querverschiebung eines auf dem Schlitten angeordneten Lineals bestimmen. Zugleich ist für die Einstellung des anderen unabhängig veränderlichen Wertes im dritten Produktbildner eine verschiebbare Abtastvorrichtung vorgesehen, die einen diesem Wert entsprechenden Punkt auf dem Lineal abgreift und durch ihren Ausschlag den z-Wert angibt.

Die Einstellung der Werte kann dabei durch am Gerät vorgesehene Skalen erfolgen. Besonders zweckmäßig ist es aber, die Einstellvorrichtung der für die Parallaxenmessung vorgesehenen Marken mit einem die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen zu kuppeln. Dadurch wird erreicht, daß bei Einstellung der Marke auf einen Bildpunkt (x, y) die Abtastvorrichtung und auch der Schlitten mit verschoben werden und die entsprechenden Werte x und y selbsttätig im Rechengerät eingestellt werden. Es hat sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn die Abtastvorrichtungen für die Abtastung der Entfernungsdifferenz der Führungsschienen von der in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden auf dem Schlitten angeordnete drehbare Winkelhebel enthalten, von denen jeweils ein Arm bei Verschiebung des Schlittens durch eine in festem Abstand vom Drehpunkt des Winkelhebels auf dem Schlitten gelagerte, senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare und mit einem Ende auf der Führungsschiene gleitende Stange gedreht wird, während der andere Arm jedes Winkelhebels über eine in festem Abstand vom Drehpunkt des Winkelhebels in der Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare Stange ein Ende des Lineals verschiebt. In einer weiteren Ausbildung des Geräts ist nur eine Führungsschiene und eine auf ihr gleitende Abtastvorrichtung vorgesehen, und das Lineal ist um einen festen Punkt auf dem Schlitten drehbar.

Sind für die Einstellung der x- und y-Werte Skalen vorgesehen, so werden die y-Werte zweckmäßig auf einer festen Skala durch einen am Schlitten befestigten Zeiger und die x-Werte auf einer auf dem Schlitten angebrachten Skala durch einen Zeiger eingestellt, der an dem die z-Skala und die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen befestigt ist.

Da die Gleichung (1) nur eine Näherung für das sattelartig verbogene Modell darstellt, sind die ermittelten Parallaxenwerte noch mit den Fehlern höherer Ordnung behaftet. Diese sind zwar sehr klein, doch kommt es vor, daß auch noch diese Fehler ausgeschaltet werden sollen. Man approximiert dann die sattelartige Fläche zweckmäßig zusätzlich durch eine Fläche der Form

$$z = a_1 x + c x_2 + d. \qquad (2)$$

Das erfindungsgemäße Rechengerät löst nun auch diese Gleichung, wenn man die y-Skala in solchen Fällen als eine zweite x-Skala benutzt, wobei dann auf jeder der beiden Skalen der x-Wert einzustellen ist. Zweckmäßiger ist es jedoch in diesem Fall eine Übersetzung vorzusehen, so daß die Bewegung des Schlittens längs der y-Skala eine gleich große Verschiebung der Abtastvorrichtung der z-Werte in der x-Richtung bewirkt. Eine besonders einfache Ausführungsform des Geräts für die Lösung der Gleichung (2) besteht darin, die Abtastvorrichtungen der ersten beiden Produktbildner aus zwei in senkrechter Richtung zur Bewegungsrichtung des Schlittens auf diesem verschiebbaren Stangen zu bilden, deren eine Enden auf den entsprechenden Führungsschienen gleiten und deren andere Enden das Lineal des dritten Produktbildners verschieben. Durch eine Getriebeverbindung kann dabei eine gleich große und gleichgerichtete Verschiebung der Abtastvorrichtung am Lineal und der Abtastvorrichtungen an den Führungsschienen bewirkt werden.

In weiterer Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung kann der mit einem der oben beschriebenen Geräte ermittelte z-Wert zur Einstellung eines Schlittens eines weiteren Geräts benutzt werden, indem die Abtastvorrichtung für den z-Wert mit dem Schlitten des weiteren Geräts verbunden ist. Auf diese Weise können alle Gleichungen gelöst werden, die sich ergeben, wenn der y- oder x-Wert in den Gleichungen (1) oder (2) durch den z-Wert nach Gleichung (1) oder (2) substituiert wird. Insbesondere kann aber auch die Kupplung von zwei oder mehr Geräten derart vorgenommen werden, daß die Endwerte der einzelnen Geräte sich addieren. In Verbindung mit der Kupplung durch Substitution ergibt sich somit die Möglichkeit, eine Vielzahl von Gleichungen höherer Ordnung zu lösen, und es können dadurch die Parallaxenwerte mit beliebiger Genauigkeit ermittelt werden.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 ein Gerät zur Lösung der Gleichung

$$z = ax + by + cxy + d,$$

Fig. 2 bis 4 Diagramme zur Erläuterung der Wirkungsweise des Geräts nach Fig. 1,

Fig. 5 eine geänderte Ausführungsform zur Lösung der Gleichung

$$z = a_1 x + c y_2 + d$$

und die

Fig. 6 und 7 Diagramme zur Erläuterung der Wirkungsweise des Geräts nach Fig. 5.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ist ein Schlitten **1** auf Führungen **2** verschiebbar angeordnet und mit einem Zeiger **3** versehen, mit dem ein Wert auf einer Skala y von Hand oder durch einen nicht gezeichneten Schraubentrieb eingestellt werden kann. An dem Schlitten **1** sind zwei Verlängerungen **4** und **5** vorgesehen, die an ihren Enden Hülsen **6** und **7** aufweisen, in denen Stangen **8** und **9** senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens gleiten können. Die Stangen **8** und **9** werden durch Arme **10** und **11** von um Punkte **12** und **13** auf dem Schlitten **1** drehbaren Winkelhebeln **10**, **18** und **11**, **19** gegen verstellbare Führungsschienen **14** und **15** gedrückt. Die Arme **10** und **11** stehen zu diesem Zweck unter der Wirkung von Federn **16** und **17**. Die anderen Arme **18** und **19** der Winkelhebel berühren Stangen **22** und **23**, die in am Schlitten **1** befestigten Führungen **20** und **21** gleiten können. An den Stangen **22** und **23** sind drehbar Hülsen **24** und **25** befestigt, in denen ein Lineal **26** verschiebbar gelagert ist. Eine Feder **27** drückt das Lineal **26** gegen die Stangen **22** und **23** und sichert das Anliegen dieser Stangen an die Arme **18** und **19**. Auf einer auf dem Schlitten **1** angeordneten Führung **29** gleitet ein Wagen **30** mit einer Skala z. Mit Hilfe eines am Wagen **30** vorgesehenen Zeigers **31** kann der Wagen **30** auf einen bestimmten Wert einer Skala x, die mit dem Schlitten **1** verbunden ist, von Hand oder

durch einen nicht gezeichneten Schraubentrieb eingestellt werden. Eine unter der Wirkung einer Feder **32** stehende Abtastvorrichtung **33** gleitet mit dem einen Ende auf dem Lineal **26**, und ihr Ausschlag kann mit Hilfe eines Zeigers **34** auf der Skala z abgelesen werden.

Zur Verstellung der Führungsschienen **14** und **15** sind diese verschiebbar in Hülsen **40**, **41**, **42** und **43** gelagert, welche drehbar mit Hülsen **44**, **45**, **46** und **47** verbunden sind. Die Hülsen **44**, **45**, **46** und **47** sind verschiebbar auf Führungen **48** und **49** angeordnet und weisen Zeiger **50**, **51**, **52** und **53** auf, mit denen auf Skalen **35**, **36** sowie **35'** und **36'** Werte eingestellt werden können. Die Skalen sind mit einem beliebigen Einheitsmaßstab beziffert, so daß aus der Differenz der auf zwei entsprechenden Skalen **35**, **36** oder **35'**, **36'** eingestellten Werte und aus der Kenntnis des Abstandes der Führungsschienen **48** und **49** heraus einmal die Neigungen der Führungsschienen **14** und **15** eingestellt und zum andern aber auch die Führungsschienen parallel verschoben werden können. Die Verschiebung der Hülsen **40**, **41**, **42** und **43** kann von Hand oder auch mechanisch durch nicht gezeichnete Schraubentriebe erfolgen.

Am Wagen **30** sind zwei Marken **60** und **61** für die Parallaxenmessung angeordnet. Mittels der Skalen x und y werden die Marken **60** und **61** auf zwei identische Punkte x, y von Luftbildern eingestellt, wobei sich der Wagen **30** mit der Abtastvorrichtung **33** und der Schlitten **1** entsprechend verschieben. Die Marken **60** und **61** sind durch eine Mikrometerschraube **62** gegeneinander verschiebbar, so daß die beiden Marken im stereoskopischen Bild zur Deckung gebracht und aus der dazu erforderlichen Verschiebung die Parallaxenwerte ermittelt werden können.

Die Wirkungsweise des Geräts soll an Hand der Fig. 2 bis 4 beschrieben werden.

Der Arm **11** greift in Fig. 2 der Einfachheit halber direkt an der Führungsschiene **15** an, was lediglich eine parallele Verschiebung der Führungsschiene **15** um die Länge der Stange **9** bedeutet (Fig. 1), die jedoch ohne Einfluß auf die Neigung des Lineals **26** ist. Die Führungsschiene **15** wird mit Hilfe der Skalen **35** und **36** um einen bestimmten Winkel u_2 geneigt eingestellt. Bei Verschiebung des Schlittens **1** auf den Wert y wandert der Punkt **13** in den Punkt **13'**, und der Berührungspunkt **0** des Armes **11** und der Führungsschiene **15** wandert nach **0'**. Der Arm **11** geht jetzt aus seiner für $y = 0$ senkrecht angenommenen Lage in die Lage **11'**, durch die Punkte **0'** und **13'** über und ist um den Winkel w_2 verdreht worden. Setzt man die Bewegung des Punktes **0** nach **0'** aus den zwei Stücken x und y zusammen, so ergibt sich für die Verdrehung des Armes **11** um den Winkel w_2 folgende Beziehung:

$$\operatorname{tg} w_2 = \frac{x}{L},$$

wenn L die Länge der Strecke zwischen den Punkten **0** und **13** ist. Es ist weiter

$$x = y \cdot \operatorname{tg} u_2$$

und somit

$$\operatorname{tg} w_2 = \frac{y \cdot \operatorname{tg} u_2}{L}.$$

Eine entsprechende Winkeldrehung w_1 ergibt sich unter den gleichen Annahmen für den Arm **10** des rechten Winkelhebels:

$$\operatorname{tg} w_1 = \frac{y \cdot \operatorname{tg} u_1}{L},$$

wobei u_1 die Neigung der Schiene **14** bedeutet und L der senkrechte Abstand der Stange **8** vom Drehpunkt **12** ist. Um die gleichen Winkel w_1 und w_2 drehen sich die Arme **18** und **19** (Fig. 3). Bezeichnet man die Entfernungen der Stangen **22** und **23**, die in der Fig. 3 der Einfachheit halber die Länge Null haben, von den Drehpunkten **12** und **13** mit L_1, so ergibt sich die Verschiebung der Punkte **22** und **23** in Fig. 3 oder auch der Hülsen **24** und **25** in Fig. 1 unter der Voraussetzung, daß die Arme **10** und **18** bzw. **11** und **19** im rechten Winkel zueinander stehen, zu

$$h_1 = L_1 \cdot \operatorname{tg} w_1 = \frac{L_1 \cdot y \cdot \operatorname{tg} u_1}{L}$$

$$h_2 = L_1 \cdot \operatorname{tg} w_2 = \frac{L_1 \cdot y \cdot \operatorname{tg} u_2}{L}.$$

Um diese Beträge werden die Enden des Lineals **26** in den Punkten **24** und **25** gehoben oder gesenkt. Ist der senkrechte Abstand der Stangen **22** und **23** voneinander gleich L_2, so nimmt das Lineal eine Neigung v ein, die sich aus

$$\operatorname{tg} v = \frac{h_1 + h_2}{L_2}$$

ergibt, oder

$$\operatorname{tg} v = \frac{L_1 \cdot y \,(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)}{L \cdot L_2}. \qquad (3)$$

Nimmt man die Abtastvorrichtung **33** in den Punkt **25** verschoben an (Fig. 4), wobei dann der Zeiger **31** auf $x = 0$ zeigen soll, dann hat sich der Zeiger **34** bei der y-Verschiebung um $z_1 = h_2$ gesenkt. Stellt man jedoch auf der Skala x einen Wert ein, d. h. verschiebt man die Abtastvorrichtung um x, so verschiebt sich der Zeiger **34** um

$$z_2 = x \cdot \operatorname{tg} v, \qquad (3')$$

je nach Neigung des Lineals **26** nach oben oder nach unten.

Der gesamte z-Wert bei Verschiebung um y und x wird dann

$$z = z_1 + z_2 = \frac{L_1 \cdot y \cdot \operatorname{tg} u_2}{L} + x \cdot \operatorname{tg} v$$

$$= \frac{L_1 \cdot y \cdot \operatorname{tg} u_2}{L} + \frac{xy \cdot L_1 \,(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2}{L \cdot L_2}.$$

Da alle Größen auf der rechten Seite dieser Gleichung bis auf x und y Konstante sind, wird

$$z = A_1 y + A_2 x y \qquad (4)$$

$$\text{mit } A_1 = \frac{L_1 \cdot \operatorname{tg} u_2}{L} \text{ und } A_2 = \frac{L_1 \,(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)}{L \cdot L_2}.$$

L, L_1 und L_2 sind Konstruktionsgrößen, weshalb A_1 und A_2 Funktionen der Neigungen der Führungsschienen **14** und **15** sind. Die Nullpunktlagen der Größen x und y auf ihren Skalen sind bei dieser Rechnung beliebig angenommen worden. Es können deshalb, um die Gleichung (4) in einen Typ der zu lösenden Gleichung (1) überzuführen, zusätzliche Koordinatenverschiebungen in der x- und y-Richtung vorgenommen werden. Man kann aber auch die bereits erfolgte Nullpunktwahl beibehalten und die Führungsschienen **14** und **15** parallel verschieben. Im ersten Fall sind dann die Konstanten a, b, c und d der Gleichung (1) von der Neigung der Führungsschienen **14** und **15** und von der besonderen Wahl der Nullpunkte der x- und y-Skalen abhängig. Im zweiten Fall dagegen sind die Konstanten a, b, c und d von der Lage und der Neigung der Führungsschienen **14** und **15** abhängig. Verschiebt man nämlich beispielsweise in der Fig. 1 die Führungsschiene **15** um die Strecke m nach rechts, dann senkt sich die Hülse **25** um

$$m' = \frac{L_1 \cdot m}{L}.$$

Um diesen Betrag senkt sich auch der Zeiger **34**, wenn die Abtastvorrichtung **33** in der Stellung $x=0$ in dem Punkt **25** steht, d. h. m' stellt einen konstanten Beitrag zum z-Wert der Gleichung (4) dar. Bei dieser Parallelverschiebung dreht sich nun weiter das Lineal **26** um den Winkel v', der sich mit hinreichender Genauigkeit aus

$$\operatorname{tg} v' = \frac{m'}{L_2} = \frac{L_1 \cdot m}{L \cdot L_2}$$

errechnen läßt. Bei Verschiebung der Abtastvorrichtung **33** auf den Wert x zeigt daher der Zeiger **34** auf einen z-Wert, der sich gegenüber dem der Gleichung (4) nochmals um

$$x \cdot \operatorname{tg} v' = \frac{x \cdot L_1 \cdot m}{L \cdot L_2}$$

geändert hat. Addiert man daher beide Anteile auf der rechten Seite von Gleichung (4), dann erhält man

$$Z = A_1 y + A_2 x y + \frac{x \cdot L_1 \cdot m}{L \cdot L_2} + \frac{L_1 \cdot m}{L}. \quad (4')$$

Eine Parallelverschiebung der Schiene **14** um den Betrag n nach rechts gibt einen weiteren Anteil zu dem Faktor des x-Gliedes von der Größe

$$\frac{n \cdot L_1}{L \cdot L_2},$$

so daß die Gleichung (4') übergeht in

$$z = \frac{L_1 (m+n) \cdot x}{L \cdot L_2} + A_1 y + A_2 x y + \frac{L_1 \cdot m}{L}. \quad (4'')$$

Die Verschiebung der Schiene **14** wirkt sich jedoch nicht auf das konstante Glied der Gleichung (4') aus, weil die Abtastvorrichtung **33** für $x=0$ der Einfachheit halber im Punkt **25** angenommen worden war, der bei der Verschiebung der Stange **14** festbleibt.

Die Gleichung (4'') ist vom Typ der Gleichung (1). Wählt man insbesondere $L=L_1$, was eine rein konstruktive Maßnahme darstellt, so wird Gleichung (4'') ausgeschrieben

$$z = \frac{(m+n) \cdot x}{L_2} + y \cdot \operatorname{tg} u_2 + \frac{(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2) \cdot x y}{L_2} + m. \quad (4''')$$

Ein Koeffizientenvergleich der Koeffizienten dieser vereinfachten Gleichung mit denen der Gleichung (1) gibt bei gegebenen Konstanten a, b, c und d sofort, ohne lange Rechnung, die Einstellgrößen m, n, $\operatorname{tg} u_1$ und $\operatorname{tg} u_2$.

Die Einstellgrößen n und $\operatorname{tg} u_1$ der Führungsschiene **14** treten nur in additiver Verbindung mit den Größen m und $\operatorname{tg} u_2$ auf, deshalb kann, ohne daß in Gleichung (1) Koeffizienten zu Null werden, die Gleichung (1) auch gelöst werden, wenn beispielsweise $u_1=n=0$ gewählt wird. Der Arm **10** führt in diesem Fall keine Winkeldrehung aus, so daß der ganze Winkelhebel **10**, **18** und die Führungsschiene **14** weggelassen werden können. Bei dieser Ausführungsform muß dann das Lineal **26** in einem Punkt auf den Schlitten **1**, beispielsweise im Punkt **24**, drehbar gelagert sein. Die übrigen Anordnungen bleiben erhalten. Diese Ausbildung des Geräts hat den Vorteil der konstruktiven Einfachheit, gestattet aber nicht die einfache Bestimmung der Einstellgrößen durch Koeffizientenvergleich der Gleichungen (4''') und (1), da für die Einstellung der Konstanten a, b, c und d neben der Einstellung der Lage und Neigung der Führungsschiene **15** zusätzlich Koordinatenverschiebungen in der x- und y-Richtung vorgenommen werden müssen, um für die vier gegebenen Konstanten vier Einstellstücke zu erhalten.

Eine besonders einfache Einstellmöglichkeit der Neigungen der Führungsschienen ergibt sich, ohne daß die Konstanten a, b, c und d bekannt zu sein brauchen, wenn von vier Punkten (x, y) in den Meßbildern die Parallaxenwerte bekannt sind. Man geht dann so vor, daß durch Wahl des Abstandes der Marken **60** und **61** die bekannten Parallaxenwerte eingestellt werden und die Marken **60** und **61** mit Hilfe der x- und y-Skalen auf die Punkte (x, y) der Meßbilder geschoben werden. Da der jeweils eingestellte Parallaxenwert der genaue Wert ist, darf die Skala z für keinen der vier Punkte einen Parallaxenwert anzeigen. Man verstellt deshalb die Führungsschienen so lange, bis der Zeiger **34** auf $z=0$ zeigt bzw. das betrachtete Raummodell parallaxenfrei erscheint. Dazu genügt es gewöhnlich schon, daß man beispielsweise für den ersten Punkt den Zeiger **50** längs der Skala **35** verschiebt. Für den zweiten Wert wird dieses Verfahren mit dem diesem Punkt entsprechenden Parallaxenwert wiederholt, wobei man zweckmäßig den Zeiger **52** längs der Skala **35'** verschiebt. Für den dritten und vierten Punkt neigt man analog die oberen Enden der Führungsschienen durch Verschiebung der Zeiger **53** und **51**. Hat man die letzte Verschiebung vorgenommen, so wird das Gerät für den ersten Punkt wieder einen geringen Korrekturwert z anzeigen, der durch Nachstellen einer der Führungsschienen beseitigt werden kann. Ebenso verfährt man für die anderen Punkte so lange, bis der Zeiger **34** für jeden der vier Punkte den Korrekturwert 0 anzeigt. Durch diese vier Punkte geht dann die hyperbolische Fläche der Gleichung (1), welche das sattelartige Modell approxi-

miert, und das Rechengerät gibt die Parallaxenkorrekturen für alle weiteren Punkte (x, y) an, ohne daß die Gleichung (1) überhaupt bekannt zu sein braucht.

Wählt man in der Gleichung (1) $x=y$, so löst das Gerät die Gleichung

$$z = a_1 x + c x_2 + d. \qquad (2)$$

Die Lösung kann mit dem Gerät nach Fig. 1 vorgenommen werden, erfordert jedoch eine zweimalige Einstellung des x-Wertes. Fig. 5 zeigt eine vorteilhafte Ausbildung eines Geräts zur Lösung dieser Gleichung, bei dem nur eine Einstellung erforderlich ist. Die Teile, die aus der Fig. 1 übernommen worden sind, sind mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet. Die Stangen **8** und **9**, die in den auf dem Schlitten **1** befestigten Hülsen **6** und **7** gleiten, greifen, wie bei dem Gerät nach Fig. 1, auf den Führungsschienen **14** und **15** deren Neigungen ab. Die nicht auf den Schienen gleitenden Enden der Stangen drücken unmittelbar auf das Lineal **26** und bestimmen dessen Neigung. Die Abtastvorrichtung **33** greift einen Punkt auf dem Lineal **26** ab, und der Zeiger **34** zeigt einen Wert auf der Skala z an. Die Abtastvorrichtung **33** ist in einer Hülse **55** verschiebbar gelagert, die ihrerseits an einer den Zeiger **31** tragenden Stange **56** befestigt ist. Die Stange **56** ist im unteren Ende als Zahnstange ausgebildet. Eine weitere Zahnstange **57** befindet sich an der rechten Führungsschiene **2**. Zwischen den Zahnstangen **56** und **57** läuft ein auf dem Schlitten **1** angeordnetes Zahnrad **58**. Wird der Schlitten **1** um die Strecke x verschoben, so dreht sich das Zahnrad dabei um einen bestimmten Winkel, und die Zahnstange **56** wird ebenfalls um die Strecke x in gleicher Richtung auf dem Schlitten verschoben. Beide Zeiger **3** und **31** zeigen daher stets den gleichen Wert x an.

Die Wirkungsweise dieser Ausführungsform ergibt sich an Hand der Fig. 6 und 7. Wird die Stange **9** um h_2 und die Stange **8** um h_1 verschoben, so dreht sich die Stange **26** um den Winkel v in die Lage **26'**. Dabei ist

$$\operatorname{tg} v = \frac{h_1 + h_2}{L_2},$$

wenn L_2 der senkrechte Abstand der Stangen **8** und **9** ist. Nach Fig. 7 gilt

$$h_2 = x \cdot \operatorname{tg} u_2$$
$$h_1 = x \cdot \operatorname{tg} u_1$$

wobei u_1 und u_2 wieder die Neigungen der Führungsschienen **14** und **15** bedeuten. Es ist also

$$\operatorname{tg} v = \frac{x \cdot (\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)}{L_2}.$$

Diese Gleichung ist vom Typ der Gleichung (3), nur daß y durch x ersetzt ist. Da die Abtastvorrichtung für die z-Werte sich nicht geändert hat, geht diese Gleichung nach dem gleichen Gedankengang wie bei dem Gerät nach Fig. 1 in

$$z = a_1 x + c x_2 + d$$

über.

Mit den in den Fig. 1 und 5 beschriebenen Geräten kann der Parallaxenfehler z mit Hilfe der Zeiger **34** auf den z-Skalen abgelesen werden. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird nun dieser Parallaxenfehler sofort mit in das Meßergebnis übertragen, d. h. an der in Fig. 1 beispielsweise durch die Mikrometerschraube **62** verkörperten Parallaxenschraube kann sofort der korrigierte Parallaxenwert abgelesen werden. Dies wird dadurch erreicht, daß wenigstens eine der für die Parallaxenmessung dienenden Marken, beispielsweise die Marke **61** mit der Abtastvorrichtung **33** derart gekuppelt ist, daß sie bei Verschiebung der Abtastvorrichtung **33** ihren Abstand von der Marke **60** ändert. In Fig. 1 ist eine solche Kupplung dargestellt. Auf dem Schlitten **30** ist um den Punkt **70** drehbar ein Winkelhebel **71**, **72** angeordnet. Der Arm **71** des Hebels liegt an der Abtastvorrichtung **33** und der andere Arm **72** an einer in einer Führung des Schlittens **30** verschiebbaren Stange **73**. Mittels einer Feder **74** wird die Stange **73**, an der über das Mikrometer **62'** der Zeiger **61** befestigt ist, stets in Verbindung mit der Abtastvorrichtung **33** gehalten.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt: Verschiebt sich die Abtastvorrichtung **33**, so werden über den Winkelhebel **71**, **72** die Stange **73**, das Mikrometer **62'** und der Zeiger **61** entsprechend verschoben. Der Zeiger **61** ändert dabei seinen Abstand vom Zeiger **60**. Mit der Mikrometerschraube **62** wird jetzt die Marke **61** gegenüber der Marke **60** erneut verschoben, und zwar so lange, bis die beiden Marken im stereoskopischen Modell zur Deckung kommen. Der an der Mikrometerschraube **62** abgelesene Wert ist der fehlerfreie Parallaxenwert.

Patentansprüche:

1. Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder mittels Horizontalparallaxenmessung, bei dem die Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen behandelt werden und die Deformation der Bezugsfläche in Abhängigkeit von der Einstellung der stereoskopischen Meßmarke auf einen Punkt (x, y) des stereoskopischen Bildes durch eine die Parallaxeneinstellung beeinflussende Korrekturvorrichtung selbsttätig ausgeglichen wird, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Korrekturvorrichtung aus einer Kette von Produktbildnern besteht, welche die Korrekturwerte für jeden Bildpunkt auf analytischem Wege aus seinen Koordinatenwerten (x, y) entsprechend einer hyperbolischen Näherungsgleichung für die Bezugsfläche ermittelt.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturvorrichtung aus drei mechanischen Produktbildnern besteht, von denen die ersten beiden (**14**, **10**, **18** und **15**, **11**, **19**) Produkte von die hyperbolische Näherungsfläche charakterisierenden vier Einstellgrößen mit einem der unabhängig veränderlichen Koordinatenwerte x oder y bilden und die Ergebnisse in den dritten Produktbildner (**26**, **33**) als Eingangsgröße geben, daß der dritte Produktbildner diese Ergebnisse mit dem anderen unabhängig veränderlichen Koordinatenwert y oder x multipliziert und daß dieses Produkt mit dem Produkt eines der ersten beiden Produktbildner zu der Korrektur (z) vereinigt wird.

3. Gerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der ersten beiden Produktbildner zur Einstellung der Konstanten (m, n, $\operatorname{tg} u_1$ und $\operatorname{tg} u_2$) eine drehbare und verschiebbare gerade Führungsschiene (**14** bzw. **15**) aufweist, daß für die Einstellung des einen unabhängig veränderlichen Wertes (y) in diesen Produktbildnern ein verschiebbarer Schlitten (**1**) vorgesehen ist, welcher Abtastvorrichtungen (**8**, **10**, **18** und **9**, **11**, **19**) aufweist, die die Entfernungsdifferenz zweier den eingestellten Wert auf den Führungsschienen (**14**, **15**) entsprechender Punkte von einer in der Bewegungsrichtung des Schlittens (**1**) angenommenen Geraden

abgreifen und diese Werte in den dritten Produktbildner geben, indem sie dort die Neigung und Querverschiebung eines auf dem Schlitten (1) angeordneten Lineals (26) bestimmen, und daß für die Einstellung des andern unabhängig veränderlichen Wertes (x) im dritten Produktbildner eine verschiebbare Abtastvorrichtung (30, 33) vorgesehen ist, die einen diesem Wert entsprechenden Punkt auf dem Lineal (26) abgreift und durch ihren Ausschlag den z-Wert angibt.

4. Gerät nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch einen Wagen (30), welcher eine Vorrichtung zur Einstellung des Abstandes von zwei Parallaxenmarken (60, 61) sowie die Abtastvorrichtung (33) trägt.

5. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtungen (8, 10, 18 und 9, 11, 19) für die Abtastung der Entfernungsdifferenz der Führungsschienen (14, 15) von der in der Bewegungsrichtung des Schlittens (1) angenommenen Geraden als auf dem Schlitten (1) angeordnete drehbare Winkelhebel (10, 18 und 11, 19) enthalten, von denen jeweils ein Arm (10, 11) bei Verschiebung des Schlittens (1) durch eine in festem Abstand vom Drehpunkt (12, 13) des Winkelhebels auf dem Schlitten (1) gelagerte, senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens (1) verschiebbare und mit einem Ende auf der Führungsschiene gleitende Stange (8, 9) gedreht wird, während der andere Arm (18, 19) jedes Winkelhebels über eine in festem Abstand vom Drehpunkt (12, 13) des Winkelhebels in der Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare Stange (22, 23) ein Ende des Lineals (26) verschiebt.

6. Gerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß nur eine Führungsschiene (15) und eine auf dieser gleitende Abtastvorrichtung (9, 11, 19) vorgesehen und das Lineal (26) um einen festen Punkt (z. B. 24) auf dem Schlitten (1) drehbar ist.

7. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der y-Wert auf einer festen Skala durch

einen am Schlitten (1) befestigten Zeiger (3) und der x-Wert auf einer auf dem Schlitten (1) angebrachten Skala durch einen Zeiger (31) eingestellt wird, der an dem die z-Skala und die Abtastvorrichtung (33) für den z-Wert tragenden Wagen (30) befestigt ist.

8. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtungen der ersten beiden Produktbildner aus zwei in senkrechter Richtung zur Bewegungsrichtung des Schlittens (1) auf diesem verschiebbaren Stangen (8, 9) bestehen, deren eine Enden auf den Führungsschienen (14, 15) gleiten und deren andere Enden das Lineal (26) des dritten Produktbildners verschieben (Fig. 5).

9. Gerät nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch eine Getriebeverbindung, die eine gleichgroße und gleichgerichtete Verschiebung der Abtastvorrichtung (33) am Lineal (26) und der Abtastvorrichtungen (8, 9) an den Führungsschienen (14, 15) bewirkt.

10. Gerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der für die Parallaxenmessung dienenden Marken (61) mit der Abtastvorrichtung (33) für den z-Wert derart gekuppelt ist, daß sie bei Verschiebung dieser Abtastvorrichtung ihren Abstand von der anderen Marke (60) ändert.

11. Gerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Kupplung zwischen der Abtastvorrichtung (33) für den z-Wert und der für die Parallaxenmessung dienenden verschiebbaren Marke (61) ein auf dem die Abtastvorrichtung (33) tragenden Wagen (30) drehbar angeordneter Winkelhebel (71, 72) vorgesehen ist, dessen einer Hebelarm (71) durch die Abtastvorrichtung (33) betätigt wird und dessen anderer Arm (72) die Verschiebung der Marke (61) bewirkt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
USA.-Patentschrift Nr. 2 448 484.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 009 509/113 5.60

AUSGABETAG: 12. MAI 1960

DAS 1081678
KL. 42c 10/02
INTERNAT. KL. G 01c

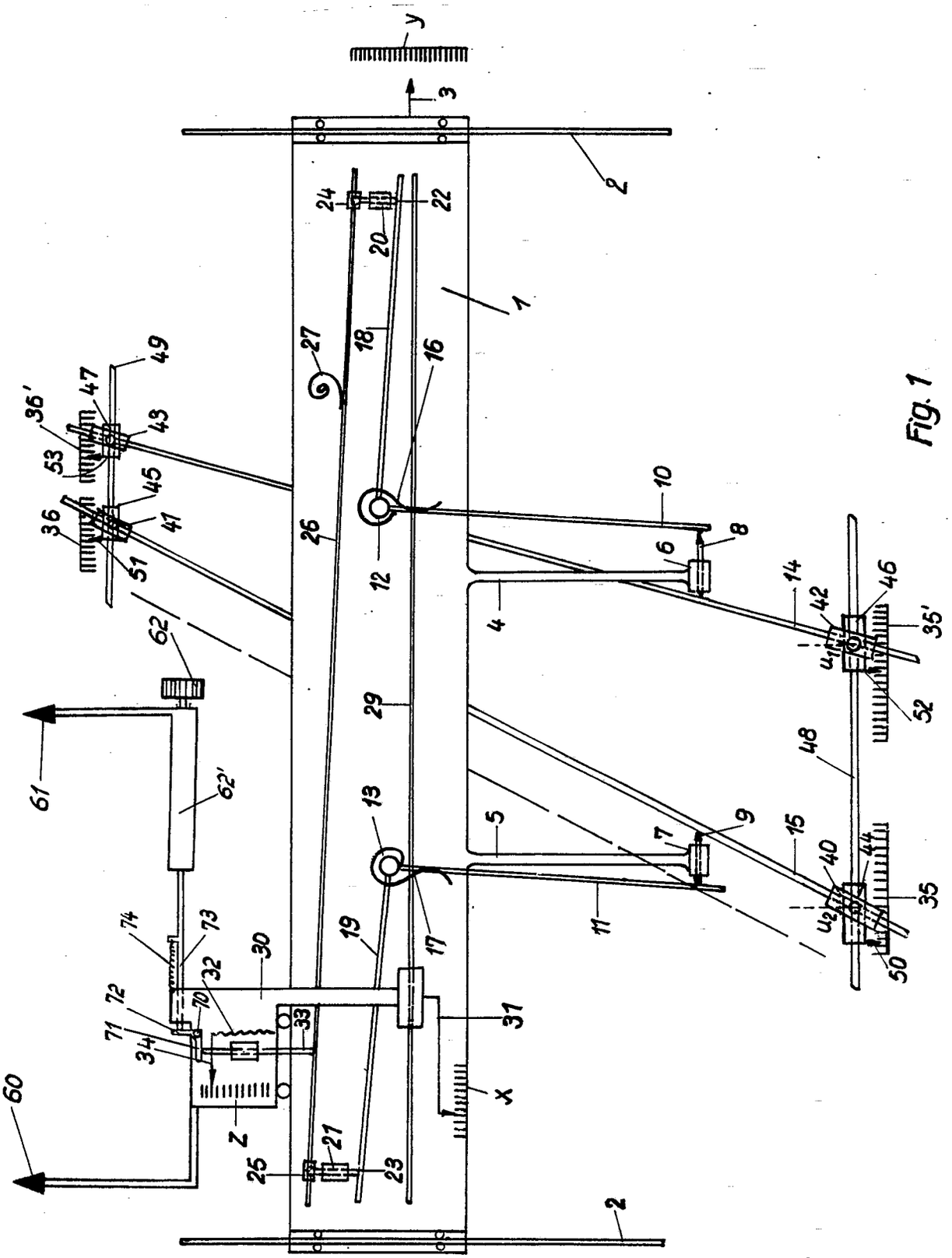


Fig. 1

AUSGABETAG: 12. MAI 1960

DAS 1081678
KL. 42c 10/02
INTERNAT. KL. G 01c

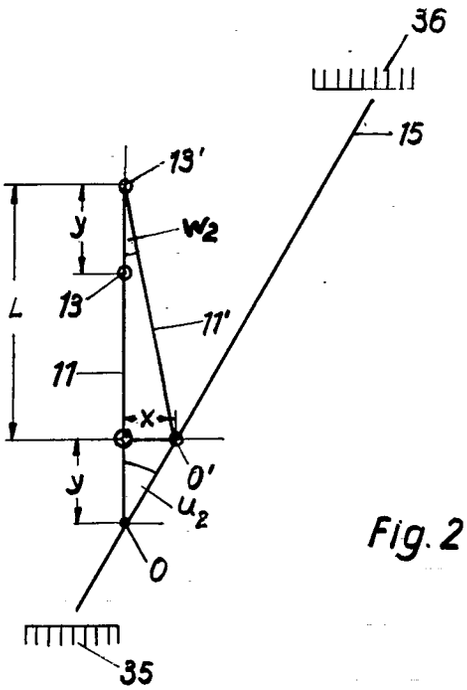


Fig. 2

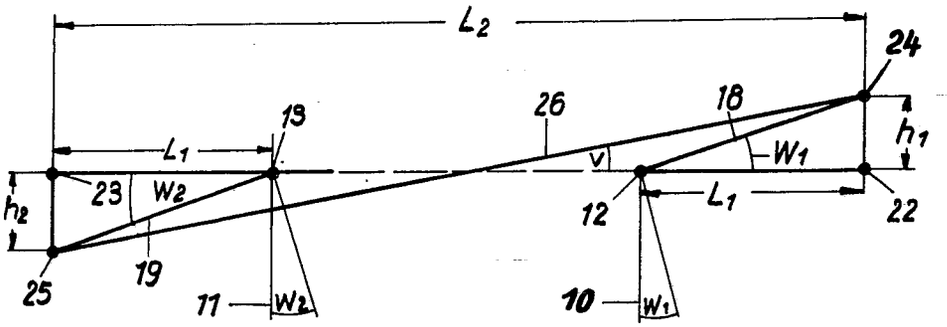


Fig. 3

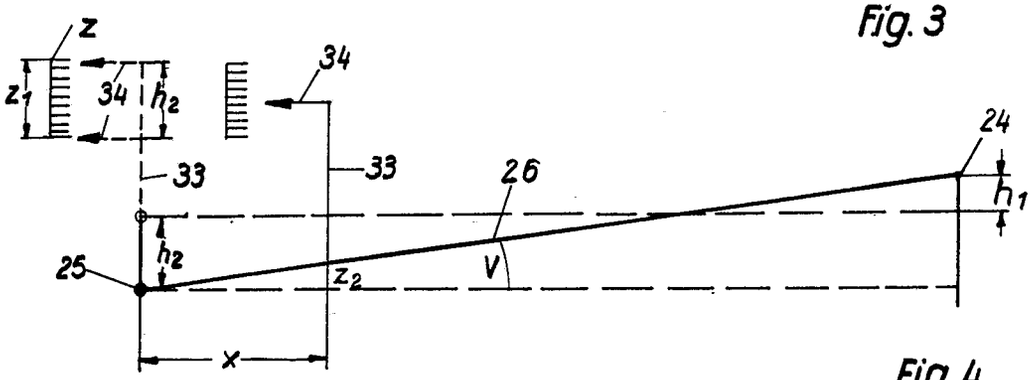


Fig. 4

DAS 1 081 678
KL. 42 c 10/02
INTERNAT. KL. G 01 c

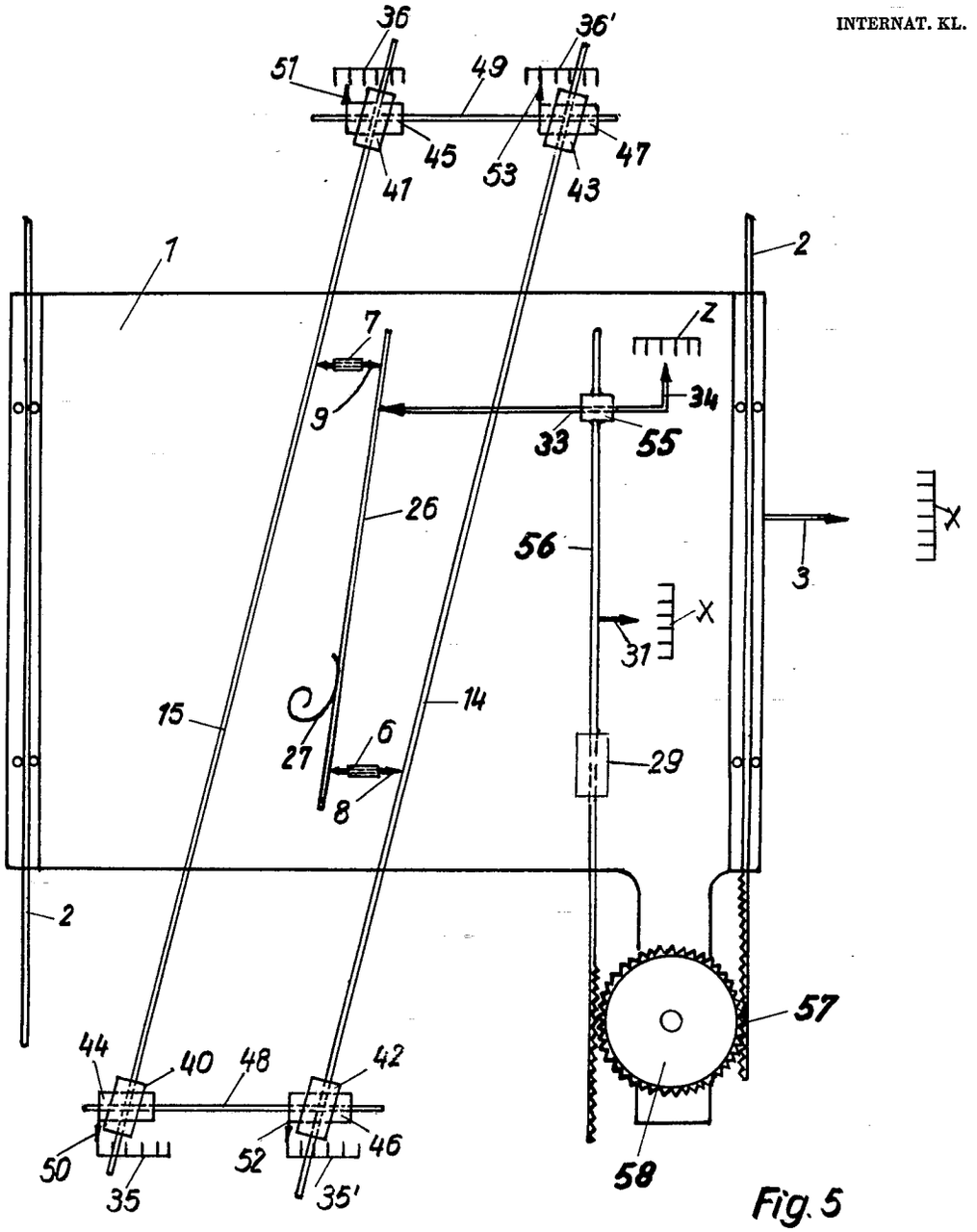


Fig. 5

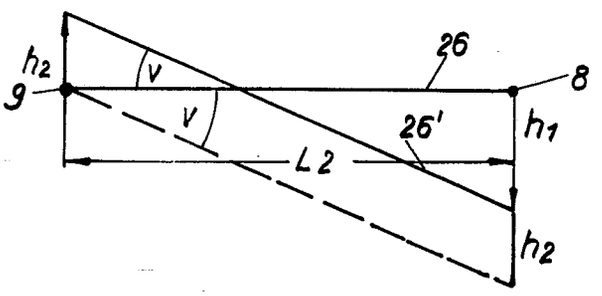


Fig. 6

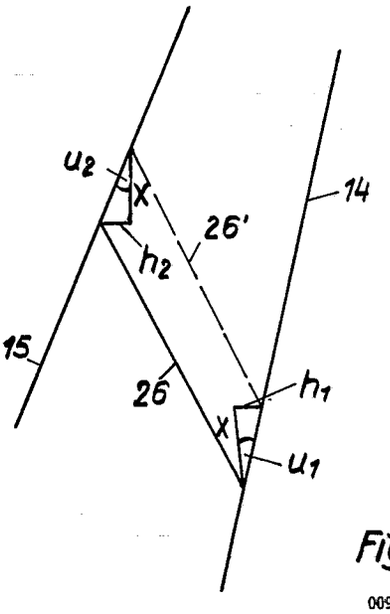


Fig. 7

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1 081 678

DBP 1 081 678
KL. 42 c 10/02
INTERNAT. KL. G 01 c

ANMELDETAG: 13. JUNI 1953

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 12. MAI 1960

AUSGABE DER PATENTSCHRIFT: 3. NOVEMBER 1960

STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT 1 081 678 (Z 3513 IX / 42 c)

Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder

Patentiert für:

Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H., München

Dr. Hermann Deker, München, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft ein Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder mittels Horizontalparallaxenmessung, bei dem die Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen behandelt werden. Bei der Horizontalparallaxenmessung identischer Punkte der Luftbilder entstehen dabei bekanntlich Parallaxenfehler, die in ihrer Gesamtheit als eine Modellverbiegung in Erscheinung treten, derart, daß eine ursprünglich ebene Fläche im stereoskopischen Modell der Luftbilder in eine sattelartige Fläche verfälscht wird.

Um diese Parallaxenfehler zu beseitigen, wurde bereits ein Gerät entwickelt, welches diese Fehler in Abhängigkeit von der Einstellung der stereoskopischen Meßmarke auf einen Punkt (x, y) des stereoskopischen Bildes durch eine die Parallaxeneinstellung beeinflussende Korrekturvorrichtung selbsttätig ausgleicht, indem die gekrümmte Bezugsfläche in einem mit dem Auswertegerät gekuppelten gesonderten Gerät durch eine Anzahl einstellbarer schmaler Führungsflächen in Form von Bändern, Stäben oder biegsamen Streifen nachgebildet und diese Fläche durch einen an den Bewegungen des Auswertegeräts teilnehmenden Hebel abgetastet wird, wobei der Hebel die so gewonnene Parallaxenkorrektur auf die verstellbare Meßmarke des Auswertegräts überträgt. Die Darstellung der gekrümmten Bezugsfläche bei der bekannten Anordnung erfordert jedoch einen erheblichen technischen Aufwand, und die Genauigkeit der Parallaxenkorrektur ist dadurch begrenzt, daß die Unterteilung der Bezugsfläche in Flächenstreifen aus mechanischen Gründen und auch mit Rücksicht auf die mit der Anzahl der Flächenstreifen zunehmenden Schwierigkeiten bei der Einstellung nicht beliebig verfeinert werden kann.

Die Erfindung beseitigt nun diese Nachteile des bekannten Gerätes dadurch, daß die Korrekturvorrichtung aus einer Kette von Produktbildnern besteht, welche die Korrekturwerte für jeden Bildpunkt auf analytischem Wege aus seinen Koordinatenwerten (x, y) entsprechend einer hyperbolischen Näherungsgleichung für die Bezugsfläche ermittelt.

Damit ist es möglich, in bekannter Weise die Parallaxenwerte für einen Punkt (x, y) zu ermitteln und im Rechengerät die jeweilige Parallaxenkorrektur z abzulesen, so daß in einfachster Weise der fehlerfreie Parallaxenwert sofort angegeben werden kann.

Als Näherungsgleichung für die Parallaxenkorrektur z dient zweckmäßig eine Gleichung der Form

$$z = ax + by + cxy + d \qquad (1)$$

wobei (x, y) die Koordinaten des betrachteten Geländepunktes und a, b, c und d so wählbare Konstante sind, daß die durch die Gleichung (1) dargestellte Fläche näherungsweise die sich durch die Behandlung der Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen ergebende gekrümmte Bezugsfläche darstellt.

2

Das erfindungsgemäß ausgebildete Gerät bietet in gleicher Weise wie das eingangs erwähnte bekannte Gerät den Vorteil der selbsttätigen Ermittlung des fehlerfreien Parallaxenwertes, gibt aber wesentlich genauere Werte. Zum andern ist seine Bedienung erheblich einfacher, denn die langwierige Nachbildung der gekrümmten Bezugsfläche entfällt, und es ist nicht mehr notwendig, diese Fläche durch Ermittlung einer Reihe von fehlerfreien Parallaxenwerten überzubestimmen. Vielmehr genügt es, vier bekannte fehlerfreie Parallaxenwerte zu kennen, mit denen, wie aus der Beschreibung eines nachfolgenden Ausführungsbeispieles zu ersehen sein wird, die Konstanten a, b, c und d ermittelt und die entsprechenden Einstellungen im Rechengerät vorgenommen werden können.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Korrekturvorrichtung bildet den Gegenstand der weiteren Erfindung. Diese ist dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturvorrichtung aus drei mechanischen Produktbildern besteht, von denen die ersten beiden Produkte von die hyperbolische Näherungsfläche charakterisierenden vier Einstellgrößen mit einem der unabhängig veränderlichen Koordinatenwerte x oder y bilden und die Ergebnisse in den dritten Produktbildner als Eingangsgröße geben, daß der dritte Produktbildner diese Ergebnisse mit dem anderen unabhängig veränderlichen Koordinatenwert y oder x multipliziert und daß dieses Produkt mit dem Produkt einer der ersten beiden Produktbildner zu der Korrektur z vereinigt wird. Jeder der ersten beiden Produktbildner hat zweckmäßig zur Einstellung der Konstanten eine drehbare und verschiebbare gerade Führungsschiene, und für die Einstellung des einen unabhängig ver-

änderlichen Wertes in diesen Produktbildnern ist ein verschiebbarer Schlitten vorgesehen, welcher Abtastvorrichtungen aufweist, die die Entfernungsdifferenz zweier dem eingestellten Wert auf den Führungsschienen entsprechender Punkte von einer in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden abgreifen und diese Werte in den dritten Produktbildner geben, in dem sie dort die Neigung und Querverschiebung eines auf dem Schlitten angeordneten Lineals bestimmen. Zugleich ist für die Einstellung des anderen unabhängig veränderlichen Wertes im dritten Produktbildner eine verschiebbare Abtastvorrichtung vorgesehen, die einen diesem Wert entsprechenden Punkt auf dem Lineal abgreift und durch ihren Ausschlag den z-Wert angibt.

Die Einstellung der Werte kann dabei durch am Gerät vorgesehene Skalen erfolgen. Besonders zweckmäßig ist es aber, die Einstellvorrichtung der für die Parallaxenmessung vorgesehenen Marken mit einem die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen zu kuppeln. Dadurch wird erreicht, daß bei Einstellung der Marke auf einen Bildpunkt (x, y) die Abtastvorrichtung und auch der Schlitten mit verschoben werden und die entsprechenden Werte x und y selbsttätig im Rechengerät eingestellt werden. Es hat sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn die Abtastvorrichtungen für die Abtastung der Entfernungsdifferenz der Führungsschienen von der in der Bewegungsrichtung des Schlittens angenommenen Geraden auf dem Schlitten angeordnete drehbare Winkelhebel enthalten, von denen jeweils ein Arm bei Verschiebung des Schlittens durch eine in festem Abstand vom Drehpunkt des Winkelhebels auf dem Schlitten gelagerte, senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare und mit einem Ende auf der Führungsschiene gleitende Stange gedreht wird, während der andere Arm jedes Winkelhebels über eine in festem Abstand vom Drehpunkt des Winkelhebels in der Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare Stange ein Ende des Lineals verschiebt. In einer weiteren Ausbildung des Geräts ist nur eine Führungsschiene und eine auf ihr gleitende Abtastvorrichtung vorgesehen, und das Lineal ist um einen festen Punkt auf dem Schlitten drehbar.

Sind für die Einstellung der x- und y-Werte Skalen vorgesehen, so werden die y-Werte zweckmäßig auf einer festen Skala durch einen am Schlitten befestigten Zeiger und die x-Werte auf einer auf dem Schlitten angebrachten Skala durch einen Zeiger eingestellt, der an dem die z-Skala und die Abtastvorrichtung für den z-Wert tragenden Wagen befestigt ist.

Da die Gleichung (1) nur eine Näherung für das sattelartig verbogene Modell darstellt, sind die ermittelten Parallaxenwerte noch mit den Fehlern höherer Ordnung behaftet. Diese sind zwar sehr klein, doch kommt es vor, daß auch noch diese Fehler ausgeschaltet werden sollen. Man approximiert dann die sattelartige Fläche zweckmäßig zusätzlich durch eine Fläche der Form

$$z = a_1 x + c x_2 + d. \qquad (2)$$

Das erfindungsgemäße Rechengerät löst nun auch diese Gleichung, wenn man die y-Skala in solchen Fällen als eine zweite x-Skala benutzt, wobei dann auf jeder der beiden Skalen der x-Wert einzustellen ist. Zweckmäßiger ist es jedoch in diesem Fall eine Übersetzung vorzusehen, so daß die Bewegung des Schlittens längs der y-Skala eine gleich große Verschiebung der Abtastvorrichtung der z-Werte in der x-Richtung bewirkt. Eine besonders einfache Ausführungsform

des Geräts für die Lösung der Gleichung (2) besteht darin, die Abtastvorrichtungen der ersten beiden Produktbildner aus zwei in senkrechter Richtung zur Bewegungsrichtung des Schlittens auf diesem verschiebbaren Stangen zu bilden, deren eine Enden auf den entsprechenden Führungsschienen gleiten und deren andere Enden das Lineal des dritten Produktbildners verschieben. Durch eine Getriebeverbindung kann dabei eine gleich große und gleichgerichtete Verschiebung der Abtastvorrichtung am Lineal und der Abtastvorrichtungen an den Führungsschienen bewirkt werden.

In weiterer Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung kann der mit einem der oben beschriebenen Geräte ermittelte z-Wert zur Einstellung eines Schlittens eines weiteren Geräts benutzt werden, indem die Abtastvorrichtung für den z-Wert mit dem Schlitten des weiteren Geräts verbunden ist. Auf diese Weise können alle Gleichungen gelöst werden, die sich ergeben, wenn der y- oder x-Wert in den Gleichungen (1) oder (2) durch den z-Wert nach Gleichung (1) oder (2) substituiert wird. Insbesondere kann aber auch die Kupplung von zwei oder mehr Geräten derart vorgenommen werden, daß die Endwerte der einzelnen Geräte sich addieren. In Verbindung mit der Kupplung durch Substitution ergibt sich somit die Möglichkeit, eine Vielzahl von Gleichungen höherer Ordnung zu lösen, und es können dadurch die Parallaxenwerte mit beliebiger Genauigkeit ermittelt werden.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 ein Gerät zur Lösung der Gleichung

$$z = ax + by + cxy + d,$$

Fig. 2 bis 4 Diagramme zur Erläuterung der Wirkungsweise des Geräts nach Fig. 1,

Fig. 5 eine geänderte Ausführungsform zur Lösung der Gleichung

$$z = a_1 x + c y_2 + d$$

und die

Fig. 6 und 7 Diagramme zur Erläuterung der Wirkungsweise des Geräts nach Fig. 5.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ist ein Schlitten **1** auf Führungen **2** verschiebbar angeordnet und mit einem Zeiger **3** versehen, mit dem ein Wert auf einer Skala y von Hand oder durch einen nicht gezeichneten Schraubentrieb eingestellt werden kann. An dem Schlitten **1** sind zwei Verlängerungen **4** und **5** vorgesehen, die an ihren Enden Hülsen **6** und **7** aufweisen, in denen Stangen **8** und **9** senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens gleiten können. Die Stangen **8** und **9** werden durch Arme **10** und **11** von um Punkte **12** und **13** auf dem Schlitten **1** drehbaren Winkelhebeln **10**, **18** und **11**, **19** gegen verstellbare Führungsschienen **14** und **15** gedrückt. Die Arme **10** und **11** stehen zu diesem Zweck unter der Wirkung von Federn **16** und **17**. Die anderen Arme **18** und **19** der Winkelhebel berühren Stangen **22** und **23**, die in am Schlitten **1** befestigten Führungen **20** und **21** gleiten können. An den Stangen **22** und **23** sind drehbar Hülsen **24** und **25** befestigt, in denen ein Lineal **26** verschiebbar gelagert ist. Eine Feder **27** drückt das Lineal **26** gegen die Stangen **22** und **23** und sichert das Anliegen dieser Stangen an die Arme **18** und **19**. Auf einer auf dem Schlitten **1** angeordneten Führung **29** gleitet ein Wagen **30** mit einer Skala z. Mit Hilfe eines am Wagen **30** vorgesehenen Zeigers **31** kann der Wagen **30** auf einen bestimmten Wert einer Skala x, die mit dem Schlitten **1** verbunden ist, von Hand oder

durch einen nicht gezeichneten Schraubentrieb eingestellt werden. Eine unter der Wirkung einer Feder **32** stehende Abtastvorrichtung **33** gleitet mit dem einen Ende auf dem Lineal **26**, und ihr Ausschlag kann mit Hilfe eines Zeigers **34** auf der Skala z abgelesen werden.

Zur Verstellung der Führungsschienen **14** und **15** sind diese verschiebbar in Hülsen **40**, **41**, **42** und **43** gelagert, welche drehbar mit Hülsen **44**, **45**, **46** und **47** verbunden sind. Die Hülsen **44**, **45**, **46** und **47** sind verschiebbar auf Führungen **48** und **49** angeordnet und weisen Zeiger **50**, **51**, **52** und **53** auf, mit denen auf Skalen **35**, **36** sowie **35'** und **36'** Werte eingestellt werden können. Die Skalen sind mit einem beliebigen Einheitsmaßstab beziffert, so daß aus der Differenz der auf zwei entsprechenden Skalen **35**, **36** oder **35'**, **36'** eingestellten Werte und aus der Kenntnis des Abstandes der Führungsschienen **48** und **49** heraus einmal die Neigungen der Führungsschienen **14** und **15** eingestellt und zum andern aber auch die Führungsschienen parallel verschoben werden können. Die Verschiebung der Hülsen **40**, **41**, **42** und **43** kann von Hand oder auch mechanisch durch nicht gezeichnete Schraubentriebe erfolgen.

Am Wagen **30** sind zwei Marken **60** und **61** für die Parallaxenmessung angeordnet. Mittels der Skalen x und y werden die Marken **60** und **61** auf zwei identische Punkte x, y von Luftbildern eingestellt, wobei sich der Wagen **30** mit der Abtastvorrichtung **33** und der Schlitten **1** entsprechend verschieben. Die Marken **60** und **61** sind durch eine Mikrometerschraube **62** gegeneinander verschiebbar, so daß die beiden Marken im stereoskopischen Bild zur Deckung gebracht und aus der dazu erforderlichen Verschiebung die Parallaxenwerte ermittelt werden können.

Die Wirkungsweise des Geräts soll an Hand der Fig. 2 bis 4 beschrieben werden.

Der Arm **11** greift in Fig. 2 der Einfachheit halber direkt an der Führungsschiene **15** an, was lediglich eine parallele Verschiebung der Führungsschiene **15** um die Länge der Stange **9** bedeutet (Fig. 1), die jedoch ohne Einfluß auf die Neigung des Lineals **26** ist. Die Führungsschiene **15** wird mit Hilfe der Skalen **35** und **36** um einen bestimmten Winkel u_2 geneigt eingestellt. Bei Verschiebung des Schlittens **1** auf den Wert y wandert der Punkt **13** in den Punkt **13'**, und der Berührungspunkt **0** des Armes **11** und der Führungsschiene **15** wandert nach **0'**. Der Arm **11** geht jetzt aus seiner für $y = 0$ senkrecht angenommenen Lage in die Lage **11'**, durch die Punkte **0'** und **13'** über und ist um den Winkel w_2 verdreht worden. Setzt man die Bewegung des Punktes **0** nach **0'** aus den zwei Stücken x und y zusammen, so ergibt sich für die Verdrehung des Armes **11** um den Winkel w_2 folgende Beziehung:

$$\operatorname{tg} w_2 = \frac{x}{L},$$

wenn L die Länge der Strecke zwischen den Punkten **0** und **13** ist. Es ist weiter

$$x = y \cdot \operatorname{tg} u_2$$

und somit

$$\operatorname{tg} w_2 = \frac{y \cdot \operatorname{tg} u_2}{L}.$$

Eine entsprechende Winkeldrehung w_1 ergibt sich unter den gleichen Annahmen für den Arm **10** des rechten Winkelhebels:

$$\operatorname{tg} w_1 = \frac{y \cdot \operatorname{tg} u_1}{L},$$

wobei u_1 die Neigung der Schiene **14** bedeutet und L der senkrechte Abstand der Stange **8** vom Drehpunkt **12** ist. Um die gleichen Winkel w_1 und w_2 drehen sich die Arme **18** und **19** (Fig. 3). Bezeichnet man die Entfernungen der Stangen **22** und **23**, die in der Fig. 3 der Einfachheit halber die Länge Null haben, von den Drehpunkten **12** und **13** mit L_1, so ergibt sich die Verschiebung der Punkte **22** und **23** in Fig. 3 oder auch der Hülsen **24** und **25** in Fig. 1 unter der Voraussetzung, daß die Arme **10** und **18** bzw. **11** und **19** im rechten Winkel zueinander stehen, zu

$$h_1 = L_1 \cdot \operatorname{tg} w_1 = \frac{L_1 \cdot y \cdot \operatorname{tg} u_1}{L}$$

$$h_2 = L_1 \cdot \operatorname{tg} w_2 = \frac{L_1 \cdot y \cdot \operatorname{tg} u_2}{L}.$$

Um diese Beträge werden die Enden des Lineals **26** in den Punkten **24** und **25** gehoben oder gesenkt. Ist der senkrechte Abstand der Stangen **22** und **23** voneinander gleich L_2, so nimmt das Lineal eine Neigung v ein, die sich aus

$$\operatorname{tg} v = \frac{h_1 + h_2}{L_2}$$

ergibt, oder

$$\operatorname{tg} v = \frac{L_1 \cdot y \,(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)}{L \cdot L_2}. \qquad (3)$$

Nimmt man die Abtastvorrichtung **33** in den Punkt **25** verschoben an (Fig. 4), wobei dann der Zeiger **31** auf $x = 0$ zeigen soll, dann hat sich der Zeiger **34** bei der y-Verschiebung um $z_1 = h_2$ gesenkt. Stellt man jedoch auf der Skala x einen Wert ein, d. h. verschiebt man die Abtastvorrichtung um x, so verschiebt sich der Zeiger **34** um

$$z_2 = x \cdot \operatorname{tg} v, \qquad (3')$$

je nach Neigung des Lineals **26** nach oben oder nach unten.

Der gesamte z-Wert bei Verschiebung um y und x wird dann

$$z = z_1 + z_2 = \frac{L_1 \cdot y \cdot \operatorname{tg} u_2}{L} + x \cdot \operatorname{tg} v$$

$$= \frac{L_1 \cdot y \cdot \operatorname{tg} u_2}{L} + \frac{xy \cdot L_1 \,(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2}{L \cdot L_2}.$$

Da alle Größen auf der rechten Seite dieser Gleichung bis auf x und y Konstante sind, wird

$$z = A_1 y + A_2 x y \qquad (4)$$

$$\text{mit } A_1 = \frac{L_1 \cdot \operatorname{tg} u_2}{L} \text{ und } A_2 = \frac{L_1 \,(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)}{L \cdot L_2}.$$

L, L_1 und L_2 sind Konstruktionsgrößen, weshalb A_1 und A_2 Funktionen der Neigungen der Führungsschienen **14** und **15** sind. Die Nullpunktlagen der Größen x und y auf ihren Skalen sind bei dieser Rechnung beliebig angenommen worden. Es können deshalb, um die Gleichung (4) in einen Typ der zu lösenden Gleichung (1) überzuführen, zusätzliche Koordinatenverschiebungen in der x- und y-Richtung vorgenommen werden. Man kann aber auch die bereits erfolgte Nullpunktwahl beibehalten und die Führungsschienen **14** und **15** parallel verschieben. Im ersten Fall sind dann die Konstanten a, b, c und d der Gleichung (1) von der Neigung der Führungsschienen **14** und **15** und von der besonderen Wahl der Nullpunkte der x- und y-Skalen abhängig. Im zweiten Fall dagegen sind die Konstanten a, b, c und d von der Lage und der Neigung der Führungsschienen **14** und **15** abhängig. Verschiebt man nämlich beispielsweise in der Fig. 1 die Führungsschiene **15** um die Strecke m nach rechts, dann senkt sich die Hülse **25** um

$$m' = \frac{L_1 \cdot m}{L}.$$

Um diesen Betrag senkt sich auch der Zeiger **34**, wenn die Abtastvorrichtung **33** in der Stellung $x=0$ in dem Punkt **25** steht, d. h. m' stellt einen konstanten Beitrag

zum z-Wert der Gleichung (4) dar. Bei dieser Parallelverschiebung dreht sich nun weiter das Lineal **26** um den Winkel v', der sich mit hinreichender Genauigkeit aus

$$\operatorname{tg} v' = \frac{m'}{L_2} = \frac{L_1 \cdot m}{L \cdot L_2}$$

errechnen läßt. Bei Verschiebung der Abtastvorrichtung **33** auf den Wert x zeigt daher der Zeiger **34** auf einen z-Wert, der sich gegenüber dem der Gleichung (4) nochmals um

$$x \cdot \operatorname{tg} v' = \frac{x \cdot L_1 \cdot m}{L \cdot L_2}$$

geändert hat. Addiert man daher beide Anteile auf der rechten Seite von Gleichung (4), dann erhält man

$$Z = A_1 y + A_2 x y + \frac{x \cdot L_1 \cdot m}{L \cdot L_2} + \frac{L_1 \cdot m}{L}. \quad (4')$$

Eine Parallelverschiebung der Schiene **14** um den Betrag n nach rechts gibt einen weiteren Anteil zu dem Faktor des x-Gliedes von der Größe

$$\frac{n \cdot L_1}{L \cdot L_2},$$

so daß die Gleichung (4') übergeht in

$$z = \frac{L_1 (m+n) \cdot x}{L \cdot L_2} + A_1 y + A_2 x y + \frac{L_1 \cdot m}{L}. \quad (4'')$$

Die Verschiebung der Schiene **14** wirkt sich jedoch nicht auf das konstante Glied der Gleichung (4') aus, weil die Abtastvorrichtung **33** für $x=0$ der Einfachheit halber im Punkt **25** angenommen worden war, der bei der Verschiebung der Stange **14** festbleibt.

Die Gleichung (4'') ist vom Typ der Gleichung (1). Wählt man insbesondere $L=L_1$, was eine rein konstruktive Maßnahme darstellt, so wird Gleichung (4'') ausgeschrieben

$$z = \frac{(m+n) \cdot x}{L_2} + y \cdot \operatorname{tg} u_2 + \frac{(\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2) \cdot x y}{L_2} + m. \quad (4''')$$

Ein Koeffizientenvergleich der Koeffizienten dieser vereinfachten Gleichung mit denen der Gleichung (1) gibt bei gegebenen Konstanten a, b, c und d sofort, ohne lange Rechnung, die Einstellgrößen m, n, $\operatorname{tg} u_1$ und $\operatorname{tg} u_2$.

Die Einstellgrößen n und $\operatorname{tg} u_1$ der Führungsschiene **14** treten nur in additiver Verbindung mit den Größen m und $\operatorname{tg} u_2$ auf, deshalb kann, ohne daß in Gleichung (1) Koeffizienten zu Null werden, die Gleichung (1) auch gelöst werden, wenn beispielsweise $u_1=n=0$ gewählt wird. Der Arm **10** führt in diesem Fall keine Winkeldrehung aus, so daß der ganze Winkelhebel **10**, **18** und die Führungsschiene **14** weggelassen werden können. Bei dieser Ausführungsform muß dann das Lineal **26** in einem Punkt auf den Schlitten **1**, beispielsweise im Punkt **24**, drehbar gelagert sein. Die übrigen Anordnungen bleiben erhalten. Diese Ausbildung des Geräts hat den Vorteil der konstruktiven Einfachheit, gestattet aber nicht die einfache Bestimmung der Einstellgrößen durch Koeffizientenvergleich der Gleichungen (4''') und (1), da für die Einstellung der Konstanten a, b, c und d neben der Einstellung der Lage und Neigung der Führungsschiene **15** zusätzlich Koordinatenverschiebungen in der x- und y-Richtung vorgenommen werden müssen, um für die vier gegebenen Konstanten vier Einstellstücke zu erhalten.

Eine besonders einfache Einstellmöglichkeit der Neigungen der Führungsschienen ergibt sich, ohne daß die Konstanten a, b, c und d bekannt zu sein brauchen, wenn von vier Punkten (x, y) in den Meßbildern die Parallaxenwerte bekannt sind. Man geht dann so vor, daß durch Wahl des Abstandes der Marken **60** und **61** die bekannten Parallaxenwerte eingestellt werden und die Marken **60** und **61** mit Hilfe der x- und y-Skalen auf die Punkte (x, y) der Meßbilder geschoben werden. Da der jeweils eingestellte Parallaxenwert der genaue Wert ist, darf die Skala z für keinen der vier Punkte einen Parallaxenwert anzeigen. Man verstellt deshalb die Führungsschienen so lange, bis der Zeiger **34** auf $z=0$ zeigt bzw. das betrachtete Raummodell parallaxenfrei erscheint. Dazu genügt es gewöhnlich schon, daß man beispielsweise für den ersten Punkt den Zeiger **50** längs der Skala **35** verschiebt. Für den zweiten Wert wird dieses Verfahren mit dem diesem Punkt entsprechenden Parallaxenwert wiederholt, wobei man zweckmäßig den Zeiger **52** längs der Skala **35'** verschiebt. Für den dritten und vierten Punkt neigt man analog die oberen Enden der Führungsschienen durch Verschiebung der Zeiger **53** und **51**. Hat man die letzte Verschiebung vorgenommen, so wird das Gerät für den ersten Punkt wieder einen geringen Korrekturwert z anzeigen, der durch Nachstellen einer der Führungsschienen beseitigt werden kann. Ebenso verfährt man für die anderen Punkte so lange, bis der Zeiger **34** für jeden der vier Punkte den Korrekturwert 0 anzeigt. Durch diese vier Punkte geht dann die hyperbolische Fläche der Gleichung (1), welche das sattelartige Modell approxi-

miert, und das Rechengerät gibt die Parallaxenkorrekturen für alle weiteren Punkte (x, y) an, ohne daß die Gleichung (1) überhaupt bekannt zu sein braucht.

Wählt man in der Gleichung (1) $x=y$, so löst das Gerät die Gleichung

$$z = a_1 x + c x_2 + d. \qquad (2)$$

Die Lösung kann mit dem Gerät nach Fig. 1 vorgenommen werden, erfordert jedoch eine zweimalige Einstellung des x-Wertes. Fig. 5 zeigt eine vorteilhafte Ausbildung eines Geräts zur Lösung dieser Gleichung, bei dem nur eine Einstellung erforderlich ist. Die Teile, die aus der Fig. 1 übernommen worden sind, sind mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet. Die Stangen **8** und **9**, die in den auf dem Schlitten **1** befestigten Hülsen **6** und **7** gleiten, greifen, wie bei dem Gerät nach Fig. 1, auf den Führungsschienen **14** und **15** deren Neigungen ab. Die nicht auf den Schienen gleitenden Enden der Stangen drücken unmittelbar auf das Lineal **26** und bestimmen dessen Neigung. Die Abtastvorrichtung **33** greift einen Punkt auf dem Lineal **26** ab, und der Zeiger **34** zeigt einen Wert auf der Skala z an. Die Abtastvorrichtung **33** ist in einer Hülse **55** verschiebbar gelagert, die ihrerseits an einer den Zeiger **31** tragenden Stange **56** befestigt ist. Die Stange **56** ist im unteren Ende als Zahnstange ausgebildet. Eine weitere Zahnstange **57** befindet sich an der rechten Führungsschiene **2**. Zwischen den Zahnstangen **56** und **57** läuft ein auf dem Schlitten **1** angeordnetes Zahnrad **58**. Wird der Schlitten **1** um die Strecke x verschoben, so dreht sich das Zahnrad dabei um einen bestimmten Winkel, und die Zahnstange **56** wird ebenfalls um die Strecke x in gleicher Richtung auf dem Schlitten verschoben. Beide Zeiger **3** und **31** zeigen daher stets den gleichen Wert x an.

Die Wirkungsweise dieser Ausführungsform ergibt sich an Hand der Fig. 6 und 7. Wird die Stange **9** um h_2 und die Stange **8** um h_1 verschoben, so dreht sich die Stange **26** um den Winkel v in die Lage **26'**. Dabei ist

$$\operatorname{tg} v = \frac{h_1 + h_2}{L_2},$$

wenn L_2 der senkrechte Abstand der Stangen **8** und **9** ist. Nach Fig. 7 gilt

$$h_2 = x \cdot \operatorname{tg} u_2$$
$$h_1 = x \cdot \operatorname{tg} u_1$$

wobei u_1 und u_2 wieder die Neigungen der Führungsschienen **14** und **15** bedeuten. Es ist also

$$\operatorname{tg} v = \frac{x \cdot (\operatorname{tg} u_1 + \operatorname{tg} u_2)}{L_2}.$$

Diese Gleichung ist vom Typ der Gleichung (3), nur daß y durch x ersetzt ist. Da die Abtastvorrichtung für die z-Werte sich nicht geändert hat, geht diese Gleichung nach dem gleichen Gedankengang wie bei dem Gerät nach Fig. 1 in

$$z = a_1 x + c x_2 + d$$

über.

Mit den in den Fig. 1 und 5 beschriebenen Geräten kann der Parallaxenfehler z mit Hilfe der Zeiger **34** auf den z-Skalen abgelesen werden. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird nun dieser Parallaxenfehler sofort mit in das Meßergebnis übertragen, d. h. an der in Fig. 1 beispielsweise durch die Mikrometerschraube **62** verkörperten Parallaxenschraube kann sofort der korrigierte Parallaxenwert abgelesen werden. Dies wird dadurch erreicht, daß wenigstens eine der für die Parallaxenmessung dienenden Marken, beispielsweise die Marke **61** mit der Abtastvorrichtung **33** derart gekuppelt ist, daß sie bei Verschiebung der Abtastvorrichtung **33** ihren Abstand von der Marke **60** ändert. In Fig. 1 ist eine solche Kupplung dargestellt. Auf dem Schlitten **30** ist um den Punkt **70** drehbar ein Winkelhebel **71**, **72** angeordnet. Der Arm **71** des Hebels liegt an der Abtastvorrichtung **33** und der andere Arm **72** an einer in einer Führung des Schlittens **30** verschiebbaren Stange **73**. Mittels einer Feder **74** wird die Stange **73**, an der über das Mikrometer **62'** der Zeiger **61** befestigt ist, stets in Verbindung mit der Abtastvorrichtung **33** gehalten.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt: Verschiebt sich die Abtastvorrichtung **33**, so werden über den Winkelhebel **71**, **72** die Stange **73**, das Mikrometer **62'** und der Zeiger **61** entsprechend verschoben. Der Zeiger **61** ändert dabei seinen Abstand vom Zeiger **60**. Mit der Mikrometerschraube **62** wird jetzt die Marke **61** gegenüber der Marke **60** erneut verschoben, und zwar so lange, bis die beiden Marken im stereoskopischen Modell zur Deckung kommen. Der an der Mikrometerschraube **62** abgelesene Wert ist der fehlerfreie Parallaxenwert.

Patentansprüche:

1. Gerät für die stereoskopische Auswertung angenähert nadirwärts aufgenommener Luftbilder mittels Horizontalparallaxenmessung, bei dem die Luftbilder als strenge Nadiraufnahmen behandelt werden und die Deformation der Bezugsfläche in Abhängigkeit von der Einstellung der stereoskopischen Meßmarke auf einen Punkt (x, y) des stereoskopischen Bildes durch eine die Parallaxeneinstellung beeinflussende Korrekturvorrichtung selbsttätig ausgeglichen wird, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Korrekturvorrichtung aus einer Kette von Produktbildnern besteht, welche die Korrekturwerte für jeden Bildpunkt auf analytischem Wege aus seinen Koordinatenwerten (x, y) entsprechend einer hyperbolischen Näherungsgleichung für die Bezugsfläche ermittelt.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturvorrichtung aus drei mechanischen Produktbildnern besteht, von denen die ersten beiden (**14**, **10**, **18** und **15**, **11**, **19**) Produkte von die hyperbolische Näherungsfläche charakterisierenden vier Einstellgrößen mit einem der unabhängig veränderlichen Koordinatenwerte x oder y bilden und die Ergebnisse in den dritten Produktbildner (**26**, **33**) als Eingangsgröße geben, daß der dritte Produktbildner diese Ergebnisse mit dem anderen unabhängig veränderlichen Koordinatenwert y oder x multipliziert und daß dieses Produkt mit dem Produkt eines der ersten beiden Produktbildner zu der Korrektur (z) vereinigt wird.

3. Gerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der ersten beiden Produktbildner zur Einstellung der Konstanten (m, n, $\operatorname{tg} u_1$ und $\operatorname{tg} u_2$) eine drehbare und verschiebbare gerade Führungsschiene (**14** bzw. **15**) aufweist, daß für die Einstellung des einen unabhängig veränderlichen Wertes (y) in diesen Produktbildnern ein verschiebbarer Schlitten (**1**) vorgesehen ist, welcher Abtastvorrichtungen (**8**, **10**, **18** und **9**, **11**, **19**) aufweist, die die Entfernungsdifferenz zweier den eingestellten Wert auf den Führungsschienen (**14**, **15**) entsprechender Punkte von einer in der Bewegungsrichtung des Schlittens (**1**) angenommenen Geraden

009 633/165

abgreifen und diese Werte in den dritten Produktbildner geben, indem sie dort die Neigung und Querverschiebung eines auf dem Schlitten (**1**) angeordneten Lineals (**26**) bestimmen, und daß für die Einstellung des andern unabhängig veränderlichen Wertes (x) im dritten Produktbildner eine verschiebbare Abtastvorrichtung (**30, 33**) vorgesehen ist, die einen diesem Wert entsprechenden Punkt auf dem Lineal (**26**) abgreift und durch ihren Ausschlag den z-Wert angibt.

4. Gerät nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch einen Wagen (**30**), welcher eine Vorrichtung zur Einstellung des Abstandes von zwei Parallaxenmarken (**60, 61**) sowie die Abtastvorrichtung (**33**) trägt.

5. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtungen (**8, 10, 18** und **9, 11, 19**) für die Abtastung der Entfernungsdifferenz der Führungsschienen (**14, 15**) von der in der Bewegungsrichtung des Schlittens (**1**) angenommenen Geraden als auf dem Schlitten (**1**) angeordnete drehbare Winkelhebel (**10, 18** und **11, 19**) enthalten, von denen jeweils ein Arm (**10, 11**) bei Verschiebung des Schlittens (**1**) durch eine in festem Abstand vom Drehpunkt (**12, 13**) des Winkelhebels auf dem Schlitten (**1**) gelagerte, senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schlittens (**1**) verschiebbare und mit einem Ende auf der Führungsschiene gleitende Stange (**8, 9**) gedreht wird, während der andere Arm (**18, 19**) jedes Winkelhebels über eine in festem Abstand vom Drehpunkt (**12, 13**) des Winkelhebels in der Bewegungsrichtung des Schlittens verschiebbare Stange (**22, 23**) ein Ende des Lineals (**26**) verschiebt.

6. Gerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß nur eine Führungsschiene (**15**) und eine auf dieser gleitende Abtastvorrichtung (**9, 11, 19**) vorgesehen und das Lineal (**26**) um einen festen Punkt (z. B. **24**) auf dem Schlitten (**1**) drehbar ist.

7. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der y-Wert auf einer festen Skala durch

einen am Schlitten (**1**) befestigten Zeiger (**3**) und der x-Wert auf einer auf dem Schlitten (**1**) angebrachten Skala durch einen Zeiger (**31**) eingestellt wird, der an dem die z-Skala und die Abtastvorrichtung (**33**) für den z-Wert tragenden Wagen (**30**) befestigt ist.

8. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastvorrichtungen der ersten beiden Produktbildner aus zwei in senkrechter Richtung zur Bewegungsrichtung des Schlittens (**1**) auf diesem verschiebbaren Stangen (**8, 9**) bestehen, deren eine Enden auf den Führungsschienen (**14, 15**) gleiten und deren andere Enden das Lineal (**26**) des dritten Produktbildners verschieben (Fig. 5).

9. Gerät nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch eine Getriebeverbindung, die eine gleichgroße und gleichgerichtete Verschiebung der Abtastvorrichtung (**33**) am Lineal (**26**) und der Abtastvorrichtungen (**8, 9**) an den Führungsschienen (**14, 15**) bewirkt.

10. Gerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der für die Parallaxenmessung dienenden Marken (**61**) mit der Abtastvorrichtung (**33**) für den z-Wert derart gekuppelt ist, daß sie bei Verschiebung dieser Abtastvorrichtung ihren Abstand von der anderen Marke (**60**) ändert.

11. Gerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Kupplung zwischen der Abtastvorrichtung (**33**) für den z-Wert und der für die Parallaxenmessung dienenden verschiebbaren Marke (**61**) ein auf dem die Abtastvorrichtung (**33**) tragenden Wagen (**30**) drehbar angeordneter Winkelhebel (**71, 72**) vorgesehen ist, dessen einer Hebelarm (**71**) durch die Abtastvorrichtung (**33**) betätigt wird und dessen anderer Arm (**72**) die Verschiebung der Marke (**61**) bewirkt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
USA.-Patentschrift Nr. 2 448 484.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 009 509/113 5.60
(009 633/165 10.60)

AUSGABETAG: 3. NOVEMBER 1960

DBP 1081678
KL. 42c 10/02
INTERNAT. KL. G 01c

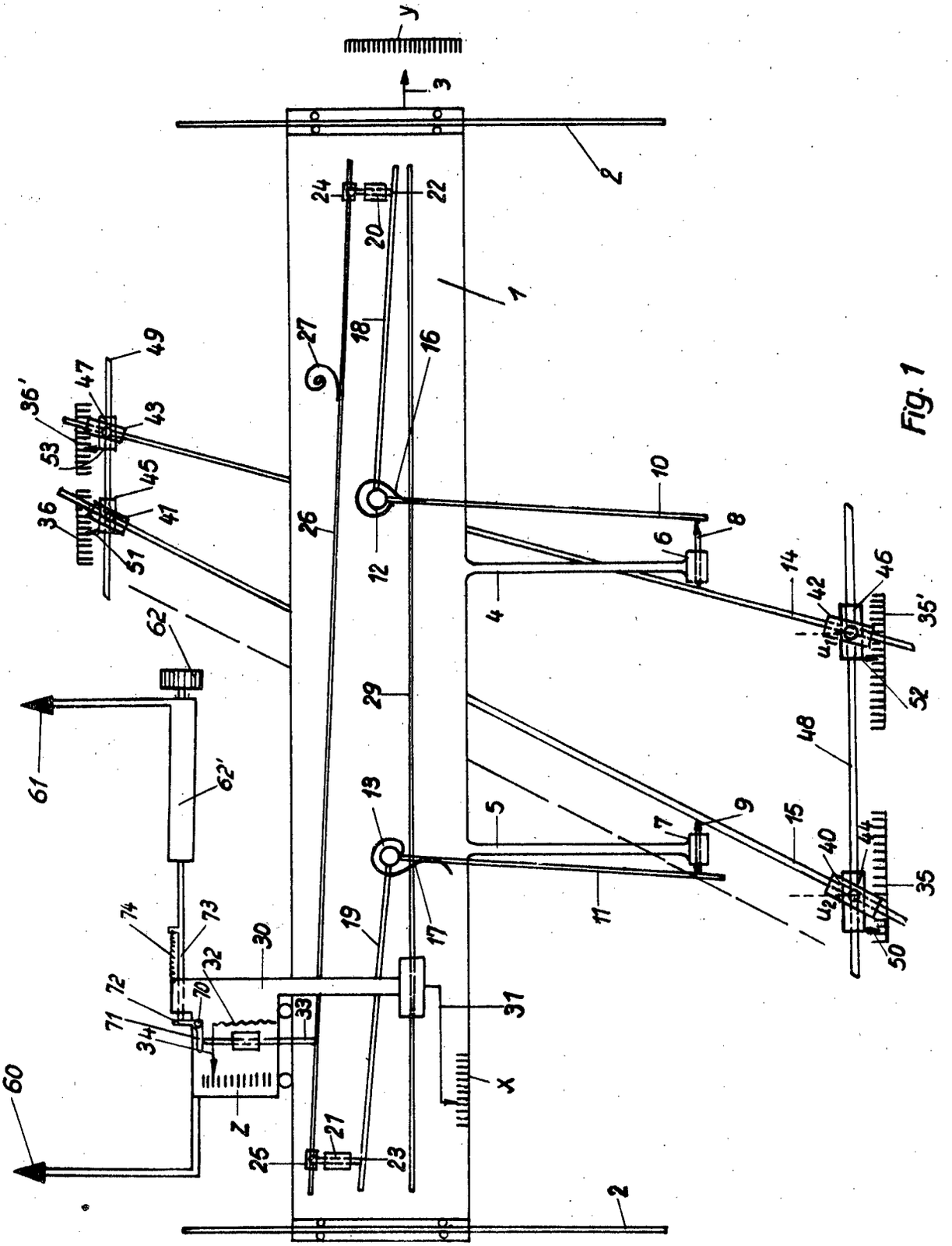


Fig. 1

AUSGABETAG: 3. NOVEMBER 1960

DBP 1081678
KL. 42c 10/02
INTERNAT. KL. G 01c

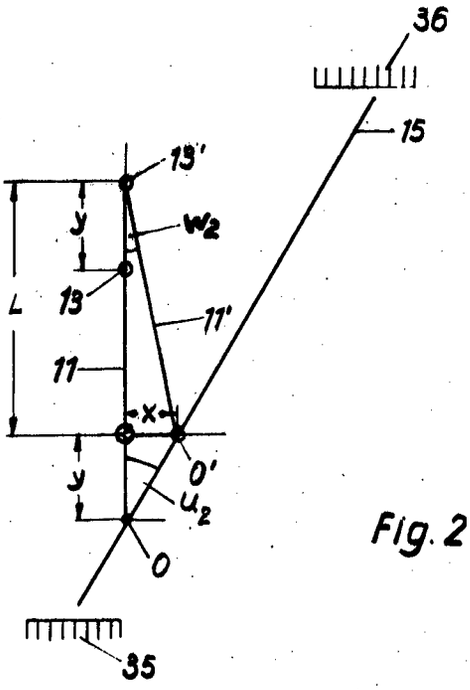


Fig. 2

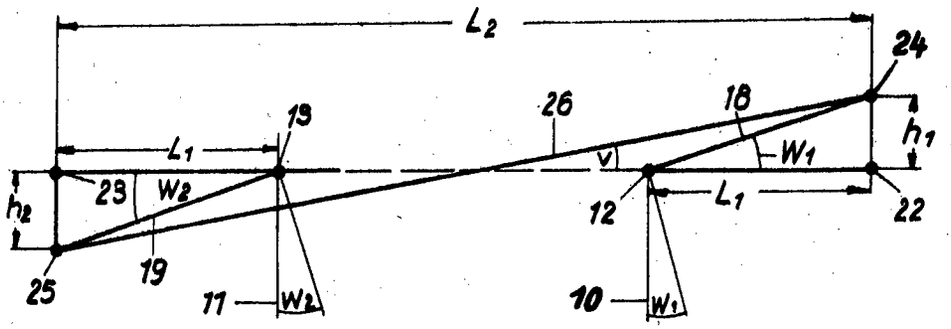


Fig. 3

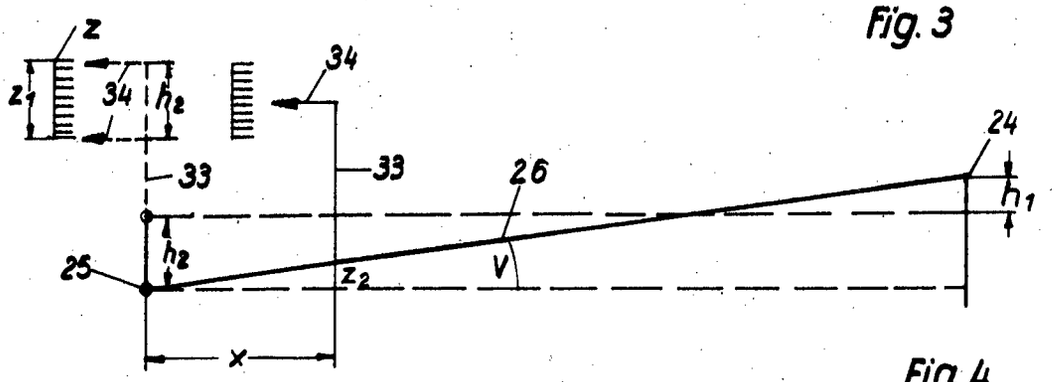


Fig. 4

AUSGABETAG: 3. NOVEMBER 1960

DBP 1081678
KL. 42c 10/02
INTERNAT. KL. G 01c

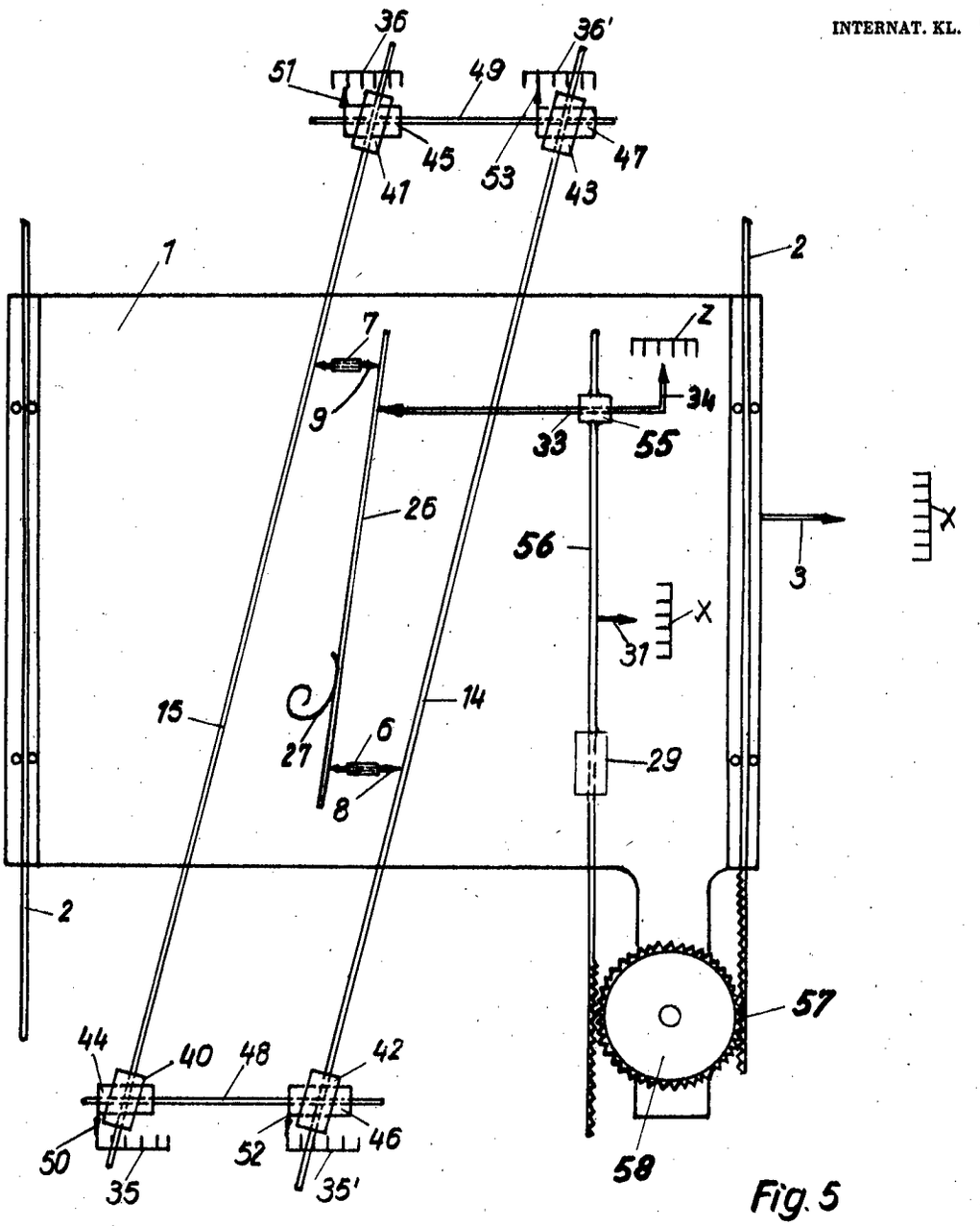


Fig. 5

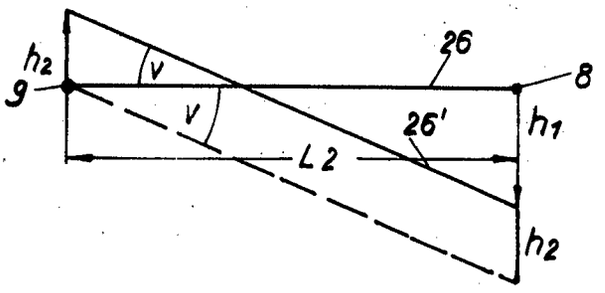


Fig. 6

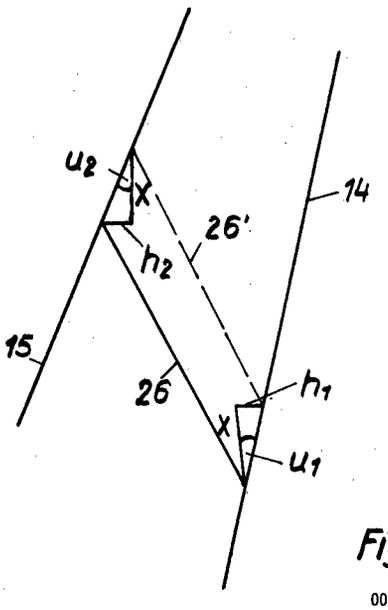


Fig. 7

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND KL. 57a 31
INTERNAT. KL. G 03b
DEUTSCHES PATENTAMT

AUSLEGESCHRIFT 1 090 953

Z 4419 IX/57a

ANMELDETAG: 13. SEPTEMBER 1954

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 13. OKTOBER 1960

Kamera, insbesondere Luftbildkamera

Anmelder:

Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz

Heinrich Sonnberger, Heidenheim/Brenz, ist als Erfinder genannt worden

Die Erfindung betrifft eine Kamera, insbesondere Luftbildkamera, und schlägt vor, daß diese Kamera einen Verschluß aufweist, welcher zur Erzielung einer Vorbelichtung schon vor der eigentlichen Aufnahme Licht auf die lichtempfindliche Schicht fallen läßt. Durch diese Ausbildung wird erreicht, daß gegenüber den bekannten Verschlüssen eine wesentlich kürzere Belichtungszeit gewählt werden kann. Das ist vor allem bei Luftbildkameras oder für Aufnahmen bewegter Objekte dann vorteilhaft, wenn die Wahl der besonders kurzen Belichtungszeit notwendig ist und auf andere Weise eine Vergrößerung der auf den Film auftreffenden Lichtmenge, etwa durch Einstellen einer größeren Blende, nicht möglich ist.

Diese Wirkung beruht darauf, daß bei der Belichtung einer lichtempfindlichen Schicht zunächst eine bestimmte Lichtmenge erforderlich ist, um die sogenannte Belichtungsschwelle zu erreichen. Erst nachdem diese Schwelle überschritten ist, findet durch weiteren Lichtauffall die eigentliche Belichtung statt. Die auf den Film fallende Lichtmenge wird bei den bekannten Verschlüssen in der ersten Belichtungsphase zur Erreichung der Belichtungsschwelle benötigt und führt erst in der zweiten Belichtungsphase zur Erzeugung einer entwickelbaren Schwärzung. Das bedeutet, daß in Wirklichkeit für die eigentliche Belichtung eine kürzere Belichtungszeit wirksam ist als die am Verschluß eingestellte Belichtungszeit. Führt man dem Film jedoch bereits vor der eigentlichen Belichtung eine geringe Lichtmenge zu, durch welche die lichtempfindliche Emulsion zwar angeregt wird, die jedoch zur Erreichung der Belichtungsschwelle noch nicht ausreicht, so kann zur Erreichung der eingangs genannten Vorteile die bildgebende Belichtungszeit merklich verkürzt werden.

Weist die Kamera einen Verschluß auf, bei dem zur Bestimmung der Belichtungszeit synchron umlaufende, auf einen Teil ihres Umfanges ausgesparte Verschlußscheiben vorgesehen sind und bei dem der Zeitpunkt der Belichtung durch eine schwenkbare, nach Belieben die optische Achse freigebende Scheibe bestimmt wird, dann lassen vorteilhafterweise die synchron umlaufenden Verschlußscheiben in ihrer Schließstellung eine Öffnung in der optischen Achse frei. Bei der Aufnahme gibt dann die den Belichtungszeitpunkt bestimmende Scheibe bereits diese Öffnung frei, ehe sich die die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben in die Öffnungsstellung drehen, so daß die gewünschte Vorbelichtung erzielt wird.

Man war bisher bemüht, eine Vorbelichtung gerade zu vermeiden. Deshalb waren bei den bekannten Verschlüssen die Verschlußscheiben so angeordnet, daß sie sich in der optischen Achse überdeckten. Bei diesen Verschlüssen mußte deshalb jede der Verschlußscheiben in einer besonderen Ebene laufen. Diese Anordnung hatte den Nachteil, daß, da der Platz zwischen den Linsen des Objektivs begrenzt ist, die einzelnen Scheiben sehr nahe hintereinander liegen mußten. Dadurch konnten wiederum die Scheiben nicht sehr schnell laufen, denn schon die geringste Abweichung einer Scheibe aus ihrer Laufebene bewirkte, daß sie auf eine andere Scheibe traf, diese beschädigte und so der Verschluß zerstört wurde.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind deshalb die Verschlußscheiben in nur zwei Ebenen angeordnet. Diese Anordnung ist möglich, weil sich die Verschlußscheiben in der optischen Achse nicht mehr überdecken müssen, sondern dort sogar eine Öffnung frei lassen sollen.

Durch diese Anordnung der Verschußscheiben in zwei Ebenen wird Platz gewonnen, und die Scheiben brauchen nicht mehr so nahe hintereinanderzuliegen wie früher. Auf diese Weise ist es auch möglich, die Scheiben mit sehr großer Geschwindigkeit umlaufen zu lassen, so daß der Vorteil der sehr kurzen Belichtungszeit voll ausgenutzt werden kann.

Um von den aufeinanderfolgenden Öffnungsstellungen der die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben eine bestimmte Folge auszuwählen, ist es wie bei den bekannten Verschlüssen zweckmäßig, eine weitere, langsamer laufende Verschlußscheibe vorzusehen. Nur wenn auch diese Scheibe den Lichtweg freigibt, kann die Belichtung erfolgen. Die Auswahl der Belichtungsfolge entsprechend der zeitlichen Aufeinanderfolge der Aufnahmen erfolgt zweckmäßig, wie auch bei den bekannten Geräten, in Verbindung mit einem Überdeckungsregler, indem dieser zum gewünschten Zeitpunkt die genannte weitere Scheibe mit ihrer Öffnung in die optische Achse des Objektivs schwenkt. Wegen der vorgesehenen großen Umlauf-

geschwindigkeit der Verschlußscheiben wird das Einschwenken der Scheibe mit Vorteil durch ein Steuerorgan geregelt, wobei das Steuerorgan in weiterer Ausgestaltung der Erfindung aus einer Speichervorrichtung für den Auslöseimpuls zum Einschwenken der Scheibe in den Lichtweg, welcher beispielsweise von dem Überdeckungsregler gegeben wird, und einer Synchronisiervorrichtung besteht, welche die weitere Scheibe nur dann in die Belichtungsstellung schwenken läßt, wenn sich auch die Verschlußscheiben in dieser Stellung befinden. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung besteht das Steuerorgan vorteilhaft aus einer synchron mit der die Teilfolge der Belichtungsstellungen auswählenden weiteren Verschlußscheibe umlaufenden Nockenscheibe, welche über einen Hebel die in den Lichtweg schwenkbare Scheibe betätigt, wobei der Hebel mit einer Sperrvorrichtung verbunden ist, welche ihn nur dann freigibt, wenn die Nockenscheibe eine bestimmte Stellung einnimmt und außerdem ein Auslöseimpuls auf die Sperrvorrichtung wirkt.

Weitere Einzelheiten der Erfindung sind aus der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnung ersichtlich.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 die Anordnung der Verschlußscheiben in Seitenansicht,

Fig. 2 die Anordnung der Verschlußscheiben in Draufsicht,

Fig. 3 den Schaltmechanismus des Verschlusses.

In Fig. 1 ist die Anordnung der Verschlußscheiben dargestellt. Die Scheiben **1** und **2** liegen in einer Ebene und die Scheibe **3** sowie eine weitere in der Fig. 1 nicht dargestellte Scheibe **4** in einer benachbarten Ebene. Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, lassen die in einer Ebene gestrichelt angedeuteten Verschlußscheiben **1, 2, 3** und **4** in der optischen Achse eine Öffnung **9** frei, wenn der Verschluß geschlossen ist. Mit den Verschlußscheiben **1** bis **4** ist über eine nicht gezeichnete Untersetzung eine weitere Verschlußscheibe **5** verbunden. Da die Scheibe **5** langsamer als die Scheiben **1** bis **4** läuft, wählt sie eine Teilfolge aus den aufeinanderfolgenden Belichtungsstellungen der Scheiben **1** bis **4** aus. Aus dieser Teilfolge werden nach Wahl die für die Reihenaufnahmen notwendigen Belichtungen durch Einschwenken einer um eine Welle **8** drehbaren Scheibe **6** mit einer Öffnung **7** in die optische Achse ausgewählt. Die Scheibe **6** ist zu diesem Zweck mit einem Überdeckungsregler verbunden. Da die Scheiben **1** bis **4** die größte Geschwindigkeit haben, bestimmen sie die eigentliche Belichtungszeit. Damit auch bei sehr kurzen Belichtungszeiten, d. h. großen Drehgeschwindigkeiten der Scheiben **1** bis **4**, die Scheibe **6** genau dann in die optische Achse schwenkt, wenn die Scheiben **1** bis **4** und auch die Scheibe **5** den Lichtweg freigeben, ist ein besonderes Steuerorgan vorgesehen. Das Loch **9** bewirkt eine Vorbelichtung des Filmes, weil durch dieses Loch bereits dann Licht auf den Film fällt, wenn beim Einschwenken der Scheibe **6** in die Belichtungsstellung der Rand des Loches **7** die optische Achse erreicht.

Das Steuerorgan für das Einschwenken der Scheibe **6** ist in Fig. 3 dargestellt.

Der Auslöseimpuls wird von einem nicht gezeichneten Überdeckungsregler einem Elektromagneten **10** mitgeteilt, indem ein Stromkreis geschlossen wird. Fließt Strom, so zieht der Magnet **10** einen um einen Zapfen **11** drehbaren Hebel **12** an. Der Hebel **12** zieht mit einer Nase **13** einen um einen Zapfen **14** drehbaren Hebel **15** nach unten. Die Hebel **12** und **15** stehen unter dem Zug von Federn **16** und **17**, damit sie, nachdem der Stromkreis unterbrochen ist und der Magnet **10** den Hebel **12** freigibt, wieder in ihre Ausgangslage gezogen werden. Der Hebel **15** liegt mit einer Nase hinter einem um einen Zapfen **18** drehbaren Hebel **19**. Wird der Hebel **15** nach unten gezogen, so gibt die Nase des Hebels **15** den Hebel **19** frei, und eine Feder **20** versucht, den Hebel in Richtung des Pfeiles *A* zu schwenken. Der andere Arm des Hebels **19** trägt angelenkt einen Arm **21**, welcher durch die Feder **20** in Richtung des Pfeiles *B* gedrückt wird. Der Arm **21** liegt an einem um einen Zapfen **22** drehbaren Hebel **23** an. Um den Zapfen **22** ist ein weiterer Hebel **24** drehbar, welcher eine Rolle **25** trägt, mit der er an einer Nockenscheibe **26** anliegt. Die Nockenscheibe **26** läuft synchron mit der Verschlußscheibe **5**, so daß entsprechend der Drehung der Verschlußscheibe **5** der Hebel **24** hin- und herbewegt wird. Eine Feder **27** bewirkt das Anliegen der Rolle **25** an der Nockenscheibe **26**, und eine Feder **28** zieht den Hebel **23** in eine solche Lage, daß sich sein anderer Arm **29** vor einen Hebel **30** legt. Der Hebel **30** ist um einen Zapfen **31** drehbar und trägt eine Rolle **32**, welche sich, sofern der Arm **29** den Hebel **30** freigibt, an die Nokkenscheibe **26** legt, so daß auch der Hebel **30** der Bewegung der Nockenscheibe folgt. Der Hebel **30** steht unter dem Zug einer Feder **33**, um das sichere Anliegen der Rolle **32** an die Nockenscheibe **26** zu gewährleisten. Der Hebel **30** ist über eine Verbindungsstange **34** mit einem Hebel **35** verbunden, welcher über die Welle **8** die Scheibe **6** schwenkt. Die Verbindungsstange **34** weist an ihrem Ende einen Stift **36** auf, welcher, wenn die Verbindungsstange **34** in Richtung des Pfeiles *C* gezogen wird, den Hebel **19** in seine Ausgangsstellung zurückdrückt.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt:

Durch den Auslöseimpuls des Überdeckungsreglers wird über die Hebel **12** und **15** der Hebel **19** freigegeben. Befindet sich der Hebel **24** in der in Fig. 3 gezeichneten Lage, dann kann der Arm **21** des Hebels **19** zwischen die Aussparungen der Hebel **23** und **24** gleiten, so daß beide Hebel kraftschlüssig wie folgt miteinander verbunden sind. Der Hebel **24** folgt mit hin- und hergehenden Bewegungen ständig der umlaufenden Nockenscheibe **26**. Sobald, wie eben beschrieben, das Ende des Armes **21** zwischen die Hebel **23** und **24** eingeschoben ist, wird beim Weiterdrehen der Nockenscheibe **26** die Schwenkbewegung von Hebel **24** auf Hebel **23** übertragen, der sich in Richtung des Pfeiles *D* dreht. Dabei gibt der Arm **29** den Hebel **30** frei, und dieser wird durch die Feder **33** entsprechend dem Ablauf der Rolle **32** auf der Nockenscheibe **26** gedreht, wodurch die Scheibe **6** über die Verbindungsstange **34** und den Hebel **35** in die optische Achse geschwenkt wird, und zwar befindet sich die Öffnung **7** in dem Augenblick in der optischen Achse, in dem die Rolle **32** vom Drehzentrum der Nockenscheibe **26** den geringsten Abstand hat. Diese Stellung der Nockenscheibe **26** entspricht einer Stellung der Verschlußscheibe **5**, in der der Lichtweg freigegeben ist.

Wird durch den Überdeckungsregler der Auslöseimpuls in einem Augenblick gegeben, wo der Hebel **24** vor der Verlängerung **21** liegt, so kann diese nicht zwischen die Hebel **23** und **24** gleiten, sondern sie bleibt an der Stirnfläche des Hebels **24** liegen. Erst wenn der Hebel **24** durch die Nockenscheibe **26** in die gezeichnete Lage gedreht ist, fällt die Verlängerung **21** unter dem Zug der Feder **20** zwischen die Hebel **23** und **24**, wonach in der beschriebenen Weise der Hebel **30** freigegeben wird.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Kamera, insbesondere Luftbildkamera, **gekennzeichnet durch** einen Verschluß, welcher zur Erzielung einer Vorbelichtung schon vor der eigentlichen Aufnahme Licht auf die photographische Aufnahmeschicht fallen läßt.

2. Luftbildkamera nach Anspruch 1, bei der zur Bestimmung der Belichtungszeit synchron umlaufende, auf einem Teil ihres Umfanges ausgesparte Verschlußscheiben vorgesehen sind und bei der der Zeitpunkt der Belichtung durch eine schwenkbare, nach Belieben die optische Achse freigebende Scheibe bestimmbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die synchron umlaufenden Verschlußscheiben (**1**, **2**, **3**, **4**) in ihrer Schließstellung eine Öffnung (**9**) in der optischen Achse frei lassen.

3. Luftbildkamera nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben (**1**, **2**, **3**, **4**) in zwei Ebenen angeordnet sind.

4. Luftbildkamera nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Ebene zwei von den die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben (**1**, **2** und **3**, **4**) vorgesehen sind.

5. Luftbildkamera nach Anspruch 2, bei der zur Auswahl einer Teilfolge der Belichtungsstellungen der die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben eine weitere Verschlußscheibe vorgesehen ist und das Einschwenken der den Zeitpunkt der Belichtung bestimmenden Verschlußscheibe in den Lichtweg durch ein Steuerorgan erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerorgan aus einer synchron mit der die Teilfolge der Belichtungsstellungen auswählenden weiteren Verschlußscheibe (**5**) umlaufenden Nockenscheibe (**26**) besteht, welche über einen Hebel (**30**) die in den Lichtweg schwenkbare Scheibe (**6**) betätigt, und daß der Hebel (**30**) mit einer Sperrvorrichtung (**29**) verbunden ist, welche ihn nur dann freigibt, wenn die Nockenscheibe (**26**) eine bestimmte Stellung einnimmt und außerdem ein Auslöseimpuls auf die Sperrvorrichtung wirkt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 393 513, 546 710;
französische Patentschriften Nr. 890 035, 866 758, 625 195;
USA.-Patentschriften Nr. 2 391 377, 2 350 355.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

009 627/140 10. 60

AUSGABETAG: 13. OKTOBER 1960

DAS 1090953
KL. **57a 31**
INTERNAT. KL. **G 03b**

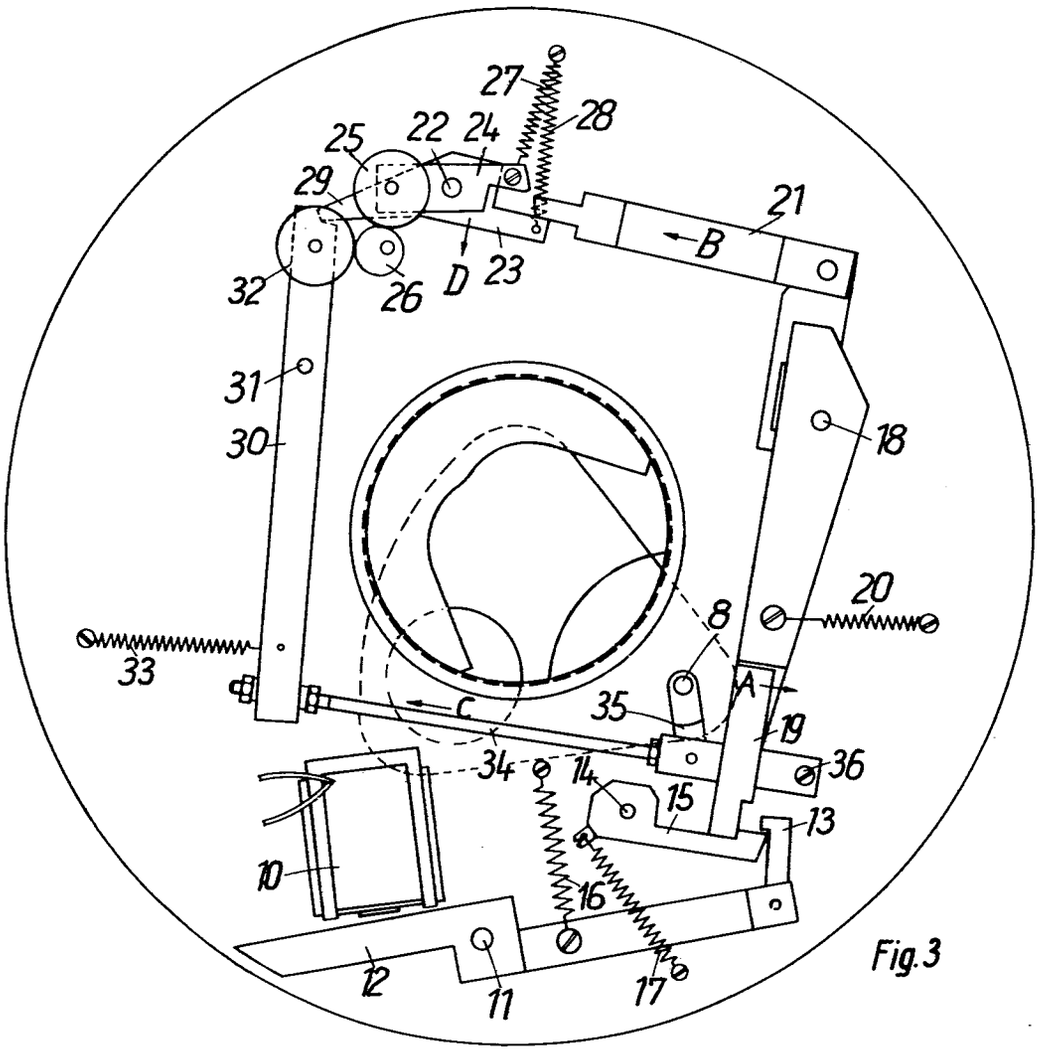


Fig. 3

AUSGABETAG: 13. OKTOBER 1960

DAS 1 090 953
KL. 57a 31
INTERNAT. KL. G 03b

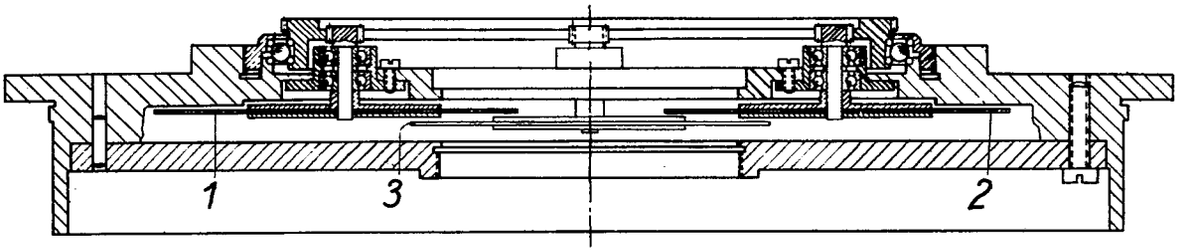


Fig. 1

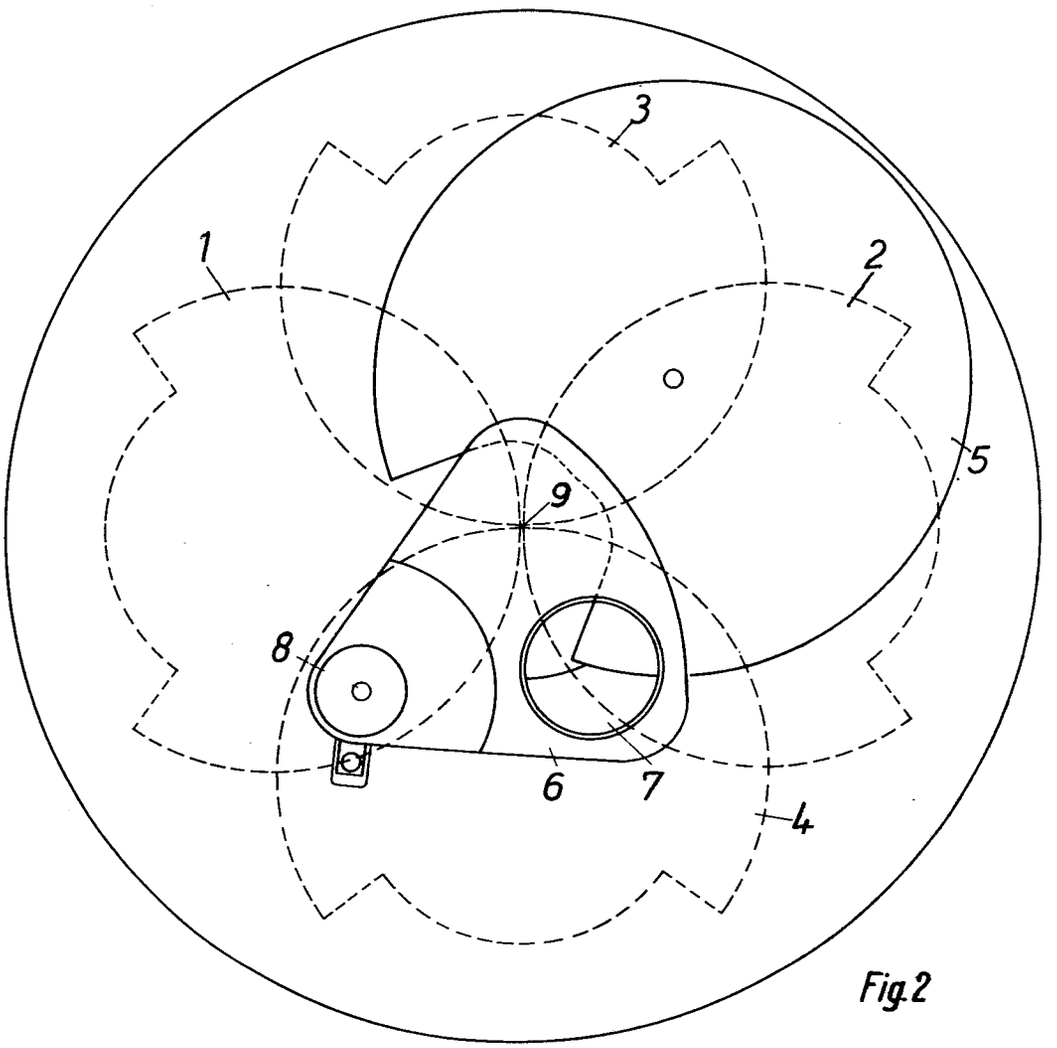


Fig. 2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1 090 953

DBP 1 090 953
KL. 57 a 31
INTERNAT. KL. G 03 b

ANMELDETAG: 13. SEPTEMBER 1954

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 13. OKTOBER 1960

AUSGABE DER PATENTSCHRIFT: 30. MÄRZ 1961

STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT 1 090 953 (Z 4419 IX / 57 a)

Kamera, insbesondere Luftbildkamera

Patentiert für:

Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz

Heinrich Sonnberger, Heidenheim/Brenz, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft eine Kamera, insbesondere Luftbildkamera, und schlägt vor, daß diese Kamera einen Verschluß aufweist, welcher zur Erzielung einer Vorbelichtung schon vor der eigentlichen Aufnahme Licht auf die lichtempfindliche Schicht fallen läßt. Durch diese Ausbildung wird erreicht, daß gegenüber den bekannten Verschlüssen eine wesentlich kürzere Belichtungszeit gewählt werden kann. Das ist vor allem bei Luftbildkameras oder für Aufnahmen bewegter Objekte dann vorteilhaft, wenn die Wahl der besonders kurzen Belichtungszeit notwendig ist und auf andere Weise eine Vergrößerung der auf den Film auftreffenden Lichtmenge, etwa durch Einstellen einer größeren Blende, nicht möglich ist.

Diese Wirkung beruht darauf, daß bei der Belichtung einer lichtempfindlichen Schicht zunächst eine bestimmte Lichtmenge erforderlich ist, um die sogenannte Belichtungsschwelle zu erreichen. Erst nachdem diese Schwelle überschritten ist, findet durch weiteren Lichtauffall die eigentliche Belichtung statt. Die auf den Film fallende Lichtmenge wird bei den bekannten Verschlüssen in der ersten Belichtungsphase zur Erreichung der Belichtungsschwelle benötigt und führt erst in der zweiten Belichtungsphase zur Erzeugung einer entwickelbaren Schwärzung. Das bedeutet, daß in Wirklichkeit für die eigentliche Belichtung eine kürzere Belichtungszeit wirksam ist als die am Verschluß eingestellte Belichtungszeit. Führt man dem Film jedoch bereits vor der eigentlichen Belichtung eine geringe Lichtmenge zu, durch welche die lichtempfindliche Emulsion zwar angeregt wird, die jedoch zur Erreichung der Belichtungsschwelle noch nicht ausreicht, so kann zur Erreichung der eingangs genannten Vorteile die bildgebende Belichtungszeit merklich verkürzt werden.

Weist die Kamera einen Verschluß auf, bei dem zur Bestimmung der Belichtungszeit synchron umlaufende, auf einen Teil ihres Umfanges ausgesparte Verschlußscheiben vorgesehen sind und bei dem der Zeitpunkt der Belichtung durch eine schwenkbare, nach Belieben die optische Achse freigebende Scheibe bestimmt wird, dann lassen vorteilhafterweise die synchron umlaufenden Verschlußscheiben in ihrer Schließstellung eine Öffnung in der optischen Achse frei. Bei der Aufnahme gibt dann die den Belichtungszeitpunkt bestimmende Scheibe bereits diese Öffnung frei, ehe sich die die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben in die Öffnungsstellung drehen, so daß die gewünschte Vorbelichtung erzielt wird.

Man war bisher bemüht, eine Vorbelichtung gerade zu vermeiden. Deshalb waren bei den bekannten Verschlüssen die Verschlußscheiben so angeordnet, daß sie sich in der optischen Achse überdeckten. Bei diesen Verschlüssen mußte deshalb jede der Verschlußscheiben in einer besonderen Ebene laufen. Diese Anordnung hatte den Nachteil, daß, da der Platz zwischen den Linsen des Objektivs begrenzt ist, die einzelnen Scheiben sehr nahe hintereinander liegen mußten. Dadurch konnten wiederum die Scheiben nicht sehr schnell laufen, denn schon die geringste Abweichung einer Scheibe aus ihrer Laufebene bewirkte, daß sie auf eine andere Scheibe traf, diese beschädigte und so der Verschluß zerstört wurde.

2

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind deshalb die Verschlußscheiben in nur zwei Ebenen angeordnet. Diese Anordnung ist möglich, weil sich die Verschlußscheiben in der optischen Achse nicht mehr überdecken müssen, sondern dort sogar eine Öffnung frei lassen sollen.

Durch diese Anordnung der Verschußscheiben in zwei Ebenen wird Platz gewonnen, und die Scheiben brauchen nicht mehr so nahe hintereinanderzuliegen wie früher. Auf diese Weise ist es auch möglich, die Scheiben mit sehr großer Geschwindigkeit umlaufen zu lassen, so daß der Vorteil der sehr kurzen Belichtungszeit voll ausgenutzt werden kann.

Um von den aufeinanderfolgenden Öffnungsstellungen der die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben eine bestimmte Folge auszuwählen, ist es wie bei den bekannten Verschlüssen zweckmäßig, eine weitere, langsamer laufende Verschlußscheibe vorzusehen. Nur wenn auch diese Scheibe den Lichtweg freigibt, kann die Belichtung erfolgen. Die Auswahl der Belichtungsfolge entsprechend der zeitlichen Aufeinanderfolge der Aufnahmen erfolgt zweckmäßig, wie auch bei den bekannten Geräten, in Verbindung mit einem Überdeckungsregler, indem dieser zum gewünschten Zeitpunkt die genannte weitere Scheibe mit ihrer Öffnung in die optische Achse des Objektivs schwenkt. Wegen der vorgesehenen großen Umlauf-

geschwindigkeit der Verschlußscheiben wird das Einschwenken der Scheibe mit Vorteil durch ein Steuerorgan geregelt, wobei das Steuerorgan in weiterer Ausgestaltung der Erfindung aus einer Speichervorrichtung für den Auslöseimpuls zum Einschwenken der Scheibe in den Lichtweg, welcher beispielsweise von dem Überdeckungsregler gegeben wird, und einer Synchronisiervorrichtung besteht, welche die weitere Scheibe nur dann in die Belichtungsstellung schwenken läßt, wenn sich auch die Verschlußscheiben in dieser Stellung befinden. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung besteht das Steuerorgan vorteilhaft aus einer synchron mit der die Teilfolge der Belichtungsstellungen auswählenden weiteren Verschlußscheibe umlaufenden Nockenscheibe, welche über einen Hebel die in den Lichtweg schwenkbare Scheibe betätigt, wobei der Hebel mit einer Sperrvorrichtung verbunden ist, welche ihn nur dann freigibt, wenn die Nockenscheibe eine bestimmte Stellung einnimmt und außerdem ein Auslöseimpuls auf die Sperrvorrichtung wirkt.

Weitere Einzelheiten der Erfindung sind aus der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnung ersichtlich.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 die Anordnung der Verschlußscheiben in Seitenansicht,

Fig. 2 die Anordnung der Verschlußscheiben in Draufsicht,

Fig. 3 den Schaltmechanismus des Verschlusses.

In Fig. 1 ist die Anordnung der Verschlußscheiben dargestellt. Die Scheiben **1** und **2** liegen in einer Ebene und die Scheibe **3** sowie eine weitere in der Fig. 1 nicht dargestellte Scheibe **4** in einer benachbarten Ebene. Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, lassen die in einer Ebene gestrichelt angedeuteten Verschlußscheiben **1**, **2**, **3** und **4** in der optischen Achse eine Öffnung **9** frei, wenn der Verschluß geschlossen ist. Mit den Verschlußscheiben **1** bis **4** ist über eine nicht gezeichnete Untersetzung eine weitere Verschlußscheibe **5** verbunden. Da die Scheibe **5** langsamer als die Scheiben **1** bis **4** läuft, wählt sie eine Teilfolge aus den aufeinanderfolgenden Belichtungsstellungen der Scheiben **1** bis **4** aus. Aus dieser Teilfolge werden nach Wahl die für die Reihenaufnahmen notwendigen Belichtungen durch Einschwenken einer um eine Welle **8** drehbaren Scheibe **6** mit einer Öffnung **7** in die optische Achse ausgewählt. Die Scheibe **6** ist zu diesem Zweck mit einem Überdeckungsregler verbunden. Da die Scheiben **1** bis **4** die größte Geschwindigkeit haben, bestimmen sie die eigentliche Belichtungszeit. Damit auch bei sehr kurzen Belichtungszeiten, d. h. großen Drehgeschwindigkeiten der Scheiben **1** bis **4**, die Scheibe **6** genau dann in die optische Achse schwenkt, wenn die Scheiben **1** bis **4** und auch die Scheibe **5** den Lichtweg freigeben, ist ein besonderes Steuerorgan vorgesehen. Das Loch **9** bewirkt eine Vorbelichtung des Filmes, weil durch dieses Loch bereits dann Licht auf den Film fällt, wenn beim Einschwenken der Scheibe **6** in die Belichtungsstellung der Rand des Loches **7** die optische Achse erreicht.

Das Steuerorgan für das Einschwenken der Scheibe **6** ist in Fig. 3 dargestellt.

Der Auslöseimpuls wird von einem nicht gezeichneten Überdeckungsregler einem Elektromagneten **10** mitgeteilt, indem ein Stromkreis geschlossen wird. Fließt Strom, so zieht der Magnet **10** einen um einen Zapfen **11** drehbaren Hebel **12** an. Der Hebel **12** zieht mit einer Nase **13** einen um einen Zapfen **14** drehbaren Hebel **15** nach unten. Die Hebel **12** und **15**

stehen unter dem Zug von Federn **16** und **17**, damit sie, nachdem der Stromkreis unterbrochen ist und der Magnet **10** den Hebel **12** freigibt, wieder in ihre Ausgangslage gezogen werden. Der Hebel **15** liegt mit einer Nase hinter einem um einen Zapfen **18** drehbaren Hebel **19**. Wird der Hebel **15** nach unten gezogen, so gibt die Nase des Hebels **15** den Hebel **19** frei, und eine Feder **20** versucht, den Hebel in Richtung des Pfeiles *A* zu schwenken. Der andere Arm des Hebels **19** trägt angelenkt einen Arm **21**, welcher durch die Feder **20** in Richtung des Pfeiles *B* gedrückt wird. Der Arm **21** liegt an einem um einen Zapfen **22** drehbaren Hebel **23** an. Um den Zapfen **22** ist ein weiterer Hebel **24** drehbar, welcher eine Rolle **25** trägt, mit der er an einer Nockenscheibe **26** anliegt. Die Nockenscheibe **26** läuft synchron mit der Verschlußscheibe **5**, so daß entsprechend der Drehung der Verschlußscheibe **5** der Hebel **24** hin- und herbewegt wird. Eine Feder **27** bewirkt das Anliegen der Rolle **25** an der Nockenscheibe **26**, und eine Feder **28** zieht den Hebel **23** in eine solche Lage, daß sich sein anderer Arm **29** vor einen Hebel **30** legt. Der Hebel **30** ist um einen Zapfen **31** drehbar und trägt eine Rolle **32**, welche sich, sofern der Arm **29** den Hebel **30** freigibt, an die Nokkenscheibe **26** legt, so daß auch der Hebel **30** der Bewegung der Nockenscheibe folgt. Der Hebel **30** steht unter dem Zug einer Feder **33**, um das sichere Anliegen der Rolle **32** an die Nockenscheibe **26** zu gewährleisten. Der Hebel **30** ist über eine Verbindungsstange **34** mit einem Hebel **35** verbunden, welcher über die Welle **8** die Scheibe **6** schwenkt. Die Verbindungsstange **34** weist an ihrem Ende einen Stift **36** auf, welcher, wenn die Verbindungsstange **34** in Richtung des Pfeiles *C* gezogen wird, den Hebel **19** in seine Ausgangsstellung zurückdrückt.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt:

Durch den Auslöseimpuls des Überdeckungsreglers wird über die Hebel **12** und **15** der Hebel **19** freigegeben. Befindet sich der Hebel **24** in der in Fig. 3 gezeichneten Lage, dann kann der Arm **21** des Hebels **19** zwischen die Aussparungen der Hebel **23** und **24** gleiten, so daß beide Hebel kraftschlüssig wie folgt miteinander verbunden sind. Der Hebel **24** folgt mit hin- und hergehenden Bewegungen ständig der umlaufenden Nockenscheibe **26**. Sobald, wie eben beschrieben, das Ende des Armes **21** zwischen die Hebel **23** und **24** eingeschoben ist, wird beim Weiterdrehen der Nockenscheibe **26** die Schwenkbewegung von Hebel **24** auf Hebel **23** übertragen, der sich in Richtung des Pfeiles *D* dreht. Dabei gibt der Arm **29** den Hebel **30** frei, und dieser wird durch die Feder **33** entsprechend dem Ablauf der Rolle **32** auf der Nockenscheibe **26** gedreht, wodurch die Scheibe **6** über die Verbindungsstange **34** und den Hebel **35** in die optische Achse geschwenkt wird, und zwar befindet sich die Öffnung **7** in dem Augenblick in der optischen Achse, in dem die Rolle **32** vom Drehzentrum der Nockenscheibe **26** den geringsten Abstand hat. Diese Stellung der Nockenscheibe **26** entspricht einer Stellung der Verschlußscheibe **5**, in der der Lichtweg freigegeben ist.

Wird durch den Überdeckungsregler der Auslöseimpuls in einem Augenblick gegeben, wo der Hebel **24** vor der Verlängerung **21** liegt, so kann diese nicht zwischen die Hebel **23** und **24** gleiten, sondern sie bleibt an der Stirnfläche des Hebels **24** liegen. Erst wenn der Hebel **24** durch die Nockenscheibe **26** in die gezeichnete Lage gedreht ist, fällt die Verlängerung **21** unter dem Zug der Feder **20** zwischen die Hebel **23** und **24**, wonach in der beschriebenen Weise der Hebel **30** freigegeben wird.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Kamera, insbesondere Luftbildkamera, **gekennzeichnet durch** einen Verschluß, welcher zur Erzielung einer Vorbelichtung schon vor der eigentlichen Aufnahme Licht auf die photographische Aufnahmeschicht fallen läßt.

2. Luftbildkamera nach Anspruch 1, bei der zur Bestimmung der Belichtungszeit synchron umlaufende, auf einem Teil ihres Umfanges ausgesparte Verschlußscheiben vorgesehen sind und bei der der Zeitpunkt der Belichtung durch eine schwenkbare, nach Belieben die optische Achse freigebende Scheibe bestimmbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die synchron umlaufenden Verschlußscheiben (**1**, **2**, **3**, **4**) in ihrer Schließstellung eine Öffnung (**9**) in der optischen Achse frei lassen.

3. Luftbildkamera nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben (**1**, **2**, **3**, **4**) in zwei Ebenen angeordnet sind.

4. Luftbildkamera nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Ebene zwei von den die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben (**1**, **2** und **3**, **4**) vorgesehen sind.

5. Luftbildkamera nach Anspruch 2, bei der zur Auswahl einer Teilfolge der Belichtungsstellungen der die Belichtungszeit bestimmenden Verschlußscheiben eine weitere Verschlußscheibe vorgesehen ist und das Einschwenken der den Zeitpunkt der Belichtung bestimmenden Verschlußscheibe in den Lichtweg durch ein Steuerorgan erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerorgan aus einer synchron mit der die Teilfolge der Belichtungsstellungen auswählenden weiteren Verschlußscheibe (**5**) umlaufenden Nockenscheibe (**26**) besteht, welche über einen Hebel (**30**) die in den Lichtweg schwenkbare Scheibe (**6**) betätigt, und daß der Hebel (**30**) mit einer Sperrvorrichtung (**29**) verbunden ist, welche ihn nur dann freigibt, wenn die Nockenscheibe (**26**) eine bestimmte Stellung einnimmt und außerdem ein Auslöseimpuls auf die Sperrvorrichtung wirkt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 393 513, 546 710;
französische Patentschriften Nr. 890 035, 866 758, 625 195;
USA.-Patentschriften Nr. 2 391 377, 2 350 355.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

009 627/140 10. 60
(109 543/205 3. 61)

AUSGABETAG: 30. MÄRZ 1961

DBP 1090953

KL. 57a 31

INTERNAT. KL. G 03b

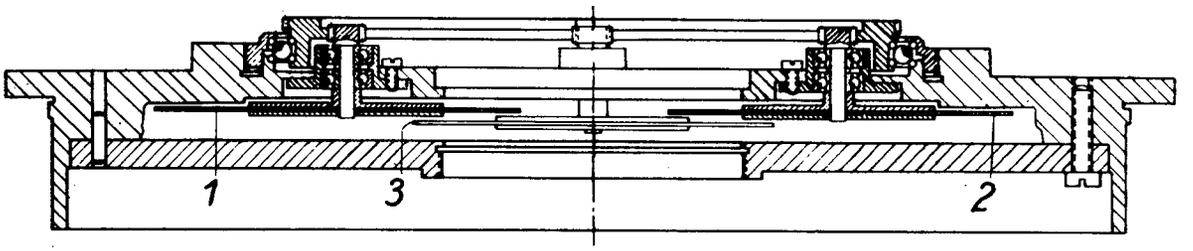


Fig. 1

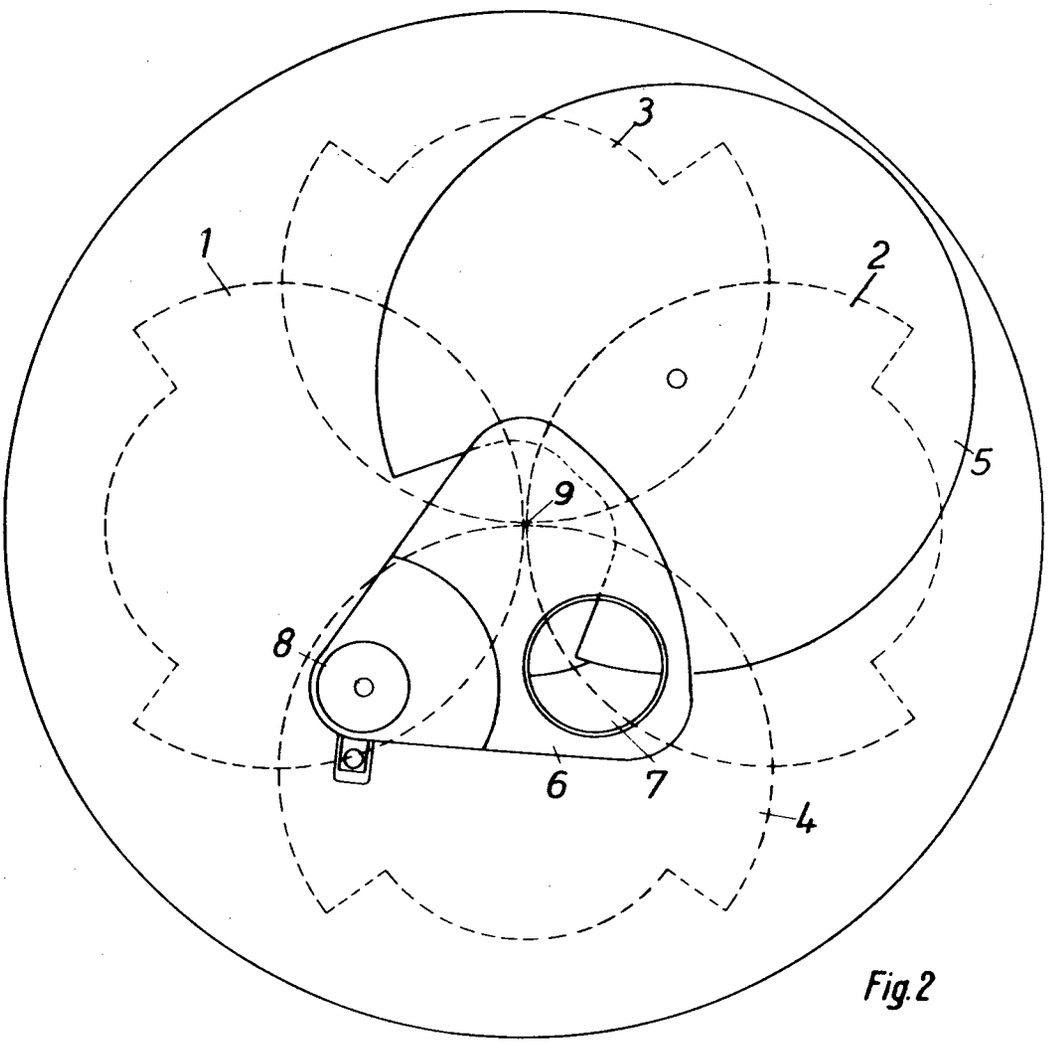


Fig. 2

AUSGABETAG: 30. MÄRZ 1961

DBP 1090953

KL. 57a 31

INTERNAT. KL. G 03b

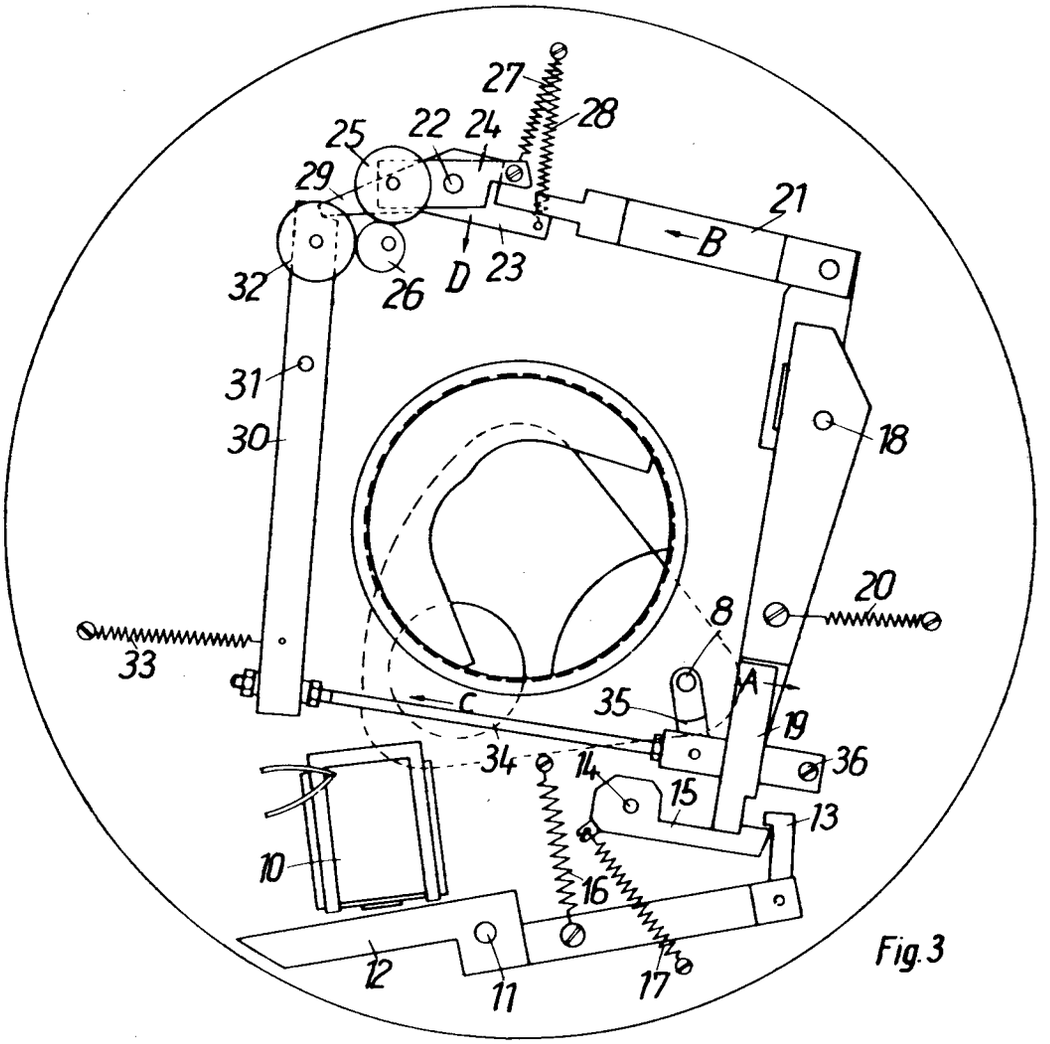


Fig. 3

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

KL. 42 c 10/02

INTERNAT. KL. G 01 c

DEUTSCHES PATENTAMT

AUSLEGESCHRIFT 1 091 347

V 10187 IX/42c

ANMELDETAG: 15. FEBRUAR 1956

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 20. OKTOBER 1960

Meßwerk für Luftbildauswertegeräte

Anmelder:
VEB Freiberger Präzisionsmechanik, Freiberg (Sa.), Hainichener Str. 2a

Henry Guldbrandsen, Jena, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft ein Meßwerk für Luftbildauswertegeräte zur Anzeige der Stellung eines einstellbaren Körpers gegenüber seinem Träger, der seinerseits gegenüber einem festen Geräteteil drehbar ist, wobei eines der beiden gegeneinander einstellbaren Glieder des Meßwerks mit dem einstellbaren Körper so gekuppelt ist, daß es in bezug auf einen trägerfesten Bezugspunkt eine der Einstellung des Körpers gegenüber dem Träger analoge Einstellung erfährt.

Es ist bereits allgemein bekannt, den bei der Übertragung eines Drehwertes von einem festen auf einen gegenüber diesem beweglichen Geräteteil auftretenden Einfluß der gegenseitigen Lageänderung der beiden Geräteteile auf den Drehwert dadurch auszugleichen, daß den Übertragungsgliedern bei Einstellungen des beweglichen gegenüber dem festen Geräteteil eine gegenseitige Verstellung erteilt wird, die diejenige Verstellung aufhebt, die sie bei solchen Einstellungen durch ihre Kupplung mit jenen Geräteteilen erfahren.

Ein neuer, konstruktiv einfacher Weg zur Erreichung eines Bewegungsausgleichs, der ein bequemes Ablesen des Meßwerks ermöglicht, ergibt sich erfindungsgemäß, wenn das Meßwerk an dem festen Geräteteil angeordnet ist und das nicht mit dem einstellbaren Körper gekuppelte Glied des Meßwerks in Abhängigkeit von der Drehung des Trägers gegenüber dem festen Geräteteil um den gleichen Betrag und in der gleichen Richtung verstellt wird, wie sich das mit dem einstellbaren Körper gekuppelte Glied des Meßwerks unter dem Einfluß der Drehung des Trägers gegenüber dem festen Geräteteil verstellt.

In der Zeichnung ist eine gemäß der Erfindung ausgebildete Meßwerkanordnung in einem Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Abb. 1 ist ein Aufrißschnitt,
Abb. 2 eine Grundrißansicht und
Abb. 3 ein Seitenrißschnitt.

An einem festen Geräteteil **1** eines Bildmeßgerätes ist ein Träger **2** um eine Achse *X-X* drehbar gelagert. Zum Verdrehen des Trägers dient ein Handrad **3**, das mittels einer an dem Geräteteil **1** drehbar gelagerten Welle **4**, eines Kegelräderpaares **5**, einer Welle **6** und einer Schnecke **7** ein Schneckenrad **8** antreibt. Dieses Schneckenrad sitzt fest auf einer Welle **9**, die an dem Geräteteil **1** um jene Achse *X-X* drehbar gelagert und mit dem Träger **2** verschraubt ist.

Drei einander parallele Gewindespindeln **10**, **11** und **12**, die an einer Platte **13** befestigt sind, sind mit dem Träger **2** zwecks Änderung des Abstandes der Platte **13** von dem Träger **2** in folgender Weise gekuppelt. Durch ein Handrad **14**, das auf eine an dem Geräteteil **1** drehbar gelagerte Welle **14'** einwirkt, kann ein Gelenkarm **15** von veränderbarer Länge angetrieben werden, der mit einem an dem Träger **2** drehbar gelagerten Zahnrad **16** gekuppelt ist. Die Mittel zur Längenänderung des Armes **15** sind in der Zeichnung der Einfachheit halber weggelassen. Das Zahnrad **16** steht mit einem an einem Mutterstück **17** befestigten Zahnrad **18** im Eingriff, wobei das Mutterstück **17** an dem Träger **2** um die Achse der Spindel **10** drehbar gelagert ist und mit Gewinde in das Gewinde der Spindel **10** eingreift, so daß eine Drehung am Handrad **14** eine Verschiebung der Spindel **10** und der Platte **13** gegenüber dem Träger **2** zur Folge hat. Damit dabei die Spindeln **11** und **12** eine gleich große Verschiebung erfahren, ist das Zahnrad **18** einerseits mittels eines Zahnrades **19**, einer Welle **20**, eines Zahnrades **21** und eines Zahnrades **22** mit einem Mutterstück **23** gekuppelt, das an dem Träger **2** um die Achse der Spindel **11** drehbar gelagert ist und mit Gewinde in das Gewinde der Spindel **11** eingreift. Andererseits ist das Zahnrad **18** mittels eines Zahnrades **24**, einer Welle **25**, eines Zahnrades **26** und eines Zahnrades **27** mit einem in der Zeichnung nicht sichtbaren Mutterstück gekuppelt, das an dem Träger **2** um die Achse der Spindel **12** drehbar gelagert ist und mit Gewinde in das Gewinde der Spindel **12** eingreift.

2

Auf der Platte **13** ist um eine zu den Achsen der Spindeln **10**, **11** und **12** parallele Achse *Y-Y* ein Zahnrad **28** drehbar gelagert, das die Bildplatte **29** des Bildmeßgerätes trägt. In das Zahnrad **28** greift ein Zahnrad **30** ein, das an der Platte **13** drehbar so gelagert ist, daß seine Achse die Achse *Y-Y* senkrecht schneidet. Zum Antrieb des Zahnrades **30** dient ein Handrad **31**, das auf eine an dem Geräteteil **1** drehbar gelagerte Welle **32** einwirkt, die mittes eines Gelenkarmes **33** von veränderbarer Länge mit dem Zahnrad **30** gekuppelt ist. Die Mittel zur Längenänderung des Armes **33** sind in der Zeichnung der Einfachheit halber nicht dargestellt.

Zum Anzeigen der jeweiligen Stellung des Trägers **2** gegenüber dem Geräteteil **1** dient ein Meßwerk **34**,

dessen in der Zeichnung nicht sichtbare Zahlentrommel beim Verdrehen des Handrades **3** eine Drehung erfährt, während das zugehörende Fenster **35** gerätefest ist. Zum Anzeigen des jeweiligen Abstandes der Bildplatte **29** von einer zur Achse *Y-Y* senkrechten Ebene durch die Achse *X-X* dient ein zweites Meßwerk, dessen Zahlentrommel **37** beim Verdrehen des Handrades **14** eine Drehung erfährt. Zum Anzeigen der jeweiligen Stellung der Bildplatte **29** gegenüber der Platte **13** dient ein drittes Meßwerk, dessen Zahlentrommel **38** beim Verdrehen des Handrades **31** eine Drehung erfährt.

Die Welle **14'** ist nicht unmittebar an dem Geräteteil **1** gelagert, sondern in einem gegenüber dem Geräteteil **1** drehbaren Körper **39**, der die Zahlentrommel **37** umhüllt und das Fenster **40** des zweiten Meßwerks enthält. In entsprechender Weise ist die Welle **32** in einem gegenüber dem Geräteteil **1** drehbaren Körper **41** drehbar gelagert, der die Zahlentrommel **38** umhüllt und das Fenster **42** des dritten Meßwerks enthält. Der Körper **39** ist mit einer Schneckenradverzahnung **43** versehen, die in eine Schnecke **44** eingreift. Entsprechend ist der Körper **41** mit einer Schneckenradverzahnung **45** versehen, die in eine Schnecke **46** eingreift. Die beiden Schnecken **44** und **46** sitzen auf einer Welle **47**, die mittels eines Kegelräderpaares **48** mit der Welle **4** gekuppelt ist. Die Anordnung ist so getroffen, daß sowohl bei dem zweiten Meßwerk **37, 40** als auch bei dem dritten Meßwerk **38, 42** die Zahlentrommel **37** bzw. **38** gegenüber dem Fenster **40** bzw. **42** ihre jeweilige Stellung beibehält, falls der Träger **2** durch Drehen am Handrad **3** eine Verdrehung gegenüber dem Geräteteil **1** um die Achse *X-X* erfährt.

PATENTANSPRUCH:

Meßwerk für Luftbildauswertegeräte zur Anzeige der Stellung eines einstellbaren Körpers gegenüber seinem Träger, der seinerseits gegenüber einem festen Geräteteil drehbar ist, wobei eines der beiden gegeneinander einstellbaren Glieder des Meßwerks mit dem einstellbaren Körper so gekuppelt ist, daß es in bezug auf einen trägerfesten Bezugspunkt eine der Einstellung des Körpers gegenüber dem Träger analoge Einstellung erfährt, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Meßwerk an dem festen Geräteteil (**1**) angeordnet ist und das nicht mit dem einstellbaren Körper (**13, 28**) gekuppelte Glied (**39, 41**) des Meßwerks in Abhängigkeit von der Drehung des Trägers (**2**) gegenüber dem festen Geräteteil (**1**) um den gleichen Betrag und in der gleichen Richtung verstellt wird, wie sich das mit dem einstellbaren Körper (**13, 28**) gekuppelte Glied (**37, 38**) des Meßwerks unter dem Einfluß der Drehung des Trägers (**2**) gegenüber dem festen Geräteteil (**1**) verstellt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 399 093, 447 266.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 009 628/102 10. 60

AUSGABETAG: 20. OKTOBER 1960

DAS 1 091 347

KL. 42 c 10/02

INTERNAT. KL. G 01 c

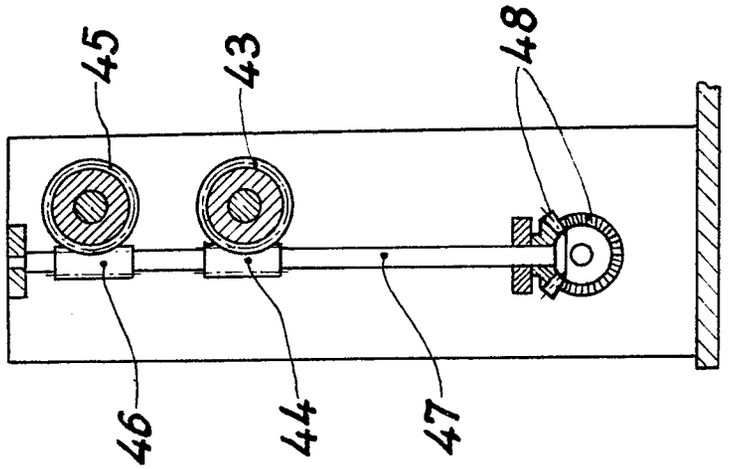


Abb. 3

Abb. 1

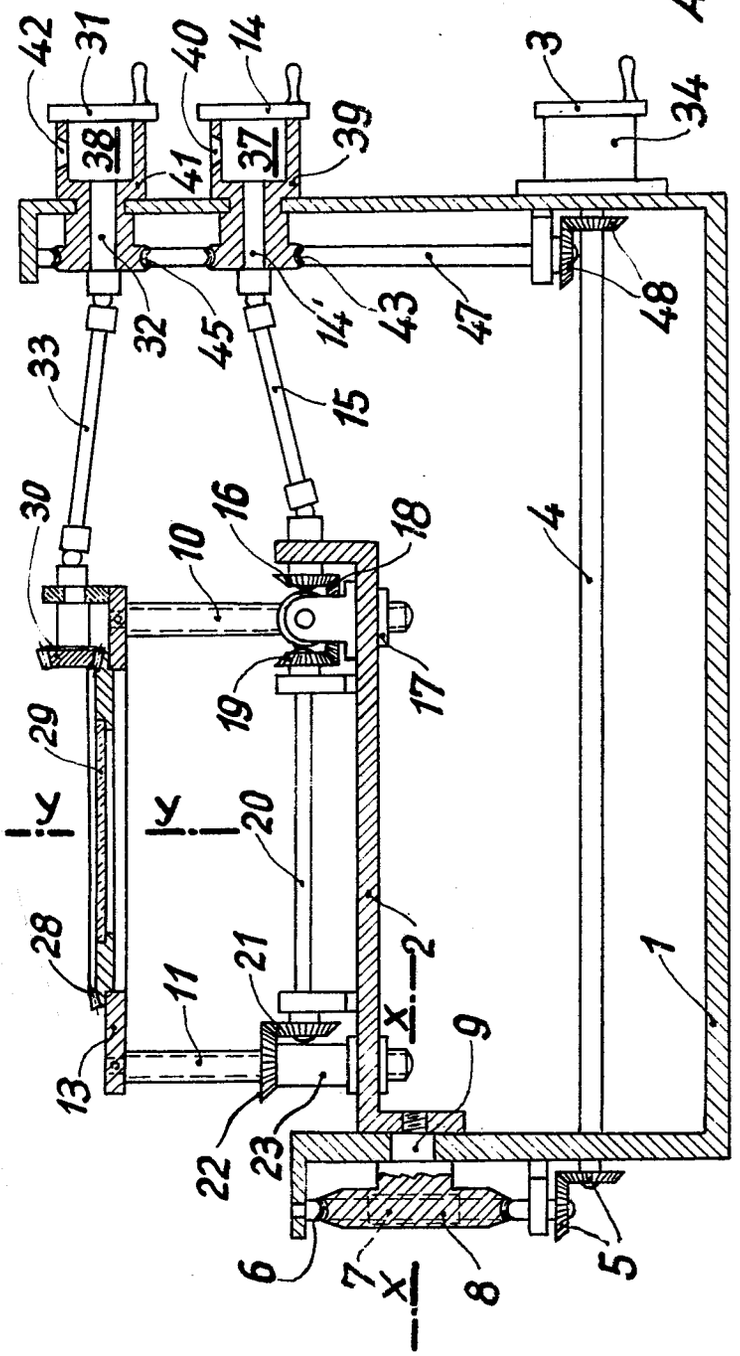
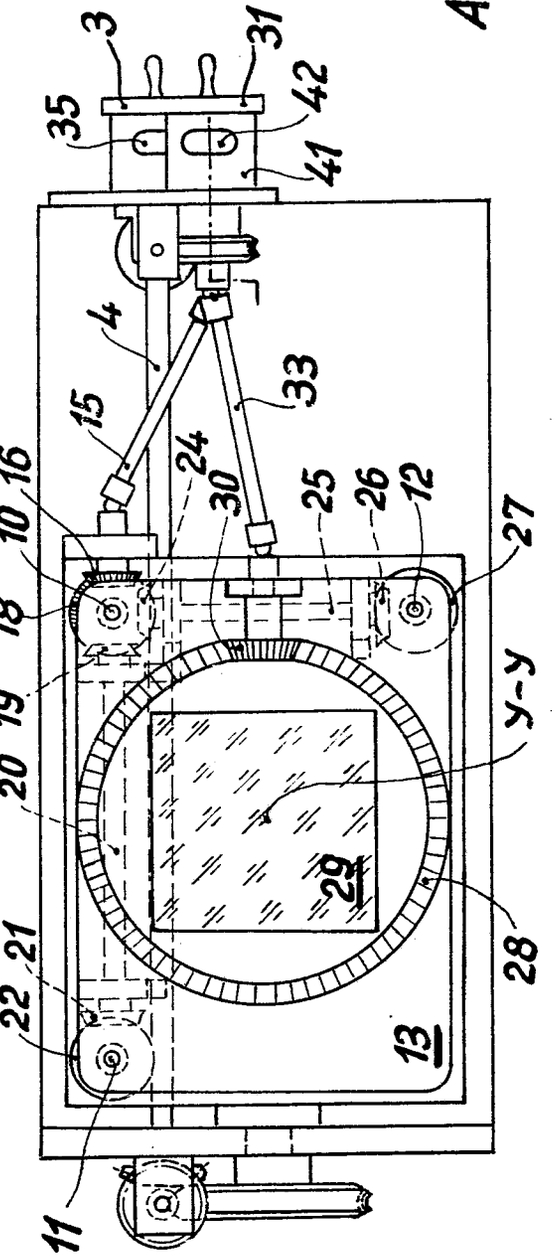


Abb. 2



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1 091 347

DBP 1 091 347
KL. 42 c 10/02
INTERNAT. KL. G 01 c

ANMELDETAG: 15. FEBRUAR 1956

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 20. OKTOBER 1960

AUSGABE DER PATENTSCHRIFT: 13. APRIL 1961

STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT 1 091 347 (V 10187 IX/42 c)

Meßwerk für Luftbildauswertegeräte

Patentiert für:

VEB Freiberger Präzisionsmechanik, Freiberg (Sa.)

Henry Guldbrandsen, Jena, ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft ein Meßwerk für Luftbildauswertegeräte zur Anzeige der Stellung eines einstellbaren Körpers gegenüber seinem Träger, der seinerseits gegenüber einem festen Geräteteil drehbar ist, wobei eines der beiden gegeneinander einstellbaren Glieder des Meßwerks mit dem einstellbaren Körper so gekuppelt ist, daß es in bezug auf einen trägerfesten Bezugspunkt eine der Einstellung des Körpers gegenüber dem Träger analoge Einstellung erfährt.

Es ist bereits allgemein bekannt, den bei der Übertragung eines Drehwertes von einem festen auf einen gegenüber diesem beweglichen Geräteteil auftretenden Einfluß der gegenseitigen Lageänderung der beiden Geräteteile auf den Drehwert dadurch auszugleichen, daß den Übertragungsgliedern bei Einstellungen des beweglichen gegenüber dem festen Geräteteil eine gegenseitige Verstellung erteilt wird, die diejenige Verstellung aufhebt, die sie bei solchen Einstellungen durch ihre Kupplung mit jenen Geräteteilen erfahren.

Ein neuer, konstruktiv einfacher Weg zur Erreichung eines Bewegungsausgleichs, der ein bequemes Ablesen des Meßwerks ermöglicht, ergibt sich erfindungsgemäß, wenn das Meßwerk an dem festen Geräteteil angeordnet ist und das nicht mit dem einstellbaren Körper gekuppelte Glied des Meßwerks in Abhängigkeit von der Drehung des Trägers gegenüber dem festen Geräteteil um den gleichen Betrag und in der gleichen Richtung verstellt wird, wie sich das mit dem einstellbaren Körper gekuppelte Glied des Meßwerks unter dem Einfluß der Drehung des Trägers gegenüber dem festen Geräteteil verstellt.

In der Zeichnung ist eine gemäß der Erfindung ausgebildete Meßwerkanordnung in einem Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Abb. 1 ist ein Aufrißschnitt,
Abb. 2 eine Grundrißansicht und
Abb. 3 ein Seitenrißschnitt.

An einem festen Geräteteil **1** eines Bildmeßgerätes ist ein Träger **2** um eine Achse *X-X* drehbar gelagert. Zum Verdrehen des Trägers dient ein Handrad **3**, das mittels einer an dem Geräteteil **1** drehbar gelagerten Welle **4**, eines Kegelräderpaares **5**, einer Welle **6** und einer Schnecke **7** ein Schneckenrad **8** antreibt. Dieses Schneckenrad sitzt fest auf einer Welle **9**, die an dem Geräteteil **1** um jene Achse *X-X* drehbar gelagert und mit dem Träger **2** verschraubt ist.

Drei einander parallele Gewindespindeln **10**, **11** und **12**, die an einer Platte **13** befestigt sind, sind mit dem Träger **2** zwecks Änderung des Abstandes der Platte **13** von dem Träger **2** in folgender Weise gekuppelt. Durch ein Handrad **14**, das auf eine an dem Geräteteil **1** drehbar gelagerte Welle **14'** einwirkt, kann ein Gelenkarm **15** von veränderbarer Länge angetrieben werden, der mit einem an dem Träger **2** drehbar gelagerten Zahnrad **16** gekuppelt ist. Die Mittel zur Längenänderung des Armes **15** sind in der Zeichnung der Einfachheit halber weggelassen. Das Zahnrad **16** steht mit einem an einem Mutterstück **17** befestigten Zahnrad **18** im Eingriff, wobei das Mutterstück **17** an dem Träger **2** um die Achse der Spindel **10** drehbar gelagert ist und mit Gewinde in das Gewinde der Spindel **10** eingreift, so daß eine Drehung am Handrad **14** eine Verschiebung der Spindel **10** und der Platte **13** gegenüber dem Träger **2** zur Folge hat. Damit dabei die Spindeln **11** und **12** eine gleich große Verschiebung erfahren, ist das Zahnrad **18** einerseits mittels eines Zahnrades **19**, einer Welle **20**, eines Zahnrades **21** und eines Zahnrades **22** mit einem Mutterstück **23** gekuppelt, das an dem Träger **2** um die Achse der Spindel **11** drehbar gelagert ist und mit Gewinde in das Gewinde der Spindel **11** eingreift. Andererseits ist das Zahnrad **18** mittels eines Zahnrades **24**, einer Welle **25**, eines Zahnrades **26** und eines Zahnrades **27** mit einem in der Zeichnung nicht sichtbaren Mutterstück gekuppelt, das an dem Träger **2** um die Achse der Spindel **12** drehbar gelagert ist und mit Gewinde in das Gewinde der Spindel **12** eingreift.

2

Auf der Platte **13** ist um eine zu den Achsen der Spindeln **10**, **11** und **12** parallele Achse *Y-Y* ein Zahnrad **28** drehbar gelagert, das die Bildplatte **29** des Bildmeßgerätes trägt. In das Zahnrad **28** greift ein Zahnrad **30** ein, das an der Platte **13** drehbar so gelagert ist, daß seine Achse die Achse *Y-Y* senkrecht schneidet. Zum Antrieb des Zahnrades **30** dient ein Handrad **31**, das auf eine an dem Geräteteil **1** drehbar gelagerte Welle **32** einwirkt, die mittes eines Gelenkarmes **33** von veränderbarer Länge mit dem Zahnrad **30** gekuppelt ist. Die Mittel zur Längenänderung des Armes **33** sind in der Zeichnung der Einfachheit halber nicht dargestellt.

Zum Anzeigen der jeweiligen Stellung des Trägers **2** gegenüber dem Geräteteil **1** dient ein Meßwerk **34**,

dessen in der Zeichnung nicht sichtbare Zahlentrommel beim Verdrehen des Handrades **3** eine Drehung erfährt, während das zugehörende Fenster **35** gerätefest ist. Zum Anzeigen des jeweiligen Abstandes der Bildplatte **29** von einer zur Achse *Y-Y* senkrechten Ebene durch die Achse *X-X* dient ein zweites Meßwerk, dessen Zahlentrommel **37** beim Verdrehen des Handrades **14** eine Drehung erfährt. Zum Anzeigen der jeweiligen Stellung der Bildplatte **29** gegenüber der Platte **13** dient ein drittes Meßwerk, dessen Zahlentrommel **38** beim Verdrehen des Handrades **31** eine Drehung erfährt.

Die Welle **14'** ist nicht unmittebar an dem Geräteteil **1** gelagert, sondern in einem gegenüber dem Geräteteil **1** drehbaren Körper **39**, der die Zahlentrommel **37** umhüllt und das Fenster **40** des zweiten Meßwerks enthält. In entsprechender Weise ist die Welle **32** in einem gegenüber dem Geräteteil **1** drehbaren Körper **41** drehbar gelagert, der die Zahlentrommel **38** umhüllt und das Fenster **42** des dritten Meßwerks enthält. Der Körper **39** ist mit einer Schneckenradverzahnung **43** versehen, die in eine Schnecke **44** eingreift. Entsprechend ist der Körper **41** mit einer Schneckenradverzahnung **45** versehen, die in eine Schnecke **46** eingreift. Die beiden Schnecken **44** und **46** sitzen auf einer Welle **47**, die mittels eines Kegelräderpaares **48** mit der Welle **4** gekuppelt ist. Die Anordnung ist so getroffen, daß sowohl bei dem zweiten Meßwerk **37, 40** als auch bei dem dritten Meßwerk **38, 42** die Zahlentrommel **37** bzw. **38** gegenüber

dem Fenster **40** bzw. **42** ihre jeweilige Stellung beibehält, falls der Träger **2** durch Drehen am Handrad **3** eine Verdrehung gegenüber dem Geräteteil **1** um die Achse *X-X* erfährt.

PATENTANSPRUCH:

Meßwerk für Luftbildauswertegeräte zur Anzeige der Stellung eines einstellbaren Körpers gegenüber seinem Träger, der seinerseits gegenüber einem festen Geräteteil drehbar ist, wobei eines der beiden gegeneinander einstellbaren Glieder des Meßwerks mit dem einstellbaren Körper so gekuppelt ist, daß es in bezug auf einen trägerfesten Bezugspunkt eine der Einstellung des Körpers gegenüber dem Träger analoge Einstellung erfährt, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Meßwerk an dem festen Geräteteil (**1**) angeordnet ist und das nicht mit dem einstellbaren Körper (**13, 28**) gekuppelte Glied (**39, 41**) des Meßwerks in Abhängigkeit von der Drehung des Trägers (**2**) gegenüber dem festen Geräteteil (**1**) um den gleichen Betrag und in der gleichen Richtung verstellt wird, wie sich das mit dem einstellbaren Körper (**13, 28**) gekuppelte Glied (**37, 38**) des Meßwerks unter dem Einfluß der Drehung des Trägers (**2**) gegenüber dem festen Geräteteil (**1**) verstellt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 399 093, 447 266.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 009 628/102 10. 60
(109 553/152 4. 61)

AUSGABETAG: 13. APRIL 1961

DBP 1091347
KL. 42c 10/02
INTERNAT. KL. G 01c

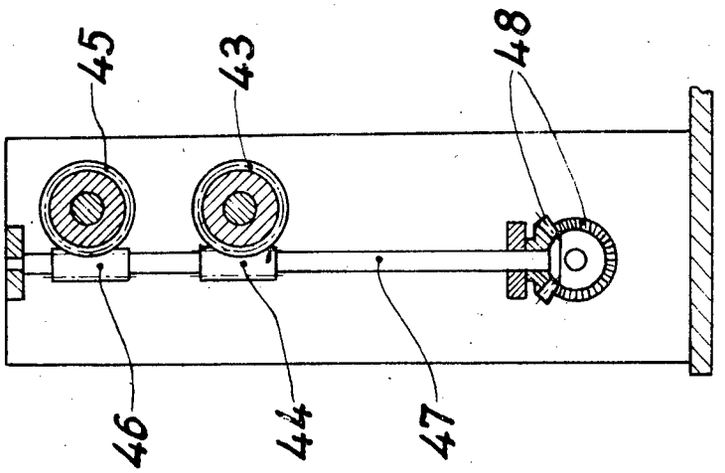


Abb.3

Abb.1

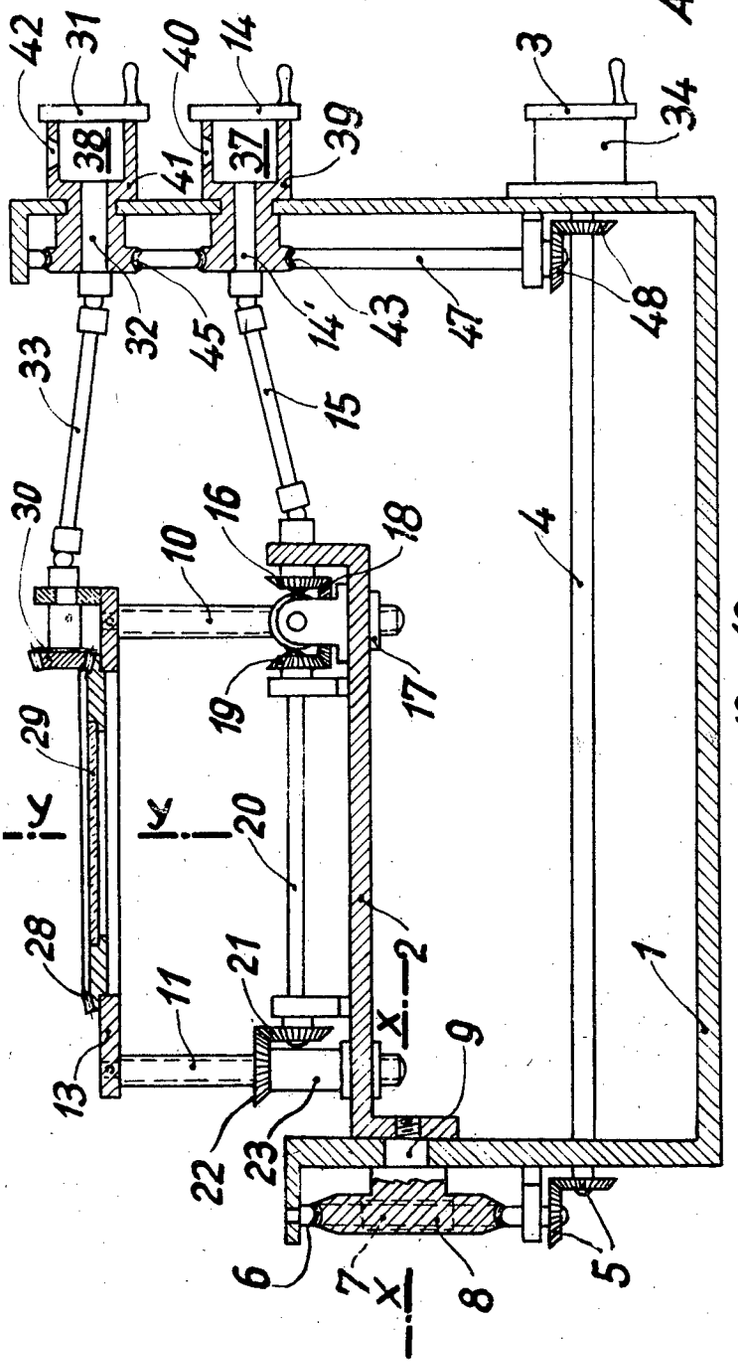
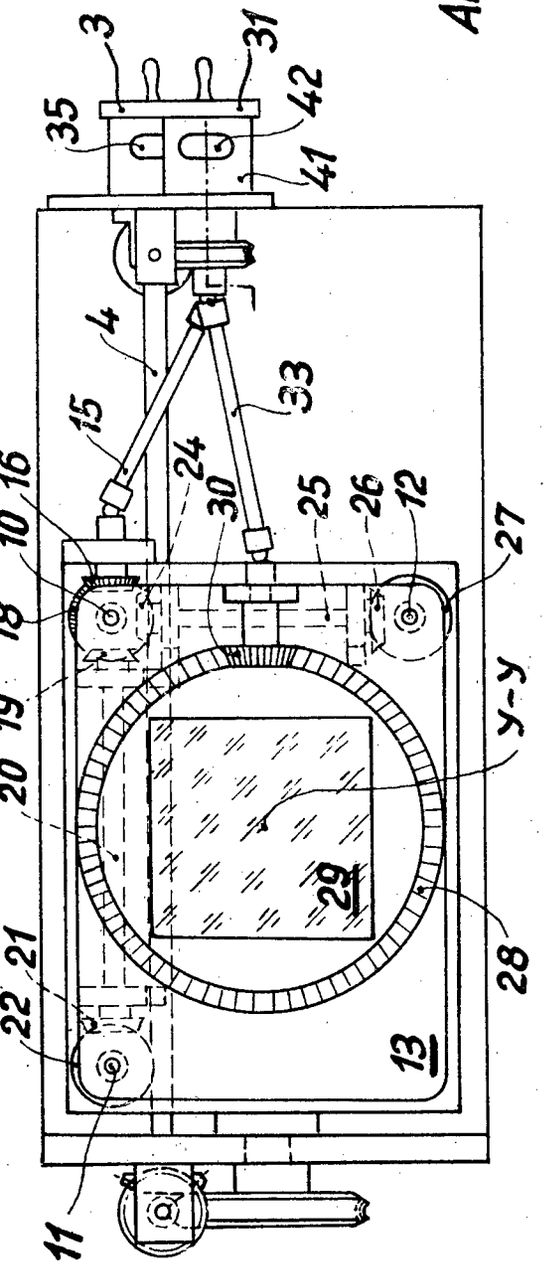


Abb.2



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND KL. 57a 7/07
DEUTSCHES PATENTAMT INTERNAT. KL. G 03b

AUSLEGESCHRIFT 1112395

N 14554 IX/57a

ANMELDETAG: 11. JANUAR 1958
BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 3. AUGUST 1961

Luftbildkamera

Anmelder:
N. V. Optische Industrie »De Oude Delft«, Delft (Niederlande)

Vertreter: Dr.-Ing. E. Hoffmann, Patentanwalt, München 22, Widenmayerstr. 34

Beanspruchte Priorität:
Niederlande vom 15. Januar 1957 (Nr. 213 746)

Arjen Nawijn, Delft (Niederlande), ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kamera für Luftphotographie, bei welcher für die Scharfeinstellung ein prismatischer Keil vorgesehen ist, welcher in einem geringen Abstand vor der Brennebene und im wesentlichen parallel zu dieser verschiebbar angeordnet ist. Durch Verschieben des Keils ist es möglich, eine von der Entfernung des aufnehmenden Objektes abhängige Glasdicke in den Weg der Lichtstrahlen zu legen und dadurch den optischen so zu verkürzen oder zu verlängern, daß das Bild auf dem Film stets scharf ist. Sowohl die Lage des Films als auch die der optischen Elemente des Kameraobjektivs bleiben unverändert, was bei Luftbildkameras und ähnlichen Präzisionskameras von großem Vorteil ist.

Wenn eine Kamera Temperaturveränderungen ausgesetzt wird und dabei die Einstellung der Kamera und die übrigen Bedingungen unverändert bleiben, ergibt sich grundsätzlich eine Verschiebung des Bildes und die Scharfeinstellung der Kamera stimmt nicht mehr. Dies hat in der Regel keine nachteiligen Folgen; bei Kameras, bei denen hohes Auflösungsvermögen verlangt wird, bringt diese Bildverschiebung jedoch eine merkliche Begrenzung des Auflösungsvermögens mit sich. Diese Störung der Scharfeinstellung der Kamera ist meist auf Ausdehnungs- und Zusammenziehungserscheinungen in dem Glas zurückzuführen, aus welchem die optischen Elemente hergestellt sind. Solche Erscheinungen haben Veränderungen der Krümmungsradien der optisch wirksamen Flächen zur Folge. Die gleichzeitig auftretende Ausdehnung oder Zusammenziehung des Kameragehäuses hat ebenfalls eine gewisse Wirkung, die, obwohl sie in gewissen Fällen ausgleichend wirkt, doch im allgemeinen die gleiche Größenordnung und die gleiche Zeitkonstante aufweist wie die Ausdehnungs- und Zusammenziehungserscheinungen im Glas. Aus diesen Gründen hat man versucht, die Temperatur von Luftbildkameras mittels Heizvorrichtungen möglichst konstant zu halten. Es ist jedoch in der Praxis nicht möglich, eine Kamera auf eine bestimmte maximale Betriebstemperatur einzustellen und sie dann bei jeder Gelegenheit, bei welcher sie in einer niedrigeren Temperatur verwendet werden soll (z. B. bei Flügen in gemäßigten oder kalten Zonen), eigens vorher betriebsfertig zu machen, indem man die ganze Kamera auf die Betriebstemperatur bringt. Diese würde die Aufnahmebereitschaft der Kamera wesentlich verschlechtern. Es besteht also ein Bedürfnis nach einer einfachen und verläßlichen Einrichtung, mittels welcher die Scharfeinstellung der Kamera der während des Betriebes herrschenden Temperatur angepaßt werden kann.

2

In einer Kamera, die mit einem prismatischen Keil für die Entfernungseinstellung ausgestattet ist, kann dies gemäß der Erfindung in einfacher Weise dadurch geschehen, daß man die Kamera mit einem zweiten prismatischen Keil versieht, welcher in einer der Verschieberichtung des ersten Keils im wesentlichen parallelen Richtung in verschiedene Lagen verschoben werden kann und dessen oberes Ende in die dem oberen Ende des ersten Keils entgegengesetzte Richtung zeigt. Wenn man nun bei verschiedenen Temperaturen die Einstellung des zweiten Keils feststellt, bei welcher sich die beste Bildschärfe ergibt, hat man die Möglichkeit, die Temperatureinwirkungen völlig auszugleichen und dabei gleichzeitig die bei Verwendung nur eines Keils auftretenden Nachteile zu vermeiden. Diese Nachteile bestehen in der in bezug auf die optische Achse schrägen Lage der Brennebene, die sich aus der unterschiedlichen Dicke des Keils von einer Kante der Brennebene zur anderen ergibt, sowie aus der durch den Keil hervorgerufenen chromatischen Aberration. Gemäß der Erfindung können zwei Keile zusammen als eine dünne, planparallele Platte senkrecht zur optischen Achse wirken, wenn zwei gleiche Keile verwendet werden, deren Flächen jeweils paarweise parallel zueinander angeordnet sind derart, daß die einander abgewandten Flächen der Keile senkrecht zur optischen Achse stehen.

Die Erfindung ist unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung ist eine beispielsweise Ausführungsform der Keilanordnung

gemäß der Erfindung, zusammen mit der Verstelleinrichtung für die Keile, dargestellt. Es versteht sich, daß die Erfindung auf Kameras verschiedener Art angewandt werden kann, die in ihrem Aufbau und in ihrer Arbeitsweise stark voneinander abweichen; aus diesem Grunde ist in der Zeichnung die eigentliche Kamera nicht dargestellt.

In der Zeichnung ist mit **1** die Brennebene einer Luftbildkamera, mit **2** ein die Temperatureinwirkungen auf die Scharfeinstellung ausgleichender Keil und mit **3** ein parallel zum Keil **2** angeordneter Keil gleicher Form bezeichnet, welcher dazu dient, die Einstellung der Kamera der Flughöhe anzupassen. Die beiden Keile sind hintereinander kurz vor der Brennebene und im wesentlichen parallel zu dieser angeordnet. Sie sind in Rahmen **4** bzw. **5** gelagert, welche unabhängig voneinander in einfachen Parallelführungen des nicht dargestellten Kameragehäuses verschiebbar sind. Dies ermöglicht eine Veränderung der Dicke des jeweils vor der Brennebene befindlichen Teils der Keile. Bei der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform wird diese Verschiebung mittels zweier Muttern **6** und **7** bewirkt, welche an den Rahmen **4** bzw. **5** befestigt sind und die Stellschrauben **8** bzw. **9** aufnehmen. Auf der Stellschraube **9** ist ein Zahnrad **11** befestigt, welches über ein Zahnrad **12** von einem Motor **13** angetrieben wird.

Der Motor **13** wird vom Kameramann ferngesteuert. Eine Fernanzeige der Einstellung des Keils **3** erfolgt mittels eines Kreuzspulinstruments **16**, das von einem Potentiometer **15** gespeist wird, dessen Bürstenarm durch das Zahnrad **14** antriebsmäßig mit dem Antriebszahnrad des Keils verbunden ist.

Auf der Stellschraube **8** ist ein Zahnrad **10** angeordnet, welches mit einem weiteren Zahnrad **17** kämmt. Die Welle **19** dieses letztgenannten Zahnrades ist mit einem Einstellknopf **18** versehen, welcher aus dem nicht dargestellten Kameragehäuse herausragt und somit von Hand gedreht werden kann.

Bei der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform wird angenommen, daß eine Einstellung in bezug auf Temperatur verhältnismäßig selten erforderlich ist, so daß auf eine Fernbedienung verzichtet werden kann. Wenn erwünscht, kann jedoch selbstverständlich eine Fernsteuerung für den die Temperatureinwirkungen ausgleichenden Keil **2**, oder sogar eine selbsttätige Steuerung unter dem Einfluß eines geeigneten, in die Kamera eingebauten Temperaturmessers vorgesehen werden.

In der Zeichnung ist ferner ein Thermostat **21** dargestellt, welcher durch das Zahnrad **20** mit der Einstelleinrichtung des Keils **2** gekuppelt ist und eine Heizvorrichtung, z. B. einen elektrischen Heizdraht **22**, steuert. Auf diese Weise kann die Temperatur der Kamera selbsttätig auf den Wert gebracht werden, auf den die Kamera mittels des Keils **2** eingestellt ist, und sie kann sodann durch den Thermostat **21** auf diesem Wert gehalten werden.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Luftbildkamera, bei welcher zur Scharfeinstellung ein prismatischer Keil in einem geringen Abstand vor der Brennebene und im wesentlichen parallel zu dieser verschiebbar angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß in geringem Abstand von diesem Keil ein zweiter prismatischer Keil angeordnet ist, welcher in einer der Verschieberichtung des ersten Keils im wesentlichen parallelen Richtung verschiebbar ist und dessen oberes Ende in die dem oberen Ende des ersten Keils entgegengesetzte Richtung zeigt, wobei eine Einrichtung vorgesehen ist, mittels welcher im Falle von Veränderungen in der Temperatur der Kamera der zweite prismatische Keil so verschoben wird, daß der Einfluß der Temperatur auf die Lage der Brennebene im wesentlichen ausgeglichen wird.

2. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die prismatischen Keile die gleiche Form aufweisen und so angeordnet sind, daß die Keilflächen jeweils paarweise parallel sind, während die voneinander abgewandten Keilflächen senkrecht zur optischen Achse der Kamera stehen.

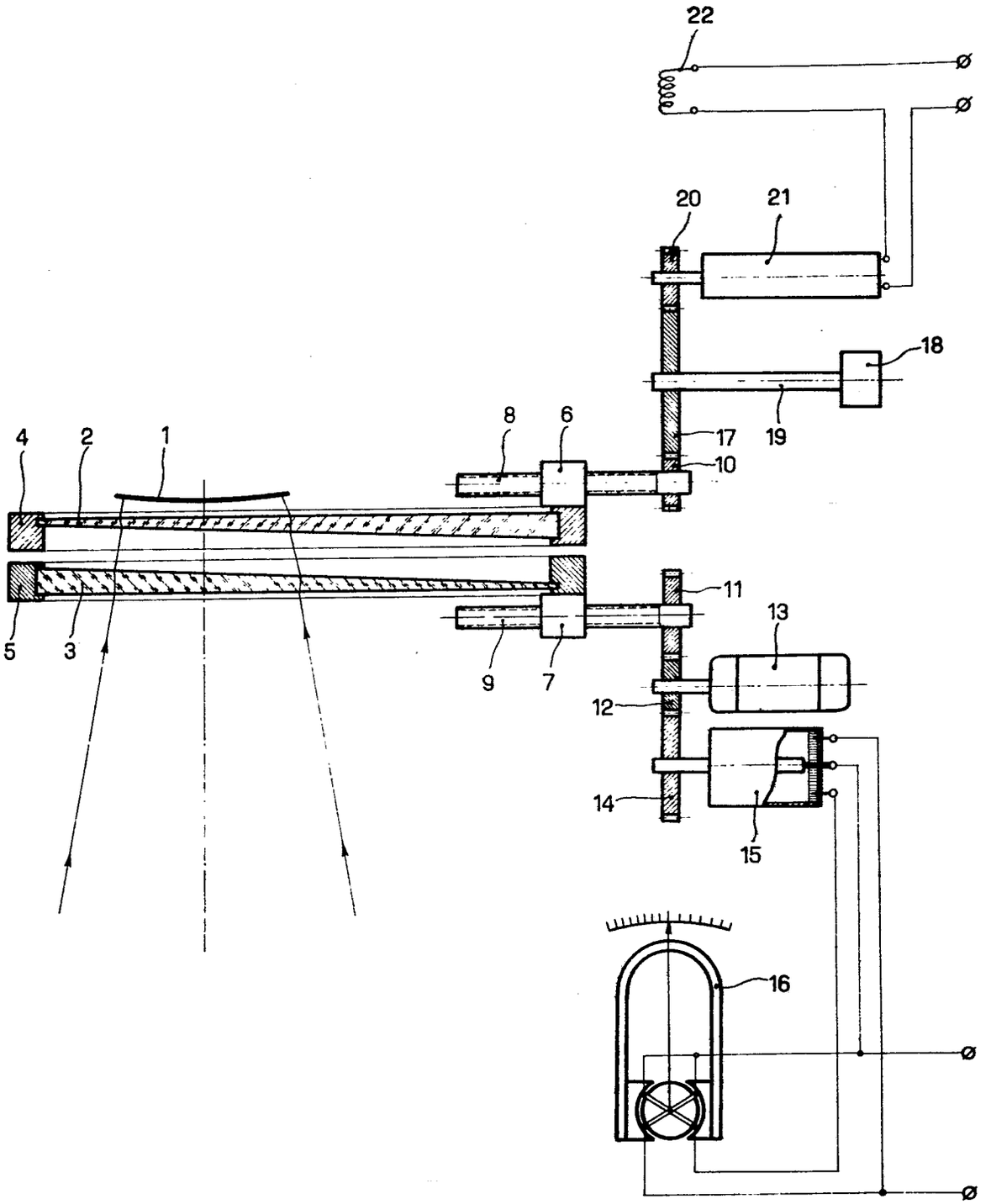
In Betracht gezogene Druckschriften:
USA.-Patentschrift Nr. 2 258 903.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

109 650/128 7. 61

AUSGABETAG: 3. AUGUST 1961

DAS 1112395
KL. 57a 7/07
INTERNAT. KL. G 03b



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1112395

DBP 1112395
KL. 57a 7/07
INTERNAT. KL. G 03b

ANMELDETAG: 11. JANUAR 1958
BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 3. AUGUST 1961
AUSGABE DER PATENTSCHRIFT: 8. MÄRZ 1962

STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT
1112395 (N 14554 IXa/57a)

Luftbildkamera

Patentiert für:

N.V. Optische Industrie »De Oude Delft«, Delft (Niederlande)

Beanspruchte Priorität:
Niederlande vom 15. Januar 1957 (Nr. 213 746)

Arjen Nawijn, Delft (Niederlande), ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kamera für Luftphotographie, bei welcher für die Scharfeinstellung ein prismatischer Keil vorgesehen ist, welcher in einem geringen Abstand vor der Brennebene und im wesentlichen parallel zu dieser verschiebbar angeordnet ist. Durch Verschieben des Keils ist es möglich, eine von der Entfernung des aufnehmenden Objektes abhängige Glasdicke in den Weg der Lichtstrahlen zu legen und dadurch den optischen so zu verkürzen oder zu verlängern, daß das Bild auf dem Film stets scharf ist. Sowohl die Lage des Films als auch die der optischen Elemente des Kameraobjektivs bleiben unverändert, was bei Luftbildkameras und ähnlichen Präzisionskameras von großem Vorteil ist.

Wenn eine Kamera Temperaturveränderungen ausgesetzt wird und dabei die Einstellung der Kamera und die übrigen Bedingungen unverändert bleiben, ergibt sich grundsätzlich eine Verschiebung des Bildes und die Scharfeinstellung der Kamera stimmt nicht mehr. Dies hat in der Regel keine nachteiligen Folgen; bei Kameras, bei denen hohes Auflösungsvermögen verlangt wird, bringt diese Bildverschiebung jedoch eine merkliche Begrenzung des Auflösungsvermögens mit sich. Diese Störung der Scharfeinstellung der Kamera ist meist auf Ausdehnungs- und Zusammenziehungserscheinungen in dem Glas zurückzuführen, aus welchem die optischen Elemente hergestellt sind. Solche Erscheinungen haben Veränderungen der Krümmungsradien der optisch wirksamen Flächen zur Folge. Die gleichzeitig auftretende Ausdehnung oder Zusammenziehung des Kameragehäuses hat ebenfalls eine gewisse Wirkung, die, obwohl sie in gewissen Fällen ausgleichend wirkt, doch im allgemeinen die gleiche Größenordnung und die gleiche Zeitkonstante aufweist wie die Ausdehnungs- und Zusammenziehungserscheinungen im Glas. Aus diesen Gründen hat man versucht, die Temperatur von Luftbildkameras mittels Heizvorrichtungen möglichst konstant zu halten. Es ist jedoch in der Praxis nicht möglich, eine Kamera auf eine bestimmte maximale Betriebstemperatur einzustellen und sie dann bei jeder Gelegenheit, bei welcher sie in einer niedrigeren Temperatur verwendet werden soll (z. B. bei Flügen in gemäßigten oder kalten Zonen), eigens vorher betriebsfertig zu machen, indem man die ganze Kamera auf die Betriebstemperatur bringt. Diese würde die Aufnahmebereitschaft der Kamera wesentlich verschlechtern. Es besteht also ein Bedürfnis nach einer einfachen und verläßlichen Einrichtung, mittels welcher die Scharfeinstellung der Kamera der während des Betriebes herrschenden Temperatur angepaßt werden kann.

2

In einer Kamera, die mit einem prismatischen Keil für die Entfernungseinstellung ausgestattet ist, kann dies gemäß der Erfindung in einfacher Weise dadurch geschehen, daß man die Kamera mit einem zweiten prismatischen Keil versieht, welcher in einer der Verschieberichtung des ersten Keils im wesentlichen parallelen Richtung in verschiedene Lagen verschoben werden kann und dessen oberes Ende in die dem oberen Ende des ersten Keils entgegengesetzte Richtung zeigt. Wenn man nun bei verschiedenen Temperaturen die Einstellung des zweiten Keils feststellt, bei welcher sich die beste Bildschärfe ergibt, hat man die Möglichkeit, die Temperatureinwirkungen völlig auszugleichen und dabei gleichzeitig die bei Verwendung nur eines Keils auftretenden Nachteile zu vermeiden. Diese Nachteile bestehen in der in bezug auf die optische Achse schrägen Lage der Brennebene, die sich aus der unterschiedlichen Dicke des Keils von einer Kante der Brennebene zur anderen ergibt, sowie aus der durch den Keil hervorgerufenen chromatischen Aberration. Gemäß der Erfindung können zwei Keile zusammen als eine dünne, planparallele Platte senkrecht zur optischen Achse wirken, wenn zwei gleiche Keile verwendet werden, deren Flächen jeweils paarweise parallel zueinander angeordnet sind derart, daß die einander abgewandten Flächen der Keile senkrecht zur optischen Achse stehen.

Die Erfindung ist unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung ist eine beispielsweise Ausführungsform der Keilanordnung

gemäß der Erfindung, zusammen mit der Verstelleinrichtung für die Keile, dargestellt. Es versteht sich, daß die Erfindung auf Kameras verschiedener Art angewandt werden kann, die in ihrem Aufbau und in ihrer Arbeitsweise stark voneinander abweichen; aus diesem Grunde ist in der Zeichnung die eigentliche Kamera nicht dargestellt.

In der Zeichnung ist mit **1** die Brennebene einer Luftbildkamera, mit **2** ein die Temperatureinwirkungen auf die Scharfeinstellung ausgleichender Keil und mit **3** ein parallel zum Keil **2** angeordneter Keil gleicher Form bezeichnet, welcher dazu dient, die Einstellung der Kamera der Flughöhe anzupassen. Die beiden Keile sind hintereinander kurz vor der Brennebene und im wesentlichen parallel zu dieser angeordnet. Sie sind in Rahmen **4** bzw. **5** gelagert, welche unabhängig voneinander in einfachen Parallelführungen des nicht dargestellten Kameragehäuses verschiebbar sind. Dies ermöglicht eine Veränderung der Dicke des jeweils vor der Brennebene befindlichen Teils der Keile. Bei der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform wird diese Verschiebung mittels zweier Muttern **6** und **7** bewirkt, welche an den Rahmen **4** bzw. **5** befestigt sind und die Stellschrauben **8** bzw. **9** aufnehmen. Auf der Stellschraube **9** ist ein Zahnrad **11** befestigt, welches über ein Zahnrad **12** von einem Motor **13** angetrieben wird.

Der Motor **13** wird vom Kameramann ferngesteuert. Eine Fernanzeige der Einstellung des Keils **3** erfolgt mittels eines Kreuzspulinstruments **16**, das von einem Potentiometer **15** gespeist wird, dessen Bürstenarm durch das Zahnrad **14** antriebsmäßig mit dem Antriebszahnrad des Keils verbunden ist.

Auf der Stellschraube **8** ist ein Zahnrad **10** angeordnet, welches mit einem weiteren Zahnrad **17** kämmt. Die Welle **19** dieses letztgenannten Zahnrades ist mit einem Einstellknopf **18** versehen, welcher aus dem nicht dargestellten Kameragehäuse herausragt und somit von Hand gedreht werden kann.

Bei der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform wird angenommen, daß eine Einstellung in bezug auf Temperatur verhältnismäßig selten erforderlich ist, so daß auf eine Fernbedienung verzichtet werden kann. Wenn erwünscht, kann jedoch selbstverständlich eine Fernsteuerung für den die Temperatureinwirkungen ausgleichenden Keil **2**, oder sogar eine selbsttätige Steuerung unter dem Einfluß eines geeigneten, in die Kamera eingebauten Temperaturmessers vorgesehen werden.

In der Zeichnung ist ferner ein Thermostat **21** dargestellt, welcher durch das Zahnrad **20** mit der Einstelleinrichtung des Keils **2** gekuppelt ist und eine Heizvorrichtung, z. B. einen elektrischen Heizdraht **22**, steuert. Auf diese Weise kann die Temperatur der Kamera selbsttätig auf den Wert gebracht werden, auf den die Kamera mittels des Keils **2** eingestellt ist, und sie kann sodann durch den Thermostat **21** auf diesem Wert gehalten werden.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Luftbildkamera, bei welcher zur Scharfeinstellung ein prismatischer Keil in einem geringen Abstand vor der Brennebene und im wesentlichen parallel zu dieser verschiebbar angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß in geringem Abstand von diesem Keil ein zweiter prismatischer Keil angeordnet ist, welcher in einer der Verschieberichtung des ersten Keils im wesentlichen parallelen Richtung verschiebbar ist und dessen oberes Ende in die dem oberen Ende des ersten Keils entgegengesetzte Richtung zeigt, wobei eine Einrichtung vorgesehen ist, mittels welcher im Falle von Veränderungen in der Temperatur der Kamera der zweite prismatische Keil so verschoben wird, daß der Einfluß der Temperatur auf die Lage der Brennebene im wesentlichen ausgeglichen wird.

2. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die prismatischen Keile die gleiche Form aufweisen und so angeordnet sind, daß die Keilflächen jeweils paarweise parallel sind, während die voneinander abgewandten Keilflächen senkrecht zur optischen Achse der Kamera stehen.

In Betracht gezogene Druckschriften:
USA.-Patentschrift Nr. 2 258 903.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

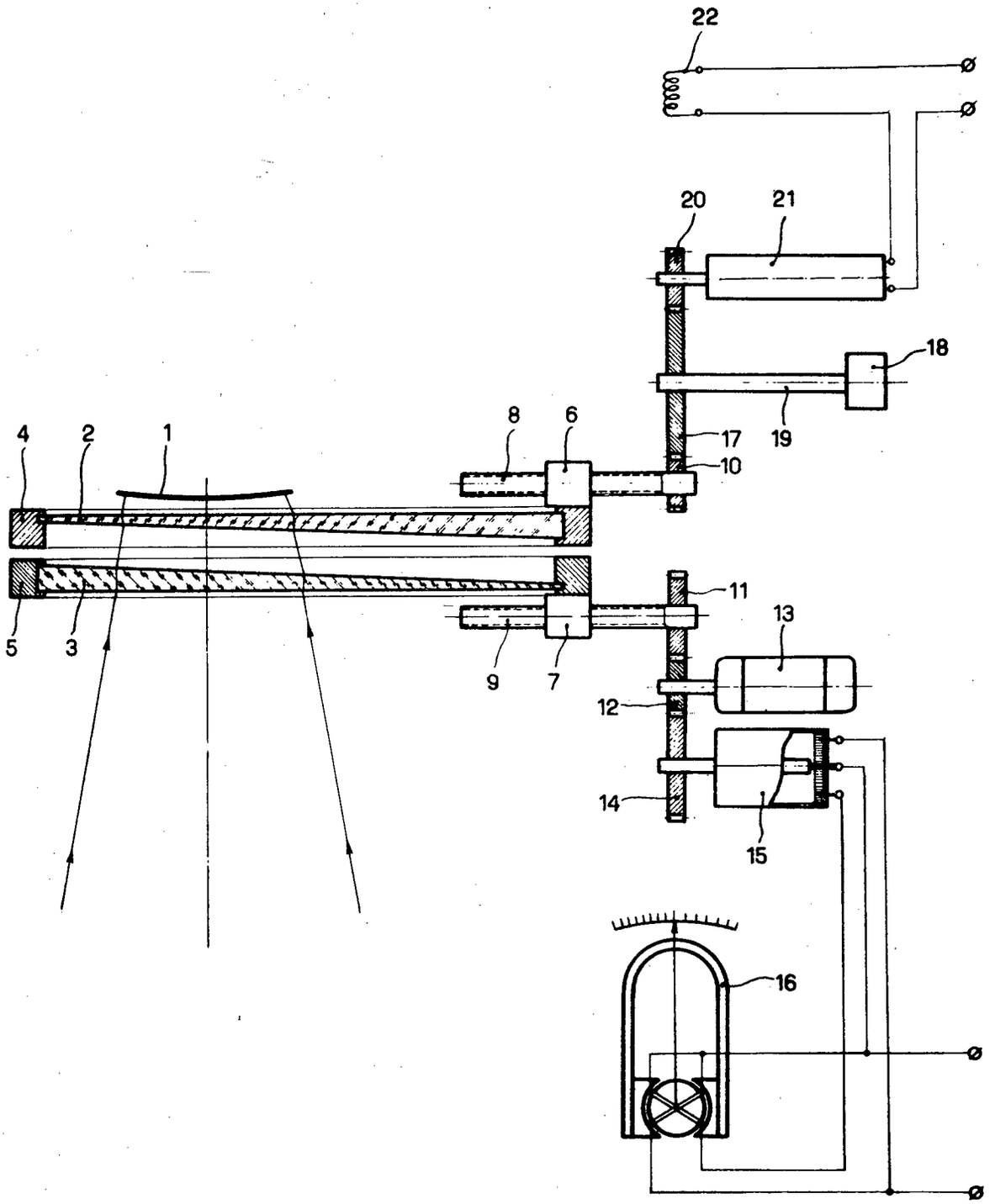
109 650/128 7. 61
(209 533/121 3. 62)

AUSGABETAG: 8. MÄRZ 1962

DBP 1112395

KL. 57a 7/07

INTERNAT. KL. G 03b



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND KL. 57a 6/02
DEUTSCHES PATENTAMT INTERNAT.KL. G 03b

AUSLEGESCHRIFT 1 136 567

P 24373 IXa/57a

ANMELDETAG: 3. FEBRUAR 1960
BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 13. SEPTEMBER 1962

Luftbild-Panoramakamera

Anmelder:
The Perkin-Elmer Corporation, Norwalk, Conn. (V. St. A.)
Vertreter: Dr. F. Pommer, Rechtsanwalt, Düsseldorf-Gerresheim, Heyestr. 52

Beanspruchte Priorität:
V. St. v. Amerika vom 6. Februar 1959 (Nr. 791 628)

Roderic M. Scott, Stamford, Conn. (V. St. A), ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft eine Luftbild-Panoramakamera mit kontinuierlich ablaufendem Film und kontinuierlich umlaufenden Spiegelmitteln.

Es sind kinematographische Panoramakameras bekannt, bei denen der Film kontinuierlich an einem Spalt vorbeiläuft und vor dem Spalt gleichzeitig mittels eines rotierenden reflektierenden Gliedes und einer ebenfalls rotierenden Abbildungsoptik ein reelles Bild eines aufzunehmenden Panoramas erzeugt und vorbeibewegt wird. Auf diese Weise kann man ein Panorama über einen Winkelbereich von 360° erzeugen. Wenn man aber nur einen Winkelbereich von 180° überstreichen will, dann muß man bei diesen Kameras den Film periodisch anhalten, oder es entsteht ein unerwünschter toter Abstand zwischen den Bildern, welcher zu unnötigem Filmverbrauch führt.

Für Luftbild-Panoramakameras ist aber in der Tat nur ein Winkelbereich von 180° interessant, und dementsprechend haben bekannte Kameras dieser Art den Nachteil, daß der Filmvorschub diskontinuierlich erfolgt. Durch die Anlauf- und Abbremserschütterungen, die entstehen, wenn der Film aus der Ruhelage auf seine normale Vorschubgeschwindigkeit beschleunigt oder von dieser wieder beim Erreichen des Bildendes abgebremst werden muß, entstehen Vibrationen, welche die Bildgüte und das Auflösungsvermögen verschlechtern. Das gleiche gilt für die übrigen Teile der Kamera.

Es ist bekannt, bei Panoramakameras mit kontinuierlich umlaufenden Spiegelmitteln das Abwickeln des Filmes von der Abwickelspule und das Aufwickeln auf die Aufwickelspule kontinuierlich zu bewirken, während der Film im Bereich der Bildbühne ungleichförmig, nämlich mit Pausen, gefördert wird. Zum Ausgleich der Bewegungsunterschiede sind zwischen der Bildbühne und den Filmspulen jeweils Schleifen des Filmes vorgesehen, welche diese Ungleichförmigkeiten aufnehmen. Solche Schleifen sind störend und machen die Kamera unerwünscht sperrig. Auch müssen dabei ebenfalls die Filmtransportmittel und der Film im Bereich der Bildbühne angehalten und wieder beschleunigt werden, was die geschilderten unerwünschten Folgen hat.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diese Nachteile der bekannten Luftbild-Panoramakameras zu vermeiden und eine Kamera zu schaffen, bei welcher trotz Abtastung eines Winkels kleiner als 360° der Filmvorschub vollständig kontinuierlich erfolgt und auch die sonstigen Teile kontinuierliche Bewegungen ausführen, ohne daß andererseits tote Zonen auf dem Film entstehen.

2

Das wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß ein Spiegelmittel das aufzunehmende Panorama abwechselnd in die Strahlengänge zweier Abbildungssysteme einspiegelt.

Die kontinuierlich umlaufenden Spiegelmittel erfassen ein Panorama von Horizont zu Horizont unterhalb der Kamera, also einen Winkelbereich von 180°, auf einem Winkelweg von 90°. Während der nächsten 90°-Drehung würden sie den Halbkreis oberhalb der Kamera erfassen und in den gleichen Abbildungsstrahlengang einspiegeln, weshalb der letztere während dieses Winkelweges durch einen Verschluß unterbrochen ist. Da aber der Film währenddessen weiter kontinuierlich abläuft, wird ein zweites Abbildungssystem vorgesehen, in welches während dieses Winkelweges der Spiegelmittel das unterhalb der Kamera liegende Panorama eingespiegelt wird. Der kontinuierlich ablaufende Film wird somit voll ausgenutzt.

Die Erfindung ist im folgenden an Hand eines in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 ist ein schematischer Schnitt durch eine Kamera nach der Erfindung, und zwar senkrecht zur Flugrichtung;

Fig. 2 veranschaulicht die Wirkungsweise der Spiegelmittel;

Fig. 3A und 3B veranschaulichen Mittel zur Erzielung einer gleichmäßigen Überdeckung aufeinanderfolgender Bilder;

Fig. 4 zeigt schaubildlich den Mechanismus zur Bewegung der einzelnen Teile der Kamera.

In Fig. 1 ist mit **10** ein Filmstreifen bezeichnet, welcher von einer Filmabwickelspule **11** auf eine Aufwickelspule **12** gefördert wird. Hinter der Abwickelspule läuft der Film zwischen einem Rollenpaar **13, 14** hindurch, die an die beiden Seiten des Filmes angepreßt werden. Die Rolle **14** wird angetrieben und dient dazu, den Film von der Abwickelspule abzuziehen. Ein geeignetes Filmmeßsystem **15** regelt die Filmgeschwindigkeit, so daß der Film mit einer gleichförmigen Vorschubgeschwindigkeit und unter konstanter Spannung gefördert wird. Hinter der Einheit **15** läuft der Film zwischen Rollen **16** und **17** hindurch, hinter einem ersten Spalt **18** entlang, um eine Rolle **19** herum, hinter einem zweiten Spalt **21** entlang und zwischen Rollen **22** und **23** hindurch. Die Rolle **23** ist die Filmantriebsrolle, welche zusammen mit der Rolle **22** den Film an den Spalten vorbeifördert.

Der Film wird dann von einer Filmmeßvorrichtung **24** aufgenommen und der Aufwickelspule **12** zugeführt. Die Filmmeß- und Regelvorrichtungen **15** und **24** können jede geeignete Form haben, und da die Einzelheiten derselben keinen Teil der vorliegenden Erfindung bilden, sind sie hier in Blockform dargestellt. Es braucht nur erwähnt zu werden, daß sie dazu dienen, einen kontinuierlichen und gleichförmigen Filmvorschub sicherzustellen.

Das Abtastprisma **25** ist auf einer Welle **26** gelagert, welche mit gleichförmiger Geschwindigkeit angetrieben wird. Das kann über ein geeignetes Getriebe von dem Filmvorschubantrieb aus geschehen, wie das in Fig. 4 dargestellt ist. Die Welle der Filmantriebsrolle **14** ist über Kegelräder mit einer senkrechten Welle **48** gekoppelt, die ihrerseits das Prisma über einen zweiten Satz von Kegelrädern in Drehung versetzt. Es ist selbstverständlich, daß man auch andere Kupplungsanordnungen benutzen könnte, um die nötige Synchronisierung zwischen Filmvorschub und Prismendrehung sicherzustellen. Das Abtastprisma besteht aus zwei rechtwinkligen Prismen, deren Hypotenusenflächen aneinanderliegen, so daß eine reflektierende Fläche gebildet wird. Ein erster Strahlengang enthält ein geeignetes Objektiv **27**, welches neben dem Abtastprisma angeordnet ist und dessen optische Achse unter einem Winkel Θ gegen die Horizontale geneigt ist. Das abgetastete Bild wird durch einen Spiegel **28** und eine Feldlinse **29** auf den Spalt **18** geleitet. Der zweite Strahlengang ist in seinem Aufbau symmetrisch zu dem ersten und enthält ein Objektiv **31**, einen Spiegel **32** und eine Feldlinse **33**. Wie dargestellt ist, sind in den zwei Strahlengängen Verschlüsse **34** und **35** angeordnet, welche mit dem Prisma synchronisiert sind. Es ist eine Fensteranordnung, bestehend aus den Fenstern **36, 37** und **38**, vorgesehen. Diese würde auf dem Boden des Flugzeuges, in welches die Kamera eingebaut wird, angeordnet sein. Das Abtastprisma **25** kann gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden, wie das durch den Pfeil **70** angedeutet ist. Wenn das Prisma in dieser Weise rotiert, leitet seine reflektierende Fläche **41** das Bild eines Geländestreifens von Horizont zu Horizont auf einen der Strahlengänge. Dann wird, nachdem das Prisma um einen vorgegebenen Winkel weitergedreht ist, der nächste Geländestreifen abgetastet, und dessen Bild gelangt über den zweiten Strahlengang auf den Film. Die so erzeugten Bilder treten jeweils durch einen der

Spalte **18** oder **21**, die parallel zur Flugrichtung liegen, also senkrecht zur Papierebene in Fig. 1.

Da die Abtastung des Geländes durch Drehung eines Prismas mit einer reflektierenden Fläche erfolgt, bewegt sich das Bild mit der doppelten Umlaufgeschwindigkeit des Prismas. Die lineare Geschwindigkeit des Bildes ist die Umlaufgeschwindigkeit, ausgedrückt in Radiant pro Zeiteinheit, mal Brennweite. Damit das photographische Bild scharf wird, muß der Film mit einer linearen Geschwindigkeit transportiert werden, die gleich der des Bildes ist. Eine weitere Folge der Tatsache, daß das Bild mit der doppelten Umlaufgeschwindigkeit des Prismas wandert, ist, daß das Gelände bei jeder Umdrehung des Prismas zweimal abgetastet wird. In Fig. 2 ist die Achse jedes Objektivs **27** und **31** unter einem Winkel Θ nach oben geneigt. Obwohl dies nicht unbedingt nötig ist, gestattet eine solche Anordnung doch, daß jedes Objektiv unter dem anderen hindurchblicken kann, um die Horizontalrichtung noch mit zu erfassen. Wenn die Spiegelfläche **41** unter einem Winkel $\Theta/2$ vor der Vertikalen steht, wird die linke Horizontalrichtung auf die Linse **27** längs deren optischer Achse gelenkt, und der Verschluß **34** öffnet. Nachdem der Spiegel einen Winkelweg von 90° durchlaufen hat und $\Theta/2$ vor der waagerechten Lage steht, wird die rechte Horizontalrichtung längs der optischen Achse des Objektivs **27** reflektiert, und der Verschluß **34** schließt. In der Mitte zwischen diesen beiden Stellungen geht der Spiegel durch eine Winkellage hindurch, bei welcher ein Punkt direkt unterhalb der Kamera in die optische Achse des Objektivs **27** reflektiert wird, wie das durch die strichpunktierte Linie **41** in Fig. 2 dargestellt ist. Im weiteren Verlauf der Drehung, wenn der Spiegel in dem Prisma in eine Lage $\Theta/2$ nach der Horizontalen gelangt ist, wird die linke horizontale Richtung in die optische Achse des Objektivs **31** reflektiert, und der Verschluß **35** öffnet. Nach weiterer 90°-Drehung gelangt der Spiegel in eine Stellung $\Theta/2$ nach der Vertikalen, und dann wird die rechte horizontale Richtung in die optische Achse des Objektivs **31** reflektiert, und der Verschluß **35** schließt. Da dies bei einem Winkel geschieht, der um Θ gegenüber der Ausgangsstellung versetzt ist, tritt eine Überschneidung zwischen den Belichtungen durch die Linse **27** und die Linse **31** ein. Der Verschluß **34** öffnet, wenn der Spiegel in einem Winkel $\Theta/2$ vor der Vertikalen steht, und der Verschluß **35** schließt nicht, ehe der Spiegel $\Theta/2$ nach der Vertikalen steht. Während das abgetastete Bild auf das Objektiv **31** geleitet wurde, durchlief der Spiegel eine Lage, in welcher ein Objekt direkt unterhalb der Kamera in die optische Achse des Objektivs gespiegelt wurde. Diese Lage ist durch die ausgezogene Linie in Fig. 2 dargestellt. Es ist klar, daß der Winkel zwischen den zwei Stellungen des Spiegels, in welchen das Nadir erst auf die Achse des ersten Objektivs **27** und dann auf die Achse des Objektivs **31** gespiegelt wird, $\frac{\pi}{2} + \Theta$ ist, während der Winkel zwischen den zwei Stellungen, in denen das Nadir erst auf Objekt **31** und dann auf Objekt **27** gespiegelt wird, $\frac{\pi}{2} - \Theta$ ist. Da diese zwei Winkel sich um $2\,\Theta$ unterscheiden und da das Prisma sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit dreht, werden die Nadirpunkte nicht in gleichen Zeitintervallen erfaßt. Der Film bewegt sich auch mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit. Somit würde

der Abstand auf dem Film zwischen entsprechenden Punkten auf benachbarten Bildern nicht gleich sein, wenn nicht die Bilder räumlich verschoben würden. Das wird durch eine Versetzung der Spalte **18** und **21** erreicht, derart, daß der Abstand zwischen ihnen längs des Filmweges 2Θ Radiant mal Brennweite ist.

Da die Zeitabschnitte zwischen aufeinanderfolgenden Bildern nicht gleich sind und das Flugzeug, in welches die Kamera eingebaut ist, mit konstanter Geschwindigkeit fliegt, ist Vorsorge für die Kompensation der ungleichen Bildüberlappungen getroffen worden, die sonst auftreten würden. Bei einer Prismendrehung von Φ Radiant pro Sekunde kann das Zeitintervall zwischen aufeinanderfolgenden Bildern wie folgt dargestellt werden:

$$\Delta t = \frac{\frac{\pi}{2} + \Theta}{\Phi}.$$

Für die Objektive hat sich ein Neigungswinkel von ungefähr 15° als zweckmäßig erwiesen. Somit wird

$$\Delta t = \frac{\pi(6 \pm 1)}{12\,\Phi},$$

so daß die Zeitabstände zwischen den Bildern im Verhältnis 5 : 7 abwechseln. Wenn dabei jede Linse auf der Filmmittellinie zentriert wäre, so würde die Überdeckung der Bilder sich im selben Verhältnis abwechselnd ändern. Da aber eine konstante, gleichförmige Überdeckung wünschenswert ist, sind die Objektive **27**, **31** in Flugrichtung oder senkrecht zur Ebene von Fig. 1 gegeneinander versetzt.

Das Objektiv **27** ist etwas nach hinten und das Objektiv **31** etwas nach vorn in Flugrichtung verschoben, um eine konstante Überdeckung von aufeinanderfolgenden Bildern zu erhalten. Das sieht man deutlich aus Fig. 3A, in welcher die Bildfeldüberschneidung ohne Linsenverschiebung dargestellt ist. Wenn beispielsweise eine 55%ige Überdeckung verlangt wird, so ist das Bild bei jeder nachfolgenden Abtastung um 45% der Filmbreite gegenüber der vorangehenden Abtastung verschoben, oder 90% für das einer ganzen Umdrehung entsprechende Intervall von zwei Abtastungen. Bei dem obigen Beispiel, bei dem sich das Zeitintervall im Verhältnis von 5 : 7 ändert, würde die tatsächliche Bildverschiebung ohne Linsenversetzung sich zwischen 37½ und 52½% der Filmbreite ändern. Um eine konstante Überschneidung bei diesem Beispiel zu erzielen, sind die Linsen im Abstand der halben Differenz oder 7½% voneinander angeordnet, um so eine 45%-Bildverschiebung oder die verlangte 55%ige Überdekkung zu erhalten.

Das ist in Fig. 3B dargestellt, in welcher **42** die Bildmittellinie für die Abtastung durch Linse **31** bezeichnet, welche leicht nach vorn geneigt ist, und die Linie **43** die Bildmittellinie für die Abtastung durch die Linse **27**, die leicht nach rückwärts versetzt ist. Man sieht so, daß diese zwei aufeinanderfolgenden Bilder, welche ohne Versetzung der Objektive sich zu 47% überdecken würden, nun zu 55% überdeckt. Wenn dann das Bild wieder auf das Objektiv **31** geleitet wird, welches nach vorn versetzt ist, so ist die Bildüberdeckung mit dem vorangehenden Bild ebenfalls 55%.

Es ist zu berücksichtigen, daß durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeuges längs seiner Flugbahn während jeder Streifenabtastung eine relative Bildbewegung stattfindet. Es hat sich gezeigt, daß diese Erscheinung bequem dadurch kompensiert werden kann, daß die Linsen **27** und **31** senkrecht zur Flugrichtung und synchron mit dem umlaufenden Prisma hin- und herbewegt werden. Bei der Abtastung nach der Erfindung ist die Bildbewegung sinusförmig, wobei die maximale Geschwindigkeit im Nadir auftritt. Diese Kompensation der Bildbewegung kann durch harmonische Bewegung der Objektive **27**, **31** mittels geeigneter Vorrichtungen bewirkt werden, die mit dem Antrieb für das Prisma gekoppelt sind.

Fig. 4 stellt ein Mittel zur Erzielung harmonischer Bewegung der Objektive synchron mit dem rotierenden Prisma dar. Ein Motor **44** dreht eine Welle **45**, welche die Filmantriebsrolle **14** treibt. Über das mechanische Getriebe, bestehend aus den Kegelrädern **46**, **47**, der Welle **48**, den Kegelrädern **49**, **51** und der Welle **26**, wird das Prisma **25** synchron mit der Filmantriebsrolle gedreht. Ein Kegelrad **53** auf der Welle **48** greift in ein Paar von Zahnrädern **54**, **55** ein, welche auf Wellen **56** bzw. **57** sitzen und Scheiben **58** bzw. **59** in Drehung versetzen. Jede dieser Scheiben hat einen Zapfen, wie der Zapfen **61** der Scheibe **59**, welcher von einem geschlitzten Teil **62** und **63** umfaßt wird. Jedes dieser Teile ist mit einer Schubstange **64** bzw. **65** verbunden. Somit wird durch die Rotation der Scheiben den Objektiven **31** und **27** eine harmonische Bewegung erteilt, so daß sie in Führungsbahnen **66** bzw. **67** hin- und herbewegt werden.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Luftbild-Panoramakamera mit kontinuierlich ablaufendem Film und kontinuierlich umlaufenden Spiegelmitteln, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Spiegelmittel das aufzunehmende Panorama abwechselnd in die Strahlengänge zweier Abbildungssysteme einspiegeln.

2. Luftbild-Panoramakamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den Strahlengängen der beiden Abbildungssysteme unmittelbar vor dem Film Spaltblenden angeordnet sind.

3. Luftbild-Panoramakamera nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Film mit einer Geschwindigkeit abläuft, welche der doppelten Umlaufgeschwindigkeit der Spiegelmittel multipliziert mit der Brennweite der Abbildungssysteme entspricht.

4. Luftbild-Panoramakamera nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptachsen der Abbildungssysteme gegenüber der Horizontalen um einen Winkel geneigt sind und daß der längs des Filmes gemessene Abstand der Spalte einer Drehung der Spiegelmittel um den doppelten Neigungswinkel entspricht.

5. Luftbild-Panoramakamera nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelmittel von zwei mit ihren reflektierenden Grundflächen aneinanderliegenden Dachkantprismen gebildet werden.

6. Luftbild-Panoramakamera nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei welcher die Spiegelmittel um eine zur Flugzeugachse parallele Achse umlaufen, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungssysteme in Flugrichtung gegeneinander versetzt angeordnet sind.

7. Luftbild-Panoramakamera nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungssysteme zum Ausgleich der Bildbewegung eine

etwa sinusförmige Bewegung in Flugrichtung ausführen.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschrift Nr. 380 102;
belgische Patentschrift Nr. 513 184;
französische Patentschriften Nr. 701 519, 1 164 302;
USA.-Patentschrift Nr. 2 593 088.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

209 640/119 9. 62

AUSGABETAG: 13. SEPTEMBER 1962

DAS 1 136 567
KL. 57a 6/02
INTERNAT. KL. G 03b

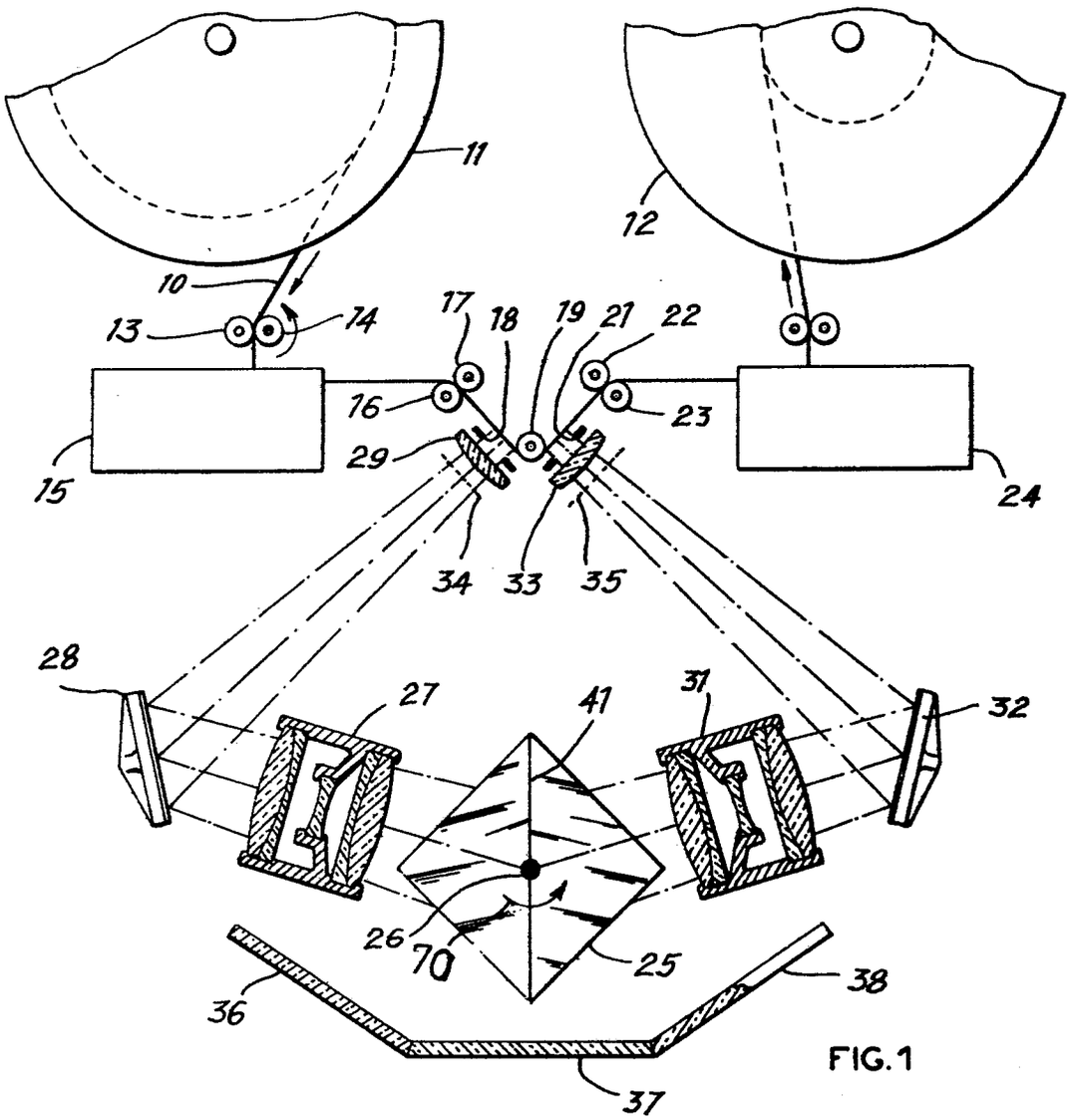
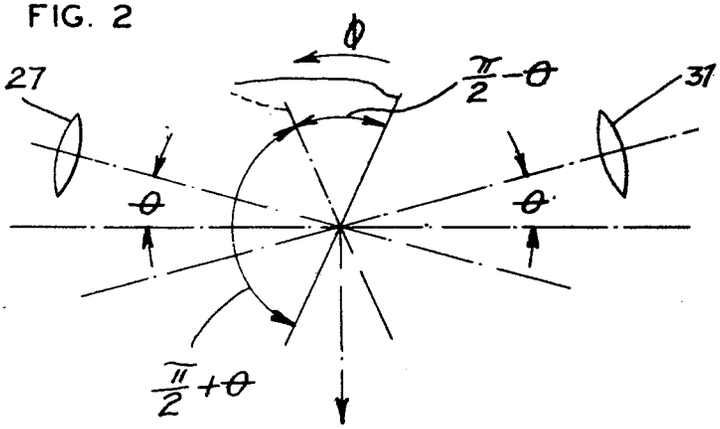


FIG. 1

FIG. 2



AUSGABETAG: 13. SEPTEMBER 1962

DAS 1 136 567
KL. 57a 6/02
INTERNAT. KL. G 03b

FIG. 3A

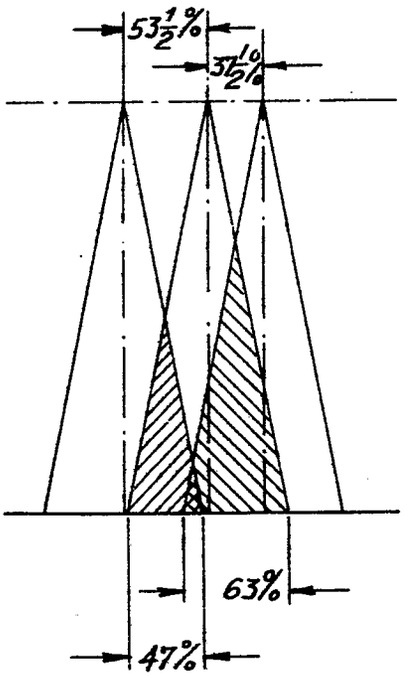
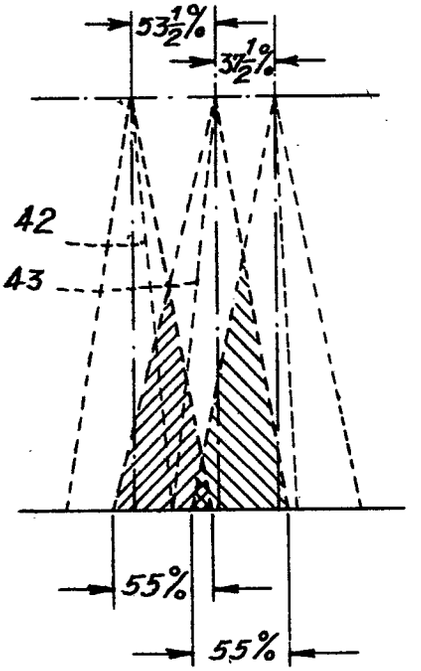


FIG. 3B



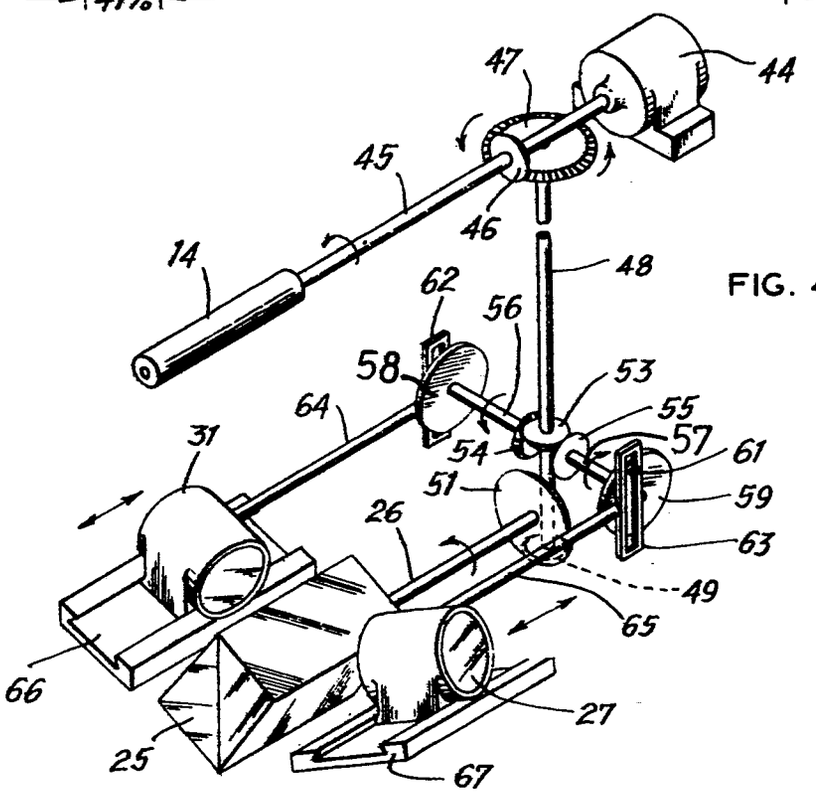


FIG. 4

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

Internat. Kl.: G 03 b

Deutsche Kl.: 57 a - 5/09

AUSLEGESCHRIFT 1 170 769

Nummer: 1 170 769
Aktenzeichen: J 21526 IX a / 57 a
Anmeldetag: 30. März 1962
Auslegetag: 21. Mai 1964

Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes

Anmelder:
Jenoptik Jena G. m. b. H., Jena, Carl-Zeiss-Str. 1

Als Erfinder benannt:
Dipl.-Ing. Horst Schoeler,
Dr.-Ing. Otto Weibrecht, Jena

1

Zur Herstellung eines Luftbildplanes werden bekanntlich die Originalnegative in einem Entzerrungsgerät entzerrt, auf einen einheitlichen Maßstab gebracht, die entzerrten Projektionen photographisch festgehalten und die positiven Papierbilder aneinandergefügt. Die im Bildplan infolge der Zentralprojektion auftretenden Lagefehler der einzelnen Bildpunkte werden, abgesehen vom Aufnahmewinkel der Bildkammer, von den Höhenunterschieden des Geländes erheblich beeinflußt, so daß diese Art der Herstellung von Bildplänen oder -karten hinsichtlich ihrer Genauigkeit bei Luftbildern bewegten Geländes versagt.

Die Entzerrung von Luftbildern unebenen Geländes mittels eines Entzerrungsgerätes setzt mehr oder weniger die näherungsweise Kenntnis des Geländereliefs voraus. Dieses läßt sich zusammen mit der Situation leicht aus von verschiedenen Standpunkten aufgenommenen, sich überdeckenden Luftbildern mit Hilfe eines Stereoauswertegerätes ermitteln, so daß eine Entzerrung und ein Luftbildplan überflüssig erscheinen. Für viele geologische, land- und forstwirtschaftliche oder bautechnische Zwecke ist jedoch der genaue Luftbildplan wegen seines Detailreichtums der Signaturenkarte überlegen. Man hat daher zur Schaffung ausreichend genauer Luftbildpläne oder -karten mittel- oder starkbewegten Geländes Stereoauswertegeräte, die nach dem Porro-Koppeschen Prinzip wirkend die Rückprojektion von unverzerrten Strahlenbündeln gestatten, so ausgebildet oder mit handelsüblichen Projektionsgeräten, deren Projektoren mit denen der Auswertegeräte übereinstimmen, so gekoppelt, daß mit ihnen Bildpläne erhalten wurden, die vom Einfluß der Bildneigung und der Geländehöhenunterschiede frei waren. Zur hierbei erforderlichen Umwandlung des zentralperspektiven in ein orthographisches Luftbild werden die in das Stereoauswertegerät orientiert eingelegten Bildnegative streifenweise abgetastet, das Profil des jeweiligen Streifens gebildet und eines der orientierten Luftbilder mit Hilfe eines Spaltes differentiell auf eine photographische Schicht projiziert. Durch eine Relativbewegung des Spaltes zum Träger der photographischen Schicht entlang den Profilen, parallel zur Projektionsebene und durch Änderung des Abstandes zwischen Projektionszentrum und Schichtträger nach Maßgabe der Profile wird nach und nach das gesamte im Detail und insgesamt entzerrte Bild auf den Schichtträger projiziert. Profilermittlung und Entzerrung können gleichzeitig oder nacheinander mit demselben Gerät oder mit verschiedenen Geräten durchgeführt werden.

2

Der Mangel aller bekannten Vorrichtungen zur streifenweisen differentiellen Entzerrung von Luftbildern ist durch die Verwendung von Stereoauswertegeräten, die nach dem Porro-Koppeschen Prinzip wirken, bedingt und besteht darin, daß zu jeder Aufnahmebrennweite in dem Auswerte- und Projektionsgerät spezielle Projektoren gleicher Brennweite und gleichen Öffnungswinkels des Projektionsobjektivs zur Entzerrung verwendet werden müssen.

Ziel der Erfindung ist daher eine Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes, die unter weitestgehender Ausnutzung der instrumentellen Gegebenheiten ein Stereoauswertegerät und ein Projektionsgerät umfaßt, welche miteinander derart gekoppelt sind, daß der Projektionsabstand im Projektionsgerät entsprechend einem im Stereoauswertegerät ermittelten Profil kontinuierlich veränderbar ist, und die ohne eine Vielzahl von auswechselbaren Projektoren mit unterschiedlichen, den der Aufnahmekammern entsprechenden Brennweiten universell für Aufnahmen anwendbar ist, die mit beliebigen Brennweiten vorgenommen worden sind.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ergibt sich eine solche Vorrichtung, wenn das Projektionsgerät als Entzerrungsgerät ausgebildet und mit dem Stereoauswertegerät über einen Steuermechanismus gekoppelt ist, der den Projektionsabstand im Entzerrungsgerät in Abhängigkeit von der Aufnahmebrennweite des Luftbildes, der Entzerrungsbrennweite, der Neigung des Projektionstisches und der jeweiligen Profilhöhe steuert.

Das Prinzip, nach dem das Entzerrungsgerät gebaut ist, ist an sich belanglos und bestenfalls für die konstruktive Durchbildung von Bedeutung. Hinsichtlich des Steuermechanismus kann der Geräteaufbau eine gewisse Vereinfachung bringen; z. B. geht bei einem nach der feststehenden vertikalen optischen Achse aufgebauten Entzerrungsgerät die Neigung der Projektionsebene wegen ihrer Veränderlichkeit in die

Steuerung ein, während bei einem Geräteaufbau nach der Senkrechten zur Projektionsebene die Neigung nicht in die Steuerung eingeht, weil die Projektionsebene keine Neigungsänderung erfährt.

Das zur Verwendung kommende Entzerrungsgerät ist mit an sich bekannten automatischen Steuerungen für den Fluchtpunkt entsprechend der Perspektivbedingung, für die Scharfabbildung nach Scheimpflug und zur Erfüllung der Linsengleichung, versehen. Es ist ferner eingerichtet zur Entzerrung von Luftbildern nach Einstellwerten, besitzt also einen um zwei Achsen schwenkbaren und in seiner Ebene kantbaren Bildträger. Die Berechnung der Einstellwerte erfolgt erst nach der gegenseitigen und absoluten Orientierung des Bildpaares im Stereoauswertegerät an Hand der dort für das zu entzerrende Bild ermittelten Daten der äußeren Orientierung.

Bei der Koppelung, die vorteilhaft auf elektrischem Wege unter Zuhilfenahme von elektrischen Übertragungskanälen und sogenannten Drehmeldern erfolgt, ist streng darauf zu achten, daß die Primärachse des Entzerrungsgerätes der Primärachse des Stereoauswertegerätes zugeordnet ist.

Damit die Koppelung von Entzerrungsgerät und Stereoauswertegerät nicht auf ein bestimmtes Auswertegerät beschränkt ist, ist der Steuermechanismus vorteilhaft mit dem Entzerrungsgerät fest verbunden. Darüber hinaus wird dadurch eine Vorrichtung zur differenziellen Entzerrung von Luftbildern mit geringstem konstruktivem Aufwand gewährleistet.

Ein einfacher Mechanismus zur Steuerung des Projektionsabstandes im Entzerrungsgerät besteht aus einer Art Schmiege, bei der ein Schenkel fest und der andere Schenkel nach Maßgabe der im Stereoauswertegerät ermittelten Profilhöhen mit Hilfe eines Antriebsmittels schwenkbar angeordnet ist, das in einem von der Aufnahmebrennweite und der Projektionsebenenneigung abhängigen Abstand von der Schwenkachse der Schmiege rechtwinklig zum festen Schenkel wirkt, wobei am schwenkbaren Schenkel ein Abtrieb vorgesehen ist, dessen Projektion auf den festen Schenkel im Abstand der Entzerrungsbrennweite von der Schwenkachse der Schmiege liegt. Dieser Steuerungsmechanismus kann auch so ausgebildet sein, daß mit ihm das Vergrößerungsverhältnis zwischen dem Modellmaßstab im Stereoauswertegerät und dem Entzerrungsmaßstab im Entzerrungsgerät berücksichtigt und damit besondere Übersetzungsgetriebe umgangen werden können.

Ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes gemäß der Erfindung ist in den Fig. 1 und 2 perspektivisch dargestellt.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung in schematischer Darstellung, und zwar sind nur die zum Verständnis der Erfindung erforderlichen Teile des Stereoauswertegerätes und des Entzerrungsgerätes angegeben; in

Fig. 2 ist ein auf mechanischer Grundlage aufgebauter Steuerungsmechanismus vergrößert dargestellt.

In Fig. 1 ist ein Stereoauswertegerät im wesentlichen dargestellt durch seine drei Hauptspindeln **1**, **2** und **3**, mit deren Hilfe die zur Messung erforderlichen Bewegungen in *x*-*y*- und *z*-Richtung eingegeben werden können. Mit der Spindel **1** ist ein sogenannter Basiswagen **4** verschiebbar, der zwei weitere Spindeln **5** und **6** für zwei Schlitten **7** und **8** aufweist, die in *x*-Richtung verschiebbar sind und auf denen je eine Meßmarke **9** bzw. **10** in *y*- und *z*-Richtung zur Einstellung der entsprechenden Basiskomponenten verschiebbar angeordnet ist. Die Spindel **2** dient zur Verschiebung eines Wagens **11** in der *y*-Richtung, auf dem die Spindel **3** zur Verschiebung eines weiteren Wagens **12** in *z*-Richtung gelagert ist. Am Wagen **12** sind zwei sich gegenseitig verlängernde winkelige Haltearme **13** und **14** vorgesehen, von denen jeder an seinem abgewinkelten Ende eine Projektionskammer **15** bzw. **16** mit dem Projektionszentrum **15'** bzw. **16'** trägt, in die die Meßbilder eingelegt werden. Die Projektionskammer **15** ist um zwei rechtwinklig aufeinander stehende Achsen X-X und Y_I-Y_I schwenkbar gelagert; das in sie eingelegte Meßbild ist kantbar um eine Achse Z_I-Z_I. Die Projektionskammer **16** ist ebenfalls um die Achse X-X und um eine senkrecht zu dieser stehende Achse Y_{II}-Y_{II} schwenkbar, welche zur Achse Y_I-Y_I parallel ist. Das in die Projektionskammer **16** eingelegte Bild ist um eine Achse Z_{II}-Z_{II} kantbar gelagert. Die Führungen für die Wagen und Schlitten sowie die Antriebsmittel der Spindeln sind zur Wahrung der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Bei stereoskopischer Betrachtung der orientierten Meßbilder mittels eines der Einfachheit halber nicht dargestellten optischen Betrachtungssystems verschmelzen diese zu einem Raumbild und die im Betrachtungssystem angeordneten Meßmarken **9** und **10** zu einer Raummarke, die durch Verschiebung des Basiswagens **4** in *x*-Richtung, des Wagens **11** in *y*-Richtung und des Wagens **12** in *z*-Richtung auf jeden Punkt des Raummodells eingestellt werden kann.

Das Entzerrungsgerät mit einem Geräteaufbau nach der vertikalen optischen Achse O-O besitzt eine stabile Säule **17**, auf der zwei Gleitstücke **18** und **19** verschiebbar in einem Abstand a übereinander angeordnet sind, der sich aus der Linsengleichung ergibt. Am Gleitstück **18** befindet sich eine um eine Achse Y_a-Y_a schwenkbare Gabel **20**, in der ein Bildträger **21** um eine Achse X_a-X_a schwenkbar gelagert ist, auf welchem ein Meßbild **22** um eine bei horizontaler Lage des Bildträgers **21** mit der Achse O-O zusammenfallende Achse Z_a-Z_a kantbar ist. Die Achsen X_a-X_a, Y_a-Y_a und Z_a-Z_a entsprechen den Achsen X-X, Y_I-Y_I und Z_I-Z_I, und das Meßbild **22** gleicht dem in die Projektionskammer **15** eingelegten. Das Gleitstück **19** ist mit einem Arm **23** zur Halterung eines Objektivs **24** versehen, dessen Hauptebenen zusammenfallen und in der Zeichnung durch die strichpunktierte Linie E-E angedeutet sind.

In einem von der Entzerrungsbrennweite f_e, der Aufnahmebrennweite f_a, der Höhe h des Projektionszentrums über einer durch einen Paßpunkt bestimmten Geländeebene sowie den Neigungen ν_a und $\nu_{a'}$ der Bildebene und der Projektionsebene im Hauptschnitt abhängigen Abstand

$$a' = a_0' + \Delta a' \qquad (1)$$

von der Objektivhauptebene E-E nach unten befindet sich ebenfalls eine Gabel **25**, die um eine zur Achse Y_a-Y_a parallele Achse $Y_{a'}$-$Y_{a'}$ unmittelbar an der Säule **17** schwenkbar angeordnet ist. In der Gabel **25** ist um eine zur Achse $Y_{a'}$-$Y_{a'}$ rechtwinklige Achse $X_{a'}$-$X_{a'}$ ein Projektionstisch **26** schwenkbar gelagert, der von zwei einen Spalt **27** miteinander bildenden und rechtwinklig zueinander verlaufenden Jalousien **28** und **29** gegen eine photographisch wirksame Be-

lichtung seiner gesamten oberen Fläche geschützt ist. Jede Jalousie **28** bzw. **29** ist an ihren gegenüberliegenden Enden mit zwei Walzen **30**, **31** bzw. **32**, **33** versehen, von denen die zur Jalousie **28** gehörenden Walzen **30** und **31** am Projektionstisch **26** selbst und die zur Jalousie **29** gehörenden Walzen **32** und **33** an der Jalousie **28** befestigt sind. Sämtliche Walzen stehen unter der Spannung von nicht dargestellten Spiralfedern, die den Walzen das Bestreben zum Aufrollen der Jalousien erteilen.

Zu beiden Seiten des Projektionstisches **26** sind einander und zur Achse $Y_{a'}$-$Y_{a'}$ parallel je eine Spindel **34** und eine Führung **35** als Antriebs- und Führungsmittel für einen Schlitten **36** am Projektionstisch selbst vorgesehen. Die Spindel **34** wird mit Hilfe eines Drehmelders **37** gedreht, der mit einem an der Spindel **2** des Stereoauswertegerätes befindlichen Drehmelder **38** über eine elektrische Leitung **39** verbunden ist, wobei der Stromfluß in dieser Leitung mit Hilfe eines Schalters **40** unterbrochen werden kann. Infolge der Drehung der Spindel **34**, die der Drehung der Spindel **2** entspricht, erfährt der Schlitten **36** eine Verschiebung in Richtung der Achse $Y_{a'}$-$Y_{a'}$ entsprechend der des Wagens **11** im Stereoauswertegerät. Auf dem Schlitten **36** ist eine Spindel **41** gelagert, die über zwei Drehmelder **42** und **43** sowie eine elektrische Leitung **44** und einen Schalter **44'** mit der Spindel **1** des Stereoauswertegerätes in Verbindung steht und ein Mutterstück **45** entsprechend dem Basiswagen **4** in Richtung der Achse $X_{a'}$-$X_{a'}$ bewegt. Das Mutterstück **45** ist mit den spaltbegrenzenden Teilen der Jalousien **28** und **29** verbunden und steuert so die Verschiebung des Spaltes **27** in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen parallel zur Ebene des Projektionstisches **26** entsprechend den Bewegungen im Stereoauswertegerät in x- und y-Richtung.

Mit der Säule **17** des Entzerrungsgerätes ist ferner ein Schenkel **46** einer Schmiege fest verbunden zu denken, deren anderer Schenkel **47** um eine Achse A-A schwenkbar und mit einer Schlitzführung **48** (Fig. 2) versehen ist. Längs des festen Schenkels **46** ist ein Lagerkörper **49** für eine Zahnstange **50** mit Hilfe einer am festen Schenkel gelagerten Spindel **51** durch Drehung eines mit dieser Spindel verkeilten Handrades **52** verschiebbar und auf einen festen Abstand von Achse A-A einstellbar. Am oberen Ende der Zahnstange befindet sich ein Mitnehmer **53**, der in die Schlitzführung **48** eingreift. Die Zahnstange ist mit Hilfe eines Ritzels **54** verschiebbar, das über zwei Drehmelder **55** und **56** sowie einen mit Hilfe eines Schalters **57** unterbrechbaren Übertragungskanal **58** mit der Spindel **3** des Stereoauswertegerätes verbunden ist und entsprechende Drehungen erfährt.

In einem gerätefesten Lagerkörper **59** ist eine weitere Zahnstange **60** verschiebbar gelagert, die mit einem Mitnehmer **61** in der Schlitzführung **48** gleitet und über ein Ritzel **62** sowie ein Kegelräderpaar **63**, **64** auf eine parallel zur Säule **17** gerichtete Spindel **65** wirkt. Das Kegelrad **63** ist mit dem Ritzel starr verbunden und mit diesem zusammen ausrückbar. Die Spindel **65** ist in einem an der Säule **17** befestigten Lager **66** (Fig. 1) gelagert und greift in ein am Gleitstück **19** befestigtes Mutterstück **67** ein. Die Mitnehmer **53** und **61** sowie die Schlitzführung des Schenkels **47** sind so ausgebildet, daß bei Verschiebung des Lagerkörpers **49** entlang des Schenkels **46** keine Selbsthemmung eintreten kann.

Außerdem ist ein mit einer Teilung **68** versehenes Handrad **69** (Fig. 1) vorgesehen, das über eine Welle **70** und ein Kegelräderpaar **71** ebenfalls auf die Spindel **65** wirkt. Diese Anordnung dient zur Einstellung des a_0'-Wertes, der unter Zugrundelegung eines bestimmten Paßpunktes berechnet wird, dessen Abstand vom Projektionszentrum des Stereoauswertegerätes bekannt ist und der als Bezugspunkt für die Vergrößerungseinstellung dient.

Nachdem im Stereoauswertegerät die in den Projektionskammern **15** und **16** befindlichen Meßbilder relativ und absolut orientiert, die entsprechenden Orientierungskomponenten für das Entzerrungsgerät sowie die Abstände a und a_0' berechnet und am Entzerrungsgerät eingestellt worden sind, der Spalt **27** so eingestellt ist, daß der genannte Paßpunkt auf den Projektionstisch **26** projiziert werden kann und die beiden Schmiegenschenkel **46** und **47** in der dem Paßpunkt entsprechenden Nullage parallel gerichtet sind, können die Schalter **40**, **44'** und **57** geschlossen und das Ritzel **62** mit dem Kegelrad **63** eingerückt werden, so daß es in Eingriff mit der Zahnstange **60** bzw. dem Kegelrad **64** kommt.

Werden nun mit dem Stereoauswertegerät die Meßbilder streifenweise zur Ermittlung der Profile abgetastet, so verschiebt sich der Spalt **27** entsprechend den Drehungen der Spindeln **1** und **2**. Die den Geländehöhenunterschieden Δh entsprechenden Drehungen der Spindel **3** werden mit Hilfe des Ritzels **54**, der Zahnstange **50** und des Mitnehmers **53** auf den Schenkel **47** übertragen. Dieser erfährt eine entsprechende Schwenkung um die Achse A-A aus der Nullage und verschiebt seinerseits über den Mitnehmer **61** die Zahnstange **60**, die ihrerseits das Gleitstück **19** über das Ritzel **62**, das Kegelräderpaar **63**, **64**, die Spindel **65** und das Mutterstück **67** um den Betrag $\Delta a'$ verschiebt, der den Abweichungen Δh der Geländehöhen vom Paßpunkt entspricht. Die Werte $\Delta a'$ und Δh sind beim vorliegenden Entzerrungsgerät durch die Beziehung

$$\Delta a' = -\frac{f_e}{f_a \cos \nu_{a'}} \cdot \Delta h \qquad (2)$$

verknüpft. Durch die im vorstehenden beschriebene Steuerung wird diese Beziehung verwirklicht, wenn der Abstand des Mitnehmers **53** vom festen Schenkel **46** Δh, der Abstand der Projektion des Mitnehmers **53** auf dem festen Schenkel **46** von der Achse A-A $f_a \cdot \cos \nu_{a'}$, der Abstand der Projektion des Mitnehmers **61** auf den festen Schenkel **46** von der Achse A-A f_e und der Abstand des Mitnehmers **61** vom festen Schenkel **46** $\Delta a'$ ist.

An Stelle der beschriebenen mechanischen Steuerung für den Projektionsabstand im Entzerrungsgerät kann selbstverständlich auch eine elektrische oder elektromechanische Steuerung mit gleicher Wirkung verwendet werden.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes, welche ein Stereoauswertegerät und ein Projektionsgerät umfaßt, die beide derart miteinander gekoppelt sind, daß der Projektionsabstand im Projektionsgerät entsprechend einem im Stereoauswertegerät ermittelten Profil kontinuierlich verändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das

Projektionsgerät als Entzerrungsgerät ausgebildet und mit dem Stereoauswertegerät über einen Steuermechanismus gekoppelt ist, der den Projektionsabstand in Abhängigkeit von der Aufnahmebrennweite des Luftbildes, der Entzerrungsbrennweite, der Neigung des Projektionstisches und der jeweiligen Profilhöhe steuert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Entzerrungsgerät mit dem Stereoauswertegerät mit an sich bekannten elektrischen Mitteln gekoppelt ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuermechanismus mit dem Entzerrungsgerät fest verbunden ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Steuermechanismus nach Art einer Schmiege, bei der ein Schenkel fest und der andere Schenkel nach Maßgabe der im Stereoauswertegerät ermittelten Profilhöhen mit Hilfe eines Antriebsmittels schwenkbar angeordnet ist, das in einem von der Aufnahmebrennweite und der Projektionsebenenneigung abhängigen Abstand von der Schwenkachse der Schmiege rechtwinklig zum festen Schenkel wirkt, wobei am schwenkbaren Schenkel ein Abtrieb vorgesehen ist, dessen Projektion auf dem festen Schenkel im Abstand der Entzerrungsbrennweite vom Scheitel liegt.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

409 590/263 5. 64 Bundesdruckerei Berlin

Nummer: 1 170 769
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 5/09
Auslegetag: 21. Mai 1964

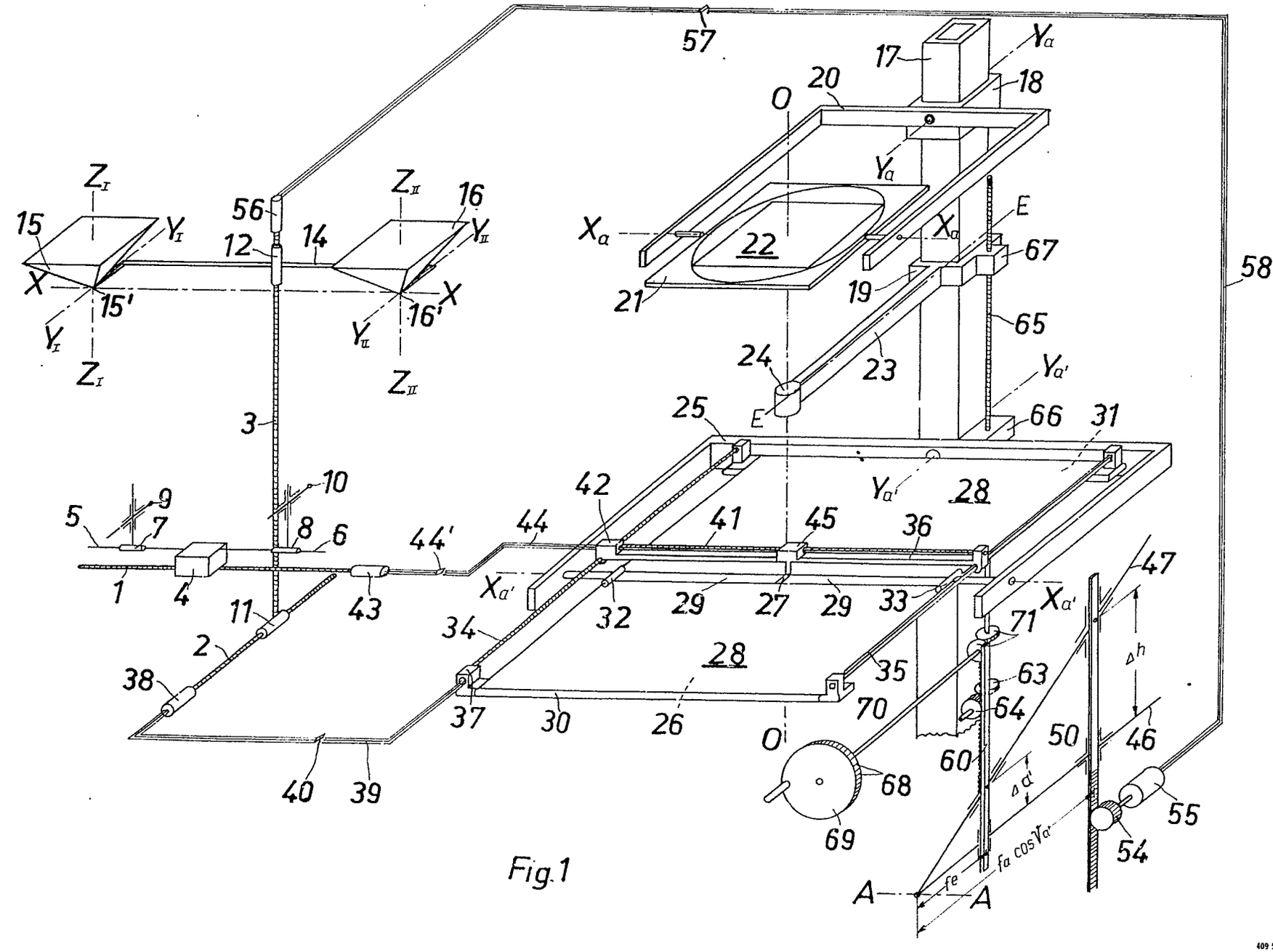


Fig. 1

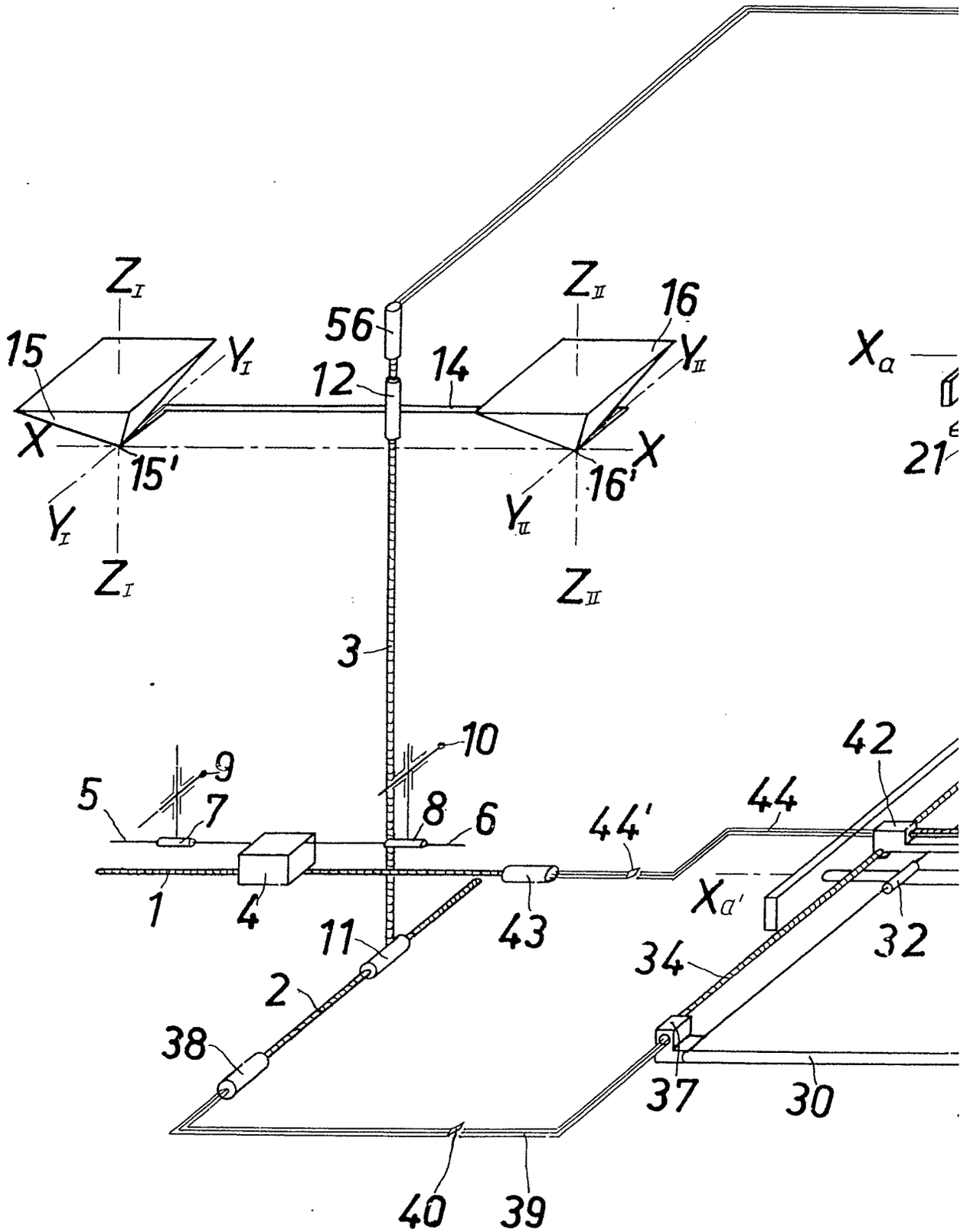
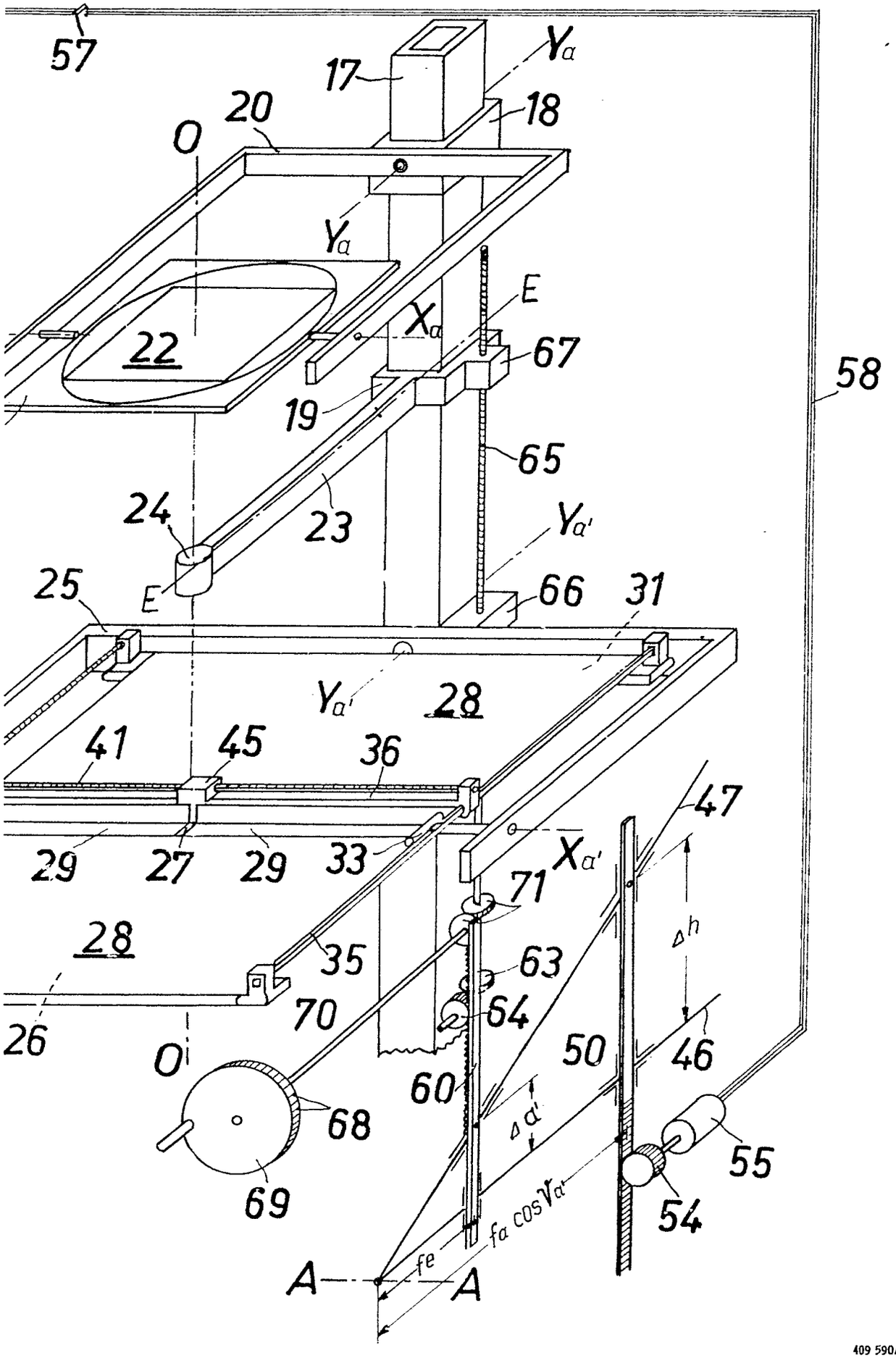

Z_I
Y_I
X
15
15'
Y_I
Z_I
56
12
14
Z_{II}
16
Y_{II}
X
16'
Y_{II}
Z_{II}
X_a
21
3
10
9
5
7
8
6
44'
44
42
1
4
43
$X_{a'}$
32
11
34
2
38
37
30
40
39

Fig. 1

Nummer: 1 170 769
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 5/09
Auslegetag: 21. Mai 1964



Nummer: 1 170 769
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 5/09
Auslegetag: 21. Mai 1964

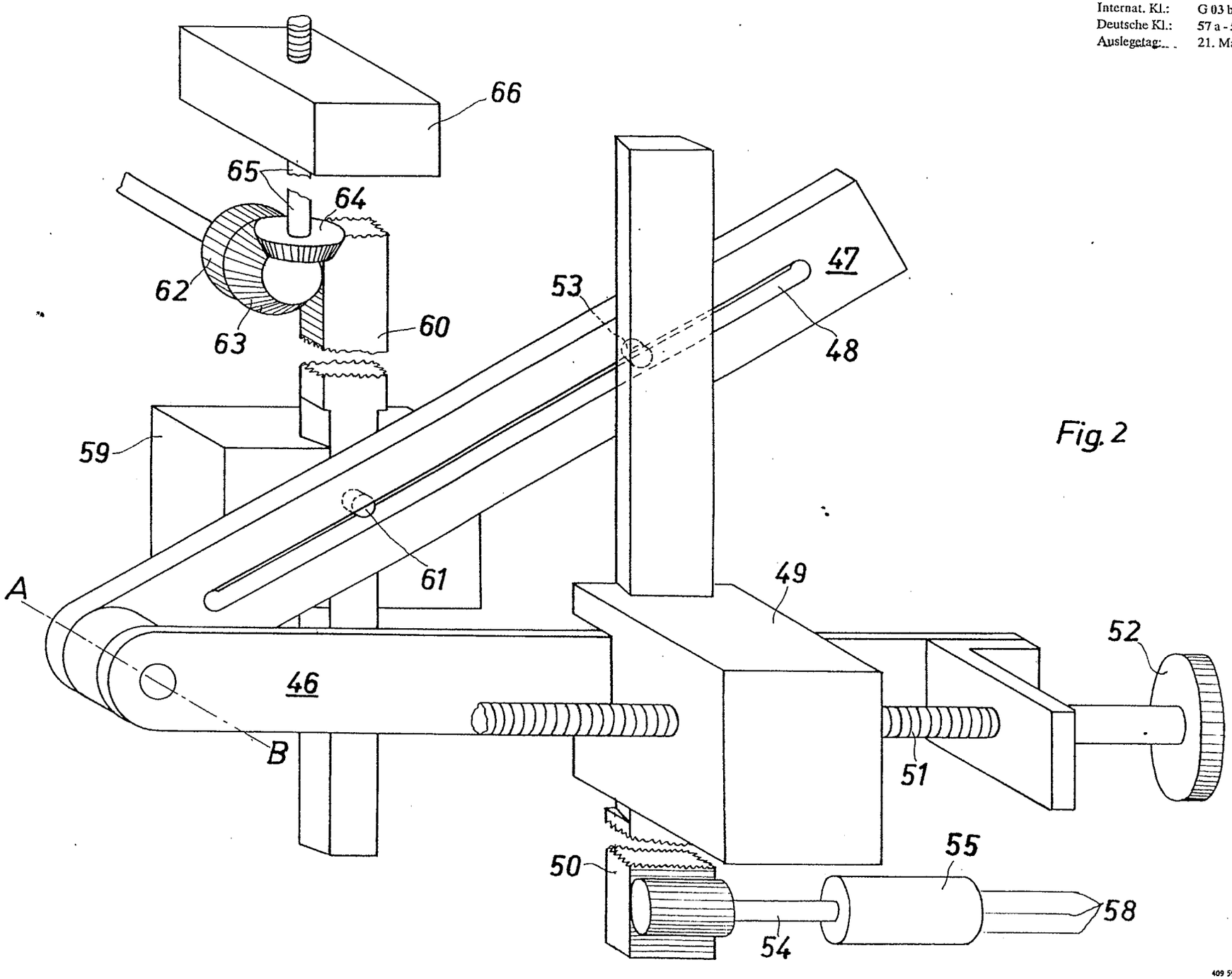
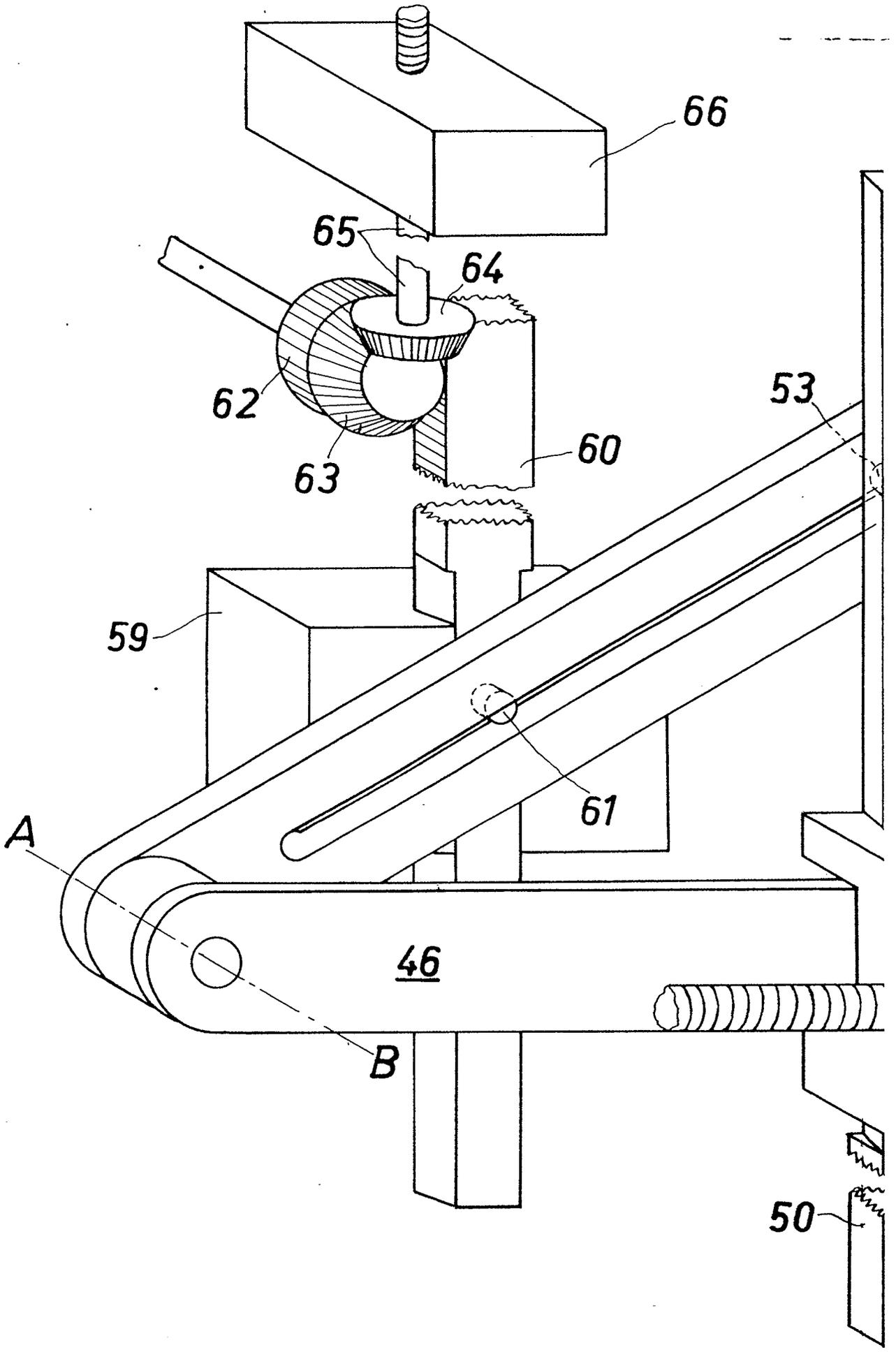


Fig. 2


66
65
64
62
63
60
53
59
61
A
46
B
50

Nummer: 1 170 769
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 5/09
Auslegetag: 21. Mai 1964

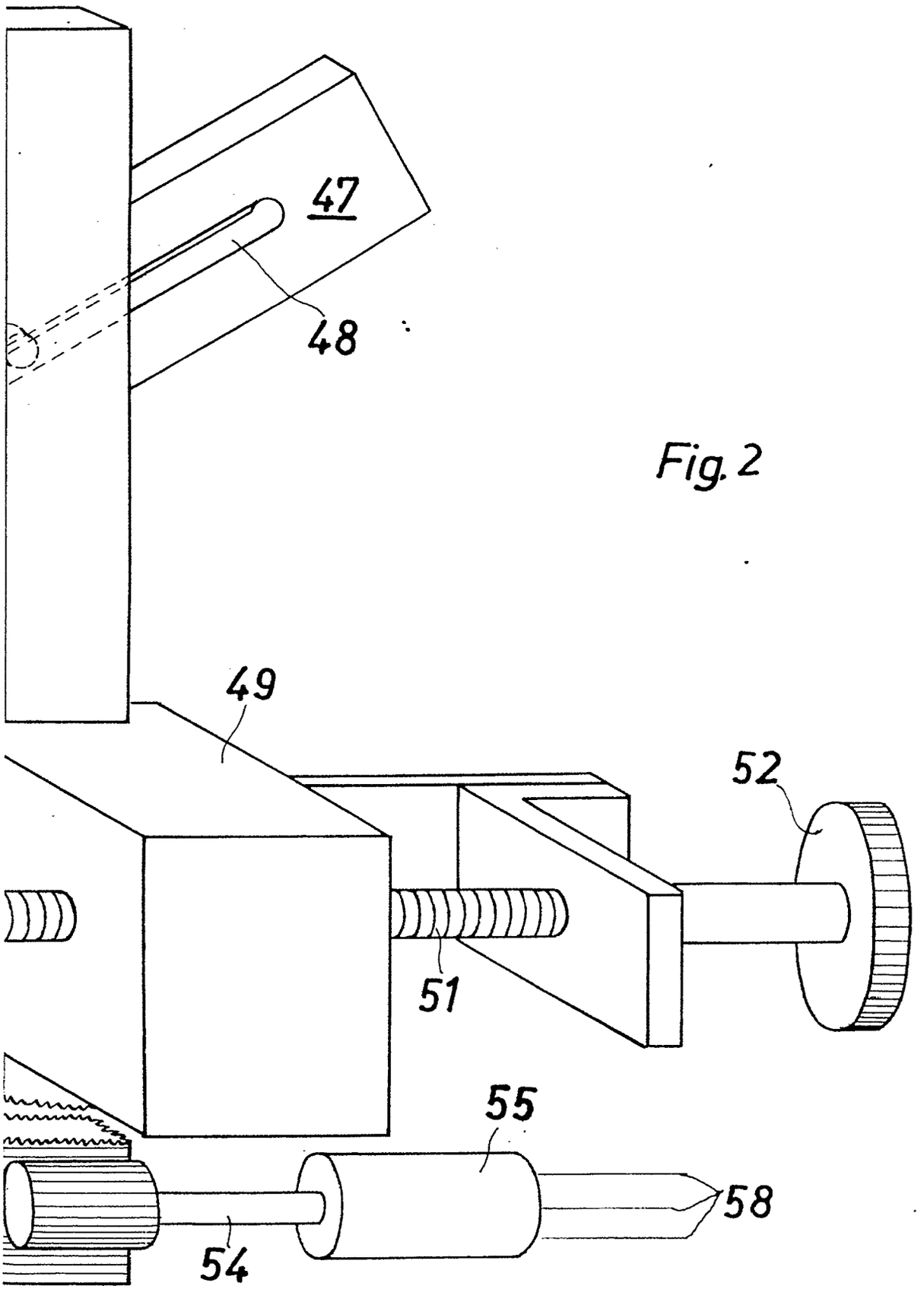


Fig. 2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

Internat. Kl.: G 03 b

Deutsche Kl.: 57 a - 5/09

PATENTSCHRIFT

1 170 769

Nummer: 1 170 769
Aktenzeichen: J 21526 IX a / 57 a
Anmeldetag: 30. März 1962
Auslegetag: 21. Mai 1964
Ausgabetag: 19. Oktober 1967
Patentschrift weicht von der Auslegeschrift ab

Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes

Patentiert für:
Jenoptik Jena G. m. b. H., Jena, Carl-Zeiss-Str. 1

Als Erfinder benannt:
Dipl.-Ing. Horst Schoeler,
Dr.-Ing. Otto Weibrecht, Jena --

1

Zur Herstellung eines Luftbildplanes werden bekanntlich die Originalnegative in einem Entzerrungsgerät entzerrt, auf einen einheitlichen Maßstab gebracht, die entzerrten Projektionen photographisch festgehalten und die positiven Papierbilder aneinandergefügt. Die im Bildplan infolge der Zentralprojektion auftretenden Lagefehler der einzelnen Bildpunkte werden, abgesehen vom Aufnahmewinkel der Bildkammer, von den Höhenunterschieden des Geländes erheblich beeinflußt, so daß diese Art der Herstellung von Bildplänen oder -karten hinsichtlich ihrer Genauigkeit bei Luftbildern bewegten Geländes versagt.

Die Entzerrung von Luftbildern unebenen Geländes mittels eines Entzerrungsgerätes setzt mehr oder weniger die näherungsweise Kenntnis des Geländereliefs voraus. Dieses läßt sich zusammen mit der Situation leicht aus von verschiedenen Standpunkten aufgenommenen, sich überdeckenden Luftbildern mit Hilfe eines Stereoauswertegerätes ermitteln, so daß eine Entzerrung und ein Luftbildplan überflüssig erscheinen. Für viele geologische, land- und forstwirtschaftliche oder bautechnische Zwecke ist jedoch der genaue Luftbildplan wegen seines Detailreichtums der Signaturenkarte überlegen. Man hat daher zur Schaffung ausreichend genauer Luftbildpläne oder -karten mittel- oder starkbewegten Geländes Stereoauswertegeräte, die nach dem Porro-Koppeschen Prinzip wirkend die Rückprojektion von unverzerrten Strahlenbündeln gestatten, so ausgebildet oder mit handelsüblichen Projektionsgeräten, deren Projektoren mit denen der Auswertegeräte übereinstimmen, so gekoppelt, daß mit ihnen Bildpläne erhalten wurden, die vom Einfluß der Bildneigung und der Geländehöhenunterschiede frei waren. Zur hierbei erforderlichen Umwandlung des zentralperspektiven in ein orthographisches Luftbild werden die in das Stereoauswertegerät orientiert eingelegten Bildnegative streifenweise abgetastet, das Profil des jeweiligen Streifens gebildet und eines der orientierten Luftbilder mit Hilfe eines Spaltes differentiell auf eine photographische Schicht projiziert. Durch eine Relativbewegung des Spaltes zum Träger der photographischen Schicht entlang den Profilen, parallel zur Projektionsebene und durch Änderung des Abstandes zwischen Projektionszentrum und Schichtträger nach Maßgabe der Profile wird nach und nach das gesamte im Detail und insgesamt entzerrte Bild auf den Schichtträger projiziert. Profilermittlung und Entzerrung können gleichzeitig oder nacheinander mit demselben Gerät oder mit verschiedenen Geräten durchgeführt werden.

2

Der Mangel aller bekannten Vorrichtungen zur streifenweisen differentiellen Entzerrung von Luftbildern ist durch die Verwendung von Stereoauswertegeräten, die nach dem Porro-Koppeschen Prinzip wirken, bedingt und besteht darin, daß zu jeder Aufnahmebrennweite in dem Auswerte- und Projektionsgerät spezielle Projektoren gleicher Brennweite und gleichen Öffnungswinkels des Projektionsobjektivs zur Entzerrung verwendet werden müssen.

Bei Entzerrungsgeräten, die mit einem Stereoauswertegerät verbunden sind, ist es bekannt, den Projektionsabstand in Abhängigkeit von der jeweiligen Profilhöhe zu steuern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes zu schaffen, die ohne eine Vielzahl von auswechselbaren Projektoren mit unterschiedlichen, den der Aufnahmekamera entsprechenden Brennweiten universell für Aufnahmen anwendbar ist, die mit beliebigen Brennweiten vorgenommen worden sind.

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes, welche ein Stereoauswertegerät und ein als Entzerrungsgerät ausgebildetes Projektionsgerät umfaßt, die über einen Steuermechanismus gekoppelt sind, der den Projektionsabstand in Abhängigkeit von der im Stereoauswertegerät ermittelten Profilhöhe kontinuierlich steuert.

Die Erfindung besteht darin, daß der Steuermechanismus zusätzlich den Projektionsabstand in Abhängigkeit von der Aufnahme und Entzerrungsbrennweite sowie der Neigung des Projektionstisches steuert.

Das Prinzip, nach dem das Entzerrungsgerät gebaut ist, ist an sich belanglos und bestenfalls für die konstruktive Durchbildung von Bedeutung. Hinsichtlich des Steuermechanismus kann der Geräteaufbau eine gewisse Vereinfachung bringen; z. B. geht bei

einem nach der feststehenden vertikalen optischen Achse aufgebauten Entzerrungsgerät die Neigung der Projektionsebene wegen ihrer Veränderlichkeit in die Steuerung ein, während bei einem Geräteaufbau nach der Senkrechten zur Projektionsebene die Neigung nicht in die Steuerung eingeht, weil die Projektionsebene keine Neigungsänderung erfährt.

Das zur Verwendung kommende Entzerrungsgerät ist mit an sich bekannten automatischen Steuerungen für den Fluchtpunkt entsprechend der Perspektivbedingung, für die Scharfabbildung nach Scheimpflug und zur Erfüllung der Linsengleichung, versehen. Es ist ferner eingerichtet zur Entzerrung von Luftbildern nach Einstellwerten, besitzt also einen um zwei Achsen schwenkbaren und in seiner Ebene kantbaren Bildträger. Die Berechnung der Einstellwerte erfolgt erst nach der gegenseitigen und absoluten Orientierung des Bildpaares im Stereoauswertegerät an Hand der dort für das zu entzerrende Bild ermittelten Daten der äußeren Orientierung.

Bei der Koppelung, die vorteilhaft auf elektrischem Wege unter Zuhilfenahme von elektrischen Übertragungskanälen und sogenannten Drehmeldern erfolgt, ist streng darauf zu achten, daß die Primärachse des Entzerrungsgerätes der Primärachse des Stereoauswertegerätes zugeordnet ist.

Damit die Koppelung von Entzerrungsgerät und Stereoauswertegerät nicht auf ein bestimmtes Auswertegerät beschränkt ist, ist der Steuermechanismus vorteilhaft mit dem Entzerrungsgerät fest verbunden. Darüber hinaus wird dadurch eine Vorrichtung zur differenziellen Entzerrung von Luftbildern mit geringstem konstruktivem Aufwand gewährleistet.

Ein einfacher Mechanismus zur Steuerung des Projektionsabstandes im Entzerrungsgerät besteht aus einer Art Schmiege, bei der ein Schenkel fest und der andere Schenkel nach Maßgabe der im Stereoauswertegerät ermittelten Profilhöhen mit Hilfe eines Antriebsmittels schwenkbar angeordnet ist, das in einem von der Aufnahmebrennweite und der Projektionsebenenneigung abhängigen Abstand von der Schwenkachse der Schmiege rechtwinklig zum festen Schenkel wirkt, wobei am schwenkbaren Schenkel ein Abtrieb vorgesehen ist, dessen Projektion auf den festen Schenkel im Abstand der Entzerrungsbrennweite von der Schwenkachse der Schmiege liegt. Dieser Steuerungsmechanismus kann auch so ausgebildet sein, daß mit ihm das Vergrößerungsverhältnis zwischen dem Modellmaßstab im Stereoauswertegerät und dem Entzerrungsmaßstab im Entzerrungsgerät berücksichtigt und damit besondere Übersetzungsgetriebe umgangen werden können.

Ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes gemäß der Erfindung ist in den Fig. 1 und 2 perspektivisch dargestellt.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung in schematischer Darstellung, und zwar sind nur die zum Verständnis der Erfindung erforderlichen Teile des Stereoauswertegerätes und des Entzerrungsgerätes angegeben; in

Fig. 2 ist ein auf mechanischer Grundlage aufgebauter Steuerungsmechanismus vergrößert dargestellt.

In Fig. 1 ist ein Stereoauswertegerät im wesentlichen dargestellt durch seine drei Hauptspindeln **1**, **2** und **3**, mit deren Hilfe die zur Messung erforderlichen Bewegungen in *x*-*y*- und *z*-Richtung eingegeben werden können. Mit der Spindel **1** ist ein sogenannter Basiswagen **4** verschiebbar, der zwei weitere Spindeln **5** und **6** für zwei Schlitten **7** und **8** aufweist, die in *x*-Richtung verschiebbar sind und auf denen je eine Meßmarke **9** bzw. **10** in *y*- und *z*-Richtung zur Einstellung der entsprechenden Basiskomponenten verschiebbar angeordnet ist. Die Spindel **2** dient zur Verschiebung eines Wagens **11** in der *y*-Richtung, auf dem die Spindel **3** zur Verschiebung eines weiteren Wagens **12** in *z*-Richtung gelagert ist. Am Wagen **12** sind zwei sich gegenseitig verlängernde winkelige Haltearme **13** und **14** vorgesehen, von denen jeder an seinem abgewinkelten Ende eine Projektionskammer **15** bzw. **16** mit dem Projektionszentrum **15'** bzw. **16'** trägt, in die die Meßbilder eingelegt werden. Die Projektionskammer **15** ist um zwei rechtwinklig aufeinander stehende Achsen X-X und Y_I-Y_I schwenkbar gelagert; das in sie eingelegte Meßbild ist kantbar um eine Achse Z_I-Z_I. Die Projektionskammer **16** ist ebenfalls um die Achse X-X und um eine senkrecht zu dieser stehende Achse Y_{II}-Y_{II} schwenkbar, welche zur Achse Y_I-Y_I parallel ist. Das in die Projektionskammer **16** eingelegte Bild ist um eine Achse Z_{II}-Z_{II} kantbar gelagert. Die Führungen für die Wagen und Schlitten sowie die Antriebsmittel der Spindeln sind zur Wahrung der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Bei stereoskopischer Betrachtung der orientierten Meßbilder mittels eines der Einfachheit halber nicht dargestellten optischen Betrachtungssystems verschmelzen diese zu einem Raumbild und die im Betrachtungssystem angeordneten Meßmarken **9** und **10** zu einer Raummarke, die durch Verschiebung des Basiswagens **4** in *x*-Richtung, des Wagens **11** in *y*-Richtung und des Wagens **12** in *z*-Richtung auf jeden Punkt des Raummodells eingestellt werden kann.

Das Entzerrungsgerät mit einem Geräteaufbau nach der vertikalen optischen Achse O-O besitzt eine stabile Säule **17**, auf der zwei Gleitstücke **18** und **19** verschiebbar in einem Abstand a übereinander angeordnet sind, der sich aus der Linsengleichung ergibt. Am Gleitstück **18** befindet sich eine um eine Achse Y_a-Y_a schwenkbare Gabel **20**, in der ein Bildträger **21** um eine Achse X_a-X_a schwenkbar gelagert ist, auf welchem ein Meßbild **22** um eine bei horizontaler Lage des Bildträgers **21** mit der Achse O-O zusammenfallende Achse Z_a-Z_a kantbar ist. Die Achsen X_a-X_a, Y_a-Y_a und Z_a-Z_a entsprechen den Achsen X-X, Y_I-Y_I und Z_I-Z_I, und das Meßbild **22** gleicht dem in die Projektionskammer **15** eingelegten. Das Gleitstück **19** ist mit einem Arm **23** zur Halterung eines Objektivs **24** versehen, dessen Hauptebenen zusammenfallen und in der Zeichnung durch die strichpunktierte Linie E-E angedeutet sind.

In einem von der Entzerrungsbrennweite f_e, der Aufnahmebrennweite f_a, der Höhe h des Projektionszentrums über einer durch einen Paßpunkt bestimmten Geländeebene sowie den Neigungen ν_a und $\nu_{a'}$ der Bildebene und der Projektionsebene im Hauptschnitt abhängigen Abstand

$$a' = a_0' + \Delta a' \qquad (1)$$

von der Objektivhauptebene E-E nach unten befindet sich ebenfalls eine Gabel **25**, die um eine zur Achse Y_a-Y_a parallele Achse $Y_{a'}$-$Y_{a'}$ unmittelbar an der Säule **17** schwenkbar angeordnet ist. In der Gabel **25** ist um eine zur Achse $Y_{a'}$-$Y_{a'}$ rechtwinklige Achse $X_{a'}$-$X_{a'}$ ein Projektionstisch **26** schwenkbar gelagert,

der von zwei einen Spalt **27** miteinander bildenden und rechtwinklig zueinander verlaufenden Jalousien **28** und **29** gegen eine photographisch wirksame Belichtung seiner gesamten oberen Fläche geschützt ist. Jede Jalousie **28** bzw. **29** ist an ihren gegenüberliegenden Enden mit zwei Walzen **30**, **31** bzw. **32**, **33** versehen, von denen die zur Jalousie **28** gehörenden Walzen **30** und **31** am Projektionstisch **26** selbst und die zur Jalousie **29** gehörenden Walzen **32** und **33** an der Jalousie **28** befestigt sind. Sämtliche Walzen stehen unter der Spannung von nicht dargestellten Spiralfedern, die den Walzen das Bestreben zum Aufrollen der Jalousien erteilen.

Zu beiden Seiten des Projektionstisches **26** sind einander und zur Achse $Y_{a'}$-$Y_{a'}$ parallel je eine Spindel **34** und eine Führung **35** als Antriebs- und Führungsmittel für einen Schlitten **36** am Projektionstisch selbst vorgesehen. Die Spindel **34** wird mit Hilfe eines Drehmelders **37** gedreht, der mit einem an der Spindel **2** des Stereoauswertegerätes befindlichen Drehmelder **38** über eine elektrische Leitung **39** verbunden ist, wobei der Stromfluß in dieser Leitung mit Hilfe eines Schalters **40** unterbrochen werden kann. Infolge der Drehung der Spindel **34**, die der Drehung der Spindel **2** entspricht, erfährt der Schlitten **36** eine Verschiebung in Richtung der Achse $Y_{a'}$-$Y_{a'}$ entsprechend der des Wagens **11** im Stereoauswertegerät. Auf dem Schlitten **36** ist eine Spindel **41** gelagert, die über zwei Drehmelder **42** und **43** sowie eine elektrische Leitung **44** und einen Schalter **44'** mit der Spindel **1** des Stereoauswertegerätes in Verbindung steht und ein Mutterstück **45** entsprechend dem Basiswagen **4** in Richtung der Achse $X_{a'}$-$X_{a'}$ bewegt. Das Mutterstück **45** ist mit den spaltbegrenzenden Teilen der Jalousien **28** und **29** verbunden und steuert so die Verschiebung des Spaltes **27** in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen parallel zur Ebene des Projektionstisches **26** entsprechend den Bewegungen im Stereoauswertegerät in x- und y-Richtung.

Mit der Säule **17** des Entzerrungsgerätes ist ferner ein Schenkel **46** einer Schmiege fest verbunden zu denken, deren anderer Schenkel **47** um eine Achse A-$\hat{A}$ schwenkbar und mit einer Schlitzführung **48** (Fig. 2) versehen ist. Längs des festen Schenkels **46** ist ein Lagerkörper **49** für eine Zahnstange **50** mit Hilfe einer am festen Schenkel gelagerten Spindel **51** durch Drehung eines mit dieser Spindel verkeilten Handrades **52** verschiebbar und auf einen festen Abstand von Achse A-A einstellbar. Am oberen Ende der Zahnstange befindet sich ein Mitnehmer **53**, der in die Schlitzführung **48** eingreift. Die Zahnstange ist mit Hilfe eines Ritzels **54** verschiebbar, das über zwei Drehmelder **55** und **56** sowie einen mit Hilfe eines Schalters **57** unterbrechbaren Übertragungskanal **58** mit der Spindel **3** des Stereoauswertegerätes verbunden ist und entsprechende Drehungen erfährt.

In einem gerätefesten Lagerkörper **59** ist eine weitere Zahnstange **60** verschiebbar gelagert, die mit einem Mitnehmer **61** in der Schlitzführung **48** gleitet und über ein Ritzel **62** sowie ein Kegelräderpaar **63**, **64** auf eine parallel zur Säule **17** gerichtete Spindel **65** wirkt. Das Kegelrad **63** ist mit dem Ritzel starr verbunden und mit diesem zusammen ausrückbar. Die Spindel **65** ist in einem an der Säule **17** befestigten Lager **66** (Fig. 1) gelagert und greift in ein am Gleitstück **19** befestigtes Mutterstück **67** ein. Die Mitnehmer **53** und **61** sowie die Schlitzführung des Schenkels **47** sind so ausgebildet, daß bei Verschiebung des Lagerkörpers **49** entlang des Schenkels **46** keine Selbsthemmung eintreten kann.

Außerdem ist ein mit einer Teilung **68** versehenes Handrad **69** (Fig. 1) vorgesehen, das über eine Welle **70** und ein Kegelräderpaar **71** ebenfalls auf die Spindel **65** wirkt. Diese Anordnung dient zur Einstellung des a_0'-Wertes, der unter Zugrundelegung eines bestimmten Paßpunktes berechnet wird, dessen Abstand vom Projektionszentrum des Stereoauswertegerätes bekannt ist und der als Bezugspunkt für die Vergrößerungseinstellung dient.

Nachdem im Stereoauswertegerät die in den Projektionskammern **15** und **16** befindlichen Meßbilder relativ und absolut orientiert, die entsprechenden Orientierungskomponenten für das Entzerrungsgerät sowie die Abstände a und a_0' berechnet und am Entzerrungsgerät eingestellt worden sind, der Spalt **27** so eingestellt ist, daß der genannte Paßpunkt auf den Projektionstisch **26** projiziert werden kann und die beiden Schmiegenschenkel **46** und **47** in der dem Paßpunkt entsprechenden Nullage parallel gerichtet sind, können die Schalter **40**, **44'** und **57** geschlossen und das Ritzel **62** mit dem Kegelrad **63** eingerückt werden, so daß es in Eingriff mit der Zahnstange **60** bzw. dem Kegelrad **64** kommt.

Werden nun mit dem Stereoauswertegerät die Meßbilder streifenweise zur Ermittlung der Profile abgetastet, so verschiebt sich der Spalt **27** entsprechend den Drehungen der Spindeln **1** und **2**. Die den Geländehöhenunterschieden Δh entsprechenden Drehungen der Spindel **3** werden mit Hilfe des Ritzels **54**, der Zahnstange **50** und des Mitnehmers **53** auf den Schenkel **47** übertragen. Dieser erfährt eine entsprechende Schwenkung um die Achse A-A aus der Nullage und verschiebt seinerseits über den Mitnehmer **61** die Zahnstange **60**, die ihrerseits das Gleitstück **19** über das Ritzel **62**, das Kegelräderpaar **63**, **64**, die Spindel **65** und das Mutterstück **67** um den Betrag $\Delta a'$ verschiebt, der den Abweichungen Δh der Geländehöhen vom Paßpunkt entspricht. Die Werte $\Delta a'$ und Δh sind beim vorliegenden Entzerrungsgerät durch die Beziehung

$$\Delta a' = \frac{f_e}{f_a \cos \nu_{a'}} \cdot \Delta h \qquad (2)$$

verknüpft. Durch die im vorstehenden beschriebene Steuerung wird diese Beziehung verwirklicht, wenn der Abstand des Mitnehmers **53** vom festen Schenkel **46** Δh, der Abstand der Projektion des Mitnehmers **53** auf dem festen Schenkel **46** von der Achse A-A $f_a \cdot \cos \nu_{a'}$, der Abstand der Projektion des Mitnehmers **61** auf den festen Schenkel **46** von der Achse A-A f_e und der Abstand des Mitnehmers **61** vom festen Schenkel **46** $\Delta a'$ ist.

An Stelle der beschriebenen mechanischen Steuerung für den Projektionsabstand im Entzerrungsgerät kann selbstverständlich auch eine elektrische oder elektromechanische Steuerung mit gleicher Wirkung verwendet werden.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur streifenweisen differentiellen Entzerrung eines Luftbildes, welche ein Stereoauswertegerät und ein als Entzerrungsgerät ausgebildetes Projektionsgerät umfaßt, die über einen Steuermechanismus gekoppelt sind, der den Pro-

jektionsabstand in Abhängigkeit von der im Stereoauswertegerät ermittelten Profilhöhe kontinuierlich steuert, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuermechanismus zusätzlich den Projektionsabstand in Abhängigkeit von der Aufnahme- und Entzerrungsbrennweite sowie der Neigung des Projektionstisches steuert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Entzerrungsgerät mit dem Stereoauswertegerät mit an sich bekannten elektrischen Mitteln gekoppelt ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuermechanismus mit dem Entzerrungsgerät fest verbunden ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Steuermechanismus nach Art

einer Schmiege, bei der ein Schenkel fest und der andere Schenkel nach Maßgabe der im Stereoauswertegerät ermittelten Profilhöhen mit Hilfe eines Antriebsmittels schwenkbar angeordnet ist, das in einem von der Aufnahmebrennweite und der Projektionsebenenneigung abhängigen Abstand von der Schwenkachse der Schmiege rechtwinklig zum festen Schenkel wirkt, wobei am schwenkbaren Schenkel ein Abtrieb vorgesehen ist, dessen Projektion auf dem festen Schenkel im Abstand der Entzerrungsbrennweite vom Scheitel liegt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Zeitschrift »Bildmessung und Luftbildwesen«, 1931, Nr. 1, S. 10 bis 12.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

409 590/263 5. 64 Bundesdruckerei Berlin

ZEICHNUNGEN BLATT 1

Nummer: 1 170 769
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 5/09
Auslegetag: 21. Mai 1964

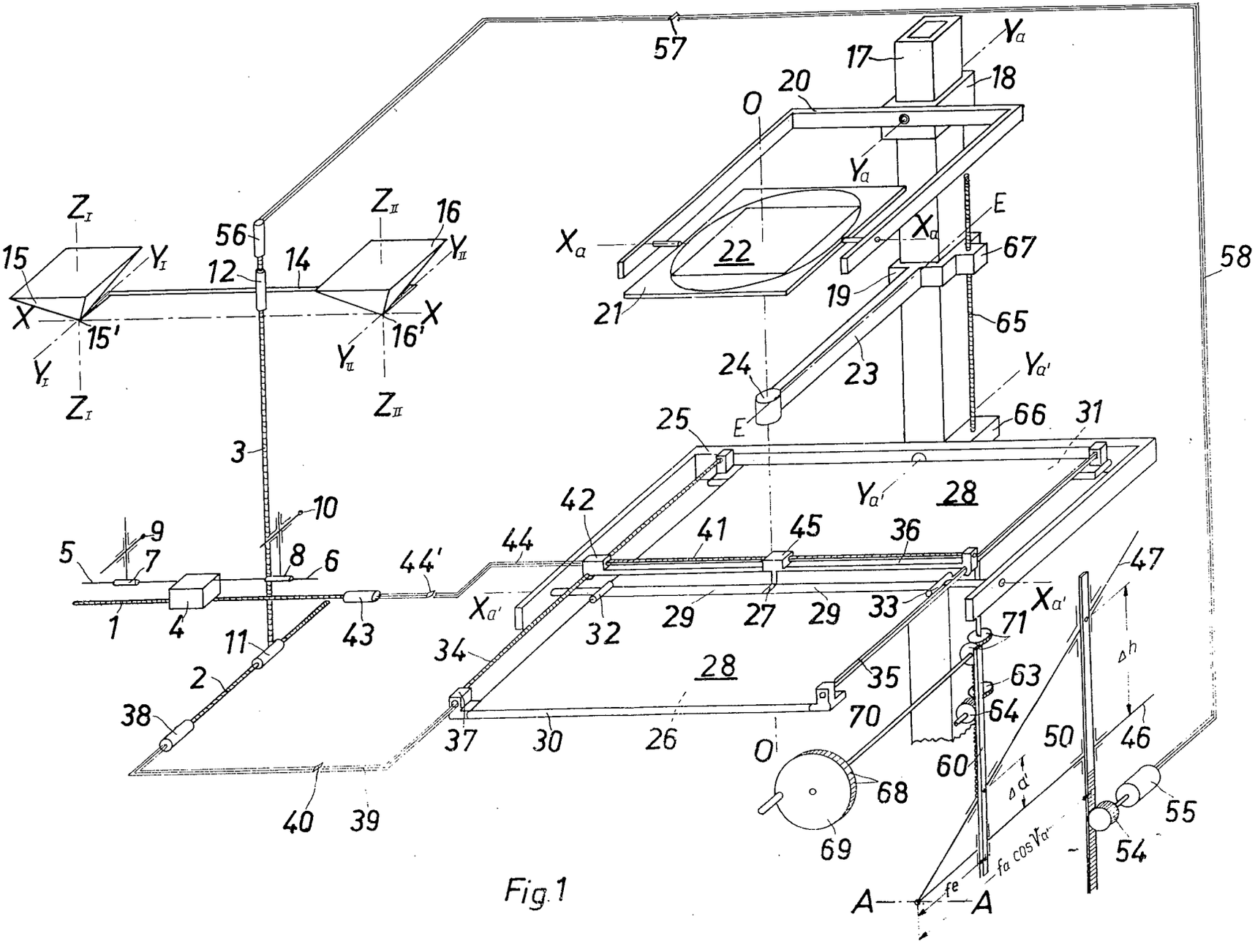


Fig. 1

409 590/263

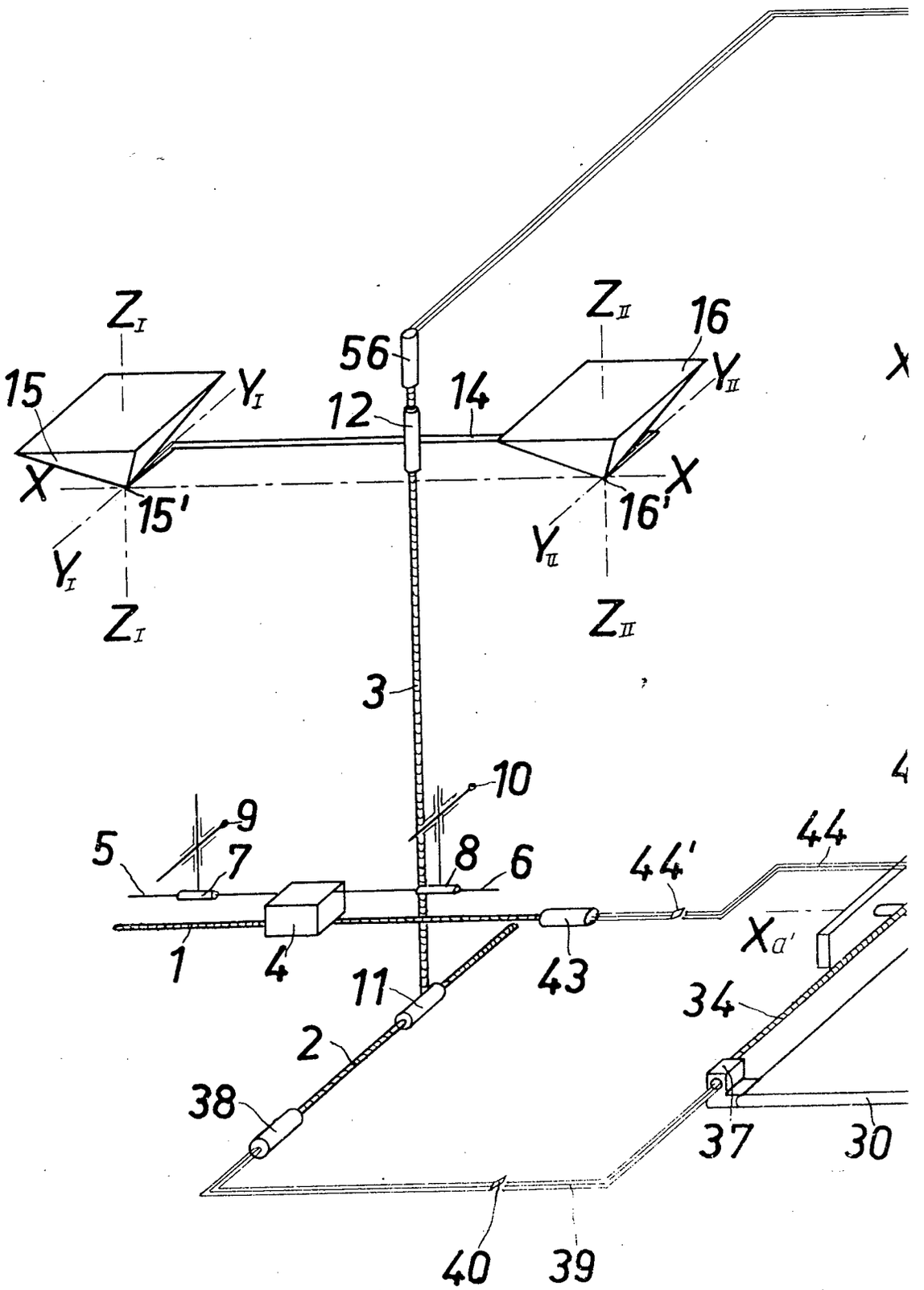
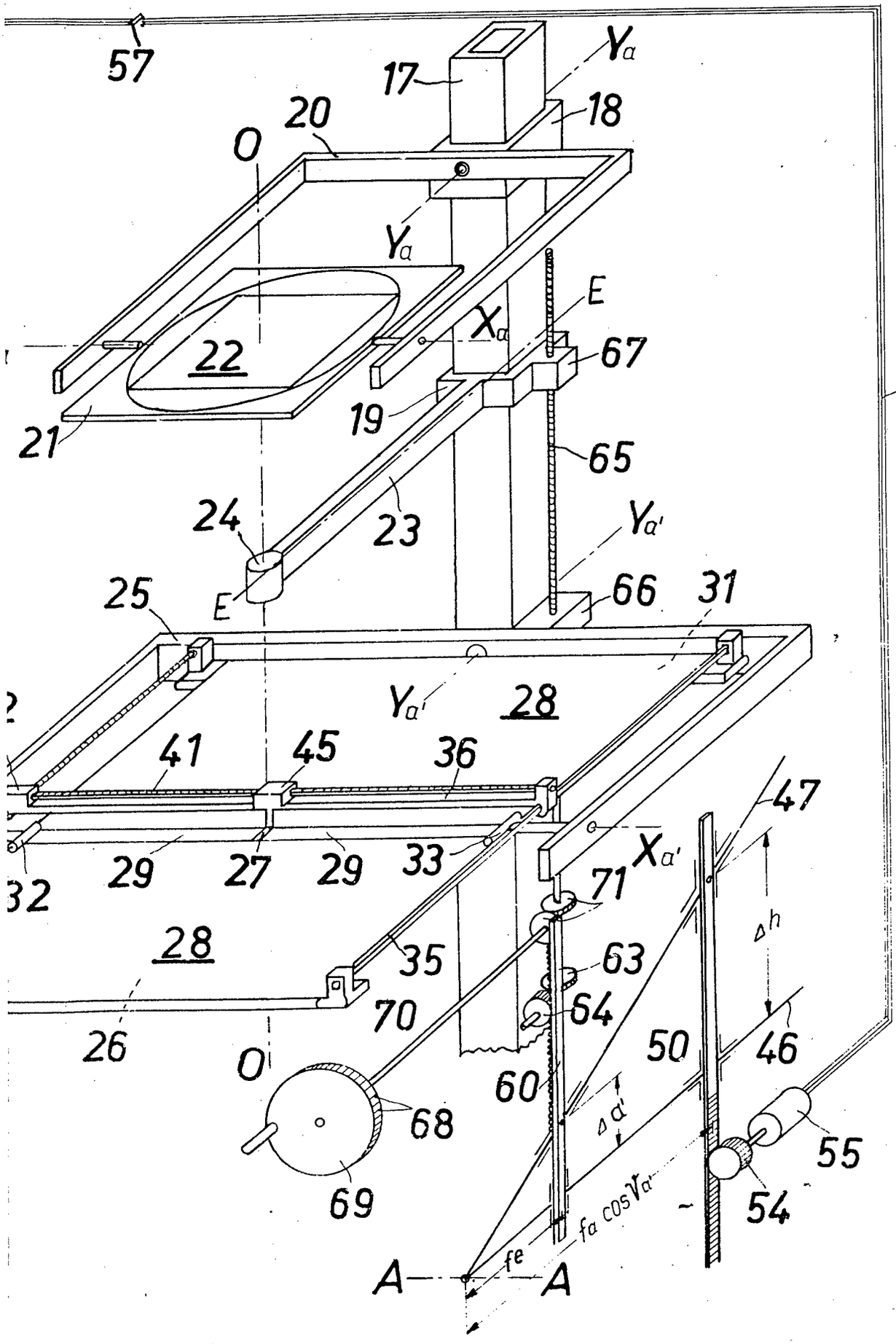

Z_I
Y_I
15
X
15'
Y_I
Z_I
56
12
14
Z_{II}
16
Y_{II}
X
16'
Y_{II}
Z_{II}
3
10
9
5
7
8
6
44'
44
1
4
43
11
$X_{a'}$
34
2
38
37
30
40
39

Fig.1

ZEICHNUNGEN BLATT 1

Nummer: 1 170 769
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 5/09
Auslegetag: 21. Mai 1964



Nummer: 1 170 769
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 5/09
Auslegetag: 21. Mai 1964

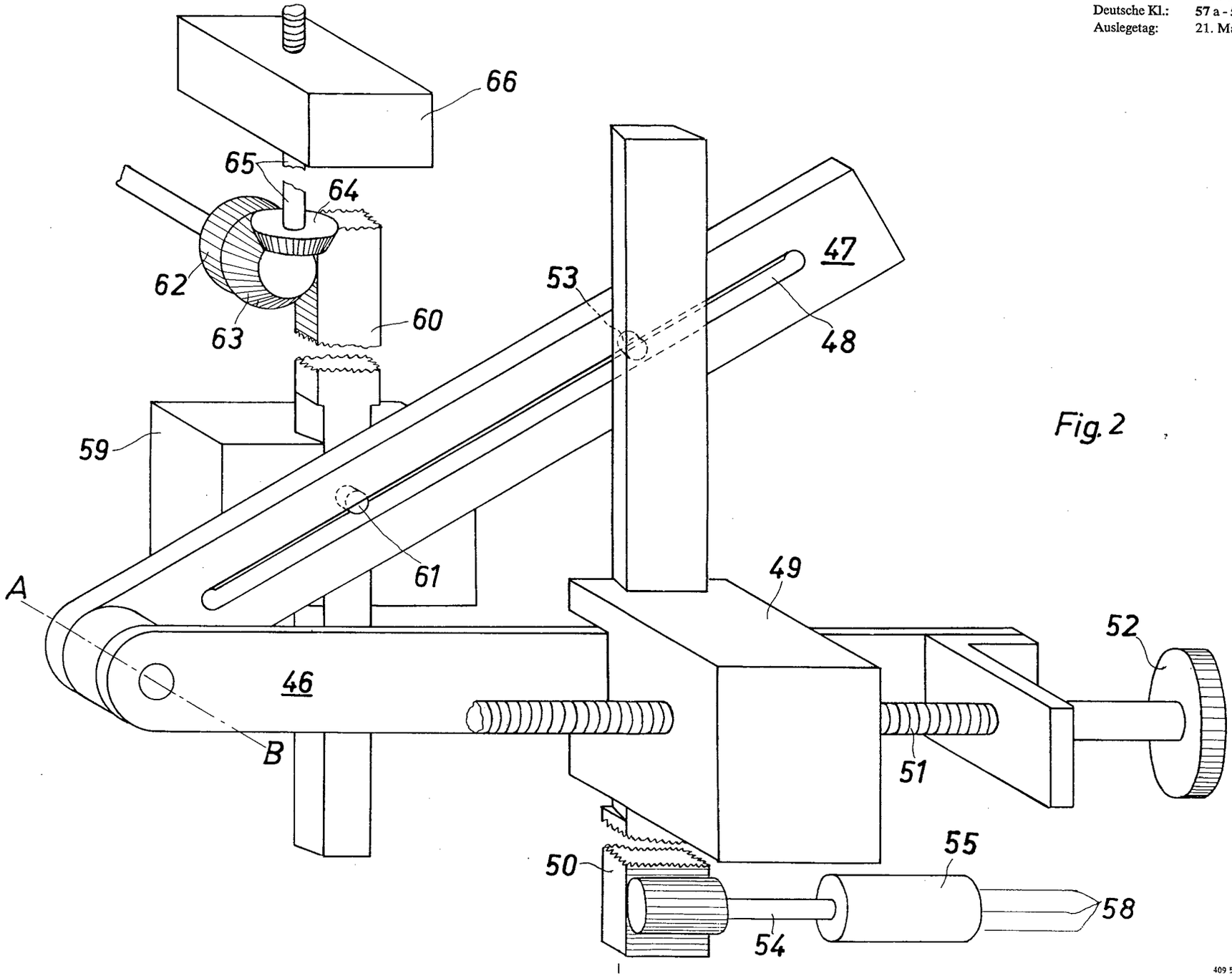
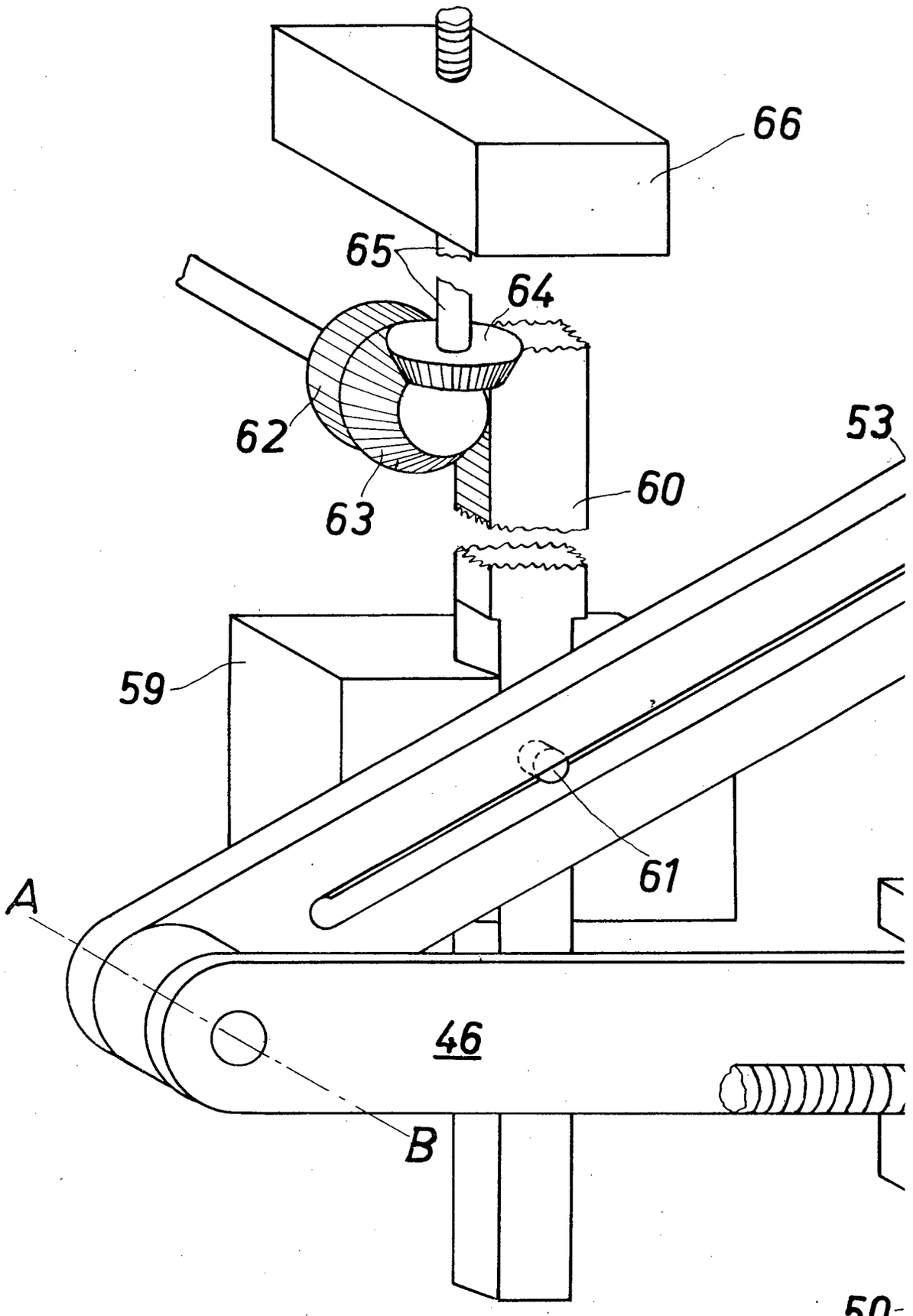


Fig. 2


66
65
64
62
63
60
53
59
61
A
46
B
50

Nummer: 1 170 769
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 5/09
Auslegetag: 21. Mai 1964

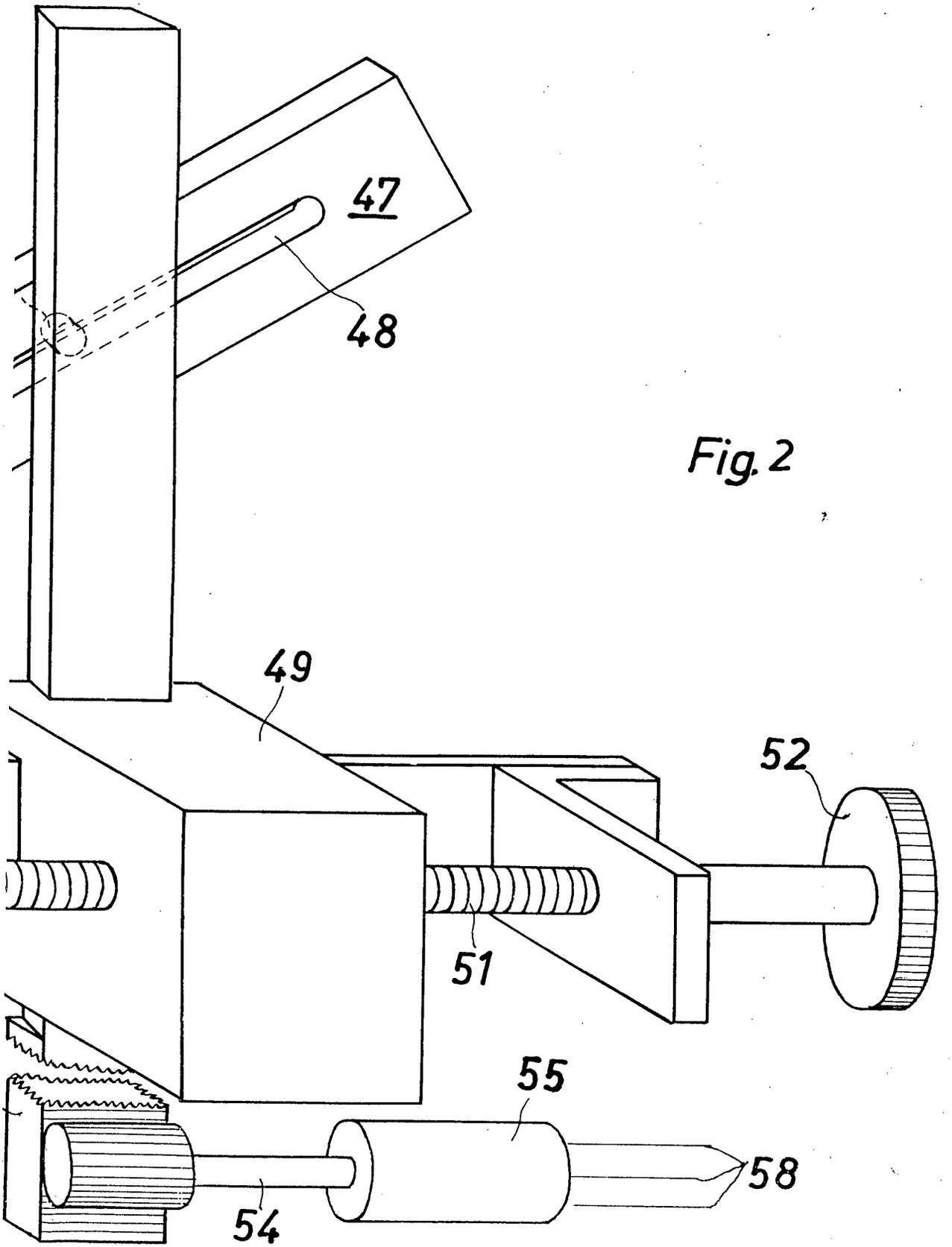


Fig. 2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

Internat. Kl.: G 03 b

Deutsche Kl.: 57 a - 7/07

AUSLEGESCHRIFT 1183777

Nummer: 1 183 777
Aktenzeichen: N 16578 IX a/57 a
Anmeldetag: 17. April 1959
Auslegetag: 17. Dezember 1964

Verfahren zur Aufnahme von Luftbildreihen hoher Bildfrequenz mittels einer Rollfilmkamera

Anmelder:
N.V. Optische Industrie „De Oude Delft", Delft (Niederlande)
Vertreter:
Dr.-Ing. E. Hoffmann, Patentanwalt, München 8, Maria-Theresia-Str. 6

Als Erfinder benannt:
Hendricus Jacobus Corn. Nieuwenhoven, Rijswijk;
Dr. Albert Bouwers, Den Haag (Niederlande)

Beanspruchte Priorität:
Niederlande vom 30. Oktober 1958 (232 772) --

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Aufnahme von Luftbildreihen hoher Bildfrequenz mittels einer Rollfilmkamera, in welcher der Rollfilm während der Aufnahmereihe ununterbrochen in Längsrichtung mit einer konstanten Geschwindigkeit durch die Bildfläche des Kameraobjektivs geführt und die Kamera im Luftfahrzeug derart gehalten wird, daß die Filmantriebsrichtung im wesentlichen übereinstimmt mit der Bewegungsrichtung des Bildes infolge der Geschwindigkeit des Luftfahrzeuges relativ zum überflogenen Gelände, und wobei ferner die Bildfläche mittels eines periodisch arbeitenden Verschlusses in solchen Zeitabständen belichtet wird, daß der Film jeweils einen Abstand mindestens gleich der Bildabmessung in Längsrichtung des Films zurücklegt.

Bei einem bekannten Verfahren dieser Art wird die Wanderungsgeschwindigkeit des vom Kameraobjektiv entworfenen Bildes gemessen oder aus der jeweiligen Flughöhe und Fluggeschwindigkeit berechnet und die Ablaufgeschwindigkeit des Rollfilms durch das Bildfenster der Bildgeschwindigkeit möglichst genau angepaßt, damit während der Aufnahme keine Relativbewegung des Bildes zum Film auftreten kann und scharfe Bilder entstehen. Das bekannte Verfahren hat den Nachteil, daß es nicht die Aufnahme überlappender Geländeteile während einer Aufnahmereihe erlaubt, wie es zum Zwecke der stereoskopischen Auswertung der Bilder oder nur zur Erleichterung der Orientierung fast immer gewünscht wird.

Es sind zwar bereits Vorschläge zur Beseitigung dieses Nachteils bekanntgeworden, nach welchen der Film mit wechselnder anstatt konstanter Geschwindigkeit durchgezogen wird, und zwar läuft der Film während der Belichtung mit der zur Kompensierung der Bildwanderung erforderlichen Geschwindigkeit ab und wird in den Zeitspannen zwischen den Belichtungen zunächst beschleunigt und dann wieder abgebremst. Dadurch erfährt der Film vor jeder Aufnahme eine gewisse Voreilung im Vergleich zum vorangehenden Bild, so daß ein Teil des in letzterem bereits aufgenommenen Geländes auch wieder im folgenden Bild erscheint. Dieses Verfahren weist jedoch gegenüber einem solchen mit konstantem Filmablauf den Nachteil auf, daß die im Takt der Aufnahmen stattfindende Beschleunigung und Verzögerung des Rollfilmes zu störenden mechanischen Schwingungen führen können und die Anwendung sehr hoher Bildfrequenzen erschweren, wie sie durch die gegenwärtig bevorzugte Luftaufklärung aus geringster Höhe und mit größter Fluggeschwindigkeit gefordert werden.

Die Erfindung schlägt unter Beibehaltung einer konstanten Filmgeschwindigkeit einen anderen Weg ein und ist dadurch gekennzeichnet, daß die konstante Filmgeschwindigkeit derart hoch gewählt wird, daß aufeinanderfolgende Bilder Geländeabschnitte wiedergeben, welche einander zu einem wesentlichen Teil überlappen, und daß ein Verschluß verwendet wird, der aus zwei mit sektorförmigen Belichtungsöffnungen in Höhe der Bildfläche versehenen Scheiben besteht, die unmittelbar vor der Bildfläche um eine zur optischen Achse parallele, gemeinsame Achse mit unterschiedlichen, in einem festen Verhältnis zueinander und zur Filmgeschwindigkeit stehenden Drehzahlen angetrieben werden.

Bei dem Verfahren nach der Erfindung wird somit von der üblichen möglichst genauen Anpassung der Filmgeschwindigkeit an die Bildwanderungsgeschwindigkeit abgesehen, und die dadurch auftretenden Differenzen werden durch die Anwendung eines vor der Bildfläche angeordneten Drehscheibenverschlusses, welcher sehr kurze Belichtungszeiten liefert, ausgeschaltet.

Die Vorteile des Verfahrens sind folgende: Das Verfahren vermeidet periodisch arbeitende mechanische Teile für den Kameraverschluß und den Filmtransport, so daß vollkommene Erschütterungsfreiheit gewährleistet ist und sehr hohe Bildfrequenzen einwandfrei zu erreichen sind. Zur Ausübung des

Verfahrens genügt eine Kamera, die sich insbesondere hinsichtlich ihres Antriebs und ihrer Regulierung durch einen sehr einfachen Aufbau und einfache Handhabung auszeichnet. Die Transportgeschwindigkeit des Films wird beim Verfahren nach der Erfindung nur zur teilweisen Kompensation der Bildwanderung ausgenutzt. Da somit eine genaue Kompensation nicht angestrebt wird, kann auf spezielle Vorrichtungen zur Messung der Bildwandergeschwindigkeit und zur Steuerung des Films verzichtet werden. Durch die kurze Belichtungszeit werden aber nicht nur die Differenzen zwischen Film- und Bildgeschwindigkeit innerhalb weiter Grenzen unschädlich gemacht, sondern auch die seitlichen Bildbewegungen infolge des Rollens des Luftfahrzeuges und die Unterschiede in der Bildgeschwindigkeit von einem Bildpunkt zum anderen durch Schieflage der Kamera oder durch Höhenunterschiede im Gelände. Beim Verfahren nach der Erfindung ist darum eine kostspielige Stabilisierung der Kamera überflüssig. Dadurch öffnet sich ein ausgedehnteres Anwendungsgebiet als bei den bekannten Verfahren, die mit Kompensation der Bildwanderung und mit Kameraverschlüssen der üblichen Bauart arbeiten. Alle diese Vorteile wirken sich im praktischen Betrieb so aus, daß bei dem vorgeschlagenen Verfahren tiefer und schneller als bisher geflogen werden kann, daß sowohl bei senkrechter Kameralage als auch in Schieflage einwandfrei gearbeitet werden kann, und daß wegen des einfachen Aufbaues der benötigten Kamera und des wenigen Zubehörs das Verfahren raumsparend und verbilligend wirkt.

Kameraverschlüsse mit mindestens zwei mit Belichtungsöffnungen versehenen Drehscheiben sind zwar schon bekanntgewesen, sie sind aber niemals in Verbindung mit einem konstant ablaufenden Film zur Lösung des vorstehend beschriebenen Problems herangezogen worden.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine Vorderansicht eines Doppelscheibenverschlusses für eine im Verfahren nach der Erfindung zu verwendende Luftbildkamera,

Fig. 2 eine Ansicht im Aufriß und im Schnitt einer solchen Luftbildkamera,

Fig. 3 eine Draufsicht, teilweise im Schnitt, nach der Linie III-III der Fig. 2 und

Fig. 4 eine Verschlußanordnung als Abwandlung der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform mit drei umlaufenden Scheiben.

Eine Scheibe **1** in Fig. 1 mit einem Durchmesser von beispielsweise 186 mm hat eine sektorförmige Belichtungsöffnung **2**, die von einer solchen radialen Länge ist, daß das Bildfenster **3** belichtet werden kann. Die Öffnung erstreckt sich auf einen Winkel von 3°. Wenn daher die Scheibe **1** mit einer Geschwindigkeit von beispielsweise 10 000 U/min um eine Achse **6** gedreht wird, wird eine Belichtungszeit von 50 Mikrosekunden erreicht. Eine Belichtungszeit von einer Tausendstelsekunde erfordert eine Umlaufgeschwindigkeit von nur 500 U/min. Hieraus ergibt sich, daß Belichtungszeiten im Bereich von ungefähr 1000 Mikrosekunden bis herunter zu ungefähr 50 Mikrosekunden oder sogar weniger mit dieser Anordnung erreicht werden können.

Um zu verhindern, daß der Film bei jeder Umdrehung der Scheibe **1** belichtet wird, ist eine Zweite Scheibe **4** in einem axialen Abstand von der Scheibe **1** vor dieser angeordnet. Die Scheibe **4** ist um die gleiche Achse wie die Scheibe **1** drehbar und wird mit einer abweichenden Geschwindigkeit angetrieben, die höher und niedriger sein kann als die der Scheibe **1**. In der Scheibe **4** ist eine sektorförmige Öffnung **5** vorgesehen, die sich über einen Winkel erstreckt, der größer ist als der des Sektors **2** in der Scheibe **1**. Wenn beispielsweise die Scheibe **1** mit 9000 U/min zur Drehung angetrieben wird und die Scheibe **4** mit 8100 U/min, kommt bei zehn Umdrehungen der Scheibe **1** der Sektor **2** einmal in Überdeckung mit dem Sektor **5** in der Scheibe **4**. Wenn die Scheiben **1** und **4** richtig eingestellt sind, erfolgt diese Überdeckung während der Zeit, in der die Belichtungsöffnung **2** sich vor dem Bildfenster **3** befindet, so daß eine Belichtung stattfindet. In dem beschriebenen Falle muß die Öffnung **5** in der Scheibe **4** einen Winkel von etwa 12° bestreichen, um sicherzustellen, daß die Öffnung **2**, die die Belichtungszeit bestimmt, während der vollen Belichtungszeit freiliegt, während bei der nächsten Umdrehung die Öffnung **2** wieder vollständig von der Scheibe **4** abgedeckt ist.

In Fig. 2 und 3 trägt ein Tubus **7** ein Linsensystem **7'**. Dieser Tubus ist an einem Kamerakörper **8** angebracht, in dem Filmspulen **9** und **10** und der Antriebsmechanismus für den Film und die Verschlußscheiben **1** und **4** untergebracht sind.

Wenn beispielsweise bei den erwähnten Verschlußwerten der Film mit einer Geschwindigkeit von 90 cm/sec transportiert wird, dann werden die aufeinanderfolgenden Bilder auf dem Film durch unbelichtete Streifen von einer Breite von 4 mm getrennt. Wenn ferner das Flugzeug in einer Höhe von beispielsweise 50 m und mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 300 m/sec fliegt und das Kameraobjektiv eine Brennweite von 10 cm hat, bewegt sich das Bild mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 60 cm/sec durch die Brennebene. Da die Belichtungszeit ungefähr 50 Mikrosekunden ist, beträgt die sich aus der Relativbewegung ergebende Unschärfe etwa $50{,}10^{-6} \cdot 30{,}10^{4} = 15^{\mu}$, was für den beabsichtigten Zweck völlig ausreicht. Die aufeinanderfolgenden Bilder zeigen dann die Geländeteile, die einander für einen wesentlichen Teil übergreifen.

In Fig. 2 und 3 ist gezeigt, daß die Scheibe **1** drehbar in der Nähe der Bildfläche auf einer Hohlwelle **11** angeordnet ist. Innerhalb dieser Welle ist eine Spindel **12** für die Scheibe **4** vorgesehen. Der Antrieb ist schematisch gezeigt und umfaßt einen Elektromotor **13**, der mit einem Getriebe **14** gekuppelt ist, von dem aus die Wellen **11** und **12** der Verschlußscheiben und eine Antriebsspindel **15** für eine Filmtransportrolle **16** angetrieben werden. Die Verbindung zwischen der Antriebswelle **15** und der Filmtransportrolle **16** wird durch ein Kegelrad **17** hergestellt.

Daß zwischen der Filmgeschwindigkeit und den Geschwindigkeiten der Verschlußscheiben im allgemeinen ein konstantes Verhältnis aufrechterhalten werden kann, geht aus folgendem hervor. Wenn angenommen wird, daß durch eine Veränderung in der Fluggeschwindigkeit v oder der Höhe h oder von beiden die Geschwindigkeit $(v/h)f$ (wobei f die Brennweite der Kamera ist) des Bildes in der Brennebene mit einem Faktor $k>1$ multipliziert wird, dann müssen die Filmgeschwindigkeit und die Bildfrequenz mit dem gleichen Faktor k multipliziert werden, wenn der Überschneidungsfaktor und die Zwischen-

räume zwischen aufeinanderfolgenden Bildern gleichbleiben sollen.

Demgemäß wird der Unterschied in der Geschwindigkeit zwischen dem Bild und dem Film ebenfalls mit dem Faktor *k* multipliziert. Es ist klar, daß, um eine Erhöhung der sich ergebenden Unschärfe zu verhüten, die Belichtungszeit vorzugsweise durch den Faktor *k* geteilt werden soll, was bedeutet, daß die Drehgeschwindigkeit der Scheibe **1** mit dem gleichen Faktor *k* wie die Filmgeschwindigkeit und die Folgefrequenz multipliziert werden muß.

Auf diese Weise kann der Aufbau des Antriebs infolge des Umstandes sehr einfach sein, daß alle angetriebenen Teile eine feste mechanische Kupplung mit dem Antrieb haben und daß keine Notwendigkeit vorhanden ist, daß sie einzeln gesteuert werden müssen. Die Steuerung der Kamera besteht lediglich darin, daß die Drehzahl des Elektromotors in an sich bekannter Weise proportional mit dem Quotienten aus der Fluggeschwindigkeit *v* und der Flughöhe *h* verändert wird. Es besteht aber keine Notwendigkeit für ein sehr genaues Messen des tatsächlichen Wertes dieses Quotienten wie bei den üblichen Verfahren mit Bildbewegungskompensation, da die äußerst kurzen Belichtungszeiten die zusätzliche Unschärfe innerhalb weiter Grenzen daran hindern, die Bildgüte wesentlich zu beeinträchtigen.

Hierbei ist zu erwähnen, daß, wenn ein festes Verhältnis zwischen den verschiedenen Geschwindigkeiten besteht, die Anpassung der Kamera an die bestehenden Lichtbedingungen mit Hilfe der Objektivblende bewirkt werden muß. Es wird die kürzeste Belichtungszeit daher so gewählt, daß unter verhältnismäßig ungünstigen Lichtbedingungen bei dem jeweils verwendeten Film brauchbare Bilder gemacht werden können, wenn das Objektiv auf seine maximale Öffnung eingestellt ist. Dadurch wird für eine gegebene maximale Bildgeschwindigkeit und einen Überschneidungsfaktor die Unschärfe, die sich aus der Bild- und Filmgeschwindigkeit ergibt, bestimmt. Mit abnehmendem *v*/*h*-Verhältnis werden die Verschluß- und die Filmgeschwindigkeit proportional zur Bildgeschwindigkeit verringert, wodurch der Überschneidungsfaktor und die Unschärfe konstant bleiben. Die Objektivöffnung wird zur gleichen Zeit verkleinert, um die verlängerte Belichtungszeit zu korrigieren.

Der Film **18** in Fig. 2 und 3 wird in Längsrichtung von der Vorratsspule **9** über eine Führungsrolle **19** zu dem Bildfenster geführt. Hier wird der Film zwischen einer planparallelen Glasplatte **20** und einer Auflageplatte **21** hindurchgezogen, die von der Glasplatte **20** in einer solchen Entfernung liegt, daß der Film an allen Punkten des Bildbereichs innerhalb des Scharfeinstellbereichs des Objektivs liegt. Der Film wird über eine Führungsrolle **22** durch eine Filmtransportrolle **16** transportiert, die mit der Gegenrolle **23** zusammenarbeitet, und wird auf der Aufnahmespule **10** aufgenommen.

Wie schematisch in Fig. 2 dargestellt, ist das Linsensystem **7'** mit einem Verschluß **24** an sich bekannter Art versehen, durch den eine Reihe aufeinanderfolgender Belichtungen begonnen und abgeschlossen werden kann.

Dieser Verschluß kann geöffnet werden, wenn der Antrieb und die mit diesem gekuppelten Elemente die erforderliche Geschwindigkeit erreicht haben, und kann wieder durch einen nicht gezeigten bekannten Mechanismus geschlossen werden, sobald genügend Aufnahmen gemacht worden sind. Vorzugsweise kann eine (nicht gezeigte) elektromagnetische Kupplung zwischen der Filmantriebswelle **15** und dem übrigen Antriebsmechanismus vorgesehen werden, so daß die Filmbewegung sofort beginnen kann, nachdem der Motor **13** und die Verschlußscheiben **1** und **4** ihre erforderliche Geschwindigkeit erreicht haben. Auf diese Art und Weise wird der Film bestmöglich ausgenutzt. Die Aufgabe des Zentralverschlusses **24** kann auch durch ein Element erfüllt werden, das zusätzlich zu den beiden Verschlußscheiben vor der Brennebene angeordnet ist und während einer Reihe von Belichtungen aus dem Lichtbündel geschoben, gedreht oder in anderer Weise bewegt werden kann.

Bei der Anordnung nach Fig. 4 wird durch eine dritte Scheibe zusätzlich zu den beiden in Fig. 1 gezeigten Scheiben die Bildfrequenz des Verschlusses auf einen gewünschten Wert verringert. Die drei Scheiben sind mit **1**, **4** und **25** bezeichnet und haben Öffnungen **2**, **5** und **26**.

Die Scheiben sind auf gleichachsigen Wellen angeordnet und werden durch einen geeigneten (nicht gezeigten) Mechanismus z. B. mit Drehzahlen von 9000, 8100 bzw. 8250 U/min zur Drehung angetrieben. Wie in Verbindung mit Fig. 1 beschrieben, läuft an der Öffnung **5** die Öffnung **2** bei jeder zehnten Umdrehung der Scheibe **1** vorbei. Bei der Anordnung nach Fig. 4 führt jedoch nur jede sechste Überdeckung zu einer Belichtung, was dadurch bedingt ist, daß an der Öffnung **26** die Öffnung **2** bei jeder zwölften Umdrehung vorbeiläuft. Daher sind sechzig Umdrehungen der Scheibe **1** notwendig, bevor sich die Überdeckung der drei Öffnungen wiederholt, so daß sich eine Wiederholungsfrequenz von hundertfünfzig Belichtungen je Minute ergibt. Die Öffnung **26** kann sich wegen der etwas höheren Drehzahl der Scheibe **25** im Vergleich zur Scheibe **4** über einen Winkel von etwa 10,5° erstrecken.

Patentanspruch:

Verfahren zur Aufnahme von Luftbildreihen hoher Bildfrequenz mittels einer Rollfilmkamera, in welcher der Rollfilm während der Aufnahmereihe ununterbrochen in Längsrichtung mit einer konstanten Geschwindigkeit durch die Bildfläche des Kameraobjektivs geführt und die Kamera im Luftfahrzeug derart gehalten wird, daß die Filmantriebsrichtung im wesentlichen übereinstimmt mit der Bewegungsrichtung des Bildes infolge der Geschwindigkeit des Luftfahrzeuges relativ zum überflogenen Gelände, und wobei ferner die Bildfläche mittels eines periodisch arbeitenden Verschlusses in solchen Zeitabständen belichtet wird, daß der Film jeweils einen Abstand mindestens gleich der Bildabmessung in Längsrichtung des Films zurücklegt, dadurch gekennzeichnet, daß die Filmgeschwindigkeit derart hoch gewählt wird, daß aufeinanderfolgende Bilder Geländeabschnitte wiedergeben, welche einander zu einem wesentlichen Teil überlappen, und daß ein Verschluß verwendet wird, der aus zwei mit sektorförmigen Belichtungsöffnungen in Höhe der Bildfläche versehenen Scheiben besteht, die unmittelbar vor der Bildfläche um eine zur optischen Achse parallele, gemeinsame Achse mit unterschiedlichen, in

einem festen Verhältnis zueinander und zur Filmgeschwindigkeit stehenden Drehzahlen angetrieben werden.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschrift Nr. 953 300;

deutsche Auslegeschrift Nr. 1 024 349;
französische Patentschriften Nr. 1 089 778, 552 545, 562 870;
USA.-Patentschrift Nr. 2 713 814;
K. Schwidefsky: »Grundriß der Photogrammetrie«, 4. Auflage, Bielefeld 1950, S. 79.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

409 758/212 12. 64 Bundesdruckerei Berlin

Nummer: 1 183 777
Internat. Kl.: G 03 b
Deutsche Kl.: 57 a - 7/07
Auslegetag: 17. Dezember 1964

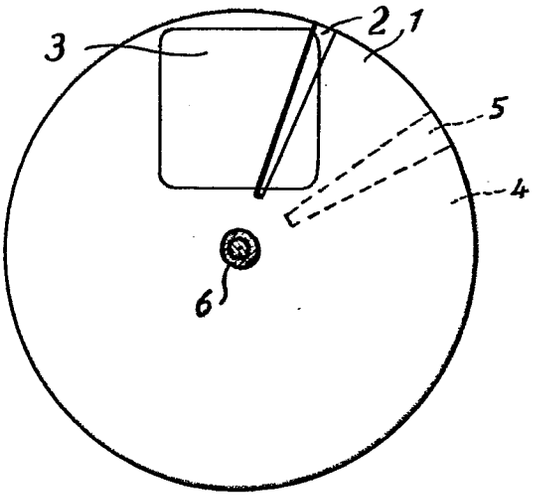


Fig. 1

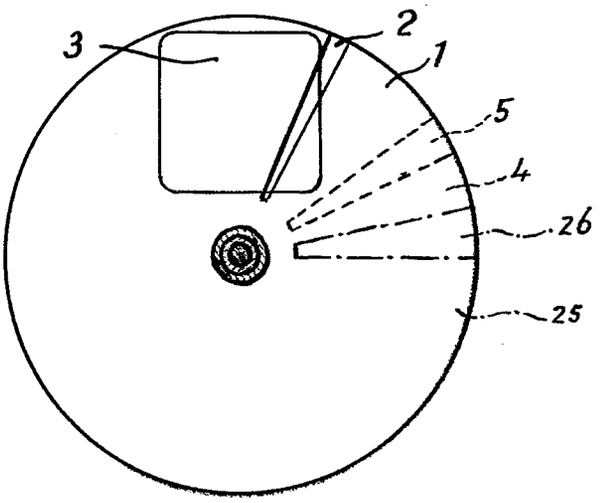


Fig. 4

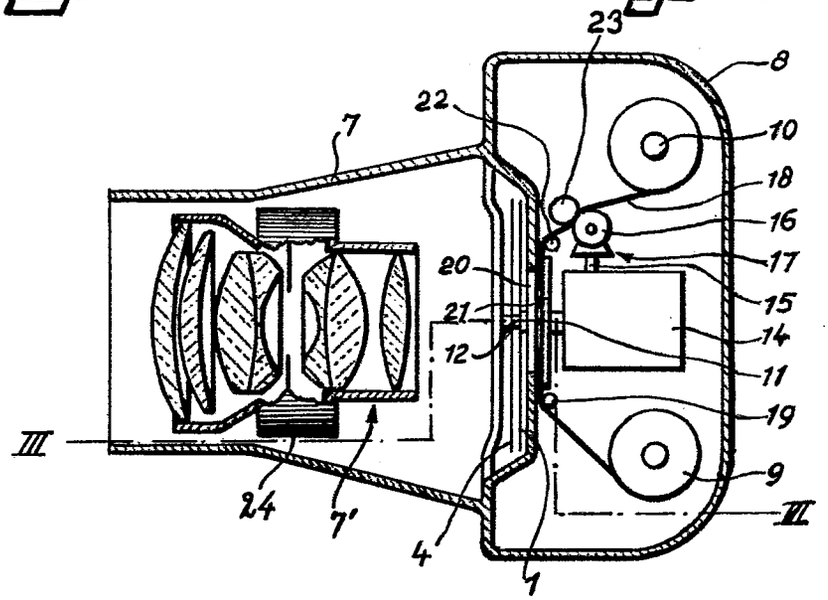


Fig. 2

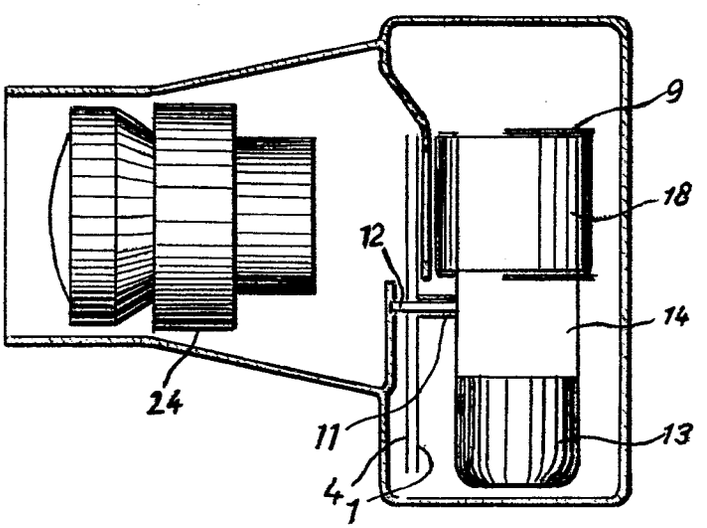


Fig. 3

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

Int. Cl.: G 03 b

Deutsche Kl.: 57 a - 7/07

AUSLEGESCHRIFT 1 187 124

Nummer: 1 187 124
Aktenzeichen: N 21982 IX a/57 a
Anmeldetag: 17. April 1959
Auslegetag: 11. Februar 1965

Luftbildkamera für Reihenaufnahmen

Anmelder:
N. V. Optische Industrie »De Oude Delft«, Delft (Niederlande)

Vertreter:
Dr.-Ing. E. Hoffmann und Dipl.-Ing. W. Eitle, Patentanwälte, München 8, Maria-Theresia-Str. 6

Als Erfinder benannt:
Dr. Albert Bouwers, Den Haag

Beanspruchte Priorität:
Niederlande vom 30. Oktober 1958 (232 772) --

Die Erfindung bezieht sich auf eine Luftbildkamera für Reihenaufnahmen und hat zur Aufgabe, eine Kamera solcher Art zu schaffen, bei welcher zwei nebeneinander in derselben Ebene liegende Bildflächen zweier Objektive mit einfachen Mitteln abwechselnd mit konstanten Zeitzwischenräumen belichtet werden. Eine abwechselnde Belichtung der beiden Bildflächen in dieser Weise kann z. B. dazu dienen, auf einem Film oder auch auf zwei verschiedenen Filmen eine Reihe von Luftbildern herzustellen, welche einander teilweise überlappende Geländeabschnitte wiedergeben und deshalb in einem Stereoskop paarweise eine räumliche Darstellung des Geländes ermöglichen.

In bekannter Weise werden die beiden Bildflächen von einem gemeinsamen Drehscheibenverschluß belichtet. Dazu wird ein an sich bekannter Verschluß verwendet, der zwei mit unterschiedlichen Drehzahlen gleichsinnig um eine gemeinsame Achse angetriebene Scheiben aufweist, die je eine sektorförmige Belichtungsöffnung in Höhe der Bildfläche besitzen. Erfindungsgemäß hat dabei das feste Verhältnis der Drehzahlen einen solchen Wert, daß die sektorförmigen Belichtungsöffnungen abwechselnd die eine und die andere Bildfläche für eine Belichtung freigeben, derart, daß im Zeitraum zwischen den Belichtungen die Verschlußscheiben je $n+1/2$ Umdrehungen ausführen, wobei n eine für die beiden Scheiben verschiedene ganze Zahl ist.

Die Kamera nach der Erfindung vereinigt eine einfache Konstruktion und Bedienung mit dem weiteren Vorteil, daß außerordentlich kurze Belichtungszeiten und hohe Aufnahmefrequenzen bei vollkommener Erschütterungsfreiheit erreichbar sind. Die Belichtung der beiden Bildflächen erfolgt bei ihr in unter sich genau gleichen Zeiträumen und unter vollkommen identischen Bedingungen.

Kameraverschlüsse mit zwei mit unterschiedlichen Drehzahlen angetriebenen, je eine sektorförmige Belichtungsöffnung aufweisenden Scheiben sind zwar seit langem bekannt, sie wurden aber niemals zur Lösung der oben erwähnten Aufgabe herangezogen. Es sind weiterhin sogenannte Stereokameras mit Drehscheibenverschluß bekannt, bei welchen der Verschluß entweder aus einer Scheibe mit zwei Belichtungsöffnungen oder aus zwei fest miteinander verbundenen Scheiben mit je einer Belichtungsöffnung besteht, wobei jedoch die Bildflächen jeweils gleichzeitig belichtet werden. Hier stellt also der Abstand zwischen den beiden Objektiven die sogenannte stereoskopische Basis der Aufnahmen dar, im Gegensatz zur erfindungsgemäßen Luftbildkamera, bei

welcher die beiden stereoskopischen Aufnahmen in einem gewissen Zeitabstand gemacht werden, in welchem das Flugzeug eine beträchtliche Strecke zurücklegt. Bei den üblichen Flughöhen würde der Unterschied im Blickwinkel, welcher sich aus dem Abstand zwischen den beiden Kameraobjektiven ergibt, bekanntlich viel zu gering sein.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand eines in der Zeichnung nur schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Ansicht der Verschlußscheiben von der Brennebene der Kamera aus;

Fig. 2 ist ein Längsschnitt durch die Kamera.

Die beiden hintereinander befindlichen Scheiben des Verschlusses sind mit **1** und **4** angedeutet. Die Scheibe **1** ist an einer Welle **6** befestigt, welche durch die röhrenförmige Welle **7** der zweiten Scheibe **4** gesteckt ist, derart, daß die beiden Scheiben sich gegeneinander verdrehen können. Scheibe **1** weist einen sektorförmigen Belichtungsspalt **2** auf, der sich radial erstreckt und eine der Höhe der Bildfläche entsprechende Länge besitzt. Die Scheibe **4** ist ebenfalls mit einer radial verlaufenden sektorförmigen Öffnung **5** von entsprechender Länge versehen, die eine größere Breite als Spalt **2** hat. Mit **3** und **3'** sind die beiden Bildflächen angegeben, welche in einer gemeinsamen Ebene unmittelbar hinter der Scheibe **1** liegen und die Drehachse der Verschlußscheiben in der Mitte zwischen sich haben.

Wie Fig. 2 veranschaulicht, ist der Abstand zwischen den beiden Scheiben **1** und **4** sehr klein. Das

Kameragehäuse **8** trägt die beiden parallelachsigen Kameraobjektive **9** und **10** und ein Bildfenster **12**, welches die seitliche Bildbegrenzung der Bildflächen liefert.

Der Einfachheit halber sind in Fig. 2 keine Filmkassetten oder weitere Einzelheiten der Filmführung und des Filmantriebs eingezeichnet. Diese können nach bekannten Gesichtspunkten ausgeführt sein, wobei zu beachten ist, daß die Aufnahmen sowohl auf einem durch beide Bildflächen geführten Film als auch auf zwei verschiedenen Filmen gemacht werden können.

Die Wellen **6** und **7** werden erfindungsgemäß mit einem festen Drehzahlverhältnis von einem gemeinsamen Antriebsmechanismus **11** angetrieben, und zwar in solcher Weise, daß die Spalte **2** und **5** abwechselnd in bestimmten unter sich gleichen Zeitzwischenräumen vor den beiden Bildflächen zur Deckung gebracht werden. Wenn beispielsweise angenommen wird, daß die Scheiben **2** und **5** mit 6500 und 5500 U/min. in Drehung versetzt werden, so werden die Spalte **2** und **5** tausend Mal in der Minute aneinander vorbeigeführt. In dem Zeitraum zwischen zwei solchen Vorfällen legt die schnellere Scheibe sechseinhalb Umdrehungen, die langsamere aber nur fünfeinhalb Umdrehungen zurück. Wenn die Scheiben also derart in bezug zueinander eingestellt sind, wie es für die Erfindung notwendig ist, nämlich daß die Öffnungen **2** und **5** gerade im Bereich einer Bildfläche aneinander vorbeigelaufen sind, so kommen die Belichtungsöffnungen nach fünfeinhalb Umdrehungen der langsamen Scheibe erneut in Überdeckung, und zwar gerade im Bereich der gegenüberliegenden Bildfläche. Weitere fünfeinhalb Umdrehungen sind notwendig, um die nächste Koinzidenz vor der ersten Bildfläche zu erhalten. Eine Belichtung findet selbstverständlich immer statt, wenn die beiden Spalte gleichzeitig an einer Bildfläche vorbeidrehen. Dabei soll wegen der unterschiedlichen Geschwindigkeit der beiden Scheiben der Öffnung **5** breiter sein als die Öffnung **2**, damit die letztere tatsächlich allen Bildpunkten die gleiche Belichtung erteilen kann.

In dem oben geschilderten Fall werden die beiden Bildflächen je fünfhundert Mal in der Minute belichtet. Selbstverständlich können auch ganz andere Zahlenwerte gewählt werden. Auch können die Geschwindigkeiten der Scheiben unter Beibehaltung ihres festen Verhältnisses regelbar sein zur Anpassung des Kamerabetriebs an wechselnder Flughöhe und Fluggeschwindigkeit. Schließlich sei auf die Möglichkeit hingewiesen, daß mittels eines weiteren Verschlusses, z. B. in Form einer zusätzlichen Drehscheibe, in an sich bekannter Weise die Zahl der Aufnahmen pro Zeiteinheit auf ein gewünschtes Maß beschränkt wird.

Patentanspruch:

Stereoluftbildkamera für Reihenaufnahmen mit zwei Objektiven, deren Bildflächen nebeneinander in derselben Ebene liegen und von einem gemeinsamen Drehscheibenverschluß belichtet werden unter Verwendung eines an sich bekannten Verschlusses, der zwei um eine gemeinsame Achse, mit unterschiedlichen Drehzahlen gleichsinnig angetriebene Scheiben aufweist, die je eine sektorförmige Belichtungsöffnung in Höhe der Bildfläche besitzen, dadurch gekennzeichnet, daß das feste Verhältnis der Drehzahlen einen solchen Wert hat, daß die sektorförmigen Belichtungsöffnungen abwechselnd die eine und die andere Bildfläche für eine Belichtung freigeben, derart, daß im Zeitraum zwischen den Belichtungen die Verschlußscheiben je $n+1/2$ Umdrehungen ausführen, wobei n eine für die beiden Scheiben verschiedene und ganze Zahl ist.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Französische Patentschriften Nr. 562 870, 552 545.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

509 508/199 2. 65 Bundesdruckerei Berlin

Nummer: **1 187 124**
Int. Cl.: **G 03 b**
Deutsche Kl.: **57 a- 7/07**
Auslegetag: 11. Februar 1965

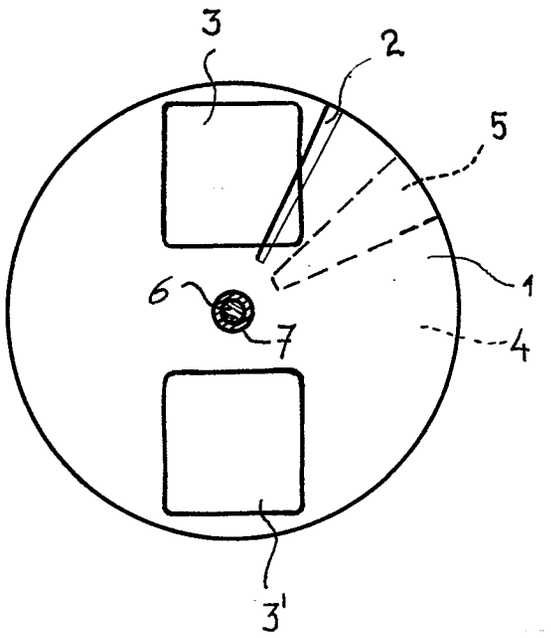


Fig. 1

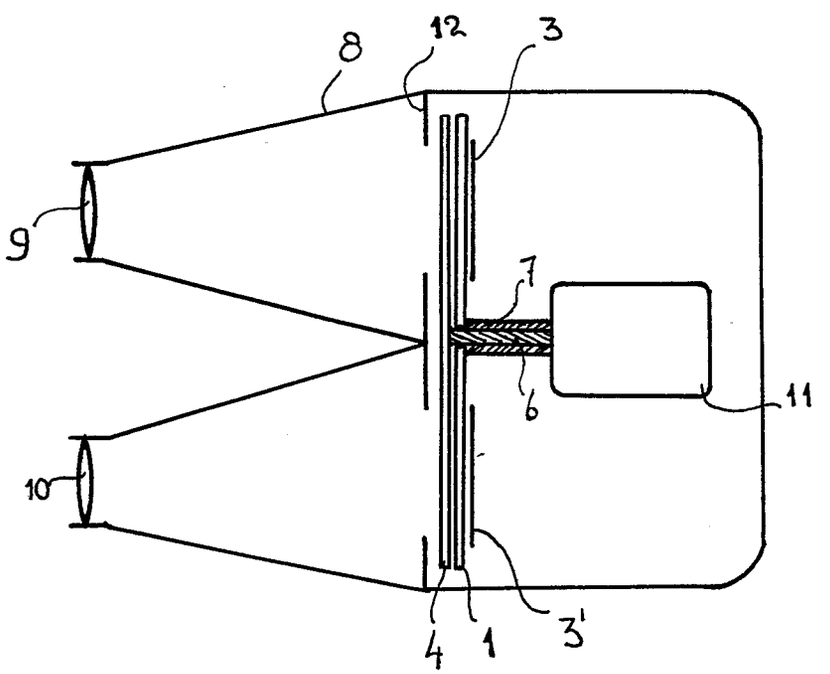


Fig. 2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

Int. Cl.: G 03 b

Deutsche Kl.: 57 a - 7/07

PATENTSCHRIFT

1 187 124

Nummer: 1 187 124
Aktenzeichen: N 21982 IX a/57 a
Anmeldetag: 17. April 1959
Auslegetag: 11. Februar 1965
Ausgabetag: 7. Oktober 1965
Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

Luftbildkamera für Reihenaufnahmen

Patentiert für:
N. V. Optische Industrie »De Oude Delft«, Delft (Niederlande)

Vertreter:
Dr.-Ing. E. Hoffmann und Dipl.-Ing. W. Eitle, Patentanwälte, München 8, Maria-Theresia-Str. 6

Als Erfinder benannt:
Dr. Albert Bouwers, Den Haag

Beanspruchte Priorität:
Niederlande vom 30. Oktober 1958 (232 772) --

Die Erfindung bezieht sich auf eine Luftbildkamera für Reihenaufnahmen und hat zur Aufgabe, eine Kamera solcher Art zu schaffen, bei welcher zwei nebeneinander in derselben Ebene liegende Bildflächen zweier Objektive mit einfachen Mitteln abwechselnd mit konstanten Zeitzwischenräumen belichtet werden. Eine abwechselnde Belichtung der beiden Bildflächen in dieser Weise kann z. B. dazu dienen, auf einem Film oder auch auf zwei verschiedenen Filmen eine Reihe von Luftbildern herzustellen, welche einander teilweise überlappende Geländeabschnitte wiedergeben und deshalb in einem Stereoskop paarweise eine räumliche Darstellung des Geländes ermöglichen.

In bekannter Weise werden die beiden Bildflächen von einem gemeinsamen Drehscheibenverschluß belichtet. Dazu wird ein an sich bekannter Verschluß verwendet, der zwei mit unterschiedlichen Drehzahlen gleichsinnig um eine gemeinsame Achse angetriebene Scheiben aufweist, die je eine sektorförmige Belichtungsöffnung in Höhe der Bildfläche besitzen. Erfindungsgemäß hat dabei das feste Verhältnis der Drehzahlen einen solchen Wert, daß die sektorförmigen Belichtungsöffnungen abwechselnd die eine und die andere Bildfläche für eine Belichtung freigeben, derart, daß im Zeitraum zwischen den Belichtungen die Verschlußscheiben je $n+1/2$ Umdrehungen ausführen, wobei n eine für die beiden Scheiben verschiedene ganze Zahl ist.

Die Kamera nach der Erfindung vereinigt eine einfache Konstruktion und Bedienung mit dem weiteren Vorteil, daß außerordentlich kurze Belichtungszeiten und hohe Aufnahmefrequenzen bei vollkommener Erschütterungsfreiheit erreichbar sind. Die Belichtung der beiden Bildflächen erfolgt bei ihr in unter sich genau gleichen Zeiträumen und unter vollkommen identischen Bedingungen.

Kameraverschlüsse mit zwei mit unterschiedlichen Drehzahlen angetriebenen, je eine sektorförmige Belichtungsöffnung aufweisenden Scheiben sind zwar seit langem bekannt, sie wurden aber niemals zur Lösung der oben erwähnten Aufgabe herangezogen. Es sind weiterhin sogenannte Stereokameras mit Drehscheibenverschluß bekannt, bei welchen der Verschluß entweder aus einer Scheibe mit zwei Belichtungsöffnungen oder aus zwei fest miteinander verbundenen Scheiben mit je einer Belichtungsöffnung besteht, wobei jedoch die Bildflächen jeweils gleichzeitig belichtet werden. Hier stellt also der Abstand zwischen den beiden Objektiven die sogenannte stereoskopische Basis der Aufnahmen dar, im Gegensatz zur erfindungsgemäßen Luftbildkamera, bei

welcher die beiden stereoskopischen Aufnahmen in einem gewissen Zeitabstand gemacht werden, in welchem das Flugzeug eine beträchtliche Strecke zurücklegt. Bei den üblichen Flughöhen würde der Unterschied im Blickwinkel, welcher sich aus dem Abstand zwischen den beiden Kameraobjektiven ergibt, bekanntlich viel zu gering sein.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand eines in der Zeichnung nur schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Ansicht der Verschlußscheiben von der Brennebene der Kamera aus;

Fig. 2 ist ein Längsschnitt durch die Kamera.

Die beiden hintereinander befindlichen Scheiben des Verschlusses sind mit **1** und **4** angedeutet. Die Scheibe **1** ist an einer Welle **6** befestigt, welche durch die röhrenförmige Welle **7** der zweiten Scheibe **4** gesteckt ist, derart, daß die beiden Scheiben sich gegeneinander verdrehen können. Scheibe **1** weist einen sektorförmigen Belichtungsspalt **2** auf, der sich radial erstreckt und eine der Höhe der Bildfläche entsprechende Länge besitzt. Die Scheibe **4** ist ebenfalls mit einer radial verlaufenden sektorförmigen Öffnung **5** von entsprechender Länge versehen, die eine größere Breite als Spalt **2** hat. Mit **3** und **3'** sind die beiden Bildflächen angegeben, welche in einer gemeinsamen Ebene unmittelbar hinter der Scheibe **1** liegen und die Drehachse der Verschlußscheiben in der Mitte zwischen sich haben.

Wie Fig. 2 veranschaulicht, ist der Abstand zwischen den beiden Scheiben **1** und **4** sehr klein. Das

Kameragehäuse **8** trägt die beiden parallelachsigen Kameraobjektive **9** und **10** und ein Bildfenster **12**, welches die seitliche Bildbegrenzung der Bildflächen liefert.

Der Einfachheit halber sind in Fig. 2 keine Filmkassetten oder weitere Einzelheiten der Filmführung und des Filmantriebs eingezeichnet. Diese können nach bekannten Gesichtspunkten ausgeführt sein, wobei zu beachten ist, daß die Aufnahmen sowohl auf einem durch beide Bildflächen geführten Film als auch auf zwei verschiedenen Filmen gemacht werden können.

Die Wellen **6** und **7** werden erfindungsgemäß mit einem festen Drehzahlverhältnis von einem gemeinsamen Antriebsmechanismus **11** angetrieben, und zwar in solcher Weise, daß die Spalte **2** und **5** abwechselnd in bestimmten unter sich gleichen Zeitzwischenräumen vor den beiden Bildflächen zur Deckung gebracht werden. Wenn beispielsweise angenommen wird, daß die Scheiben **2** und **5** mit 6500 und 5500 U/min. in Drehung versetzt werden, so werden die Spalte **2** und **5** tausend Mal in der Minute aneinander vorbeigeführt. In dem Zeitraum zwischen zwei solchen Vorfällen legt die schnellere Scheibe sechseinhalb Umdrehungen, die langsamere aber nur fünfeinhalb Umdrehungen zurück. Wenn die Scheiben also derart in bezug zueinander eingestellt sind, wie es für die Erfindung notwendig ist, nämlich daß die Öffnungen **2** und **5** gerade im Bereich einer Bildfläche aneinander vorbeigelaufen sind, so kommen die Belichtungsöffnungen nach fünfeinhalb Umdrehungen der langsamen Scheibe erneut in Überdeckung, und zwar gerade im Bereich der gegenüberliegenden Bildfläche. Weitere fünfeinhalb Umdrehungen sind notwendig, um die nächste Koinzidenz vor der ersten Bildfläche zu erhalten. Eine Belichtung findet selbstverständlich immer statt, wenn die beiden Spalte gleichzeitig an einer Bildfläche vorbeidrehen. Dabei soll wegen der unterschiedlichen Geschwindigkeit der beiden Scheiben der Öffnung **5** breiter sein als die Öffnung **2**, damit die letztere tatsächlich allen Bildpunkten die gleiche Belichtung erteilen kann.

In dem oben geschilderten Fall werden die beiden Bildflächen je fünfhundert Mal in der Minute belichtet. Selbstverständlich können auch ganz andere Zahlenwerte gewählt werden. Auch können die Geschwindigkeiten der Scheiben unter Beibehaltung ihres festen Verhältnisses regelbar sein zur Anpassung des Kamerabetriebs an wechselnder Flughöhe und Fluggeschwindigkeit. Schließlich sei auf die Möglichkeit hingewiesen, daß mittels eines weiteren Verschlusses, z. B. in Form einer zusätzlichen Drehscheibe, in an sich bekannter Weise die Zahl der Aufnahmen pro Zeiteinheit auf ein gewünschtes Maß beschränkt wird.

Patentanspruch:

Stereoluftbildkamera für Reihenaufnahmen mit zwei Objektiven, deren Bildflächen nebeneinander in derselben Ebene liegen und von einem gemeinsamen Drehscheibenverschluß belichtet werden unter Verwendung eines an sich bekannten Verschlusses, der zwei um eine gemeinsame Achse, mit unterschiedlichen Drehzahlen gleichsinnig angetriebene Scheiben aufweist, die je eine sektorförmige Belichtungsöffnung in Höhe der Bildfläche besitzen, dadurch gekennzeichnet, daß das feste Verhältnis der Drehzahlen einen solchen Wert hat, daß die sektorförmigen Belichtungsöffnungen abwechselnd die eine und die andere Bildfläche für eine Belichtung freigeben, derart, daß im Zeitraum zwischen den Belichtungen die Verschlußscheiben je $n+1/2$ Umdrehungen ausführen, wobei n eine für die beiden Scheiben verschiedene und ganze Zahl ist.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Französische Patentschriften Nr. 562 870, 552 545.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

509 508/199 2. 65 Bundesdruckerei Berlin

Nummer: **1 187 124**
Int. Cl.: G **03** b
Deutsche Kl.: **57** a- **7/07**
Auslegetag: 11. Februar 1965

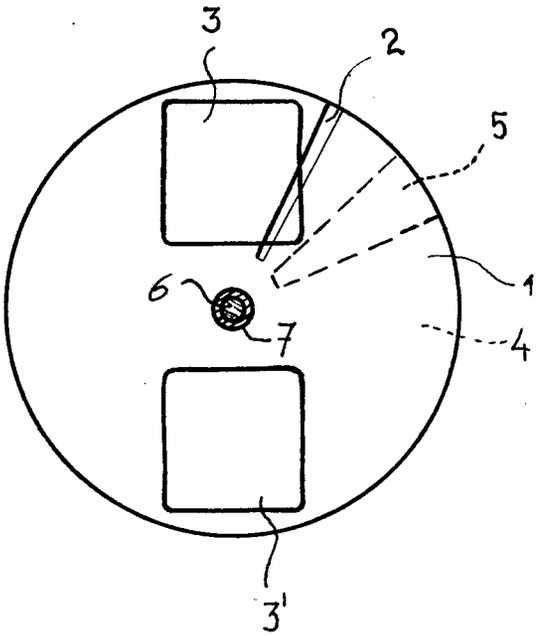


Fig. 1

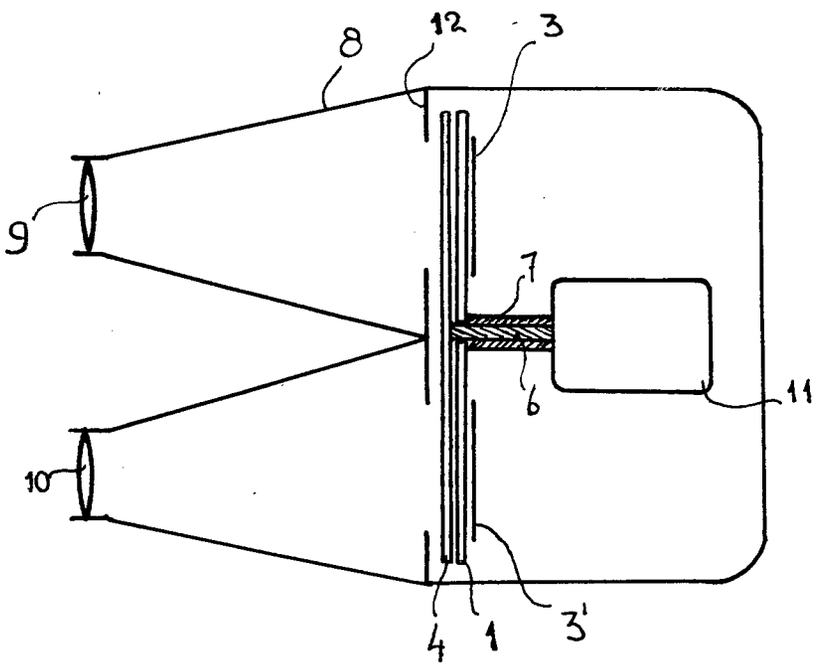


Fig. 2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

Int. Cl.: G 03 b

Deutsche Kl.: 57 a - 37/01

AUSLEGESCHRIFT 1 246 396

Nummer: 1 246 396
Aktenzeichen: W 37028 IX a/57 a
Anmeldetag: 23. Juni 1964
Auslegetag: 3. August 1967

Bildwurfeinrichtung zur räumlichen Wiedergabe von stereoskopisch aufgenommenen Lichtbildern, Lauffilmen und Reihenbildern der Luftbildvermessung

Anmelder:
Hubert Wiegelmann,
Neheim-Hüsten 1, Trift 25

Als Erfinder benannt:
Hubert Wiegelmann, Neheim-Hüsten

1

Die Erfindung betrifft eine Bildwurfeinrichtung für Steh- und Laufbildwerfer zur räumlichen Wiedergabe des Bildwurfes von stereoskopisch aufgenommenen Lichtbildern, Lauffilmen und Reihenbildern der Luftbildvermessung. Die neue Bildwurfeinrichtung ist nach dem Zeitfolgeverfahren wirksam, bei welchem abwechselnd und nacheinander in schneller Folge das rechtsäugige und das linksäugige Teilbild der stereoskopischen Bildpaare auf den Projektionsschirm geworfen werden und bei welchem das rechte und linke Auge des Beschauers durch synchron gesteuerte bewegliche Blenden wechselweise abgedeckt werden. Bei den bisher bekanntgewordenen Einrichtungen dieser Art, z. B. der Einrichtungen nach den deutschen Patenten 866 905 und 830 841, mußte das abwechselnde Aufleuchten der Projektionslichtquellen durch wechselweises Abdecken derselben am Bildwerfer erfolgen. Durch das wechselweise Abdecken und Aufhellen der Projektionslichter wurde zumindest 60 Prozent des Projektionslichtes vernichtet. Zur Vermeidung von Restbildern mußten zufolge der großen Lichtaustrittsöffnungen am Bildwerfer große, vornehmlich durch Synchronmotor angetriebene Rotationsblenden verwandt werden.

Hinzu kam die Schwierigkeit der Abstimmung und Konstanthaltung der genauen Abdeckzeiten der Wechselblende an der Bildwurfeinrichtung zu den vor den Augen der Beschauer synchron betriebenen Wechselblenden.

Zufolge dieser Mängel war eine Anwendung dieser Projektionsmethode in größerem Umfange unmöglich, obschon sie beliebige Projektionsschirme zuläßt, keinerlei Verfärbung oder Trübung der Lichtbilder bewirkt und von der Kopfhaltung des Beschauers weitgehend unabhängig ist.

Die erfindungsgemäße Bildwurfeinrichtung für die räumliche Wiedergabe von stereoskopisch aufgenommenen Lichtbildern, Lauffilmen und Reihenbildern der Luftbildvermessung beseitigt die vorgenannten Nachteile, indem sie die bisher beim stereoskopischen Bildwurf eintretenden Lichtverluste weitgehend vermeidet und durch den Fortfall der Wechselblenden am Bildwerfer die Synchronisierung der vor den Augen der Beschauer befindlichen Wechselblenden zu den abwechselnd und in hoher Frequenz auf dem Projektionsschirm erscheinenden stereoskopischen Teilbildern grundlegend vereinfacht.

Die Erfindung besteht darin, daß für die Ausleuchtung der beiden Bildfenster für das rechte und das linke stereoskopische Teilbild eines Steh- oder Laufbildwerfers zwei mit Wechselstrom betriebene

2

Lichtbogenentladungslampen gewählt sind, von welchen unter Vorschaltung einer Gleichrichtung die eine Lampe vom pulsierenden Gleichstrom der positiven Halbwelle und die andere vom pulsierenden Gleichstrom der negativen Halbwelle des Wechselstromes zum Aufleuchten gebracht wird.

Unter Vermeidung von Lichtverlusten und voller Ausnutzung der Betriebsstromspannung werden die rechtsäugigen und linksäugigen Teilbilder von den Lichtbogenentladungslampen nacheinander und in schneller Folge auf den Projektionsschirm geworfen. Durch Bildzuteilungseinrichtungen, z. B. durch rotierende oder schwingende, mit der Pulsation der Lichtbogenbrenner synchron gesteuerte Wechselblenden, werden dieselben den Augen der Beschauer regelrecht zugeführt und zur räumlichen Bildsicht vereinigt.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die beiden zusammengehörigen stereoskopischen Teilbilder in Abständen von mehreren Einzelbildern voneinander auf dem Film angeordnet, so daß zwischen den beiden Teilbildern eine Filmschlaufe gebildet ist und das rechte und linke Teilbild in zwei Bildfenstern unabhängig voneinander und zeitlich nacheinander aufgenommen und beim Bildwurf auf den Projektionsschirm geworfen werden können.

Es ergibt sich hierdurch die Möglichkeit, daß der Bildwechsel des rechtsäugigen und des linksäugigen Teilbildes alternativ vorgenommen wird, jeweils der

Bildwechsel des einen Teilbildes, wenn sich das andere Teilbild auf dem Projektionsschirm befindet.

Die Anwendung von Lichtbogenentladungslampen für den Bildwurf von Lauffilmen ist an sich bekannt. Es sind auch Vorschläge bekanntgeworden, intermittierendes Projektionslicht für eine möglichst kurzfristige Belichtung eines Bildfensters zu verwenden, welches durch Schaltvorgänge vom Filmtransport gesteuert wird, wie in der Zeitschrift »Bild und Ton«, 1950, Heft Nr. 2, S. 35 bis 38, beschrieben worden ist. Solche in Vorschlag gebrachten Einrichtungen bezwecken jedoch, die Lichtblitze möglichst kurzzeitig zu erzeugen. Die hierbei entstehenden Dunkelpausen sollen die Verwendung einer Umlaufblende zum Abdecken des Filmes beim Filmtransport überflüssig machen. Dies soll letzten Endes dahin führen, daß das Filmband kontinuierlich fortbewegt werden kann und die im Bildfenster des Laufbildwerfers erscheinenden Einzelbilder des Films praktisch als stehende Bilder auf dem Projektionsschirm erscheinen. Bei der stereoskopischen Röntgendurchleuchtung, bei welcher die zu durchleuchtenden Körper durch Röntgenstrahlen von zwei im Abstand voneinander angeordneten Röntgenantikathoden auf dem Leuchtschirm abgebildet werden, ist es seit langer Zeit bekannt und im deutschen Patent 470 821 näher erläutert, die Röntgenröhren als Ventile wirken zu lassen und die Hochspannung für die Bilderzeugung unmittelbar an die Elektroden der Röntgenröhren anzulegen. Diese in ihrem Wesen einfache Art zur Erzeugung des Raumbildphantoms der von Röntgenstrahlen durchleuchteten Körper konnte jedoch nach den bisherigen Erkenntnissen und Erfahrungen auf dem Gebiete der Bildwurfeinrichtungen nicht zur räumlichen Wiedergabe des Bildwurfes von stereoskopisch aufgenommenen Lichtbildern, Lauffilmen und Reihenbildern der Luftbildvermessung zur Anwendung gebracht werden.

Bei der Gestaltung der neuen Bildwurfeinrichtung für die räumliche Wiedergabe des Bildwurfes hat sich gezeigt, daß bei der Wahl des gleichen Wechselstromes zum Betrieb der Lichtbogenentladungslampen und zur Steuerung von elektromagnetisch betriebenen Schwingblenden für die Bildzuteilung Schwierigkeiten in der exakten Bildabdeckung der auf dem Projektionsschirm überlagerten Teilbilder eintraten, die sich als Restbilder bemerkbar machten und das räumliche Sehen des Bildwurfes erschwerten. Als Grund hierfür wurde erkannt, daß zwischen dem praktisch zeitlosen Bildwurf der Lichtbogenentladungslampen und den Abdeckungen der schwingenden Blenden ein Zeitunterschied besteht, der durch die mechanische Hysteresis der oszillierenden Wechselblenden bedingt ist. Dieser Mangel wird bei der Bildwurfeinrichtung für die Wiedergabe des räumlichen Bildwurfes bei der Verwendung von zwei Lichtbogenentladungslampen für die Aufhellung der beiden stereoskopischen Teilbilder in Verbindung mit magnetisch polarisierten frei schwingenden (oszillierenden) Blenden für die Bildzuteilung dadurch aufgehoben, daß für die synchrone und phasenwinkelgerechte Steuerung der Schwingblenden der Strom einer voreilenden Phase eines Mehrphasenwechselstromes oder ein Wechselstrom, der durch Einschaltung von festen oder regelbar einstellbaren phasenschiebenden Mitteln zur Betriebsstromphase der beiden Gasentladungslampen voreilend ist, gewählt ist

und hierdurch die Öffnungs- und Schließungszeiten der Sichtblenden mit dem Aufleuchten der Lichtstöße der beiden Gasentladungslampen in Übereinstimmung gebracht sind.

Auch bei den Einrichtungen für den Bildwurf der Reihenbilder der Luftbildvermessung bringt die neue Bildwurfeinrichtung für die räumliche Wiedergabe der Bildwurfes eine wesentliche Verbesserung und Vereinfachung. Die bisher in den einzelnen beweglich angeordneten Bildwerfern erforderlichen Blendeneinrichtungen entfallen. In den Einzelbildwerfern des Kartierungsgerätes werden als Lichtquellen anstatt der bisher üblichen Projektionsglühlampen bei der neuen Einrichtung Gasentladungslampen eingesetzt, die je von einer Halbwelle eines gleichgerichteten Wechselstromes betrieben werden. Da der stroboskopische Bildwurf der Kartenbilder auf das Zeichenblatt ohne Lichtverluste erfolgt, genügt für eine einwandfreie Sicht des räumlichen Bildwurfes schon die Verwendung einer offenen Quecksilberhochdrucklampe mit einer Leistungsaufnahme von 50 Watt für die jeweils kombinierten beiden Bildwerfer. Die auf dem Traggestänge horizontal verschiebbaren Bildwerfer können vollkommen gleichartig sein. Die beiden Bildwerfer für die jeweils zur Ausmessung kommenden beiden Reihenbilder werden mit den gegensätzlichen Halbwellen des gleichgerichteten Wechselstromes beschickt, z. B. der des rechtsäugigen Reihenbildes mit der positiven und der des linksäugigen Reihenbildes mit der negativen Halbwelle oder auch umgekehrt, wie es jeweils die orthoskopische Sicht des Raumbildes erforderlich macht.

Für die Regelung der Leistungsaufnahme der beiden Lichtbogenentladungslampen werden bei der Bildwurfeinrichtung für die räumliche Wiedergabe des Bildwurfes zweckentsprechende Vorschaltgeräte verwandt. So können gemäß einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung in der Bildwurfeinrichtung als Lichtquellen zwei offene Quecksilberhochdrucklampen angeordnet sein, deren Leistungsaufnahme von Drosselspulen oder dergleichen strombegrenzenden Mitteln geregelt oder regelbar einstellbar ist.

Zur besseren Farbwiedergabe bei farbig aufgenommenen stereoskopischen Bildpaaren kann die Bildwurfeinrichtung auch so gestaltet sein, daß als Lichtquellen zwei Xenon-Kurzbogenlampen angeordnet sind, von denen die eine mit der gleichgerichteten positiven Halbwelle und die andere mit der gleichgerichteten negativen Halbwelle eines Wechselstromes zum Aufleuchten gebracht werden und deren Leistungsaufnahme durch Einschaltung von Drosselspulen oder dergleichen strombegrenzenden Mitteln geregelt oder regelbar einstellbar ist.

Bei der Bildwurfeinrichtung gemäß der Erfindung können als Lichtquellen für die Ausleuchtung der beiden Bildfenster praktisch alle Lichtbogenentladungslampen verwandt werden, bei welchen der Lichtbogen mit der Halbwelle eines gleichgerichteten Wechselstromes erzeugt und gehalten werden kann. Es hat sich ergeben, daß bei der Beschickung von zwei für die Bildwurfeinrichtung erforderlichen Lichtbogenentladungslampen mit den gleichgerichteten Halbwellen eines Wechselstromes die Spannungsaufteilung auf ein für den Betrieb von Lichtbogenentladungslampen günstiges Maß gebracht ist.

In der Zeichnung ist das Schaltschema eines Ausführungsbeispieles dargestellt, bei welchem zwei Gasentladungslampen gemäß dem Vorschlag der Erfindung abwechselnd nacheinander zum Aufleuchten gebracht werden.

Die beiden für den stereoskopischen Bildwurf angeordneten Gasentladungslampen **1** und **2** liegen an der Zuleitung, der Phase und Nullung eines Wechselstromes von 220 Volt Spannung, unter Zwischenschaltung von Drosselspulen **3** und **4** und den Gleichrichterelementen **5** und **6**. Durch die Gleichrichter **5** und **6** werden die positiven und negativen Halbwellen des Wechselstromes aufgeteilt und getrennt den Gasentladungslampen zugeführt, so daß die Gasentladungslampe **1** mit der positiven und die Gasentladungslampe **2** mit der negativen Halbwelle des Wechselstromes betrieben wird oder bei entsprechender Schaltung der Gleichrichterelemente auch umgekehrt. Bei gleicher Leistungsaufnahme der beiden Gasentladungslampen bekommen dieselben die erforderliche Zündspannung und Brennspannung.

Im Nebenschluß zu den Drosselspulen **3** und **4** können zur Regulierung der Leistungsaufnahme der Gasentladungslampen fest angelegte oder durch Zuschaltung regulierbare kapazitive Stromleiter **7** und **8** mit den Schaltern **9** und **10** angeordnet sein, welche eine Helligkeitsregulierung der stroboskopisch aufleuchtenden Gasentladungslampen gestatten.

Patentansprüche:

1. Bildwurfeinrichtung zur räumlichen Wiedergabe von stereoskopisch aufgenommenen Lichtbildern, Lauffilmen und Reihenbildern der Luftbildvermessung, bei welcher die beiden zusammengehörigen stereoskopischen Teilbilder in zwei Bildfenstern durch zwei abwechselnd und in schneller Folge aufleuchtende Lichtquellen auf den Bildschirm geworfen werden und mit einer synchron gesteuerten Bildtrennungsvorrichtung, z. B. mit einem Schwingblendenbetrachter, den beiden Augen des Betrachters getrennt zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausleuchtung der beiden Bildfenster durch zwei mit Wechselstrom betriebene Lichtbogenentladungslampen erfolgt, von welchen unter Vorschaltung einer Gleichrichtung die eine Lampe vom pulsierenden Gleichstrom der positiven Halbwelle und die andere vom pulsierenden Gleichstrom der negativen Halbwelle des Wechselstromes zum Aufleuchten gebracht wird.

2. Bildwurfeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden zusammengehörigen stereoskopischen Teilbilder in Abständen von mehreren Einzelbildern voneinander auf dem Film angeordnet sind, so daß beim Filmlauf zwischen den stereoskopischen Bildpaaren eine Filmschlaufe gebildet ist und das rechte und linke Teilbild in zwei Bildfenstern unabhängig voneinander und zeitlich nacheinander aufgenommen und beim Bildwurf auf den Projektionsschirm geworfen werden können.

3. Bildwurfeinrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, bei welchen für die Bildtrennung magnetisch polarisierte freischwingende (oszillierende) Blenden verwandt sind, dadurch gekennzeichnet, daß für die synchrone und phasenwinkelgerechte Steuerung der Schwingblenden der Strom einer voreilenden Phase eines Mehrphasenwechselstromes oder ein Wechselstrom, der durch Einschaltung von festen oder regelbar einstellbaren phasenschiebenden Mitteln zur Betriebsstromphase der beiden Gasentladungslampen voreilend ist, gewählt ist und hierdurch die Öffnungs- und Schließungszeiten der Sichtblenden mit dem Aufleuchten der Lichtstöße der beiden Gasentladungslampen in Übereinstimmung gebracht sind.

4. Bildwurfeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtquellen zwei offene Quecksilberhochdrucklampen in derselben angeordnet sind, deren Leistungsaufnahme durch Vorschaltung von Drosselspulen oder dergleichen strombegrenzenden Mitteln geregelt oder regelbar einstellbar ist.

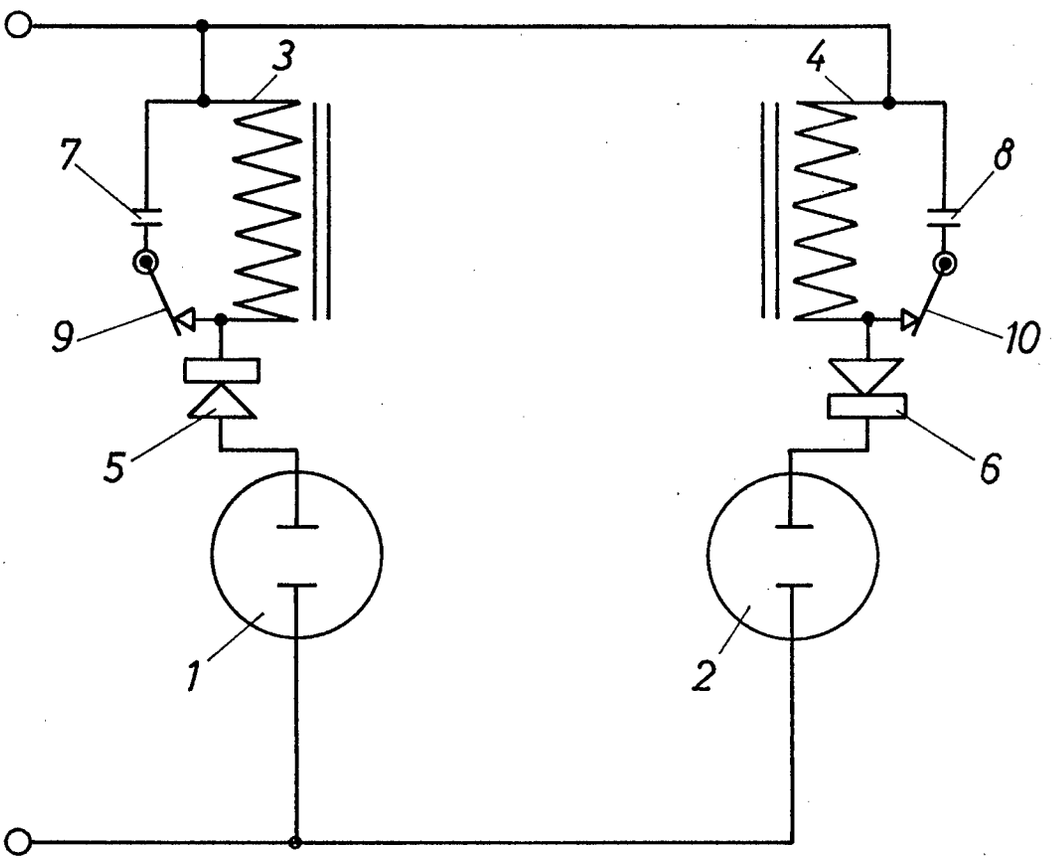
5. Bildwurfeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtquellen zwei Xenon-Kurzbogenlampen angeordnet sind, von denen die eine mit der gleichgerichteten positiven Halbwelle und die andere mit der gleichgerichteten negativen Halbwelle eines Wechselstromes zum Aufleuchten gebracht werden und deren Leistungsaufnahme durch Einschaltung von Drosselspulen oder dergleichen strombegrenzenden Mitteln geregelt oder regelbar einstellbar ist.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 830 841, 866 905, 470 821;
»Bild und Ton«, 1950, Heft Nr. 2, S. 35 bis 38.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

709 619/370 7. 67 Bundesdruckerei Berlin

Nummer: **1 246 396**
Int. Cl.: **G 03 b**
Deutsche Kl.: **57 a - 37/01**
Auslegetag: 3. August 1967



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

Int. Cl.: G 01 c

Deutsche Kl.: 42 c - 10/02

AUSLEGESCHRIFT 1258 119

Nummer: 1 258 119
Aktenzeichen: St 12288 IX b/42 c
Anmeldetag: 2. März 1957
Auslegetag: 4. Januar 1968

Vorrichtung zur Bestimmung von Bildpunktkoordinaten in Luftbildern

Anmelder:
De Staat der Nederlanden,
vertreten durch De Hoofdingenieur — Directeur van de Rijkswaterstaat in de Directie Algemene Dienst en Waterhuishouding, Den Haag

Vertreter:
Dipl.-Ing. R. Amthor, Patentanwalt,
6000 Frankfurt, Mittelweg 12

Als Erfinder benannt:
Hendrik Meijer, Delft (Niederlande)

Beanspruchte Priorität:
Niederlande vom 8. März 1956 (205 233)

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Auswertung von Luftbildern und Bestimmung von Bildpunktkoordinaten, bei der vier, paarweise zur x- bzw. y-Achse eines Achsenkreuzes im Objektraum parallele Hilfsflächen mit bestimmter Orientierung gegenüber der Aufnahmeachse, von denen jede einen durch die Lage des Projektionszentrums bestimmten Drehpunkt und eine um diesen Drehpunkt schwenkbare Richtstange enthält, um ihre Schnittlinie mit der Bildebene in die Bildebene umgeklappt sind und sich in den Schnittlinien Führungsschienen befinden, auf denen die Enden zweier sich kreuzender Spurlineale aufliegen, die in den Auflagepunkten gelenkig und gleitbar mit je einer der Richtstangen verbunden sind und durch Schwenkung der zu demselben Spurlineal gehörenden beiden Richtstangen um gleiche Winkel derart verschoben werden, daß ihre Projektion in die Objektebene stets in Richtung der x- bzw. y-Achse verläuft.

Bei bekannten derartigen Vorrichtungen ist dabei die Lage der Drehpunkte für die Richtstangen und der Führungsschienen von der Höhe des Projektionszentrums über der Horizontalebene, vom Neigungswinkel der Aufnahmeachse und von der Größe der Luftbilder bestimmt. Für jedes Luftbild muß danach die Einstellung der Vorrichtung jeweils aufs neue berechnet und eingearbeitet werden, wobei die Drehpunkte sehr viel Raum außerhalb der Projektion des Luftbildes in der Horizontalebene in Anspruch nehmen.

Die Erfindung bezweckt eine Ausschaltung dieser Nachteile und die Schaffung einer Vorrichtung, mit der die Lage der Drehpunkte ein für allemal festgelegt werden kann und nur durch die Aufnahmeapparatur bestimmt ist. Für jedes Luftbild dieser Apparatur bleibt die Lage dann ungeändert, wodurch wiederholte Rechenarbeit mit Gelegenheit zu Fehlern erspart und ein einfacherer Bau der Vorrichtung ermöglicht wird.

Weiterhin soll die Lage der Führungsschienen nach sehr einfachen Formeln aus dem Wert der Neigungswinkel der Aufnahmeachse zu entnehmen sein und nur davon abhängig sein, wodurch die Einstellung dieser Lage auf einfachere Weise verkörpert werden kann.

Die Vorrichtung gemäß der Erfindung ist dazu dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsflächen vor dem Umklappen in die Bildebene im Abstand der Aufnahmebrennweite parallel zu der Verbindungslinie des Projektionszentrums mit dem Nadirpunkt verlaufen und die Drehpunkte für die Richtstangen sich im Fußpunkt der Lote vom Projektionszentrum auf die Hilfsflächen befinden.

Die Führungsschienen bleiben somit paarweise immer parallel zueinander.

Vorteilhaft können die Richtstangen in eine Spindel im Bildhauptpunkt zusammengelegt werden. Das bedeutet eine beträchtliche Raumersparnis in der Vorrichtung und eine bequemere Einstellungsmöglichkeit für jede Art Luftbilder.

Zur Behandlung eines Luftbildes, bei der nur eine sich selbst parallele Translation des Spurlineals notwendig ist, wie unter anderem bei einer Nadiraufnahme, genügt eine einzige Führungsschiene und eine einzige Richtstange für dieses Lineal.

An den Führungsschienen würden mit Hilfe einer Gradeinteilung die Koordinaten ablesbar sein, wenn es nicht der Fall wäre, daß dadurch konstruktive Schwierigkeiten auftreten können und daß wegen der Neigung des Luftbildes Korrekturen durch Umrechnung vorgenommen werden müßten.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß zum Ablesen einer Koordinate eines beachteten Punktes eine Koordinatenschiene und eine um den Drehpunkt einer Richtstange drehbare Zeigerstange für diese Koordinate vorgesehen sind, welche letzte Stange mit der Richtstange einen einstellbaren Winkel einschließt.

Im Falle einer Nadiraufnahme, also wenn die Neigung gleich 0 ist, fällt die Zeigerstange mit der

Richtstange zusammen. Es sei bemerkt, daß eine unmittelbare Ablesung von Koordinaten, wobei der Koordinatenmaßstab mit dem eingestellten Höhenmaßstab gekuppelt ist, bei photogrammetrischen Instrumenten an sich allgemein bekannt ist.

Eine Vorrichtung nach der Erfindung wird im folgenden an Hand schematischer Zeichnungen an Ausführungsbeispielen und geometrischen Konstruktionen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 perspektivisch den geometrischen Zusammenhang zwischen einem Geländepunkt und seiner Abbildung auf der mit senkrechter Kameraachse aufgenommenen Aufnahme,

Fig. 2 eine schematische perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines zu einer Aufnahme des Aufnahmepaars gehörenden Mechanismusteiles, der für die Auswertung eines mit einer senkrechten oder nahezu senkrechten Kameraachse aufgenommenen Photos dient, wobei die Kupplung mit dem anderen gleichartigen Mechanismusteil und mit der Meßmarke weggelassen wurde,

Fig. 3 eine mit Fig. 1 analoge geometrische Konstruktion, jedoch für eine geneigte Kameraachse,

Fig. 4 analog mit der Fig. 2 einen zur genauen Auswertung von mit einer beliebig geneigten Kameraachse genommenen Luftphoto geeigneten Mechanismusteil,

Fig. 5 perspektivisch eine mögliche Ausführung der Kupplung zwischen den zwei Mechanismusteilen, wobei deutlichkeitshalber einige nicht zur Sache gehörende Teile der Vorrichtung weggelassen worden sind,

Fig. 6 schematisch und perspektivisch eine mögliche Ausführungsform einer Kupplung der Mechanismusteile nach Fig. 2 oder 4 mit ihren respektiven Meßmarken und mit dem optischen System.

Um den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Elementen der Vorrichtung nach der Erfindung einerseits und den diese symbolisierenden Linien bzw. Punkten der geometrischen Konstruktionen in der Aufnahmefläche andererseits deutlich hervortreten zu lassen, werden in den Figuren und in der Beschreibung für dieselben Elemente dieselben Buchstaben verwendet, wobei die in den geometrischen Konstruktionen vorkommenden Bezugszeichen deutlichkeitshalber unterstrichen worden sind.

In Fig. 1 stellt das Bezugszeichen **1** eine waagerechte Fläche durch einen Geländepunkt *P* mit den Koordinaten *Xp*, *Yp* und *Hp* in bezug auf das Projektionszentrum *O* (Optischer Mittelpunkt des Aufnahmeobjektivs) dar, *X* die Koordinatenachse parallel oder nahezu parallel zu der Flugrichtung, *Y* die waagerechte Koordinatenachse senkrecht auf die *X*-Achse und *Z* die senkrechte Koordinatenachse im Nadirpunkt. Die Koordinatenachsen *X* und *Y* liegen in einer Fläche, aus der die Höhe der zu kartierenden Punkte gemessen wird. Hat der Punkt *P* eine Höhekoordinate *Zp*, und liegt das Objektivzentrum *O* auf einer Höhe Z_0, so ist *Hp* selbstverständlich $Z_0 - Zp$.

Die Fläche **4** ist die Aufnahmefläche, die waagerecht angenommen wird, *p* ist der mit dem Geländepunkt *P* korrespondierende Punkt auf der Aufnahme, und der Abstand *Oh* entspricht dem Brennpunktabstand *f* der Kamera.

Die Lage von *p* auf der Aufnahme kann aufgefaßt werden als der Schnittpunkt der beiden Linien *S***9** und *S***5**, die die Schnittlinien der Aufnahmefläche **4** und der beiden Flächen **3** und **2** durch *OP* parallel zu der *Y*- bzw. *X*-Achse darstellen. Die Stelle von *p* ist auch bestimmt durch die Winkel α und β, welche die Flächen **3** und **2** mit der *Z*-Achse einschließen. Die Lage der Linien *S***9** und *S***5** in der Aufnahmefläche ist also abhängig von den Winkeln α und β.

Die Flächen **2** und **3** der Fig. 1 werden von Hilfsflächen, die parallel zu der *Z*-Achse und senkrecht zu der *X*- bzw. *Y*-Achse stehen, geschnitten. Diese Hilfsflächen schneiden die Fläche **4** des Photos entlang der parallelen Linien *n***1**, *n***2** und *n***3**, *n***4**. Der Hauptteil zweier dieser Flächen ist in der Fig. 1 vertikal schraffiert, während die Winkel β und α darin angegeben sind. Naturgemäß kommt auch auf jeder der beiden anderen Hilfsflächen ein solcher Winkel vor. Alle vier der Hilfsflächen liegen in einem Abstand vom Projektionszentrum *O*, der der Kamerakonstante *f* gleich ist. Durch diese Lage ist es möglich, daß die vier angedeuteten Dreiecke in die Hilfsflächen in der Fläche **4** des Photos hochgeklappt werden und diese hochgeklappten Dreiecke, deren zwei schraffiert angegeben sind, sich im Hauptpunkt *h* treffen, so daß die Schnittlinien der Hilfsflächen im heruntergeklappten Zustand mit den Flächen **2** und **3** von den Linien *S***2** und *S***1** bzw. *S***8** und *S***6** im hochgeklappten Zustand repräsentiert werden.

Die unter dem Winkel α bezüglich einer durch *h* senkrecht zur Flugrichtung gelegenen Linie *v* laufende Linie *S***6** ergibt mit der in einer Distanz *Hp* von *h* gelegenen Linie *B***1** (parallel zur in der Flugrichtung gelegenen Linie *u*) einen Schnittpunkt *B*, der die Koordinate *Xp* bestimmt. In ähnlicher Weise bestimmt die Linie *S***1** mit dem Punkt *A* auf der Linie *A***1** die Koordinate *Yp*.

Fig. 2 zeigt eine Vorrichtung, in der die vorhergehende geometrische Überlegung angewandt ist.

Die Vorrichtung nach Fig. 2 ist mit einer festen Achse *h* versehen, um die zwei Armepaare *S***1**, *S***2** und *S***6**, *S***8** als Richtstangen drehen zu können. Hierbei sind die Arme, die zusammen ein Paar bilden, derart miteinander verbunden, daß bei der Bewegung des einen Armes über einen gewissen Winkel der andere Arm sich über denselben Winkel, jedoch in entgegengesetzter Richtung bewegt.

Das Paar Arme *S***1** und *S***2** trägt ein Lineal *S***5**, mit dem es mittels geeigneter, die Führungsschienen *n***1** bzw. *n***2** entlanggleitender Kupplungsorgane verbunden ist. Diese Kupplungsorgane sind derart konstruiert, daß sie eine Verdrehung des Armes und eine axiale Verschiebung eines Lineals gestatten, daß jedoch der »Kreuzpunkt« von dem Arm und dem Lineal sich über eine Bahn parallel zu der dazugehörenden Führungsschiene bewegt.

Das Paar Arme *S***6**, *S***8** ist auf entsprechende Weise mittels den Führungsschienen *n***3**, *n***4** entlang verschiebbarer Kupplungsorgane mit dem Lineal *S***9** verbunden. Der Punkt, in dem die Lineale *S***5**, *S***9** einander kreuzen, korrespondiert mit dem Punkt *p*, der von der Meßmarke bei diesem Stand der Lineale *S***5** und *S***9** auf der Aufnahme gezeigt wird und der die photographische Abbildung des Geländepunktes *P* darstellt. Die Arme *S***1**, *S***6** sind derart ausgeführt worden, daß sie die Koordinatenschiene *A***1** bzw *B***1** als Zeigerstangen kreuzen. Es ist unmöglich, die Koordinatenschienen *A***1** und *B***1** in der Distanz *Hp*, der Flughöhe, von *h* anzuordnen. Die Distanz wird deswegen so gewählt, daß sie innerhalb der Abmessungen der Vorrichtung bleibt und ein bestimmter Bruchteil der Flughöhe ist. Aus der Lage dieser

»Kreuzungspunkte« A und B auf den Koordinatenschienen ist jetzt mittels einer linearen Transformation die Y- bzw. X-Koordinate des Geländepunktes P zu bestimmen, während mittels einer linearen Transformation aus dem Abstand zwischen der Koordinatenschiene $A1$ oder $B1$ und der festen Achse h die Z-Koordinate des Geländepunktes P bestimmt werden kann. Die vorhergehend beschriebene Vorrichtung ist nur für Nadiraufnahmen geeignet. Zur Auswertung von Aufnahmen mit geneigter Kameraachse sind die Neigungswinkel in und senkrecht zur Flugrichtung φ und ω (bzw. ω' und φ') zu berücksichtigen.

Die geometrische Konstruktion für eine geneigte Kameraachse ist ersichtlich aus Fig. 3, während Fig. 4 schematisch und perspektivisch einen Mechanismusteil der Auswertevorrichtung darstellt, geeignet zur genauen Auswertung von mit einer beliebig stark geneigten Kameraachse aufgenommenen Luftphotos. Der Zusammenhang zwischen den in den Fig. 3 und 4 verwendeten Winkeln ω' und φ' und den Winkeln ω und φ ist gegeben durch

$$\operatorname{tg}\omega' = \frac{\operatorname{tg}\omega}{\cos\varphi} \quad \text{und} \quad \sin\varphi' = \sin\varphi \cdot \cos\omega .$$

Die Flächen **2** und **3** der Fig. 3 schneiden die Fläche **4** nach den Linien $S5$ und $S9$, die aber jetzt nicht mehr senkrecht zueinander stehen.

Die parallel zur Z-Achse und senkrecht zur X- bzw. Y-Achse in der Fläche **1** in einem Abstand f vom Projektionszentrum O gelegenen Hilfsflächen liefern wieder die Schnittlinien $\underline{n}1$ und $\underline{n}3$ sowie auch die nicht eingezeichneten Linien $\underline{n}2$ und $\underline{n}4$. Auch diese Linien stehen nicht mehr senkrecht zueinander. Dennoch treffen sich die umgeklappten schraffierten Dreiecke in der Fläche **4**, die den schraffierten Dreiecken in den Hilfsflächen kongruent sind, wieder im Hauptpunkt $\underline{h}$ und bilden die Linien $\underline{S10}$ und $\underline{S12}$, die Repräsentanten der Projektionen der Linie $\underline{p}0$ auf den Hilfsflächen. Wird wiederum ein senkrechtes Achsensystem $\underline{u}-\underline{v}$ durch $\underline{h}$ angenommen, wobei die $\underline{u}$-Achse in der Flugrichtung gelegen ist und somit parallel zu $\underline{n}3$ läuft, aber einen Winkel δ mit $\underline{h}C$ bildet, wobei

$$\operatorname{tg}\delta = \sin\omega \operatorname{tg}\varphi ,$$

dann wird $\underline{n}1$ mit der $\underline{v}$-Achse einen Winkel bilden.

Der Abstand von der Linie $\underline{n}1$ bis $\underline{h}$ wird von der nachfolgenden Formel bestimmt:

$$f\frac{\cos\varphi'}{1+\sin\varphi'} .$$

Für die in der Fig. 3 nicht eingezeichnete Linie $\underline{n}2$ wird der Abstand

$$f\frac{\cos\varphi'}{1-\sin\varphi'} .$$

In gleicher Weise wird für die Linie $\underline{n}3$ und die nicht eingezeichnete Linie $\underline{n}4$ der Abstand

$$\frac{\cos\omega}{1+\sin\omega} \text{ bzw. } f\frac{\cos\omega}{1-\sin\omega'} ,$$

weil die v-Achse mit der Linie DO den Winkel ω einschließt. Die Linie $\underline{S12}$ (bzw. eine zu ihr gehörige, nicht eingezeichnete Linie $\underline{S8}$) bildet mit der $\underline{v}$-Achse einen Winkel $\alpha-\varphi$. Um nun auf der Linie $\underline{B1}$ die x-Koordinate von P ablesen zu können, soll eine Linie $\underline{S7}$, die mit $S12$ einen Winkel φ einschließt, mit dieser Linie $S1$ gekuppelt werden, so daß $\underline{S7}$ mit der $\underline{v}$-Achse einen Winkel α bildet. Die Linie $\underline{S10}$ bildet mit der $\underline{u}$-Achse einen Winkel $\beta-\omega'-\delta$ (eine zu $S10$ gehörige, nicht eingezeichnete Linie $\underline{S2}$ bildet mit der $\underline{u}$-Achse einen Winkel $\beta-\omega'+\delta$). Zum Ablesen der y-Koordinaten auf einer Linie $A1$ muß daher eine Linie $\underline{S3}$ mit $\underline{S10}$ einen Winkel $\omega'+\delta$ bilden, so daß $\underline{S3}$ mit der $\underline{u}$-Achse den Winkel β bildet.

Fig. 4 stellt ein Ausführungsbeispiel dar von einem Mechanismusteil der Auswertevorrichtung, das in großen Zügen mit der Vorrichtung nach Fig. 2 übereinstimmt, das jedoch geeignet ist, eine in beliebiger Richtung und mit beliebig stark geneigter Kameraachse aufgenommene Aufnahme genau auszuwerten.

Um den Einfluß der Neigung zu eliminieren, sind hierbei folgende Maßnahmen getroffen worden:

Die Schienen $n1$ und $n2$, $n3$ und $n4$ sind derart in der waagerechten Fläche verschiebbar, daß die Schienen $n1$ und $n2$ bzw. $n3$ und $n4$ gegenseitig parallel bleiben, während das Paar $n3$ und $n4$ parallel zu der U-Achse ist und das Paar $n1$ und $n2$ unter einem Winkel δ mit der v-Achse eingestellt werden kann. Der Arm $S1$ aus Fig. 2 ist ersetzt durch die Stangen $S10$, $S3$, die gleichfalls um die Achse h drehen können und von der die erstere, zusammen mit der Richtstange $S2$, das Lineal $S5$ trägt, während die Zeigerstange $S3$ die Koordinatenschiene $A1$ in dem Punkt A kreuzt, aus dessen Lage nach einer linearen Transformation die y-Koordinate von dem zu p gehörenden Geländepunkt P gefunden werden kann. Diese Stangen $S10$ und $S3$ sind versehen mit Vorrichtungen, um sie unter einem beliebig einstellbaren Winkel miteinander zu verbinden. Es ist auf diese Weise also möglich, sie derart in bezug aufeinander einzustellen, daß zwischen ihren Projektionen in einer Fläche senkrecht zu der Achse h ein Korrektionswinkel $\omega'+\delta$ eingeschlossen wird. Der Arm $S10$ ist wieder auf die schon beschriebene Weise an dem Arm $S2$ gekuppelt, so daß bei der Bewegung des einen der andere sich in entgegengesetzter Richtung über denselben Winkel dreht. Diese Kupplung ist hier jedoch derart ausgeführt worden, daß die Stange $S10$ mit der U-Achse einen Winkel $\beta-\omega'-\delta$ einschließt und die Stange $S2$ mit der U-Achse einen Winkel $\beta-\omega+\delta$ einschließt (auch gemessen in einer Fläche senkrecht zu der Achse h). Auf entsprechende Weise ist der Arm $S6$ aus Fig. 2 ersetzt durch die Stangen $S12$, $S7$, zwischen denen ein Korrektionswinkel φ eingestellt werden kann. Der Arm $S12$ trägt das Lineal $S9$ und ist weiter an die zweite, das Lineal $S9$ tragende Richtstange $S8$ gekuppelt, derart, daß die Stangen über gleiche Winkel in entgegengesetzter Richtung sich bewegen können. Die Zeigerstange $S7$ kreuzt die Koordinatenschiene $B1$ in einem Punkt B, aus dessen Lage nach linearer Transformation die x-Koordinate des Geländepunktes P gefunden werden kann.

Die Art und Weise, in der die Zeigerstangen $S3$ und $S7$ über die Koordinatenschienen $A1$ bzw. $B1$ verschoben werden können und auch die Kupplung des linken mit dem rechten Mechanismusteil, ist in Fig. 5 schematisch dargestellt. Selbstverständlich sind auch andere Ausführungen möglich. Deutlich-

keitshalber werden die Bezugszeichen, die sich auf Elemente des linken Mechanismusteils beziehen, mit einem Index *L* versehen, während die sich auf den rechten Mechanismusteil beziehenden Bezugszeichen einen Index *R* bekommen haben.

Die *X*-Bewegung wird mittels eines Handrades **5** zustande gebracht, das die mittels Kegelzahnräder miteinander verbundenen Achsen **6** und **7** antreibt. Die Achse **7** ist mit Schraubengewinde versehen, das bei Drehung die die Stangen *S7R* und *S7L* tragenden Kupplungsorgane II*R* bzw. II*L* über die Schienen *B1* verschiebt. Diese Kupplungsorgane sind geteilt ausgeführt worden, so daß die Büchse, die um *B1* greift, sich hinsichtlich der Büchse, in der die Stange *S7* geführt wird, verdrehen kann.

Die *Y*-Bewegung wird mittels des Handrades **19** zustande gebracht, das die mittels Kegelzahnräder aneinandergekuppelten Achsen **20, 21** und **22** drehen kann. Die Achsen **20** und **22** sind gleichfalls als Schraubenspindeln ausgeführt, so daß beim Drehen hiervon die Kupplungsorgane III*R* und III*L* über die Koordinatenschienen *AIR* bzw. *AIL* verschoben werden und hierbei die Stangen *S3R* bzw. *S3L* mitnehmen. Diese Kupplungsorgane sind derart ausgeführt worden, daß die Büchse, die um die Schiene *A1* greift, sich hinsichtlich der Büchse, in der die Stange *S3* schieben kann, verdrehen kann. Die Möglichkeit, den Teilen der Kupplungsorgane II und III eine relative Verschiebung zu geben, gestattet, daß den Koordinatenunterschieden zwischen den zu dem Aufnahmepaar gehörenden Projektionszentren Rechnung getragen wird.

In den Figuren ist einfachheitshalber die Vorrichtung zum Ausführen von Verschiebungen weggelassen worden.

Die *Z*-Bewegung wird mittels einer Fußscheibe **8** erhalten, die mittels Kegelzahnräder aneinandergekuppelten Achsen **9, 10, 11, 12** und **14** drehen kann. Auf diesen Achsen sind gleichfalls mittels Kegelzahnräder die mit Schraubengewinde versehenen Stangen **17, 18, 13, 29, 15** und **16** angeschlossen. Eine Drehung der Fußscheibe **8** gibt also eine Verschiebung der Koordinatenschienen *AIL* und *AIR* und auch der Koordinatenschiene *B1*.

Ein Ausführungsbeispiel der Kupplung der zwei Mechanismushälften mit dem optischen System ist schematisch in Fig. 6 dargestellt. Das Kupplungsstück IV*L* (bzw. IV*R*), das die Stangen *S5L* mit *S9L* (bzw. *S5R* mit *S9R*) verbindet und dessen Lage also mit dem Geländepunkt *P* korrespondiert, ist mittels einer Stange **30***L* (bzw. **30***R*) mit der Meßmarke *mL* (bzw. *mR*) verbunden, die hierdurch über die linke (bzw. die rechte) Aufnahme, die auf einem um eine senkrechte Achse drehbaren waagerechten Tisch **32***L* (bzw. **32***R*) befestigt ist, bewegt wird. Die Bewegung der Stange **30***L* (bzw. **30***R*) soll immer parallel zu ihr selbst sein, wobei eine Geradführung **31***L* (bzw. **31***R*) dient. Mit der Meßmarke *mL* (bzw. *mR*) ist ein Teil **33***L* (bzw. **33***R*) des optischen Systems verbunden, das hinsichtlich des Teiles **34***L* (bzw. **34***R*) verschiebbar ist. Bei einer Bewegung der Kupplungsorgane IV nach links oder nach rechts bleibt also der Teil **34** des optischen Systems mit den Okularen **35***L* bzw. **35***R* an seiner Stelle. Bei einer Bewegung der Kupplungsorgane IV nach vorn oder nach hinten wird der Teil **34** des optischen Systems mit den Okularen gleichfalls nach vorn oder nach hinten mitgenommen.

Selbstverständlich sind andere Konstruktionen des optischen Systems möglich (und bekannt), wobei die Okulare eine feste Stellung haben können. Als eine kinematische Umkehrung kann die Stange **30** mit dem die Aufnahme tragenden Tisch verbunden werden, der also in dieser Ausführung bewegbar ist, während die Meßmarke und die Beobachtungsoptik stabil bleiben.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Auswertung von Luftbildern und Bestimmung von Bildpunktkoordinaten bei der vier, paarweise zur *x*- bzw. *y*-Achse eines Achsenkreuzes im Objektraum parallele Hilfsflächen mit bestimmter Orientierung gegenüber der Aufnahmeachse, von denen jede einen durch die Lage des Projektionszentrums bestimmten Drehpunkt und eine um diesen Drehpunkt schwenkbare Richtstange enthält, um ihre Schnittlinie mit der Bildebene in die Bildebene umgeklappt sind und sich in den Schnittlinien Führungsschienen befinden, auf denen die Enden zweier sich kreuzender Spurlineale aufliegen, die in den Auflagepunkten gelenkig und gleitbar mit je einer der Richtstangen verbunden sind und durch Schwenkung der zu demselben Spurlineal gehörenden beiden Richtstangen um gleiche Winkel derart verschoben werden, daß ihre Projektion in die Objektebene stets in Richtung der *x*- bzw. *y*-Achse verläuft, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsflächen vor dem Umklappen in die Bildebene im Abstand der Aufnahmenbrennweite parallel zu der Verbindungslinie des Projektionszentrums mit dem Nadirpunkt verlaufen und die Drehpunkte für die Richtstangen sich im Fußpunkt der Lote vom Projektionszentrum auf die Hilfsflächen befinden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehpunkte der Richtstangen in einer Spindel im Bildhauptpunkt zusammengelegt sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ablesen einer Koordinate eines beachteten Punktes eine Koordinatenschiene und eine um den Drehpunkt einer Richtstange drehbare Zeigerstange für diese Koordinate vorgesehen sind, welche letztere Stange mit der Richtstange einen einstellbaren Winkel einschließt.

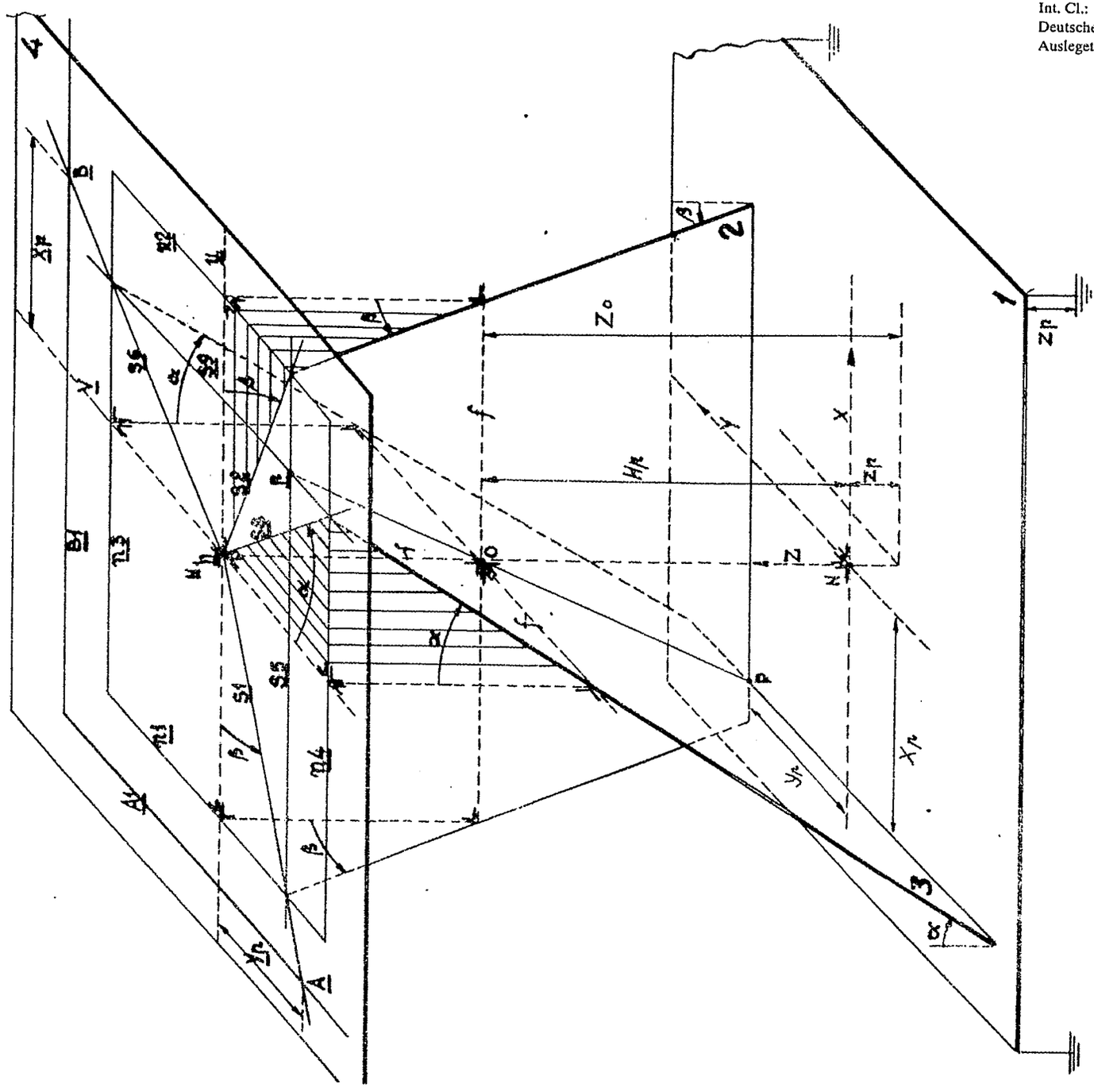
In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 346 026, 306 383;
französische Patentschrift Nr. 1 110 305;
Finsterwalder, Photogrammetrie, Berlin, 1939, S. 198, 199.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

709 717/126 12. 67 Bundesdruckerei Berlin

Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG.1



Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: G **01** c
Deutsche Kl.: **42** c - **10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968

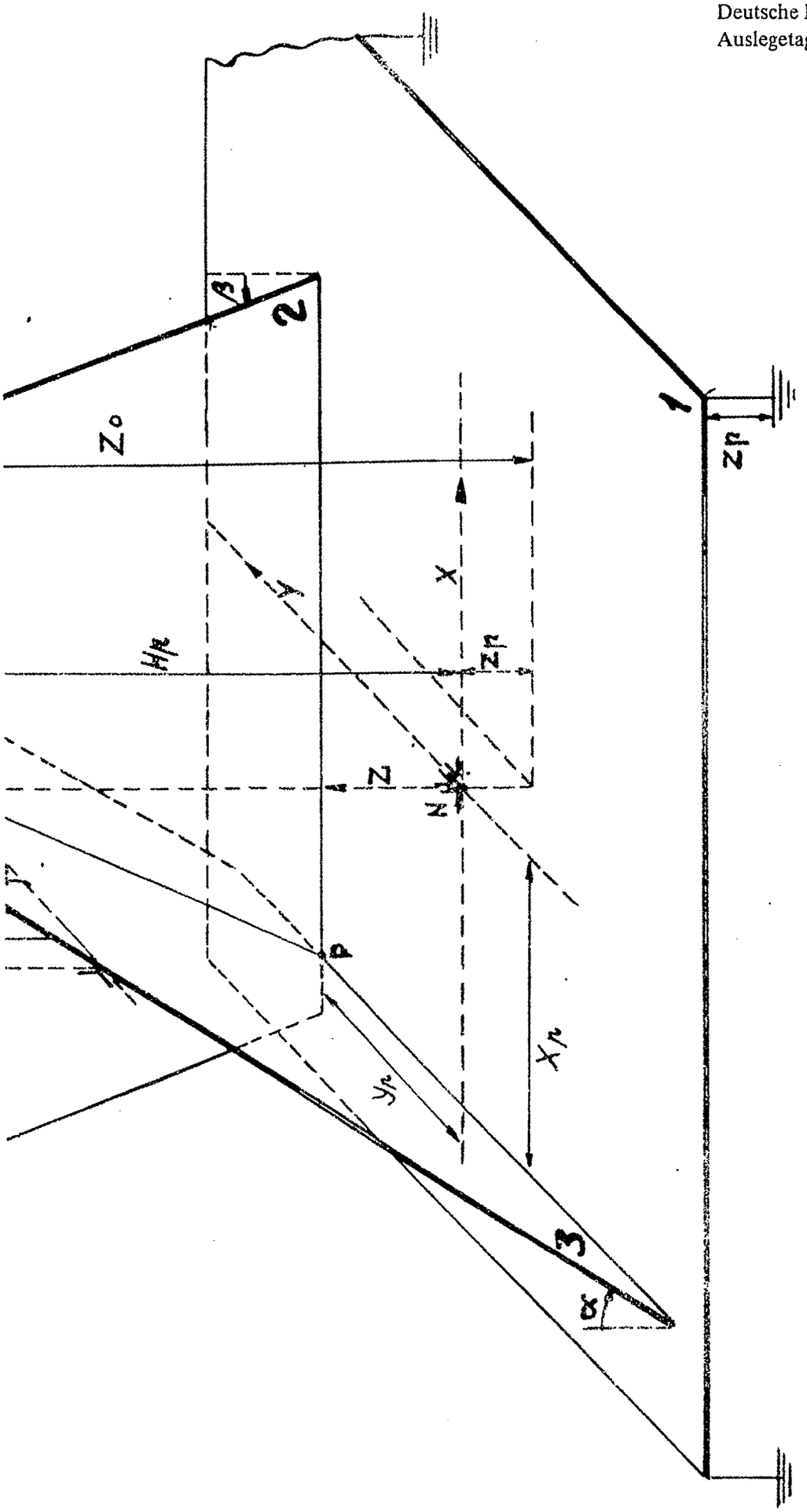
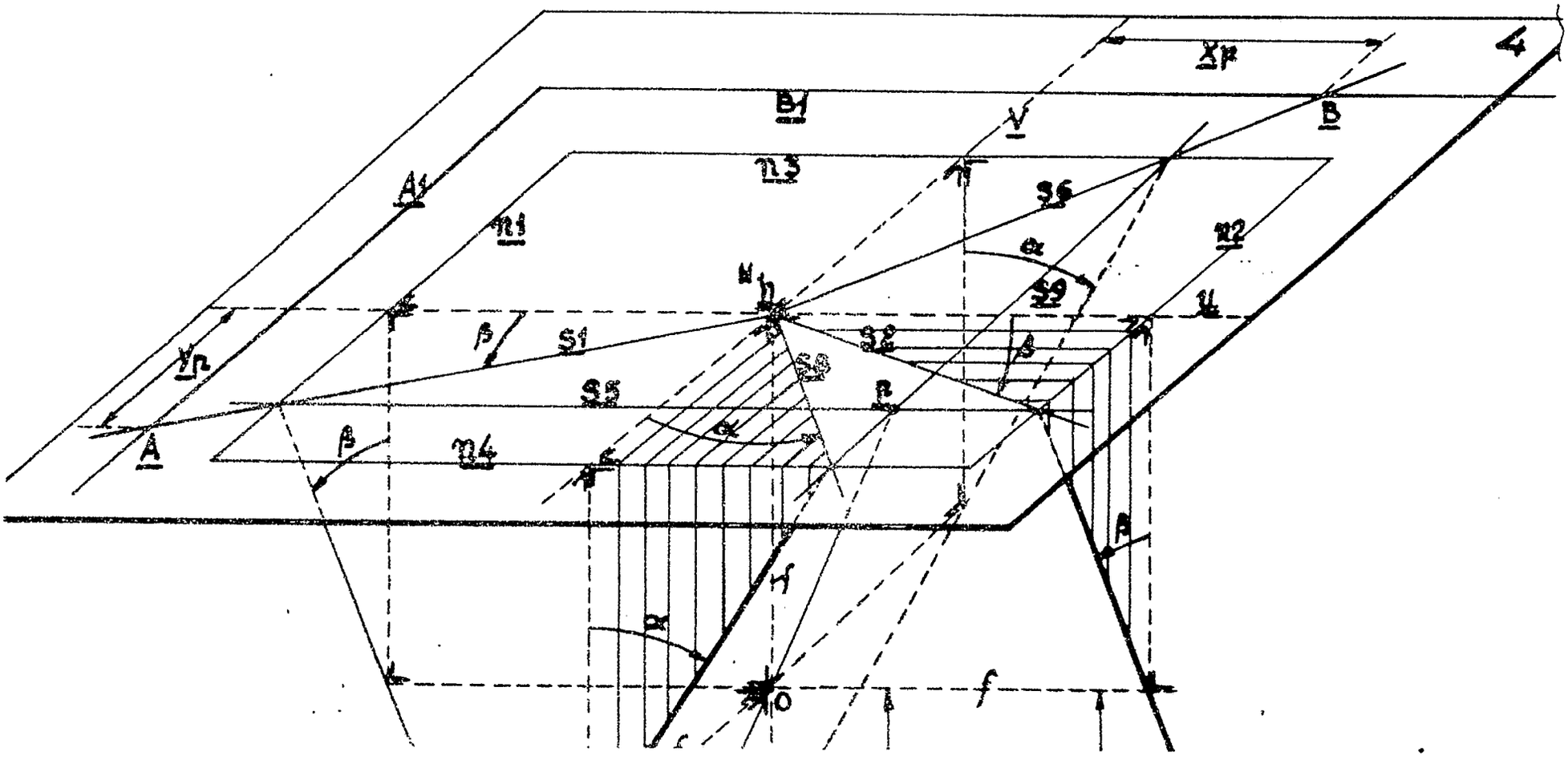
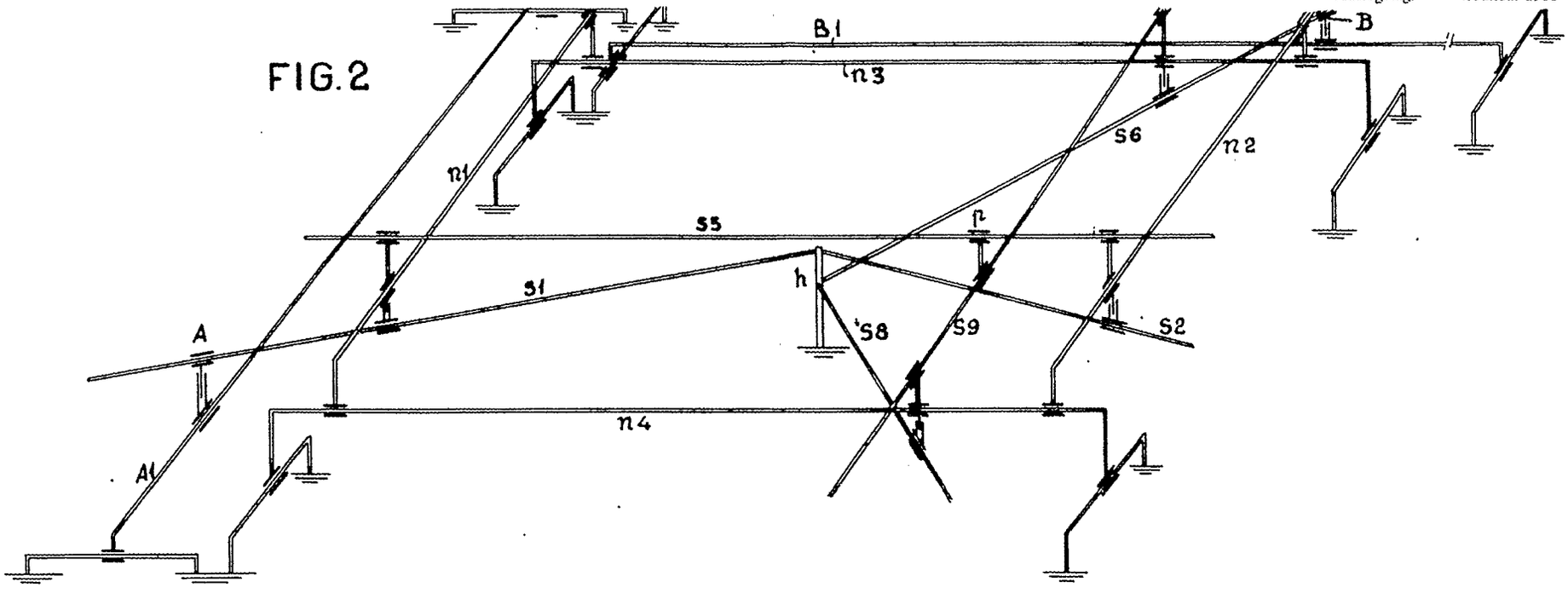


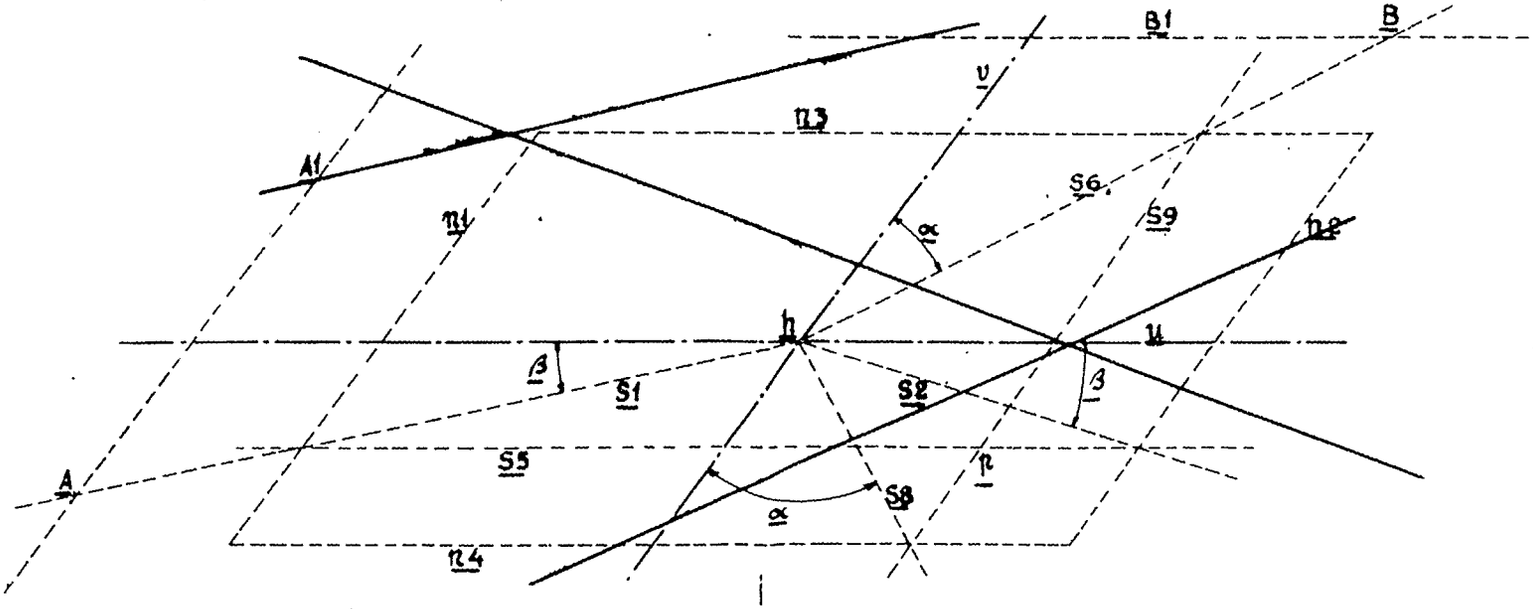
FIG.1



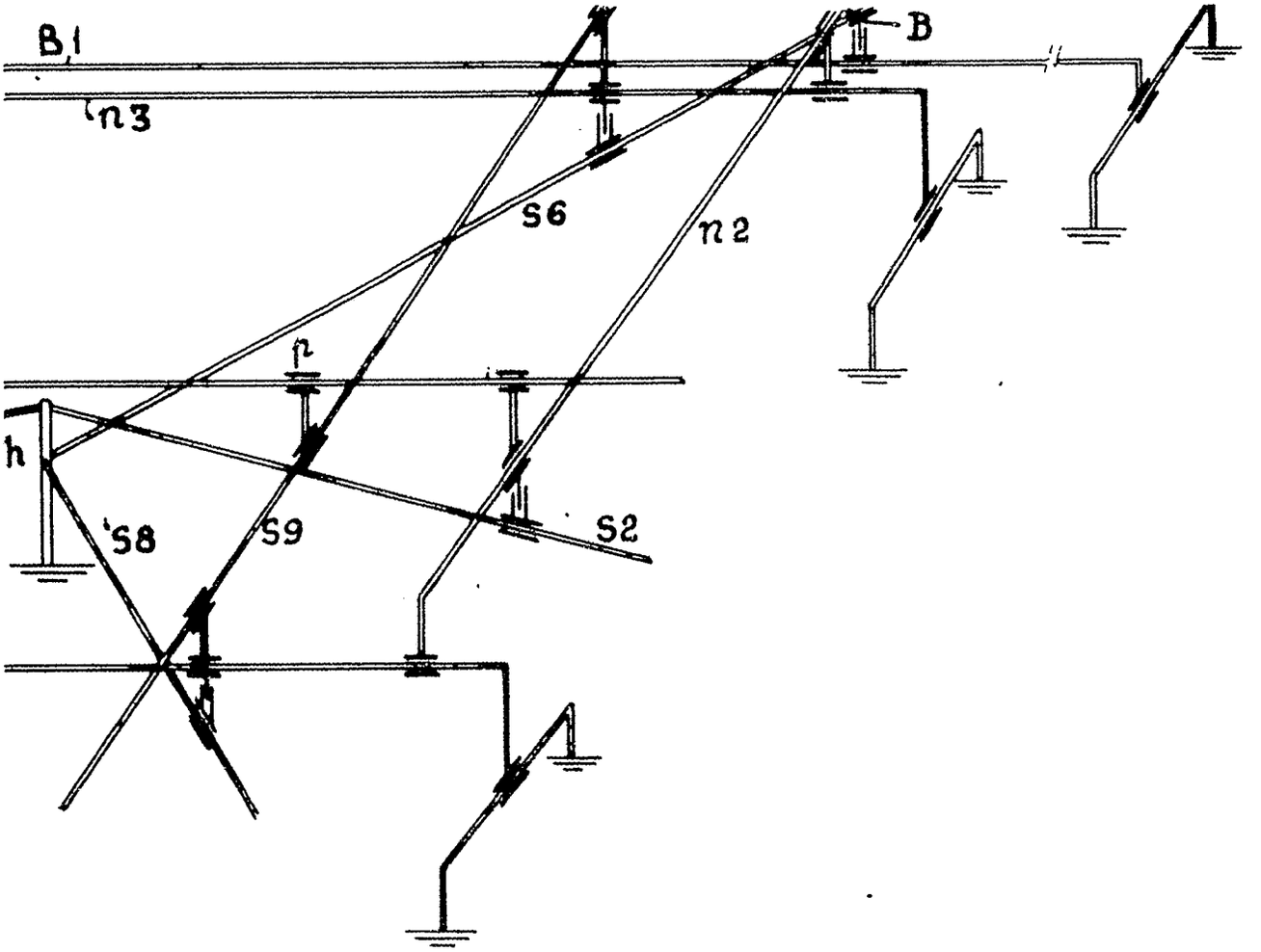
Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG. 2





Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968



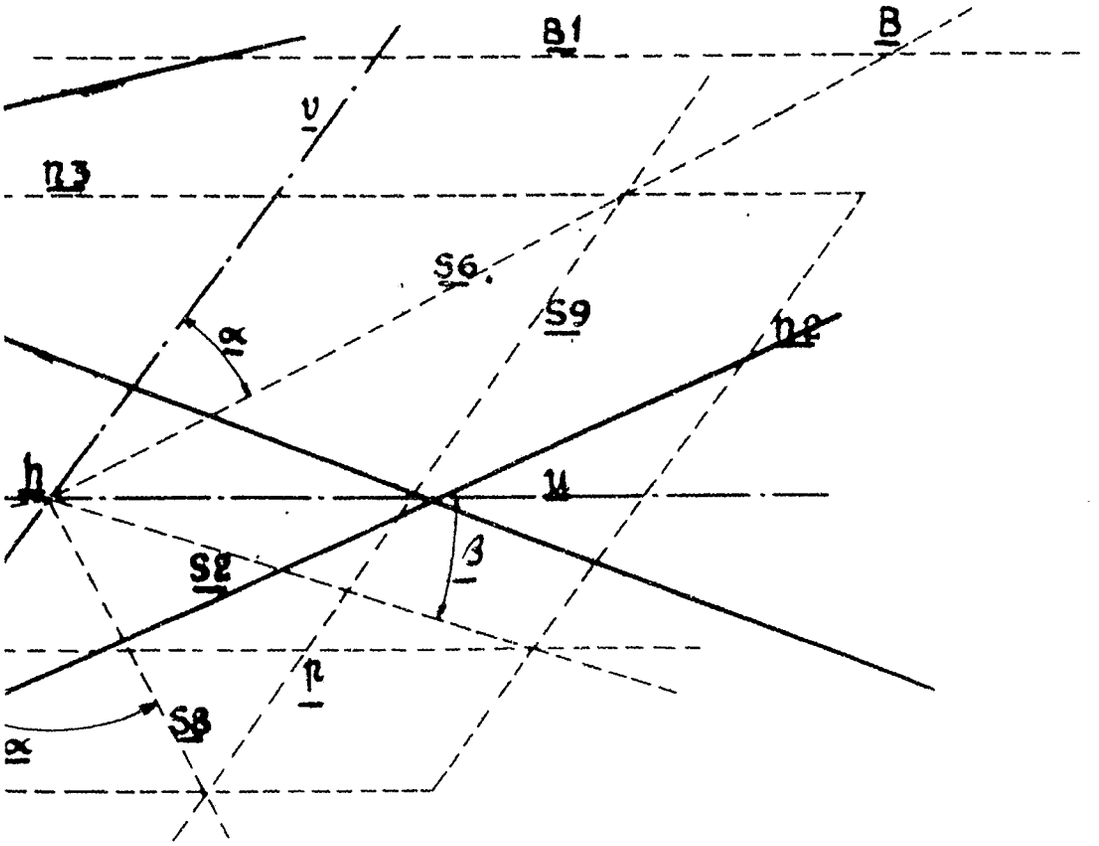
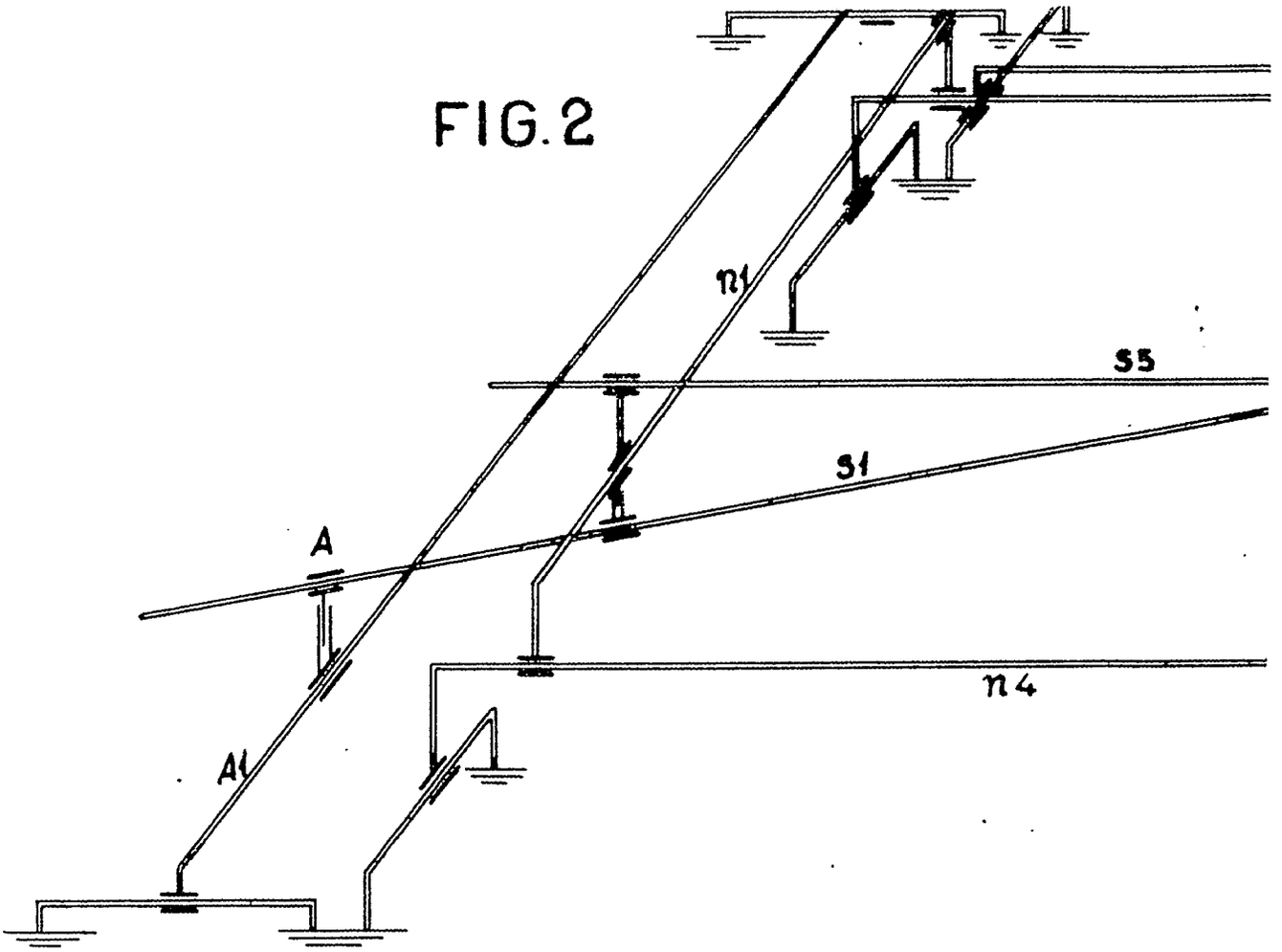
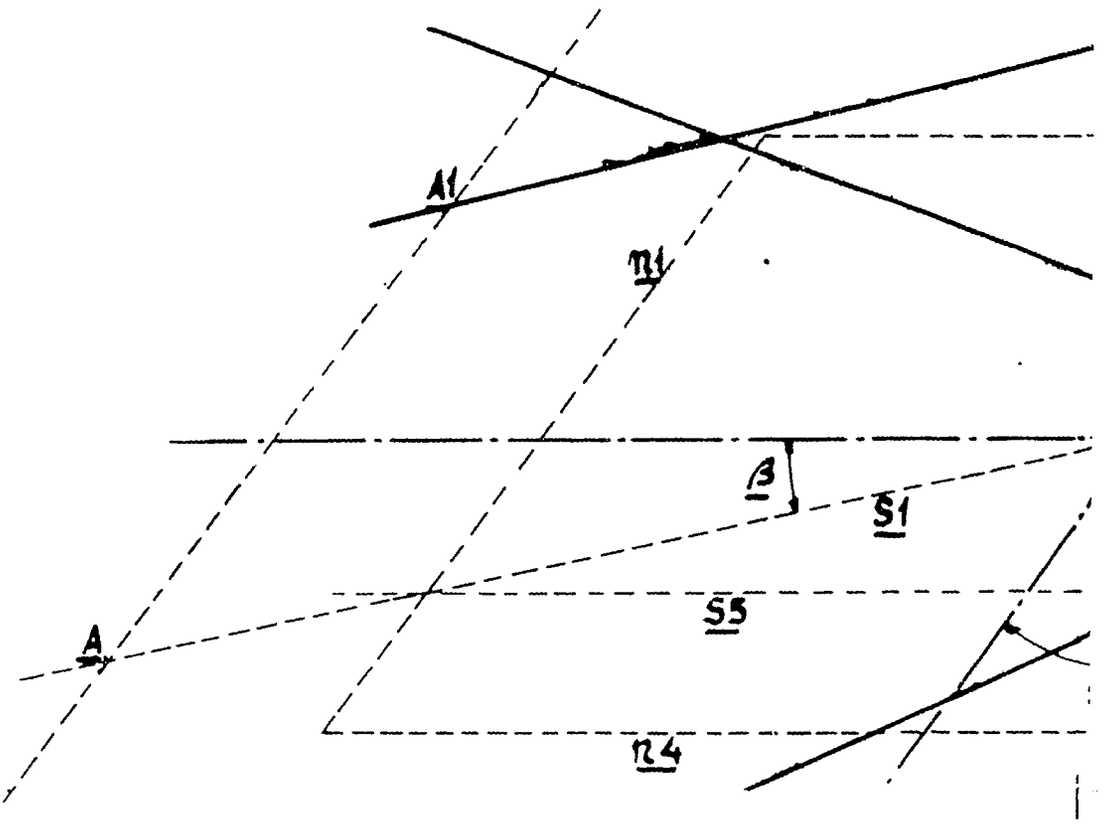


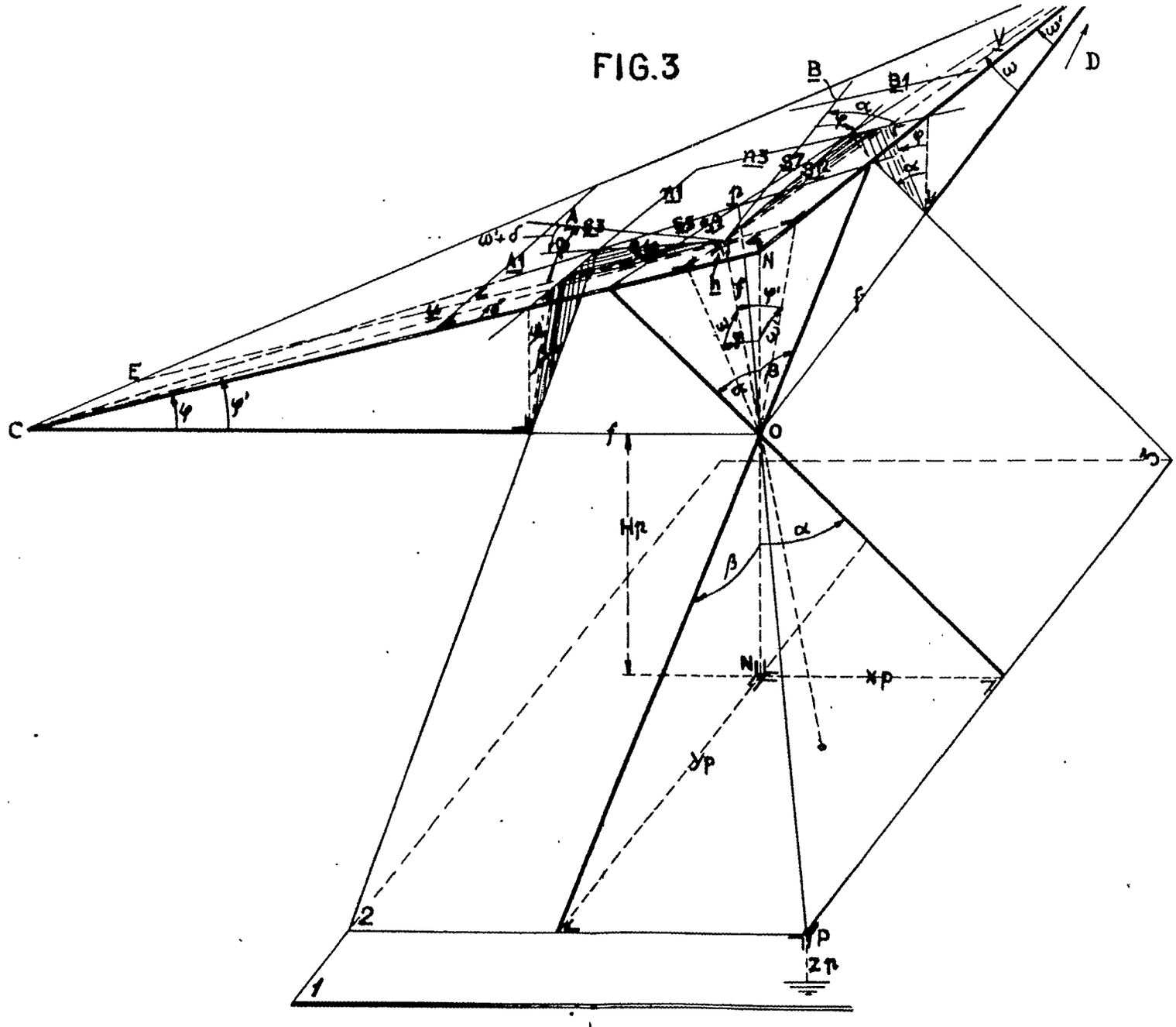
FIG.2





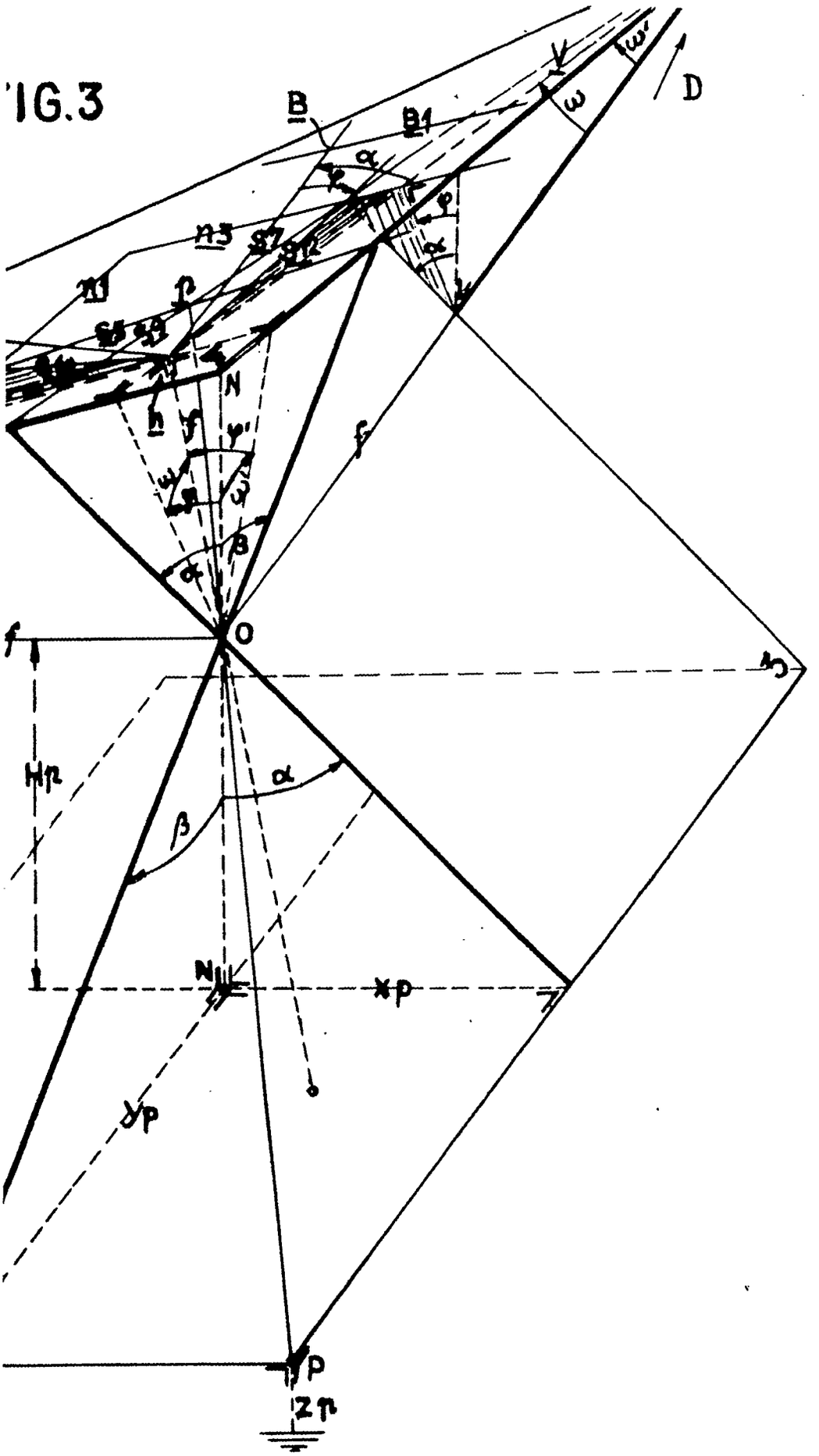
Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

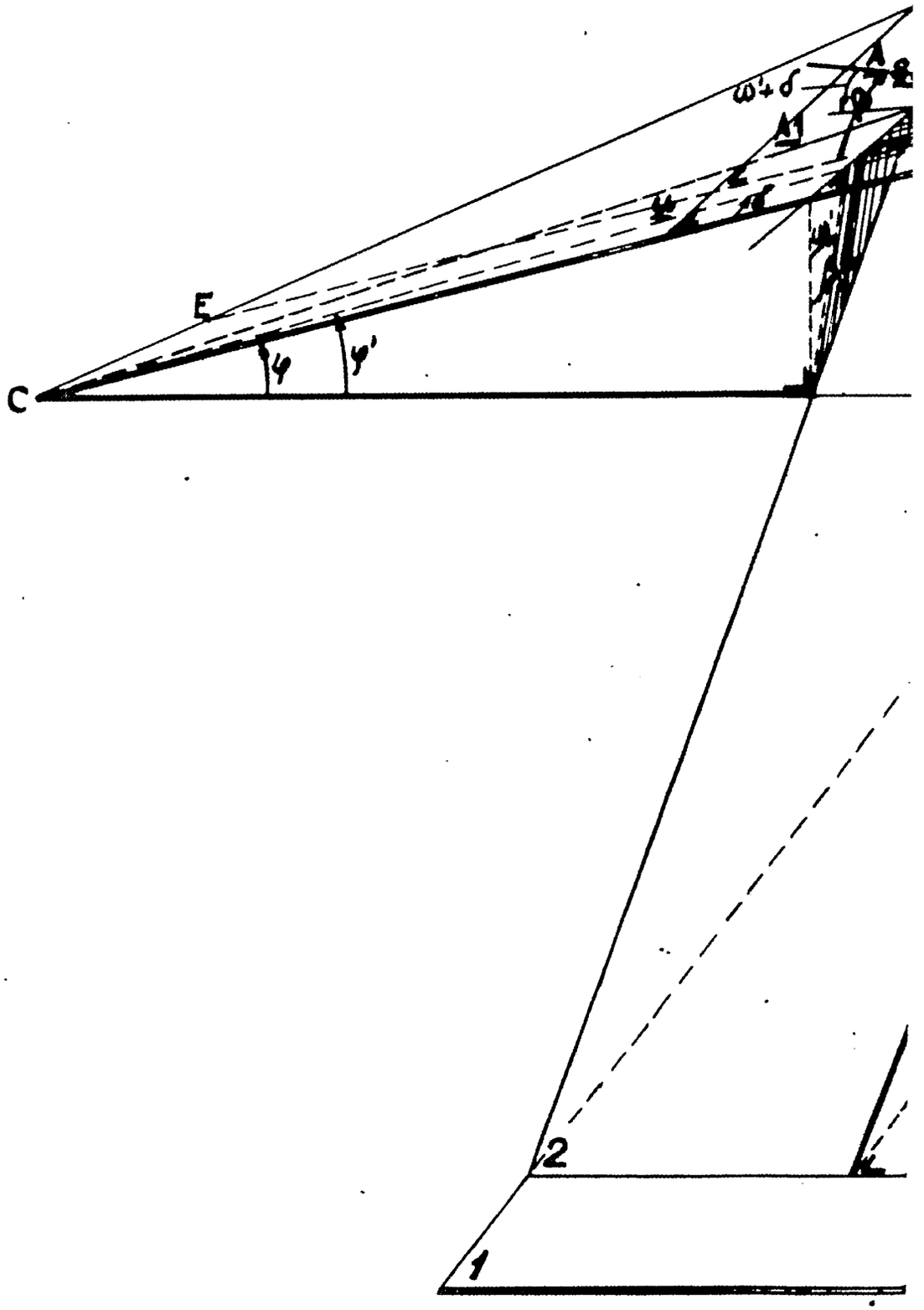
FIG.3



Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: **G 01 c**
Deutsche Kl.: **42 c - 10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG.3




ω+δ
E
C
φ
φ'
2
1

Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

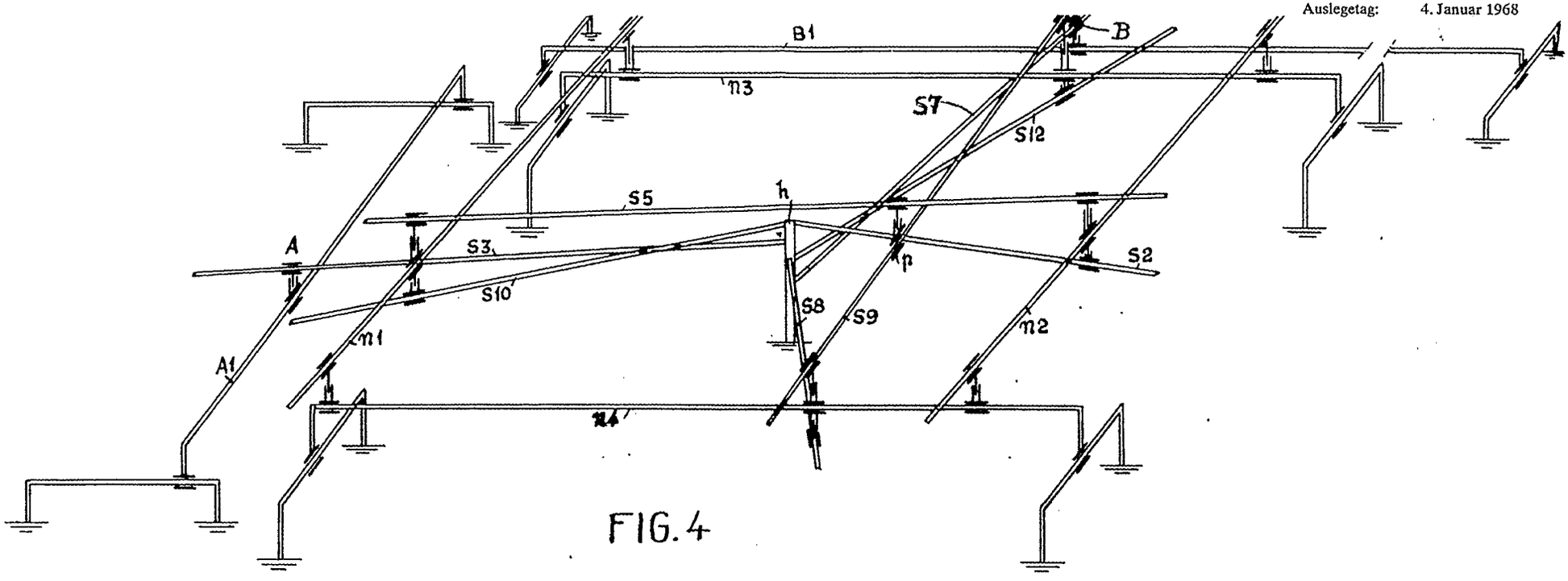
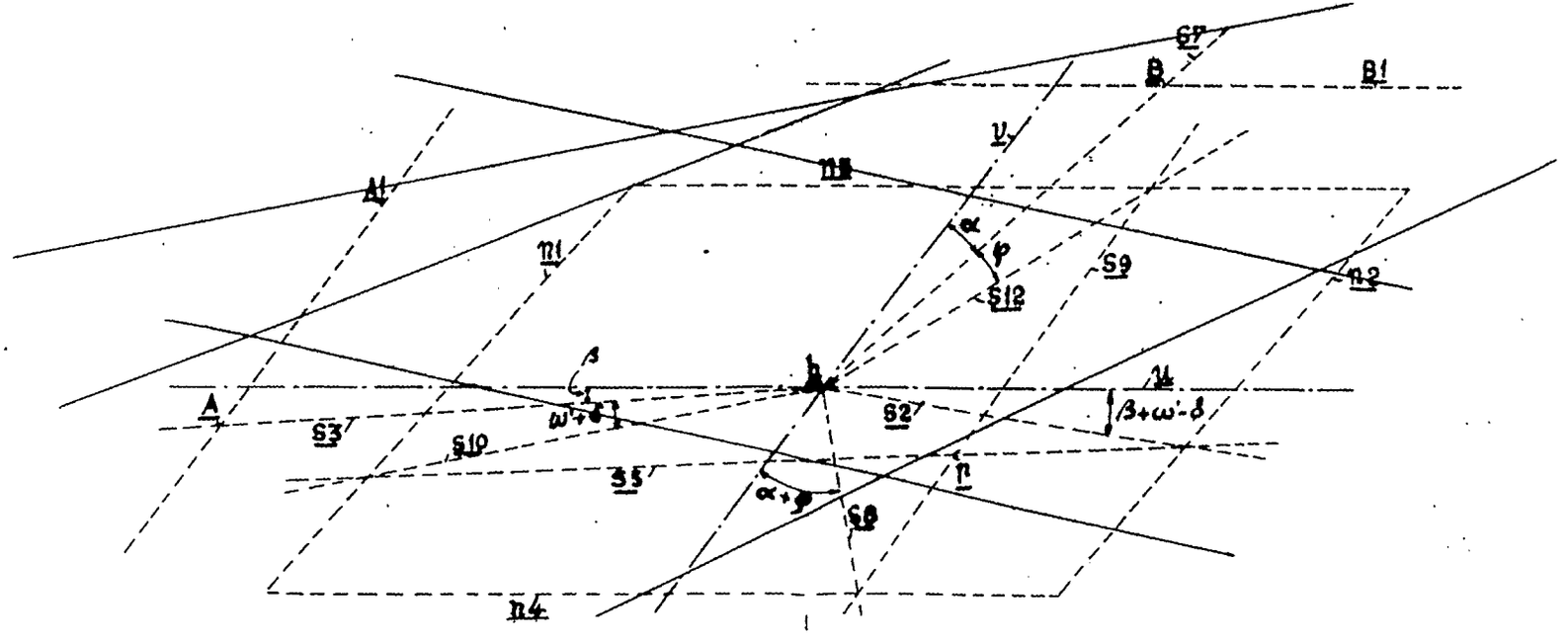
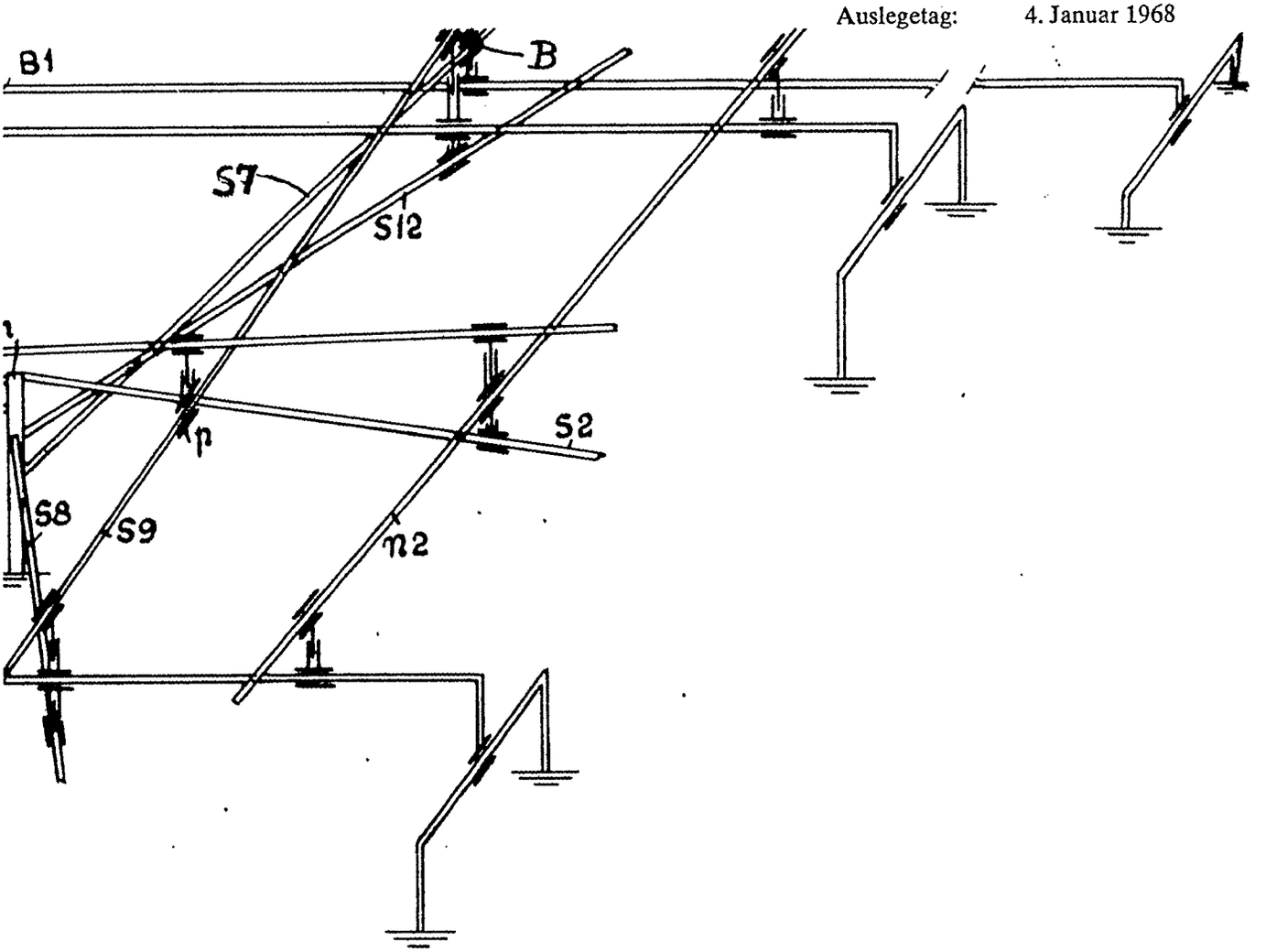
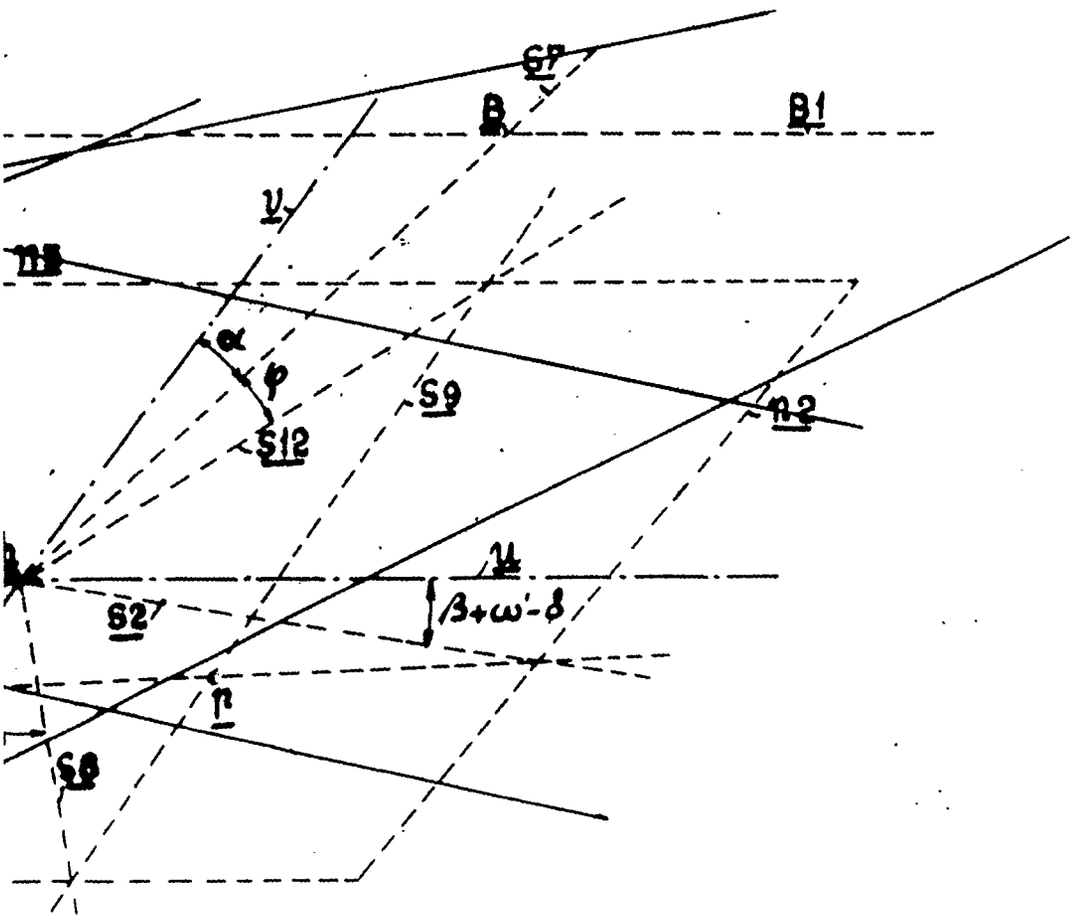


FIG. 4



Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968





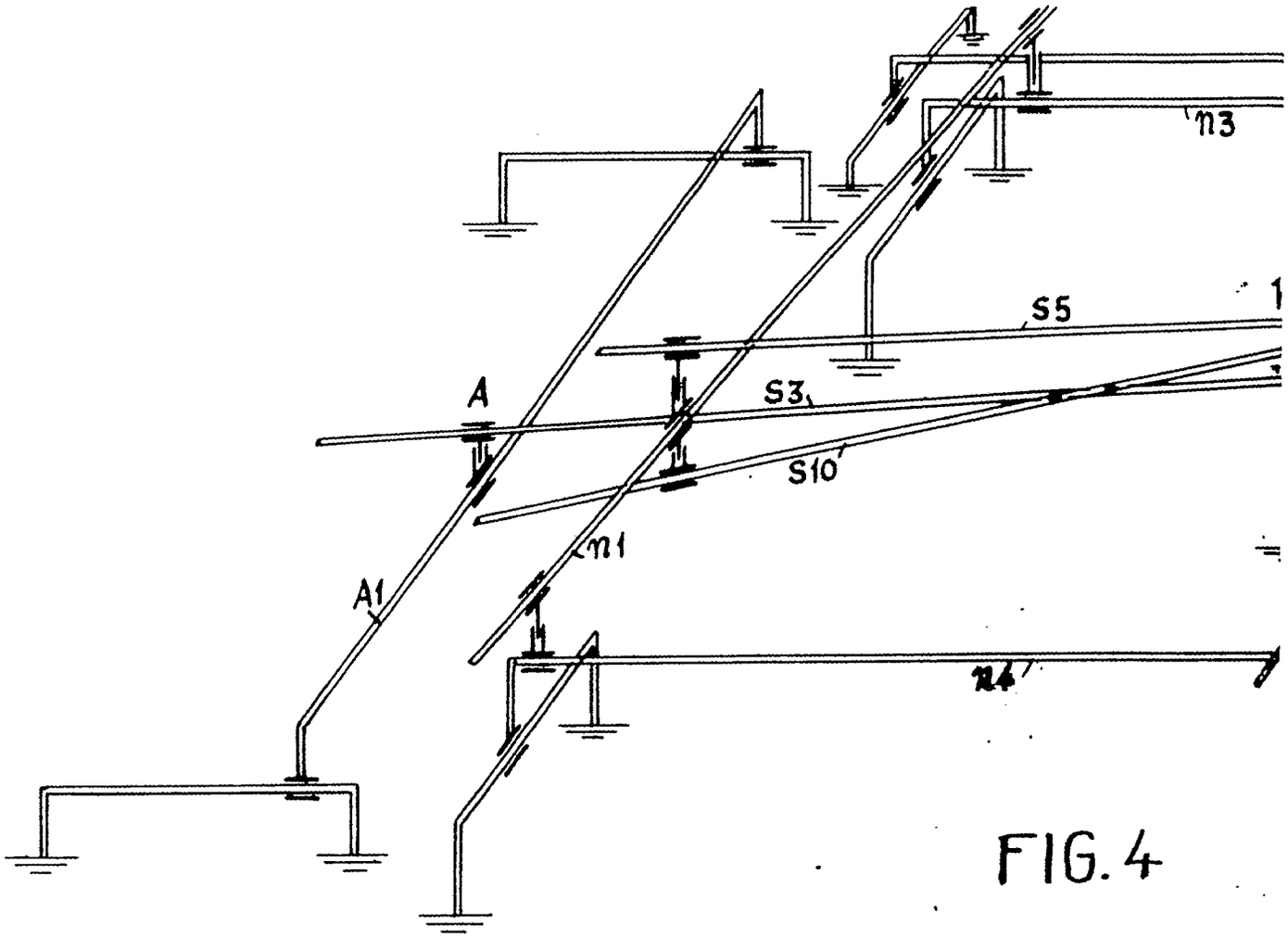
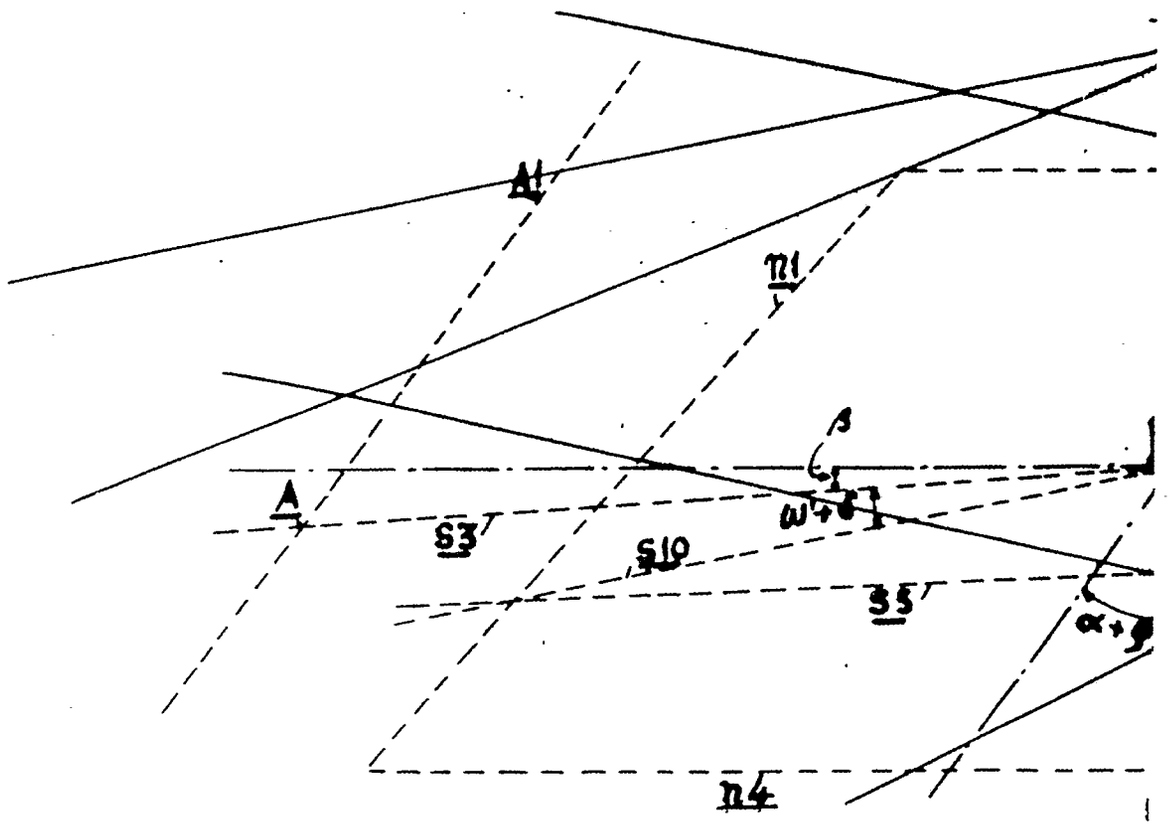


FIG. 4



Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

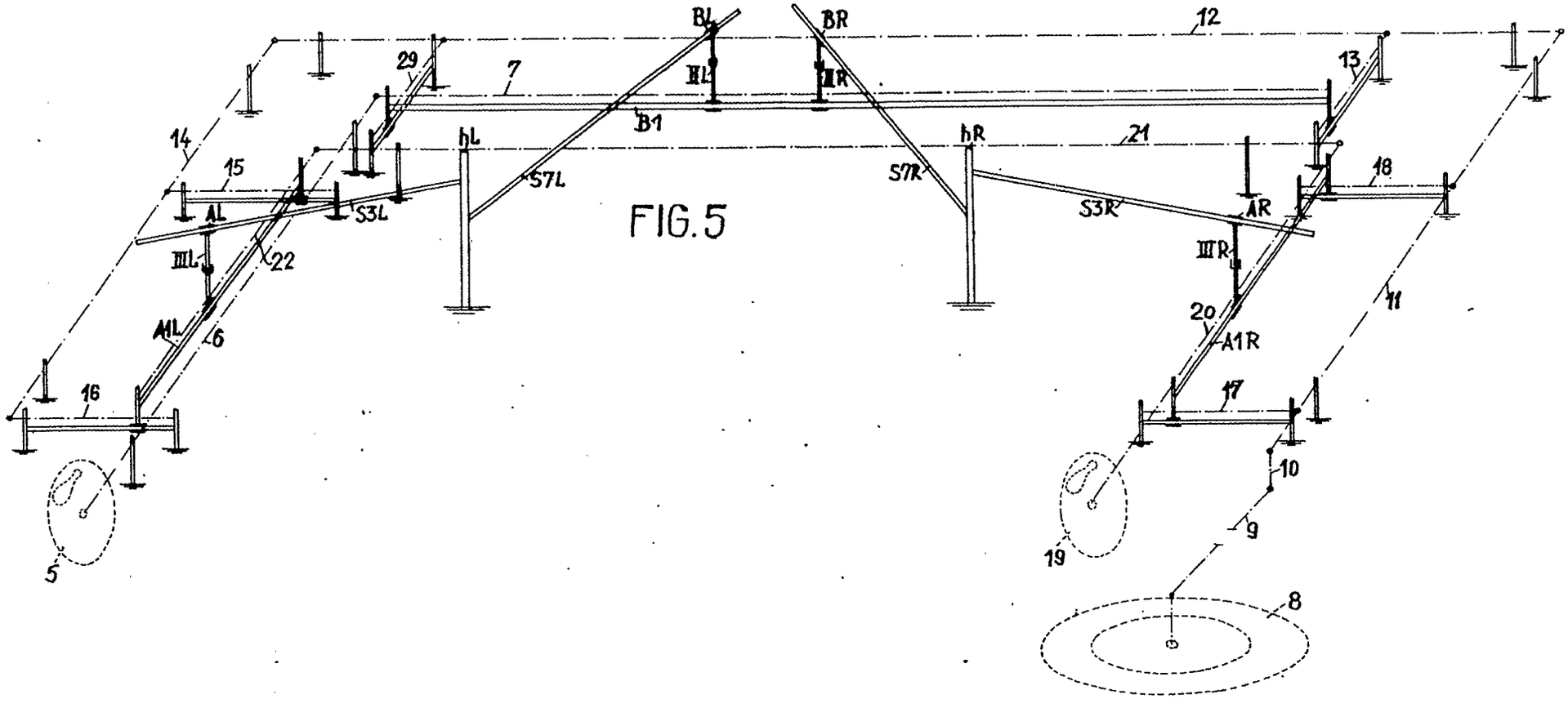
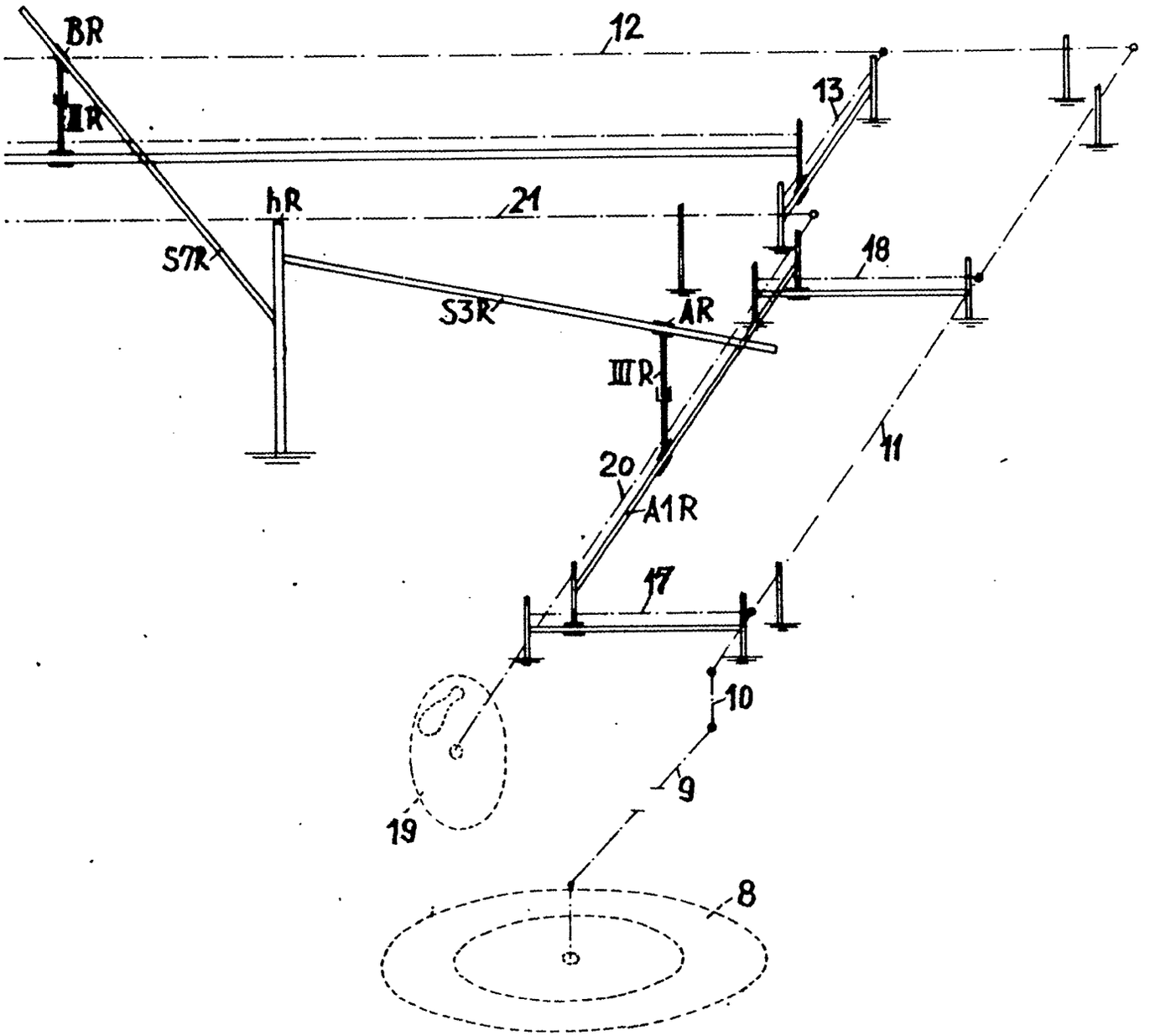


FIG. 5

Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968



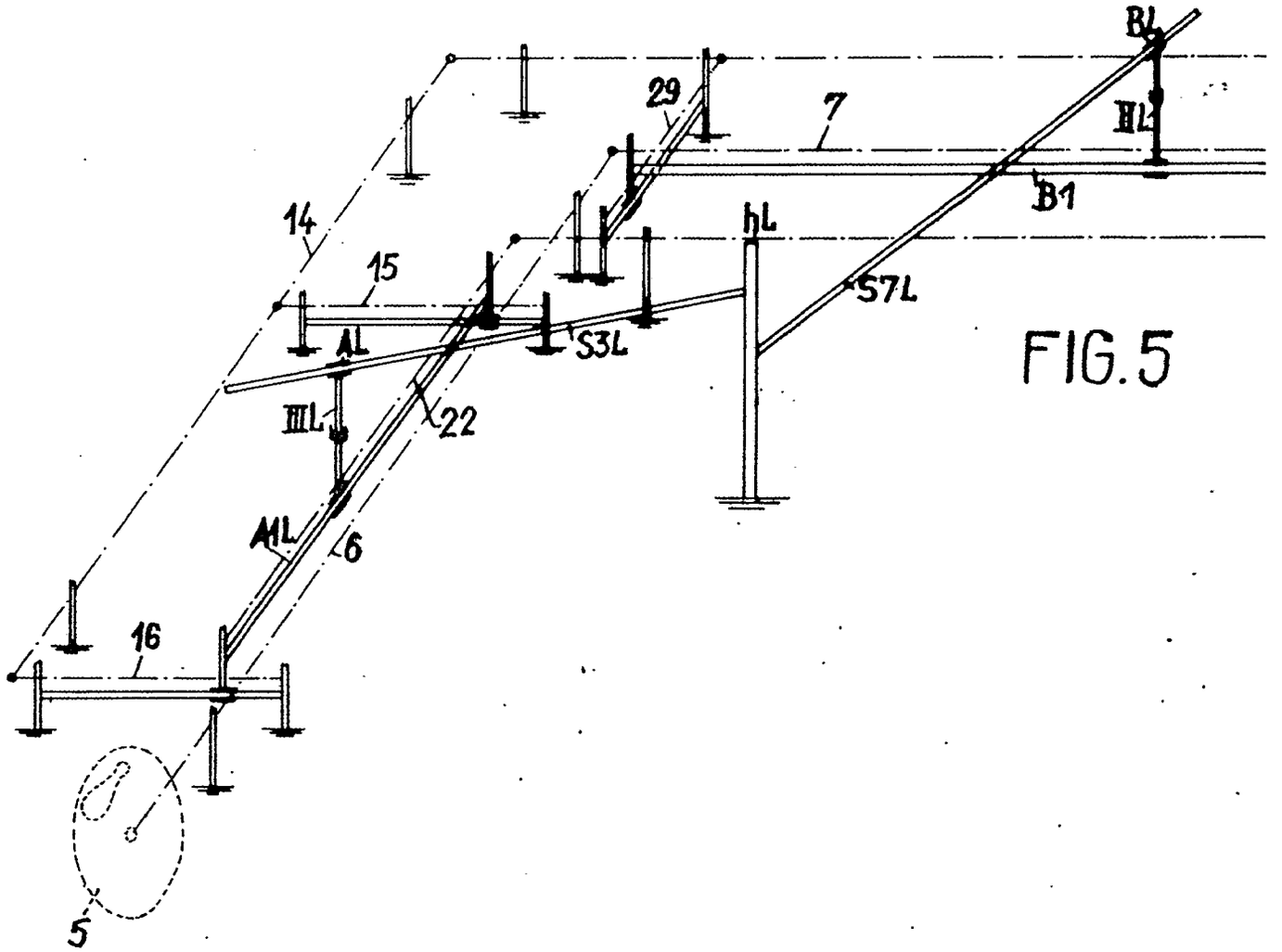
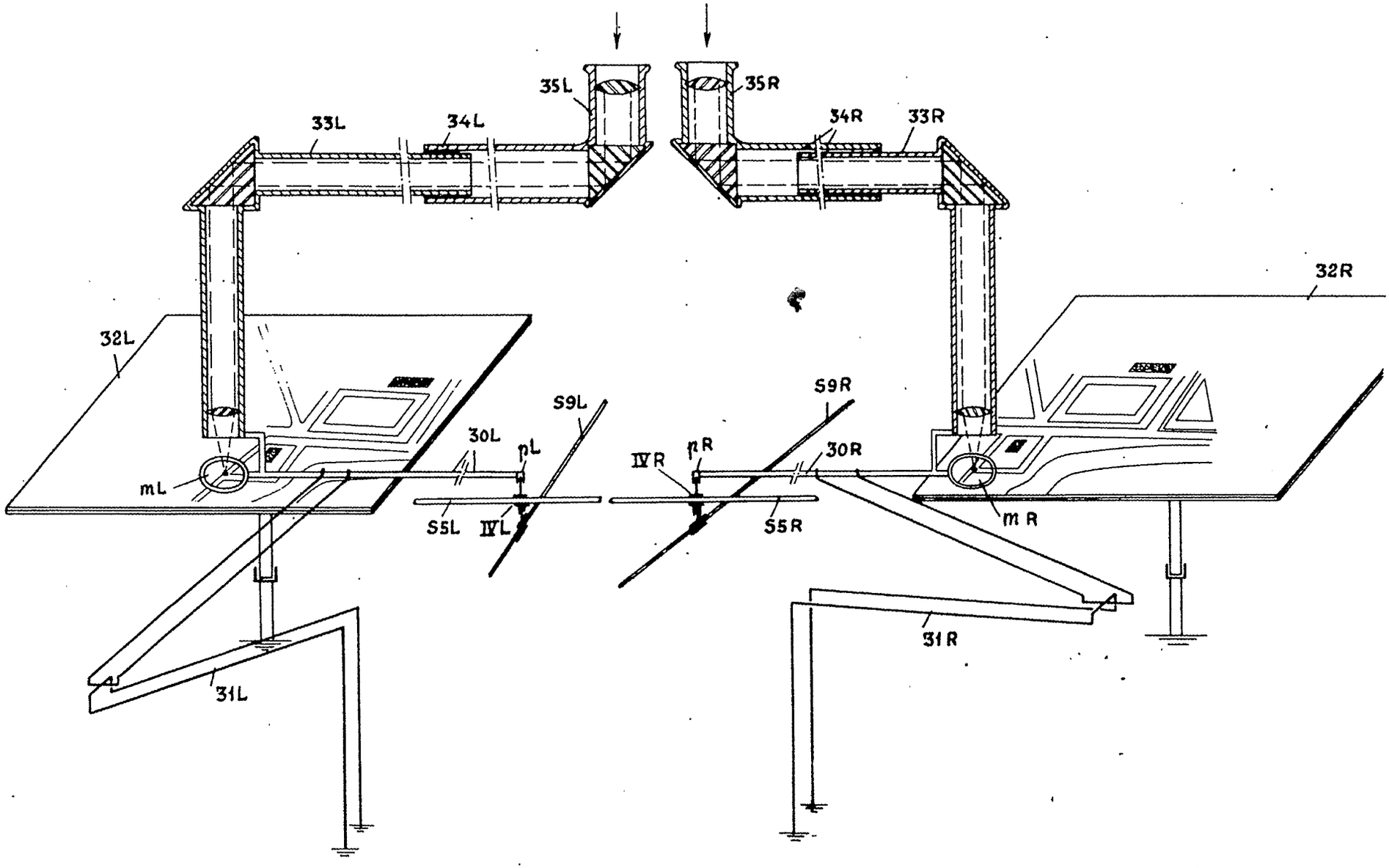


FIG.5

Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG.6



Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

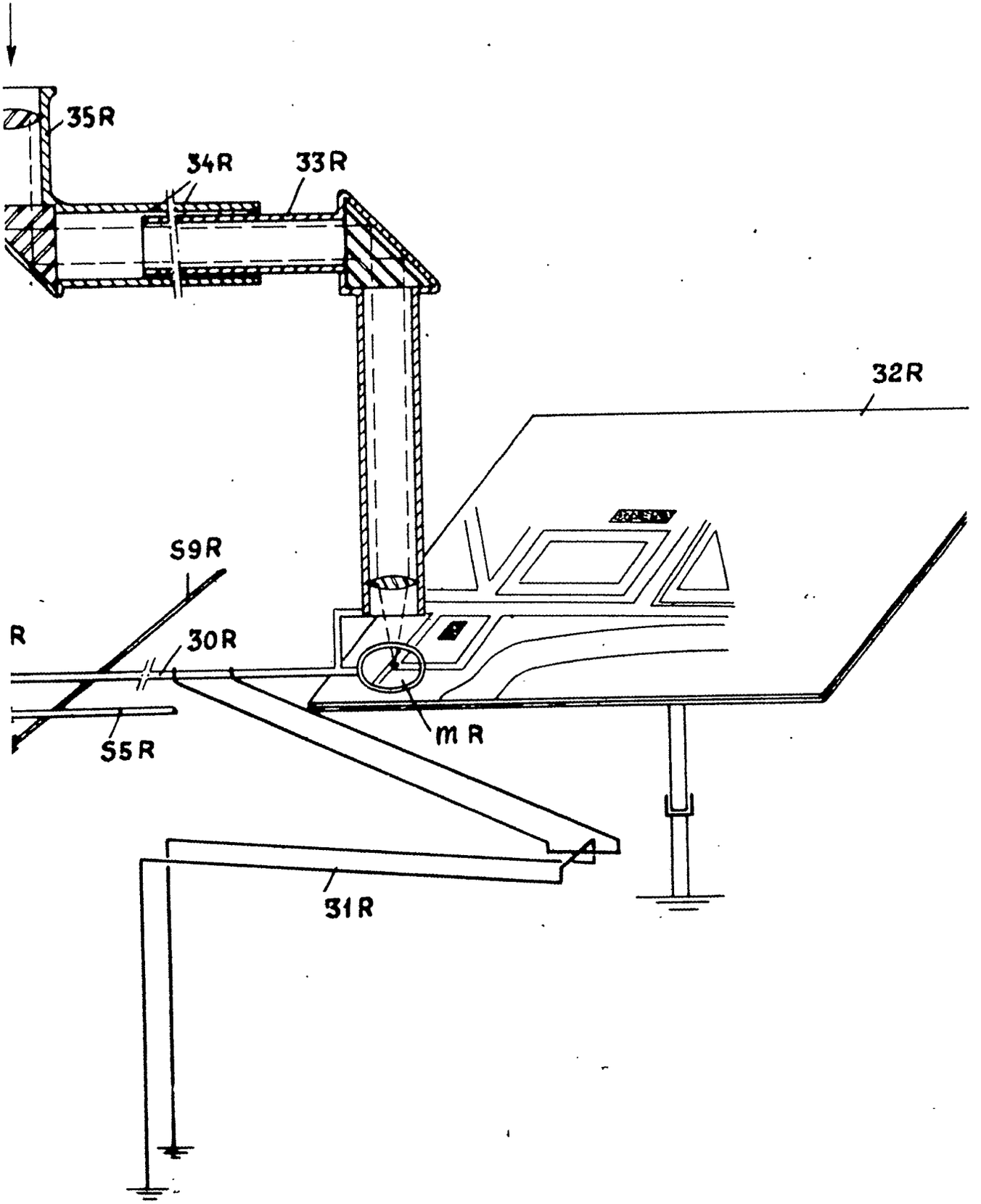
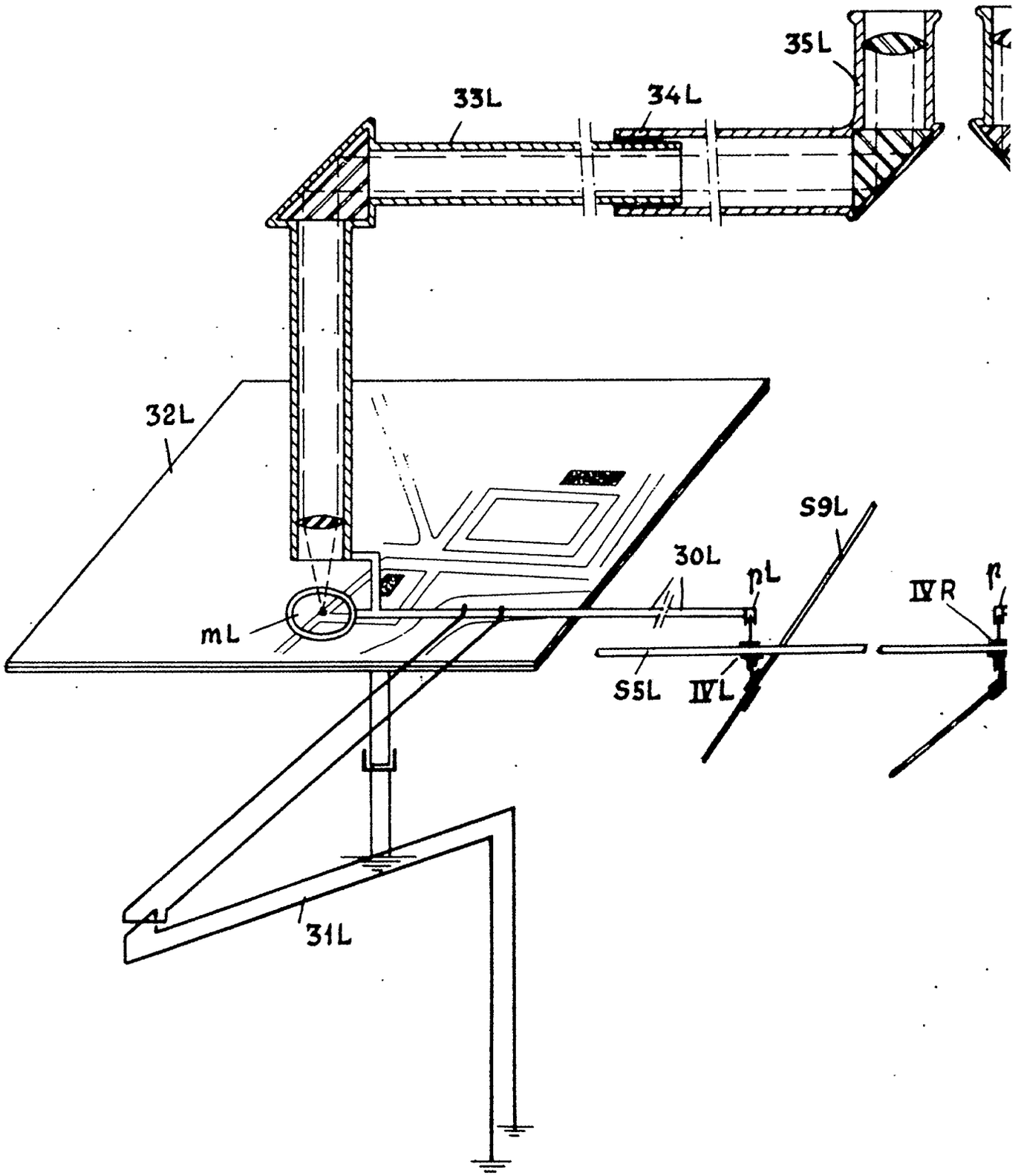


FIG.6



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

Int. Cl.: G 01 c

Deutsche Kl.: 42 c - 10/02

PATENTSCHRIFT

1258119

Nummer: 1 258 119
Aktenzeichen: St 12288 IX b/42 c
Anmeldetag: 2. März 1957
Auslegetag: 4. Januar 1968
Ausgabetag: 11. Juli 1968
Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

Vorrichtung zur Bestimmung von Bildpunktkoordinaten in Luftbildern

Patentiert für:
De Staat der Nederlanden,
vertreten durch De Hoofdingenieur — Directeur van de Rijkswaterstaat in de Directie Algemene Dienst en Waterhuishouding, Den Haag

Vertreter:
Dipl.-Ing. R. Amthor, Patentanwalt,
6000 Frankfurt, Mittelweg 12

Als Erfinder benannt:
Hendrik Meijer, Delft (Niederlande)

Beanspruchte Priorität:
Niederlande vom 8. März 1956 (205 233)

1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Auswertung von Luftbildern und Bestimmung von Bildpunktkoordinaten, bei der vier, paarweise zur x- bzw. y-Achse eines Achsenkreuzes im Objektraum parallele Hilfsflächen mit bestimmter Orientierung gegenüber der Aufnahmeachse, von denen jede einen durch die Lage des Projektionszentrums bestimmten Drehpunkt und eine um diesen Drehpunkt schwenkbare Richtstange enthält, um ihre Schnittlinie mit der Bildebene in die Bildebene umgeklappt sind und sich in den Schnittlinien Führungsschienen befinden, auf denen die Enden zweier sich kreuzender Spurlineale aufliegen, die in den Auflagepunkten gelenkig und gleitbar mit je einer der Richtstangen verbunden sind und durch Schwenkung der zu demselben Spurlineal gehörenden beiden Richtstangen um gleiche Winkel derart verschoben werden, daß ihre Projektion in die Objektebene stets in Richtung der x- bzw. y-Achse verläuft.

Bei bekannten derartigen Vorrichtungen ist dabei die Lage der Drehpunkte für die Richtstangen und der Führungsschienen von der Höhe des Projektionszentrums über der Horizontalebene, vom Neigungswinkel der Aufnahmeachse und von der Größe der Luftbilder bestimmt. Für jedes Luftbild muß danach die Einstellung der Vorrichtung jeweils aufs neue berechnet und eingearbeitet werden, wobei die Drehpunkte sehr viel Raum außerhalb der Projektion des Luftbildes in der Horizontalebene in Anspruch nehmen.

Die Erfindung bezweckt eine Ausschaltung dieser Nachteile und die Schaffung einer Vorrichtung, mit der die Lage der Drehpunkte ein für allemal festgelegt werden kann und nur durch die Aufnahmeapparatur bestimmt ist. Für jedes Luftbild dieser Apparatur bleibt die Lage dann ungeändert, wodurch wiederholte Rechenarbeit mit Gelegenheit zu Fehlern erspart und ein einfacherer Bau der Vorrichtung ermöglicht wird.

Weiterhin soll die Lage der Führungsschienen nach sehr einfachen Formeln aus dem Wert der Neigungswinkel der Aufnahmeachse zu entnehmen sein und nur davon abhängig sein, wodurch die Einstellung dieser Lage auf einfachere Weise verkörpert werden kann.

Die Vorrichtung gemäß der Erfindung ist dazu dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsflächen vor dem Umklappen in die Bildebene im Abstand der Aufnahmebrennweite parallel zu der Verbindungslinie des Projektionszentrums mit dem Nadirpunkt verlaufen und die Drehpunkte für die Richtstangen sich im Fußpunkt der Lote vom Projektionszentrum auf die Hilfsflächen befinden.

2

Die Führungsschienen bleiben somit paarweise immer parallel zueinander.

Vorteilhaft können die Richtstangen in eine Spindel im Bildhauptpunkt zusammengelegt werden. Das bedeutet eine beträchtliche Raumersparnis in der Vorrichtung und eine bequemere Einstellungsmöglichkeit für jede Art Luftbilder.

Zur Behandlung eines Luftbildes, bei der nur eine sich selbst parallele Translation des Spurlineals notwendig ist, wie unter anderem bei einer Nadiraufnahme, genügt eine einzige Führungsschiene und eine einzige Richtstange für dieses Lineal.

An den Führungsschienen würden mit Hilfe einer Gradeinteilung die Koordinaten ablesbar sein, wenn es nicht der Fall wäre, daß dadurch konstruktive Schwierigkeiten auftreten können und daß wegen der Neigung des Luftbildes Korrekturen durch Umrechnung vorgenommen werden müßten.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß zum Ablesen einer Koordinate eines beachteten Punktes eine Koordinatenschiene und eine um den Drehpunkt einer Richtstange drehbare Zeigerstange für diese Koordinate vorgesehen sind, welche letzte Stange mit der Richtstange einen einstellbaren Winkel einschließt.

Im Falle einer Nadiraufnahme, also wenn die Neigung gleich 0 ist, fällt die Zeigerstange mit der

Richtstange zusammen. Es sei bemerkt, daß eine unmittelbare Ablesung von Koordinaten, wobei der Koordinatenmaßstab mit dem eingestellten Höhenmaßstab gekuppelt ist, bei photogrammetrischen Instrumenten an sich allgemein bekannt ist.

Eine Vorrichtung nach der Erfindung wird im folgenden an Hand schematischer Zeichnungen an Ausführungsbeispielen und geometrischen Konstruktionen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 perspektivisch den geometrischen Zusammenhang zwischen einem Geländepunkt und seiner Abbildung auf der mit senkrechter Kameraachse aufgenommenen Aufnahme,

Fig. 2 eine schematische perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines zu einer Aufnahme des Aufnahmepaars gehörenden Mechanismusteiles, der für die Auswertung eines mit einer senkrechten oder nahezu senkrechten Kameraachse aufgenommenen Photos dient, wobei die Kupplung mit dem anderen gleichartigen Mechanismusteil und mit der Meßmarke weggelassen wurde,

Fig. 3 eine mit Fig. 1 analoge geometrische Konstruktion, jedoch für eine geneigte Kameraachse,

Fig. 4 analog mit der Fig. 2 einen zur genauen Auswertung von mit einer beliebig geneigten Kameraachse genommenen Luftphoto geeigneten Mechanismusteil,

Fig. 5 perspektivisch eine mögliche Ausführung der Kupplung zwischen den zwei Mechanismusteilen, wobei deutlichkeitshalber einige nicht zur Sache gehörende Teile der Vorrichtung weggelassen worden sind,

Fig. 6 schematisch und perspektivisch eine mögliche Ausführungsform einer Kupplung der Mechanismusteile nach Fig. 2 oder 4 mit ihren respektiven Meßmarken und mit dem optischen System.

Um den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Elementen der Vorrichtung nach der Erfindung einerseits und den diese symbolisierenden Linien bzw. Punkten der geometrischen Konstruktionen in der Aufnahmefläche andererseits deutlich hervortreten zu lassen, werden in den Figuren und in der Beschreibung für dieselben Elemente dieselben Buchstaben verwendet, wobei die in den geometrischen Konstruktionen vorkommenden Bezugszeichen deutlichkeitshalber unterstrichen worden sind.

In Fig. 1 stellt das Bezugszeichen **1** eine waagerechte Fläche durch einen Geländepunkt P mit den Koordinaten Xp, Yp und Hp in bezug auf das Projektionszentrum O (Optischer Mittelpunkt des Aufnahmeobjektivs) dar, X die Koordinatenachse parallel oder nahezu parallel zu der Flugrichtung, Y die waagerechte Koordinatenachse senkrecht auf die X-Achse und Z die senkrechte Koordinatenachse im Nadirpunkt. Die Koordinatenachsen X und Y liegen in einer Fläche, aus der die Höhe der zu kartierenden Punkte gemessen wird. Hat der Punkt P eine Höhekoordinate Zp, und liegt das Objektivzentrum O auf einer Höhe Z_0, so ist Hp selbstverständlich $Z_0 - Zp$.

Die Fläche **4** ist die Aufnahmefläche, die waagerecht angenommen wird, p ist der mit dem Geländepunkt P korrespondierende Punkt auf der Aufnahme, und der Abstand Oh entspricht dem Brennpunktabstand f der Kamera.

Die Lage von p auf der Aufnahme kann aufgefaßt werden als der Schnittpunkt der beiden Linien $S2$ und $S5$, die die Schnittlinien der Aufnahmefläche **4** und der beiden Flächen **3** und **2** durch OP parallel zu der Y- bzw. X-Achse darstellen. Die Stelle von p ist auch bestimmt durch die Winkel α und β, welche die Flächen **3** und **2** mit der Z-Achse einschließen. Die Lage der Linien $S2$ und $S5$ in der Aufnahmefläche ist also abhängig von den Winkeln α und β.

Die Flächen **2** und **3** der Fig. 1 werden von Hilfsflächen, die parallel zu der Z-Achse und senkrecht zu der X- bzw. Y-Achse stehen, geschnitten. Diese Hilfsflächen schneiden die Fläche **4** des Photos entlang der parallelen Linien $n1$, $n2$ und $n3$, $n4$. Der Hauptteil zweier dieser Flächen ist in der Fig. 1 vertikal schraffiert, während die Winkel β und α darin angegeben sind. Naturgemäß kommt auch auf jeder der beiden anderen Hilfsflächen ein solcher Winkel vor. Alle vier der Hilfsflächen liegen in einem Abstand vom Projektionszentrum O, der der Kamerakonstante f gleich ist. Durch diese Lage ist es möglich, daß die vier angedeuteten Dreiecke in die Hilfsflächen in der Fläche **4** des Photos hochgeklappt werden und diese hochgeklappten Dreiecke, deren zwei schraffiert angegeben sind, sich im Hauptpunkt h treffen, so daß die Schnittlinien der Hilfsflächen im heruntergeklappten Zustand mit den Flächen **2** und **3** von den Linien $S2$ und $S1$ bzw. $S8$ und $S6$ im hochgeklappten Zustand repräsentiert werden.

Die unter dem Winkel α bezüglich einer durch h senkrecht zur Flugrichtung gelegenen Linie v laufende Linie $S6$ ergibt mit der in einer Distanz Hp von h gelegenen Linie $B1$ (parallel zur in der Flugrichtung gelegenen Linie u) einen Schnittpunkt B, der die Koordinate Xp bestimmt. In ähnlicher Weise bestimmt die Linie $S1$ mit dem Punkt A auf der Linie $A1$ die Koordinate Yp.

Fig. 2 zeigt eine Vorrichtung, in der die vorhergehende geometrische Überlegung angewandt ist.

Die Vorrichtung nach Fig. 2 ist mit einer festen Achse h versehen, um die zwei Armepaare $S1$, $S2$ und $S6$, $S8$ als Richtstangen drehen zu können. Hierbei sind die Arme, die zusammen ein Paar bilden, derart miteinander verbunden, daß bei der Bewegung des einen Armes über einen gewissen Winkel der andere Arm sich über denselben Winkel, jedoch in entgegengesetzter Richtung bewegt.

Das Paar Arme $S1$ und $S2$ trägt ein Lineal $S5$, mit dem es mittels geeigneter, die Führungsschienen $n1$ bzw. $n2$ entlanggleitender Kupplungsorgane verbunden ist. Diese Kupplungsorgane sind derart konstruiert, daß sie eine Verdrehung des Armes und eine axiale Verschiebung eines Lineals gestatten, daß jedoch der »Kreuzpunkt« von dem Arm und dem Lineal sich über eine Bahn parallel zu der dazugehörenden Führungsschiene bewegt.

Das Paar Arme $S6$, $S8$ ist auf entsprechende Weise mittels den Führungsschienen $n3$, $n4$ entlang verschiebbarer Kupplungsorgane mit dem Lineal $S9$ verbunden. Der Punkt, in dem die Lineale $S5$, $S9$ einander kreuzen, korrespondiert mit dem Punkt p, der von der Meßmarke bei diesem Stand der Lineale $S5$ und $S9$ auf der Aufnahme gezeigt wird und der die photographische Abbildung des Geländepunktes P darstellt. Die Arme $S1$, $S6$ sind derart ausgeführt worden, daß sie die Koordinatenschiene $A1$ bzw $B1$ als Zeigerstangen kreuzen. Es ist unmöglich, die Koordinatenschienen $A1$ und $B1$ in der Distanz Hp, der Flughöhe, von h anzuordnen. Die Distanz wird deswegen so gewählt, daß sie innerhalb der Abmessungen der Vorrichtung bleibt und ein bestimmter Bruchteil der Flughöhe ist. Aus der Lage dieser

»Kreuzungspunkte« A und B auf den Koordinatenschienen ist jetzt mittels einer linearen Transformation die Y- bzw. X-Koordinate des Geländepunktes P zu bestimmen, während mittels einer linearen Transformation aus dem Abstand zwischen der Koordinatenschiene $A1$ oder $B1$ und der festen Achse h die Z-Koordinate des Geländepunktes P bestimmt werden kann. Die vorhergehend beschriebene Vorrichtung ist nur für Nadiraufnahmen geeignet. Zur Auswertung von Aufnahmen mit geneigter Kameraachse sind die Neigungswinkel in und senkrecht zur Flugrichtung φ und ω (bzw. ω' und φ') zu berücksichtigen.

Die geometrische Konstruktion für eine geneigte Kameraachse ist ersichtlich aus Fig. 3, während Fig. 4 schematisch und perspektivisch einen Mechanismusteil der Auswertevorrichtung darstellt, geeignet zur genauen Auswertung von mit einer beliebig stark geneigten Kameraachse aufgenommenen Luftphotos. Der Zusammenhang zwischen den in den Fig. 3 und 4 verwendeten Winkeln ω' und φ' und den Winkeln ω und φ ist gegeben durch

$$\operatorname{tg}\omega' = \frac{\operatorname{tg}\omega}{\cos\varphi} \quad \text{und} \quad \sin\varphi' = \sin\varphi \cdot \cos\omega .$$

Die Flächen **2** und **3** der Fig. 3 schneiden die Fläche **4** nach den Linien $S5$ und $S9$, die aber jetzt nicht mehr senkrecht zueinander stehen.

Die parallel zur Z-Achse und senkrecht zur X- bzw. Y-Achse in der Fläche **1** in einem Abstand f vom Projektionszentrum O gelegenen Hilfsflächen liefern wieder die Schnittlinien $\underline{n}1$ und $\underline{n}3$ sowie auch die nicht eingezeichneten Linien $\underline{n}2$ und $\underline{n}4$. Auch diese Linien stehen nicht mehr senkrecht zueinander. Dennoch treffen sich die umgeklappten schraffierten Dreiecke in der Fläche **4**, die den schraffierten Dreiecken in den Hilfsflächen kongruent sind, wieder im Hauptpunkt $\underline{h}$ und bilden die Linien $\underline{S10}$ und $\underline{S12}$, die Repräsentanten der Projektionen der Linie $\underline{p}0$ auf den Hilfsflächen. Wird wiederum ein senkrechtes Achsensystem $\underline{u}-\underline{v}$ durch $\underline{h}$ angenommen, wobei die $\underline{u}$-Achse in der Flugrichtung gelegen ist und somit parallel zu $\underline{n}3$ läuft, aber einen Winkel δ mit $\underline{h}C$ bildet, wobei

$$\operatorname{tg}\delta = \sin\omega \operatorname{tg}\varphi ,$$

dann wird $\underline{n}1$ mit der $\underline{v}$-Achse einen Winkel bilden.

Der Abstand von der Linie $\underline{n}1$ bis $\underline{h}$ wird von der nachfolgenden Formel bestimmt:

$$f\frac{\cos\varphi'}{1+\sin\varphi'} .$$

Für die in der Fig. 3 nicht eingezeichnete Linie $\underline{n}2$ wird der Abstand

$$f\frac{\cos\varphi'}{1-\sin\varphi'} .$$

In gleicher Weise wird für die Linie $\underline{n}3$ und die nicht eingezeichnete Linie $\underline{n}4$ der Abstand

$$\frac{\cos\omega}{1+\sin\omega} \quad \text{bzw.} \quad f\frac{\cos\omega}{1-\sin\omega'} ,$$

weil die v-Achse mit der Linie DO den Winkel ω einschließt. Die Linie $\underline{S12}$ (bzw. eine zu ihr gehörige, nicht eingezeichnete Linie $\underline{S8}$) bildet mit der $\underline{v}$-Achse einen Winkel $\alpha-\varphi$. Um nun auf der Linie $\underline{B1}$ die x-Koordinate von P ablesen zu können, soll eine Linie $\underline{S7}$, die mit $S12$ einen Winkel φ einschließt, mit dieser Linie $S1$ gekuppelt werden, so daß $\underline{S7}$ mit der $\underline{v}$-Achse einen Winkel α bildet. Die Linie $\underline{S10}$ bildet mit der $\underline{u}$-Achse einen Winkel $\beta-\omega'-\delta$ (eine zu $S10$ gehörige, nicht eingezeichnete Linie $\underline{S2}$ bildet mit der $\underline{u}$-Achse einen Winkel $\beta-\omega'+\delta$). Zum Ablesen der y-Koordinaten auf einer Linie $A1$ muß daher eine Linie $\underline{S3}$ mit $\underline{S10}$ einen Winkel $\omega'+\delta$ bilden, so daß $\underline{S3}$ mit der $\underline{u}$-Achse den Winkel β bildet.

Fig. 4 stellt ein Ausführungsbeispiel dar von einem Mechanismusteil der Auswertevorrichtung, das in großen Zügen mit der Vorrichtung nach Fig. 2 übereinstimmt, das jedoch geeignet ist, eine in beliebiger Richtung und mit beliebig stark geneigter Kameraachse aufgenommene Aufnahme genau auszuwerten.

Um den Einfluß der Neigung zu eliminieren, sind hierbei folgende Maßnahmen getroffen worden:

Die Schienen $n1$ und $n2$, $n3$ und $n4$ sind derart in der waagerechten Fläche verschiebbar, daß die Schienen $n1$ und $n2$ bzw. $n3$ und $n4$ gegenseitig parallel bleiben, während das Paar $n3$ und $n4$ parallel zu der U-Achse ist und das Paar $n1$ und $n2$ unter einem Winkel δ mit der v-Achse eingestellt werden kann. Der Arm $S1$ aus Fig. 2 ist ersetzt durch die Stangen $S10$, $S3$, die gleichfalls um die Achse h drehen können und von der die erstere, zusammen mit der Richtstange $S2$, das Lineal $S5$ trägt, während die Zeigerstange $S3$ die Koordinatenschiene $A1$ in dem Punkt A kreuzt, aus dessen Lage nach einer linearen Transformation die y-Koordinate von dem zu p gehörenden Geländepunkt P gefunden werden kann. Diese Stangen $S10$ und $S3$ sind versehen mit Vorrichtungen, um sie unter einem beliebig einstellbaren Winkel miteinander zu verbinden. Es ist auf diese Weise also möglich, sie derart in bezug aufeinander einzustellen, daß zwischen ihren Projektionen in einer Fläche senkrecht zu der Achse h ein Korrektionswinkel $\omega'+\delta$ eingeschlossen wird. Der Arm $S10$ ist wieder auf die schon beschriebene Weise an dem Arm $S2$ gekuppelt, so daß bei der Bewegung des einen der andere sich in entgegengesetzter Richtung über denselben Winkel dreht. Diese Kupplung ist hier jedoch derart ausgeführt worden, daß die Stange $S10$ mit der U-Achse einen Winkel $\beta-\omega'-\delta$ einschließt und die Stange $S2$ mit der U-Achse einen Winkel $\beta-\omega+\delta$ einschließt (auch gemessen in einer Fläche senkrecht zu der Achse h). Auf entsprechende Weise ist der Arm $S6$ aus Fig. 2 ersetzt durch die Stangen $S12$, $S7$, zwischen denen ein Korrektionswinkel φ eingestellt werden kann. Der Arm $S12$ trägt das Lineal $S9$ und ist weiter an die zweite, das Lineal $S9$ tragende Richtstange $S8$ gekuppelt, derart, daß die Stangen über gleiche Winkel in entgegengesetzter Richtung sich bewegen können. Die Zeigerstange $S7$ kreuzt die Koordinatenschiene $B1$ in einem Punkt B, aus dessen Lage nach linearer Transformation die x-Koordinate des Geländepunktes P gefunden werden kann.

Die Art und Weise, in der die Zeigerstangen $S3$ und $S7$ über die Koordinatenschienen $A1$ bzw. $B1$ verschoben werden können und auch die Kupplung des linken mit dem rechten Mechanismusteil, ist in Fig. 5 schematisch dargestellt. Selbstverständlich sind auch andere Ausführungen möglich. Deutlich-

keitshalber werden die Bezugszeichen, die sich auf Elemente des linken Mechanismusteils beziehen, mit einem Index *L* versehen, während die sich auf den rechten Mechanismusteil beziehenden Bezugszeichen einen Index *R* bekommen haben.

Die *X*-Bewegung wird mittels eines Handrades **5** zustande gebracht, das die mittels Kegelzahnräder miteinander verbundenen Achsen **6** und **7** antreibt. Die Achse **7** ist mit Schraubengewinde versehen, das bei Drehung die die Stangen *S7R* und *S7L* tragenden Kupplungsorgane II*R* bzw. II*L* über die Schienen *B1* verschiebt. Diese Kupplungsorgane sind geteilt ausgeführt worden, so daß die Büchse, die um *B1* greift, sich hinsichtlich der Büchse, in der die Stange *S7* geführt wird, verdrehen kann.

Die *Y*-Bewegung wird mittels des Handrades **19** zustande gebracht, das die mittels Kegelzahnräder aneinandergekuppelten Achsen **20**, **21** und **22** drehen kann. Die Achsen **20** und **22** sind gleichfalls als Schraubenspindeln ausgeführt, so daß beim Drehen hiervon die Kupplungsorgane III*R* und III*L* über die Koordinatenschienen *A1R* bzw. *A1L* verschoben werden und hierbei die Stangen *S3R* bzw. *S3L* mitnehmen. Diese Kupplungsorgane sind derart ausgeführt worden, daß die Büchse, die um die Schiene *A1* greift, sich hinsichtlich der Büchse, in der die Stange *S3* schieben kann, verdrehen kann. Die Möglichkeit, den Teilen der Kupplungsorgane II und III eine relative Verschiebung zu geben, gestattet, daß den Koordinatenunterschieden zwischen den zu dem Aufnahmepaar gehörenden Projektionszentren Rechnung getragen wird.

In den Figuren ist einfachheitshalber die Vorrichtung zum Ausführen von Verschiebungen weggelassen worden.

Die *Z*-Bewegung wird mittels einer Fußscheibe **8** erhalten, die mittels Kegelzahnräder aneinandergekuppelten Achsen **9**, **10**, **11**, **12** und **14** drehen kann. Auf diesen Achsen sind gleichfalls mittels Kegelzahnräder die mit Schraubengewinde versehenen Stangen **17**, **18**, **13**, **29**, **15** und **16** angeschlossen. Eine Drehung der Fußscheibe **8** gibt also eine Verschiebung der Koordinatenschienen *A1L* und *A1R* und auch der Koordinatenschiene *B1*.

Ein Ausführungsbeispiel der Kupplung der zwei Mechanismushälften mit dem optischen System ist schematisch in Fig. 6 dargestellt. Das Kupplungsstück IV*L* (bzw. IV*R*), das die Stangen *S5L* mit *S9L* (bzw. *S5R* mit *S9R*) verbindet und dessen Lage also mit dem Geländepunkt *P* korrespondiert, ist mittels einer Stange **30***L* (bzw. **30***R*) mit der Meßmarke *mL* (bzw. *mR*) verbunden, die hierdurch über die linke (bzw. die rechte) Aufnahme, die auf einem um eine senkrechte Achse drehbaren waagerechten Tisch **32***L* (bzw. **32***R*) befestigt ist, bewegt wird. Die Bewegung der Stange **30***L* (bzw. **30***R*) soll immer parallel zu ihr selbst sein, wobei eine Geradführung **31***L* (bzw. **31***R*) dient. Mit der Meßmarke *mL* (bzw. *mR*) ist ein Teil **33***L* (bzw. **33***R*) des optischen Systems verbunden, das hinsichtlich des Teiles **34***L* (bzw. **34***R*) verschiebbar ist. Bei einer Bewegung der Kupplungsorgane IV nach links oder nach rechts bleibt also der Teil **34** des optischen Systems mit den Okularen **35***L* bzw. **35***R* an seiner Stelle. Bei einer Bewegung der Kupplungsorgane IV nach vorn oder nach hinten wird der Teil **34** des optischen Systems mit den Okularen gleichfalls nach vorn oder nach hinten mitgenommen.

Selbstverständlich sind andere Konstruktionen des optischen Systems möglich (und bekannt), wobei die Okulare eine feste Stellung haben können. Als eine kinematische Umkehrung kann die Stange **30** mit dem die Aufnahme tragenden Tisch verbunden werden, der also in dieser Ausführung bewegbar ist, während die Meßmarke und die Beobachtungsoptik stabil bleiben.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Auswertung von Luftbildern und Bestimmung von Bildpunktkoordinaten bei der vier, paarweise zur *x*- bzw. *y*-Achse eines Achsenkreuzes im Objektraum parallele Hilfsflächen mit bestimmter Orientierung gegenüber der Aufnahmeachse, von denen jede einen durch die Lage des Projektionszentrums bestimmten Drehpunkt und eine um diesen Drehpunkt schwenkbare Richtstange enthält, um ihre Schnittlinie mit der Bildebene in die Bildebene umgeklappt sind und sich in den Schnittlinien Führungsschienen befinden, auf denen die Enden zweier sich kreuzender Spurlineale aufliegen, die in den Auflagepunkten gelenkig und gleitbar mit je einer der Richtstangen verbunden sind und durch Schwenkung der zu demselben Spurlineal gehörenden beiden Richtstangen um gleiche Winkel derart verschoben werden, daß ihre Projektion in die Objektebene stets in Richtung der *x*- bzw. *y*-Achse verläuft, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsflächen vor dem Umklappen in die Bildebene im Abstand der Aufnahmenbrennweite parallel zu der Verbindungslinie des Projektionszentrums mit dem Nadirpunkt verlaufen und die Drehpunkte für die Richtstangen sich im Fußpunkt der Lote vom Projektionszentrum auf die Hilfsflächen befinden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehpunkte der Richtstangen in einer Spindel im Bildhauptpunkt zusammengelegt sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ablesen einer Koordinate eines beachteten Punktes eine Koordinatenschiene und eine um den Drehpunkt einer Richtstange drehbare Zeigerstange für diese Koordinate vorgesehen sind, welche letztere Stange mit der Richtstange einen einstellbaren Winkel einschließt.

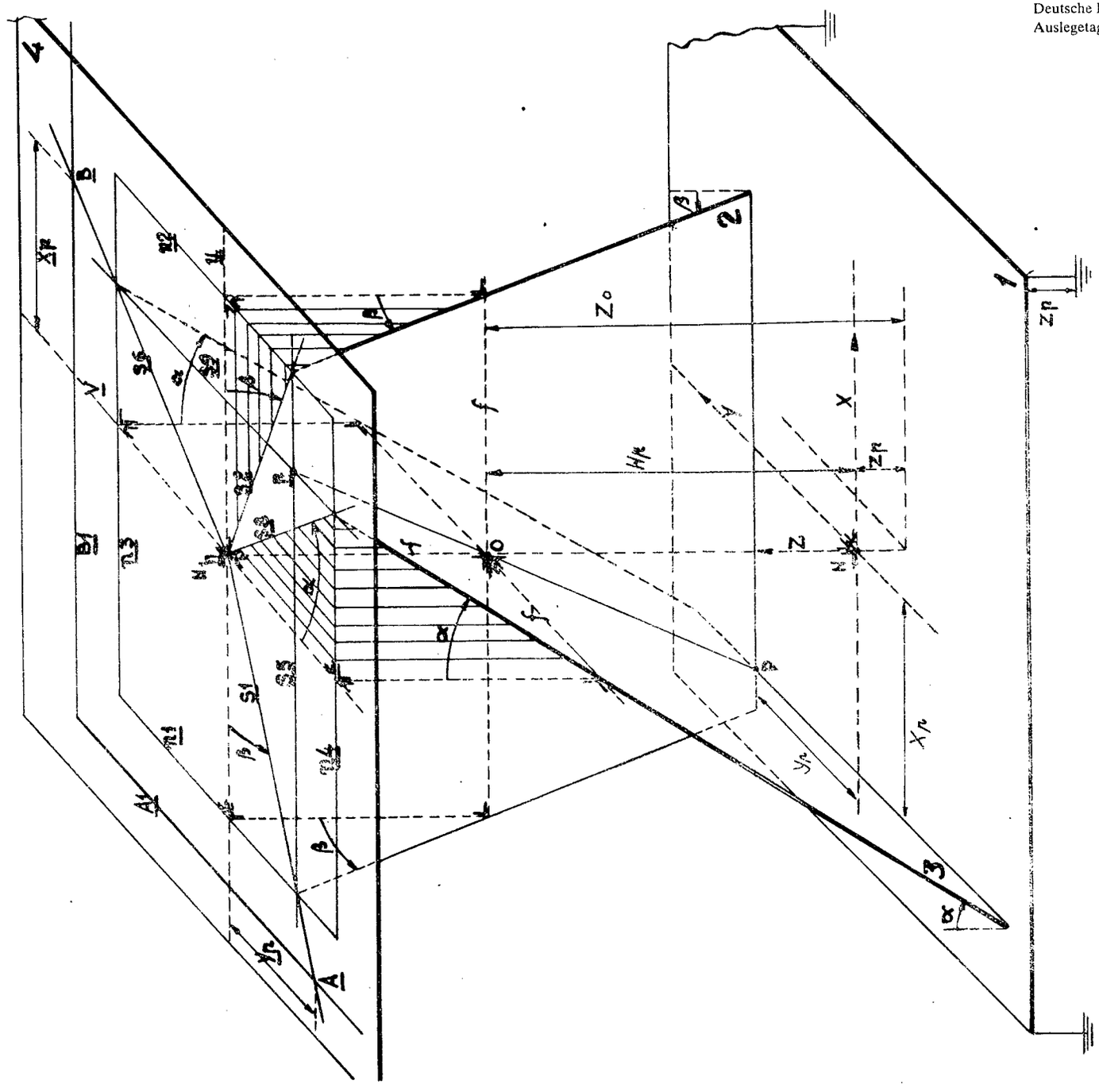
In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 346 026, 306 383;
französische Patentschrift Nr. 1 110 305;
Finsterwalder, Photogrammetrie, Berlin, 1939, S. 198, 199.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

709 717/126 12. 67 Bundesdruckerei Berlin

Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG.1



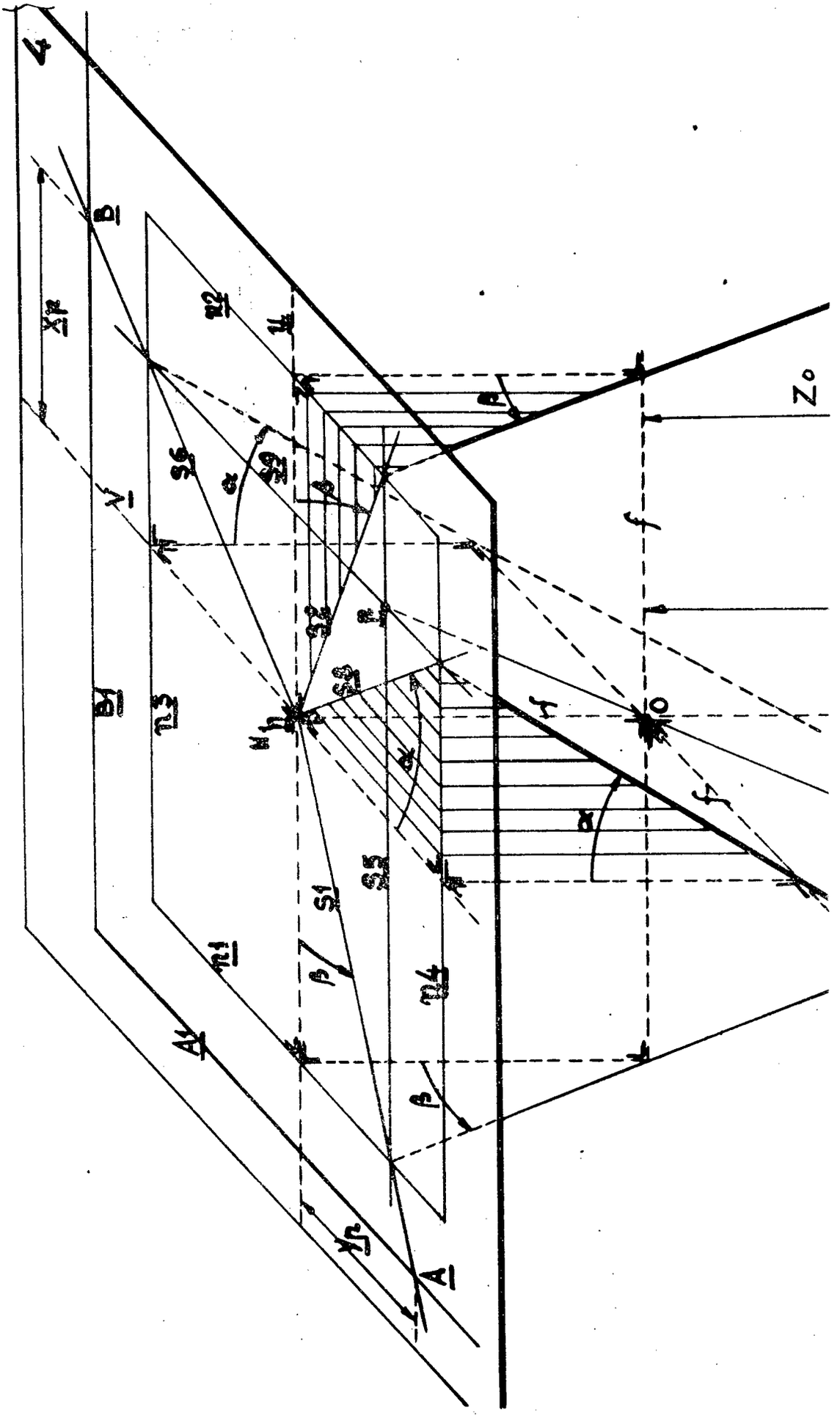
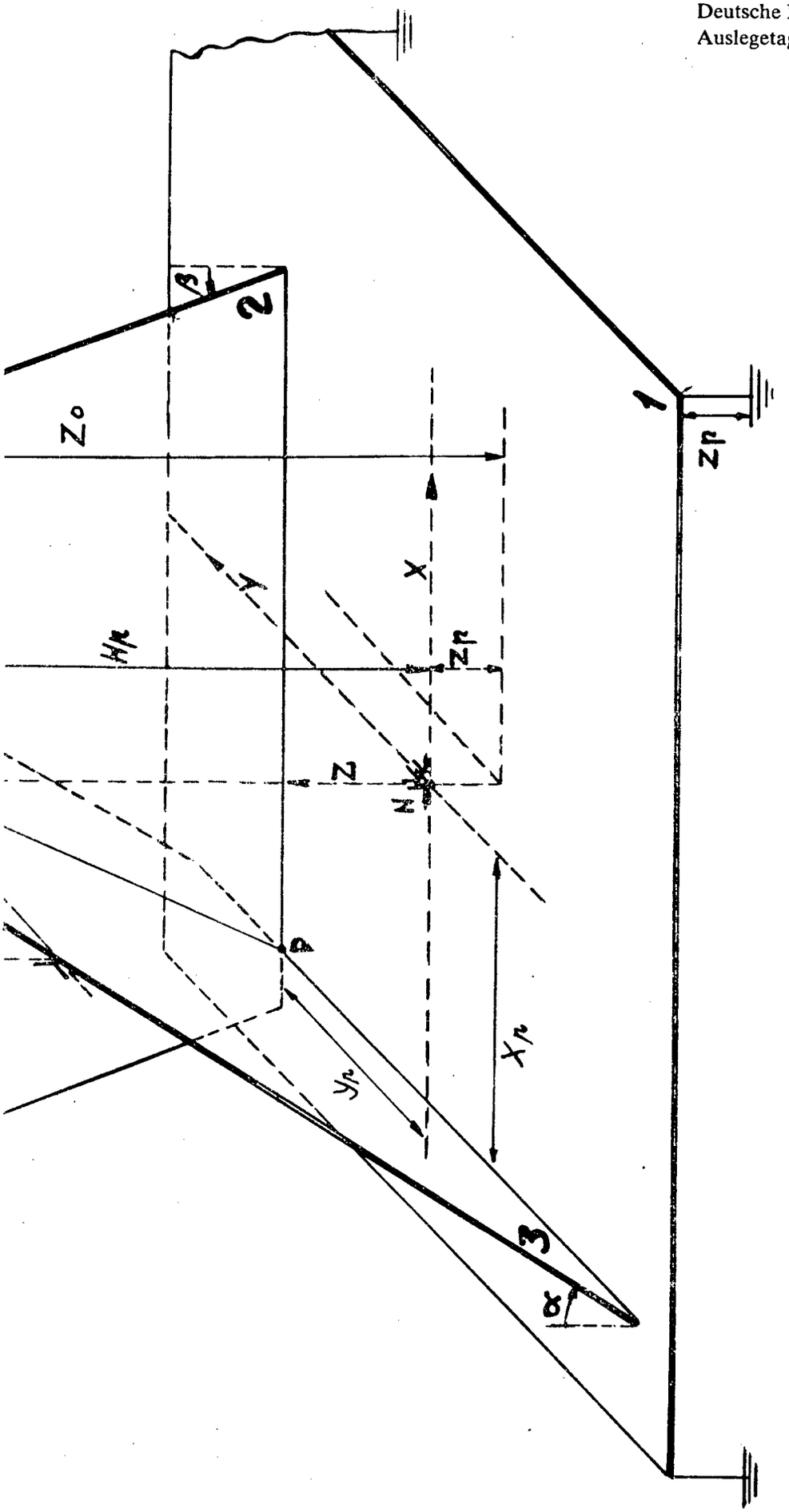


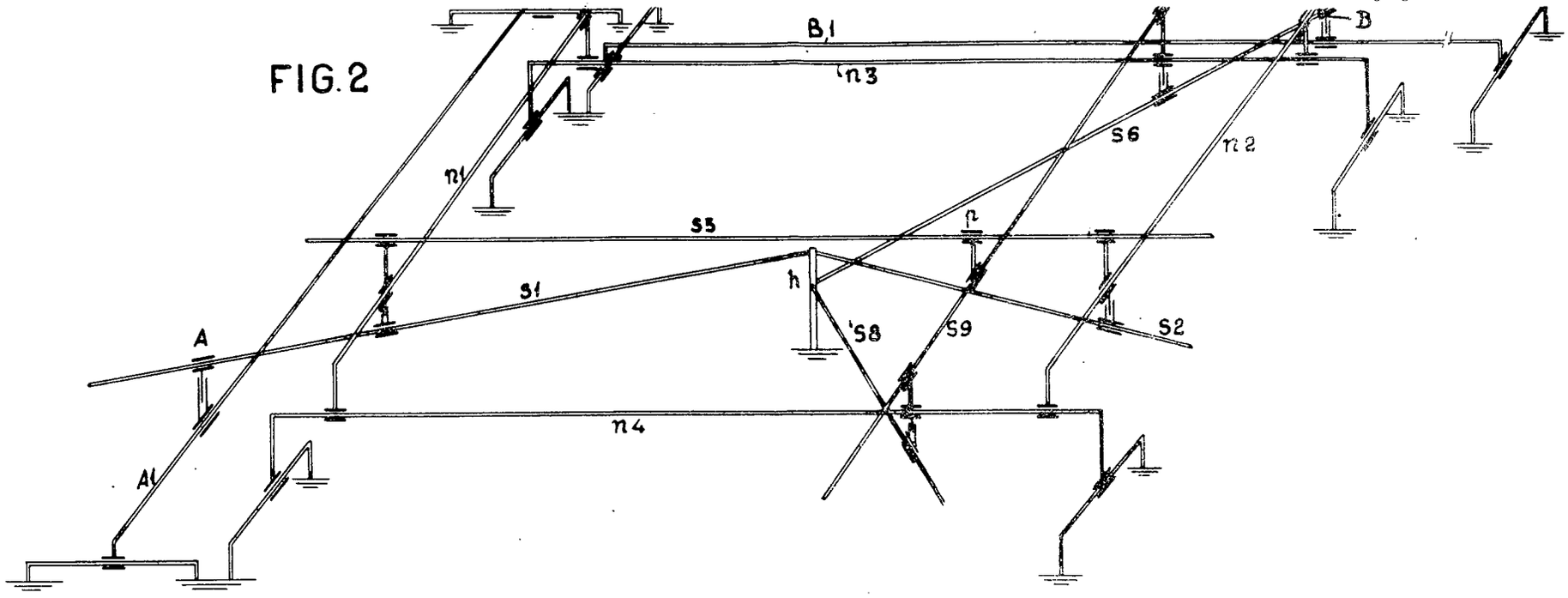
FIG. 1

Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: **G 01 c**
Deutsche Kl.: **42 c - 10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968



Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG. 2



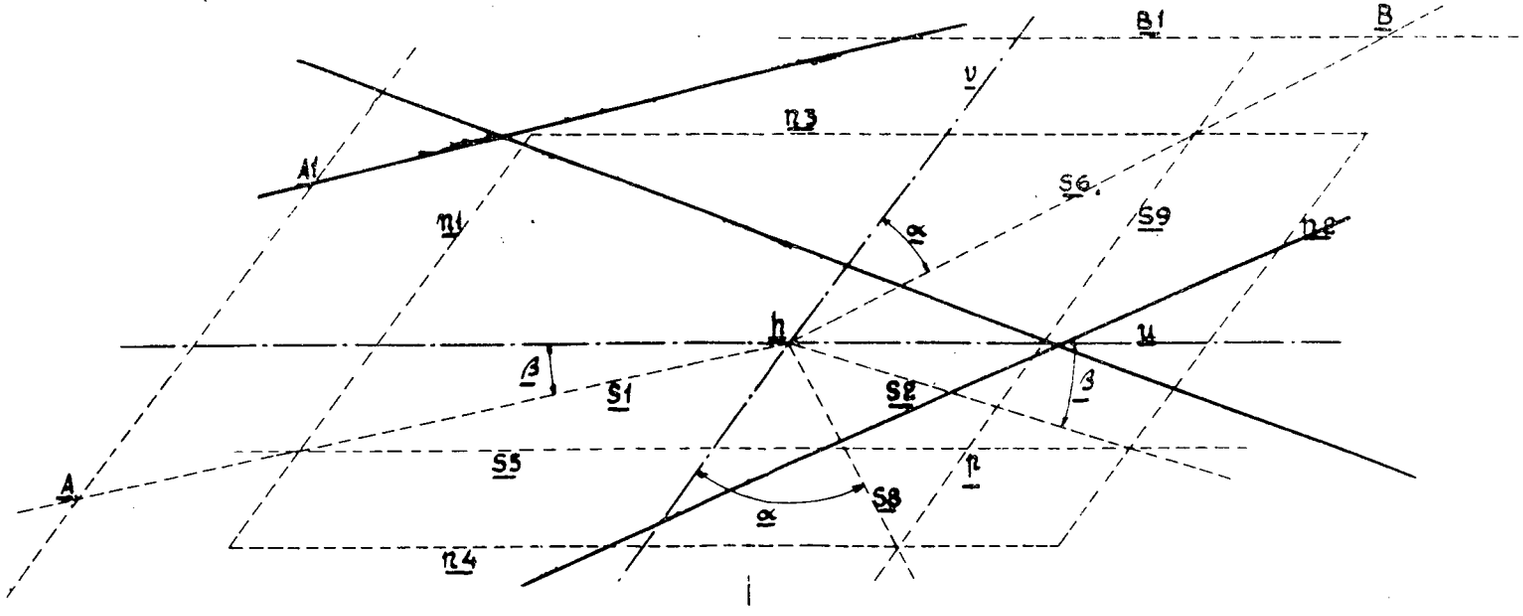
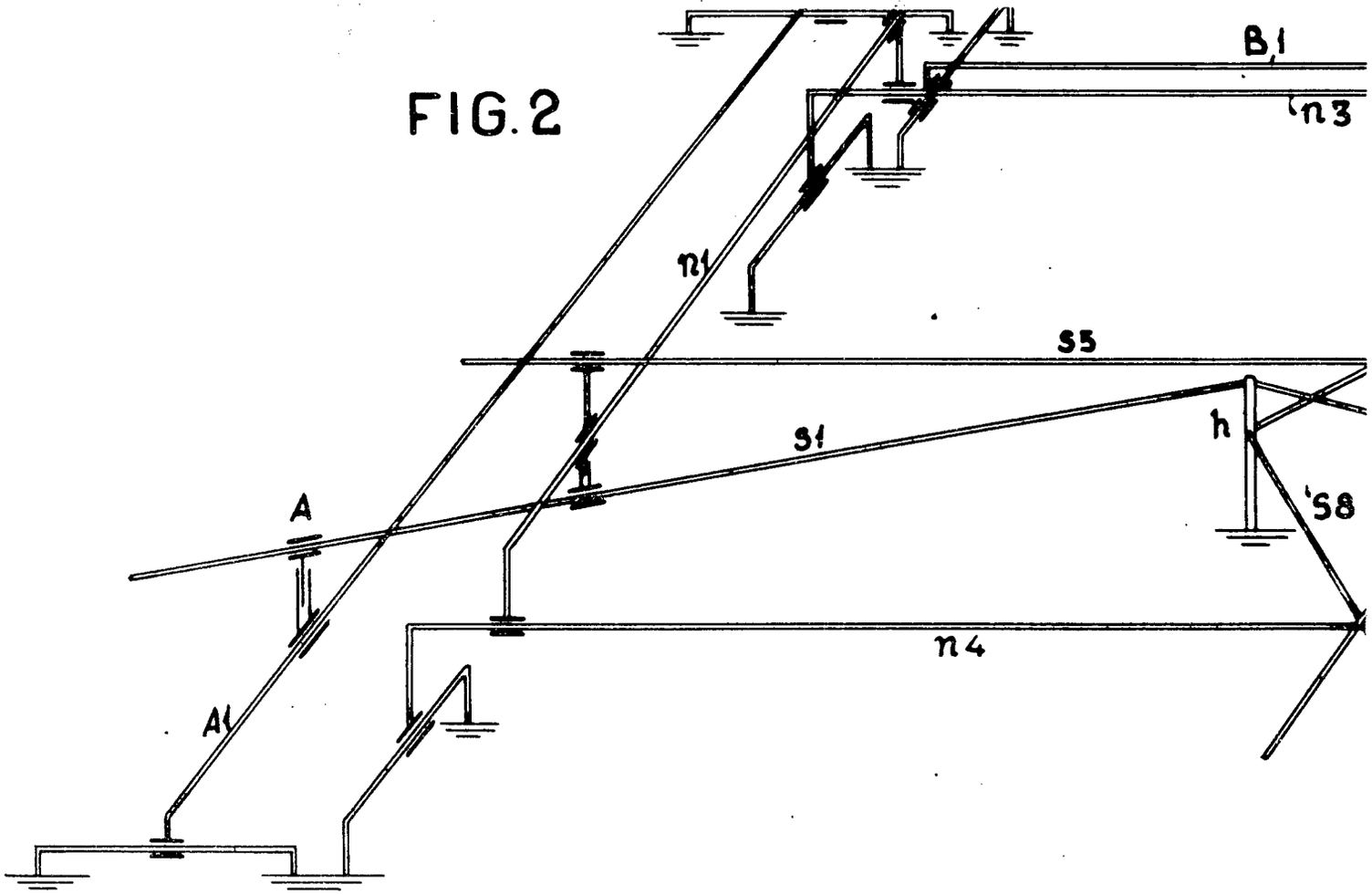
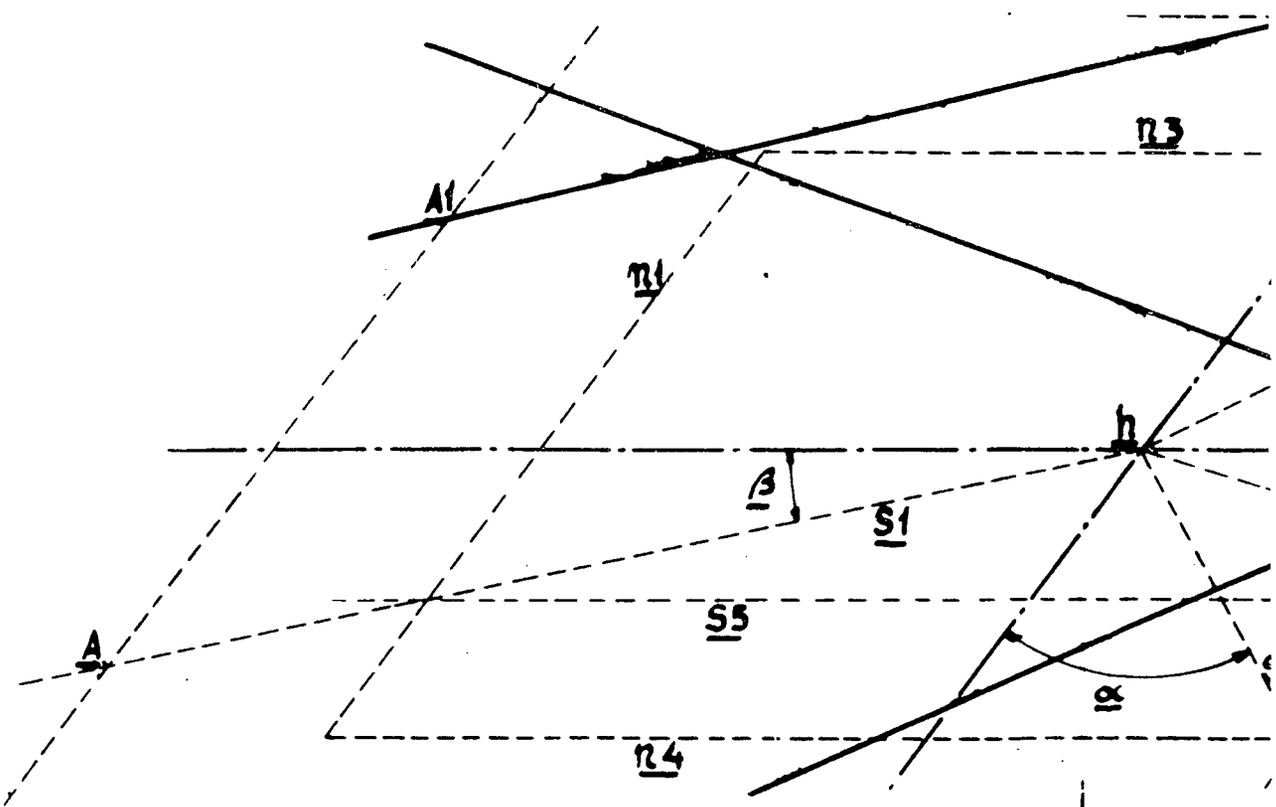
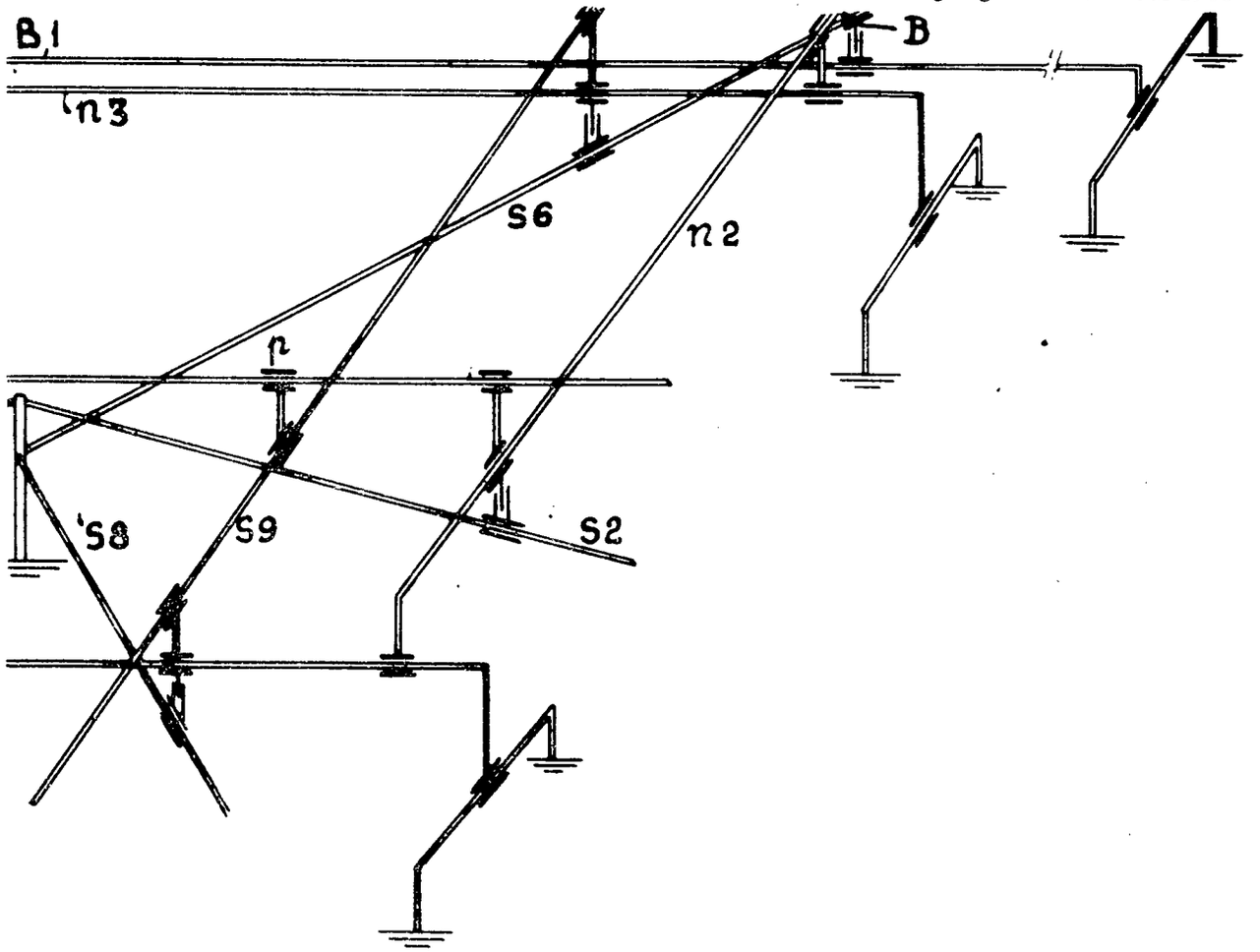


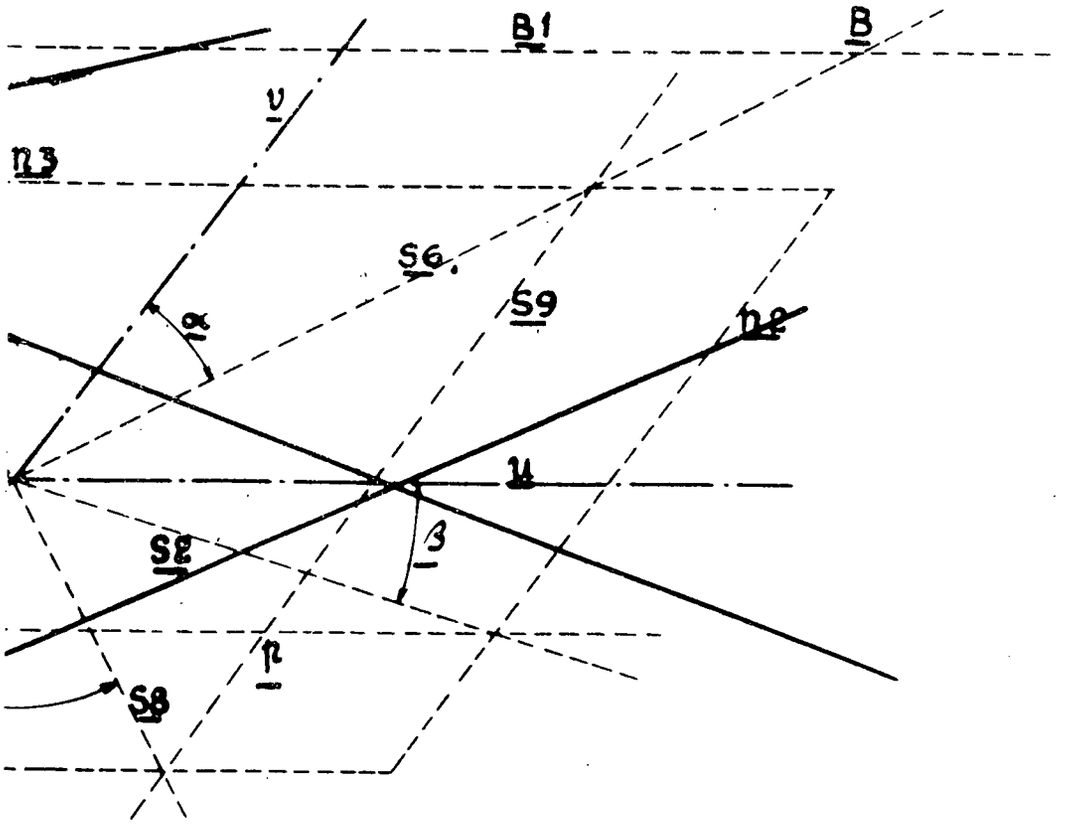
FIG. 2





Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: **G 01 c**
Deutsche Kl.: **42 c - 10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968





Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: **G 01 c**
Deutsche Kl.: **42 c - 10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG.3

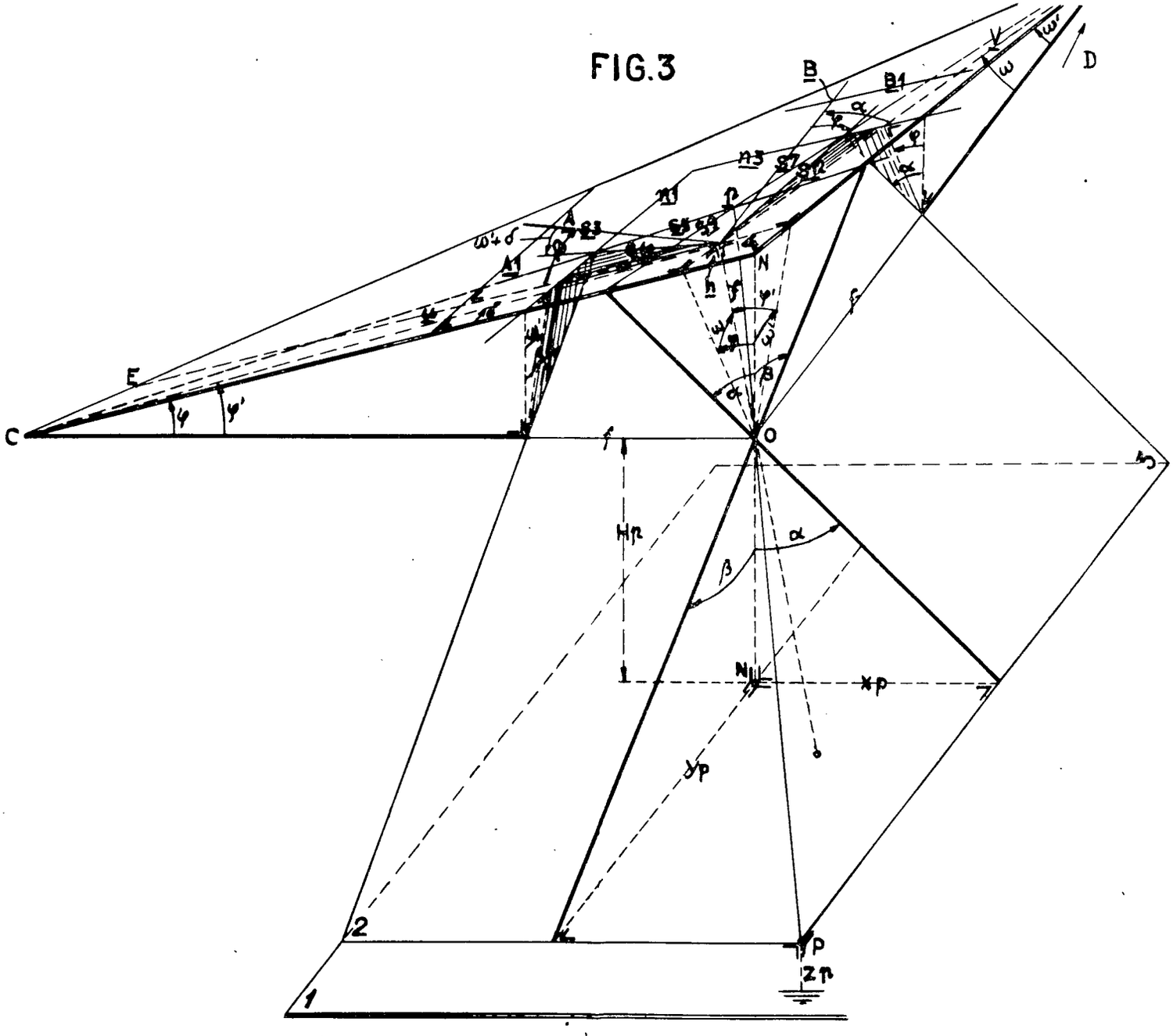
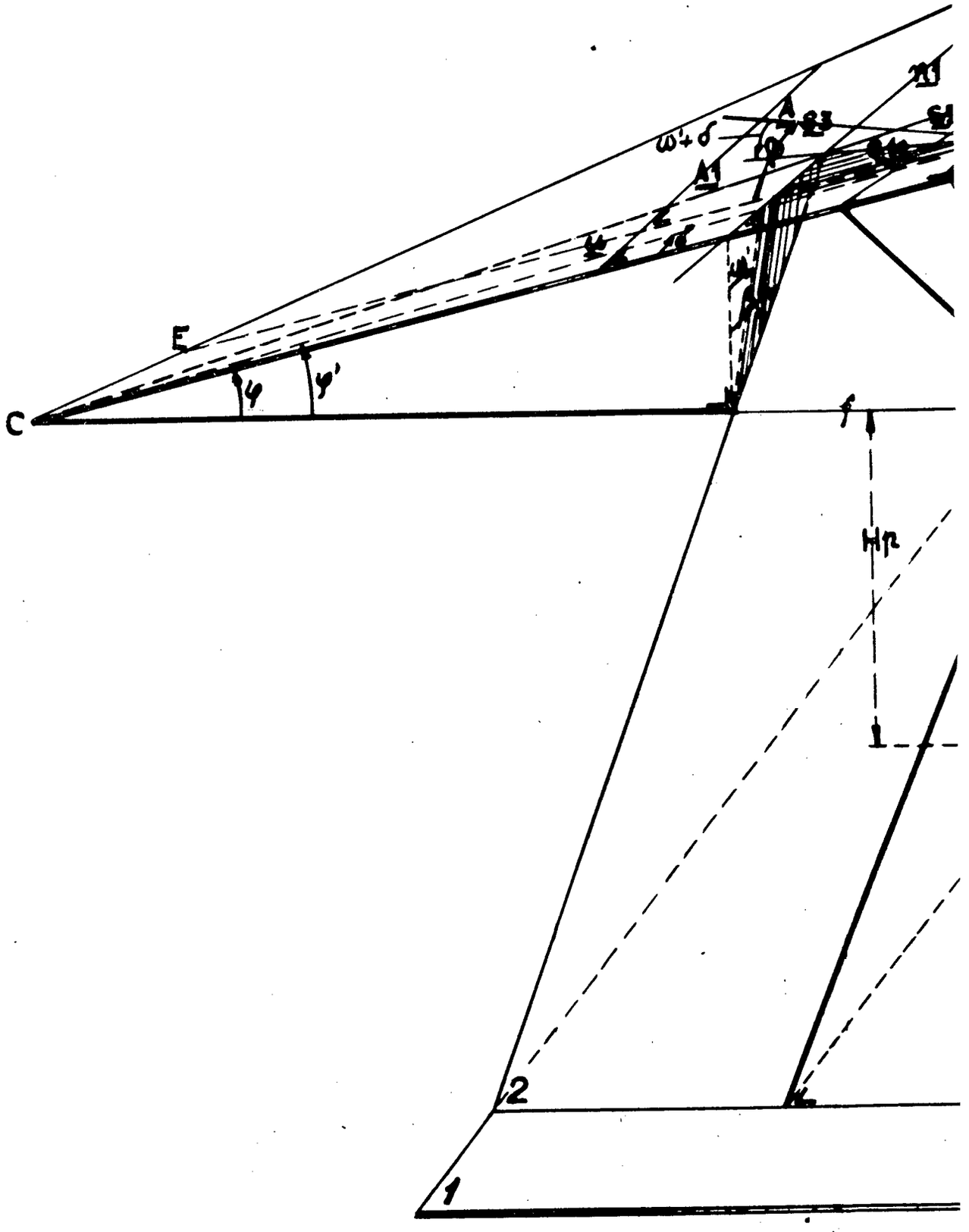
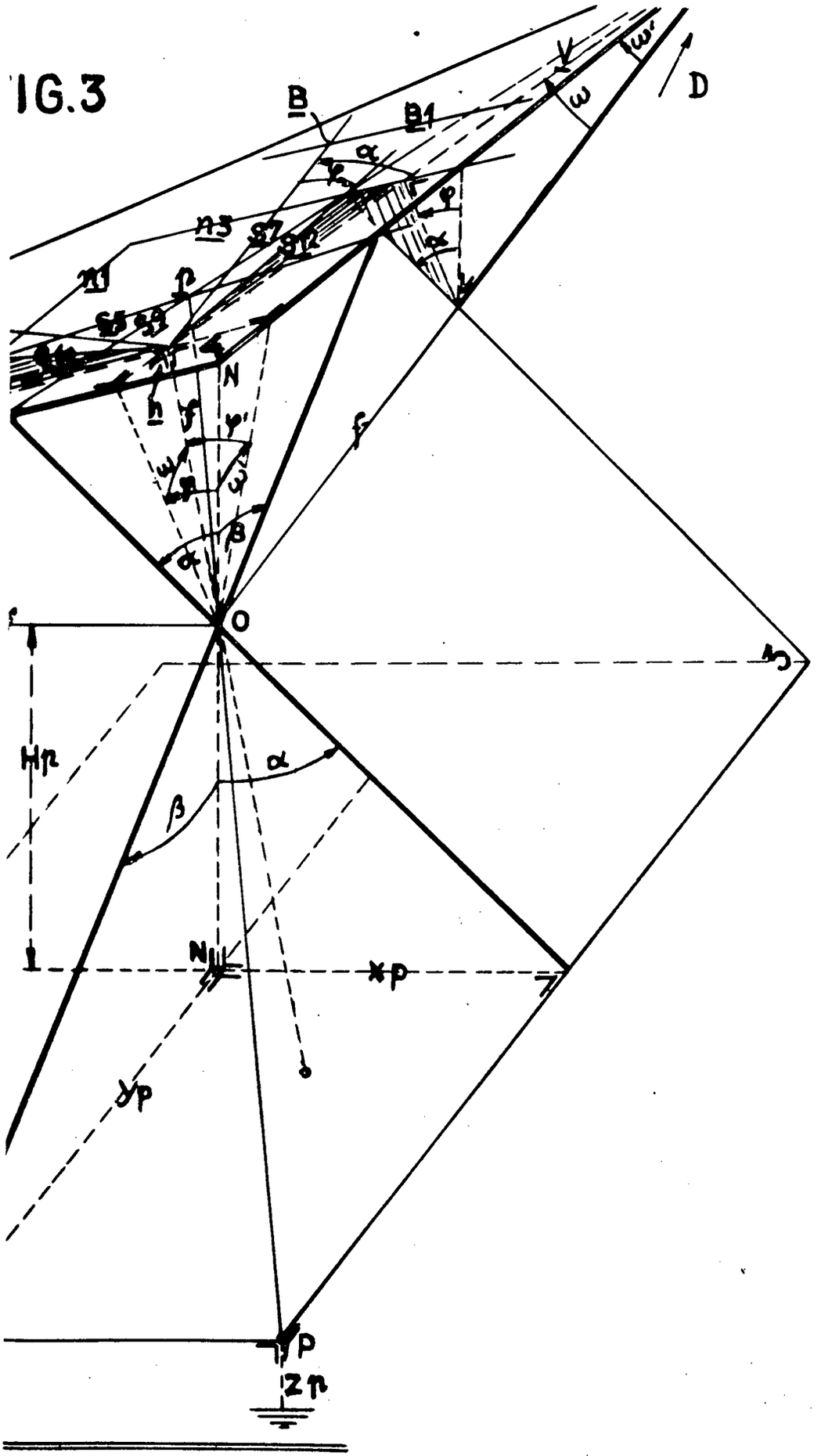


FIG.3



Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: **G 01 c**
Deutsche Kl.: **42 c - 10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG.3



Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

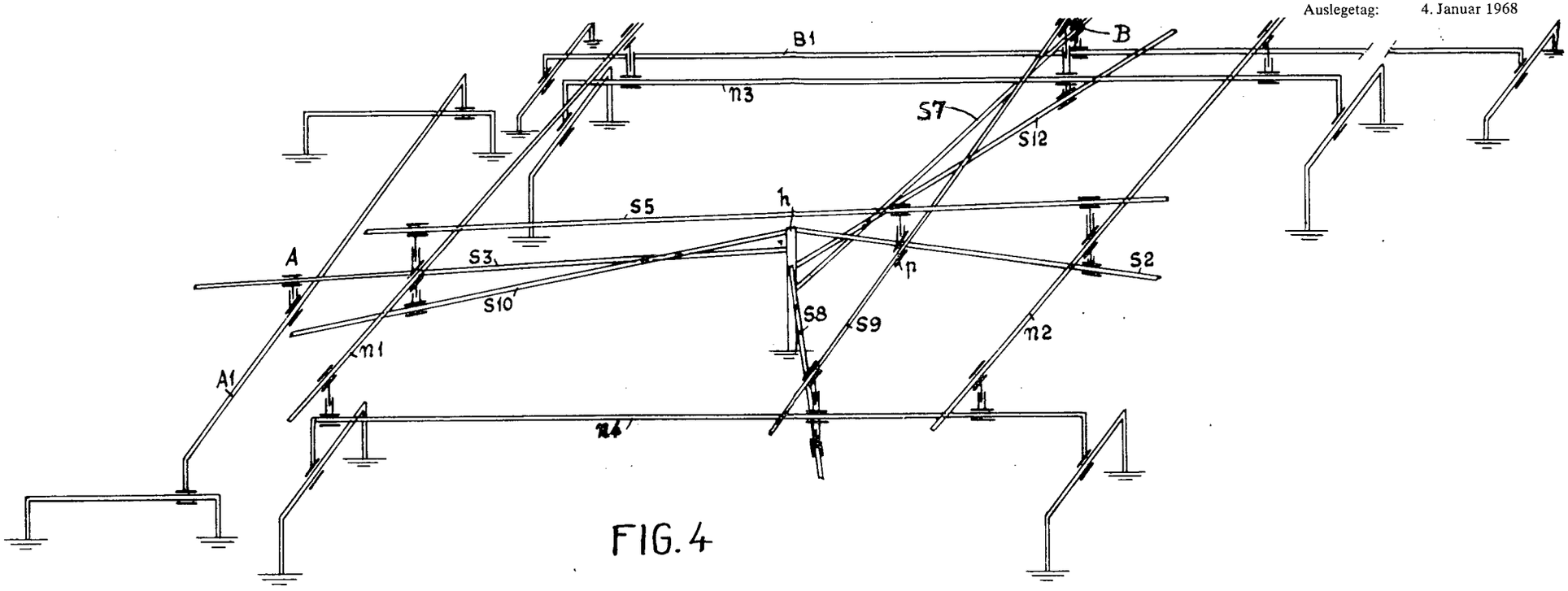
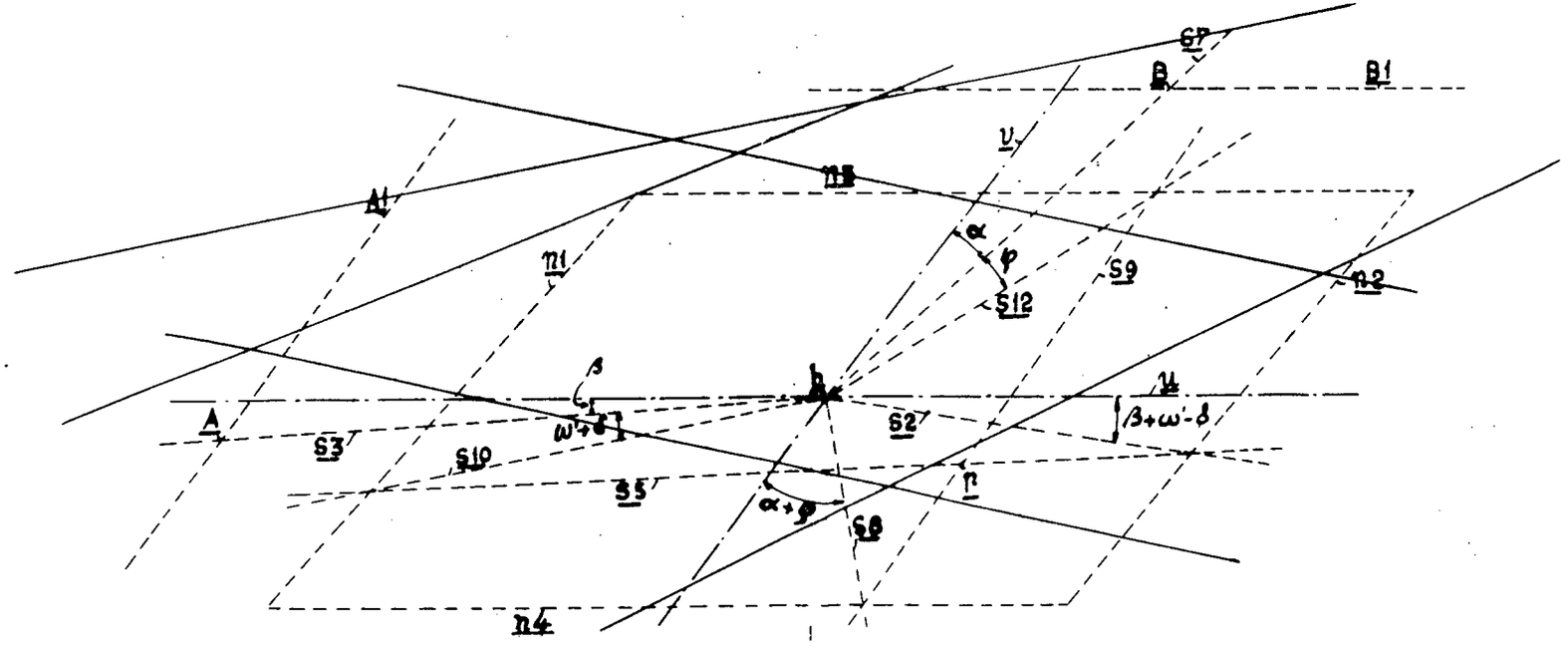


FIG. 4



709 717/126

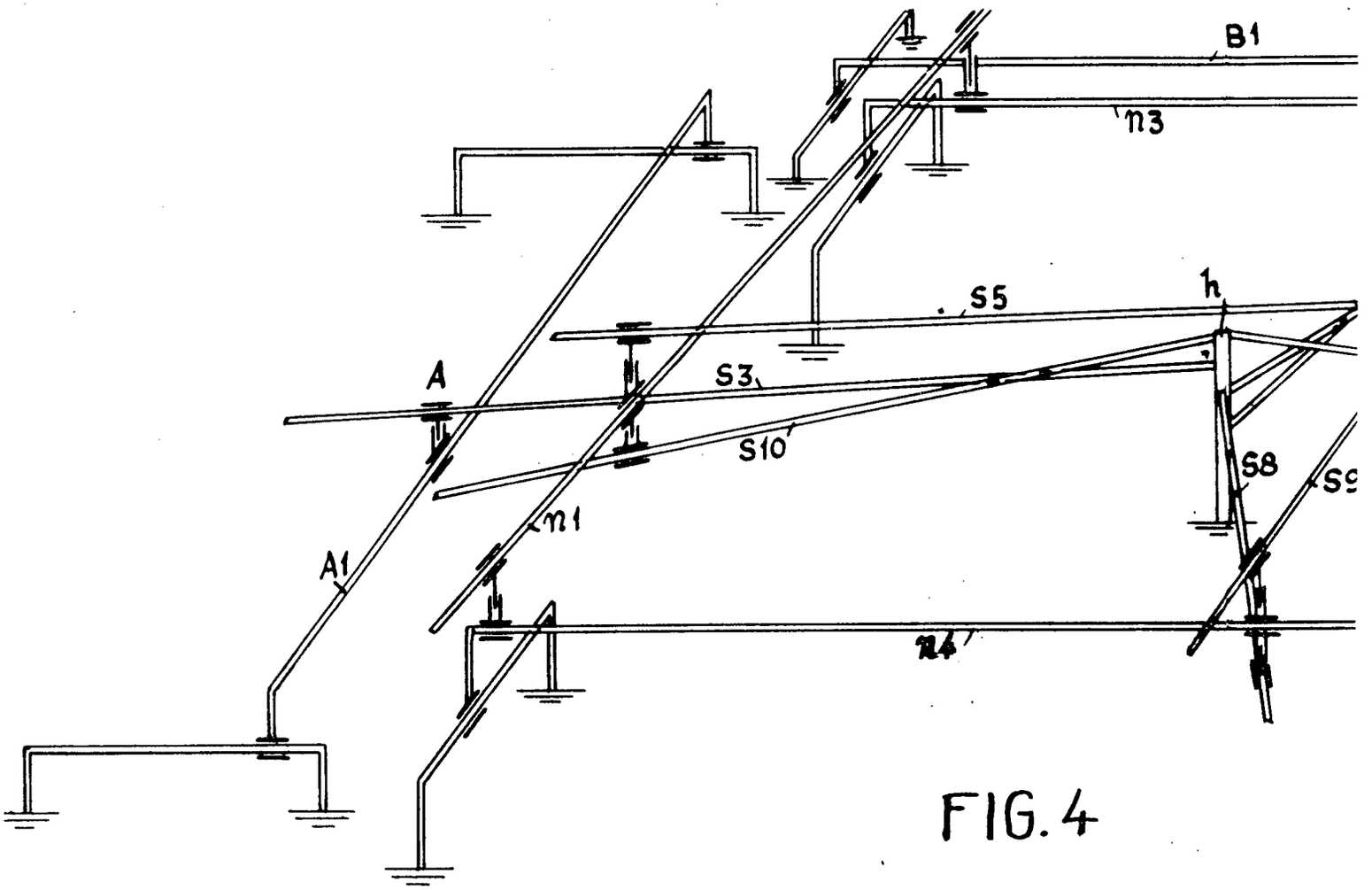
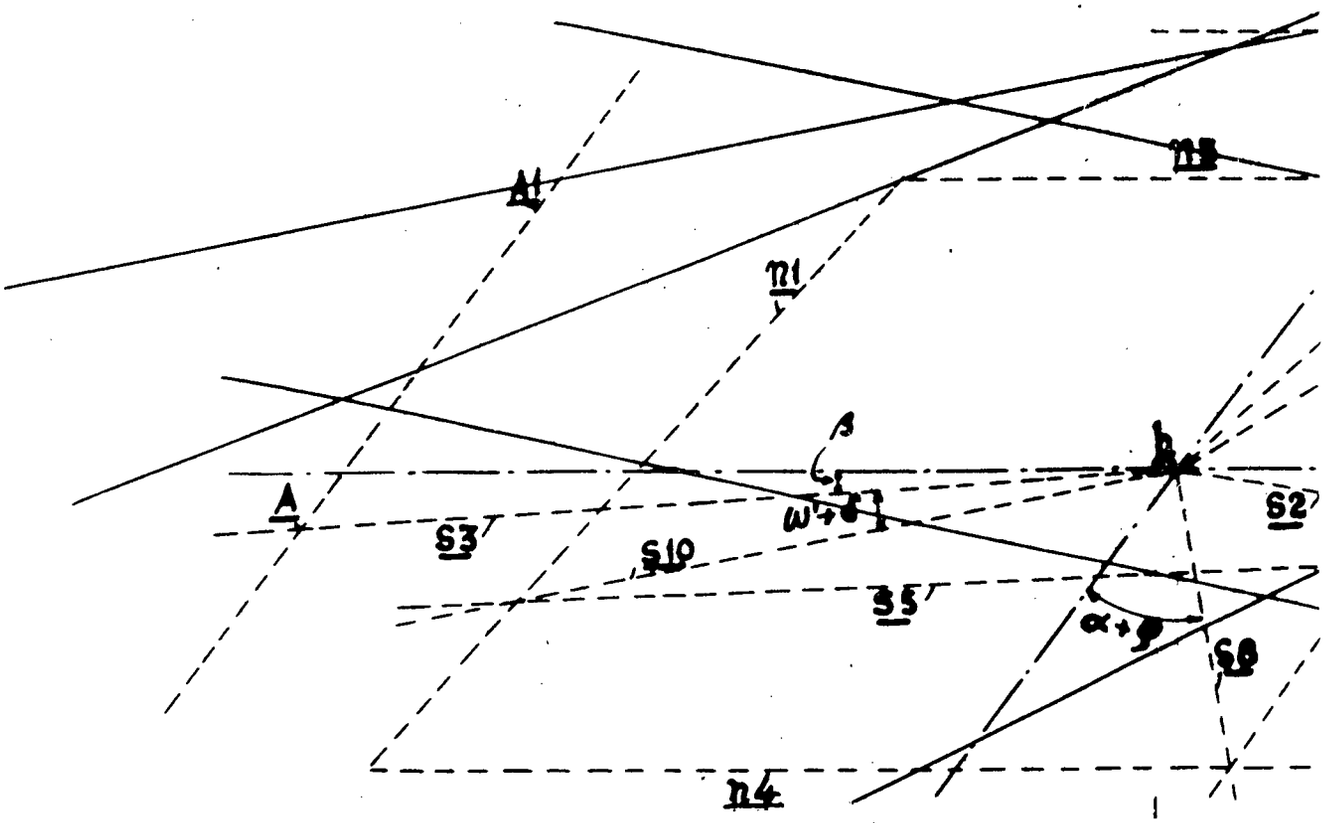
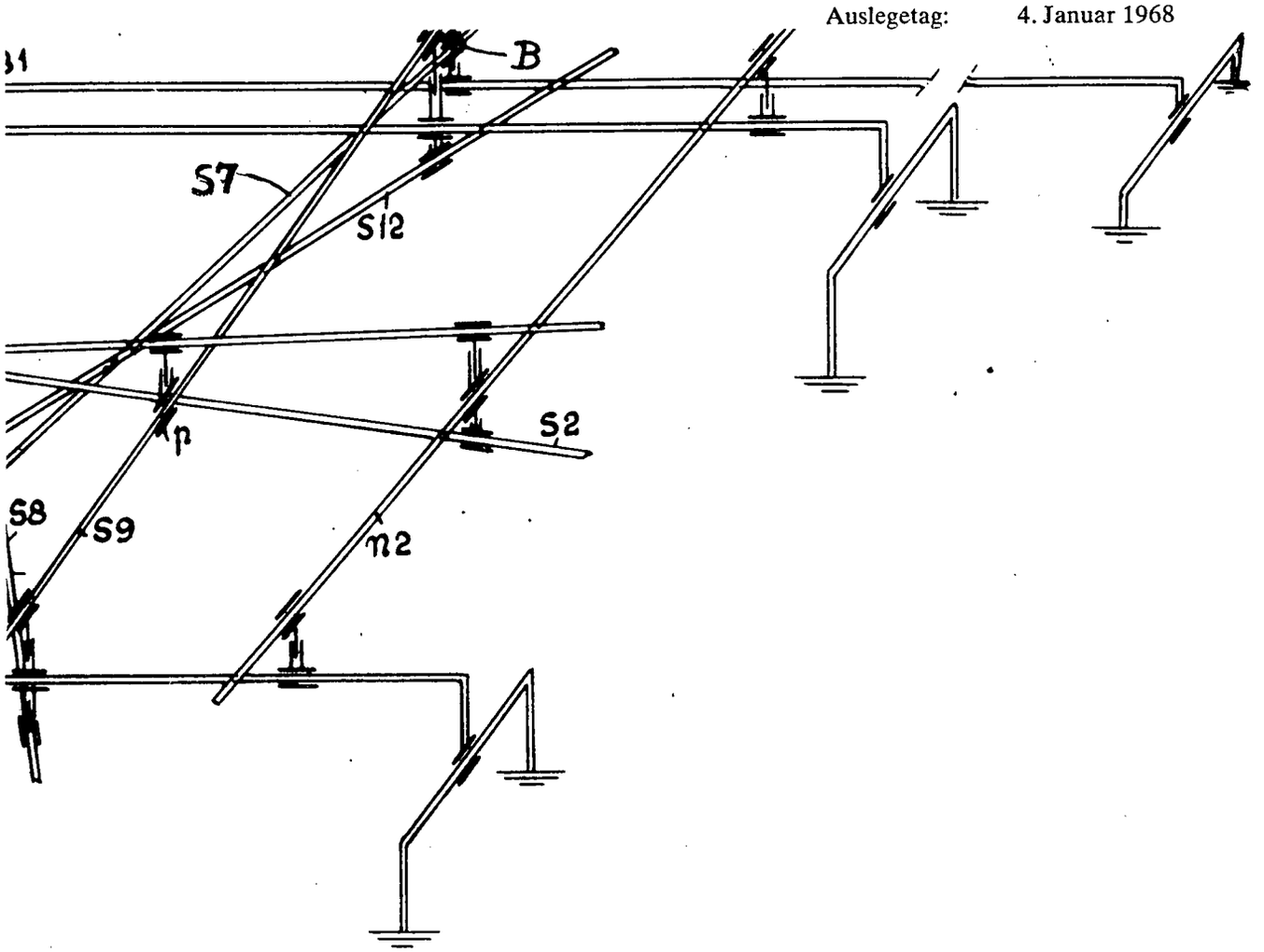
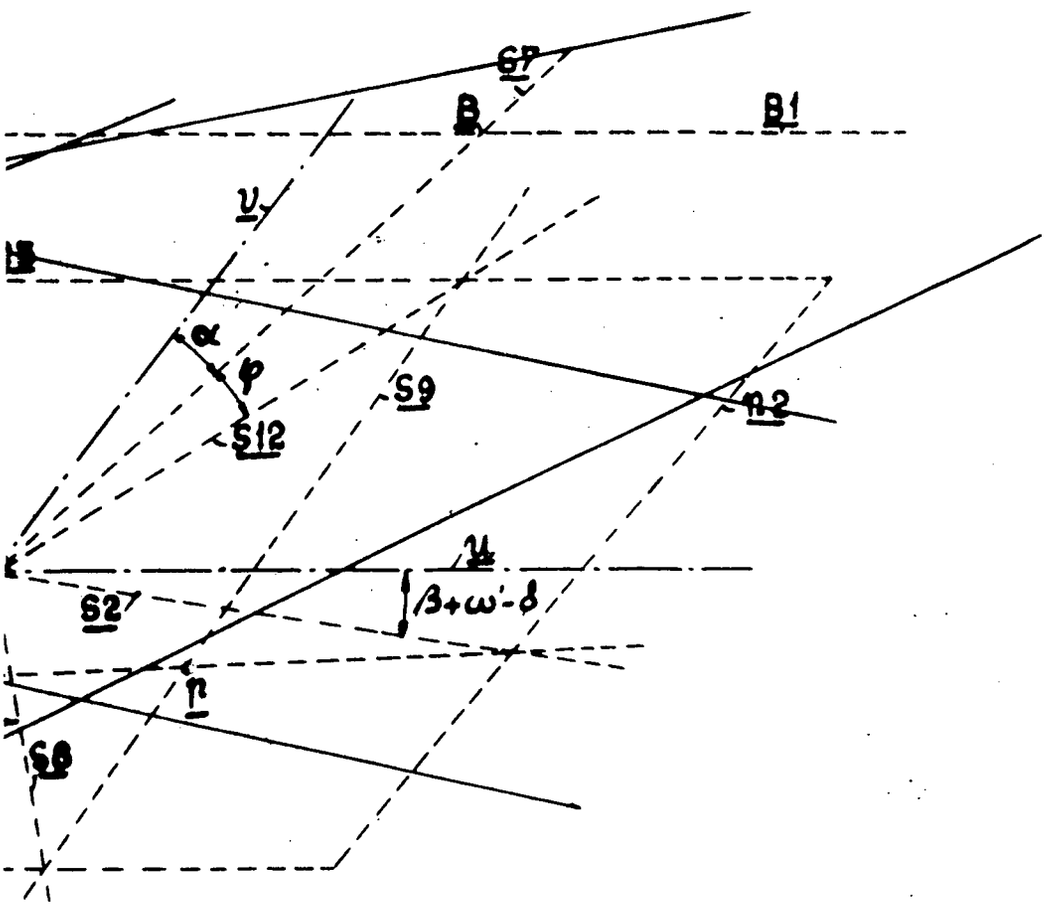


FIG. 4



Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: **G 01 c**
Deutsche Kl.: **42 c - 10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968





709 717/126

Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

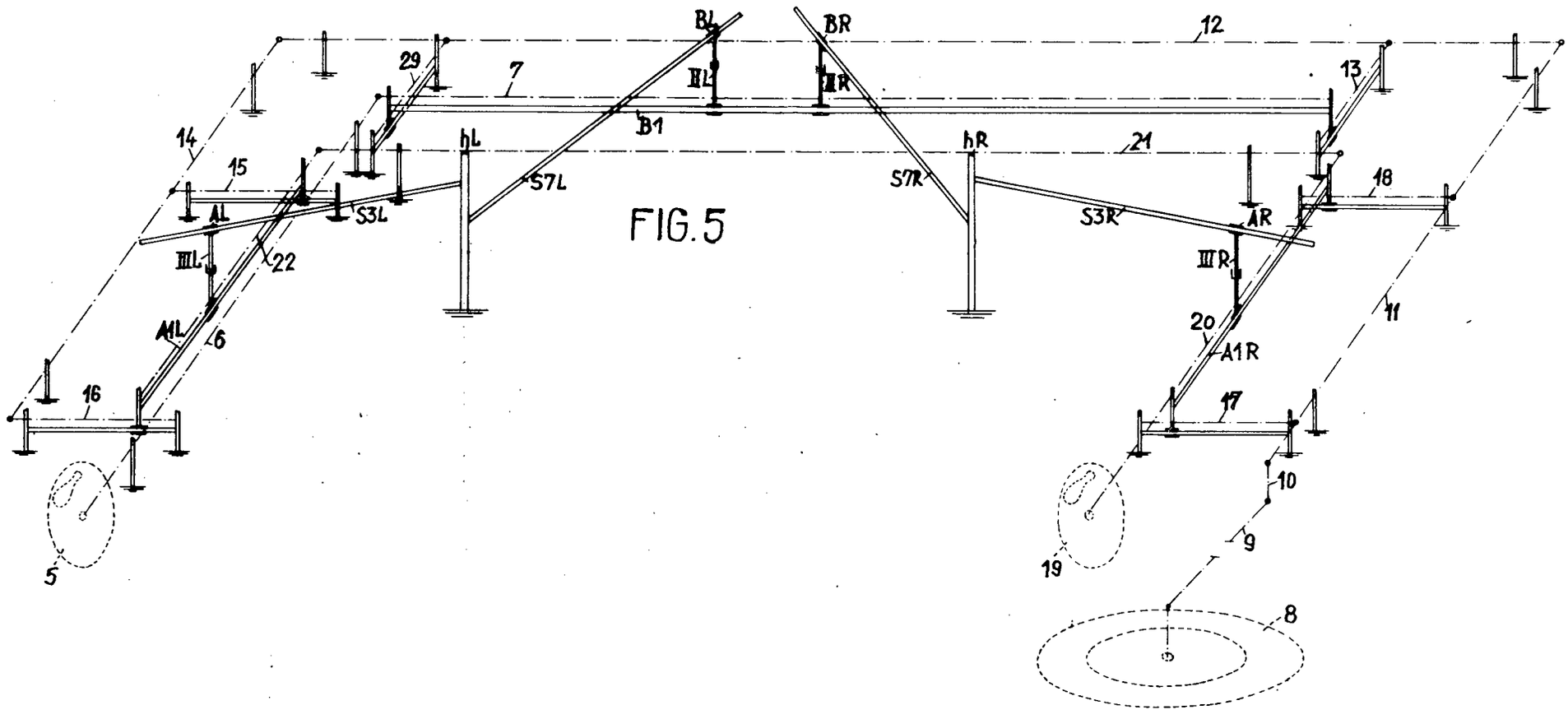


FIG. 5

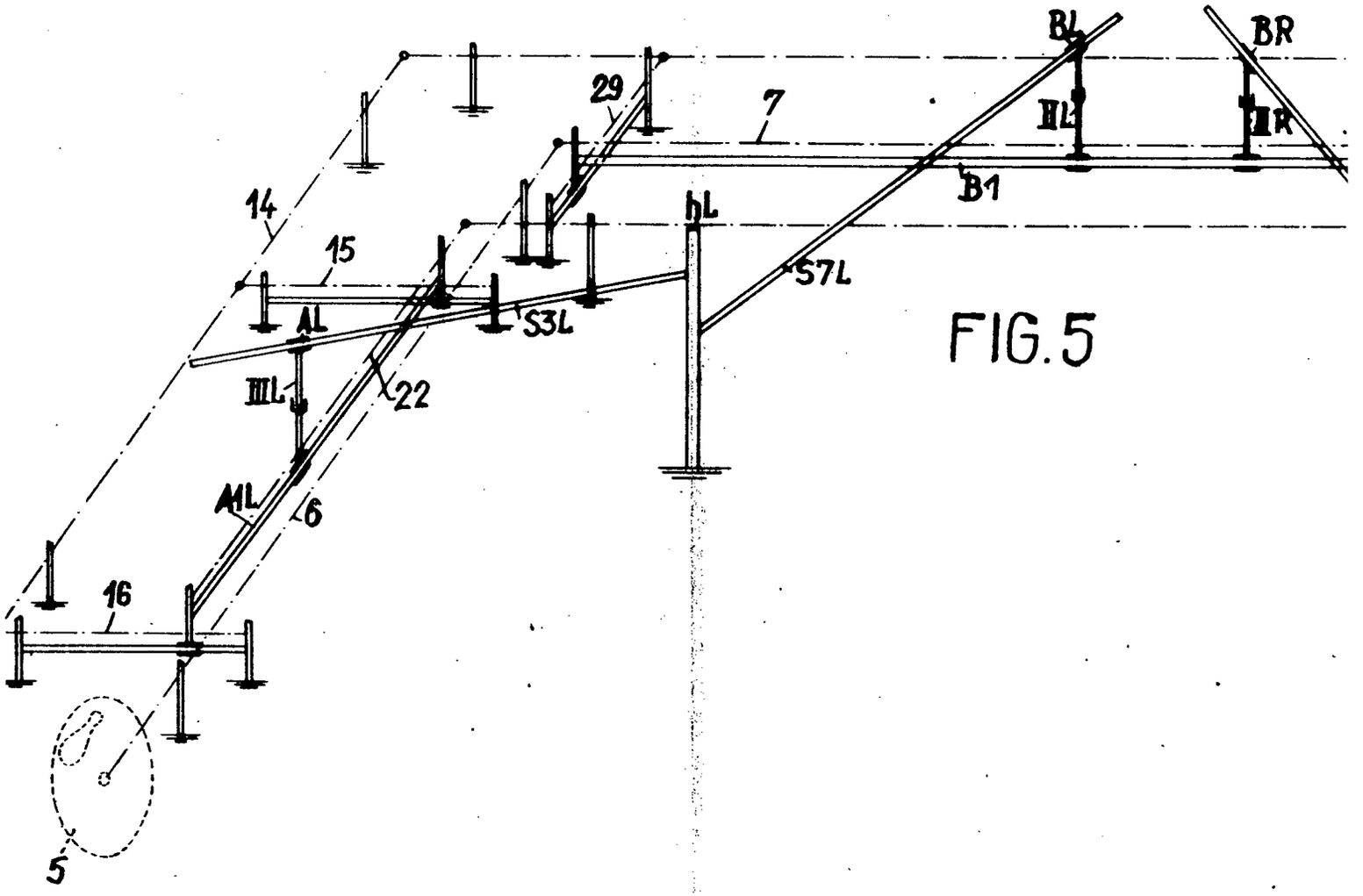
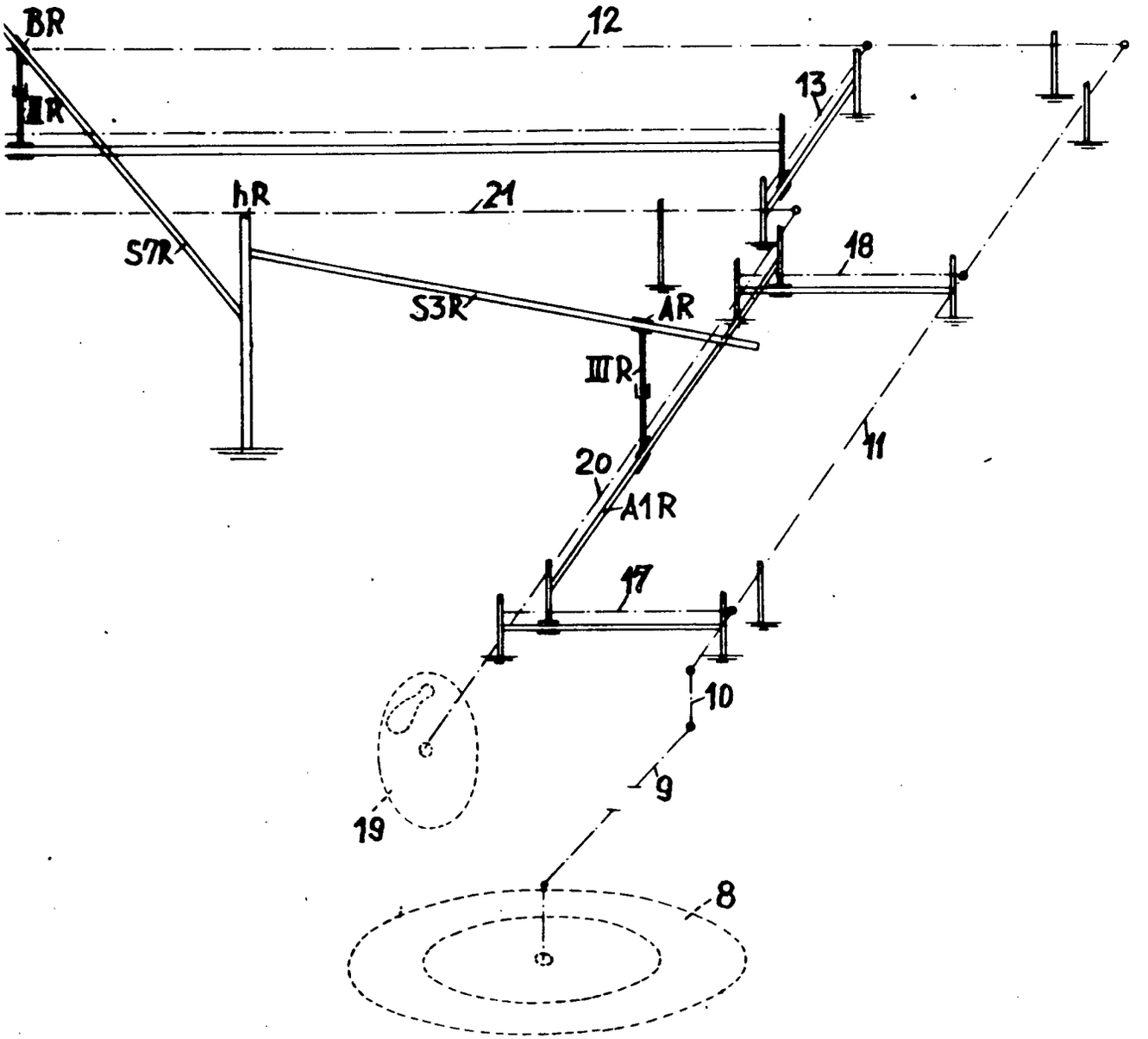


FIG.5

Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: **G 01 c**
Deutsche Kl.: **42 c - 10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968



Nummer: 1 258 119
Int. Cl.: G 01 c
Deutsche Kl.: 42 c - 10/02
Auslegetag: 4. Januar 1968

FIG.6

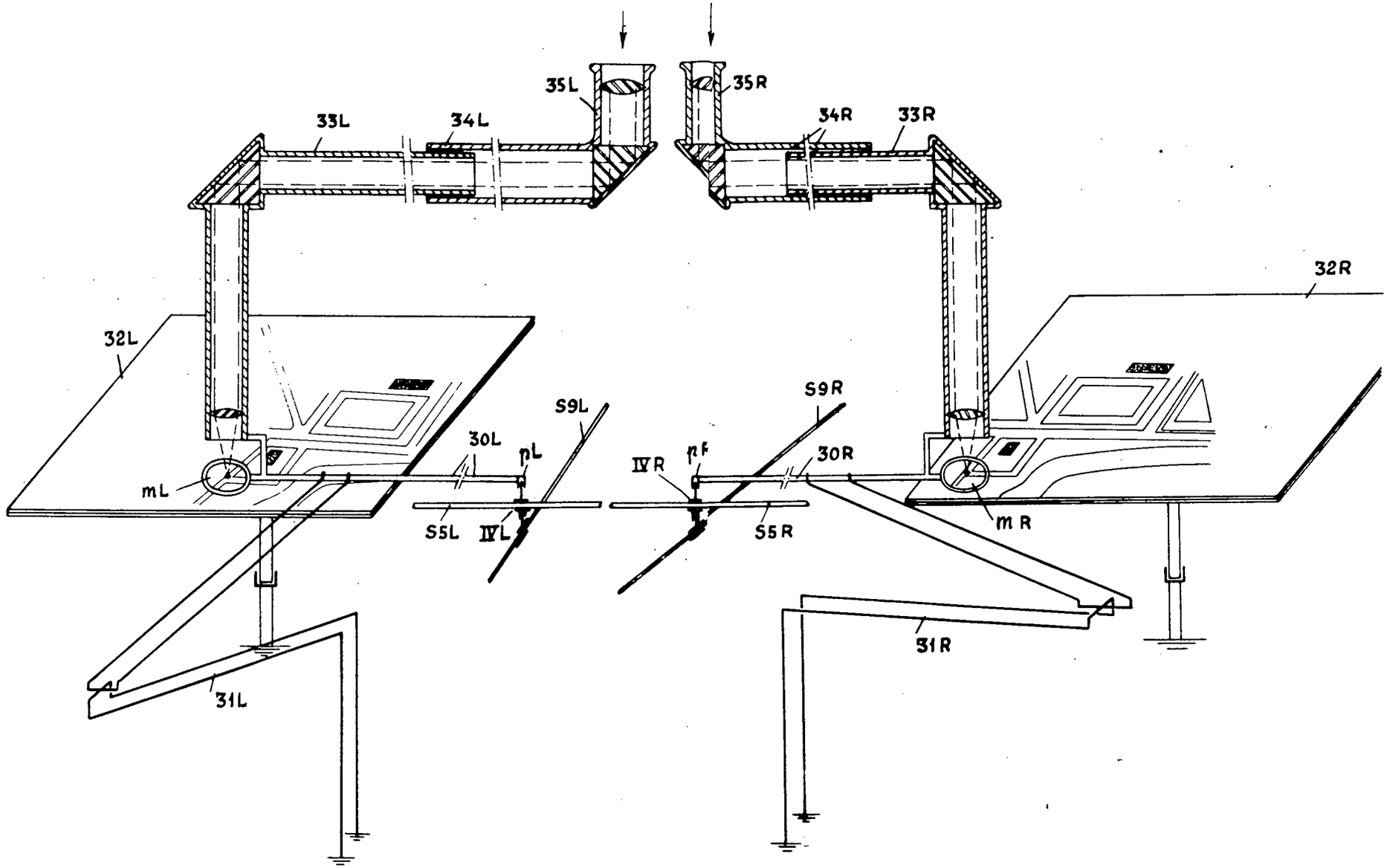
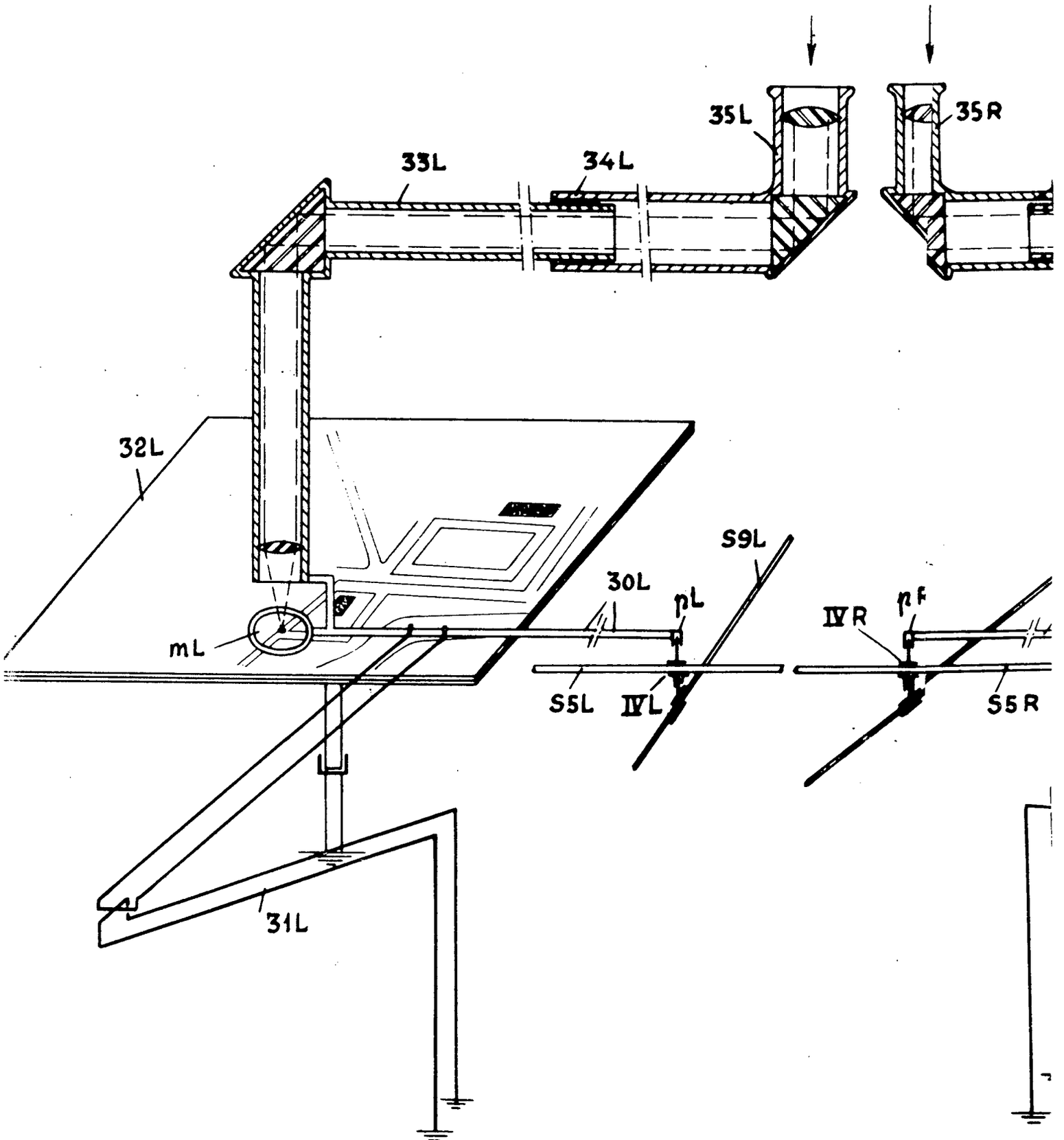
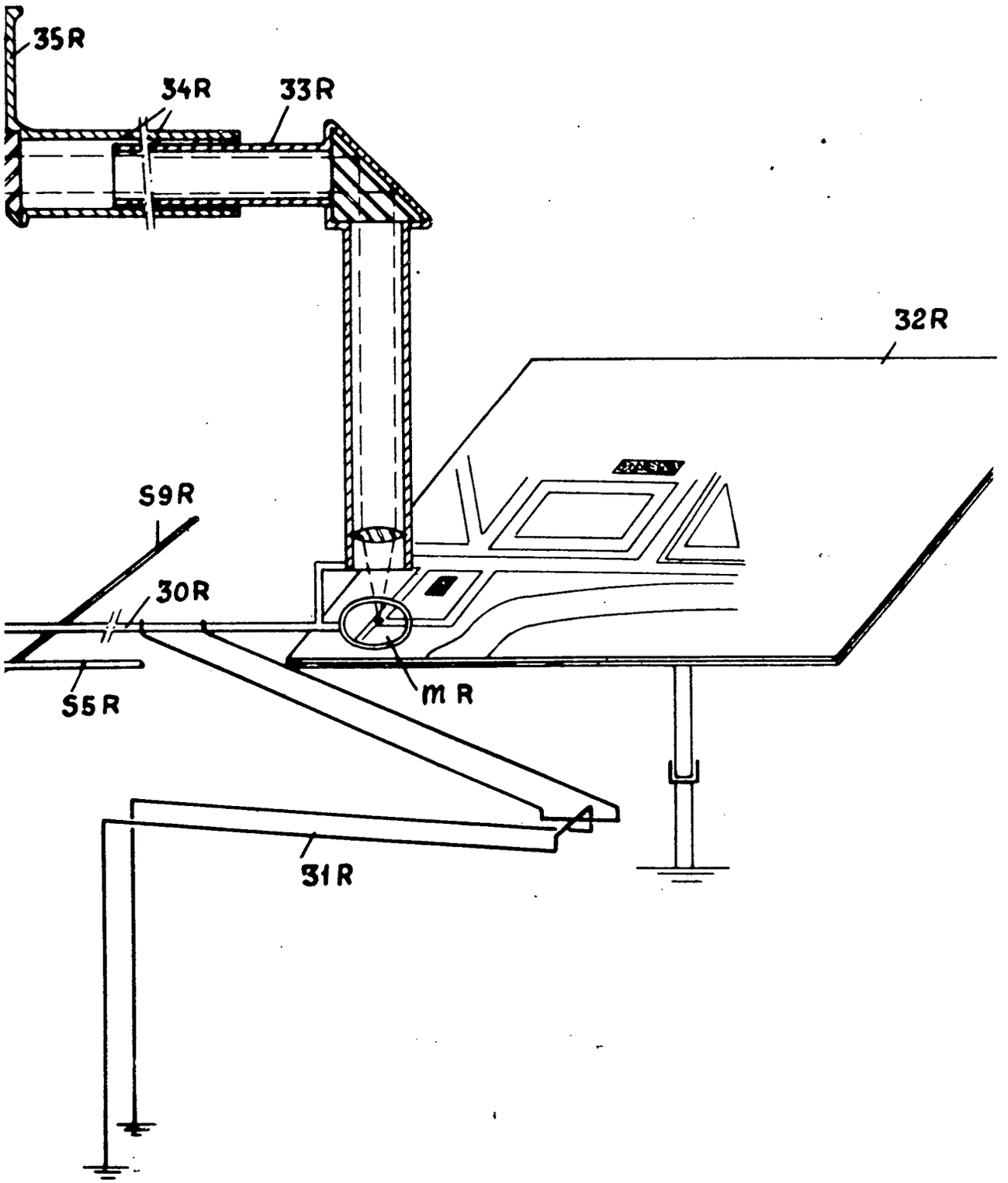


FIG.6



Nummer: **1 258 119**
Int. Cl.: **G 01 c**
Deutsche Kl.: **42 c - 10/02**
Auslegetag: 4. Januar 1968



(51) Int. Cl.: G 03 b

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(52) Deutsche Kl.: 42 h, 22/03

(10)
(11)

Offenlegungsschrift 1548553

(21) Aktenzeichen: P 15 48 553.7 (W 41102)
(22) Anmeldetag: 10. März 1966
(43) Offenlegungstag: **11. Dezember 1969**

Ausstellungspriorität: —

(30) Unionspriorität
(32) Datum: —
(33) Land: —
(31) Aktenzeichen: —

---

(54) Bezeichnung: Verfahren und Instrument für die kontinuierliche räumliche Betrachtung von Luftbildstreifen

(61) Zusatz zu: —

(62) Ausscheidung aus: —

(71) Anmelder: Wild Heerbrugg AG, Heerbrugg (Schweiz)

Vertreter: Stoepel, Dipl.-Ing. C.; Gollwitzer, Dipl.-Ing. W.; Patentanwälte, 6740 Landau

(72) Als Erfinder benannt: Eranti, Dipl.-Ing. Kalevi, Helsinki

---

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): 16. 1. 1969
Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 1548553

Patentanwälte
Dipl.-Ing. Carl Stoepel
Dipl.-Ing. W. Gollwitzer
Landau Pfalz
Am Schützenhof

BE 10503
1548553
- 9. März 1966

WILD HEERBRUGG AG, Heerbrugg (Schweiz)

Dr. Expl.

Verfahren und Instrument für die kontinuierliche räumliche Betrachtung von Luftbildstreifen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen stereoskopischen Betrachtung von Luftbildreihen mit wenigstens 50% Längsüberdeckung. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Gerät zur Ausführung des Verfahrens.

Bei der Interpretation und Auswertung von Luftphotographien wird mit Vorteil der Stereoeffekt verwendet. Die Luftaufnahmen werden zu diesem Zweck mit automatischen Reihenbildkammern mit genähert lotrechter Aufnahmeachse so hergestellt,

dass sich die aufeinanderfolgenden Bilder mit wenigstens 50% überdecken. (Um Lücken mit Sicherheit zu vermeiden, wählt man in der Praxis meist eine Ueberdeckung von 60%.) Wie z.B. in Fig. 1 dargestellt, werden auf diese Weise mit den Aufnahmen 1 bis 5 die vier Zonen A,B,C und D jeweils von zwei verschiedenen Luftstandpunkten aus photographiert. Die Aufnahmen sind in der Fig. 1 auch etwas seitlich versetzt gezeichnet. Hierdurch soll lediglich ein besserer Ueberblick erreicht werden, wieweit die Grenzen der einzelnen Aufnahmen sowie der einzelnen Zonen reichen. Die entwickelten Diapositive werden dann entsprechend der Fig. 2 ausgelegt und die vier gemeinsamen Zonen, bzw. photographierten Objekte A,B,C,D der jeweils benachbarten Bilder 1 bis 5, mit einem Stereoskop in bekannter Weise zeitlich nacheinander stereoskopisch betrachtet. Die Bilder 1 bis 5 sind auf einem Filmstreifen entsprechend der Fig. 2 angeordnet. Die bei genügend grossem Gesichtsfeld des Stereoskopes oder durch Verschieben desselben jeweils kontinuierlich räumlich betrachtbare Zone oder Objekt, das als Stereomodell bezeichnet wird, umfasst dabei höchstens das Gemeinsamkeitsgebiet (z.B. A) zweier Aufnahmen (z.B. rechte Hälfte des Bildes 1 und linke Hälfte des Bildes 2). Es ist aber auf diese Weise nicht möglich, das Stereoskop kontinuierlich von einem Modell auf das nächste zu verschieben, da im ersten Modell das auf der rechten Seite des Bildes 1 liegende Objekt A dem linken Auge des Beobachters und das auf der linken Seite des Bildes 2 liegende Objekt A dem rechten Auge dargeboten wird, während

im zweiten Modell das auf der rechten Seite des Bildes 2 liegende Objekt B dem linken Auge und das auf der linken Seite des Bildes 3 liegende Objekt B dem rechten Auge zugeordnet werden muss.

Bei der wirtschaftlich überaus bedeutungsvollen Planung von Strassen, Eisenbahnen, Hochspannungs- und Oelleitungen müssen immer lange Bildreihen ausgewertet werden. Der Uebergang von einem Modell auf das nächste bereitet dabei stets Schwierigkeiten und hemmt den flüssigen Arbeitsablauf, da der Auswerter den Modellrand während des Wechselns der Bildpaare im Gedächtnis behalten und im neuen Modell wiedererkennen muss. Diese grundsätzliche Schwierigkeit wird durch das Vorhandensein einer beiden Modellen gemeinsamen Zone bei einer Ueberdeckung von 60% und durch eine leichte Verschiebbarkeit des Stereoskopes oder der orientierten Bilder auf Schlitten nicht beseitigt.

Man hat daher schon vorgeschlagen, von dem auszuwertenden Geländestreifen anstelle der einen Bildreihe mit 60% Längsüberdeckung zwei parallele Bildreihen aufzunehmen, die sich seitlich 60% oder mehr überdecken und damit die stereoskopische Betrachtungsbasis quer zur Flugrichtung zu legen. Dies ermöglicht selbstverständlich eine kontinuierliche räumliche Betrachtung des aufgenommenen Geländestreifens, ist jedoch abgesehen von den aufnahmetechnischen Schwierigkeiten mit den doppelten Flugkosten verbunden.

Die vorliegende Erfindung gestattet es jedoch, auch eine einzige Bildreihe mit wenigstens 50% Längsüberdeckung kontinuierlich stereoskopisch zu betrachten. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die Bilder einer einzigen fortlaufenden Reihe entweder nach Zerschneiden quer zur Bildstreifenrichtung in zwei Hälften oder nach Herstellung von zwei Sätzen Kopien derselben Bildreihe in zwei zur Betrachtungsbasis des Gerätes parallelen Reihen so angeordnet werden, dass die eine Reihe fortlaufend alle diejenigen Bildteile enthält, die zur stereoskopischen Betrachtung dem linken Auge dargeboten werden, und die andere Reihe fortlaufend aus den dem rechten Auge dargebotenen Bildteilen zusammengesetzt wird.

Dieses Verfahren wird in vorteilhafter Weise mit dem erfindungsgemässen Betrachtungsgerät durchgeführt, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass mindestens zwei Lupen und mindestens zwei die Blickrichtungen der Augen in den Ebenen senkrecht zur Basis um gleiche Winkelbeträge auf der einen Seite nach oben und auf der andern Seite nach unten ablenkende Prismen vorgesehen sind.

Im nachfolgenden wird die Erfindung näher beschrieben. Während

Fig. 1 zur allgemeinen Erläuterung der Luftbildaufnahmen dient, zeigt die

Fig. 2 in welcher Weise die Luftbildaufnahmen zerschnitten werden;

BAD ORIGINAL

Fig. 3 zeigt die Anordnung der beiden parallel liegenden Reihen für die Betrachtung;

Fig. 4 zeigt den Aufbau eines für die Luftbildbetrachtung geänderten Gerätes; in

Fig. 5 ist die erfindungsgemässe Ausführung eines Betrachtungsgerätes dargestellt.

In Fig. 2 sind die Linien, entlang welchen die Bilder 1 bis 5 zerschnitten werden, gestrichelt angegeben und die jeweilige Bildhälfte ist neben der laufenden Bildnummer durch die Buchstaben a und b gekennzeichnet. Die Bildhälften werden nun entsprechend ihrer laufenden Nummer, wie in Fig. 3 dargestellt, in zwei parallelen Reihen angeordnet und zwar so, dass die obere Reihe 15 von den Hälften a und dem letzten Bild und die untere Reihe 16 vom ersten Bild und den Hälften b gebildet wird. Damit sind alle diejenigen Bildteile, die zur stereoskopischen Betrachtung dem linken Auge dargeboten werden müssen, fortlaufend in der unteren Reihe zusammengefasst, während die obere Reihe fortlaufend alle Bildteile enthält, die dem rechten Auge dargeboten werden müssen. Aus der Fig. 3 geht auch hervor, dass die homologen Punkte der beiden Bildreihen 15,16 in Streifenrichtung um die Grösse der Betrachtungsbasis 6 des später noch näher beschriebenen Stereoskopes gegeneinander verschoben sind.

Die stereoskopische Betrachtung kann dann für den ganzen aufgenommenen Streifen kontinuierlich beispielsweise mit

BAD ORIGINAL

einem modifizierten Helmholtz'schen Spiegelstereoskop erfolgen. Die Betrachtungsbasis 6 wird parallel zur Bildstreifenrichtung angeordnet. Die Fig. 4 zeigt in ihrem linken Teil die Draufsicht vom Beobachter und in ihrem rechten Teil die Seitenansicht des Stereoskopes. Von dem Betrachter 7 gesehen ist unter jeder Okularlinse 9,8 je ein Spiegel 10,11 angeordnet, die die Strahlen um 90° auf die weiteren Spiegel 12,13 lenken. Letztere ergeben eine weitere Strahlenablenkung auf die Bildebene 14. Bei 15 liegt die obere Bildreihe und bei 16 die untere Bildreihe. Die Modifikation des Helmholtz'schen Spiegelstereoskops geht aus dem linken Teil der Fig. 4 hervor. Es wurden die beiden Spiegel 8,12 um die optische Achse der linken Okularlinse 8 entgegen dem Uhrzeigersinn so gedreht, dass der Betrachter 7 mit dem linken Auge die untere Bildreihe bei 16 sieht. Die Spiegel 11,13 wurden ebenfalls um 90° um die optische Achse der rechten Okularlinse 9 im Gegenuhrzeigersinn gedreht, so dass dem rechten Auge des Betrachters 7 die obere Bildreihe bei 15 dargeboten wird. Damit ein Stereoeffekt zustande kommt, müssen homologe Punkte der beiden Bildreihen 15,16 selbstverständlich in Streifenrichtung um die Grösse der Betrachtungsbasis 6 gegeneinander verschoben sein.

Sollen mit diesem so abgeänderten Spiegelstereoskop die in der Praxis meist verwendeten Luftbilder des Formates 23 x 23 cm betrachtet werden und ist dabei das Ueberblicken der ganzen

BAD ORIGINAL

Streifenbreite erforderlich, so sind unverhältnismässig grosse Spiegel notwendig. Ferner ergibt sich infolge des grossen Betrachtungsabstandes eine optische Verkleinerung und überdies für den Betrachter eine unbequeme Kopfhaltung.

Zur Behebung dieser Nachteile wird erfindungsgemäss die Anordnung gemäss Fig. 5 vorgeschlagen. Vom Betrachter 7 gesehen enthält die Anordnung für das linke Auge eine Lupe 17 und für das rechte Auge eine weitere Lupe 18. Der Strahlengang für das linke Auge wird in einem fünfeckigen Prisma 19 um einen Winkel von 22,5° nach unten abgelenkt auf die bei 16 liegende untere Bildreihe. Der Strahlengang für das rechte Auge wird in einem gleichen Prisma 20 um einen Winkel von 22,5° nach oben abgelenkt auf die bei 15 liegende obere Bildreihe. Der Arbeitstisch 14 ist nun so ausgebildet, dass der für das Auflegen der unteren Bildreihe 16 dienende Teil der Tischplatte horizontal angeordnet ist, während der rückwärtige Teil der Tischplatte, auf dem die obere Bildreihe 15 liegt, um 45° gegen den Beobachter geneigt ist.

BAD ORIGINAL

1548553

Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen stereoskopischen Betrachtung von Luftbildreihen mit wenigstens 50% Längsüberdeckung, dadurch gekennzeichnet, dass die Bilder einer einzigen fortlaufenden Reihe entweder nach Zerschneiden quer zur Bildstreifenrichtung in zwei Hälften oder nach Herstellung von zwei Sätzen Kopien derselben Bildreihe in zwei zur Betrachtungsbasis des Gerätes parallelen Reihen so angeordnet werden, dass die eine Reihe fortlaufend alle diejenigen Bildteile (1b,2b,3b,4b) enthält, die zur stereoskopischen Betrachtung dem linken Auge dargeboten werden, und die andere Reihe fortlaufend aus den dem rechten Auge dargebotenen Bildteilen (2a,3a,4a,5a,5b) zusammengesetzt wird.

2. Anordnung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Lupen (17,18) und mindestens zwei die Blickrichtungen der Augen in den Ebenen senkrecht zur Basis (6) um gleiche Winkelbeträge auf der einen Seite nach oben und auf der andern Seite nach unten ablenkende Prismen (19,20) vorgesehen sind.

Gb/r/li 4.3.1966

BAD ORIGINAL

Leerseite

42h 22-03 15 48 553 O.T: 11.12.1969

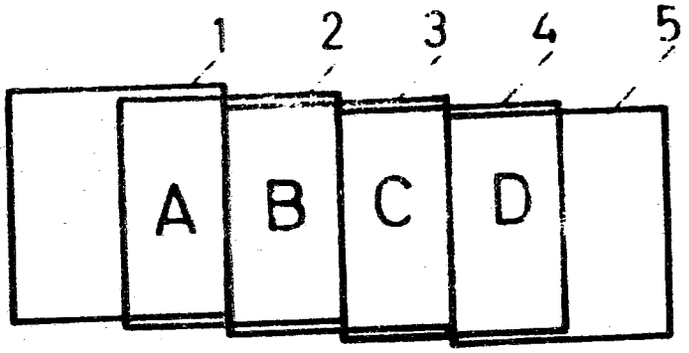


Fig.1

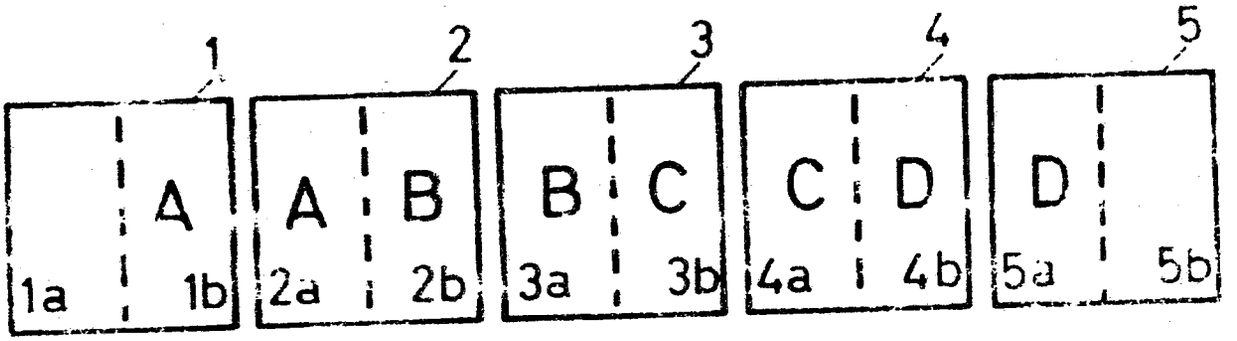


Fig.2

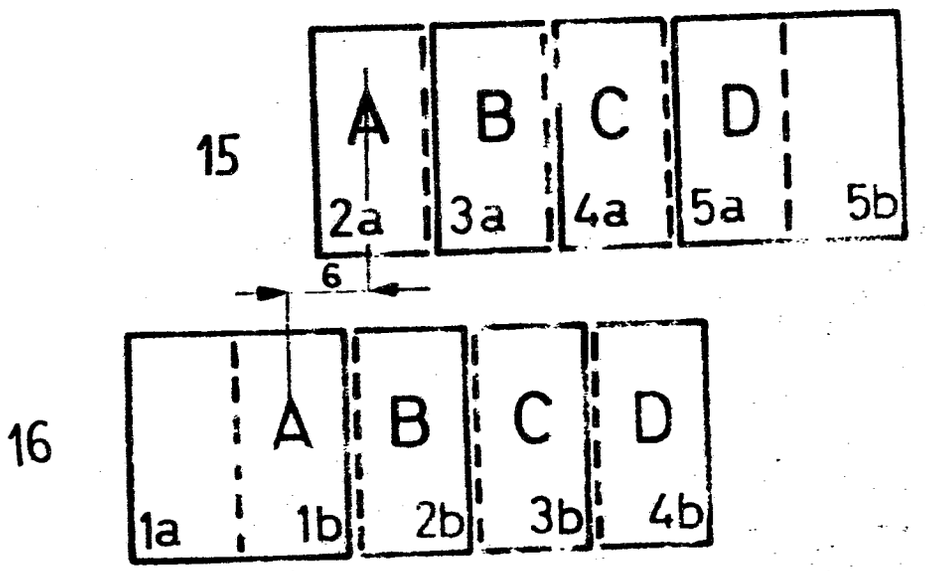


Fig.3

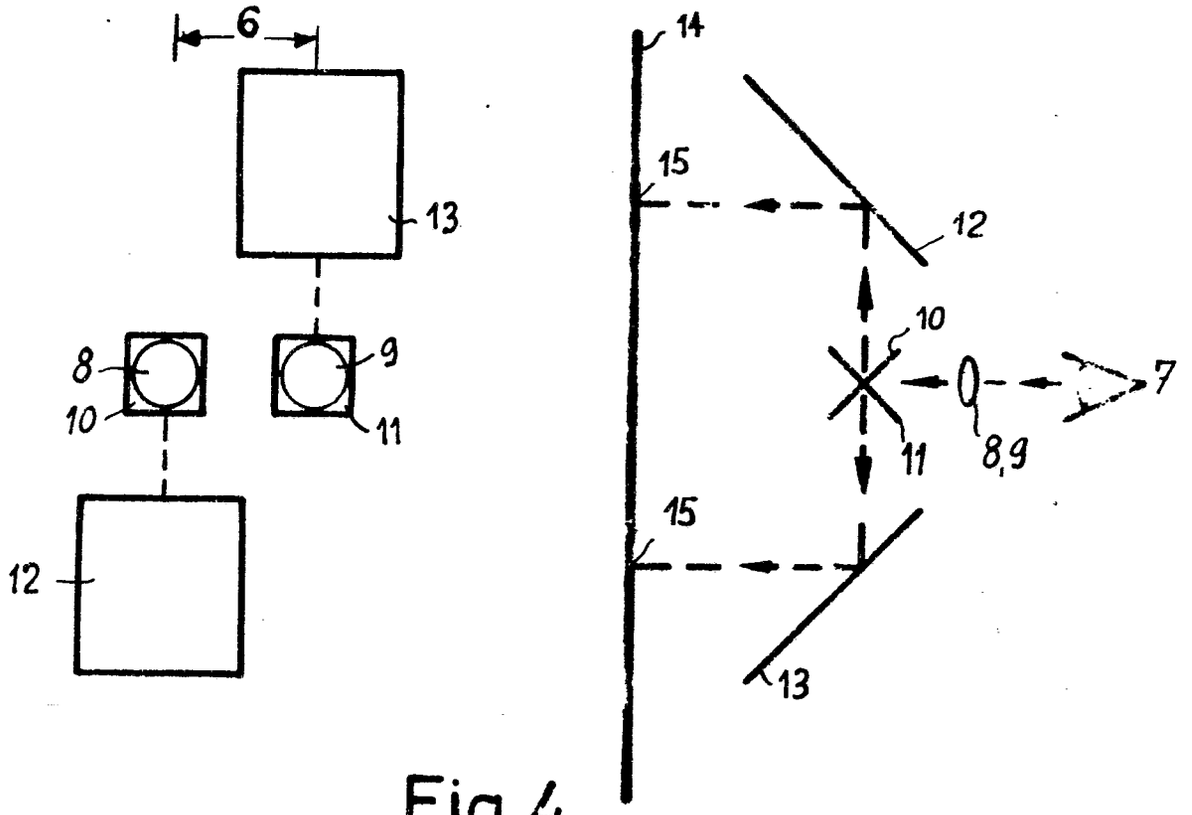


Fig.4

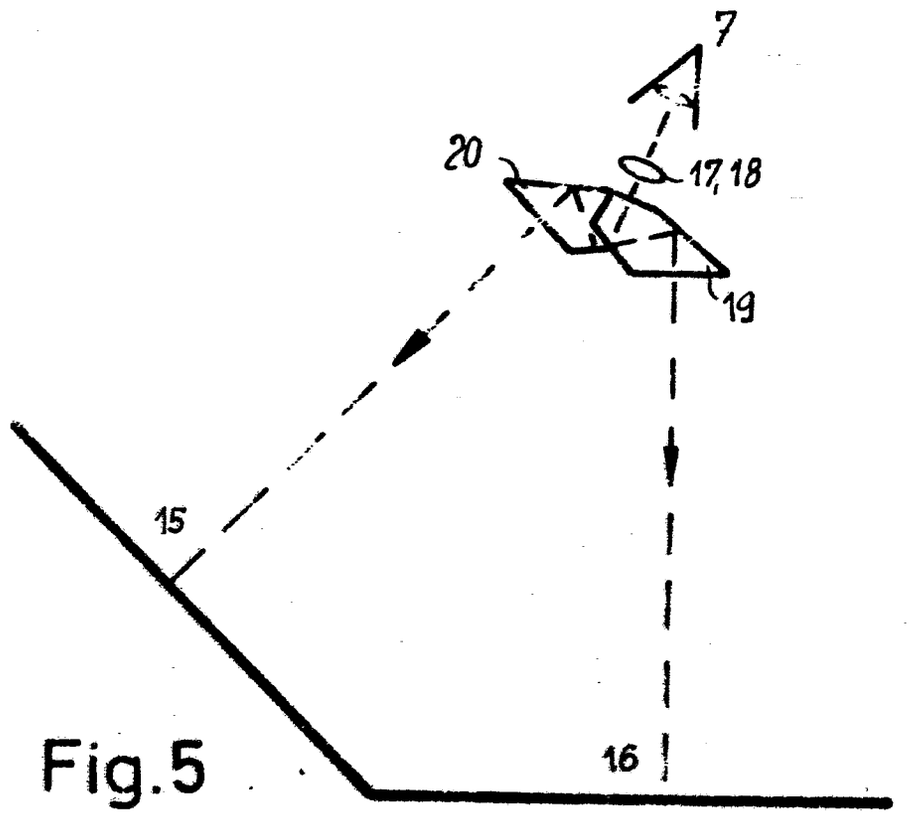


Fig.5

(51) Int. Cl.: G 03 b, 15/00
G 03 b, 37/04

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
DEUTSCHES PATENTAMT

(52) Deutsche Kl.: 57 a, 7/07

Behördeneigentum

(10)
(11) # Auslegeschrift 1 597 343

(21) Aktenzeichen: P 15 97 343.0-51 (W 31598)
(22) Anmeldetag: 14. November 1967
(43) Offenlegungstag: 23. April 1970
(44) Auslegetag: 21. September 1972

Ausstellungspriorität: —

(30) Unionspriorität
(32) Datum: 14. November 1966
(33) Land: Niederlande
(31) Aktenzeichen: 6615997

---

(54) Bezeichnung: Aufnahmegerät für Luftbilder

(61) Zusatz zu: —
(62) Ausscheidung aus: —

(71) Anmelder: N. V. Optische Industrie De Oude Delft, Delft (Niederlande)

Vertreter gem. § 16 PatG: Hoffmann, E., Dr.-Ing.; Eitle, W., Dipl.-Ing.;
Hoffmann, K., Dipl.-Ing. Dr. rer. nat.; Patentanwälte, 8000 Münche

(72) Als Erfinder benannt: Beckmann, Leo H. J. F., Dr.; Berg, Leendert van den; Delft (Niederlande)

---

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DT-PS 953 300
US-PS 2 955 518
US-PS 2 967 211
DT-OS 1 772 046

DT 1597343

Patentansprüche:

1. Aufnahmegerät für Luftbilder mit einer Abtasteinrichtung, die mit konstanter Geschwindigkeit das unter dem Flugzeug liegende Gelände in Streifen quer zur Flugrichtung auf Einzelheiten abtastet und ein entsprechendes elektrisches Video-Signal liefert, sowie einer fotografischen Aufzeichnungseinrichtung mit einer entsprechend dem Video-Signal intensitätsmodulierbaren Lichtquelle, und mit Mitteln zur Erzeugung eines von dieser Lichtquelle stammenden Lichtflecks, der einen während der Aufnahme gleichmäßig bewegten Filmstreifen synchron mit dem Abtaster quer überstreicht und somit den Film belichtet, wobei die Vorschubgeschwindigkeit des Filmstreifens im wesentlichen proportional zum Verhältnis zwischen der Geschwindigkeit über Grund und der Höhe des Flugzeuges gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Erzeugung des belichtenden Lichtflecks so ausgebildet ist, daß der Lichtfleck im wesentlichen rechteckige Form hat und daß eine Einrichtung vorgesehen ist, welche die Abmessungen des Lichtflecks in der Längsrichtung des Filmstreifens mit der Geschwindigkeit des Filmstreifens so verändert, daß die durch den Lichtfleck hervorgerufenen Aufzeichnungsspuren auf dem Film bei unterschiedlichen, den verschiedenen Flugbedingungen entsprechenden Filmgeschwindigkeiten aneinandergrenzen.

2. Aufnahmegerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung vorgesehen ist, die den Filmstreifen seitlich an der Stelle krümmt, wo er durch den Lichtfleck belichtet wird, so daß er einen Teil eines Zylinders bildet, daß die Einrichtung zur Erzeugung des Lichtflecks eine durch die Lichtquelle (**11**) beleuchtete Blende aufweist, daß ein Mikroskop-Objektiv (**20**, **21** in Fig. 1; **25** in Fig. 3) zur Abbildung der Blende auf dem gekrümmten Film vorgesehen ist, dessen optische Achse rechtwinklig zur Achse dieses Zylinders angeordnet ist und das so angeordnet ist, daß es um die Zylinderachse synchron mit dem Abtaster (**1**, **2**, **3**, **4**) rotiert, und daß ein schräger Spiegel (**19** in Fig. 1, 2; **26** in Fig. 3) vorgesehen ist, der zusammen mit dem Mikroskop-Objektiv rotiert und Licht von der Blende auf das Mikroskop-Objektiv reflektiert, und daß die Blende eine Schlitzblende (**10**) ist, die gemeinsam mit dem Mikroskop-Objektiv rotiert und eine veränderbare effektive Schlitzlänge hat.

3. Aufnahmegerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Schlitz der Blende senkrecht zur Zylinderachse erstreckt.

4. Aufnahmegerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die effektive Schlitzlänge durch eine Irisblende (**13**) verändert wird, die, mit der Zylinderachse fluchtend, fest angeordnet ist.

5. Aufnahmegerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Beleuchtung der Schlitzblende (**10**) einen von der Lichtquelle abgeleiteten Lichtstrahl mit kreisförmigem Querschnitt hat, der am Ort der Schlitzblende veränderlichen Durchmesser hat.

6. Aufnahmegerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlitz der Blende (**28**, **29**, **30**) parallel zur Zylinderachse verläuft, so daß er sich auf einer Zylinderfläche bewegt, wenn die Blende rotiert, daß auf beiden Seiten des Schlitzes angeordnete reflektierende Mittel (**26**, **27**) vorgesehen sind, die zusammen mit der Blende rotieren, so daß ein radialer Lichtstrahl durch den Schlitz fällt.

7. Aufnahmegerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine zylindrische Muffe (**27**) vorgesehen ist, die koaxial zur Zylinderfläche angeordnet ist, in welcher sich die Blende (**28**, **29**, **30**) bewegt, und daß die Muffe axial verschiebbar ist, so daß die effektive Länge des Schlitzes veränderbar ist.

Die Erfindung bezieht sich auf Aufnahmegeräte für Luftbilder mit einer Abtasteinrichtung, die mit konstanter Geschwindigkeit das unter dem Flugzeug liegende Gelände in Streifen quer zur Flugrichtung auf Einzelheiten abtastet und ein entsprechendes elektrisches Video-Signal liefert, sowie einer fotografischen Aufzeichnungseinrichtung mit einer entsprechend dem Video-Signal intensitätsmodulierbaren Lichtquelle, und mit Mitteln zur Erzeugung eines von dieser Lichtquelle stammenden Lichtflecks, der einen während der Aufnahme gleichmäßig bewegten Filmstreifen synchron mit dem Abtaster quer überstreicht und somit den Film belichtet, wobei die Vorschubgeschwindigkeit des Filmstreifens im wesentlichen proportional zum Verhältnis zwischen der Geschwindigkeit über Grund und der Höhe des Flugzeugs gesteuert wird.

Aus der USA.-Patentschrift 2 967 211 ist ein Aufnahmegerät dieser Art bekannt, bei welchem jedoch die Bewegung des Flugzeugs als die langsamere Abtastbewegung benutzt wird, so daß lediglich die schnelle Abtastbewegung (Linienabtastung) durch das Aufnahmegerät selbst durchgeführt werden muß. Ein typischer Anwendungsfall ist die sogenannte thermografische Kamera, deren Arbeitsweise auf langwelligen, infraroten Strahlen beruht, die von dem Gelände ausgehen. Jedoch sind die fotografischen Materialien für solche Strahlung nur wenig empfindlich.

Der Abtaster des bekannten Aufnahmegeräts arbeitet mit einem Strahl konstanter Winkelweite, der durch das empfindliche Feld des Infrarotdetektors (den Bildpunkt) und die Brennweite der Abtastoptik bestimmt ist. Daher ist die Breite des abgetasteten Geländestreifens der Flughöhe direkt proportional. Da die Abtastfrequenz, d. h. die Anzahl der Streifenabtastung pro Sekunde, so gut wie konstant ist, folgt daraus, daß für jede Geschwindigkeit des Flugzeugs nur eine Höhe existiert, für die die nacheinander abgetasteten Geländestreifen exakt aneinandergrenzen, d. h., daß sie sich ohne Lücken der Überlappungen berühren, und umgekehrt.

Dies ist offensichtlich nur für einen relativ kleinen, genau unter dem Flugzeug liegenden Geländestreifen der Fall, innerhalb dessen der abgetastete Streifen praktisch eine konstante Breite hat. Wenn, wie üblicherweise der Fall, ein sehr großer Winkel von z. B. 120° abgetastet wird, so wächst die Breite des Streifens beträchtlich mit der Entfernung vom Flug-

zeug an. Daher überlappen sich die abgetasteten Enden der nacheinander abgetasteten Geländestreifen, während sie unter dem Flugzeug aneinandergrenzen.

In dem bekannten Aufnahmegerät wird der Film durch einen Lichtfleck mit konstanten Abmessungen belichtet. Um Verzerrungen des fotografischen Bildes in der Flugrichtung zu vermeiden, wird die Transportgeschwindigkeit des Films durch die Aufnahmeeinrichtung mit der Geschwindigkeit über Grund v und der Höhe des Flugzeugs h so verändert, daß sie dem Verhältnis v/h direkt proportional ist. In der Praxis wird oft eine schrittweise Steuerung an Stelle einer kontinuierlichen Anpassung gefordert. Die konstanten Abmessungen des Lichtflecks in dem Aufnahmegerät werden so gewählt, daß sie der Breite der abgetasteten Geländestreifen bei bestimmten gegebenen Bedingungen entsprechen. Das heißt, wenn diese Geländestreifen bei gegebener Geschwindigkeit und Höhe des Flugzeugs aneinandergrenzen und wenn der Film um einen der Höhe h und der Geschwindigkeit v entsprechenden Betrag vorgeschoben wird, dann grenzen auch die durch den Lichtfleck auf den Film geschriebenen Spuren aneinander. In diesem Fall überlappen sich jedoch die Aufzeichnungsspuren, wenn sich entsprechend einem niedrigen Verhältnis v/h die Geländestreifen überlappen. Solche geringfügigen Überlappungen beeinträchtigen die Qualität des Bildes nicht wesentlich. Ernsthaftere Beeinträchtigungen entstehen jedoch, wenn zwischen aufeinanderfolgenden Geländestreifen Lücken auftreten, was der Fall ist, wenn das Verhältnis v/h über einen Wert hinausgeht, auf den die Abmessungen des Lichtflecks eingestellt sind. Diese Lücken erscheinen als nicht belichtete Streifen auf dem Film und machen sich auf dem fotografischen Bild als auffällige Linien bemerkbar. In der Praxis wird gefordert, daß solche Systeme in einem relativ weiten Bereich des Verhältnisses v/h von z. B. einem Faktor von 10 brauchbar sein müssen. Es ist offensichtlich, daß mit einem Wert von v/h, der das Optimum bei weitem übersteigt, fotografische Bilder erhalten werden, bei denen die aufeinanderfolgenden Linien durch nicht belichtete Streifen getrennt sind, die viel breiter als diese sind. Dies erschwert die Auswertung solcher Bilder, wenn keine speziellen Hilfsmittel benutzt werden. Tatsächlich wird die Brauchbarkeit solcher Einrichtungen durch diesen Effekt stark beeinträchtigt.

Die Erfindungsaufgabe besteht in der Hauptsache darin, ein Aufnahmegerät für Luftbilder zu schaffen, das in einem weiten Bereich von v/h-Werten in Flugrichtung unverzerrte Bilder von konstanter hoher Bildqualität liefert, wobei Filmbilder mit aneinandergrenzenden bilderzeugenden Streifen erzeugt werden. Dies wird bei einem Aufnahmegerät für Luftbilder der oben beschriebenen Gattung gemäß der Erfindung im wesentlichen dadurch erreicht, daß die Einrichtung zur Erzeugung des belichtenden Lichtflecks so ausgebildet ist, daß der Lichtfleck im wesentlichen rechteckige Form hat, und daß eine Einrichtung vorgesehen ist, welche die Abmessungen des Lichtflecks in der Längsrichtung des Filmstreifens mit der Geschwindigkeit des Filmstreifens so verändert, daß die durch den Lichtfleck hervorgerufenen Aufzeichnungsspuren auf dem Film bei unterschiedlichen, den verschiedenen Flugbedingungen entsprechenden Filmgeschwindigkeiten aneinandergrenzen.

Bei bekannten Systemen ist der Film an der Belichtungsstelle seitlich so gekrümmt, daß er die Form eines Zylinderteiles annimmt. Zur Formung des sich bewegenden Lichtflecks wird eine durch eine intensitätsmodulierte Lichtquelle beleuchtete Blende durch ein Mikroskop-Objektiv auf dem gekrümmten Film abgebildet, wobei die optische Achse des Objektivs rechtwinklig zur Achse des Filmzylinders angeordnet ist, das um diese Achse synchron mit dem Abtaster rotiert. Das Mikroskop-Objektiv erhält das Licht von der Blende über einen schrägen Spiegel, der gemeinsam mit dem Objektiv rotiert.

Wenn beim Aufnahmegerät nach der Erfindung eine ähnliche Anordnung verwendet wird, kann eine Schlitzblende verwendet werden, die an der Achse des Filmzylinders so angeordnet wird, daß sich der Schlitz rechtwinklig zu dieser Achse erstreckt und gemeinsam mit dem Mikroskop-Objektiv und dem schrägen Spiegel rotiert. Um die Breite der durch den Fleck aufgezeichneten Spuren zu verändern, kann die Schlitzblende mit einer fest angebrachten Irisblende kombiniert werden, deren Öffnung in Abhängigkeit der Änderung der Filmgeschwindigkeit eingestellt werden kann. Die Schlitzblende kann durch einen Lichtstrahl mit kreisförmigem Querschnitt beleuchtet werden, der von einer intensitätsmodulierten Lichtquelle erzeugt wird, wobei der Durchmesser dieses Lichtstrahls in Abhängigkeit von Änderungen der Filmgeschwindigkeit steuerbar ist.

Die vorliegende Erfindung schließt auch die Möglichkeit einer Schlitzblende mit ein, deren Schlitz parallel zur Achse des Filmzylinders verläuft und der in einer zylindrischen Fläche um diese Achse bewegt wird. In diesem Fall ist eine zylindrische Muffe koaxial zu dieser Fläche vorgesehen, die axial entsprechend der Änderung der Filmgeschwindigkeit verschiebbar ist. Diese dient dazu, die Schlitzlänge zu steuern. Ein Paar weiterer schräger Spiegel, die gemeinsam mit der Schlitzblende rotieren, muß dann auf beiden Seiten des Schlitzes vorgesehen sein, um den radialen Lichtpfad durch den Schlitz zu brechen.

Die Erfindung wird an Hand einiger Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt das vollständige System teilweise in der Aufsicht und teilweise im Querschnitt, wobei der Abtaster und die fotografische Aufnahmeeinrichtung mechanisch gekoppelt sind;

Fig. 2 zeigt einige Teile der Aufnahmeeinrichtung nach Fig. 1 in größerem Maßstab;

Fig. 3 zeigt eine ähnliche Form einer Aufnahmeeinrichtung und

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt der Aufnahmeeinrichtung nach Fig. 3.

Die Anordnung nach Fig. 1 besteht aus einem elektrischen Motor **1**, der einen Abtastspiegel **2** mit konstanter hoher Geschwindigkeit antreibt. Der Spiegel **2** ist ein sogenannter Dachspiegel. Er besteht aus einem leichten Metallkörper von kreisförmigem Querschnitt und zwei verspiegelten Endflächen **3** und **4**, die zur Drehachse einen Winkel von 45° bilden. Diese Flächen tasten abwechselnd auf bekannte Weise einen schmalen Geländestreifen über einen Winkel von z. B. 120° ab. Ein Strahl **5** von langwelliger infraroter Strahlung, der vom Boden aufgefangen wird, wird auf ein Cassegrain-Spiegelobjektiv reflektiert, das aus einem konkaven ersten Spiegel **6** und einem konvexen zweiten Spiegel **7** besteht. Der Strahl wird dadurch auf die sehr kleine strahlungsempfindliche Fläche eines Infrarotdetektors **8** gebündelt. Die Größe dieser

Oberfläche zusammen mit der Brennweite des Spiegelobjektivs **6**, **7** bestimmen den Streuwinkel des Abtaststrahles und daher die Breite des abgetasteten Streifens auf dem Boden (die Auflösungsfähigkeit).

Auf dem Dachspiegel **2** ist eine Hohlwelle **9** befestigt, in der die beweglichen Teile der fotografischen Aufnahmeeinrichtung untergebracht sind. Die genaue gegenseitige Synchronisation des Abtasters und der Aufnahmeeinrichtung ist dadurch automatisch gewährleistet. Eine solche bauliche Vereinigung der zwei Einrichtungen ist jedoch für die Erfindung nicht wesentlich. Sie können auch als getrennte Einrichtungen ausgeführt sein; die Aufnahmeeinrichtung braucht sich nicht an Bord zu befinden, wenn auf bekannte Weise Synchronisierimpulse zum Video-Signal addiert werden, bevor es zur Empfangsstation gesendet wird.

Die Hohlwelle **9** trägt an ihrem freien Ende eine Schlitzblende **10**. Diese wird von der linken Seite durch eine intensitätsmodulierte Lichtquelle **11**, wie z. B. eine modulierte Glimmlampe, über einen Kondensor **12** und eine bekannte fest angeordnete Irisblende **13** beleuchtet. Ein Filmstreifen **14** wird mit Hilfe eines gezahnten Rades **15** von einer Ablaufrolle **16** auf eine Aufnahmerolle **17** transportiert, das durch einen elektrischen Motor **15'** mit gleichmäßiger Geschwindigkeit angetrieben wird. An der Belichtungsstation zwischen dem gezahnten Rad **15** und einer Spannrolle **18** sind Führungsmittel bekannter Art (nicht gezeigt) vorgesehen, die den Film seitlich krümmen, so daß er eine teilweise zylindrische Fläche koaxial zur Welle **9** bildet.

In der Hohlwelle **9** ist ein Dachprisma **19** mit verspiegelten Flächen angeordnet, dessen Dachwinkel ein wenig größer als 90° ist. In die Wand der Hohlwelle sind zwei Mikroskop-Objektive **20** und **21** eingeschraubt, deren optische Achsen aufeinanderfallen und rechtwinklig zur Achse der Welle **9** angeordnet sind. Die Anordnung der verschiedenen Teile ist so getroffen, daß die Objektive **20** und **21** jeweils ein scharf gebündeltes und stark verkleinertes Bild des beleuchteten Spalts der Blende **10** auf der zylindrischen Fläche des Filmstreifens formen. Die durch die Objektive erzeugten Abbilder des Schlitzes tasten den Film durch die Spiegelflächen **3** und **4** des Abtasters synchron mit der Abtastung des Geländes abwechselnd ab. Die Intensität der Modulator-Glimmlampe wird fortlaufend durch das vom Detektor **8** gelieferte und im Verstärker **22** verstärkte Video-Signal moduliert.

Gemäß der Krümmung des Filmstreifens werden die Geländeteile, die beiderseits des Kurses des Flugzeugs liegen, in seitlicher Richtung zusammengedrückt. Dies wird als zylindrische Verzerrung bezeichnet. Diese wächst mit der Entfernung der Geländeteile von der Linie des Fluges. Wie oben erläutert, kann durch passende Wahl der Filmgeschwindigkeit eine Verzerrung des Bildes in der Flugrichtung ebenfalls erreicht werden. Genauer gesagt, ein lineares Zusammendrücken des Bildes kann in dieser Richtung dadurch erreicht werden, daß der Film um einen kleineren Betrag vorgeschoben wird, als es dem Verhältnis v/h des Flugzeugs entspricht. Demgemäß ist es durch Veränderung der Filmgeschwindigkeit möglich, bestimmte Geländestreifen auszuwählen, die sich parallel zum Flugkurs bei unterschiedlichen Entfernungen befinden, für die die Wiedergabe verzerrungsfrei ist.

Wegen der gemeinsam mit dem Dachprisma **19** rotierenden Schlitzblende **10** ist die Lage des Bildes des Schlitzes auf dem Film unveränderlich. Durch die Irisblende **13** kann die Länge des Schlitzes, d. h. ihre Abmessung, rechtwinklig zur Dachkante des Spiegels **19**, innerhalb bestimmter Grenzen verändert werden. Diese Länge bestimmt die Breite der Spur auf dem Film. Die andere Abmessung des Schlitzes, die viel kleiner als die maximale Länge des Schlitzes ist, ist nicht veränderbar. Diese Abmessung bestimmt die Größe des Lichtflecks in der Abtastrichtung.

Anstatt der Irisblende **13** können andere Mittel zur Veränderung der effektiven Schlitzlänge verwendet werden. So kann der Schlitz mit einem kreisförmigen Strahl mit veränderlichem Durchmesser beleuchtet werden. Solch ein Strahl kann durch eine Blende mit konstanter kreisförmiger Öffnung erzeugt werden, die auf die Schlitzblende durch ein Paar in einer sogenannten Tandemanordnung angeordnete Zoom-Objektive abgebildet werden. Wenn sich die Brennweite dieser Zoom-Objektive gegenläufig ändert, wird die Größe des Bildes der festen Blende auf dem Schlitz geändert, wobei das Bild scharf fokussiert bleibt.

Wie oben erläutert, wird sowohl die Geschwindigkeit des Films **14** an der Aufzeichnungsstation als auch die Länge der Schlitzblende **10** im allgemeinen proportional dem Verhältnis v/h geändert. Zu diesem Zweck kann eine automatische Steuerung **23** herkömmlichen Aufbaus verwendet werden. Es soll jedoch bemerkt werden, daß für manche Zwecke eine einfache schrittweise Steuerung für den in Aussicht genommenen Zweck ausreicht, bei welchem die Geschwindigkeit des Filmantriebs und die effektive Schlitzlänge von Hand auf einen Wert v/h eingestellt werden, der dem Flug entspricht. Diese Einstellungen können auch durch eine Fernbedienung vorgenommen werden, so daß während des Fluges Änderungen möglich sind.

In Fig. 3 sind die wesentlichen Teile einer Aufnahmeeinrichtung gezeigt, die eine Weiterbildung der Anordnung nach Fig. 2 bildet. Diese Einrichtung ist für einen Abtaster mit drei Abtastflächen anstatt der zwei Spiegelflächen **3** und **4** in Fig. 1 eingerichtet. Entsprechend hat die Aufnahmeeinrichtung drei Mikroskop-Objektive anstatt der zwei Objektive **20** und **21** in Fig. 2. Diese sind gegeneinander um jeweils 120° versetzt. Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß die Aufnahmeeinrichtung nach Fig. 3 drei Schlitze hat, d. h. einen für jedes Mikroskop-Objektiv. Außerdem sind diese Schlitze parallel zur Drehachse der Aufnahmeeinrichtung angeordnet und werden auf einer zylindrischen Fläche um diese Achse herum bewegt.

Die Aufnahmeeinrichtung hat ein drehbares rohrförmiges Teil **24**, welches wie die Welle **9** in Fig. 1 mit dem Abtaster zur Erzielung einer Synchronisation verbunden sein kann. Die drei Mikroskop-Objektive, von denen nur eins gezeigt ist, sind in die Wand des Teils **24** eingeschraubt. Jedes von ihnen erhält einen Lichtstrahl von einem der drei im Rohr **24** angeordneten Spiegel **26**. Diese Strahlen stammen von drei in der zylindrischen Wand einer becherförmigen Blende **27** vorgesehenen Schlitzen, welche im röhrenförmigen Teil **24** angeordnet ist.

Wie aus Fig. 4 ersichtlich, sind diese Schlitze **28**, **29** und **30** um 120° gegeneinander versetzt. Der Boden des Bechers **27** weist drei längliche Öffnungen **31**, **32** und **33** auf, durch welche das Licht der modulierten Lichtquelle **34** auf die drei Spiegel **35**, **36** und **37** fällt, die in dem Becher **27** angeordnet sind und die

das Licht auf die Schlitze **28** bzw. **29** bzw. **30** reflektieren. Drei außerhalb des Bechers **27** angeordnete Prismen **38**, **39** und **40** reflektieren das Licht durch die Schlitze in Richtung auf die entsprechenden Spiegel **26**.

Die Schlitzlänge wird nun durch eine dünnwandige zylindrische Muffe **41** gesteuert, die in dem Luftspalt rings um die Blende **27** angeordnet ist. Die Muffe **41** ist mit einem Gewinde versehen und in einer Wand **42** eines Instrumentengehäuses gelagert. Sie kann durch einen umsteuerbaren Motor **43** axial bewegt werden, der die Muffe über ein Zahnrad **44** und ein Ritzel **45** auf der Muffe **41** in eine Drehbewegung versetzt.

Die Erfindung schafft eine einfache und zuverlässige Einrichtung zur Sicherung fotografischer Aufzeichnungen mit aneinandergrenzenden Bildlinien für einen großen Bereich des Verhältnisses v/h, wodurch die Auswertung der Fotografien erleichtert wird. Die Einrichtung eignet sich vorzugsweise zur Aufklärungsarbeit bei sehr verschiedenen Höhen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Nummer: **1 597 343**
Int. Cl.: G **03** b, **15/00**
Deutsche Kl.: **57** a, **7/07**
Auslegetag: 21. September 1972

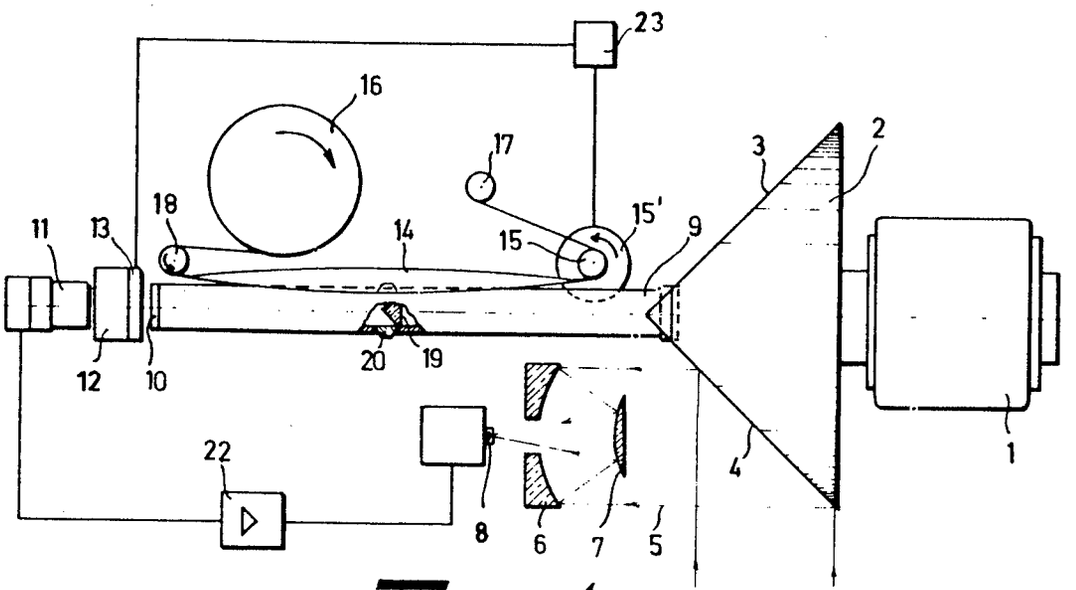


Fig. 1

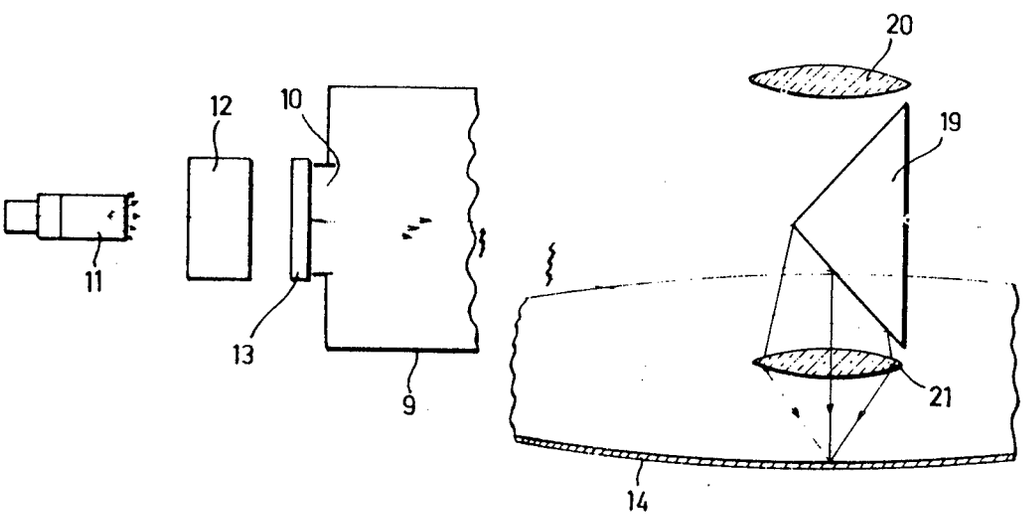


Fig. 2

Nummer: **1 597 343**
Int. Cl.: **G 03 b, 15/00**
Deutsche Kl.: **57 a, 7/07**
Auslegetag: 21. September 1972

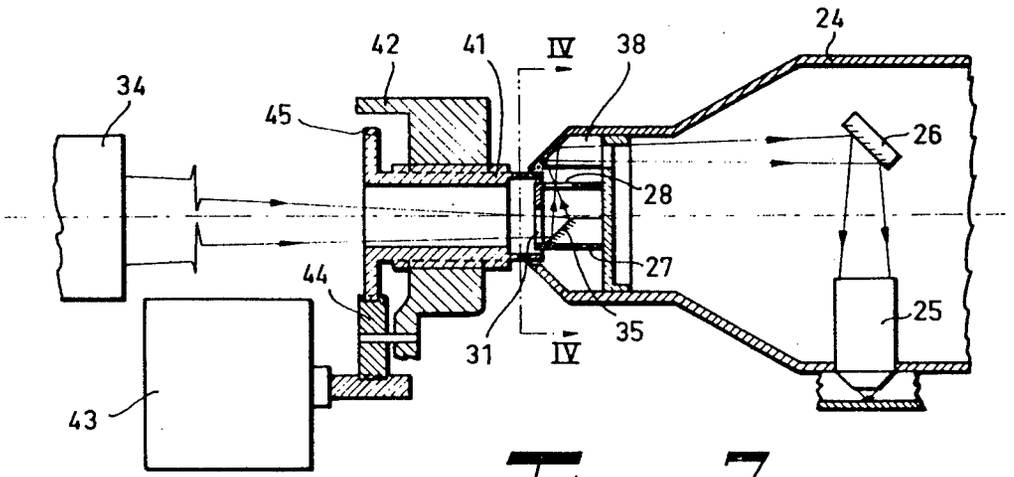


Fig. 3

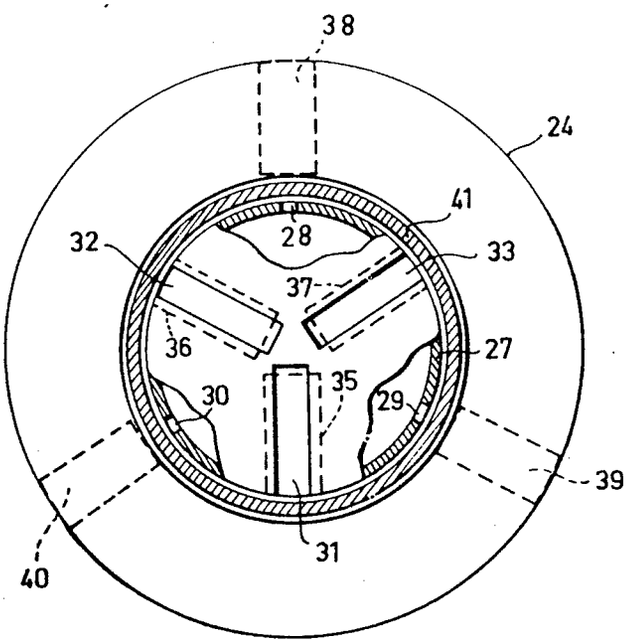


Fig. 4

Bek. gem. 17. NOV. 1955

57a, 7/07. 1 711 278. Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz. | Luftbildkamera. 26.8.54. Z 3003. (T. 3; Z. 1)

Nr. 1 711 278*

eingetr. 28.10.55

PA.511333-28.8.54

Nr. 1

1

CARL ZEISS

CARL ZEISS

Postanschrift: Carl Zeiss, (14a) Oberkochen/Württ.

Einschreiben!

An das
Deutsche Patentamt

(13b) München 2
Museumsinsel 1

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unsere Zeichen	Hausruf	Oberkochen
		Pat 1 G 169	226	25. Aug. 1954

Hierdurch beantragen wir die Eintragung eines

Gebrauchsmusters

auf die in den Anlagen erläuterte Neuerung:

L u f t b i l d k a m e r a.

Wir beantragen, die Eintragung bis zur Erledigung (denselben Gegenstand betreffenden) Patentanmeldung "Verfahren zum Lösen eines Films von einer Andruckplatte in einer Luftbildkamera" vom 25. August 1954 auszusetzen.

Die Hälfte der Anmeldegebühr werden wir überweisen, wenn uns das Aktenzeichen bekannt geworden ist.

CARL ZEISS

(Gen. Vollmacht 138/1953)

Anlagen:
Nr. 1 und 2: 2 Doppel dieses Antrags
Nr. 3 bis 5: Beschreibung samt 1 Schutzanspruch
Nr. 6 bis 8: 1 Blatt Zeichnung (Lichtpause)
Nr. 9: vorbereitete Empfangsbescheinigung

Am 1 G 169

Z 3003/57a Gm

DA 442412*19.7.55

CARL ZEISS IN HEIDENHEIM a.d. BRENZ.

Kamera, insbesondere Luftbildkamera, mit einer Einrichtung zum Ansaugen des Filmes an eine Druckplatte.

Die Neuerung betrifft eine Kamera, insbesondere eine Luftbildkamera mit einer Einrichtung zum Ansaugen des Filmes an eine Druckplatte während der Aufnahme. Solche Kameras sind an sich bekannt. Die Druckplatte kann zu diesem Zweck Durchbrüche aufweisen, welche mit einer Pumpe verbunden sind. Es ist weiter bekannt, das Vakuum hinter dem Film nach der Aufnahme mit der Außenluft zu verbinden, wodurch sich der Film von der Ansaugplatte löst. Diese Art der Lösung des Films zeigt jedoch zwei Nachteile. Einmal löst sich der Film nicht immer vollständig von der Platte, so daß Teile des Films von der Platte beim Weitertransport gerissen werden, wodurch der Film beschädigt wird, und zum andern dauert das Lösen des Films verhältnismäßig lange. Die Erfindung beseitigt diese Nachteile dadurch, daß der Film nach der Aufnahme von der Andruckplatte mittels Druckluft lösbar ist. Diese Einrichtung gewährleistet einmal ein vollständiges Lösen des Films und das Ablösen geht sehr rasch vor sich, wodurch Zeit für den Weitertransport des Films gewonnen wird. Zur Steuerung des Ansaugvorganges sowie des Einblasens der Druckluft hinter den Film ist zweckmäßig ein Steuerorgan vorgesehen, welches die Durchbrüche der Platte abwechselnd mit dem Saug- und dem Druckstutzen der Pumpe verbindet.

1 G 169

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Neuerung dargestellt.

An einer Platte 1 wird der Film 2 während des Transports vorbeigeführt. Die Platte 1 weist auf der dem Film zugewandten Seite Durchbrüche 3 auf und der Raum 4 hinter den Durchbrüchen ist luftdicht abgeschlossen. Vom Raum 4 führt eine Leitung zu einem Steuerorgan 5. Das Steuerorgan ist sowohl mit einem Saugstutzen 6 als auch einem Druckstutzen 7 einer Pumpe 8 verbunden und weist außerdem einen Stutzen 9 für die Verbindung mit der Außenluft auf. Für den Fall der Aufnahme verbindet das Steuerorgan über nicht gezeichnete Mittel den Raum 4 mit dem Ansaugstutzen 6 der Pumpe 8 und den Druckstutzen 7 mit dem Stutzen 9, so daß im Raum 4 und damit auch zwischen dem Film 3 und der Platte 1 ein Vakuum entsteht, wodurch der Film an die Platte gesaugt wird. Die abgesaugte Luft wird über den Druckstutzen und den Stutzen 9 nach außen geblasen. Ist die Aufnahme beendet, dann verbindet das Steuerorgan 5 den Raum 4 mit dem Druckstutzen 7 und den Ansaugstutzen 6 über den Stutzen 9 mit der Außenluft. Im Raum 4 wird dann ein Überdruck erzeugt und zwischen Film 2 und Platte 1 Luft geblasen, wodurch sich der Film von der Platte abhebt. Ist dieser Vorgang beendet, erfolgt die Weiterschaltung des Films 2.

PA 442412*19.7.55

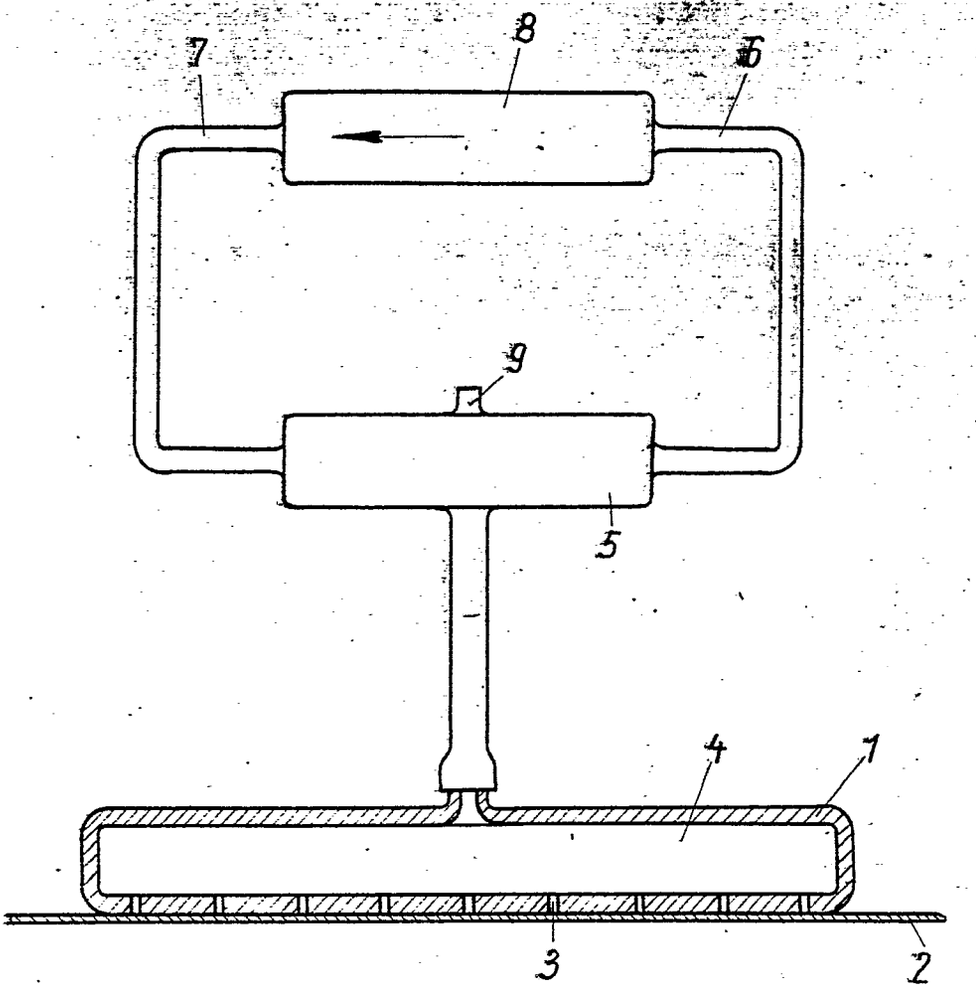
4

Schutzansprüche.

1. Kamera, insbesondere Luftbildkamera, mit einer Einrichtung zum Ansaugen des Films an eine Druckplatte während der Aufnahme, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung zum Lösen des Films nach der Aufnahme von der Druckplatte durch Druckluft.

2. Kamera nach Anspruch 1, bei der eine mit Durchbrüchen versehene Andruckplatte vorgesehen ist und die Durchbrüche mit einer Pumpe zum Ansaugen des Films an die Platte verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuerorgan vorgesehen ist, welches die Durchbrüche der Platte abwechselnd mit dem Saug- und dem Druckstutzen der Pumpe verbindet.

150755
Kn/Bal


8
7
6
9
5
4
1
3
2

57a, 7/07. 1 723 399. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). | Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. 8; Z. 2)

CARL ZEISS IN HEIDENHEIM a.d. BRENZ

Luftbildkamera.

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Aufhängen einer Luftbildkamera an Flugzeugen od.dgl.. Es ist bekannt, daß das Flugzeug laufend Stöße auf die Kamera überträgt, wodurch die Aufnahme des Geländes leidet, weil sowohl das Aufnahmeobjektiv als auch der zu belichtende Film in ungewollter Weise ihre Lage zum Gelände ändern. Um diesem Nachteil abzuhelfen, wurden bereits komplizierte Aufhängungen, z.B. Schwerpunktaufhängungen vorgesehen, welche jedoch sehr teuer sind und nur unter gewissen praktisch schwer realisierbaren Voraussetzungen, beispielsweise daß sich der Schwerpunkt der Kamera nicht verlagert, einwandfrei arbeiten.

Die Erfindung zeigt demgegenüber eine Aufhängung, welche mit verhältnismäßig billigen Mitteln herstellbar ist und trotzdem die Aufnahme guter Bilder gewährleistet. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Kamera aufgrund der vom Flugzeug auf sie übertragenen Stöße im wesentlichen zwei Bewegungen ausführt, nämlich einmal Parallelverschiebungen, d.h. Verschiebungen, welche sich aus Bewegungen parallel zur optischen Achse und Bewegungen in einer Normalebene zu der optischen Achse zusammensetzen und zum andern Drehbewegungen, d.h. Bewegungen, bei denen die optische Achse Winkelräume überstreicht. Es läßt sich nun nachweisen, daß bei den in Betracht kommenden Flughöhen die Bewegung der Kamera in

~~1 P 172~~
1 g 180

57a, 7/07. 1 723 399. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). | Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. 8; Z. 2)

der optischen Achse sowohl als auch die Bewegung der Kamera in der Normalebene zur optischen Achse keinen Einfluß auf die Bildgüte haben, weil durch das Auflösungsvermögen des Objektivs und durch die Körnigkeit des Filmmaterials bedingt eine Verschiebung der Geländepunkte relativ zur Kamera nicht erfaßt wird. Anders dagegen verhält es sich mit den genannten Drehbewegungen, denn schon bei geringen Abweichungen der Neigung der optischen Achse überstreicht diese auf dem Gelände eine verhältnismäßig große Strecke, was dazu führt, daß das Bild auf dem Film verwischt. Die Drehbewegungen können auf verschiedene Weise hervorgerufen werden, einmal indem ein mit dem Flugzeug verbundener Rahmen od.dgl., in welchem die Kamera aufgehängt ist, solche Bewegungen ausführt, wobei dann die Kamera die Drehbewegungen mitmacht und zum andern dadurch, daß, da die Kamera wegen der Empfindlichkeit ihrer einzelnen Teile gegen Stöße federnd aufgehängt ist, eine Parallelbewegung des Rahmens eine Drehbewegung der Kamera auslöst. Der Erfindung liegt nun die weitere Erkenntnis zugrunde, daß die Drehbewegungen der Kamera dann vernachlässigbar klein bleiben, wenn sie durch Drehung des Rahmens bewirkt werden, daß sie aber dann groß werden können, wenn sie durch Parallelstöße des Rahmens ausgelöst werden.

Die Erfindung sieht deshalb vor, die Luftbildkamera in einem mit dem Flugzeug verbundenen Rahmen federnd aufzuhängen, jedoch derart, daß sie relativ zum Rahmen entweder nur Bewegungen parallel zu ihrer optischen Achse ausführen kann oder nur Bewegungen parallel und in der Normalebene zur optischen Achse. Derartige Aufhängungen schließen die störenden Dreh-

57a, 7/07. 1 723 399. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). | Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. 8; Z. 2)

bewegungen praktisch vollkommen aus.

Aufhängungen dieser Art lassen sich nun in der mannigfachsten Form angeben. Als zweckmäßig hat es sich erwiesen, die Kamera an Parallelogrammgestängen aufzuhängen und die Parallelogrammstangen in Ebenen parallel zur optischen Achse zu legen. Eine Parallelogrammseite ist dann an der Kamera befestigt und die gegenüberliegende am Rahmen. Diese Aufhängung gestattet, wenn man von Längenänderungen der Stangen absieht, eine Bewegung der Kamera in Richtung der optischen Achse. Vorteilhaft greifen jeweils zwei Parallelogrammgestänge an einer Aufhängestelle der Kamera an. In diesem Fall können die Parallelogrammgestänge so angeordnet sein, daß das eine als Verlängerung des andern angesehen wird, d.h. die beiden Parallelogrammgestänge bestehen im wesentlichen aus zwei Stangen, in deren Mitte die Kamera befestigt ist. Es hat sich gezeigt, daß es für diese Ausbildung vollkommen ausreicht, wenn die beiden Parallelogrammstangen durch ein Drähtepaar ersetzt werden. Zweckmäßig sieht man für die vollständige Aufhängung drei solcher Drähtepaare vor.

Eine andere Aufhängemöglichkeit besteht vorteilhaft darin, daß die Kamera auf einem normal zur optischen Achse liegenden an zwei diametralen Punkten durchbrochenen Ring befestigt ist und die Ringteile an den durchbrochenen Stellen durch Bandscharniere verbunden sind, daß ferner jedes Ringstück an einem weiteren Scharnier mit einer Achse parallel zu der Achse der Bandscharniere aufgehängt ist, und weitere Mittel vorgesehen sind, welche eine Bewegung der Kamera in der

57a, 7/07. 1 723 399. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). | Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. 8; Z. 2)

Normalebene zur optischen Achse gestatten. Die weiteren Mittel können darin bestehen, daß die Scharniere durch Membranen ersetzt sind, dann wirken die Membranen einmal als die genannten Scharniere und gestatten in gewissen Grenzen die Bewegung der Kamera in der Normalebene zur optischen Achse. Die weiteren Mittel können vorteilhaft darin bestehen, daß die Kamera durch kurze biegsame Stangen mit den Ringteilen verbunden ist, wobei die Stangen senkrecht zur Ringebene angeordnet sind. Die letzte Ausbildungsform kann auch zusätzlich zur der Ausbildung der Scharniere als Membran vorgesehen sein.

Auf der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen

Fig. 1 eine Aufhängung der Kamera an Drähtepaaren,

Fig. 2 die Seitenansicht zu Fig. 1,

Fig. 3 die Aufhängung der Kamera an einem durchbrochenen Ring,

Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie IV-IV der Fig. 3.

In Fig. 1 sei die nicht gezeichnete Kamera auf einem Ring 1 befestigt. Der Ring 1 weist Buchsen 2 auf, in denen Drähtepaare 3 fest eingespannt sind. Die Enden der Drähtepaare 3 sind in Lagern 4 eines mit dem Flugzeug verbundenen Rahmens befestigt.

57a, 7/07. 1 723 399. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. 8; Z. 2)

Die Wirkungsweise der Aufhängung ist wie folgt.

Wirkt eine Kraft in der Zeichenebene der Fig. 1 auf den Ring 1, beispielsweise in Richtung A, so müssen die Drähtepaare Längenänderungen ausführen, wenn sich der Ring in dieser Ebene relativ zum Rahmen verschieben soll. Solche Längenänderungen erfordern aber sehr große Kräfte, wie sie praktisch nicht auftreten, so daß man von Längenänderungen absehen kann. D.h. die ganze Vorrichtung verhält sich bei Einwirken der Kraft A wie ein starrer Körper. Wirkt eine Kraft in der Zeichenebene der Fig. 2 auf den Ring 1, beispielsweise in Richtung B, so erfahren die Drähtepaare 3 über die Buchsen 2 Verbiegungen, ~~wei~~ wie beispielsweise in Fig. 2 gestrichelt dargestellt. Im Gegensatz zu den Längenänderungen sind dafür nur geringe Kräfte notwendig. Diese Verbiegungen sind unabhängig davon, an welcher Stelle die Kraft B auf den Ring 1 angreift, für alle Drähte gleich groß, da die Drähtepaare als Parallelgestänge wirken, d.h. der Ring und damit die Kamera bewegt sich unter der Wirkung der Kraft B in Richtung der optischen Achse.

Die Figuren 3 und 4 zeigen eine andere Ausführungsform einer Aufhängung. Die nicht gezeichnete Kamera sei an einem Ring 1 befestigt. Der Ring 1 ist mittels biegsamer Stifte 2 an einem bei 3 durchbrochenen Ring 4 befestigt. Die beiden Stücke des Ringes 4 sind durch Bandscharniere 5 verbunden. Die Ringstücke 4 sind ferner mit Verlängerungen 6 an Membranen 7 befestigt, welche wiederum in mit dem Flugzeug verbundenen Teilen 8 eingespannt sind.

57a, 7/07. 1 723 399. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. 8; Z. 2)

Die Wirkungsweise dieser Aufhängung ist wie folgt.

Wirkt in der Zeichenebene der Fig. 4 eine Kraft C auf den Ring 1, dann führt die Kamera eine Bewegung in dieser Ebena aus. Diese Bewegung wird von den Stiften 2 und von den Membranen 7 aufgefangen. Wirkt in der Zeichenebene der Fig. 3 eine Kraft D auf die Kamera, dann senkt sich der durchbrochene Ring 4 an den Stellen 3 nach unten durch. Diese Senkung wird einmal von den Bandscharnieren 5 und zum andern von den Membranen 7 aufgefangen. Da die Ringteile fest in den Membranen 7 angeordnet sind, ist es gleichgültig, an welcher Stelle die Kraft D auf die Kamera wirkt, denn die Punkte 3 senken sich gleich stark, d.h. die Kamera führt unter der Wirkung der Kraft D stets eine Bewegung parallel zur optischen Achse aus. Bei diesem Ausführungsbeispiel zerlegt sich jede andere Kraft in die Vektoren C und D, weil die Kamera Bewegungen parallel zur optischen Achse und in der Normalebene dazu ausführen kann.

57a, 7/07. 1 723 399. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). | Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. 8; Z. 2)

Schutz

~~Patent~~ansprüche.

1. Luftbildkamera, dadurch gekennzeichnet, daß sie in einem mit dem Flugzeug verbundenen Rahmen federnd aufgehängt ist, derart, daß sie in dem Rahmen nur Bewegungen parallel zu ihrer optischen Achse ausführen kann.

2. Luftbildkamera, dadurch gekennzeichnet, daß sie in einem mit dem Flugzeug verbundenen Rahmen federnd aufgehängt ist, derart, daß sie in dem Rahmen nur Bewegungen parallel zu ihrer optischen Achse und in der Normalebene zur optischen Achse ausführen kann.

3. Luftbildkamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera an Parallelogrammgestängen aufgehängt ist und die Parallelogrammgestänge in Ebenen parallel zur optischen Achse liegen.

4. Luftbildkamera nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei Parallelogrammgestänge an einer Aufhängestelle der Kamera angreifen.

5. Luftbildkamera nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Parallelogrammgestänge die Fortsetzung des andern bildet.

6. Luftbildkamera nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Stangen des Parallelogrammgestänges durch Drähtepaare ersetzt sind, an denen die Kamera etwa in der Mitte aufgehängt ist.

57a, 7/07. 1 723 399. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). | Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. 8; Z. 2)

7. Luftbildkamera nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera auf einem normal zur optischen Achse liegenden an zwei diametralen Punkten durchbrochenen Ring befestigt ist und an den durchbrochenen Stellen die Ringteile durch Bandscharniere verbunden sind, daß ferner jedes Ringstück an einem weiteren Scharnier mit einer Achse parallel zu der Achse der Bandscharniere aufgehängt ist und weitere Mittel vorgesehen sind, welche eine Bewegung der Kamera in der Normalebene zur optischen Achse gestatten.

8. Luftbildkamera nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren Scharniere durch Membranen ersetzt sind.

9. Luftbildkamera nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera mit den Ringstücken durch kurze biegsame Stangen verbunden ist, wobei die Stangen senkrecht zur Ringebene angeordnet sind.

57a, 7/07. 1 725 599. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). | Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3058. (T. S; Z. 2)

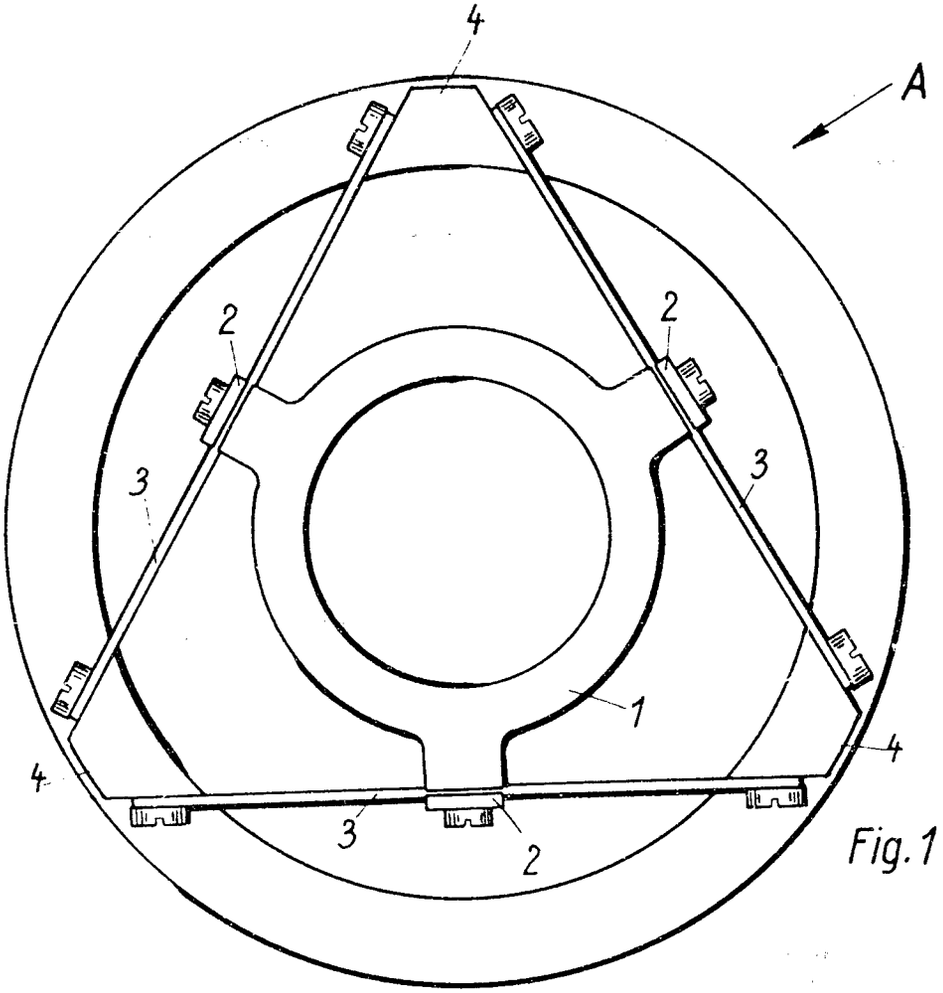


Fig. 1

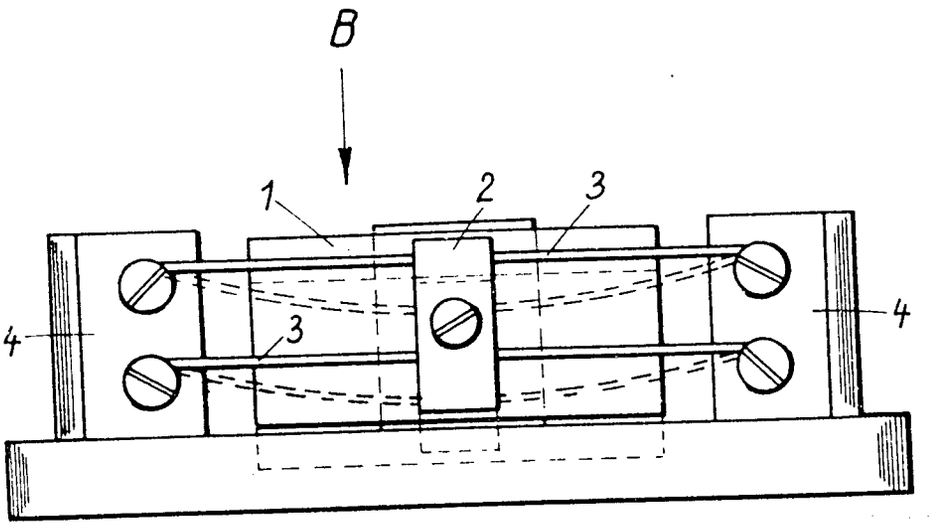


Fig. 2

19 180

57a, 7/07. 1 723 599. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen (Württ.). | Luftbildkamera. 22. 9. 54. Z 3038. (T. S; Z. 2)

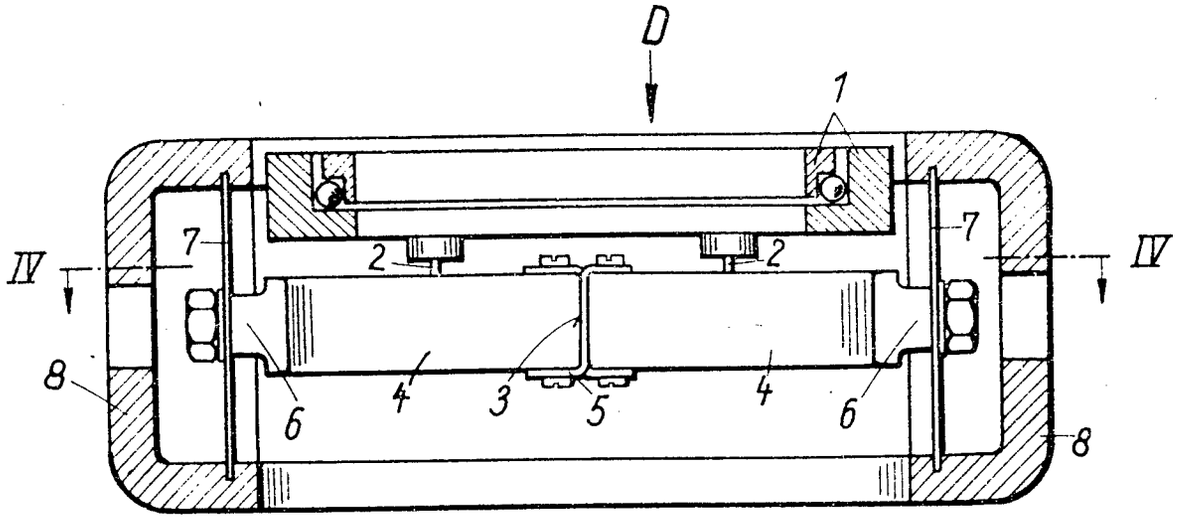


Fig.3

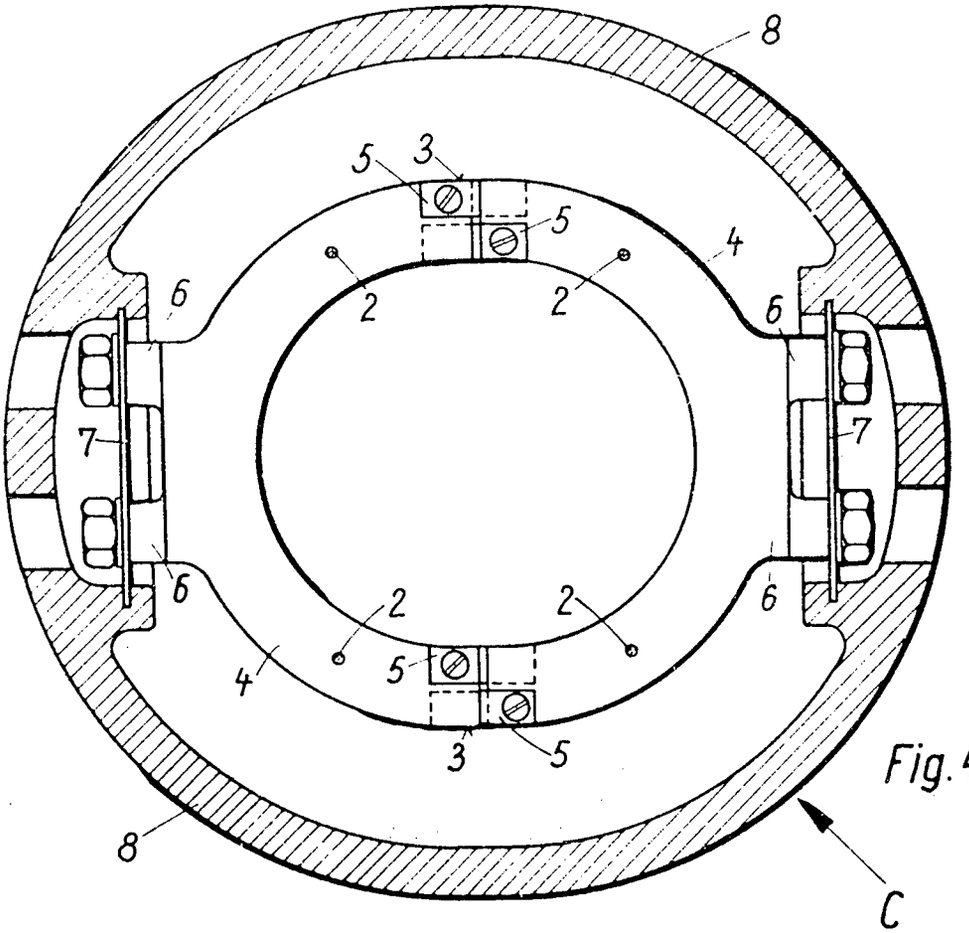


Fig.4

Bek. gem. 1 3.55[illegible]

42c, 10/02. 1 735 857. Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz. | Gerät zum Auswerten oder Entzerren von Luftbildern. 29. 8. 53. Z 2288. (T. 10; Z. 1)

Gelöscht

Nr. 1 735 857 [illegible] 13256

PA.489492-29.8.53

CARL ZEISS

Absender: Carl Zeiss, (14a) Oberkochen (Württ.)

Einschreiben

An das
Deutsche Patentamt

(13b) M ü n c h e n 2
Museumsinsel 1

Ihr Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unsere Zeichen	Oberkochen,
		Pat 1 G 133	28. August 1953

Hierdurch beantragen wir die Eintragung eines

Gebrauchsmusters

auf die in den Anlagen erläuterte Neuerung:

Vorrichtung zum Projizieren eines photographischen Luftbildes auf einen Auffangschirm.

Wir beantragen, die Eintragung bis zur Erledigung unserer denselben Gegenstand betreffenden Patentanmeldung vom 28. August 1953 auszusetzen.

Die Hälfte der Anmeldegebühr überweisen wir mit 9.- DM auf das Postscheckkonto München 79191 des Amtes.

C A R L Z E I S S

ppa. Nicklinger

(Allg. Vollmacht 36/1952)

Anlagen:
Nr. 1 u.2: 2 Doppel dieses Antrags
Nr. 3 - 5: Beschreibung samt 9 Schutzansprüchen
Nr. 6 - 8: 1 Blatt vorläufige Zeichnung (Lichtpause)
Nr. 9 : vorbereitete Empfangsbescheinigung

Form 569

PA.489402*29.8.53

Carl Zeiss in Heidenheim a.d.Brenz

Vorrichtung zum Projizieren eines photographischen Luftbildes auf einen Auffangschirm.

~~Projektionseinrichtung ohne optische Elemente.~~

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Projizieren eines photographischen Luftbildes auf einen Auffangschirm für photogrammetrische Auswertegeräte und Entzerrungsgeräte und zeichnet sich dadurch aus, daß zwischen einer als Träger für das Luftbild dienenden Einrichtung und dem Auffangschirm keine abbildenden optischen Elemente angeordnet sind. Insbesondere fehlen also die bei den bekannten Geräten die Abbildung der Luftbilder vermittelnden Objektive, so daß die Geräte, die die erfindungsgemäße Projektionseinrichtung aufweisen, wesentlich billiger hergestellt werden können, als die bekannten. Um trotz der fehlenden optischen Elemente durch Schattenwurf ein möglichst scharfes Bild auf dem Auffangschirm zu erhalten, kann eine Lichtquelle von sehr kleinen Abmessungen vorgesehen sein. Vorteilhaft wird jedoch eine Lichtquelle normaler Abmessung verwendet und dann zwischen der Lichtquelle und dem Luftbild ein optisches System kleiner Brennweite angeordnet, welches von der Lichtquelle vor dem Luftbild ein verkleinertes Bild mit großer Apertur erzeugt, so, daß die vom Bild der Lichtquelle ausgehenden Strahlen das Luftbild durchsetzen und auf dem Auffangschirm ein Schattenbild liefern. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Bild der Lichtquelle durch das Bild einer vor der Lichtquelle angeordneten Blende ersetzt und die Blende ist vorteilhaft in ihrer Größe verstellbar ausge-

bildet. Vom Bild der Blende gehen dann die Projektionsstrahlen für die Abbildung aus. Da die Schattenprojektion nicht die Bildschärfe liefern kann, die eine gute Abbildung mit Linsenoptik gibt, so läßt sich die hohe Bildschärfe der bekannten guten Entzerrungsgeräte und die hohe Genauigkeit der bekannten Auswertegeräte erster Ordnung mit Geräten, die die erfindungsgemäße Vorrichtung aufweisen, nicht erreichen. Da aber in der Praxis in den allermeisten Fällen mit nahezu senkrechten Aufnahmeachsen der Luftbilder gearbeitet wird, besteht die Möglichkeit, für diese Aufnahmen Luftbild und Auffangschirm nahe aneinander anzuordnen. Dabei ergibt sich dann einmal eine gute Helligkeit und zum andern eine gute Bildschärfe, die in vielen Fällen völlig ausreicht, zumal beispielsweise bei einer stereoskopischen Betrachtung eine geringe Unschärfe bei der Entfernungsmessung nicht viel schadet.

Als Träger für das Luftbild ist vorteilhaft, eine Glasplatte vorgesehen, die zur Vermeidung von Verzeichnungen des auf den Auffangschirm projizierten Luftbildes leicht deformiert sein kann, und der Auffangschirm ist zweckmäßig als Mattscheibe ausgebildet, so daß das auf ihn geworfene Bild auch von hinten betrachtet werden kann. Dies ist besonders dann von Vorteil, wenn Luftbild und Auffangschirm aus den genannten Gründen sehr nahe aneinandergerückt sind.

Handelt es sich bei den bekannten Geräten mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung um ein stereoskopisches Aus-

wertegerät, dann sind zweckmäßig zwei Projektionseinrichtungen der genannten Art eingebaut. Es kann dann aber eine einzige Lichtquelle vorgesehen sein, von der dann durch die optischen Systeme vor jedem Luftbild ein Bild erzeugt wird. Die Bilder der Lichtquelle können auch hier wieder durch die Bilder zweier vor der Lichtquelle angeordneter Blenden ersetzt sein, und die Blenden sind dann vorteilhaft unabhängig voneinander in ihrer Größe verstellbar.

Auf der Zeichnung sind Geräte mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung schematisch dargestellt und zwar zeigen

Fig. 1 ein Entzerrungsgerät,

Fig. 2 ein stereoskopisches Auswertegerät mit zwei Lichtquellen,

Fig. 3 ein stereoskopisches Auswertegerät mit einer Lichtquelle.

In Fig. 1 sind hinter einer Lichtquelle 1 ein Kondensor 2 und eine verstellbare Blende 3 angeordnet. Die Blende 3 wird durch ein Mikroskopobjektiv 4 abgebildet. Im Ort des Blendenbildes liegt dann das Projektionszentrum 5 für die Projektion eines Luftbildes 6 auf einen hinter dem Luftbild angeordneten Auffangschirm 8. Als Träger des Luftbildes 6 dienen zwei Glasplatten 7. Der Auffangschirm 8 ist als Mattscheibe ausgebildet und läßt sich in den Grenzen, wie sie für die Bildentzerrung gebraucht werden, be-

liebig neigen. Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist folgendermaßen.

Die von dem Projektionszentrum 5 ausgehenden Lichtstrahlen durchsetzen das Luftbild 6 und werfen von diesem ein Schattenbild auf den Auffangschirm 8. Durch Änderung des Abstandes zwischen Luftbild 6 und Auffangschirm 8 läßt sich die Größe des Bildes verändern. Mit wachsendem Abstand des Auffangschirmes vom Luftbild nimmt nun die Unschärfe des projizierten Bildes zu. Diese Unschärfe kann durch Verkleinern der Blende 3 in begrenztem Maße wieder ausgeglichen werden. Umgekehrt nimmt mit der Verkleinerung des Abstandes zwischen Luftbild 6 und Auffangschirm 8 die Schärfe des Bildes zu und die Blende 3 kann vergrößert werden, so daß damit auch die Helligkeit wächst.

In Fig. 2 ist ein Auswertegerät mit zwei Lichtquellen von kleinen Abmessungen und zwei erfindungsgemäßen Projektionseinrichtungen dargestellt. Die Lichtquellen 9' und 10' sind in Projektionszentren 9 und 10 der beiden Luftbilder 11 und 12 angeordnet. Die Luftbilder 11 und 12 liegen zwischen Glasplatten 13 und 14 und sind mit diesen zusammen beliebig neigbar und verschiebbar gelagert, damit sie in dem Maße, wie es für die Auswertung erforderlich ist, orientiert werden können. Die Glasplatten sind zu diesem Zweck mit Kugelgelenken 15 und 16 an in der Höhe verstellbaren Schlitten 17 und 18 befestigt, die ihrerseits wieder auf in der Längsrichtung auf Führungen 19 und 20 verschiebbaren Schlitten 21 und 22 angeordnet sind. Die

Kugelgelenke 15 und 16 haben ihre Mittelpunkte in den Projektionszentren 9 und 10 der Luftbilder 11 und 12, so daß diese auch um eine Achse durch die beiden Projektionszentren kippbar sind. Senkrecht zu dieser Achse sind vor den Luftbildern 11 und 12 zwei feststehende Auffangschirme 23 und 24 angeordnet, welche durch vorgesehene Spiegel 25 und 26 unter 45° in eine Zeichenebene 27 virtuell abgebildet werden. Die Spiegel 25 und 26 weisen einen auf Glasplatten aufgetragenen Spiegelbelag auf, der teilweise durchlässig ist, so daß ein Betrachter neben den Luftbildern auch eine in der Zeichenebene 27 angeordnete Leuchtmarke sehen kann. Um die Verzeichnungen zu kompensieren, die durch die belegten Glasplatten hervorgerufen werden, sind auf diesen weitere Glasplatten 28 und 29 gleicher Dicke rückwärts aufgelegt. Als Leuchtmarke dient eine kleine von einer Lichtquelle 30 beleuchtete Blende 31, die über einen unter 45° geneigten Spiegel 32 in die Zeichenebene 27 abgebildet wird. Die Lichtquelle 30, die Blende 31 und der Spiegel 32 sind in einer Büchse 33 untergebracht, die von Hand beliebig auf der Zeichenfläche verschoben werden kann. Am Ort des Bildes der Blende 31 befindet sich eine Kugel 34, die durch den Druck einer Feder 35 gegen die Zeichenfläche gepreßt wird und die durch einen Hebel 36 von der Zeichenfläche abgehoben werden kann. Legt man zwischen Kugel 34 und Zeichenebene 27 ein Zeichen- sowie ein durchscheinendes Papier, und dazwischen mit dem Rücken gegeneinander zwei Blatt Kohlepapier, so wird durch den Druck der Kugel 34 beim Darübergleiten sowohl auf das Zeichenpapier, als auch auf das durchscheinende Papier eine deutliche Linie

gezogen. Ein Beobachter kann an Hand dieser Linie auf dem durchscheinenden Papier den Weg der Kugel verfolgen. Anstelle der Kugel kann auch eine andersartige Schreibvorrichtung benutzt werden.

Die Wirkungsweise des Geräts ist folgende.

Die von den Lichtquellen 9' und 10' ausgehenden Lichtstrahlen werfen von den Luftbildern 11 und 12 Schattenbilder auf die Auffangschirme 23 und 24, welche durch die Spiegel 25 und 26 in die Zeichenebene 27 abgebildet werden. Ein Beobachter, der von oben her auf die Spiegel 25 und 26 blickt, so, daß sein eines Auge das Bild auf dem Auffangschirm 23 und das andere das auf dem Auffangschirm 24 wahrnimmt, kann diese Bilder durch Ausrichten der Luftbilder 11 und 12 mittels der beschriebenen Anordnung zu einer vollkommenen stereoskopischen Vereinigung bringen, so daß ihm ein räumliches Landschaftsbild erscheint. Dieses Bild kann durch die Leuchtmarke in der Zeichenebene 27 abgetastet werden, so daß beim Aufzeichnen mittels der beschriebenen Vorrichtung die Schnittlinie wiedergegeben wird, die die Zeichenebene 27 mit dem Landschaftsbild liefert. Die verschiedenen Höhenschichtlinien gewinnt man dadurch, daß man die Abstände der Projektionszentren 9 und 10 von den Auffangschirmen 23 und 24 um gleiche Beträge vergrößert oder verkleinert, was durch eine nicht gezeichnete Schraubenspindel mit Rechts- und Linksgewinde erreicht werden kann. Die Abstände der Auffangschirme 23 und 24 von den Luftbildern 11 und 12 werden vorteilhaft möglichst klein

gewählt, damit auf den Auffangschirmen scharfe Bilder entstehen. Dies ist immer dann möglich, wenn die Luftbilder mit nahezu senkrechten Aufnahmeachsen aufgenommen worden sind, so daß sie bei ihrer Orientierung im Gerät nicht wesentlich gekippt zu werden brauchen.

Fig. 3 zeigt eine geänderte Ausführungsform eines Auswertegerätes, bei dem nur eine Lichtquelle vorgesehen ist. Die von der Lichtquelle 40 ausgehenden Lichtstrahlen durchsetzen zwei Kondensoren 41 und 42, sowie zwei unabhängig voneinander verstellbare Blenden 43 und 44. Die Blenden 43 und 44 werden über Prismen 45 und 46 und Mikroskopobjektive 47 und 48 in Projektionszentren 49 und 50 von Luftbildern 51 und 52 stark verkleinert abgebildet. Die Luftbilder 51 und 52 sind, wie im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2, zwischen um die Projektionszentren 49 und 50 mittels Kugelgelenken 53 und 54 schwenkbaren Glasplatten angeordnet. Die von den Projektionszentren ausgehenden Lichtstrahlen durchsetzen die Luftbilder 51 und 52 und werfen von ihnen auf vorgesehene Auffangschirme 55 und 56 Schattenbilder. Zur Betrachtung der Bilder auf den Auffangschirmen dient ein Stereoskop. Jede Seite des Stereoskops enthält ein aus zwei Linsen bestehendes Objektiv 57 und ein Okular 58. Die Brechkräfte der Objektivhälften sind so bemessen, daß die von den Auffangschirmen kommenden Lichtstrahlen zwischen den beiden Objektivhälften parallelstrahlig verlaufen, so daß man durch Änderung ihres Abstandes einerseits den Augenabstand für die Okulare und andererseits die Basis einstellen kann. Als Abtastmarken dienen zwei durch zwei Lichtquellen 59 und 60 beleuchtete

Blenden 61 und 62, deren Bilder über Teilungsprismen 63 und 64 in den Strahlengang des Stereoskops eingespiegelt werden, so, daß ihre Bilder auf den Auffangschirmen 55 und 56 erscheinen. Um Störungen des stereoskopischen Bildes durch Körnigkeit der Auffangschirme zu vermeiden, können die Auffangschirme 55 und 56 schnell rotierbar oder in parallelen Führungen kreisbar ausgebildet sein.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist im wesentlichen die gleiche wie die unter Fig. 2 beschriebene. Die Auffangschirme 55 und 56 werden so nahe wie es die zur Orientierung erforderliche Kippung der Luftbilder 51 und 52 zuläßt, an diese herangeschoben, um ein möglichst scharfes Bild zu erhalten. Durch Verkleinern der Blenden 43 und 44 kann die Schärfe der Bilder vergrößert werden, umgekehrt wächst durch Vergrößerung dieser Blenden die Helligkeit der Bilder. Zum Abtasten der Luftbilder mittels der Leuchtmarke ist hier das Stereoskop gegen die Projektionseinrichtung nach den drei Koordinatenrichtungen durch eine nicht gezeichnete Vorrichtung verschiebbar ausgebildet.

P.A. 524 469 * 22. 9. 56

97

Neue Schutzansprüche

1. Gerät zum Auswerten oder Entzerren von Luftbildern, gekennzeichnet durch eine Projektion des Luftbildes auf einen Auffangschirm mittels Schattenprojektion.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die Projektion des Luftbildes auf dem Auffangschirm eine Lichtquelle von sehr kleinen Abmessungen vorgesehen ist.

3. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einer Lichtquelle und dem Luftbild ein optisches System von kleiner Brennweite angeordnet ist, welches von der Lichtquelle vor dem Luftbild ein verkleinertes Bild mit großer Apertur erzeugt, so, daß die vom Bild der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlen das Luftbild durchsetzen und auf dem Auffangschirm ein Schattenbild liefern.

4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Bild der Lichtquelle durch das Bild einer vor der Lichtquelle angeordneten Blende ersetzt ist.

5. Gerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Blende in ihrer Größe verstellbar ausgebildet ist.

6. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Träger für das Luftbild eine Glasplatte vorgesehen ist, die zur

Vermeidung von Verzeichnungen des auf den Auffangschirm projizierten Luftbildes leicht deformiert sein kann.

7. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Auffangschirm als Mattscheibe ausgebildet ist.

8. Stereoskopisches Auswertegerät mit zwei Vorrichtungen zum Projizieren von Luftbildern nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß nur eine Lichtquelle vorgesehen ist, von der durch die optischen Systeme vor jedem Luftbild ein Bild erzeugt ist.

9. Stereoskopisches Auswertegerät nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Bilder der Lichtquelle durch die Bilder zweier vor der Lichtquelle angeordneter Blenden ersetzt sind, und daß diese Blenden in ihrer Größe unabhängig voneinander verstellbar sind.

210956
Kn/Wdk

Fig. 1

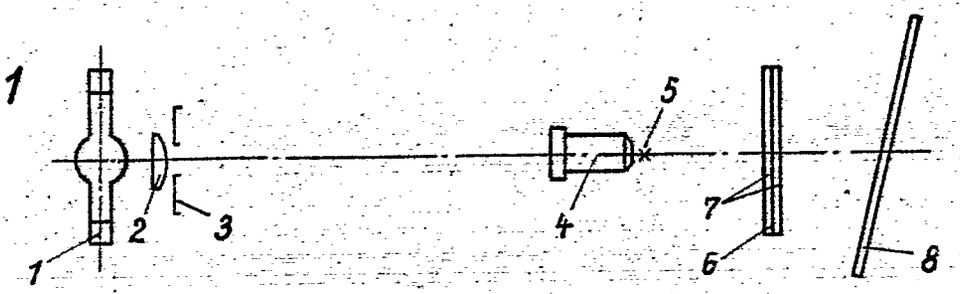


Fig. 2

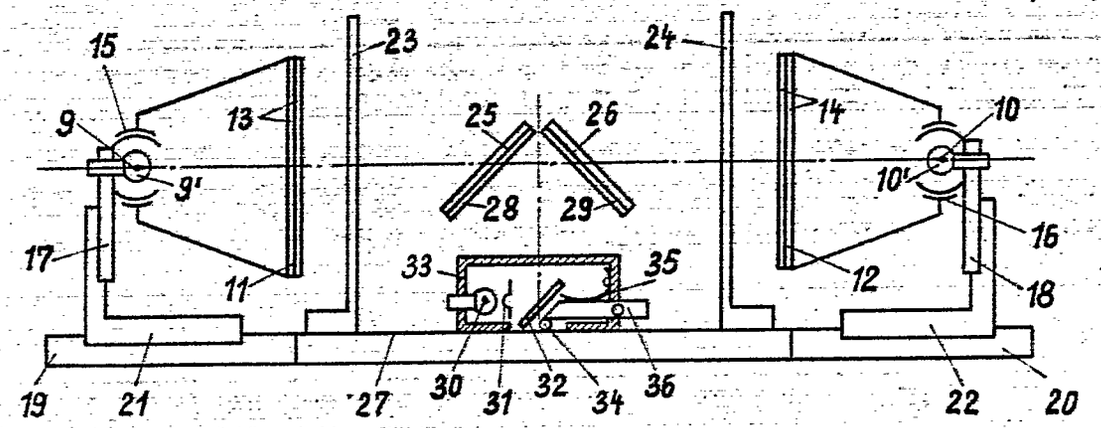
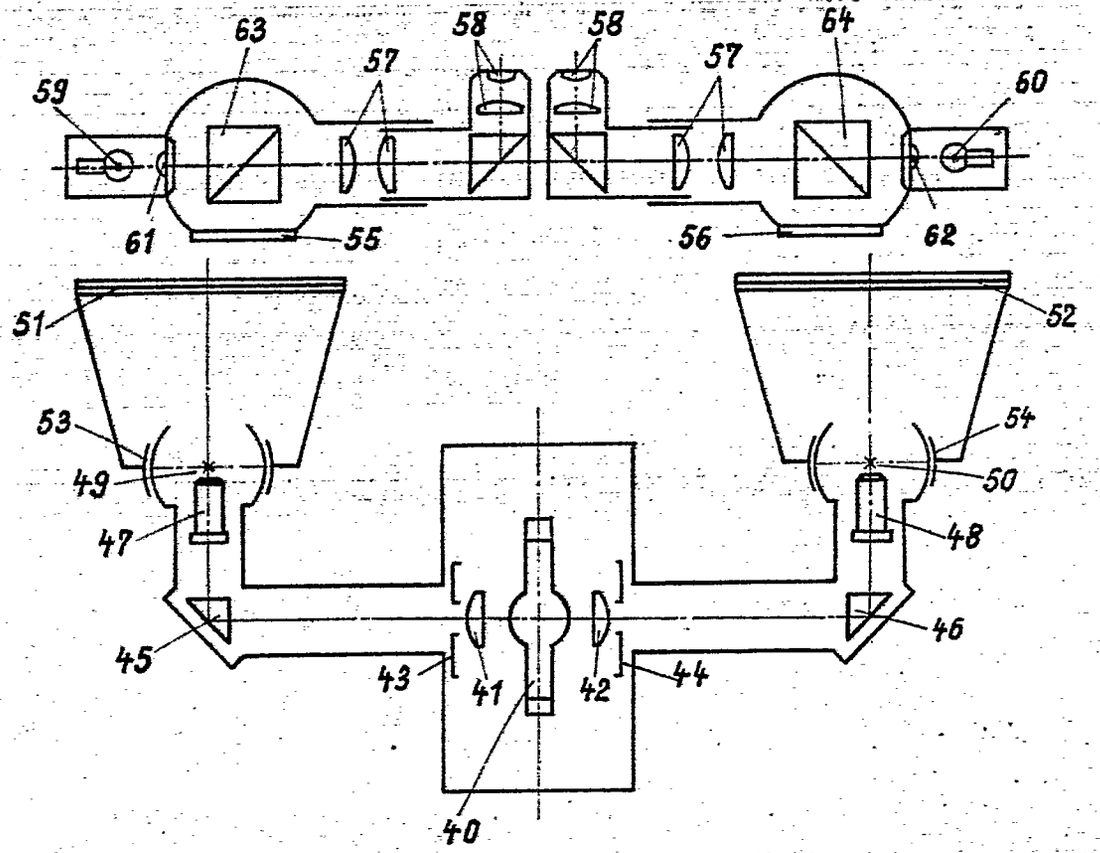


Fig. 3



Bek. gem. 25. APR. 1957

57a, 7/07. 1 743 867. Fa. Carl Zeiss. Heidenheim/Brenz. Luftbildkamera 13. 9. 54. Z 3028. (T. 5; Z. 1)

Gelöscht

Nr. 1 743 867 eingetr. 25. 4. 57

CARL ZEISS

P.A.546520-13.9.54

Nr. 1

CARL ZEISS

Postanschrift: Carl Zeiss, (14a) Oberkochen/Württ.

Einschreiben!

An das
Deutsche Patentamt

(13b) München 2
Museumsinsel 1

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unsere Zeichen	Hausruf	Oberkochen
		Pat 1 G 176	226	11. Sept. 1954

Hierdurch beantragen wir die Eintragung eines

Gebrauchsmusters

auf die in den Anlagen erläuterte Neuerung:

L u f t b i l d k a m e r a.

Wir beantragen, die Eintragung bis zur Erledigung unserer denselben Gegenstand betreffenden Patentanmeldung vom 11. Sept. 1954 auszusetzen.

Die Hälfte der Anmeldegebühr in Höhe von 9.-- DM werden wir überweisen, wenn uns das Aktenzeichen bekannt geworden ist.

C A R L Z E I S S

(Gen. Vollmacht 138/1953)

Anlagen:
Nr. 1 und 2: 2 Doppel dieses Antrags
Nr. 3 bis 5: Beschreibung samt 4 Schutzansprüchen
Nr. 6 bis 8: 1 Blatt Zeichnung (Lichtpause)
Nr. 9: vorbereitete Empfangsbescheinigung

Am 1 G 176

RB.-Nr.: 0/0795/4038 / Drahtwort: Zeisswerk Oberkochen / Fernschreiber: 0745-52 / Fernsprecher: Oberkochen 295, Heidenheim 2254, Aalen 1295 / Bankkonten: Süddeutsche Bank Heidenheim, Württ. Bank Stuttgart / Postscheck: Stuttgart 2015 / Bahnstation: Oberkochen (Württ.)
Alle geschäftlichen Mitteilungen erbitten wir an die Adresse der Firma, ohne Angabe einer bestimmten Person.

P.A.546520*13.9.54

Nr. 4

CARL ZEISS IN HEIDENHEIM a.d. BRENZ

Luftbildkamera.

Die Erfindung betrifft eine Luftbildkamera mit einer abnehmbaren Kassette und einem Schieber zum Verschließen der Kassette, sowie einer beweglichen Platte zum Andrücken des Films an einen Rahmen während der Aufnahme und einer Steuervorrichtung für die Bewegung der Platte. Die bekannten Luftbildkameras dieser Art haben den Nachteil, daß, wenn die Andruckplatte gerade den Film an den Rahmen drückt, die Kassette nicht geschlossen werden kann, weil der Schieber zwischen Film und Rahmen hindurchgeführt werden muß und Andruckplatte und Film dem Schieber den Weg versperren. Weiter tritt der Mangel auf, daß, falls nicht darauf geachtet wird, in welcher Bewegungsstellung sich die Andruckplatte befindet und die Andruckplatte den Film gerade an den Rahmen drückt, der Film beim Versuch des Schließens der Kassette beschädigt wird. Diese Nachteile werden erfindungsgemäß dadurch beseitigt, daß die Steuervorrichtung Mittel aufweist, welche beim Schließen der Kassette mit dem Schieber unabhängig von der augenblicklichen Lage der Platte diese ins Innere der Kassette ziehen. Zweckmäßig ist die Platte an einem zweiarmigen Hebel angelenkt, an dessen einem Arm die Steuervorrichtung und an dessen anderem Arm die Mittel für das Zurückziehen der Platte angreifen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorteilhaft eine Sperrvorrichtung vorgesehen, welche jede Bewegung des

1-P-167-
1917

Schiebers in abgehobenem Zustand der Kassette von der Kamera ausschließt. Dadurch wird vermieden, daß durch irrtümliches Drehen am Betätigungsknopf des Schiebers der bereits belichtete Film verdorben wird. Zweckmäßig weist die Kassette schließlich unter der Wirkung von Federn stehende umklappbare Handgriffe auf, die mit einer Vorrichtung in Verbindung stehen, welche im umgeklappten Zustand der Handgriffe die Kassette mit der Kamera verriegelt. Diese Ausbildung der Handgriffe verhindert eine unbeabsichtigte Verschiebung der aufgesetzten Kassette.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigen

Fig. 1 die Luftbildkamera mit aufgesetzter Kassette, teilweise geschnitten,

Fig. 2 einen Schnitt nach der Linie II-II der Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Luftbildkamera 1, welche einen Rahmen 2 aufweist, gegen den durch eine Andruckplatte 3 ein Film 4 gedrückt wird. Der Film 4 ist zwischen Antriebsrollen 5 geführt und wird, wenn die Antriebsrollen in Tätigkeit sind, von einer Vorratsrolle 6 abgewickelt und auf eine Rolle 7 aufgewickelt. Das Andrücken des Filmes 4 an den Rahmen 2 durch die Platte 3 wird durch eine Nockenscheibe 8 bewirkt, welche auf einen Arm 10 eines Hebels 11 drückt, welcher seinerseits über eine Stange 12 auf die Platte 3 wirkt (Fig. 2). Die Andruckplatte 3 hängt an einer Blattfeder 13, so daß die Andruckplatte, wenn

die Stange 12 keinen Druck auf die Platte ausübt, selbsttätig abgehoben wird. Auf den andern Arm 14 des Hebels 11 wirkt ein Hebel 16, welcher um einen Zapfen 17 drehbar ist und dessen einer Arm durch eine Feder 9 auf eine Nockenscheibe 18 gedrückt wird. Die Nockenscheibe 18 ist mit einem nicht gezeichneten Drehknopf und über eine nicht gezeichnete Übersetzung mit einem Zahnrad 15 verbunden. Das Zahnrad 15 greift in eine Kette 19, an der ein Schieber 20 zum Verschließen der Kassette befestigt ist.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt.

Im Betrieb der Kamera dreht sich die Nockenscheibe 8 und drückt auf den Arm 10 des Hebels 11, wodurch die Platte 3 an den Film angedrückt oder von diesem abgehoben wird. Die Belichtung des Films findet in angedrücktem Zustand an den Rahmen 2 statt und in abgehobenem Zustand wird der Film um eine Bildbreite durch die Rolle 5 weitergezogen. Soll die Kassette von der Kamera abgehoben werden, so muß, um den Film nicht zu verderben, der Schieber 20 geschlossen werden. Dies geschieht durch Drehen des mit der Nockenscheibe 18 verbundenen nichtgezeichneten Drehknopfes und des Zahnrades 15. Dabei wird unabhängig davon, ob die Andruckplatte am Rahmen 2 anliegt oder nicht, der Arm 14 des Hebels 11 angehoben, so daß die Platte 3 ins Innere der Kassette gezogen wird. Durch Weiterdrehen des Drehknopfes wird anschließend der Schieber 20 durch die Kette 19 vor die Kassettenöffnung gezogen.

In der Kassette ist ferner ein doppelarmiger Hebel 21 vorgesehen, auf dessen einen Arm 35 im aufgesetzten Zustand

der Kassette ein Stift 40 des Rahmens 2 der Kamera drückt. Im abgehobenen Zustand der Kassette wird der Hebel 21 durch eine Feder 22 so weit gedreht, daß eine am andern Arm 36 des Hebels 21 vorgesehene Sperre 23 in die Kette 19 greift, so daß eine Betätigung des Schiebers im abgehobenen Zustand der Kassette von der Kamera unmöglich wird. Nur wenn die Kassette auf der Kamera aufgesetzt ist und der Stift 40 des Rahmens 2 auf den Arm 35 des Hebels 21 drückt, wird die Kette 19 freigegeben und der Schieber kann geöffnet oder geschlossen werden.

Um eine einfache und sichere Verriegelung der Kassette mit der Kamera zu gewährleisten, sind an der Kassette Handgriffe 24 und 25 angebracht, welche drehbar um Zapfen 26 und 27 sind. Die Griffe stehen unter dem Zug von Federn 28, so daß sie, nachdem die Kamera aufgesetzt ist, und die Handgriffe losgelassen worden sind, in die gezeichnete Stellung umgeklappt werden. Dabei schieben sich mit den Handgriffen 24 und 25 verbundene Stifte 30 aus der Kassette heraus in Ausnehmungen 32 und 33 des Rahmens 2 der Kamera, wodurch die Kassette mit der Kamera verriegelt wird. Der Übersichtlichkeit halber ist in der Fig.1nur eine Feder 28 und ein Stift 30 dargestellt worden. Soll die Kassette von der Kamera abgehoben werden, so ist es nur notwendig, an die Handgriffe zu fassen und die Kassette anzuheben. Dadurch klappen zunächst die Handgriffe um und ziehen die Stifte 30 aus den Ausnehmungen 32 und 33 heraus, so daß dem weiteren Abheben der Kassette von der Kamera nichts mehr im Wege steht.

Schutzansprüche

1. Luftbildkamera mit einer abnehmbaren Kassette und einem Schieber zum Verschließen der Kassette sowie einer beweglichen Platte zum Andrücken des Filmes an einen Rahmen während der Aufnahme und einer Steuervorrichtung für die Bewegung der Platte, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung (8) Mittel (18, 16) aufweist, welche beim Verschließen der Kassette mit dem Schieber (20) unabhängig von der augenblicklichen Lage der Platte (3) diese ins Innere der Kassette ziehen.

2. Luftbildkamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte (3) an einem zweiarmigen Hebel (11) angelenkt ist, an dessen einem Arm (10) die Steuervorrichtung und an dessen anderem Arm (14) die Mittel (18, 16) für das Zurückziehen der Platte (3) angreifen.

3. Luftbildkamera, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sperrvorrichtung (35, 21, 23, 36) vorgesehen ist, welche jede Betätigung des Schiebers (20) in abgehobenem Zustand der Kassette von der Kamera ausschließt.

4. Luftbildkamera, dadurch gekennzeichnet, daß die Kassette unter der Wirkung von Federn (28) stehende umklappbare Handgriffe (24, 25) aufweist, und daß die Handgriffe (24, 25) mit einer Vorrichtung (30) verbunden sind, welche im umgeklappten Zustand der Handgriffe die Kassette mit der Kamera verriegelt.

220257
Kn/Wdk

Deutsches Patentamt Gebrauchsmusterstelle.
Die ursprünglich ... eingereichten Unterlagen ab. Die rechtliche Bedeutung der Änderungen ... eines rechtlichen ... Unterlagen befinden sich in den Amtsakten. Sie können ... negative zu den üblichen Preisen geliefert.

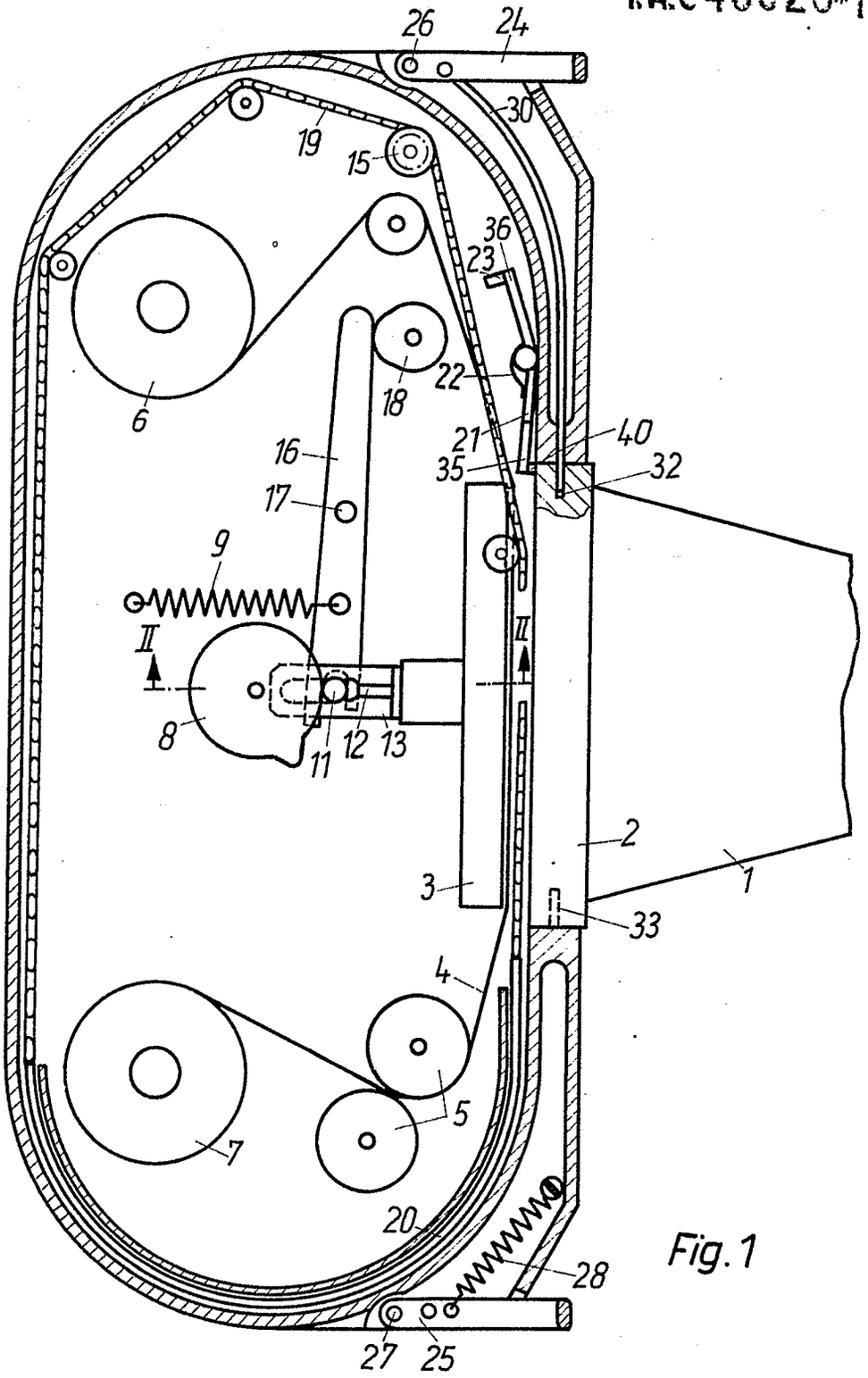


Fig. 1

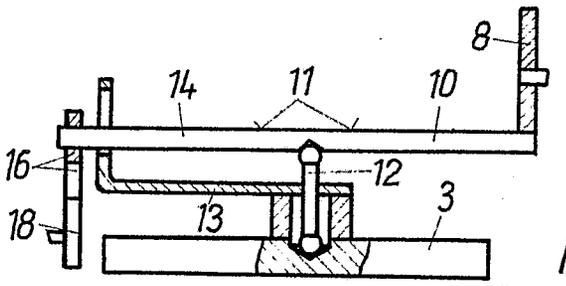


Fig.2

1 g 176

Bek.gem. 22. MAI 1958

42c, 10'02. 1 767 221. Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz. | Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern. 16. 9. 54. Z 3033. (T. 5; Z. 1)

Nr. 1 767 221* eingetr. 22. 5. 58

PA.553424 * 16.9.54

Nr. 1

1

CARL ZEISS

CARL ZEISS

Postanschrift: Carl Zeiss, (14a) Oberkochen/Württ.

Einschreiben!

An das
Deutsche Patentamt

(13b) München 2
Museumsinsel 1

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unsere Zeichen	Hausruf	Oberkochen
		Pat 1 G 177	226	14. Sept. 1954

Hierdurch beantragen wir die Eintragung eines

Gebrauchsmusters

auf die in den Anlagen erläuterte Neuerung:

Gerät für die stereoskopische Auswertung
von Luftbildern.

Wir beantragen, die Eintragung bis zur Erledigung unserer denselben Gegenstand betreffenden Patentanmeldung vom 14. Sept. 1954 auszusetzen.

Die Hälfte der Anmeldegebühr werden wir überweisen, wenn uns das Aktenzeichen bekannt geworden ist.

CARL ZEISS

(Gen. Vollmacht 138/1953)

Anlagen:
Nr. 1 und 2: 2 Doppel dieses Antrags
Nr. 3 bis 5: Beschreibung samt 2 Schutzansprüchen
Nr. 6 bis 8: 1 Blatt Zeichnung (Lichtpause)
Nr. 9: vorbereitete Empfangsbescheinigung

Am 1 G 177

P.A. 178 899 • 29. 3. 58

CARL ZEISS IN HEIDENHEIM a.d. BRENZ

Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern

Die Erfindung betrifft ein Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern. Bei den bekannten Geräten werden zwei Marken, von denen je eine einem der Luftbilder zugeordnet ist, zur Festlegung eines Punktes im stereoskopischen Modell in der Ebene der Luftbilder relativ zu diesen bewegt. Die relative Bewegung wird z. B. durch einen Kreuzschlitten bewirkt, mit dem die Marken über zweiarmige Hebel verbunden sind, und zwar sind die Marken an dem einen Ende der Hebel und der Kreuzschlitten an dem andern Arm der Hebel befestigt. Es können aber auch die Marken fest angeordnet sein und die Luftbilder in der genannten Weise verschoben werden. Die Abstände der Angriffspunkte des Kreuzschlittens von den Drehpunkten der Hebel sind einstellbar, um einen Parallaxenwert einstellen zu können. Diese Ausbildung hat den Nachteil, daß die Hebelarme verhältnismäßig lang sein müssen, und daß sie sich deshalb infolge ihres Eigengewichts sowie der an sie angreifenden Kräfte leicht durchbiegen. Dadurch wird das Meßergebnis ungenau, denn ist z. B. mit dem Kreuzschlitten eine Zeichenvorrichtung verbunden, dann zeichnet der Zeichenstift nicht mehr genau den Punkt, den die Meßmarken anzeigen.

1 G 177

Hinweis: Diese Unterlage (Beschreibung und Schutzansprüche) ist die zuletzt eingereichte; sie weicht von der Fassung der ursprünglich eingereichten Unterlagen [illegible] Die ursprünglich eingereichten Unterlagen [illegible] können jederzeit ohne Nachweis eines rechtlichen Interesses eingesehen werden. Auf Antrag werden hiervon auch Fotokopien oder Abzüge zu den üblichen Preisen geliefert.

Deutsches Patentamt, Auskunftsstelle

Um diesen Nachteil zu beseitigen, wurde bereits die Verwendung eines einarmigen Hebels vorgeschlagen. Hierbei war jedoch der Angriffspunkt an den Hebeln zur Einleitung der Bewegung der Parallaxenmarken ungünstig gewählt.

Diesen Nachteil beseitigt die Neuerung dadurch, daß das die Bewegung einleitende Glied zwischen den Anlenkpunkten der Hebel in den Projektionszentren und den Befestigungspunkten an den Luftbildern oder den Parallaxenmarken angreift.

Selbstverständlich kann auch hier der Abstand der Angriffspunkte des Kreuzschlittens vom Drehpunkt der Hebel zur Parallaxeneinstellung wählbar sein. Dadurch, daß nunmehr die Hebelarme wesentlich kürzer geworden sind und die Angriffspunkte des Kreuzschlittens auf den Hebeln in der Nähe der Marken selbst liegen, biegen sich die Hebel praktisch nicht mehr durch. Darüber hinaus hat diese Ausbildung aber noch den Vorteil, daß auf Grund des Wegfalls der zweiten Hebelarme das ganze Gerät wesentlich kleiner gehalten werden kann, was nicht zuletzt eine Raumersparnis und Kostensenkung bedeutet.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigt die Figur ein Teilstück eines Auswertegerätes mit der erfindungsgemäßen Einrichtung.

In Rahmen 1 und 2 sind Luftbilder 3 und 4 gelagert, welche durch ein Stereoskop 5 mit zweilinsigen Objektiven 6 und Okularen 7 betrachtet werden. In den Strahlengang des Stereoskops sind über Teilungsprismen 8 und 9 zwei durch zwei Lichtquellen 10 und 11 beleuchtete Blenden 12 und 13 eingespiegelt, so daß ihre Bilder in der Ebene der Luftbilder bei 14 und 15 erscheinen und als Abtastmarken dienen können. Die Brechkräfte der Objektivhälften sind so bemessen, daß die von den Luftbildern 3 und 4 kommenden Lichtbündel zwischen den beiden Objektivhälften parallelstrahlig verlaufen, so daß man durch Änderung ihres Abstandes entweder den Augenabstand für die Okulare einstellen oder den Abstand der Meßmarkenbilder 14 und 15 voneinander zur Parallaxeneinstellung verändern oder aber auch die Markenbilder 14 und 15 verschieben kann. Die Stereoskophälften sind zu diesem Zweck mit ihren Teilen 16 und 17 ausziehbar. Die Teile 16 und 17 sind über Kugelgelenke 18 und 19 an Hebel 20 und 21 befestigt. Die Hebel 20 und 21 liegen verschiebbar in Kugeln 22, 23, 24 und 25. Die Kugeln 22 und 23 bilden Lager in einem Schlitten 26 eines Kreuzschlittens 26, 27. Der Schlitten 26 ist in Richtung des Pfeiles A verschiebbar und der Schlitten 27 senkrecht zur Zeichenebene. Der Kreuzschlitten 26, 27 ist mit einer Stange 28 verbunden, welche in einer Führung 29 liegt, in der sie in Richtung des Pfeiles C verschiebbar ist. Die Kugeln 24 und 25 liegen in festen Lagern 30 und 31.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt.

Wird der Kreuzschlitten 26 und 27 verschoben, so werden über die Kugeln 22 und 23 die Hebel 20 und 21 entsprechend in den Lagern 30 und 31 gedreht. Die Hebel 20 und 21 verschieben die Teile 16 und 17 des Stereoskops und gegebenenfalls das Stereoskop 5 selbst parallel zu den Luftbildern 3 und 4 und die Bilder der Marken 14 und 15 wandern zum Abtasten der Geländebilder in der Ebene der Luftbilder um gleiche Beträge. Wird durch die Stange 28 der Kreuzschlitten 26, 27 gehoben oder gesenkt, so verschieben sich die Kugeln 22 und 23 längs der Hebel 20 und 21. Dabei ändert sich der Abstand der Stereoskopteile 16 und 17 voneinander und damit auch der Abstand der Markenbilder 14 und 15, d.h. durch diese Verschiebung ist die Einstellung einer bestimmten Parallaxe möglich. Mit dem Kreuzschlitten 26 und 27 kann eine Zeichenvorrichtung verbunden sein, welche dann entsprechend der Verschiebung der Markenbilder 14 und 15 Geländepunkte festlegt.

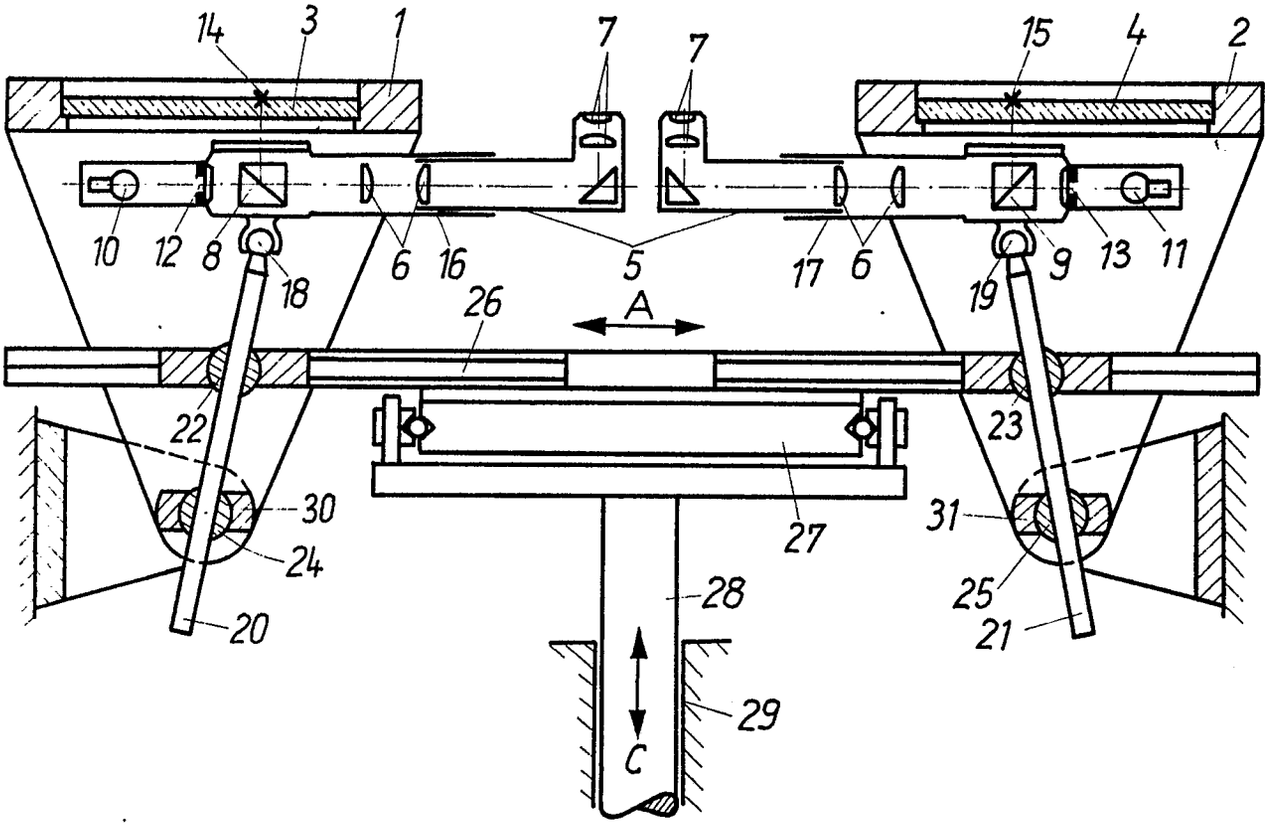
Schutzansprüche

1. Gerät für die stereoskopische Auswertung von Luftbildern, bei dem in den Projektionszentren der Luftbilder einarmige Lenker befestigt sind, welche zur Steuerung einer Relativbewegung zwischen den Luftbildern und den zum Abtasten der Luftbilder vorgesehenen Marken die Marken oder die Luftbilder verschieben, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Anlenkpunkten der Hebel (20, 21) in den Projektionszentren (24, 25) und den Befestigungspunkten (18, 19) an den Luftbildern oder den Parallaxenmarken (12, 13) ein die Bewegung der Hebel bewirkendes Glied (26) angreift.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Angriffspunkte des Gliedes (26) auf den Hebeln einstellbar ist.

Kn/Knr
280358

P.A.59342+169.54



den 12.6. 19 57
(Tag)

.....

.....

.....

Bek gem. 2. JULI 1959

37d, 7/01. 1 791 371. Gebrüder Pallm G.m.b.H., Neukochen (Kr. Aalen, Württ.). Luftbildende biegeweiche und zugleich biegesteife Laut- und/oder Trittschall-Dämmplatte. 15. 6. 57. P 11 732. (T. 5; Z. 1)

Nr. 1 791 371*

eingetr. -2.7.59

P.A.326254*13.6.57

Patent-Anmeldung

Neukochen, den 12.6. 19 57
(Ort, Straße, Hausnr.) (Tag)

An das

Deutsche Patentamt

(13b) **München 2**
Museumsinsel 1

Hiermit melden ich — wir — die Firma — Gebrüder P a l m G.m.b.H.

(Bei Einzelpersonen: Vor- und Zuname; bei Firmen: Handelsgerichtlich eingetragene Bezeichnung)

in Neukochen Kr. Aalen/Württ.
(Genaue Postanschrift)

durch -
(Name, Wohnort des etwa bestellten Vertreters)

die in den Anlagen beschriebene Erfindung zum Patent an

— als Zusatz zum Patent Nr.

— als Zusatz zur Patentanmeldung
(Aktenzeichen)

Zugleich wird beantragt, falls die Patentanmeldung ohne Erteilung eines Patents erledigt wird, die Eintragung in die Gebrauchsmusterrolle (Gebrauchsmuster-Hilfsanmeldung). Die hierfür erforderlichen zusätzlichen Unterlagen sind beigefügt.

Unions-Priorität vom - aus -
(Tag und Land der etwaigen Erstanmeldung im Ausland)

Priorität der Schaustellung vom - auf der am

eröffneten

(Zeit und Ort der etwaigen Schaustellung auf einer anerkannten Ausstellung)

wird beansprucht.

Die Bezeichnung lautet:

Luftbildende biegeweiche und zugleich biegesteife Laut- und/oder Trittschall-Dämmplatte

(Kurze technische Bezeichnung der Erfindung, keine Phantasiebezeichnung)

Die Patentanmeldegebühr mit DM 50.—
(und die Gebühr für die Gebrauchsmuster-Hilfsanmeldung mit DM 15.—)
werden unverzüglich auf das Postscheckkonto München 791 91 des Deutschen Patentamts eingezahlt, sobald das Aktenzeichen mitgeteilt ist.

Alle für mich (uns) bestimmten Sendungen sind an den mitunterzeichneten

(Bei mehreren Anmeldern ohne gemeinsamen Vertreter)

als Zustellungsbevollmächtigten zu richten.

Von diesem Antrag und allen Anlagen habe(n) ich (wir) Abschriften zurückbehalten.

Gebrüder P a l m G.m.b.H.
ppa. Hahn i.V. Mayer

(Unterschriften)
(Bei Minderjährigen usw. schriftliche Zustimmung des gesetzlichen Vertreters)

Anlagen:

3 1. 1 weitere Stücke dieses Antrags *)
4 2. 3 gleichlautende Beschreibungen mit je 5 Patentansprüchen *)
3. 1 Druckzeichnung
3 4. 2 Aktenzeichnungen (Zeichenleinwand oder Pauspapier oder positive Lichtpausen) *)
5. 1 Vollmacht, falls ein Vertreter bestellt ist
6. Benennungen des Erfinders *)
7. 1 Antrag auf Aussetzung der Bekanntmachung
8. 1 Erklärung der Lizenzbereitschaft
9. 1 vorbereitete Empfangsbescheinigung auf freigemachter Postkarte — mit freigemachtem Briefumschlag

*) Von den mit *) bezeichneten Anlagen ist im Falle einer Gebrauchsmuster-Hilfsanmeldung je 1 weiteres Stück einzureichen.

Nichtzutreffendes streichen!

P 1 b
Zu beziehen durch:
Carl Gerber, München 5,
Angertorstr. 2 (b. Hochhaus).
X. 56 14978

P.A.326254*13.6.57 2

P A T E N T - A N M E L D U N G

Anmelder: Fa. Gebrüder P a l m GmbH., Perkalorfabrik
Neukochen Post Unterkochen / Württemberg.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dämmplatte zur Tritt- und Lautschalldämmung, hergestellt aus Papier, Kunststoff oder aus anderen blattförmigen verformbaren Grundstoffen, mit einer biegesteifen, festen Oberfläche und einer biegeweichen, federnden Unterseite.

Es ist bekannt, dass die Trittschalldämmung durch sogenannte schwimmende Estriche verbessert werden kann. Als Dämmatten unter Estrichen sind Fasermatten aller Art mehr oder weniger fest gebunden sowie gepresste und gegossene Platten aus organischen und anorganischen Stoffen bekannt. Desgleichen sind korkbestreute Papierbahnen und Bahnen aus Wellpapier bekannt.

Aus wissenschaftlichen Arbeiten anerkannter physikalischer Institute und Persönlichkeiten (K. Gösele und L. Cremer) ist bekannt, dass bisher nur Dämmstoffe mit einer wirksamen dynamischen Steifigkeit in der Größenordnung von ca. 5 kg/cm^3 den Anforderungen an einen ausreichenden Trittschallschutz (z.B. bei einschaligen Hohlkörperdecken) entsprechen. Stoffe mit homogener, lockerer Struktur, die derart niedrige Steifigkeitswerte haben, sind aber verlegetechnisch und wirtschaftlich sehr ungünstig. Die erforderliche lockere Faserschichtung macht entsprechend dicke und dadurch bei Belastung stark zusammendrückbare Matten notwendig. Die aufzubringenden Estriche müssen bei stark zusammendrückbaren Matten aber sehr stark, d.h. unwirtschaftlich ausgeführt werden und neigen trotzdem noch zu Rissebildung. Thermoplastische Estriche (Gußasphalt) können auf derart stark zusammendrückbaren Matten garnicht verlegt werden. Derartige Estriche benötigen eine verhältnismäßig harte Unterlage, die aber bisher den schalltechnischen Anforderungen nicht entsprochen hat.

Messungen über die Trittschalldämmung zeigten, dass die Dämmwirkung einer Matte durch Vergrößerung des Luftvolumens zwischen Estrich und Rohdecke stark erhöht werden kann.

3

Die für die Wirksamkeit eines Dämmstoffes maßgebliche Gesamtsteifigkeit beruht auf etwa 10 % Fasersteifigkeit und 90 % Luftsteifigkeit. Es kommt bei einer ausreichenden Trittschalldämmung also nicht auf die Stärke der Dämmatte als solche an, sondern auf ihre geringe dynamische Steifigkeit und auf die Schaffung eines an der Dämmwirkung anteilmäßigen, günstigen Lufthohlraumes. Diese praktischen Messungen (zum Teil veranlasst durch den Patentanmelder) zeigten, dass Kombinationen von dünnen ca. 3 mm starken Dämmatten mit geringer dynamischer Steifigkeit und biegesteifen luftenthaltenden Platten ausreichende Dämmwirkungen gebracht haben. So z.B. eine weichfedernde Dämmatte aus Wellpappe mit umgelegten asymmetrischen Wellen (Hersteller der Anmelder) mit einer aufgebrachten 2,5 cm starken Holzwolleleichtbauplatte (Heraklith). Messungen von Instituten mit dünnen Glasfasermatten in Kombination mit Holzfaserplatten oder mit aufgebrachter Bimskiesschüttung zeigten gleich günstige Ergebnisse.

Kombinierte Dämmaßnahmen mit biegeweichen, dünnen Unterlagsplatten und biegesteifen Abdeckplatten haben neben den beschriebenen physikalischeh Vorteilen den Vorteil einer wirtschaftlichen Estrich-Stärke. Durch die biegeweichen Dämmatten werden ausserdem die Unebenheiten der Rohdecke überbrückt, sodass die steife Dämmplatte auf der Rohdecke gut gelagert ist. Die Rissegefahr wird durch die biegesteife Platte weitgehend vermieden. Ausserdem lassen sich die Stöße auf der biegesteifen Platte leicht mit Klebestreifen verkleben, sodass Schallbrücken oder Rissegefahr sicher vermieden werden. Bisher war es zur Erzielung dieser Vorteile notwendig, zwei verschiedene Dämmstoffe zu verwenden. Durch diesen Umstand wurden derartige Ausführungen zum Teil aus wirtschaftlichen, zum Teil aus Bequemlichkeitsgründen nicht oder nur selten ausgeführt.

Die vorliegende Erfindung betrifft nun eine Dämmplatte, in der sowohl die Forderungen nach einem biegeweichen Material auf der Unterseite, als auch einer biegesteifen luftvolumenbildenden Deckschicht in einer Dämmplatte verbunden sind.

Die biegeweiche Schicht aus s-förmigen asymmetrisch umgelegten Wellen aus Papierstoff, Kunststoff oder anderen blattförmigen verformbaren Grundstoffen hergestellt wirkt stark federnd und ergibt eine Matte mit niedriger dynamischer Steifigkeit.

4

Die biegesteife Schicht besteht aus symmetrischen, steifen und statisch günstig wirkenden Wellen aus obenangeführten Grundstoffen je nach Charakter beliebig variiert. Sowohl die biegeweiche als auch die biegesteife Schicht sind durch eine neutrale Mittellage miteinander verbunden.

Dämmplatten gemäß der Erfindung erfüllen alle physikalischen, wirtschaftlichen und verlegetechnischen Anforderungen an eine Dämmaßnahme unter schwimmenden Estrichen: Die weichfedernde Unterschicht mit der geringen dynamischen Steifigkeit erfüllt zusammen mit der luftraumbildenden steifen Oberschicht die Anforderungen an eine ausreichende Laut- und Trittschalldämmung.
Ausserdem ergibt die nicht stark zusammendrückbare Platte eine gleichbleibende Wärmedämmung mit hohem Wärmedurchlasswiderstand.
Neben den physikalischen Vorteilen ergeben sich wirtschaftliche und verlegetechnische Vorteile:
Die Estriche können gegenüber Dämmatten mit lockerer Faserschichtung in geringerer Stärke, also wirtschaftlicher ohne Rissegefahr aufgebracht werden.
Die Plattenstöße können ausserdem mit Klebestreifen wie sie neuerdings zur Vermeidung von Schallbrücken und Rissen gewünscht werden, überklebt werden.
Die Platten passen sich durch die weichfedernde Unterschicht den Unebenheiten der Rohdecke weitgehend an und ermöglichen dadurch eine ausgleichende Wirkung zwischen Rohdecke und Estrich bei satter Lagerung der Dämmplatten.

Die Platte kann auch als akustisch wirkende Dämmplatte oberflächig auf Putz oder andere Flächen aufgeklebt werden und erwirkt durch die Federwirkung der biegeweichen Schicht eine geringe Mitschwingung und dadurch Lautschalldämmung bei Schalldämmaßnahmen an Wänden und Decken. Durch Verbindung der Raumluft mit den Lufthohlräumen mittels Löchern oder Schlitzen in der Deckschicht der Dämmplatte ergibt sich eine starke Schallabsorption, sodass neben einer geringen Mitschwingung noch eine hohe Schallschluckung wirksam wird. Eine weitere Kombinationsmöglichkeit bietet die Dämmplatte bei der Verwendung zur Wärmedämmverbesserung in klimatisierten Industriebetrieben bzw. anderen Feuchträumen mit hoher, relativer Luftfeuchtigkeit. In derartigen Fällen kann die erfindungsgemäße Platte anstelle einer atmungsfähigen Deckschicht eine Wasserdampfsperre als Deckschicht erhalten. Es entsteht dadurch eine wärmedämmende, wasserdampfsperrende und gleichzeitig lautschallverbessernde Dämmplatte.

Anhand beiliegender Zeichnung wird die Erfindung nunmehr beschrieben:

Fig. 1 zeigt die einfachste Ausführung der Erfindung. Eine steife symmetrische Welle a) aus einem blattförmigen Material gebildet, wird mit je einer Deckschicht b) und c) aus dem gleichen oder einem anderen geeigneten Material zu einem statisch stehenden Gebilde zusammengeklebt. Direkt an diese biegesteife Platte ist an die neutrale Trennschicht c) eine s-förmige asymmetrische Welle d) so angeordnet und geformt, dass diese bei Belastung federt. Zur allgemeinen Stabilität und zur Erhöhung der Wärme- und Schalldämmwirkung durch eingeschlossene Lufthohlräume ist eine untere Abdeckung e) angeordnet.

Fig. 2 zeigt den Erfindungsgedanken dadurch gekennzeichnet, dass die biegesteife Schicht aus mehreren angeordneten statisch stehenden Lagen bestehen kann. Diese können parallel oder auch quer zu einander angeordnet sein. Desgleichen kann die biegeweiche Schicht durch mehrere asymmetrische Wellenschichten erhöht werden.

Fig. 3 zeigt den Erfindungsgedanken dadurch gekennzeichnet, dass die Lufthohlräume hinter der Deckschicht a) mit der Raumluft b) durch die Löcher oder Schlitze c) der Deckschicht so verbunden sind, dass ausser der geringen Mitschwingung noch eine starke Schallschluckung gegeben ist.

Patentansprüche:

1. Dämmplatte nach Fig. 1 dadurch gekennzeichnet, dass eine biegeweiche Dämmschicht, bestehend aus ungelegten asymmetrischen Wellen mit einer biegesteifen Dämmschicht, bestehend aus symmetrisch statisch stehenden Wellen aus Papier, Gummi, Kunststoff oder anderen blattförmigen verformbaren Materialien in einer Platte derart verbunden ist, dass eine Dämmplatte mit neuer schalltechnischer Wirksamkeit wie Biegeweichheit bei gleichzeitiger Luftvolumenvergrößerung zwischen Rohdecke und Estrich durch Biegesteifigkeit bei gleichzeitigen hohem Wärmedämmbeitrag und verlegetechnischen Vorteilen entsteht.

6

2. Dämmplatte nach Fig. 1 u. 2 dadurch gekennzeichnet, dass der dämmende Charakter der Biegeweichheit und/oder Biegesteifigkeit durch Übereinanderbringung mehrerer biegeweicher oder biegesteifer Schichten, parallel oder quer zu einander angeordnet, erhöht werden kann.

3. Dämmplatte nach Fig. 2 dadurch gekennzeichnet, dass der Charakter der Biegeweichheit und/oder Biegesteifigkeit durch Kombination verschiedener Materialien wie Gummi, Papier, Kunststoffolien oder andere Materialien gesteigert werden kann.

4. Dämmplatte nach Fig. 3 dadurch gekennzeichnet, dass die hinter der obersten Deckschicht liegenden Lufthohlräume durch Loch- und/oder Schlitzanordnungen in der Deckschicht mit der Raumluft so in Verbindung stehen, dass ausser der geringen Mitschwingung der Dämmplatte durch Biegeweichheit nach Anspruch 1 noch eine hohe Schallabsorption wirksam wird.

5. Mineralfaserplatte nach Fig. 1 dadurch gekennzeichnet, dass anstelle der Deckschicht b) oder c) eine wasserdampfundurchlässige Deckschicht aufgebracht wird, sodass neben der Wärme- und Trittschallverbesserung eine dampfsperrende Wirkung mit einem Plattenelement erzielt wird.

Literatur: Veröffentlichungen Institut für Technische Physik Stuttgart Heft 33 / 1954

Fig 1

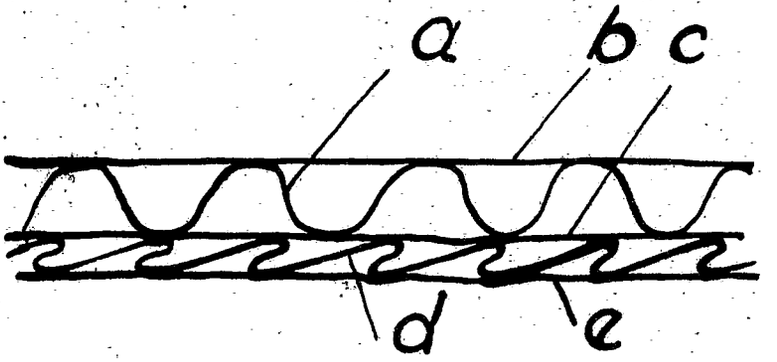


Fig 2

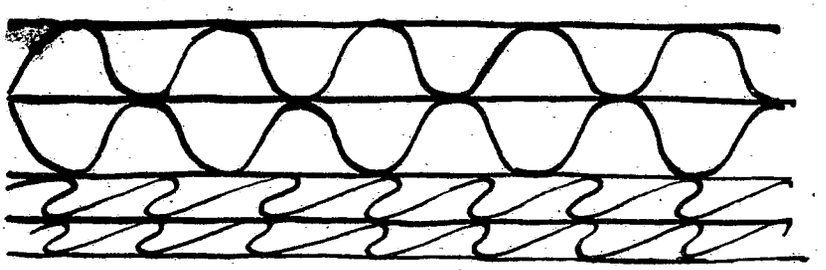
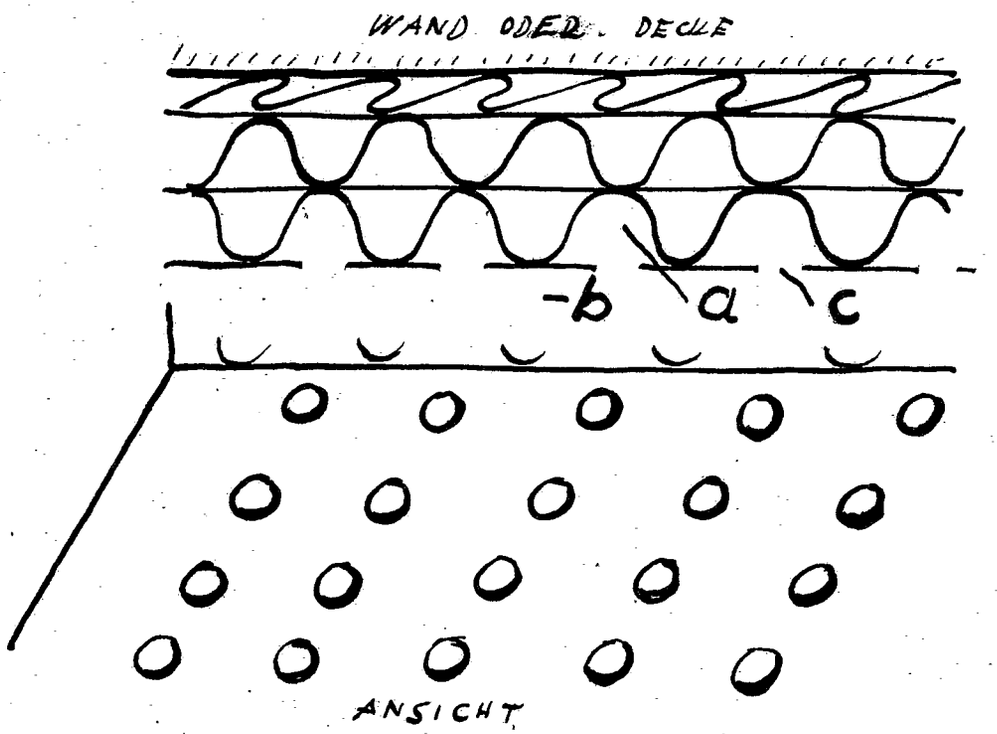


Fig 3



Bek. gem. 10. DEZ. 1959

57a, 7/07. 1 802 044. JENOPTIK JENA G.m.b.H., Jena. | Luftbildaufnahmekammer. 26. 6. 59. J 7840. (T. 5; Z. 1)

Nr. 1 802 044*

eingetr. 10.12.59

PA-B 75131*26.6.59

1

JENOPTIK JENA G.m.b.H. | **aus JENA**

Einschreiben

An das
Deutsche Patentamt

München 2
Zweibrückenstraße 12

Postanschrift des Absenders: Jenoptik Jena G. m. b. H., Jena, Postfach 190

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Hausruf	*Bitte stets angeben!* Unsere Zeichen Auftrags-Nr.	Jena
		2361	Pat G 3047 W -/KB	20. 6. 1959

Wir beantragen hierdurch die Eintragung eines

GEBRAUCHSMUSTERS

auf die in den Anlagen erläuterte neue Erfindung

" Luftbildaufnahmekammer "

auf den Namen

JENOPTIK JENA G.m.b.H., Jena, Carl-Zeiss-Straße 1.

Thun.

JENOPTIK JENA G.m.b.H.
Der Hauptgeschäftsführer
ppa. Schrade

JENOPTIK JENA G.m.b.H. Hauptgeschäftsführer

Anlagen:

2 weitere Stücke des Antrages
3 gleichlautende Beschreibungen mit je 4 Schutzansprüchen
3 Lichtpausen
1 vorbereitete Empfangsbescheinigung

G 3047 W

PA:B 75131*26.6.59

JENOPTIK JENA GmbH
JENA

Erfinder: Ing. Hermann Schrumpf, Jena

Luftbildaufnahmekammer

Die Neuerung betrifft eine an einem Träger festklemmbar angeordnete,mit Traggriffen versehene Luftbildaufnahmekammer.

Die bekannten Luftbildaufnahmekammern sind während des Bildfluges mit ihrem Träger fest verbunden. Um das Geländebild in richtiger Abstufung seiner Helligkeitswerte wiedergeben zu können, sind Filter vorgesehen. Macht sich während des Bildfluges ein Filterwechsel notwendig, ist die starre Verbindung von Träger und Kammer zu lösen, die Kammer abzuheben und beiseite zu nehmen und nach vollendetem Filterwechsel wieder auf ihren Träger aufzusetzen und mit ihm zu verriegeln. Diese Aufeinanderfolge von Hantierungen, insbesondere das Abheben und Aufsetzen der Aufnahmekammer, ist umständlich und anstrengend und auf Grund der im Flugzeug vielfach herrschenden beengten Raumverhältnisse recht beschwerlich.

Ziel der vorliegenden Neuerung ist es daher, die Luftbildaufnahmekammer so mit ihrem Träger zu verbinden, daß die Auswechslung des Filters ohne Umsetzen der Kammer bequem und ohne den bisher erforderlichen großen Kraftaufwand vorgenommen werden kann. Das wird neuerungsgemäß erreicht, wenn die Aufnahmekammer in ihrem Träger mindestens um eine Achse kippbar gelagert ist. Um die Aufnahmekammer während der Filterauswechslung nicht von Hand in der gekippten Stellung halten zu müssen, ist es empfeh-

G 3047

lenswert, eine Stütze vorzusehen, die beispielsweise automatisch in Tätigkeit tritt und die Arretierung übernimmt.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Luftbildaufnahmekammer ergibt sich, wenn mindestens einer der Traggriffe an der Kammer um einen Zapfen schwenkbar gelagert ist, der mit der Kammerkippachse zusammenfällt und wenn zwischen den Traggriffen und dem Träger lösbare Schraubenverbindungen angeordnet sind. Dabei kann an der Unterseite des Griffes mindestens ein Zentrierkörper vorgesehen sein, der in eine entsprechende Ausnehmung des Trägers eingreift.

Um ein Überkippen der Aufnahmekammer zu verhindern sind die ihr zugekehrten Teile der Griffe so ausgebildet, daß sie einen Anschlag darstellen.

Ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Neuerung ist in den Figuren 1 bis 3 der Zeichnung dargestellt, und zwar zeigt ihn

Fig.1 im Aufriß,

Fig. 2 im Grundriß und

Fig. 3 in gekippter Stellung.

In einer Luftbildaufnahmekammer 1 mit einer Kassette 2 und einem auswechselbaren Filter 3 sind zwei Griffe 4; 5 um Zapfen 6; 7 schwenkbar angeordnet. Jeder dieser Griffe weist einen Schlitz 8 bzw. 9 auf, in den eine in Fig. 1 und 3 in der Zeichenebene schwenkbare, mit Sterngriff 10 bzw. 11 versehene Schraube 12 bzw. 13 eingeführt werden kann. Die Kammer 1

liegt mit den Griffen 4; 5 auf einem ringförmig gestalteten Träger 14, der in einem Lagerring 15 drehbar gelagert ist. Zwei an der Unterseite jedes Griffes vorgesehene, der Zentrierung der Kammer auf dem Träger dienende Stifte 16; 17 ragen in entsprechende Ausnehmungen des Trägers hinein. Die Griffe sind so ausgebildet, daß sie beim Schwenken nicht zur Anlage an die Kammerwandung gelangen; dabei dienen die Grifflager 18; 19 als Anschläge. Mit den Drehzapfen 6; 7 der Griffe 4; 5 fallen die beiden Achsen zusammen, um die die Kammer gekippt werden kann. Ein unter der Wirkung der Feder 20 stehender, am Träger 14 schwenkbar angeordneter Hebel 21 hält die Aufnahmekammer 1 in ihrer gekippten Stellung. Der Schwenkungsbereich des Hebels 21 ist durch die Abschrägung seines unteren Endes festgelegt und steht in Übereinstimmung mit dem Kippbereich der Aufnahmekammer. Die Griffe 4; 5 dienen einmal zum Tragen der Aufnahmekammer und zum anderen in Verbindung mit den Schrauben 12; 13 und den Zentrierstiften 16; 17 zum Befestigen der Kammer an ihrem Träger.

Das Gehäuse 15 ruht auf drei mit Füßen 22; 23; 24 und Sterngriffen 28; 29; 30 versehenen Schrauben 25; 26; 27, die der Horizontierung des gesamten Gerätes dienen. Ist das Filter 3 auszuwechseln, so wird durch Drehen am Sterngriff 10 oder 11 eine der beiden zwischen der Aufnahmekammer 1 und ihrem Träger 14 bestehende Schraubenverbindung gelöst, die Schraube 12 bzw. 13 aus dem Schlitz 8 bzw. 9 herausgeführt und die Kammer durch Heben am Griff 4 bzw. 5 um den Zapfen 6 bzw. 7 gekippt. In

Fig. 3 ist der Sterngriff 11 gelöst, die Schraube 13 aus dem Schlitz 9 herausgeführt und die Kammer um den Zapfen 7 gekippt worden. In dieser Lage wird sie vom Hebel 21 gehalten, der infolge der Kammerkippung freigegeben unter der Wirkung der Feder 20 aus seiner horizontalen in die angegebene Schräglage gedrückt wird. Beim Kippen der Aufnahmekammer um den Zapfen 6 wird ein auf der gegenüberliegenden Seite des Trägers entsprechend angeordneter, in der Zeichnung nicht sichtbarer Hebel in Tätigkeit gesetzt.

PA-B 75131*26.6.59

6

Schutzansprüche

1. In einem Träger festklemmbar angeordnete, mit Traggriffen versehene Luftbildaufnahmekammer, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammer in ihrem Träger mindestens um eine Achse kippbar gelagert ist.

2. Luftbildaufnahmekammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Stütze die Aufnahmekammer in der gekippten Stellung arretiert.

3. Luftbildaufnahmekammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Traggriffe an der Kammer um einen Zapfen schwenkbar gelagert ist, der mit der Kippachse zusammenfällt und daß zwischen den Traggriffen und dem Träger lösbare Schraubenverbindungen angeordnet sind.

4. Luftbildaufnahmekammer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß an der Unterseite des Griffes mindestens ein Zentrierkörper vorgesehen ist, der in eine entsprechende Ausnehmung des Trägers eingreift.

GB/KB

7

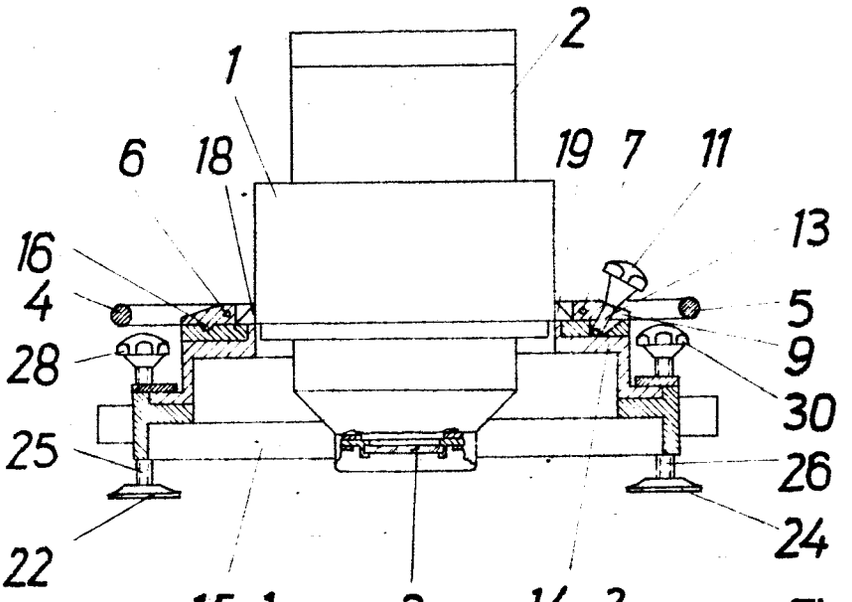


Fig.1

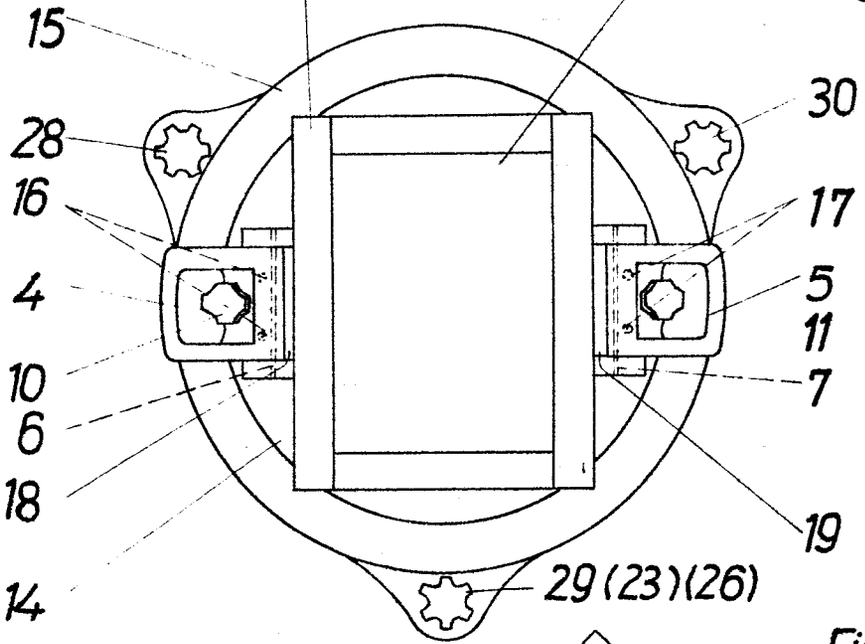
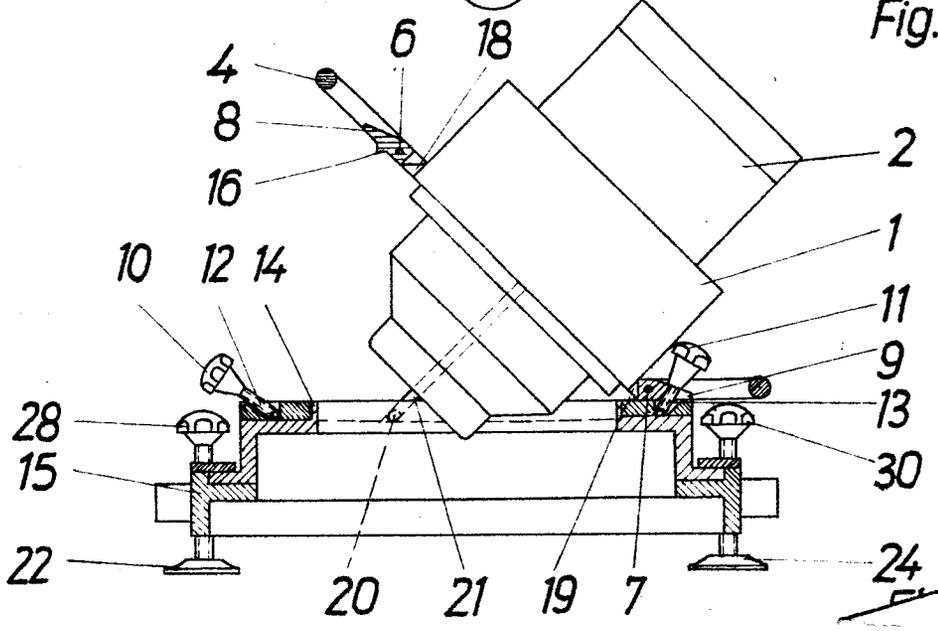


Fig.2



G 3047

Öek. gem 17. DEZ. 1959

57a, 7/07. 1 802 547. JENOPTIK JENA G.m.b.H., Jena. | Luftbildaufnahmekammer. 22. 5. 59. J 7774. (T. 4; Z. 1)

Nr. 1 802 547* eingetr. 17.12.59

PA-B 60270*22.5.59

1

JENOPTIK JENA G.m.b.H. | **aus JENA**

Einschreiben

An das
Deutsche Patentamt

München 2
Zweibrückenstraße 12

Postanschrift des Absenders: Jenoptik Jena G. m. b. H., Jena, Postfach 190

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Hausruf	*Bitte stets angeben!* Unsere Zeichen Auftrags-Nr.	Jena
		2361	Pat G 3042 W/KB	15. 5. 1959

Wir beantragen hierdurch die Eintragung eines

GEBRAUCHSMUSTERS

auf die in den Anlagen erläuterte neue Erfindung

" Luftbildaufnahmekammer "

auf den Namen

JENOPTIK JENA G.m.b.H., Jena, Carl-Zeiss-Straße 1.

Rain.

JENOPTIK JENA G.m.b.H.
Der Hauptgeschäftsführer
ppa. Schrade
(Dr. Schrade)

Anlagen:

2 weitere Stücke des Antrages
3 gleichlautende Beschreibungen mit je 2 Schutzansprüchen
3 Lichtpausen
1 vorbereitete Empfangsbescheinigung

G 3042 W

JENOPTIK JENA GmbH
JENA

PA-B 60270*22.5.59

Erfinder: Ing. Karl Heller, Jena

Luftbildaufnahmekammer

Die Neuerung bezieht sich auf eine Luftbildaufnahmekammer, die in ihrem Träger federnd gelagert und mit Mitteln zur Schwingungsdämpfung versehen ist.

Um die vom Flugzeug ausgehenden Stöße auf die Luftbildaufnahmekammer weitestgehend abzufangen und damit die erforderliche Bildschärfe zu erreichen, ist die Aufnahmekammer bekanntlich auf Federn oder Gummipolstern gelagert. Durch die Lagerung auf Stahlfedern wird der Aufnahmekammer eine schwingende Bewegung erteilt, deren Dauer von der materialgebundenen Federhärte und der Abstimmung der Feder abhängt und die zur Erzielung einer einwandfreien Aufnahme schnell zum Abklingen gebracht werden muß. Hierzu bietet sich die Benutzung von auf hohe Frequenzen abgestimmten Federn an, die jedoch die Lagerung der Aufnahmekammer beeinträchtigen, da in diesem Fall Schwingungen niedriger Frequenz nicht abgefangen werden. Andererseits werden durch die Verwendung von Gummipolstern die vom Flugzeug ausgehenden Stöße abgefangen und die Reaktionsbewegung der Aufnahmekammer in hohem Maße gedämpft. Die Anwendung von Gummipolstern ist jedoch insofern nachteilig als die Wirksamkeit der Dämpfung den Temperaturbeeinflussungen unterliegt, denen der Gummi ausgesetzt ist.

Zur Behebung dieser Nachteile werden neuerungsgemäß als

schwingungsdämpfende Mittel Blattfedern verwendet, von denen jede mit einem Ende mit der Aufnahmekammer oder deren Träger verbunden und mit dem anderen, freien Ende vermöge ihrer Eigenspannung an die Wandung des Trägers oder der Aufnahmekammer angelenkt ist. Ist die Luftbildaufnahmekammer auf einem gegenüber dem Träger federnd gelagerten Ring befestigt, so können die Blattfedern an diesem befestigt und dadurch mit der Aufnahmekammer indirekt verbunden sein. Es ist vom Vorteil die Berührungsstellen zwischen dem freien Ende der Feder und dem Träger bzw. der Aufnahmekammer mit einem Reibbelag, beispielsweise Leder, zu versehen.

Die neuerungsgemäße Dämpfungseinrichtung zeichnet sich durch ihre Einfachheit, absolut sichere Arbeitsweise und leichte Reproduzierbarkeit aus und kann bei jeder Art von Federung für Luftbildaufnahmekammern zur Verwendung gelangen.

Ein Ausführungsbeispiel der Neuerung ist in der Zeichnung teilweise im Schnitt, teilweise in Seitenansicht dargestellt.

Eine Luftbildaufnahmekammer 1 ruht in einem Ring 2 und ist mit diesem mittels Schrauben 3; 4 starr verbunden. Der Ring 2 ist über Schraubenfedern 5; 6 auf einem Träger 7 gelagert. Neben den diametral gegenüberliegenden Federn 5; 6 sind zwei weitere in gleicher Weise angeordnet, deren Verbindungslinie rechtwinklig zu der der Federn 5; 6 steht. Zur Begrenzung des Schwingungsbereiches des Ringes 2 sind innerhalb jeder Feder am Ring und am Träger Gummipuffer 8; 9 und 10; 11 angebracht, von denen die am Träger angeordneten 9 und 11 Führungsstäbe

12; 13 enthalten, die in entsprechende, nicht dargestellte Ausnehmungen der am Ring vorgesehenen Gummipuffer 8 und 10 hineinragen. Am Ring 2 ist eine jeder Schraubenfeder zugeordnete Blattfeder 14 bzw. 15 so befestigt, daß sie mit ihrem freien Ende gegen einen Vorsprung 16 bzw. 17 des Trägers 7 drückt. An den einander zugekehrten Flächen sind Blattfeder und Träger zur Erhöhung der Reibung mit Lederstückchen 18; 19 und 20; 21 versehen.

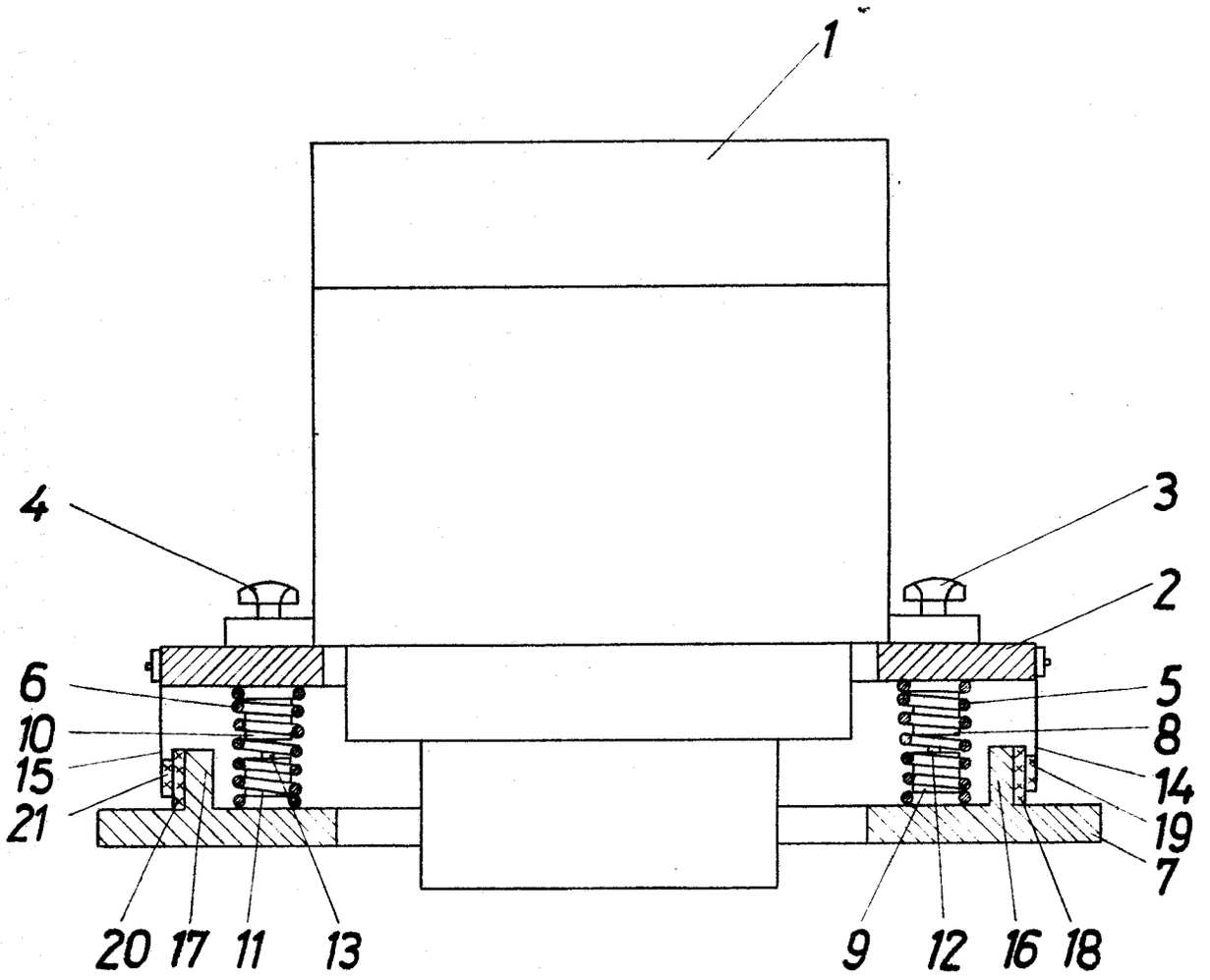
Wenn der Ring 2 mit der Aufnahmekammer 1 in parallel zur optischen Achse gerichtete Schwingungen gerät, so reiben die an den Blattfedern 14; 15 und an den Vorsprüngen 16; 17 des Trägers 7 angeordneten, vermöge der Wirkung der Blattfedern gegeneinander gepreßten Lederstückchen 18; 19 und 20; 21 aneinander und bringen die Aufnahmekammer in kürzester Zeit zur Ruhe. Schwingungen mit zu großer Amplitude, die beispielsweise beim Landen des Flugzeuges auftreten können, werden von den Gummipuffern 8; 9 und 10; 11 begrenzt. Den Schwingungen rechtwinklig zur optischen Achse wirken Schraubenfedern, Blattfedern und Führungsstäbe in gleicher Weise entgegen.

Schutzansprüche

1. In einem Träger federnd gelagerte Luftbildaufnahmekammer mit Mitteln zur Schwingungsdämpfung, dadurch gekennzeichnet, daß diese Mittel aus Blattfedern bestehen, von denen jede mit einem Ende mit der Aufnahmekammer oder deren Träger verbunden und mit ihrem anderen, freien Ende an die Wandung des Trägers oder der Kammer angelenkt ist.

2. Luftbildaufnahmekammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Berührungsstellen von Feder und Träger bzw. Aufnahmekammer mit einem Reibbelag versehen sind.

GB/KB


1
4
3
2
6
10
15
21
5
8
14
19
7
20
17
11
13
9
12
16
18

Bek. gem. 11. April 1963

57a, 7/07. 1 870 288. JENOPTIK JENA, G.m.b.H., Jena. Luftbildkamera. 7.1.63. J 11 199. (T: 6; Z. 2)

Nr. 1 870 288*

eingetr. 11. 4. 63

57a

PA: 010 218 *-7. 1.63

1

aus JENA

JENOPTIK JENA G. m. b. H.

Postanschrift des Absenders: Jenoptik Jena G. m. b. H., Jena, Postfach 190

Einschreiben

Deutsches Patentamt

München 2
Zweibrückenstraße 12

Drahtwort Jenoptik Jena
Fernschreiber Jena 058622
Fernsprecher Jena 7042
Deutsche Notenbank Jena Konto-Nr. 7478

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Hausruf	Unsere Zeichen/Auftrags-Nr.	Jena
		2361	Pat G 3162 W -/KB	20. Dezember 1962

Wir beantragen hierdurch die Eintragung eines

GEBRAUCHSMUSTERS

auf die in den Anlagen erläuterte neue Erfindung

"Luftbildkamera"

auf den Namen

JENOPTIK JENA G.m.b.H., Jena, Carl-Zeiss-Straße 1.

Thür.

JENOPTIK JENA G.m.b.H.
Der Hauptgeschäftsführer
ppa. Jansen

Dr. Schrade

JENOPTIK JENA G.m.b.H. Hauptgeschäftsführer

Anlagen
2 weitere Stücke d. Antrages
3 gleichlautende Beschreibungen mit je 2 Schutzansprüchen
6 Lichtpausen
1 vorbereitete Empfangsbesch.

G 3162 W

Alle geschäftlichen Mitteilungen erbitten wir unter der Anschrift des Betriebes, ohne Angabe einer bestimmten Person.

V-5-1 1639 Mp 423/61

PA 010 218*-7. 1.63

2

Erfinder: Ing. Gerhard Hecker, Jena
Ing. Helmut Schmieder, Jena

Luftbildkamera

Die Erfindung betrifft eine Kamera zur Aufnahme von Bildreihen großen Formats, insbesondere eine Luftbildkamera, mit Spulen zur Wickelung und Walzen zur Führung eines Films unterschiedlicher Breite.

Luftbilder zu Meß- und Interpretationszwecken werden bekanntlich in den verschiedensten Formaten aufgenommen, von denen die Formate 18/18 und 23/23 cm bevorzugt Verwendung finden. Nach dem gewünschten Bildformat und nach dem Umfang sowie der Anordnung der sogenannten Nebenabbildungen (Randmarken, Libelle, Statoskop usw.) richtet sich die Filmbreite, die wieder die Länge der Spulen und Führungswalzen bestimmt. Jede der bekannten Luftbildkameras ist nur zur Aufnahme bei einer Filmbreite geeignet. Ziel der vorliegenden Erfindung ist eine für unterschiedliche Filmbreiten verwendbare Luftbildkamera, bei der z. B. wahlweise am Filmrand Nebenabbildungen erfolgen oder unterbleiben können.

Es ist bereits ein Laufbildwiedergabegerät bekannt, bei dem der Abstand der Scheiben der Filmführungswalzen sich dadurch selbsttätig auf die Filmbreite einstellt, daß auf eine der Scheiben eine Feder wirkt und sie gegen den Film drückt. Für Zwecke der Luftbildmessungen ist diese Maßnahme jedoch nicht brauchbar, weil die Filmbreite nicht durch die optische Achse

des Wiedergabeobjektivs halbiert wird und damit die gleichmäßige oder rotationssymmetrische Qualität des Luftbildes nicht gewährleistet ist. Darüber hinaus ist der Film in diesem Fall Stauchungen ausgesetzt, welche sich als unkontrollierbare Abbildungsfehler äußern.

Ferner sind Führungsvorrichtungen und Spulen für kinematographische Geräte bekannt, bei denen jeweils eine Scheibe austauschbar und mit einem Zahnkranz versehen ist, dessen Zähne bei Verwendung eines Filmformats in die seitlichen und bei Verwendung des anderen Filmformats in die mittleren, zwischen den Bildern liegenden Perforationslöcher des Filmes eingreifen. Abgesehen davon, daß bei der Luftbildmessung Perforationen wegen der zu erwartenden Filmbeanspruchungen und Beschädigungen allgemein nicht gebräuchlich sind, ist eine derartige Anordnung infolge der großen Dimensionen für Luftbildkameras nicht geeignet.

Eine andere Filmtransport- und Leitvorrichtung für Laufbildwerfer weist zwar den Mangel, daß die optische Achse des Projektionsobjektivs nicht die Filmbreite halbiert, nicht auf, jedoch wird bei ihr der Film seitlich geknickt und damit in für einen Meßfilm unzulässigerweise auf Druck und Dehnung beansprucht.

Die Filmbreite wird ebenfalls von der optischen Achse des Projektionsobjektivs halbiert, wenn, wie bei einem anderen Filmvorführungsgerät, die für den Transport von Normalfilm

eingerichteten Antriebswalzen in ihrer Mitte für den Transport von Schmalfilm einen kleineren Durchmesser aufweisen. Wegen der der großen Dimensionen und des relativ geringen Unterschiedes in der Filmbreite sowie der erheblichen, sich auf den Film auswirkenden Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte, ist eine derartige Ausführung der Antriebswalzen auf eine Luftbildkamera nicht übertragbar.

Eine zur Aufnahme von Bildreihen großen Formats bestimmte Kamera, bei der die Aufnahmeachse die Filmbreite für die verschiedensten Formate halbiert, ergibt sich gemäß der Erfindung, wenn die Scheiben der Spulen bzw. Walzen um mindestens angenähert gleiche aber entgegengesetzte Beträge auf dem Spulen- bzw. Walzenkern verschiebbar angeordnet sind.

Dabei können die Scheiben getrennt nacheinander oder durch Betätigung einer einzigen Vorrichtung gleichzeitig verschoben werden.

In den Fig. 1 bis 6 der Zeichnung sind drei Ausführungsbeispiele des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Fig. 1 zeigt schematisch eine Rollfilmkassette im Längsschnitt. Die Fig. 2 und 3 bzw. 4 und 5 betreffen zwei verschiedene Ausführungsformen einer Führungswalze. Eine erfindungsgemäße Filmspule stellt die Fig. 6 dar.

In einem Gehäuse 1 (Fig. 1) mit einem Bildfenster 2 und einem Deckel 3 sind zwei Filmspulen 4 und 5 sowie zwei Führungswalzen 6 und 7 drehbar gelagert. Mit Hilfe einer Andruckplatte 8 wird der Film 9 im Zeitpunkt der Belichtung

gegen den Bildfensterrahmen gedrückt.

Die Fig. 2 zeigt die Führungsrolle teilweise in Ansicht, teilweise im Längsschnitt. Am Boden der Rollfilmkassette sind zwei Lagerkörper 10 und 11 für die Führungswalze 6 bzw. 7 befestigt, die in der Mitte einen größeren Durchmesser besitzt als in der Nähe ihrer Enden. Auf der Walze sind in der Nähe der Enden Scheiben 12 und 13 verschiebbar angeordnet, mit welchen Bolzen 14 und 15 verstiftet sind. Unter dem Druck zweier sich gegen den mittleren Teil der Walze abstützender Schraubenfedern 16 und 17 werden die Bolzen 14 und 15 über die Scheiben 12 und 13 sowie Stifte 18 gegen als Spurlager dienende Schrauben 19 und 20 gedrückt, die mit Schlitzen 21 versehen sind (Fig. 3). Im Gehäuse 1 sind zwei Öffnungen 22 und 23 vorgesehen, die den Zugang zu den Schrauben 19 und 20 ermöglichen und durch zwei Deckel 24 und 25 verschlossen werden können. Mit jedem Deckel ist ein Sperrstift 26 bzw. 27 verbunden, der in den Schlitz 21 der entsprechenden Schraube 19 bzw. 20 hineinragt und sie auf diese Weise gegen Verdrehungen sichert. Eine Verdrehung der Schrauben 19 und 20 bewirkt eine Verschiebung der Scheiben 12 und 13 entlang der Führungswalze 6 und damit eine der Filmbreite entsprechende Einstellung. In der Zeichnung sind die Scheiben 12 und 13 auf die größtmögliche Filmbreite eingestellt.

Durch eine besondere Ausbildung der Deckel 24 und 25 und der Öffnungen 22 und 23 oder durch eine besondere Anordnung der Verschraubung der Deckel mit dem Gehäuse 1 kann

die Sicherheit der Verstellung beider Scheiben gewährleistet werden.

Ist die Rollfilmkassette nur auf zwei verschiedene Filmbreiten eingerichtet, so besteht die Möglichkeit, Irrtümer in der Verstellung der Scheiben dadurch auszuschalten, daß jeder Deckel nur bei einer Filmbreite eine der beiden Öffnungen verschließen kann.

In Fig. 4 ist die etwa zur Hälfte dargestellte Führungswalze 6 mit dem gezeichneten Ende wieder im Lagerkörper 10 gelagert, der mit dem Gehäuse 1 fest verbunden ist. Auf dem dünnen Ende der Führungswalze. 6 ist die Scheibe 12 verschiebbar vorgesehen, welche entlang ihrer Umfangsfläche mit einer Nut 30 versehen ist. Am Boden des Gehäuses 1 befindet sich eine Art Basküleverschluß. Eine im Boden drehbar gelagerte Scheibe weist einen Handgriff 32 und zwei Schlitze 33 und 34 auf, in die zwei auf Stangen 35 und 36 sitzende Mitnehmer 37 und 38 eingreifen (Fig. 5). Die im Gehäuseboden gelagerten Stangen 35 und 36 besitzen an ihren anderen Enden ebenfalls Mitnehmer 39, die je in eine Nute 30 eingreifen. Durch Schwenken des Handgriffes 32 können die beiden Scheiben 12 und 13, von denen nur die Scheibe 12 dargestellt ist, längs der Führungsrolle 6 verschoben und diese Verschiebung kann aus der Stellung einer auf der Scheibe 31 vorgesehenen Skala 40 gegenüber einem am Gehäuse 1 befindlichen Nonius 41 (Fig. 5) abgelesen werden.

Die in Fig. 6 dargestellte Filmspule besteht aus einem Kern 45, dessen Durchmesser in der Mitte größer ist als an den Enden. Auf den schwächeren Enden sind zwei Spulenscheiben 46 und 47 verschiebbar vorgesehen. Die Verbindung zwischen den Spulenscheiben und dem Kern ist aus dem linken, geschnitten gezeichneten Teil der Figur zu ersehen. Im Inneren des hohlen Spulenkerns 45 ist eine Blattfeder 48 an einem Ende befestigt, die am anderen Ende einen Stift 49 trägt, welcher infolge der Federkraft durch ein Loch 50 im Kern nach außen gedrückt wird. Mit jeder Scheibe ist ferner ein zylindrischer Hohlkörper 51 bzw. 52 starr verbunden, indem sich zur Einstellung der entsprechenden Filmbreite Löcher 53 befinden, in die der Stift 49 einrastet. Sollen die Spulenscheiben 46 und 47 zwecks Einrichtung auf eine andere Filmbreite auf dem Kern 45 verschoben werden, so muß der Stift 49 aus dem Loch 53 herausgedrückt werden.

Schutzansprüche

1. Luftbildkamera mit Spulen zur Wickelung und Walzen zur Führung eines Films unterschiedlicher Breite, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheiben der Spulen bzw. Walzen um gleiche aber entgegengesetzte Beträge auf dem Spulen- bzw. Walzenkern verschiebbar angeordnet sind.

2. Kamera nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine einzige Vorrichtung zum gleichzeitigen Verschieben beider Scheiben.

GB/KB

PA 010 218* - 7. 1.83

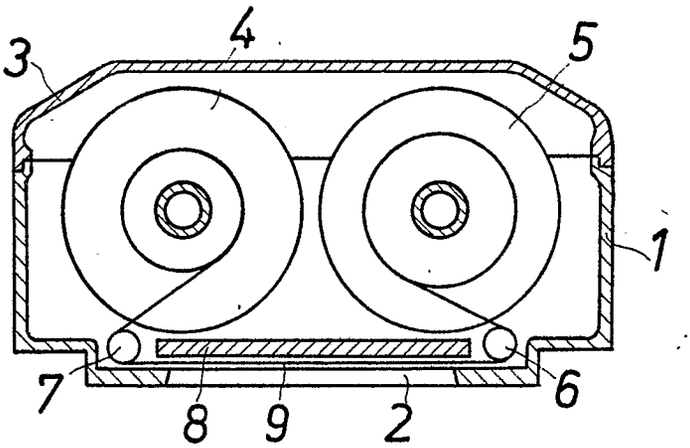


Fig.1

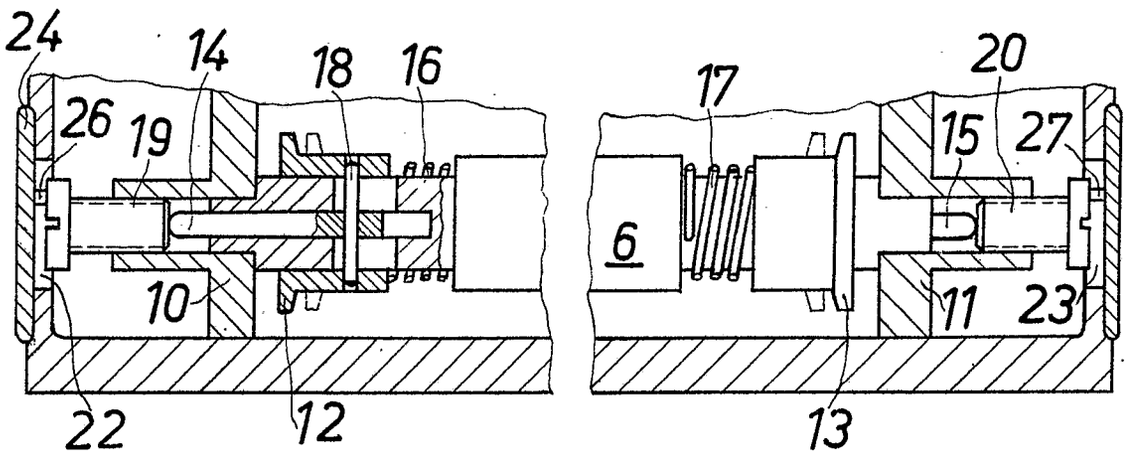


Fig. 2

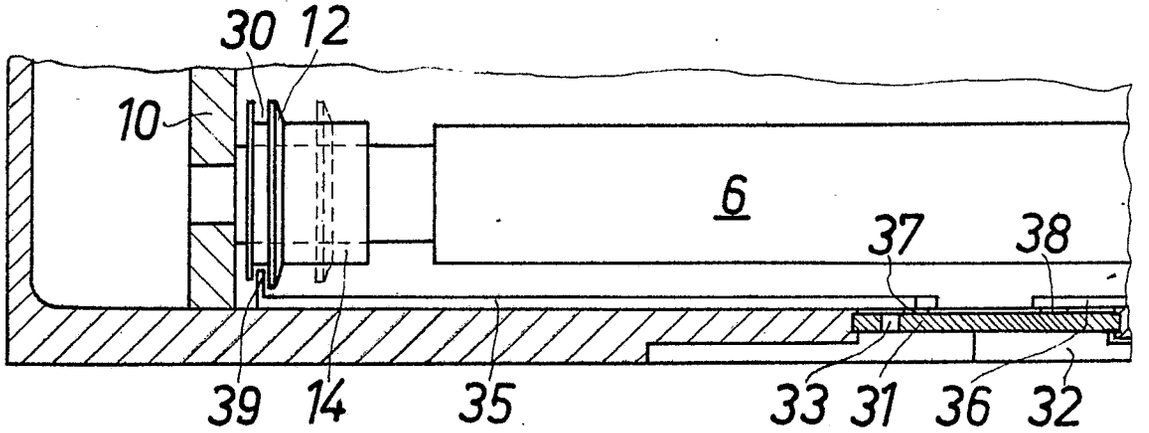


Fig.4

PA. 010 218 - 7. 1.63

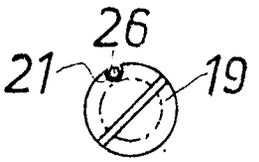


Fig. 3

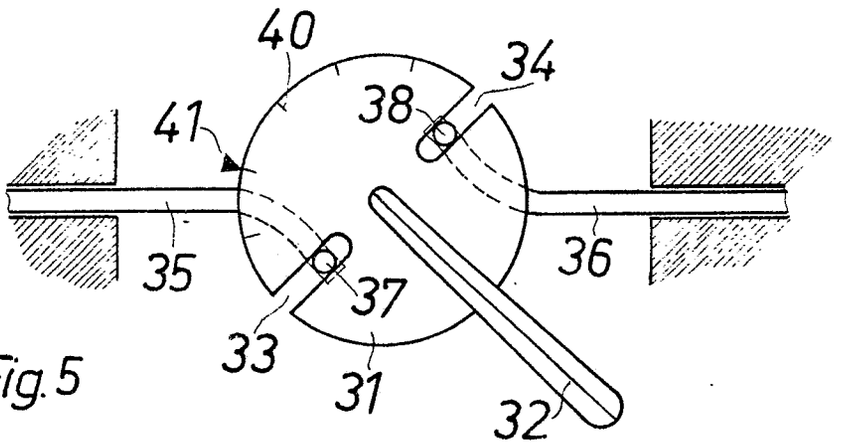


Fig. 5

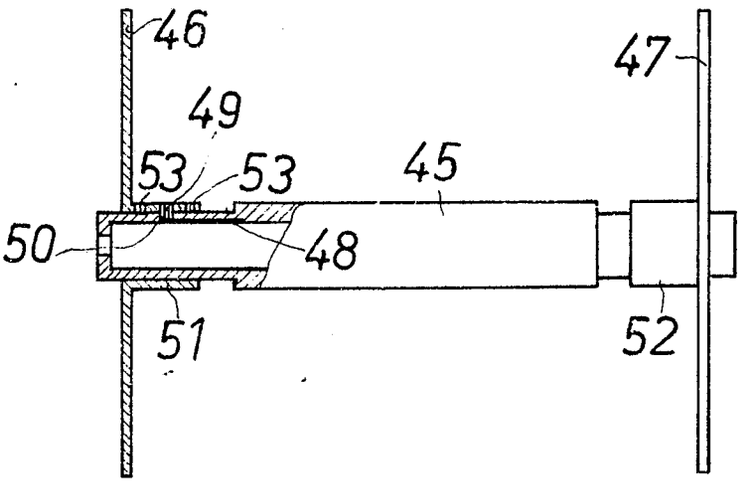


Fig. 6

Bek. gem. 15. Juli 1965

42c, 11/03. 1 919 757. Josef Attenberger G.m.b.H., Dorfen-Stadt. Grenzmarke mit einer Markierungsplatte zur Luftbildvermessung. 4. 5. 65. A 23 704. (T. 6; Z. 1)

Nr. 1 919 757 * eingetr. 15. 7. 65

Patentanwälte
Grünecker u. Dr. Kinkeldey
München 22, Maximilianstr. 43

P.A. 226 141*-4.5.65

München, 4. Mai 1965

G 141
Ki

Gebrauchsmuster-Anmeldung

Es wird hiermit die Eintragung eines Gebrauchsmusters für:

Firma Josef Attenberger, Gmbh. Dorfen-Stadt

Lerchenhuberweg 7

auf den in den Anlagen beschriebenen u. dargestellten Gegenstand, betreffend:

Grenzmarke mit einer Markierungsplatte zur Luftbildvermessung

beantragt.

Diesem Antrage liegen bei:

2 Doppel dieses Antrages
3 Beschreibungen mit je 5 Schutzansprüchen
1 Bl. Zeichnungen (3fach)
~~1 Modell~~
1 Vollmacht ~~(wird nachgereicht)~~
1 vorbereitete Empfangsbescheinigung

Es wird die Priorität beansprucht aus der Anmeldung:

Land: ----- Nr. ---

Tag: -----

Die Anmeldegebühr von DM 30,— wird unverzüglich auf das Postscheckkonto München 791 91 des Deutschen Patentamtes eingezahlt, sobald das Aktenzeichen bekannt ist.

An das

Deutsche Patentamt

8 München 2
Zweibrückenstr. 12

Patentanwälte
Dipl.-Ing. Grünecker u. Dr. Ing. Kinkeldey

P 19a
Carl Gerber Verlag, München 5 III. 62 10830

· Patentanwälte
Grünecker u. Dr. Kinkeldey
8 München 22, Maximilianstr. 43

P.A. 226 141 *-4.5.65

4. Mai 1965

G 141
Ki/20

Firma Josef Attenberger, Dorfen-Stadt, GmbH.
Lerchenhuberweg 7

Grenzmarke mit einer Markierungsplatte zur Luftbildvermessung

Die Neuerung bezieht sich auf eine Grenzmarke mit einem Schaft, der am unteren Ende eine mit einem Bohrgewinde versehene Spitze und am oberen Ende einen im Querschnitt quadratischen, sich nach oben konisch verjüngenden Markierungskopf trägt, und mit einer Markierungsplatte zur Luftbild-Vermessung, die mit einer quadratischen Mittelausnehmung auf den Markierungskopf aufschiebbar ist.

Bei einer Grenzmarke dieser Art ist es bekannt, auf den Markierungskopf eine Luftbild-Markierungsplatte aus Karton aufzusetzen. Selbst wenn die Kartonoberfläche mit einem wasserundurchlässigen Stoff kaschiert ist, dringt bei feuchter Witterung an den Rändern der Mittelausnehmung Wasser in das Innere der Kartonplatte ein. Sie wird dadurch nicht nur fleckig, so daß sie auf Luftbildern keinen deutlich sichtbaren Punkt mehr ergibt, sondern verliert auch ihre Steifigkeit. Letzteres ist besonders unangenehm, da eine feste Verbindung mit dem Markierungskopf allein durch Aufschieben nicht mehr gewährleistet werden kann. Bei den bekannten Markierungsplatten ist es daher in aller Regel erforderlich, zusätzliche Fixierungsmittel zu verwenden. Hierzu sind vor-

nehmlich längere metallische Nadeln üblich, die durch die Markierungsplatte in den Boden gesteckt werden und somit die Markierungsplatte in ihrer Lage relativ zum Kopf der Grenzmarke festhalten. Diese zusätzlichen Nadeln verursachen, wegen der großen Stückzahl, in der sie benötigt werden, beachtliche zusätzliche Kosten und verlängern die zum Anbringen der Markierungsplatten notwendige Zeit. Sie stellen außerdem eine Gefahr für weidendes Vieh auf landwirtschaftlich genutzten Flächen dar.

Es sind ferner Markierungsplatten aus emailliertem Blech bekannt, die zwar witterungsbeständig sind, jedoch überhaupt keine Eigenelastizität besitzen, so daß sie unter allen Umständen mit Nadeln am Boden festgelegt werden müssen.

Zweck der Neuerung ist es, eine Grenzmarke mit Luftbild-Markierungsplatte zu schaffen, bei der die Markierungsplate ohne zusätzliche Mittel am Markierungskopf dauerhaft anbringbar ist. Dies wird gemäß der Neuerung dadurch erreicht, daß die Markierungsplatte aus einem witterungsbeständigen, festen Kunststoff besteht.

Es hat sich gezeigt, daß Kunststoff nicht nur die Eigenschaft hat, auch bei längerer Einwirkung feuchter Witterung seine Form und Farbe unverändert beizubehalten, sondern daß darüber hinaus der überraschende Effekt auftritt, daß die Eigenelastizität einer Kuststoffplatte ausreicht, um die Markierungsplatte ausschließlich durch Aufstecken sicher am konischen Markierungskopf der Grenzmarke festzulegen. Die beim Aufstecken erzielte Klemmung bleibt auch bei starker Feuchtigkeitseinwirkung erhalten. Damit kommen zusätz-

liche Befestigungsmittel vollständig in Wegfall und es werden Kosten und Arbeitszeit eingespart.

Als für die Markierungsplatte brauchbare Kunststoffe haben sich PVC, Polyamid oder Polyäthylen erwiesen.

Die Dicke der Markierungsplatte beträgt zweckmäßigerweise ca. 0,5 bis 2 mm. Eine solche Dicke ergibt eine ausreichend stabile und sicher am Markierungskopf festklemmbare Platten, die nicht zu teuer in der Gestehung ist.

Bei einer Grenzmarke mit einem Markierungskopf, der sich von einer Kantenlänge von ca. 75 mm am unteren Rand auf eine Kantenlänge von ca. 65 mm am oberen Rand verjüngt, wird eine optimale Klemmung der Markierungsplatte erzielt, wenn die Seitenlänge der Mittelausnehmung der Markierungsplatte ca. 70 mm beträgt.

Eine besonders gut auf Luftbildern sichtbare Markierungsplatte ergibt sich bei einer quadratischen Gestaltung der Markierungsplatte.

Ein Aufführungsbeispiel der Neuerung ist in der Zeichnung dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer Grenzmarke nach der Neuerung mit aufgesetzter Markierungsplatte; und

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Grenzmarke nach Fig. 1.

In der Zeichnung ist 1 allgemein eine Grenzmarke, die einen Schaft 2 aufweist, der beispielsweise aus einem Metallrohr mit Kunststoffüberzug bestehen kann. Am unteren Ende ist mit dem Schaft 2 eine Spitze 3 verbunden, die von einem Bohrgewinde 4 umgeben ist.

Auf das obere Ende des Schaftes 2 ist ein Markierungskopf 5

aus Kunststoff aufgesetzt, der einen quadratischen Querschnitt besitzt. Der Markierungskopf 5 verjüngt sich von einer Kantenlänge L = 75 mm am unteren Rand auf eine Kantenlänge L = 65 mm am oberen Rand. Die Grenzmarke 1 kann durch Ansetzen eines Verdrehwerkzeugs am Markierungskopf 5 mittels des Bohrgewindes 4 in den Boden eingedreht werden. Obwohl der Kunststoff des Markierungskopfes 5 eine weithin sichtbare Farbe besitzen oder weiß sein kann, sind Grenzmarken dieser Art auf Luftbildern nicht ausreichend sicher zu erkennen. Zur Luftbildvermessung wird deswegen auf die Grenzmarke eine Markierungsplatte 6 aufgeschoben, die eine quadratische Mittelausnehmung 7 besitzt. Die Seitenlänge S der Mittelausnehmung beträgt 70 mm. Die Markierungsplatte 6 besteht aus einem witterungsbeständigen, steifen Kunststoff, wie PVC, Polymamid oder Polyäthylen und ist in einer weithin sichtbaren Farbe oder in einem leuchtenden Weiß gehalten. Die Dicke b der Markierungsplatte beträgt bei dem gezeichneten Ausführungsbeispiel 2 mm. Sie hat quadratische Grundform mit einer Kantenlänge K von 20 bis 25 cm.

Die Verbindung zwischen dem Markierungskopf 5 und der Markierungsplatte 6 wird durch einfaches Aufstecken der Markierungsplatte in Richtung des Pfeiles A in Fig. 1 erzielt. Die Mittelausnehmung 7 klemmt sich dabei fest auf den konischen Markierungskopf 5 auf.

Die Neuerung ist nicht auf das gezeichnete Ausführungsbeispiel beschränkt. Insbesondere wäre es auch möglich, die Markierungsplatte 6 kreisförmig zu machen.

Sämtliche aus der Beschreibung und der Zeichnung, einschließlich deren konstruktiven Einzelheiten, hervorgehenden Merk-

male können auch in beliebigen Kombinationen erfindungswesentlich sein.

P.A. 226 141 *-4.5.65

7

G 141
20/dy

S c h u t z a n s p r ü c h e

1. Grenzmarke mit einem Schaft, der am unteren Ende eine mit einem Bohrgewinde versehene Spitze und am oberen Ende einem im Querschnitt quadratischen, sich nach oben konisch verjüngenden Markierungskopf trägt, und mit einer Markierungsplatte zur Luftbildvermessung, die mit einer quadratischen Mittelausnehmung auf den Markierungskopf aufschiebbar ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Markierungsplatte aus einem witterungsbeständigen, festen Kunststoff besteht.
2. Grenzmarke nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Markierungsplatte aus PVC, Polyamid oder Polyäthylen besteht.
3. Grenzmarke nach wenigstens einem der Ansprüche 1 - 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Markierungsplatte ca. 0,5 bis 2 mm dick ist.
4. Grenzmarke nach wenigstens einem der Ansprüche 1 - 3 mit einem Markierungskopf, der sich von einer Kantenlänge von ca. 75 mm am unteren Rand auf eine Kantenlänge von ca. 65 mm am oberen Rand verjüngt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Seitenlänge der Mittelausnehmung der Markierungsplatte ca. 70 mm beträgt.
5. Grenzmarke nach wenigstens einem der Ansprüche 1 - 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Markierungsplatte quadratisch ist.

P.A. 226 141 ★ - 4. 5. 65

Patentanwälte
Grünecker u. Dr. Kinkeldey
8 München 22, Maximilianstr. 43

4. Mai 1965

Fig.1

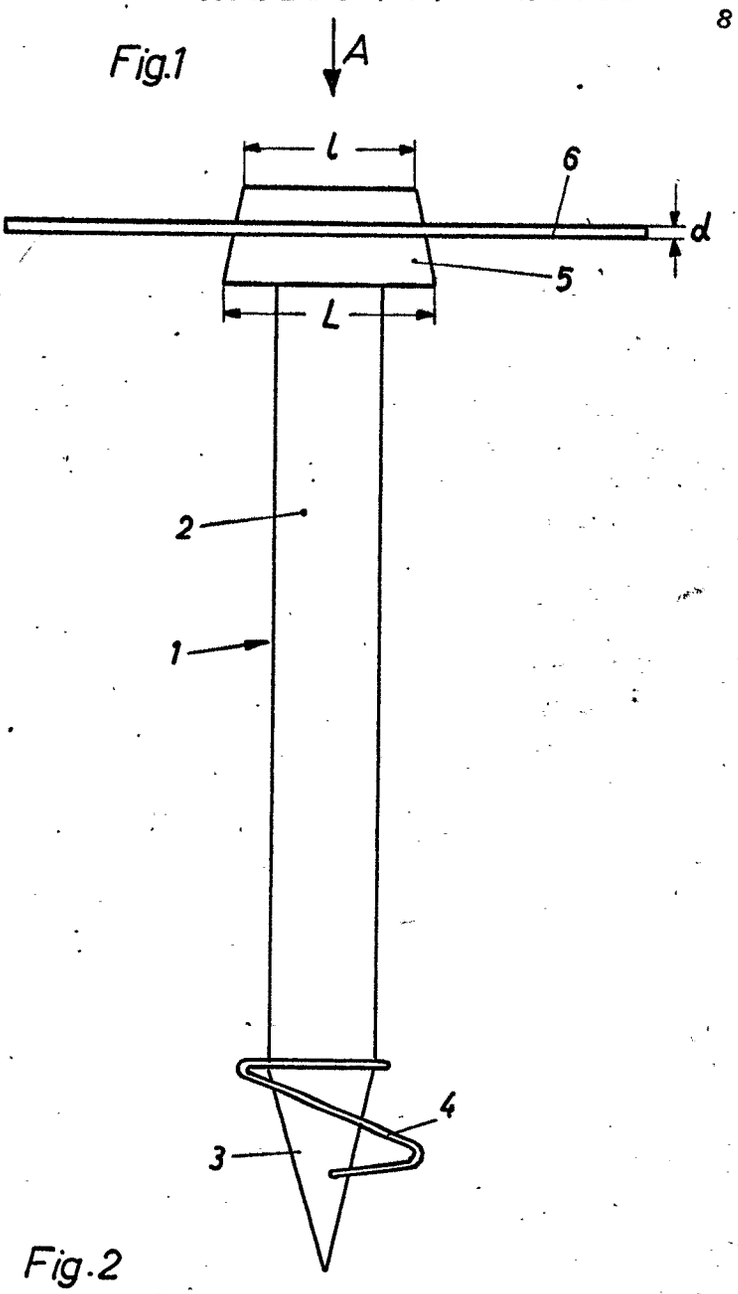
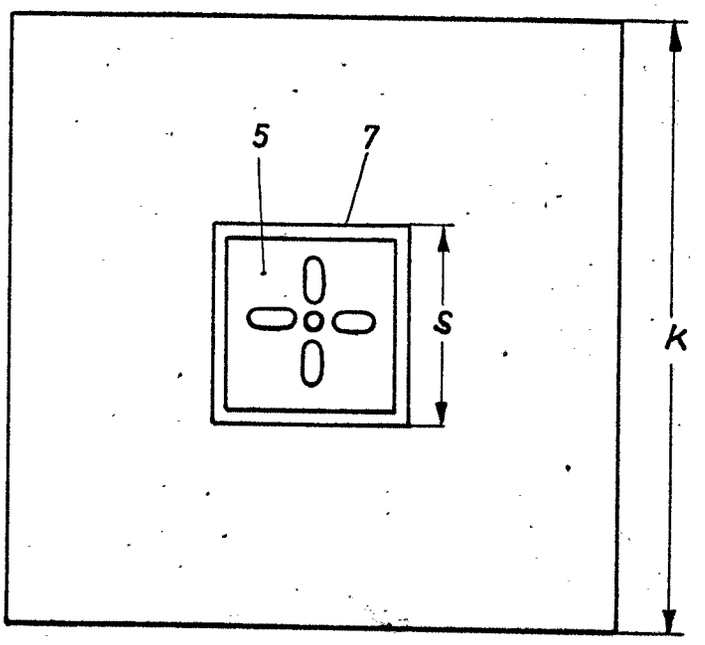


Fig.2



Bek. gem. 18. Nov. 1965

421, 11/03. 1 927 422. Hildegard Attenberger geb. Marketsmüller, Dorfen. 1 Grenzmarke mit einer Markierungsplatte zur Luftbildvermessung. 21. 9. 65. A 24 434. (T. 6: Z. 1)

Nr. 1 927 422* eingetr. 18.11.65

Patentanwälte
Grünecker u. Dr. Kinkeldey
8 München 22, Maximilianstr. 43

P.A. 496 980 * 21. 9. 65

G 181

München, den 21. September 1965

Gebrauchsmuster-Anmeldung

Es wird hiermit die Eintragung eines Gebrauchsmusters für:

Hildegard Attenberger, geb. Marketsmüller,
Dorfen, Lerchenhuberweg 7

auf den in den Anlagen beschriebenen u. dargestellten Gegenstand, betreffend:

"Grenzmarke mit einer Markierungsplatte zur Luftbildvermessung"

beantragt.

Diesem Antrage liegen bei:

2 Doppel dieses Antrages
3 Beschreibungen mit je 3 Schutzansprüchen
1 Bl. Zeichnungen (3fach)
1 Modell
1 Vollmacht (wird nachgereicht)
1 vorbereitete Empfangsbescheinigung

Es wird die Priorität beansprucht aus der Anmeldung:

Land: ---- Nr. ----

Tag: ----

Die Anmeldegebühr von DM 30,— wird unverzüglich auf das Postscheckkonto München 791 91 des Deutschen Patentamtes eingezahlt, sobald das Aktenzeichen bekannt ist.

An das

Deutsche Patentamt

8 München 2

Zweibrückenstr. 12

Patentanwälte
Grünecker u. Dr. Kinkeldey

P 19a
Carl Gerber Verlag, München 5 III. 62 10830

P.A. 496 980 * 21. 9. 65

Patentanwälte
Grünecker u. Dr. Kinkeldey
8 München 22, Maximilianstr. 43

G 181 /20/Ki

21. Sep. 1965

Hildegard Attenberger, geb. Marketsmüller,
Dorfen, Lerchenhuberweg 7

Grenzmarke mit einer Markierungsplatte zur Luftbildvermessung

Die Neuerung bezieht sich auf eine Grenzmarke mit einem im Boden verankerbaren Schaft, der am oberen Ende einen Markierungskopf trägt, und mit einer am Markierungskopf befestigbaren Markierungsplatte zur Luftbildvermessung.

Die bekannten Grenzmarken dieser Art werden zur Luftbildvermessung mit Markierungsplatten ausgerüstet, die einen zentralen, der Umrißkontur des Markierungskopfes angepaßten Ausschnitt aufweist. Zum Verbinden der Markierungsplatte mit dem Kopf wird diese mit ihrem Ausschnitt über den Markierungskopf geschoben. Es hat sich herausgestellt, daß eine wirklich sichere Anbringung der Markierungsplatten an den bekannten Grenzmarken nur so zu erzielen ist, daß zusätzlich in die Ecken der Markierungsplatte Nadeln eingesteckt und diese in den Boden eingetrieben werden. Diese verhältnismäßig langen Nadeln bringen wegen der großen benötigten Stückzahl eine beachtliche Verteuerung der Luftbildvermessung mit sich. Sie müssen außerdem nach

Durchführen der Vermessung unbwdingt wieder eingesammelt werden, da sie sonst eine Gefährdung, insbesondere für weidendes Vieh, darstellen. Das Einsammeln ist wiederum ein zeitraubender und entsprechend kostspieliger Vorgang.

Zweck der Neuerung ist es, eine mit einer Markierungsplatte ausgerüstete Granzmarke der eingangs beschriebenen Gattung so auszubilden, daß eine billig zu schaffende und trotzdem sichere Verbindung zwischen der Markierungsplatte und der Grenzmarke gewährleistet ist. Dies wird gemäß der Neuerung dadurch erreicht, daß der Markierungskopf in seiner Oberseite wenigstens eine Ausnehmung aufweist, in welcher ein die Markierungsplatte gegen die Oberfläche des Markierungskopfes pressendes Befestigungselement verankerbar ist.

Gemäß der Neuerung wird die Markierungsplatte mit einem im Markierungskopf verankerbaren Befesetigungselement fest mit dem Kopf verbunden. Es hat sich gezeigt, daß die Markierungsplatte auf diese Weise sicher mit dem Markierungskopf verbunden werden kann, obwohl sie allseitig ziemlich weit über diesen vorsteht. Die bisher benötigten Verankerungsnadeln können fortfallen. Dadurch werden einerseits die Kosten für die Verankerungsnadeln eingespart, die weit höher sind, als die Kosten für ein einzelnes Befestigungselement, und andererseits ist es nicht mehr notwendig, nach Durchführung der Luftbildvermessung sämtliche Meßpunkte zum Einsammeln der Nadeln wieder aufzusuchen. Die Verbindung zwischen der Markierungsplatte und der Grenzmarke ist also sicher und verursacht insgesamt erheblich geringere Kosten

als bisher.

Das Befestigungselement kann zweckmäßigerweise als einen Kopf aufweisender Kunststoffstopfen mit Verankerungslippen ausgebildet sein. Ein solcher Stopfen braucht lediglich in eine entsprechend dimensionierte Ausnehmung des Markierungskopfes eingeschlagen zu werden und bleibt dann aufgrund der Verankerungslippen sicher in diesem gehalten. Die durch den Kopf des Kunststoffstopfens gegen die Oberfläche des Markierungskopfes gedrückte Markierungsplatte ist sicher festgeklemmt.

Wenn der Markierungskopf in bekannter Weise aus Kunststoff besteht, ist es auch möglich, das Befestigungselement als Kopfschraube mit selbstschneidendem Gewinde auszubilden. Die Schraube wird zum Befestigen der Markierungsplatte in ein etwas unterdimensioniertes Loch in der Oberseite des Markierungskopfes eingeschraubt und verankert sich mit dem selbstschneidenden Gewinde sicher im Kopf.

Ausführungsbeispiele der Neuerung sind in der Zeichnung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht des oberen Teiles einer Grenzmarke nach der Neuerung mit aufgesetzter Markierungsplatte; und Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Seitenansicht einer geänderten Ausführungsform.

Die in Fig. 1 gezeigte Grenzmarke besteht aus einem Schaft 1, der mit seinem unteren, nicht gezeichneten Ende im Erdboden verankert werden kann. Hierzu ist beispielsweise

eine Spitze mit einem sie umgebenden Bohrgewinde vorgesehen. Der Schaft kann aber auch selbst als im Boden verankerbare Spirale ausgeführt sein. Das Gewinde kann eventuell auch den Schaft auf seiner ganzen Länge umgeben. Bei dem gezeichneten Ausführungsbeispiel wird der Schaft durch ein inneres Metallrohr 2 und einen Kunststoffüberzug 3 gebildet. Auf dem Metallrohr ist ein aus Kunststoff bestehender, im wesentlichen würfelförmiger und sich leicht nach oben verjüngender Markierungskopf 4 befestigt. Zur Luftbildvermessung wird auf den Markierungskopf 4 eine gegenüber diesem deutlich größere Markierungsplatte 5 aufgesetzt, die beispielsweise aus einem weithin sichtbaren, weißen Kunststoff bestehen kann.

Zum sicheren Befestigen der Markierungsplatte 5 auf dem Markierungskopf 4 ist gemäß der Neuerung vorgesehen, daß der Markierungskopf 4 eine Ausnehmung 6enthält, in welche durch eine entsprechende zentrale Ausnehmung in der Markierungsplatte 5 bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ein hohler Kunststoffpropfen 7 mit Verankerungslippen 7' und einem Kopf 7" einschlagbar ist. Der Kunststoffstopfen 7 hält die Markierungsplatte 5 sicher auf der Oberseite des Markierungskopfes 4 fest.

Die Ausführungsform nach Fig. 2 unterscheidet sich von derjenigen nach Fig. 1 nur dadurch, daß anstelle des Kunststoffstopfens als Befestigungselement eine Kopfschraube 8 mit selbstschneidendem Gewinde vorgesehen ist, die in ein

etwas unterdimensioniertes Loch 9 im Markierungskopf 4 eingeschraubt wird und mit ihrem Kopf 8' wiederum die Befestigungsplatte 5 gegen die Oberseite des Markierungskopfes 4 [illegible] preßt.

7

S c h u t z a n s p r ü c h e :

1. Grenzmarke mit einem im Boden verankerbaren Schaft, der am oberen Ende einen Markierungskopf trägt, und mit einer am Markierungskopf befestigbaren Markierungsplatte zur Luftbildvermessung, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Markierungskopf in seiner Oberseite wenigstens eine Ausnehmung aufweist, in welcher ein die Markierungsplatte gegen die Oberfläche des Markierungskopfes pressendes Befestigungselement verankerbar ist.

2. Grenzmarke nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Befestigungselement als einen Kopf aufweisender Kunststoffstopfen mit Verankerungslippen ausgebildet ist.

3. Grenzmarke nach Anspruch 1, mit einem aus Kunststoff bestehenden Markierungskopf, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Befestigungselement als Kopfschraube mit selbstschneidendem Gewinde ausgebildet ist.

Patentanwälte
Grünecker u. Dr. Kinkeldey
8 München 22, Maximilianstr. 43

P.A. 496 980 - 21. 9. 65

21. Sep. 1965

FIG. 1

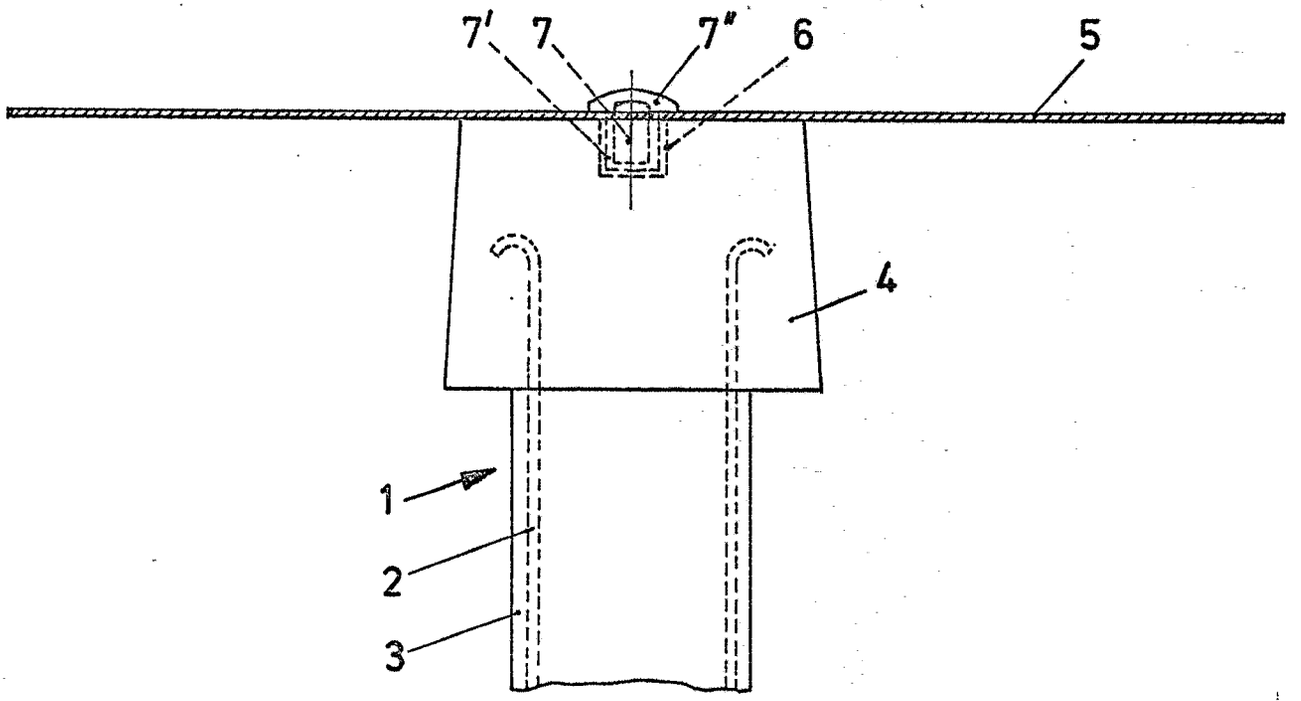
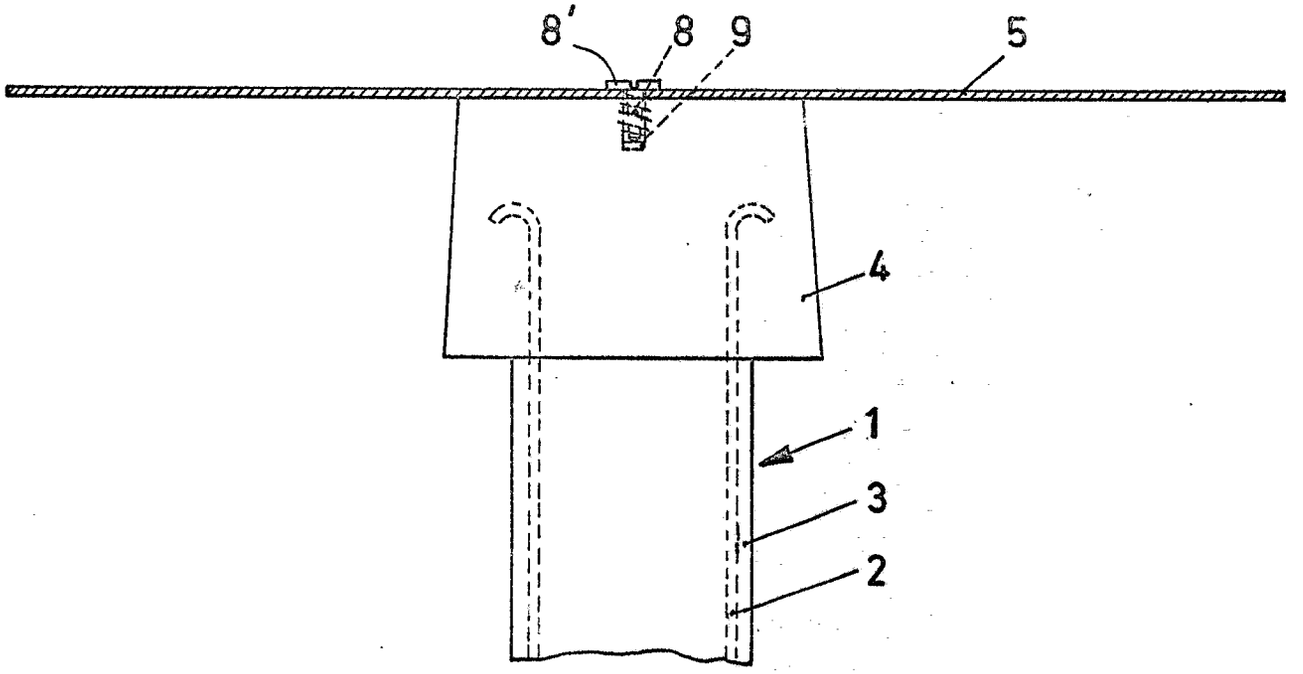


FIG. 2



(51) Int. Cl.: G 03 b, 37/02

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(52) Deutsche Kl.: 57 a, 6/01

(10) (11) Offenlegungsschrift 1941 133

(21) Aktenzeichen: P 19 41 133.7

(22) Anmeldetag: 13. August 1969

(43) Offenlegungstag: 4. März 1971

Ausstellungspriorität: —

(30) Unionspriorität

(32) Datum: —

(33) Land: —

(31) Aktenzeichen: —

---

(54) Bezeichnung: Panorama- oder Rundblickkamera, insbesondere für Luftbildaufnahmen

(61) Zusatz zu: —

(62) Ausscheidung aus: —

(71) Anmelder: Hycon Mfg. Company, Monrovia, Calif. (V. St. A.)

Vertreter: Sauerland, Hans, Dipl.-Ing.; König, Reimar, Dr.-Ing.; Patentanwälte, 4000 Düsseldorf

(72) Als Erfinder benannt: Kaswan, Siegfried, Sunland, Calif. (V. St. A.)

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

DT 1941 133

© 2. 71 109 810/946 17/70

Dipl.-Ing. H. Sauerland · Dr.-Ing. R. König
Patentanwälte · 4000 Düsseldorf · Cecilienallee 76 · Telefon 432732

1941133

Unsere Akte: 25126

12. August 1969
III/Ro

Hycon Mfg. Company

"Panorama- oder Rundblickkamera, insbesondere für Luftbildaufnahmen."

Die Erfindung betrifft eine Panorama- oder Rundblickkamera, insbesondere für Luftbildaufnahmen, mit einem hauptsächlich im Belichtungsbereich entsprechend der Fokalfläche des Linsensystems in Längsrichtung konkav gewölbten, in den Belichtungsintervallen von Bildfeld zu Bildfeld schrittweise weitertransportierten Film.

Für Luftbildaufnahmen finden in Flugzeugen Kameras Verwendung, die in schneller Aufeinanderfolge Aufnahmen mit hoher Auflösung machen. Die Arbeitsgeschwindigkeit der Kamera wird normalerweise so eingestellt, daß aufeinanderfolgende Aufnahmen Teile des Geländes zeigen, die sich in Flugrichtung überlappen. Da es wünschenswert ist, daß jede Luftbildaufnahme einen großen Teil des Geländes seitlich von der Flugrichtung zeigt, finden allgemein Weitwinkel-Luftbildkameras Verwendung.

Eine bekannte Luftbildkamera zum Fotografieren eines breiten Ziel- oder Aufnahmegebietes enthält ein drehbares Linsensystem, das sich während der Belichtung um eine zu der Höhe des Films parallele Achse dreht. Die den Brennpunkt, d.h. in einem solchen Falle die durch

109810/0948

die sich drehenden Linsen beschriebenen imaginären Brennpunkte enthaltende Oberfläche ist ein Abschnitt eines geraden kreisförmigen Zylinders und bildet die "Fokalfläche" der Kamera. Der Film muß daher in der Kamera so angeordnet sein, daß die lichtempfindliche Schicht mit der Fokalfläche der Kamera zusammenfällt. Beim Abtasten des Geländebildes wird der Film belichtet zwecks Erzeugung eines in seiner Breite panoramaartigen vollständigen Fotos.

Wird eine solche Panorama- oder Rundblickkamera für Luftbildaufnahmen verwendet, so wird die Kamera in dem Flugzeug so angeordnet, daß die Drehachse des Linsensystems parallel zur Flugzeuglängsachse liegt. Die Drehachse des Linsensystems verläuft somit im wesentlichen parallel zu der Flugrichtung, so daß das durch die Drehung des Linsensystems abgetastete Gelände in bezug auf das Flugzeug seitlich orientiert ist. Die halbkreisförmige Oberfläche des Films ist gleichermaßen seitlich orientiert und nimmt das durch das sich drehende Linsensystem projizierte Geländebild während der Belichtung auf.

Bei einer herkömmlichen Panoramakamera befindet sich das Linsensystem in einem Gehäuse mit einem engen, während der Belichtung vor dem Film befindlichen und sich mit dem Linsensystem drehenden Schlitz. Nach einer vollständigen Filmbelichtung wird üblicherweise eine Abdeckung zwischen den Film und das Linsensystem gebracht und das Objektivgehäuse in eine neue Ausgangsstellung gedreht, während vor dem Beginn eines neuen Belichtungszyklus ein neuer Filmabschnitt oder ein

neues Bildfeld in die Fokalfläche der Kamera vorwärtsbewegt wird. Die Abdeckung wird sodann entfernt, und das Objektivgehäuse dreht sich und projiziert unter Belichtung des neuen Bildfeldes das Abbild des folgenden Geländestreifens auf den Film.

Panoramakameras, wie sie bisher im Luftbildwesen Verwendung gefunden haben, bestehen aus umfangreichen Teilsystemen. Beispielsweise muß in einer Panoramakamera eine Tragvorrichtung für den zu belichtenden Filmabschnitt in der Fokalfläche der Kamera während der Belichtungszeiten vorgesehen sein. Zusätzlich müssen solche Geräte für die Luftbildfotografie, die hohe Bildgeschwindigkeiten erfordern, einen schnellen Filmtransport zwischen den Einzelbelichtungen zulassen. In der Vergangenheit wurden diese Funktionen durch eine gekrümmte, in der Kamera in der Fokalfläche angeordnete starre Fläche oder eine Platte erfüllt. Die Rückseite des Filmes wird gegen die Platte gedrückt, so daß sich der Film der Plattenoberfläche anpaßt. Der Film wird mittels eines Vakuums an Durchbrechungen oder Nuten in der Plattenoberfläche gegen die Plattenoberfläche gedrückt. Zwischen den Belichtungszeiten wird der Film über die Oberfläche der Platte gezogen, um wieder unbelichteten Film auf die Fokalfläche zu bringen.

Mit solchen Vakuumplatten sind jedoch verschiedene Nachteile verbunden. So verursacht das Ziehen des Filmes über die Plattenoberfläche Kratzer, was zu unerwünschten Fehlern führt. Ferner wird, wenn der Film über die Platte gezogen wird, etwas von der Lichthofschutzschicht an der Rückseite des Films abgetragen und an der Plattenoberfläche abgelagert. Die Ablagerungen

führen in den Saugöffnungen und -nuten zu Verstopfungen und erfordern daher eine häufige Reinigung. Die Notwendigkeit einer durchgehenden Platte in Verbindung mit dem zugehörigen Unterdruckgerät trägt ganz merklich zum Gewicht und zum Umfang der Kamera bei. Außerdem ist die Herstellung einer Platte mit einer glatten, verschleißfesten Filmtragfläche ziemlich kostspielig und verteuert sich noch durch die Anbringung der Saugöffnungen und -nuten.

Andere Systeme verwenden ein Paar von Rollen, die an gegenüberliegenden Seiten des Gehäuseschlitzes angeordnet und so synchronisiert sind, daß sie mit dem Schlitz laufen, um den Film während der Belichtung im richtigen Fokalabstand zu halten. Nach der Belichtung müssen die Rollen ihre Laufrichtung umkehren und in eine Ausgangsstellung an der Anfangsseite des Bildfeldes zurückgebracht werden. Dies führt zu Schwierigkeiten hinsichtlich Synchronisation, Stoßfestigkeit und dynamischer Unwucht, die die Stabilität der Kamera nachteilig beeinflußt.

Außerdem trägt die große Zahl beweglicher Teile zu der komplexen Ausbildung bekannter Panoramakameras bei. So sind oftmals Einzelantriebe vorgesehen für den Filmtransport, für den Drehmechanismus des Objektivgehäuses und den Transport der Abdeckung. In solchen Fällen müssen zusätzliche Einrichtungen für die Synchronisation der verschiedenen beweglichen Teile in das Kamerasystem eingebaut werden. Mitunter finden komplexe Getriebesysteme Verwendung, um zwei oder mehr mechanische Systeme miteinander zu verbinden.

Ferner ist es allgemein erforderlich, eine Luftbildkamera mit einer Vorrichtung für den Ausgleich der Bildwanderung in Flugrichtung, d.h. also mit einer Vorrichtung für den Ausgleich der Fluggeschwindigkeit während der Belichtung auszustatten, um Unschärfen und ein Verwischen der Fotografie durch die Bewegung des Bildes über die Fokalfläche der Kamera, die durch die Relativbewegung zwischen der Kamera und der Erdoberfläche hervorgerufen wird, zu verhindern. Bei älteren Luftbildkameras ist die Vorrichtung für den Ausgleich der Vorwärtsbewegung mit einem gesonderten Antrieb ausgestattet, der mit der Kamera während der Belichtung synchronisiert ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Nachteile der bekannten Panorama- oder Rundblickkameras zu vermeiden und eine Kamera zu schaffen, die kompakt, leicht und äußerst zuverlässig ist. Alle sich bewegenden Teile der Kamera sollen mit einem einzigen Antriebsmotor gekuppelt und synchronisiert sein. Die Kamera soll nur eine minimale Anzahl von sich bewegenden Teilen haben. Der den Film in der Kamera nach der Belichtung abdeckende Verschluß soll leichter bewegbar sein und einen die Spannung der Abdeckung in dem Formatbereich zwecks Verringerung des bei der Schließbewegung auftretenden Widerstandes steuernden Doppelantrieb haben. Ferner soll auch die Halterung und Führung des Films in der Kamera unter Fortlassung der Stützplatte in dem Belichtungsbereich der Kamera verbessert werden, und zwar ohne die Notwendigkeit eines Vakuums zum Festhalten des Filmes. Die Führung des Filmes soll einfach sein und im Aufnahmebereich bzw. in der Belichtungsstellung genau mit der Fokalfläche der Kamera übereinstimmen ohne Berührungskontakt zwischen dem Film und der Filmhalterung. Die

Führung des Filmes in der Kamera soll so sein, daß Kratzer auf der Filomberfläche beim Filmtransport vermieden werden. Ferner soll die Kamera eine Ausgleichvorrichtung für die Vorwärtsbewegung beim Flug aufweisen, die ohne besonderen Antrieb auskommt.

Diese Aufgabe findet ihre Lösung an einer Panorama- oder Rundblickkamera der eingangs erwähnten Art gemäß der Erfindung im wesentlichen dadurch, daß der Film zumindest im Belichtungsbereich an seinen beiden Längsrändern außerhalb der lichtempfindlichen Schicht durch zwei parallel zueinander verlaufende Aufspannschienen entsprechend der Wölbung der Fokalebene geführt ist. Die Kamera gemäß der Erfindung wird dadurch sehr einfach in ihrem Gesamtaufbau und vermeidet die herkömmliche Filmtragplatte mit der zugehörigen Vakuumvorrichtung. Die erfindungsgemäße Panoramakamera ist ferner gekennzeichnet durch einen Kameratrieb, der seinen Antrieb von einem einzigen Antriebsmotor erhält, und zwar für einen synchronen Antrieb des drehbaren Linsensystems bzw. Objektivs und den Verschluß während der Belichtung und außerdem für den Filmtransport zwischen den Einzelbelichtungen. Die Kamera enthält ferner eine Ausgleichsvorrichtung für die Vorwärtsbewegung, die mit der Kamera gekuppelt werden kann und durch den Kameraantrieb betätigt wird, ohne daß ein besonderer Antrieb erforderlich wäre.

Statt einer Saugplatte oder Schwingrollen, wie bei den bekannten Luftbildkameras, besitzen bei der erfindungsgemäßen Panoramakamera die beiden Aufspann- oder Führungsschienen für den Film eine Krümmung, die sich mit der Kontur des von der Fokalfläche der Kamera beschriebenen Zylinderabschnittes deckt. Diese Schienen sind

in der Kamera so angeordnet, daß ihre konvexen Oberflächen in der Fokalfläche außerhalb des Aufnahmebereiches und parallel zu der Filmtransportrichtung übereinander angeordnet sind. Der Film ist durch die Führung nahe seinen Rändern auf den konvexen Oberflächen der parallelen Schienen so angeordnet, daß seine Emulsion genau in der Fokalfläche der Kamera liegt.

Ein Spanner übt auf den Film in der Richtung parallel zu den Schienen einen Zug aus, so daß die Filmoberfläche nahe den Filmrändern gegen die konvexen Oberflächen der Schienen gedrückt wird. Ist der Film in dieser Form abgestützt, so besitzt er auch eine beträchtliche Steifigkeit in der Richtung parallel zu der Achse der gekrümmten Filmoberfläche. Die Spannung in dem Film in Verbindung mit der Krümmung des Filmes trägt zur Stabilität des Filmes im Aufnahmebereich bei.

Die konvexen Oberflächen der beiden Schienen beschreiben einen halbkreisförmigen Bogen, so daß der Film einen Abschnitt eines geraden Kreiszylinders bildet mit einer Achse, die mit der Drehachse des Kameraobjektivs zusammenfällt.

Da der Film bei seinem Transport zwischen den Einzelbelichtungen lediglich nahe seinen Rändern an einer Stützfläche entlanggezogen wird, werden Kratzer auf der Schicht vermieden. Ferner tragen das Fehlen der Stützplatte und der Wegfall der Saugvorrichtung ganz wesentlich zur Verringerung des Kameragewichtes, der Gesamtabmessungen der Kamera sowie der Herstellungs- und Wartungskosten bei und erlauben höhere Aufnahmegeschwindigkeiten.

Die Kamera nach der Erfindung besitzt ein Linsensystem, das in einem drehbaren, trommelartigen Gehäuse mit Öffnungen angeordnet ist, die das Linsensystem das aufgenommene Geländebild auf die Fokalfläche der Kamera projizieren lassen. Ein besonderer Verschluß ist vor dem Film zwischen den Linsen und den konkaven Seiten der Führungsschienen vorgesehen und besitzt einen Verschlußschlitz, der sich synchron mit der Drehung des Linsensystems bewegt.

Der Verschluß besteht aus einem fortlaufenden Streifen lichtundurchlässigen Materials, der um die konvexe Oberfläche einer neben der konkaven Oberfläche der Führungsschienen angeordneten Blende herumläuft. Der Verschluß besitzt randseitige Perforationen für den Eingriff eines Paares synchron angetriebener, mit endseitigen Verzahnungen versehener Transportrollen, die den Verschluß bewegen und beiderseits des Films angeordnet sind. Da diese Verschluß-Transportrollen angetrieben sind, wird die Reibung zwischen dem Verschluß und der Blende ganz beträchtlich verringert. Außerdem ist auch eine Einstellung des Durchhanges oder der Dauer des Verschlusses entlang dem gewölbten Abschnitt seiner Bahn möglich. Die konvexe Oberfläche der Blende ist mit einem widerstandsfähigen Material mit einem niedrigen Reibungskoeffizienten zwecks weiterer Verringerung der Reibung zwischen dem Verschluß und der Maske beschichtet. Der Verschlußstreifen bildet eine endlose Schleife rings um die Filmzuführ- und Filmaufnahmespulen.

Der endlose Verschluß sorgt für eine Abdeckung des Films nach der Belichtung jedes Einzelbildes. Ferner sind die Bildfeldgröße und die Lage des Bildfeldes auf

BAD ORIGINAL

der Fokalfläche durch die Länge des den Führungsschienen zwischen den Belichtungszeiten zugeführten Films und die Lage des Bildausschnittes an der Blende bestimmt. Wenn der Bildausschnitt der Blende mehr auf einer Seite der Fokalfläche liegt, kann die Kamera beispielsweise für Schrägwinkelaufnahmen Verwendung finden.

Bei der Panorama- oder Rundblickkamera nach der Erfindung sind alle sich bewegenden Teile mit einem einzigen Antriebsmotor mechanisch gekuppelt und synchronisiert. Der Motor treibt einen endlosen Riemen, der seinerseits das Linsensystem und das Verschlußband während der Belichtung synchron antreibt. Der endlose Riemen treibt ferner das Linsensystem und das Verschlußband in bezug auf den Film zwischen den Einzelbelichtungen an und dient auch dem Antrieb der Filmaufnahmespule und der Filmzumeßrolle für den Filmtransport zwischen den Einzelbelichtungen.

Die Ausgleichsvorrichtung für die Vorwärtsbewegung läßt sich erfindungsgemäß so ausbilden, daß ein drehbares Kurvenscheibenrohr mittels eines flexiblen Verbindungsstückes, beispielsweise eine biegsame Welle, mit dem trommelartigen Gehäuse für das Linsensystem drehfest verbunden ist und mit dem Linsensystem umläuft. Eine die Kurvenscheibe beiderseits übergreifende ortsfeste Führung sorgt für eine axiale Hin- und Herbewegung des Kurvenscheibenrohres entsprechend der räumlichen Ausbildung der Kurvenscheibe bei deren Drehung auf einer feststehenden Führung, wobei dann eine entsprechende Schwenkbewegung auf die schwenkbar gelagerte Kamera übertragen wird. Das Profil der Kurvenscheibe ist so ausgelegt, daß es für eine Kamerabewegung sorgt, die

ebenso die Vorwärtsbewegung des Flugzeuges wie die sogenannte Panorama-S- bzw. -Haltepunktskurvenverzeichnung, d.h. die Geländeverschiebung in dem Bild entlang der Breite des Filmformates, die durch die Endlichkeit des Verschlußschlitzes quer zu dem Film erzeugt wird, ausgleicht.

Weitere Einzelheiten und Merkmale des Gegenstandes der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Panorama- oder Rundblickkamera. In der Zeichnung zeigen jeweils in schematischer Darstellung

Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Panorama-Kamera gemäß der Erfindung,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht der Führungsschienen für den Film in der in Fig. 1 gezeigten Panorama-Kamera,

Fig. 3 eine Schnittansicht der Ausbildung der Führungsschienen von Fig. 2,

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer der Führungsschienen von Fig. 2 und Einrichtungen für deren Halterung in einer Kamera,

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht des Antriebs bei der erfindungsgemäßen Panorama-Kamera zusammen mit den verschiedenen Antriebsteilen,

Fig. 6 eine Seitenansicht des in Fig. 5 gezeigten in-

ORIGINAL INSPECTED

termittierenden Antriebs,

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht eines Gehäuses für die Panorama-Kamera nach der Erfindung und

Fig. 8 eine teils perspektivische, teils weggeschnittene, teils im Querschnitt dargestellte Ansicht des Ausgleichvorrichtung für die Vorwärtsbewegung bei der erfindungsgemäßen Panorama-Kamera.

Der Aufbau und die Arbeitsweise der Kamera nach der Erfindung lassen sich am besten im Zusammenhang mit Fig. 1 und 2 beschreiben. Fig. 1 ist eine Draufsicht auf die Kamera bei entfernter oberer Deckplatte des Kameragehäuses. Ein Paar von Führungsschienen 10, 11 ist parallel zueinander in der Kamera angeordnet; sie sind so gekrümmt, daß eine durch die geradlinige Verbindung ihrer konvexen Seiten erzeugte Fläche mit der Fokalfläche der Kamera zusammenfällt. Die untere Führungsschiene 10 ist in Fig. 1 gezeigt, in der die obere Führungsschiene 11 weggelassen ist, während beide Schienen 10, 11 in Fig. 2 gezeigt sind.

Die Panorama-Kamera besitzt ein Linsensystem oder Objektiv 12, das in einem drehbaren, trommelartigen Gehäuse 14 mit Öffnungen 15, 16 untergebracht ist. Die Fokalfläche der Kamera wird durch ein fokussiertes Bild beschrieben, das durch das Linsensystem oder Objektiv 12 bei Drehung des Gehäuses 14 erzeugt wird. Ein Paar vorderer Gehäusewände 17 dient der Lichtabschirmung.

Das sich drehende Linsensystem 12 tastet das Original

109810/0946

BAD ORIGINAL

18 ab und projiziert ein zerlegtes Bild des Originals 18 auf die Fokalfläche der Kamera, wobei dann das fertige Bild aus nacheinander aufgezeichneten Bildstreifen 20 der wachsenden Aufnahmefläche 22 zusammengesetzt ist. Die Breite jedes Bildzuwachses 20 wird durch einen Schlitz in einem Verschlußband 24 bestimmt, das zwischen der Linsenanordnung 12 und den Führungsschienen 10, 11 angeordnet ist und die Fokalfläche der Kamera während der Filmbelichtung synchron mit der Drehung der Linsenanordnung 12 überquert.

Der unbelichtete Film 26 ist so ausgebildet, daß er durch die konvexen Oberflächen der Führungsschienen 10, 11 nahe seinen Rändern derart geführt und abgestützt wird, daß die lichtempfindliche Schicht des Filmes 26 mit der Fokalfläche der Kamera zusammenfällt und dabei völlig unabhängig von der Filmdicke eine genaue Anordnung der lichtempfindlichen Schicht in der Fokalstellung sicherstellt. Da die Fokalfläche der Kamera durch Drehung der Linsenanordnung bzw. des Objektivs 12 festgelegt wird, muß der zwischen den Führungsschienen 10, 11 liegende Film 26 einen Abschnitt eines geraden Kreiszylinders bilden, so daß das Profil der Führungsschienen 10, 11 einen halbkreisförmigen Bogen beschreibt.

Ein Spanner drückt den Film 26 gegen die konvexen Seiten der Führungsschienen 10, 11, um sicherzustellen, daß der Film 26 die gewünschte Profilform annimmt. In der bevorzugten Ausführungsform der Panorama-Kamera ist der Spanner mit dem Transportmechanismus für den Film kombiniert. Beispielsweise läuft der von einer Spule 28 zugeführte Film 26 rings um eine angetriebene Zumeßrolle 30, wird dabei ferner an einer Andruckrolle 32

vorbeigeführt und in die Fokalfläche der Kamera gebracht, indem er um eine leer mitlaufende Führungsrolle 34 vorrückt und auf eine Filmaufnahmespule 36 gelangt. Die Zumeßrolle 30 zieht vorbestimmte Längen des Filmes 26 zwischen den Einzelbelichtungen von der Spule 28 ab, und die Andruckrolle 32 drückt den Film in Berührung mit der Zumeßrolle, um ein Gleiten des Filmes zu verhindern. Zugleich wird die Filmaufnahmespule 36 ebenfalls angetrieben, um während der Aufnahme den zugeführten Film über die Fokalfläche und um die leer mitlaufende Führungsrolle 34 herumzuziehen. Die Spannung ergibt sich durch schnelleres Antreiben der Filmaufnahmespule 36 in bezug auf die Filmzumeßrolle 30, da der Umfang des auf der Aufnahmespule 36 aufgewickelten Filmes 26 stets größer als der Umfang der Zumeßrolle 30 ist. Diese Bedingung oder dieser Zustand erzeugt eine seitliche Spannung im Film zwischen der Aufnahmespule 36 und der Zumeßrolle 30, was dazu führt, daß die an den Führungsschienen 10, 11 anliegenden Ränder des Filmes 26 gegen die Schienen gedrückt werden. Der gespannte Film entspricht dem Profil der konvexen Oberflächen der Führungsschienen 10, 11, so daß die lichtempfindliche Schicht des Filmes 26 mit der Fokalfläche der Kamera zusammenfällt.

Während einer Belichtung wird das Panoramabild über einen Bildflächenbereich 38 des Filmes 26 zerlegt. Eine Wand 39 befindet sich hinter dem Formatbereich 38 zur Verhinderung von sogenannten Filmschleiern. Der Aufnahmebereich 38 liegt zwischen den beiden Führungsschienen 10, 11, so daß kein Kontakt zwischen dem Aufnahmeformat und den Schienen stattfindet. Zwischen den Belichtungen wird der Film 26 nahe seinen Rändern über die konvexen Oberflächen der Führungsschienen 10, 11

gezogen, so daß das Aufnahmeformat 38 nicht durch Kratzer beschädigt werden kann. Um die Reibung zwischen den Filmrändern und den Führungsschienen 10, 11 zu verringern, können die konvexen Oberflächen der Schienen durch Aufbringen eines widerstandsfähigen Materials mit geringem Reibungskoeffizienten, wie beispielsweise eines mit Teflon imprägnierten Bandes, auf die Auflagerflächen an den Schienen selbstschmierend ausgebildet sein.

Die Aufnahmefläche 38 wird begrenzt durch eine Blende 40 zwischen den Führungsschienen 10, 11 und dem Linsensystem 12. Falls gewünscht, kann ein kleinerer Ausschnitt an der Blende 40 zu einer Seite der Fokalfläche der Kamera zwischen den Schienen 10, 11 angeordnet sein. In einem solchen Falle wird die Breite jedes Bildfeldes verringert, so daß die Länge des zu den Führungsschienen durch die Zumeßrolle zugeführten Filmes entsprechend verringert wird. In dieser Ausbildungsform kann die Kamera für Schrägwinkelaufnahmen Verwendung finden, wobei die Anzahl der Bildfelder oder Aufnahmen der Filmrolle zunimmt.

Ein Segment des Verschlußbandes 24 aus einem dünnen, flexiblen, lichtundurchlässigen Material ist zwischen den Führungsschienen 10, 11 und der Blende 40 angeordnet. Der Verschluß 24 besitzt entlang seinen Rändern Eingriffslöcher für die Zähne von angetriebenen Transportrollen 42, 44, die an gegenüberliegenden Seiten des Aufnahmebereiches 38 angeordnet sind. Da die Transportrollen 42, 44 angetrieben sind, ist die Spannung in dem Abschnitt des Verschlusses 24 zwischen diesen Transportrollen einstellbar. Mit nur geringer Bandspannung wird

sich der Verschluß 24 der konvexen Oberfläche der Formatmaske 40 anpassen. Die Reibung zwischen dem Verschlußband 24 und der Blende 40 wird durch Beschichten der Stützflächen der Blende 40 mit einem widerstandsfähigen Material mit niedrigem Reibungskoeffizieten, wie beispielsweise ein mit Teflon imprägniertes Band, das die Führung für den Verschluß 24 praktisch selbstschmierend macht, verringert. Das Verschlußband verläuft um Leerlaufrollen 46, 48.

Die auf den Film 26 ausgeübte Spannung braucht nicht groß zu sein, da die ihm innewohnende Steifigkeit bei der Biegung zum Zylinderabschnitt ausreicht, um dem Film in dem Aufnahmebereich 38 innerhalb vernünftiger Grenzen hinsichtlich Filmhöhe und Krümmungsradius die erforderliche Stabilität zu geben. Bei Filmen mit einer Höhe von etwa 13 cm wurde zwar beobachtet, daß, falls die Führungsschienen 10, 11 einen rechteckigen Querschnitt besitzen, der Film 26 in der Nähe der Rollen 30, 34 zum Ausbeulen oder Verziehen neigt, wenn der Radius der Schienen etwa 15 cm übersteigt. Dies kann jedoch vermieden werden durch Führungsschienen 10, 11 mit Anlageflächen, die den Film 26, wenn er unter Spannung gesetzt wird, dazu bringen, sich nahe seinen Rändern leicht umzulegen, wie in Fig. 3 gezeigt. Die abgeschrägten Flächen 50, 51 der Schienen 10 bzw. 11 verhindern ein Verziehen oder Ausbeulen des Filmes 26 bei Führungsschienen, die einen Krümmungsradius bis zumindest 30 cm besitzen, wenn ein Film mit etwa 13 cm Breite Verwendung findet.

In Fig. 4 sind Halterungen für Teile der Kamera gezeigt.

Eine Platte 52 ist so ausgebildet, daß sie über den optischen Teil der in Fig. 1 gezeigten Kamera paßt. Die obere Führungsschiene 11 ist an der Platte 52 befestigt, in der ein Schlitz 54 für die Anordnung der Oberkante der Blende 40 vorgesehen ist. Die Platte 52 enthält ferner ein Lager 56 für die drehbare Halterung des Gehäuses 14 mit dem Linsensystem 12. Öffnungen 58 sind für die Halterung der Filmrollen und der Verschluß-Transportrollen vorgesehen.

Fig. 5 zeigt das Zusammenwirken der mechanischen Bestandteile der Panoramakamera nach der Erfindung, wobei zahlreiche Bezugszeichen auf ähnliche Teile in Fig. 1 bis 4 hinweisen. Zwecks Verdeutlichung ist der Antrieb von den angetriebenen Teilen weggezogen dargestellt und die mechanische Verbindung der einzelnen Bauteile durch strichpunktierte Linien angedeutet. Ferner sind die Filmzuführ- und -aufnahmespulen 28, 36 und der Verschluß 24 (Fig. 1) in Fig. 5 nicht gezeigt.

Ein einzelner Antriebsmotor 60 dient dem Antrieb aller bewegbaren Teile der Kamera. Eine Schnecke 62, d.h. ein spiralförmig ausgebildetes Ritzel, ist an einer Motorwelle 64 für die Übertragung der Wellendrehung mit Untersetzung auf ein Schneckenrad 66 befestigt. Das Schneckenrad 66 ist an einer Welle 68 konzentrisch angebracht, auf der auch eine gestrichelt angedeutete Triebrolle 70 sitzt, die in Übereinstimmung mit der Drehung der Welle 68 umläuft.

Ein Antriebszahnrad 72 ist starr am einen Ende des Gehäuses 14 mit dem Linsensystem gekuppelt. Ein endloser

Hauptantriebsriemen 74 ist um die Triebrolle 70, das Linsenantriebszahnrad 72, eine gestrichelt angedeutete Leerlaufrolle 76 und eine weitere Leerlaufrolle 78 herumgeführt. Der Hauptantriebsriemen 74 ist gespannt, um einen Antriebseingriff mit der Triebrolle 70, dem Linsenantriebszahnrad 72 und der Leerlaufrolle 76 sicherzustellen. Die andere Leerlaufrolle 78 kann zwecks Änderung der Riemenspannung verstellt werden. Wird die Welle 68 durch den Motor 60 über die Schneckenräder 62, 66 angetrieben, so treibt die Triebrolle 70 den Haupttreibriemen 74 an, der seinerseits das Linsenantriebszahnrad 72 dreht, um das Linsen- oder Objektivgehäuse 14 in Drehung zu versetzen. Der Antriebsriemen 74 treibt ferner die Leerlaufrolle 76 an, um eine Welle 82 in Drehung zu versetzen, auf der die Leerlaufrolle 76 starr befestigt ist. Durch die Drehungen der Welle 68, des Linsenantriebszahnrades 72 und der Welle 82 werden die anderen sich bewegenden Teile in dem Kamerasystem entsprechend angetrieben.

Ein Antriebszahnrad 84 für eine Verschlußtransportrolle ist auf der Welle 68 starr befestigt und kämmt mit einem Antriebsritzel 86 für die betreffende Verschlußtransportrolle, das an einem Ende der Verschlußtransportrolle 42 konzentrisch angebracht ist. Die Drehung der Welle 68 führt daher zur Drehung der ersten Verschlußtransportrolle 42.

In gleicher Weise ist ein weiteres Antriebszahnrad 88 für die andere Verschlußtransportrolle 44 fest auf der Welle 82 verkeilt und kämmt mit einem Verschlußtransportrollenantriebsritzel 90, das an einem Ende der Ver-

schlußtransportrolle 44 konzentrisch angebracht ist. Die Leerlaufrolle 76 besitzt den gleichen Durchmesser wie die Triebrolle 70, das Verschlußtransportrollenantriebszahnrad 88 ist ebenso wie das Verschlußtransportrollenantriebszahnrad 84 ausgebildet, und das zweite Verschlußtransportrollenantriebsritzel 90 ist ebenso wie das Verschlußtransportrollenantriebsritzel 86 geformt, so daß die beiden Verschlußtransportrollen 42, 44 beide mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit angetrieben sind. Das in Fig. 5 nicht gezeigte Verschlußband 24 wird daher doppelt angetrieben über die konvexe Oberfläche der Blende 40 bewegt, so daß das Durchhängen in dem Abschnitt des Verschlußbandes, der sich zwischen den Verschlußtransportrollen 42, 44 befindet, eingestellt werden kann. Die Spannung in diesem Abschnitt des Verschlußbandes kann so eingestellt werden, daß das Band an der konvexen Oberfläche der Blende 40 anliegt, ohne eine unzulässige Reibung zwischen dem Band und der Blende hervorzurufen.

Die angetriebene Welle 82 setzt ferner einen intermittierenden Antrieb für den Transport des Filmes zwischen den Einzelbelichtungen in Drehung. Beispielsweise kann ein nicht gezeigtes intermittierendes Antriebsritzel fest auf die Welle 82 aufgekeilt sein und mit einem intermittierenden Antriebszahnrad 92 kämmen. Das intermittierende Antriebszahnrad 92 ist auf einer weiteren Welle 94 starr befestigt und läßt, wenn es durch das intermittierende Antriebsritzel in Drehung versetzt wird, die Welle 94 beim Kamerabetrieb für jeden vollständigen Arbeitsablauf eine Umdrehung ausführen.

Bei dem in Fig. 6 im einzelnen gezeigten intermittie-

renden Antrieb sind ein intermittierendes Antriebsrad 95 auf der Welle 94 und ein weiteres intermittierendes Antriebsrad 96 auf einer Welle 97 angebracht. Das intermittierende Antriebsrad 96 besitzt ein Paar Kurvenflächen 98, 99 für den Eingriff mit einem Paar von Stiften 100, 101, die an dem intermittierenden Antriebsrad in einer Stellung parallel zu der Welle 94 angebracht sind. Das intermittierende Antriebsrad 95 weist eine angehobene Fläche 102 auf, die in Berührung mit einer Fläche 103 des intermittierenden Antriebsrades 96 steht für eine Hemmung der Drehung des intermittierenden Antriebsrades. Wenn die Welle 94 angetrieben wird, rotiert der Stift 100 um die Welle und greift, sobald er sich in einer bestimmten Stellung befindet, an der Kurvenfläche 98 an. In dieser Stellung verhindert die Fläche 103 nicht länger die Drehung des intermittierenden Antriebsrades 96, das in Drehung versetzt wird, bis die Zähne 104 an dem intermittierenden Antriebsrad 95 mit Zähnen 105 an dem intermittierenden Rad 96 kämmen. Das intermittierende Antriebsrad 96 setzt seine Drehung fort, bis der Stift 101 in einer bestimmten Stellung an der Kurvenfläche 99 angreift, woraufhin die Fläche 102 wieder mit der Fläche 103 in Berührung kommt, um eine weitere Drehung des intermittierenden Antriebsrades zu verhindern.

Wenn die Welle 97 durch das intermittierende Antriebsrad 96 angetrieben wird, treibt ein intermittierendes Antriebszahnrad 108, das an der Welle 97 fest angebracht ist, ein intermittierend angetriebenes Ritzel 110, das an einem Ende der Filmzumeßrolle 30 befestigt ist. Das intermittierend angetriebene Ritzel 110 ist auch an

einer Filmtransportrolle 112 angebracht, die eine Rolle 114 für eine Filmaufnahmespule mittels eines Antriebsriemens 116 antreibt. Die Spulenrolle 114 ist mit der nicht gezeigten Aufnahmespule durch eine einstellbare Mitnehmereinrichtung 118 gekuppelt, die ein Spannen des Films zwischen der Aufnahmespule und der Zumeßrolle 30 zuläßt. Ferner ist auch eine einstellbare Mitnehmereinrichtung 120 für die Filmzuführspule vorgesehen und mit der nicht gezeigten Filmzuführspule so gekuppelt, daß sie eine Drehung der Spule zuläßt, ohne ein Abwickeln des Films infolge Trägheitswirkung zu verursachen. Dementsprechend werden beim Antrieb des intermittierend angetriebenen Ritzels 110 sowohl die Filmzumeßrolle 30 als auch die Filmaufnahmespule angetrieben für den Transport unbelichteten Films über die Führungsschienen 10, 11 vor der Belichtung eines neuen Bildfeldes und das Aufwickeln des belichteten Films auf die Filmaufnahmespule. Da der Film auf der Filmaufnahmespule stets einen größeren Durchmesser als der Durchmesser der Filmzumeßrolle 30 hat, wird der Film durch die Filmaufnahmespule in bezug auf die Zumeßrolle schneller bewegt und dadurch in dem Bereich der Führungsschienen 10, 11 gespannt gehalten.

Es können Einrichtungen zum Abschalten des Motors 60 nach Vollendung jedes Arbeitszyklus vorgesehen sein. So kann eine Kurvenscheibe 122 an der Welle 94 befestigt sein und einen Einschnitt 124 in der Kurvenoberfläche aufweisen. Ein Schalter 126 wird durch einen Kurven- oder Nockenfolger 128 betätigt, der bei jeder Drehung der Welle 94 einmal in die Kerbe 124 niedergedrückt wird. Der Schalter 126 kann an einen nicht gezeigten

Bildfolgeregler angeschlossen sein für die Steuerung der Intervalldauer zwischen dem Ende eines vollständigen Arbeitszyklus und dem Beginn des folgenden.

Bei einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Panoramakamera ist der durch die Blende 40 umgrenzte Aufnahmebereich etwa 5,7 cm hoch und etwa 19 cm breit; er wird über eine Winkeldrehung des Linsensystems 12 von 135° belichtet. Jeder vollständige Arbeitszyklus der Kamera kann zwei vollständige Umdrehungen des Linsengehäuses 14 und einen vollständigen Schleifenumlauf des Verschlusses in sich schließen oder alternativ eine Umdrehung des Linsengehäuses und einen halben Verschlußumlauf, wenn der Verschluß mit zwei einen halben Bandumlauf voneinander entfernten Schlitzen versehen ist. Während des 135°-Belichtungsintervalls bewegen sich das Linsensystem 12 und der Verschlußschlitz synchron.

Wenn ein vollständiger Arbeitszyklus der Kamera das Abtasten des Originals über einen Winkel von 135° einschließt, kann die Kamera wie folgt arbeiten. Beim Einschalten des Motors 60 werden das Linsengehäuse 14 und der Verschluß auf eine konstante Geschwindigkeit beschleunigt. Dies erfolgt während einer Linsendrehung von etwa 30°, und der Verschluß erreicht eine Geschwindigkeit von etwa 114 cm/Sek. Die Aufnahmespule und die Filmzumeßrolle 30 bleiben stehen, so daß ein unbelichtetes Bildfeld des Filmes auf den Führungsschienen 10, 11 festgehalten wird. An dieser Stelle des Zyklus tritt der Schlitz des Verschlußbandes in die optische Bahn des Linsensystems 12 ein, und sowohl der Verschlußschlitz als auch die Linsen überstreichen den Film wäh-

rend der Winkeldrehung der Linsentrommel von 135°. Bei diesem Beispiel beträgt die Belichtungszeit 1/1500 Sekunde. Der Film bleibt daraufhin nach einem zusätzlichen Überfahren der Endstelle um etwa 6° stehen, bevor der intermittierende Filmantriebsmechanismus das intermittierende Antriebsritzel 110 in Drehung versetzt. Während der folgenden Winkeldrehung von 184° wird der Film transportiert, um das nächste Bildfeld hinter das Linsensystem zu bringen und den belichteten Film auf die Aufnahmespule zu wickeln. Wenn der Filmtransport beendet ist und sich ein neues Bildfeld auf den Führungsschienen 10, 11 befindet, löst die Kurvenscheibe 122 den Schalter 126 aus, um die Kamera in den letzten 5° der Linsentrommeldrehung anzuhalten.

Bei diesem Beispiel läuft jeder Arbeitszyklus in 0,5 Sek. ab. Ein Bildfolgeregler kann zum Einstellen verschiedener Zwischenzeiten zwischen den einzelnen Arbeitszyklen dienen.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 ist zwischen einer oberen Abdeckung 130 und einem Gehäuseboden 132 eine Trennwand 134 zum Abtrennen eines oberen Teiles des die in Fig. 1 gezeigten Bauteile enthaltenden Gehäuses von einem Bodenteil des Gehäuses, der den in Fig. 5 gezeigten Antriebsmechanismus enthält, angeordnet. Die Trennwand 134 enthält Öffnungen und Lagerstellen für eine Drehverbindung der im anderen Teil des Gehäuses angeordneten Antriebsmechanismen mit den angetriebenen Bauteilen im weiteren Gehäuseteil.

An jeder der zwei gegenüberliegenden Seiten des Kamera-

gehäuses sind Haltestücke 136 angebracht. In jedem der Haltestücke 136 kann ein Paar von Öffnungen 140 vorgesehen sein für eine schwenkbare Lagerung der Kamera, wenn die Ausgleichsvorrichtung nach der Erfindung Verwendung findet.

Eine Ausgleichsvorrichtung 144 (Fig. 8) für die Vorwärtsbewegung dient dazu, Unschärfen und Verzerrungen der Aufnahmen durch die Bewegung des Bildes über die Fokalfläche, die durch die Relativbewegung zwischen der Kamera und der Erdoberfläche hervorgerufen wird, zu verhindern. Die Ausgleichvorrichtung gemäß der Erfindung wird durch die Drehung der Linsentrommel bzw. des Linsengehäuses 14 betätigt und schwenkt die Kamera um eine Schwenkachse hin und her, wenn die Kamera an den in Fig. 7 gezeigten Schwenkpunkten 142 schwenkbar gelagert ist.

Das Linsengehäuse 14, das in der Kamera mittels eines an der oberen Abdeckung 130 angebrachten Lagers 146 und eines an der Trennwand 134 befestigten Lagers 148 drehbar gelagert ist, ist mit der Ausgleichvorrichtung 144 durch eine biegsame Welle 150 gekuppelt, die in der Drehachse der Linsentrommel angeordnet ist. Die Ausgleichvorrichtung 144 ist teilweise in den Bodenteil des Kameragehäuses durch eine Öffnung im Gehäuseboden 132 eingesetzt.

Das geschlossene Ende eines Kurvenscheibenrohres 152 ist an der biegsamen Welle 150 entlang der Zylinderachse der Kurvenscheibe befestigt, und die Innenoberfläche des Kurvenscheibenrohres 152 ist mittels einer Buchse 156 auf einem zylindrischen Schaft 154 hin- und

herbewegbar angebracht. Der Schaft 154 wird starr von einem Befestigungsstück 158 getragen, das zu der Befestigungsstelle für die Kamera in dem Flugzeug in stationärer Lage angebracht ist. Führungen, wie z.B. ein Paar von Lagerrollen 160, sind für die Führung einer erhabenen Kurvenscheibenfläche 162 an dem Kurvenscheibenrohr 152 vorgesehen und werden durch einen Tragarm 164, der an dem Haltestück 158 starr angebracht ist, drehbar abgestützt. Der Tragarm 164 kann so eingestellt werden, daß jedes Spiel zwischen der Kurvenscheibenfläche 162 und den Lagerrollen 160 vermieden wird, und zwar mittels Unterlegscheiben 166, die zwischen den Tragarm 164 und das Haltestück 158 eingesetzt sein können. Der Tragarm kann an dem Haltestück 158 beispielsweise mittels Schraubbolzen 168 befestigt sein.

Beim Betrieb der Kamera wird die Drehgeschwindigkeit des Linsengehäuses 14 durch die biegsame Welle 150 auf das Kurvenscheibenrohr 152 übertragen. Da die Lagerrollen 160 auf feststehenden Achsen drehbar gelagert sind, läßt ihre Eingriffsberührung mit der sich drehenden Kurvenscheibenoberfläche 162 das Kurvenscheibenrohr 152 entlang dem feststehenden Führungsschaft 154 hin- und herwandern. Diese Hin- und Herbewegung des Kurvenscheibenrohres 152 läßt die biegsame Welle 150 hin- und hergehen, so daß sich das Linsengehäuse 14 um eine die Lagerstellen für die Kamera verbindende Schwenkachse bewegt. Die Kurvenscheibenfläche 152 ist so ausgelegt, daß die resultierende Geschwindigkeit des Linsengehäuses 14 während der Belichtungszeiten der Kamera die Bildbewegung in der Fokalebene der Kamera ausgleicht, die sonst durch die Fluggeschwindigkeit und die Flug-

höhe des Flugzeuges verursacht wird, ebenso wie sie die sogenannte Panorama-S- bzw. -Haltepunktskurvenverzeichnung ausgleicht.

Die erfindungsgemäße Kamera, die ja kompakt, leicht und äußerst zuverlässig sein soll, hat einschließlich Heizeinrichtungen, Steuereinrichtungen und Film nur ein Gewicht von etwa 4,5 kg und eine maximale Außenabmessung von höchstens 28 cm, wobei die kleinste Abmessung bei etwa 12,7 cm liegt.

Z.B. Die Führungsschienen nach der Erfindung können, obgleich sie besondere Anwendung in einer Panoramakamera finden, auch für die Führung des Filmes in einem zylindrischen Abschnitt, der mit der Fokalebene zusammenfällt, bei anderen Kameras Verwendung finden, wie z.B. bei einer Kamera mit einem sich nicht drehenden Weitwinkelobjektiv. Bei solchen Kameras kann die Aufnahmefläche eine Fläche sein, die nicht ein Ausschnitt eines geraden Kreiszylinders ist, sondern z.B. ein Ausschnitt aus einem parabolischen Körper.

Patentansprüche

Hycon Mfg. Company

Patentansprüche:

1. Panorama- oder Rundblickkamera, insbesondere für Luftbildaufnahmen, mit einem im Belichtungsbereich entsprechend der Fokalfläche des Linsensystems in Längsrichtung konkav gewölbten, in den Belichtungsintervallen schrittweise weitertransportierten Film, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Film (26) zumindest im Belichtungsbereich an seinen beiden Längsrändern außerhalb der lichtempfindlichen Schicht durch zwei parallel zueinander verlaufende Führungsschienen (10, 11) entsprechend der Wölbung der Fokalebene geführt ist.

2. Kamera nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zwischen dem gewölbten Belichtungsbereich des Filmes (26) und dem Linsensystem (12) ein Verschluß aus einem endlosen Band (24) angeordnet ist, das mindestens einen Belichtungsschlitz aufweist und entlang einer ein Filmfenster (38) aufweisenden und parallel oder konzentrisch zu den Führungsschienen (10, 11) gewölbten Blende (40) geführt ist.

3. Kamera nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Führungsschienen (10, 11) und/oder die Blende (40) an ihren konvexen Rückseiten mit einem Material mit geringem Reibungskoeffizienten beschichtet sind.

4. Kamera nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Linsensystem (12) synchron mit dem Belichtungsschlitz um eine parallel zur Filmebene verlaufende Achse drehbar ist.

5. Kamera nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß für die synchrone Drehung des Linsensystems (12) mit der Bewegung des Belichtungsschlitzes und für den intermittierenden Filmtransport ein gemeinsamer Antriebsmotor (60) vorgesehen ist.

6. Kamera nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie um eine zur Drehachse des Linsensystems (12) rechtwinklig und quer zur Flugzeuglängsachse verlaufende Achse schwenkbar gelagert ist und mit einer antriebsmäßig mit dem schwenkbaren Linsensystem (12) verbundenen Ausgleichsvorrichtung (144) ausgestattet ist.

7. Kamera nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch einen an dem Kamera-Tragrahmen (158) in dem Flugzeug starr befestigten Schaft (154), eine neben dem Schaft (154) feststehend angebrachte Führungseinrichtung (160) und durch ein auf dem Schaft drehbar und verschiebbar geführtes, mit der feststehenden Führungseinrichtung (160) mittels einer räumlich gekrümmten Führungskurve (162) in Führungseingriff stehendes Kurvenscheibenrohr (152), das mit dem Linsensystem (12) durch eine flexible Welle (150) drehfest verbunden ist.

8. Kamera nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch an der konvexen Außenseite der Führungsschienen (10, 11) außerhalb des Belichtungsbereiches angeordnete Filmspanner (26).

9. Kamera nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch eine in der Filmbahn neben den Führungsschienen (10, 11) vor dem Belichtungsbereich angeordnete Filmzumeßrolle (30) und eine Leerlaufrolle (34) hinter dem Belichtungsbereich.

10. Kamera nach den Ansprüchen 8 und 9, gekennzeichnet durch einen intermittierenden synchronen Antrieb der Filmzumeßrolle (30) und der Aufnahmespule (36) für den belichteten Film (26), der den Film (26) schneller durch die Aufnahmespule (36) als durch die Zumeßrolle (30) bewegt.

11. Kamera nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Film (26) im Belichtungsbereich zylindrisch um die Drehachse des Linsensystems (12) gewölbt ist.

12. Kamera nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Abdeckband (24) über ein Paar von beiderseits der Belichtungsfläche angeordneten und synchron angetriebenen Antriebsrollen (42, 44) geführt ist.

Leerseite

1941133

57 a 6-01 AT: 13.08.1969 OT: 04.03.1971

33

Fig. 1.

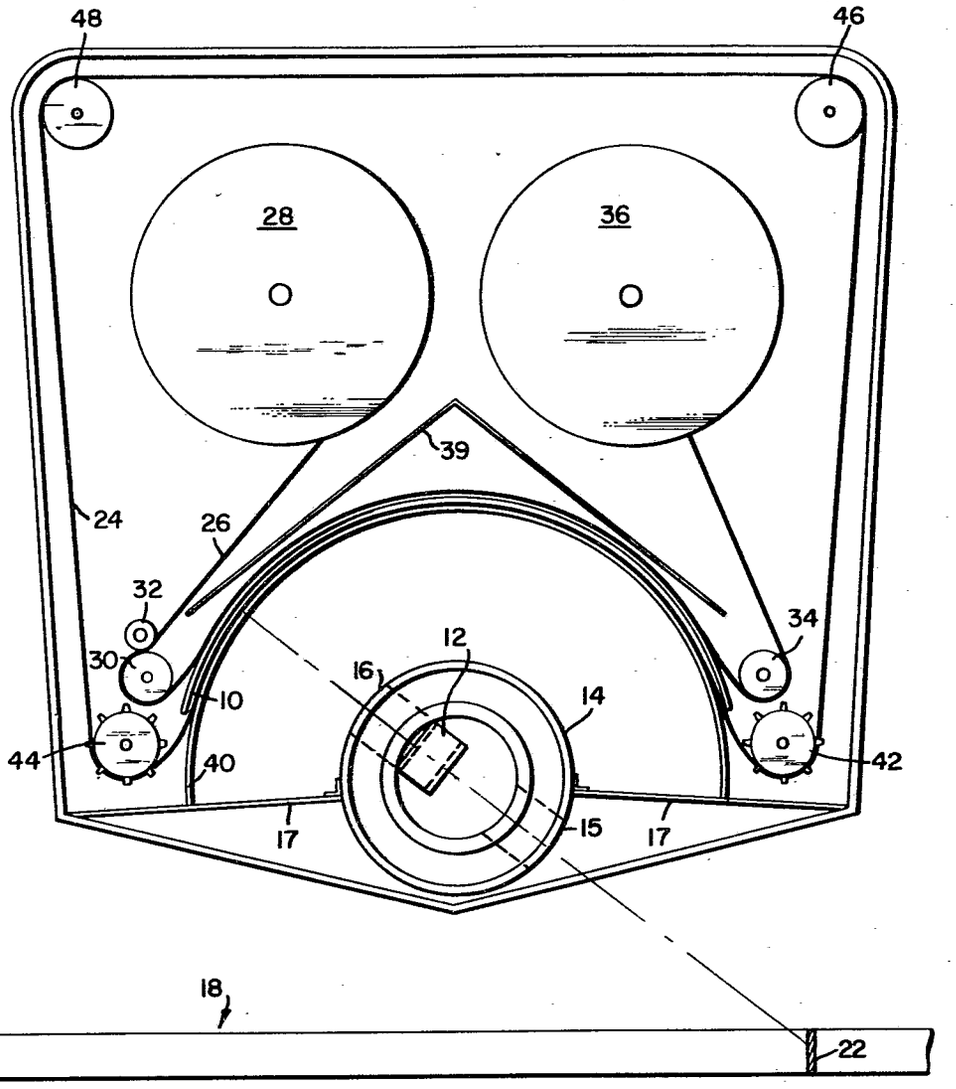
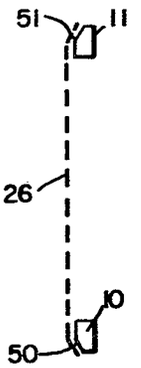


Fig. 3.



30

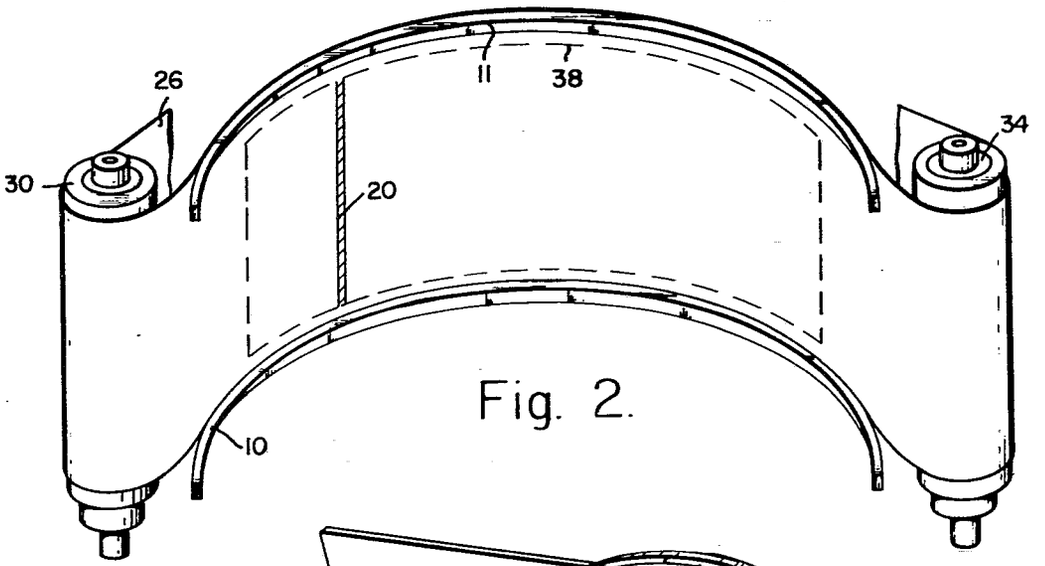


Fig. 2.

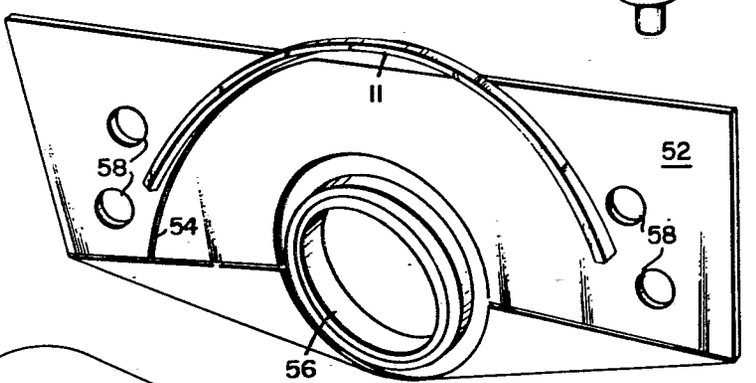


Fig. 4.

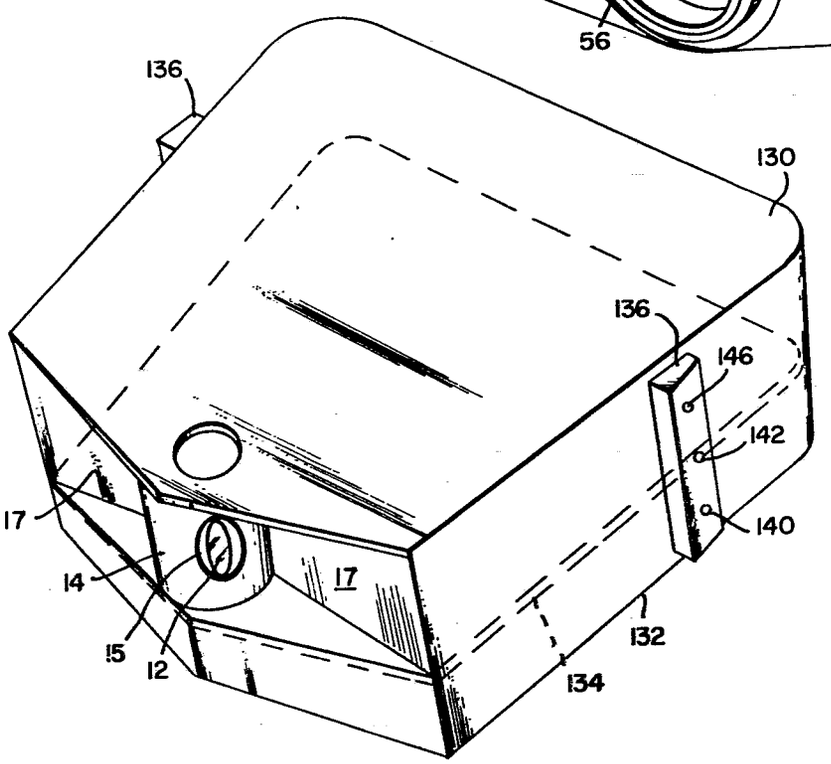


Fig. 7.

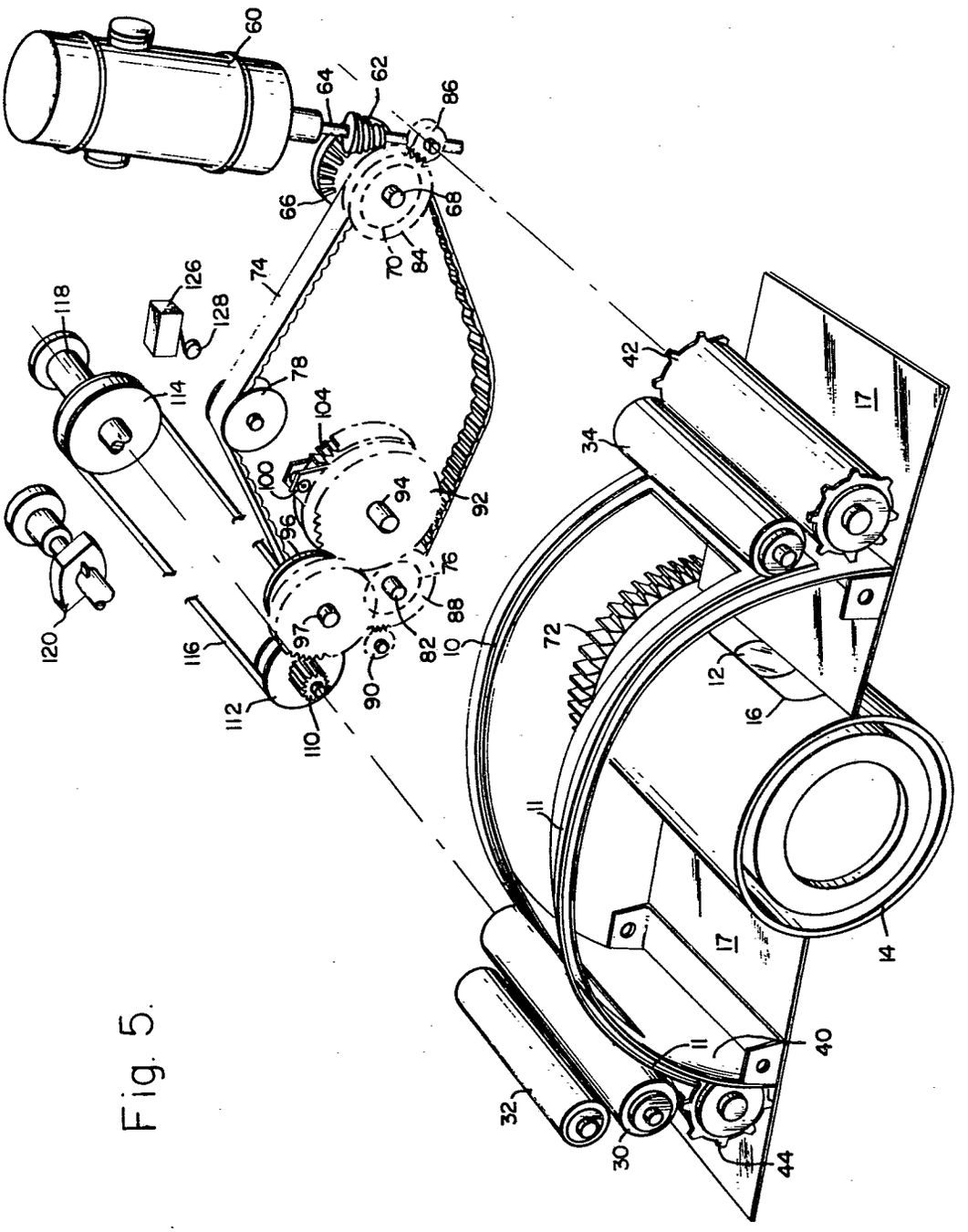

60
64
62
86
66
68
70
84
74
126
128
118
114
78
104
100
94
92
96
76
88
82
97
10
90
112
110
116
120
72
42
34
17
12
16
11
14
40
32
30
44

Fig. 5.

1941133

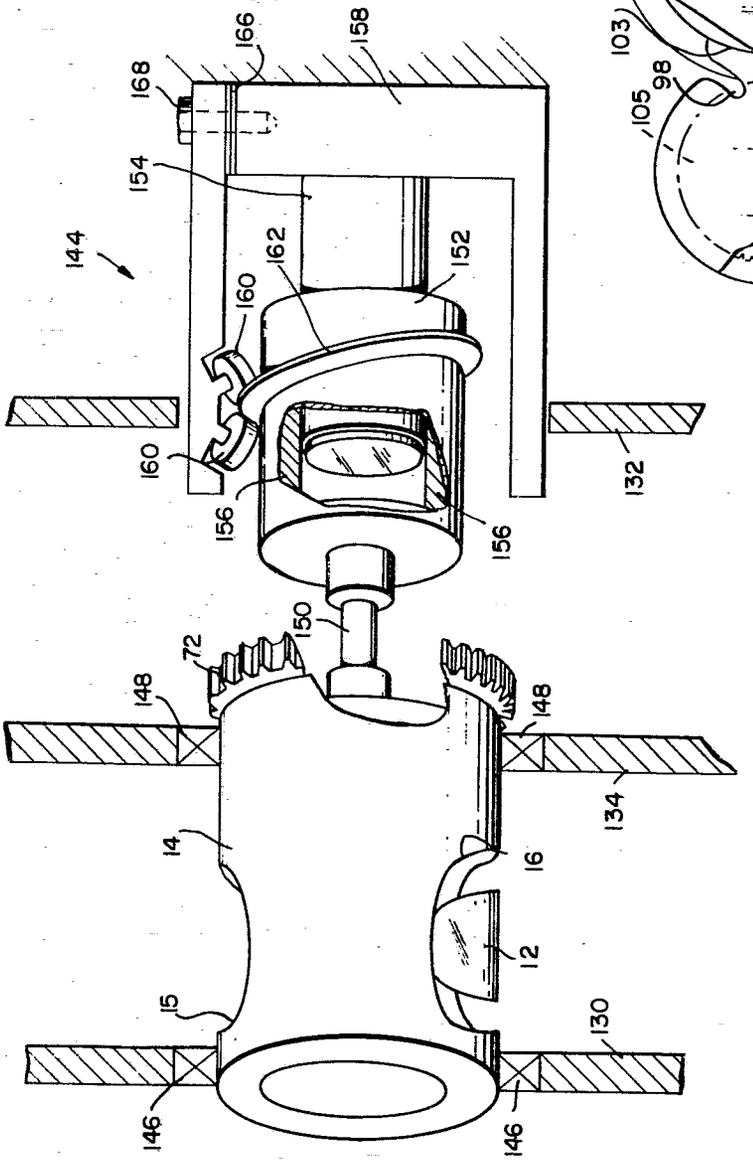


Fig. 8.

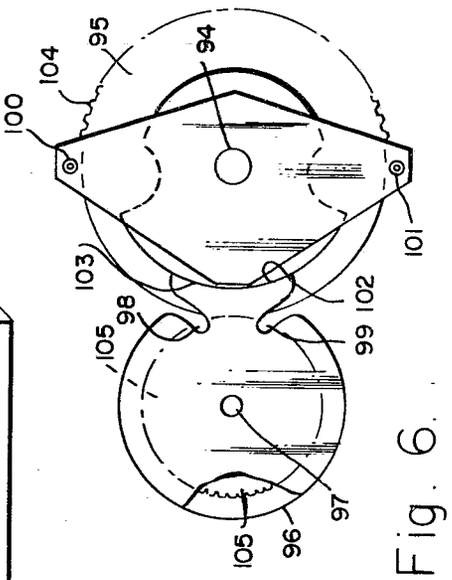


Fig. 9.

Bek. gem. 29. Sep. 1966

42c, 10/01. 1 946 883. Hans Frings, Richterich. | Luftbild-Sichtplatte. 23.6.66. F 30 345. (T. 7; M.)

Nr. 1 946 883*

eingetr. 29. 9. 66

Patentanwältin
Dipl.-Ing. Liselotte Welling

5 KÖLN, den 22.6. 19 66
Lothringer Str. 81

An das
Deutsche Patentamt
8 München 2
Zweibrückenstr. 12

Meine Akte Nr. 2591/g

Gebrauchsmusteranmeldung

Es wird hiermit die Eintragung eines **Gebrauchsmusters** für:

Hans Frings, Ingenieur
Richterich, Roermonder Str. 2b

auf eine Neuerung, betreffend:

Luftbild-Sichtplatte

beantragt.

Es wird die Priorität beansprucht aus der Anmeldung:

Land: —— Nr.: ——

Tag: ——

~~**Es wird beantragt, die Eintragung bis zur Erledigung der den gleichen Gegenstand betreffenden Patentanmeldung auszusetzen.**~~

Es wird beantragt, allen amtlichen Mitteilungen 1 Überstücke beizufügen.

Die Anmeldegebühr sowie die Kosten für die beantragten Überstücke in Höhe von insgesamt 32.- DM — werden auf das Postscheckkonto des Deutschen Patentamtes überwiesen, sobald das Aktenzeichen bekannt ist — werden durch die aufgeklebten Gebührenmarken entrichtet —.

Anlagen:

Doppel des Antrages (zweifach),
Beschreibung mit 7 Schutzansprüchen, einfach — dreifach,
Vollmacht ~~(wird nachgereicht)~~,
~~Vollmachtsabschrift~~,
~~xxxx

Dipl.-Ing. Lieselotte Welling
Patentanwalt
5 Köln, Lothringer Str. 81

P.A. 327 182 * 23.6.66

Köln, den 22. Juni 1966

Mein Zeichen: 2591/g

Luftbild - Sichtplatte

Die Neuerung betrifft eine Luftbild-Sichtplatte zur Kennzeichnung von Vermessungspunkten, um diese auf fotografischen Luftaufnahmen erkennbar zu machen, die aus einer Platte aus mechanisch widerstandsfähigem, unverweslichem, wasserfestem und gegen Bodensäuren unempfindlichem Werkstoff, insbesondere Kunststoff besteht.

Wenn man bei der photogrammetrischen Aufnahme eines Geländes, d.h. bei der Aufnahme eines Geländes durch Luftbilder von einem Flugzeug aus, bekannte und vermessene Festpunkte in den Luftaufnahmen kenntlich machen will, bringt man bisher auf diesen Festpunkten, die im Erdreich beispielsweise mit einem Kunststein markiert sind, eine großflächige Platte an, die aus einem weissen oder hellgrauen Kunststoff besteht. Die Platten werden im allgemeinen entweder auf der Festpunktmarkierung oder mit Nadeln im Erdreich befestigt, wobei diese Nadeln durch Löcher in der Platte hindurchgeschoben werden. Hierbei wird die aus einem wasserfesten, mechanisch widerstandsfähigen und gegen Bodensäuren unempfindlichen Kunststoff bestehende Platte so angeordnet,

daß ihr Mittelpunkt mit dem bekannten Festpunkt zusammenfällt. Die bekannten Platten dieser Art sind zumeist viereckig und haben an ihren vier Ecken je ein Loch zur Befestigung der Platte mit Nadeln im Erdreich. Ferner weisen die Platten in ihrem Mittelpunkt ein etwas größeres Loch auf, das entweder zur Befestigung der Platte auf einer Vermessungspunktmarkierung dient oder - bei Befestigung der Platte mit Nadeln im Erdreich - die genaue Lokalisierung der Platte über dem im Erdreich durch einen Stein oder dergleichen festgelegten Vermessungspunkt erleichtert.

Es hat sich herausgestellt, daß die bekannten Kunststoffplatten auf den fotografischen Aufnahmen häufig nicht mit der für die Herstellung eines genauen geodätischen Vermessungsplanes erforderlichen Schärfe in Erscheinung treten.

Die Neuerung soll diesem Nachteil abhelfen und sieht hierzu vor, daß auf zumindest einer Seite der Platte eine Schicht aus einem fluoreszierenden Material angeordnet ist.

Eine Sichtplatte dieser Art hat den Vorteil, daß die auf ihr angeordnete Schicht aus fluoreszierendem Stoff Strahlen aussendet, so daß die Sichtplatte auf den Luftbildern wesentlich besser und schärfer erkennbar ist. Es genügt im allgemeinen, die Schicht aus fluoreszierendem Werkstoff auf einer, nämlich der oben liegenden Seite der Platte anzuordnen. Man kann aber auch beide Seiten der Sichtplatte mit einer solchen Schicht versehen, so daß es gleichgültig ist, welche Seite der Platte während der Luftaufnahme oben liegt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Neuerung ist vorgesehen, daß die Schicht eine mittels eines vorzugsweise wasser- und säurefesten Leimes auf der Platte befestigte Folie ist. Dies hat vor allem den Vorteil, daß die Folie auch nachträglich auf den bereits vorhandenen Sichtplatten ohne große Mühe befestigt werden kann. Um eine ausreichende Haltbarkeit der Sichtplatte gemäß der Neuerung zu gewährleisten, befestigt man eine derartige Folie zweckmäßig mit einem wasser- und säurefesten Leim auf der Sichtplatte, damit die Folie sich nicht von der Platte ablöst, wenn diese mit dem im allgemeinen feuchten und bodensäurehaltigen Erdreich in Berührung kommt.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Neuerung ist vorgesehen, daß die Folie eine mit einer Selbstklebe-Leimschicht versehene Folie ist. Diese Folien können dann gegf. fertig zugeschnitten an die Besitzer herkömmlicher Sichtplatten geliefert und von diesen auf den Sichtplatten befestigt werden.

Gemäß einer anderen Ausführungsform der Neuerung ist die Schicht aus fluoreszierendem Werkstoff eine unmittelbar auf die Plattenoberfläche aufgetragene und dort verfestigte Materialschicht. In diesem Falle geht man im allgemeinen so vor, daß man den fluoreszierenden Werkstoff unmittelbar auf die Platte aufträgt und dort erhärten läßt.

Gemäß einer derzeit bevorzugten Ausführungsform der Neuerung ist vorgesehen, daß die Schicht eine rote oder gelbe Grundfarbe hat. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß diese beiden Farben auf den Luftbildern besonders deutlich in Erscheinung treten.

Bei fluoreszierenden Schichten dieser Art hat es sich erwiesen, daß die betreffenden Sichtplatten auf den Luftaufnahmen in Vergleich zu den herkömmlichen Sichtplatten beispielsweise um 20 Prozent besser erkennbar und auswertbar waren.

Die Sichtplatten gemäß der Neuerung können in herkömmlicher Weise viereckig sein und in der Mitte ein größeres sowie an den vier Ecken je ein kleineres Loch aufweisen. Mit den Löchern an den vier Ecken kann die Sichtplatte mittels Nadeln im Erdreich verankert werden. Mit dem mittleren Loch kann die Sichtplatte beispielsweise auf einer Markierung eines Vermessungs-Festpunktes befestigt werden. Das mittlere große Loch erleichtert ausserdem die richtige Anordnung der Sichtplatte derart, daß ihr Mittelpunkt sich mit dem gegebenen Vermessungspunkt deckt.

Selbstverständlich kann die Sichtplatte gemäß der Neuerung auch jede beliebige andere Gestalt haben und insbesondere rund sein.

Zur Erläuterung der Neuerung wird als Anlage ein Muster(1)/einer Sichtplatte zusammen mit je einem Stück einer roten und einer gelben Folie aus fluoreszierendem Werkstoff vorgelegt. Die Musterfolien sind beim beiliegenden Modell(1)/noch nicht auf der eigentlichen Platte befestigt. Es versteht sich jedoch, daß diese Folien-Proben in der Praxis auf der Sichtplatte vorzugsweise mit einem wasser- und säurefesten Leim so befestigt werden, daß sie die ganze Plattenfläche bedecken.

Die beiliegenden Folienmuster weisen auf ihrer Unterseite eine mit einem Deckblatt geschützte Selbstklebe-Leimschicht auf. Statt dessen kann man den Leim zur Befestigung der Folie auf der Sichtplatte auch gesondert auftragen und die Folie dann auf der Sichtplatte befestigen.

Es liegt selbstverständlich im Rahmen der Neuerung, das die fluoreszierende Schicht der Folie bildende Material unmittelbar auf die Sichtplatte beispielsweise wie einen Farbanstrich aufzutragen. Die weiterhin beiliegenden Modelle (2) und (3) *

Ferner kann man die aus fluoreszierendem Werkstoff bestehende Schicht auf der eigentlichen Sichtplatte ausserdem mit einer Markierung versehen, die beispielsweise aus zwei diagonal zur Sichtplatte verlaufenden Strichen besteht. Hierdurch kann der genaue Mittelpunkt der Sichtplatte auf den Luftaufnahmen besonders deutlich gemacht werden.

Auch kann man die Schicht aus fluoreszierendem Werkstoff auf der Sichtplatte mehrfarbig ausführen, indem man die Sichtplatte beispielsweise schachbrettartig in vier Viertelflächen unterteilt und jeweils zwei diagonal einander gegenüberliegende Flächen gelb und rot ausführt. Auch bei dieser Ausführungsform wird der Mittelpunkt der Sichtplatte auf der Luftaufnahme besonders leicht fixierbar.

---

* zeigen diese Ausführungsform der Neuerung in Gestalt diagonal halbierter Sichtplatten mit roter bzw. gelber Schicht.

P.A. 327 182 * 23.6.66

7

Köln, den 3. Juni 1966

Mein Zeichen: 2591/g

Anmelder:

S c h u t z a n s p r ü c h e

1.) Luftbild-Sichtplatte zur Kennzeichnung von Vermessungspunkten, um diese auf fotografischen Luftaufnahmen erkennbar zu machen, bestehend aus einer Platte aus mechanisch widerstandsfähigem, unverweslichem, wasserfestem und gegen Bodensäuren unempfindlichem Werkstoff, insbesondere aus Kunststoff, dadurch gekennzeichnet, daß auf zumindest einer Seite der Platte eine Schicht aus einem fluoreszierenden Material angeordnet ist.

2.) Sichtplatte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht eine mittels eines vorzugsweise wasser- und säurefesten Leimes auf der Platte befestigte Folie ist.

3.) Sichtplatte nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie eine mit einer Selbstklebe-Leimschicht versehene Folie ist.

4.) Sichtplatte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht eine unmittelbar auf die Plattenoberfläche aufgetragene und verfestigte Materialschicht ist.

5.) Sichtplatte nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht eine rote oder gelbe, fluoreszierende Schicht ist.

~~6.) Sichtplatte nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtmarkierungen, beispielsweise in Gestalt von sich kreuzenden diagonalen Strichen aufweist.~~

7.) Sichtplatte nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht in mehrere, unterschiedlich gefärbte Flächenteile aufgeteilt ist.

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 195 12 962 A 1**

(51) Int. Cl.[6]:
A 63 J 5/02
G 02 B 27/02
G 03 B 21/10
G 09 F 19/12
B 44 F 1/00

(21) Aktenzeichen: 195 12 962.8
(22) Anmeldetag: 10. 4. 95
(43) Offenlegungstag: 17. 10. 96

(71) Anmelder:
Lettner, Wolfgang, 53945 Blankenheim, DE

(74) Vertreter:
Freischem und Kollegen, 50667 Köln

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

(54) Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

DE 195 12 962 A 1

DE 195 12 962 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 96 602 042/27

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

- mit einem Gehäuse, in dem ein Bühnenboden angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung aufweist,
- mit einer hinter der Sichtöffnung und vor der Bühne im Winkel von 40°—50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50% reflektierenden Optikscheibe und
- mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe angeordneten Bildschirm, dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild auf der Bühne erscheint.

Eine Vorrichtung dieser Art ist bekannt aus der DE 38 08 406 A1. Die bekannte Vorrichtung hat eine 3 bis 9 m breite und entsprechend tiefe Bühne, die innerhalb eines im wesentlichen kubischen Gehäuses untergebracht ist. Die Optikscheibe ist so angeordnet, daß sie den Zuschauern den Blick auf die Bühne freigibt und gleichzeitig durch Spiegelung Luftbilder auf der Bühne erzeugt.

Das Gehäuse ist durch eine von der Rückwand bis zum mittleren Bereich des Gehäuses sich erstreckende, als Bühne dienende Zwischenwand in einen unteren Projektionsraum und einen oberen Bühnenraum unterteilt, wobei im Projektionsraum in Nähe der Rückwand mindestens ein Projektor und im Abstand davon ein durchscheinender Bildschirm angeordnet sind und vor dem Projektionsraum ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden verlaufende Achse geneigter Umlenkspiegel und über dem Umlenkspiegel eine gleichsinnig zum Umlenkspiegel geneigte Optikscheibe angeordnet sind. Gehäuse und die Bühne bestehen aus leicht zusammensetzbaren Elementen und Wänden, die auf Ausstellungen, Messen oder dergleichen zusammengesetzt und zu einem Gehäuse mit Bühne aufgebaut und mit Optikscheibe, Umlenkspiegel und mit Bilderzeugungsgeräten wie Dia-, Film- oder Video-Projektoren, Bildschirmen und mit Steuergeräten und Computern bestückt werden.

Auch wenn die Wände des Gehäuses und der Bühne leicht zusammensetzbar sind, ist der Aufbau einer derartigen Vorrichtung und das Einsetzen, Ausrichten und Anschließen der Bilderzeugungsgeräte arbeits- und zeitaufwendig.

Aus der DE 38 08 406 A1 ist auch eine displayartige Vorrichtung zum Erzeugen von Luftbildern bekannt, bei der auf eine Bühne verzichtet wurde und die von einem Fernsehgerät oder von einem Objekt abgeleiteten Luftbilder für den Betrachter frei im Raum schweben.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art so auszubilden, daß sie schnell und mit geringem Arbeitsaufwand aufgebaut oder zusammengesetzt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Gehäuse aus einem, zwei oder drei transportablen Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb der geneigten Optikscheibe ein Gerätewagen einfahrbar ist, der mit Bilderzeugungsgeräten wie Bildschirm, Fernsehgerät, Video-Recorder, Video-, Film-, Dia- oder Laser-Projektoren, Steuergeräten, Verstärkern oder dergleichen bestückt ist.

Der Gerätewagen kann unter dem Boden der Bühne in das Gehäuse eingeschoben werden, wenn die Einschuböffnung auf der der Sichtöffnung gegenüberliegenden Seite des Gehäuses angeordnet ist. Die Einschuböffnung kann aber auch zusätzlich oder ausschließlich seitlich der Bühne angeordnet sein, so daß der Gerätewagen vor der Vorderkante und innerhalb des Bühnenbodens in das Gehäuse eingeschoben werden kann.

Bei einer alternativen Ausführungsform ist auch die geneigte Optikscheibe am Gerätewagen befestigt, so daß der Gerätewagen parallel zur Vorderkante des Bühnenbodens in das Gehäuse einschiebbar ausgebildet sein muß.

Weil alle Bilderzeugungsgeräte im Gerätewagen ausgerichtet und befestigt sind und an einem Energieverteiler angeschlossen sind, ist nach dem Aufstellen des Gehäuses lediglich der Gerätewagen in das Gehäuse einzuschieben und an eine Stromquelle anzuschließen, um die Vorrichtung betriebsbereit zu haben und eine von einem Computer gesteuerte Show ablaufen kann.

Um dem Gehäuse eine große Formsteifigkeit zu geben, hat es eine Zylinderform. In diesem Zylinder ist eine große, der Bühne entsprechende Sichtöffnung angeordnet, deren Ebene innerhalb des Zylinders liegt, und zwar in einem Abstand von der Zylinderachse, der 0,5—0,6 mal dem Radius des Zylinders entspricht. Der Teil des zylindrischen Gehäuses, der sich vor der Ebene der Sichtöffnung befindet, ist als Steuerpult ausgebildet, an dem der Zuschauer interaktiv die auf der Bühne ab laufende Show beeinflussen oder steuern kann.

Das zylindrische Gehäuse mit Bühnenboden aber ohne Gerätewagen und ohne die relativ schweren Bilderzeugungsgeräte kann bei einem Durchmesser von 1 bis 2 m als einstückige Einheit transportiert werden. Damit das Gehäuse beispielsweise besser durch Türöffnungen oder dergleichen transportiert werden kann, kann es zweckmäßig sein das Gehäuse zu beiden Seiten der Sichtöffnung mit der Breite dieser Sichtöffnung abzuflachen.

Ist der Durchmesser des zylindrischen Gehäuses größer als 1,80 m, ist es zweckmäßig, das Gehäuse in zwei Halbzylinder teilbar auszubilden, wobei der erste Halbzylinder das Steuerpult, die Sichtöffnung und den die Sichtöffnung umgebenden rahmenartigen Teil aufweist und der zweite Halbzylinder den Bühnenboden. Die Halbzylinder können über Scharniere miteinander verbunden werden, so daß im aufgeschwenkten Zustand der Gerätewagen in das Gehäuse einfahren kann. Im geschlossenen Zustand werden die Halbzylinder so miteinander verbunden, daß eine ausreichende Stabilität gewährleistet ist.

In der folgenden Beschreibung werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Fig. 1, 2 und 3 Vertikal-Schnittansichten von drei Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 4 eine schaubildliche Frontansicht und

Fig. 5 eine horizontale Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 6 die Vertikal-Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung und

Fig. 7 eine Ansicht nach der Schnittlinie VII-VII in **Fig.** 6.

In der folgenden Beschreibung sind gleichwirkende Teile unterschiedlicher Ausführungsformen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Die in **Fig.** 1 dargestellte Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern **11**, die für den Betrachter auf einer Bühne **3** erscheinen, weist ein zylindrisches Gehäuse **1** auf, in dem eine Sichtöffnung **4** eingearbeitet ist, die den Blick auf eine Bühne freigibt, die durch den Bühnenboden **3** und eine hohlzylindrische Seiten- und Rückwand **32** begrenzt ist. Hinter der Sichtöffnung **4** und vor der Bühne **3** ist im Winkel von etwa 45° eine durchsichtige und 10 bis 50% reflektierende Optikscheibe **2** angeordnet. Unterhalb dieser Optikscheibe **2** befinden sich Bilderzeugungsgeräte, deren Bilder als Luftbilder **11** auf der Bühne **3** erscheinen. In **Fig.** 1 werden die Bilder in einem Bildschirm **5** von einem Fernsehgerät **6** erzeugt, das zusammen mit anderen Geräten, z. B. Video-Recordern **7**, Verstärkern **8**, in einem Gerätewagen **9** untergebracht ist. Das Gehäuse **1** ist auf der der Sichtöffnung **4** gegenüberliegenden Seite mit einer Einschuböffnung versehen, durch welche der Gerätewagen **9** in das Gehäuse **1** so einschiebbar ist, daß der Bildschirm **5** oder mehrere Bildschirme unter der geneigten Optikscheibe **2** stehen, wenn der Wagen **9** bis zum Anschlag **30** in das Gehäuse **1** eingefahren ist.

Unterhalb der Sichtöffnung **4** ist ein Steuerpult **19** angeordnet, von dem aus die im Gerätewagen **9** untergebrachten Geräte und auch andere Geräte, die im Gehäuse **1** untergebracht sind, gesteuert werden können. Oberhalb der Sichtöffnung **4** befinden sich im Gehäuse **1** Lautsprecher **18**, ferner ein Projektor **14**, der auf einer diffus reflektierenden Rück- und Seitenwand der Bühne **3** Bilder erzeugt. Auf der Decke des Gehäuses **1** befindet sich ein Projektor **15**, der über einen Umlenkspiegel **16** auf dem Bühnenboden Bilder erzeugt. Der Bühnenboden **3** ist schwach so zum Zuschauer hin geneigt, daß die auf dem Bühnenboden **3** erscheinenden Projektionen für den Zuschauer sichtbar sind. In der Sichtöffnung **4** befindet sich eine entspiegelte Schutzscheibe **12**. Ferner ist eine Sichtblende **13** vorgesehen, damit der Zuschauer nicht von oben auf die Bilderzeugungsgeräte schauen kann. Zwischen Bildschirm **5** und der Optikscheibe **2** kann noch ein Kontrastfilter **17** angeordnet sein. Der Gerätewagen **9** kann über eine Steckdose **20** an das elektrische Netz angeschlossen werden.

Die Rückwand **29** des Gerätewagens **9** verschließt bei eingefahrenem Gerätewagen **9** die Einschuböffnung des Gehäuses **1**. Diese Rückwand **29** ist also derart zylindrisch gekrümmt wie auch das Gehäuse **1**.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig.** 2 ist der Gerätewagen **9** kürzer ausgebildet, und im Gehäuse **1** befindet sich eine Tür **25**, welche die Einschuböffnung zum Durchlaß des Gerätewagens **9** verschließt. Bei dieser Ausführungsform hat das Gehäuse **1** Bodenschienen **24**, auf denen der Gerätewagen **9** mit seinen Rollen **10** verschiebbar geführt ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach **Fig.** 3 ist der Gerätewagen **9** mit einem Projektor **26** und einem Umlenkspiegel **27** bestückt. Das vom Projektor **26** projizierte Bild erscheint auf einem Bildschirm **28**, der im Gehäuse **1** vor dem Bühnenboden **3** und unterhalb der geneigten Optikscheibe **2** angeordnet ist.

Fig. 4 zeigt die Vorrichtung nach der Erfindung im Betrieb. Die hohlzylindrische Begrenzung des Bühnenraumes in Verbindung mit entsprechenden Projektionen auf der hohlzylindrischen Wand **32** täuscht eine große Raumtiefe vor, die noch gesteigert werden kann durch die Projektionen auf den Bühnenboden **3**.

Die **Fig.** 5 zeigt einen Horizontalschnitt durch ein zylindrisches Gehäuse, das sich aus zwei Halbzylindern **1** und **1'** zusammensetzt. Die beiden Halbzylinder **1** und **1'** sind über Scharniere **31** miteinander verbunden. Zum Einfahren und Ausfahren des Gerätewagens **9** wird der Halbzylinder **1'** in Öffnungsstellung geschwenkt. In Schließstellung wird der Halbzylinder **1'** an der aufschwenkbaren Seite mit der anderen Gehäusehälfte verschraubt, um dem Gehäuse eine ausreichende Stabilität zu geben. In der aufschwenkbaren Gehäusehälfte **1'** befindet sich noch eine Tür **36**, die zur Inspektion der Vorrichtung geöffnet und geschlossen werden kann.

Bei der Ausführungsform nach **Fig.** 6 und **Fig.** 7 ist der Gerätewagen **9** mit drei großflächigen Fernsehgeräten **6** bestückt. Der Gerätewagen **9** ist von der Seite, d. h. parallel zur Vorderkante des Bühnenbodens **3**, in das Gehäuse **1** einfahrbar.

Im Bühnenboden **3** befinden sich drei Drehbühnen **33**, **34** und **35**. Mit Hilfe dieser Drehbühnen können auf dem Bühnenboden **3** auch stehende Objekte unabhängig voneinander bewegt werden.

Das Steuerpult **19** ist ausgerüstet mit einem Joystick **37** für Bildmanupulationen, einem Touchscreen **38**, mit dessen Hilfe durch Druck auf die dort erscheinenden Symbole das gewünschte Bildprogramm gewählt werden kann, einem Telefon **39** mit direkter Standleitung zum Beispiel zu einem Informationsservice und einem Drucker **40** von dem der Kunde Ausdrucke über ihn Interessierende Themen erhalten kann.

Schließlich kann — wie **Fig.** 7 zeigt — ein größeres Gehäuse auch aus drei Teilen **41**, **42** und **43** zusammengesetzt sein, dabei besteht das Vorderteil **41** aus dem Steuerpult **19** und dem die Sichtöffnung umgebenden rahmenartigen Teil in das eine Schutzscheibe **12** eingesetzt sein kann. Das Mittelteil **42** verbindet das Vorderteil **41** mit dem Hinterteil **43** und umfaßt im wesentlichen den Raum, der den Gerätewagen aufnimmt und die schrägstehende Optikscheibe. Das Hinterteil **43** enthält den Bühnenboden **3**.

An den Stoßfugen der drei Teile **41**, **42**, **43** sind versteifende Profile angebracht, die über Schrauben oder Spannverschlüsse miteinander verbunden werden.

Bezugszeichenliste

1 Gehäuse
2 Optikscheibe
3 Bühnenboden
4 Sichtöffnung
5 Bildschirm
6 Fernsehgerät
7 Video-Recorder
8 Verstärker
9 Gerätewagen
10 Rollen
11 Luftbild
12 entspiegelte Schutzscheibe
13 Sichtblende
14 Projektor für Rückwand-Projektion
15 Projektor für Boden-Projektion
16 Umlenkspiegel
17 Kontrastfilter
18 Lautsprecher
19 Steuerpult
20 Steckdose
21 Steckleiste
22 Stecker
23 Revisionsluke

24 Bodenplatte oder -schiene
25 Tür
26 Projektor
27 Umlenkspiegel
28 Bildschirm
29 Rückwand des Wagens 30 Anschlag
31 Scharnier
32 Bühnenwand
33 Drehbühne
34 Drehbühne
35 Drehbühne
36 Tür
37 Joystick
38 Touchscreen
39 Telefon
40 Drucker

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern (11)
   - mit einem Gehäuse (1), in dem ein Bühnenboden (3) angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung (4) aufweist,
   - mit einer hinter der Sichtöffnung (4) und vor der Bühne im Winkel von 40° – 50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50% reflektierenden Optikscheibe (2) und
   - mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe (2) angeordneten Bildschirm (5), dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild (11) auf der Bühne erscheint,

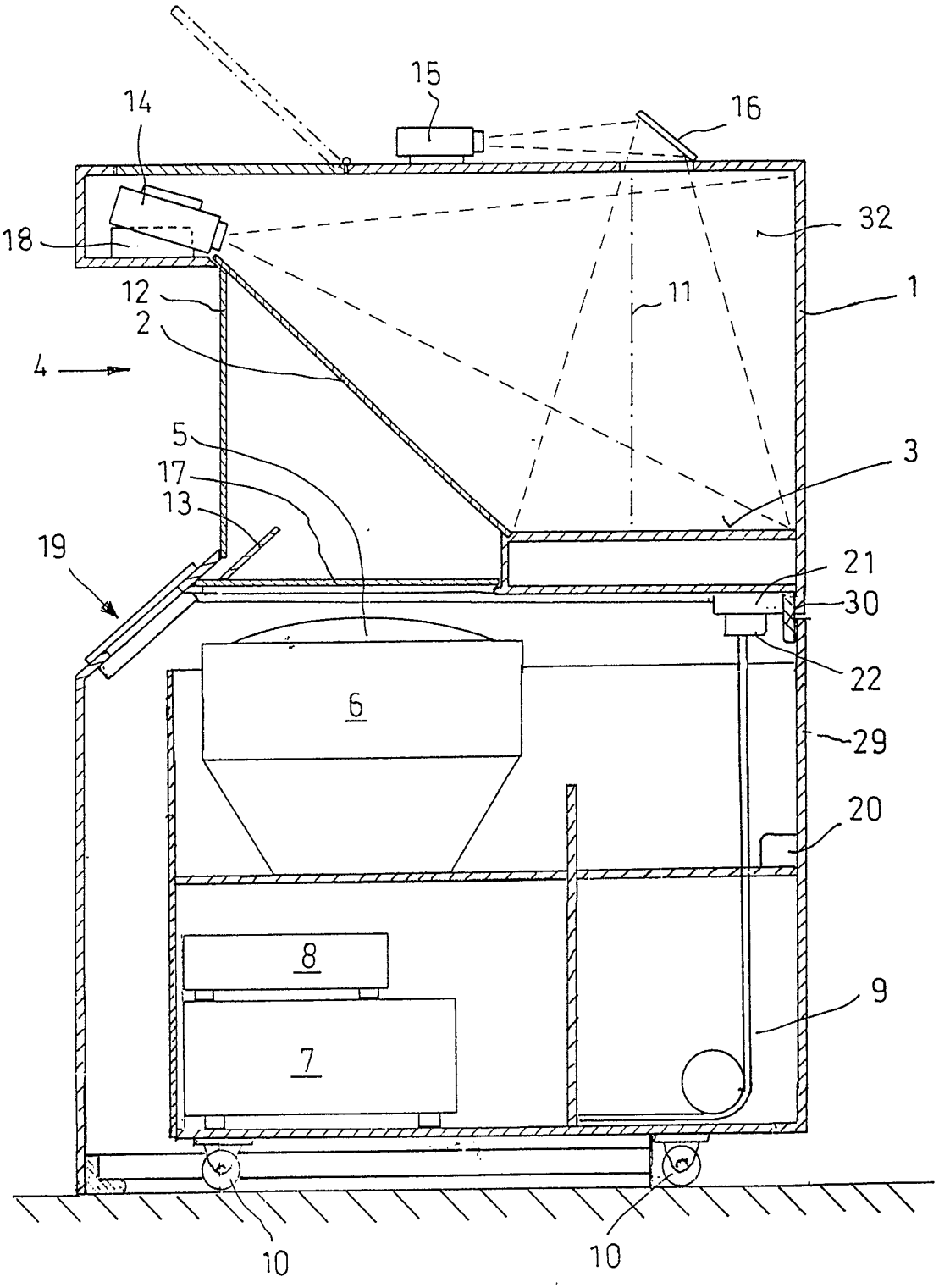
   dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) aus einem, zwei oder drei transportablen Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb der geneigten Optikscheibe (2) ein Gerätewagen (7) einfahrbar ist, der mit Bilderzeugungsgeräten wie Bildschirm (5), Fernsehgerät (6), Video-Recorder (7), Video-, Film-, Dia- oder Laser-Projektoren (26), Steuergeräten, Verstärkern (8) oder dergleichen bestückt ist.
2. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern (11)
   - mit einem Gehäuse (1), in dem ein Bühnenboden (3) angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung (4) aufweist,
   - mit einer hinter der Sichtöffnung (4) und vor der Bühne im Winkel von 40° – 50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50% reflektierenden Optikscheibe (2) und
   - mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe (2) angeordneten Bildschirm (5), dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild (11) auf der Bühne erscheint, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) aus einem, zwei oder drei transportablen Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb und vor der Bühne ein Gerätewagen (7) einfahrbar ist, der mit Bilderzeugungsgeräten (5, 6, 7, 8) und mit der Optikscheibe (9) bestückt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß am Boden des Gehäuses (1) Schienen (24) für die Räder (10) des Gerätewagens (9) angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die optimale Stellung des Gerätewagens (9) innerhalb des Gehäuses (1) durch einen Anschlag (30) oder einen Rastpunkt bestimmt ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückwand (29) des Gerätewagens (9) in Einschubstellung die Einschuböffnung im Gehäuse (1) verschließt.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einschuböffnung für den Gerätewagen (9) durch eine Tür (25) am Gehäuse (1) verschließbar ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einschuböffnung für den Gerätewagen (9) auf der der Sichtöffnung (4) gegenüberliegenden Seite des Gehäuses (1) angeordnet ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Gerätewagen (9) eine Steckerleiste (21) aufweist, an die die Geräte des Gerätewagens (9) anschließbar sind und die zum Beispiel über eine Steckdose (20) an eine Stromquelle anschließbar ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Bilderzeugungsgeräte des Gerätewagens (9) an ein unterhalb der Sichtöffnung (4) am Gehäuse (1) angeordnetes Steuerpult (19) anschließbar sind für eine interaktive Programm- und/oder Bild- und Ton-Anwahl.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Boden (3) der Bühne zur Sichtöffnung (4) hin schwach geneigt ist und in der Decke der Bühne eine Öffnung zum Durchlaß einer Bühnenbodenprojektion angeordnet ist.
11. Vorrichtung insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Boden (3) der Bühne etwa halbkreisförmig ist und die entsprechend gebogene, hohlzylindrische Bühnenwand (32) als diffus reflektierende Fläche ausgebildet ist, auf die von einem oberhalb der Sichtöffnung (4) angeordneten Projektor (14) ein Bild, z. B. eine Landschaft, projizierbar ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) zylindrisch ist und als einstückige Einheit transportabel ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das zylindrische Gehäuse (1) in zwei Halbzylinder teilbar ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

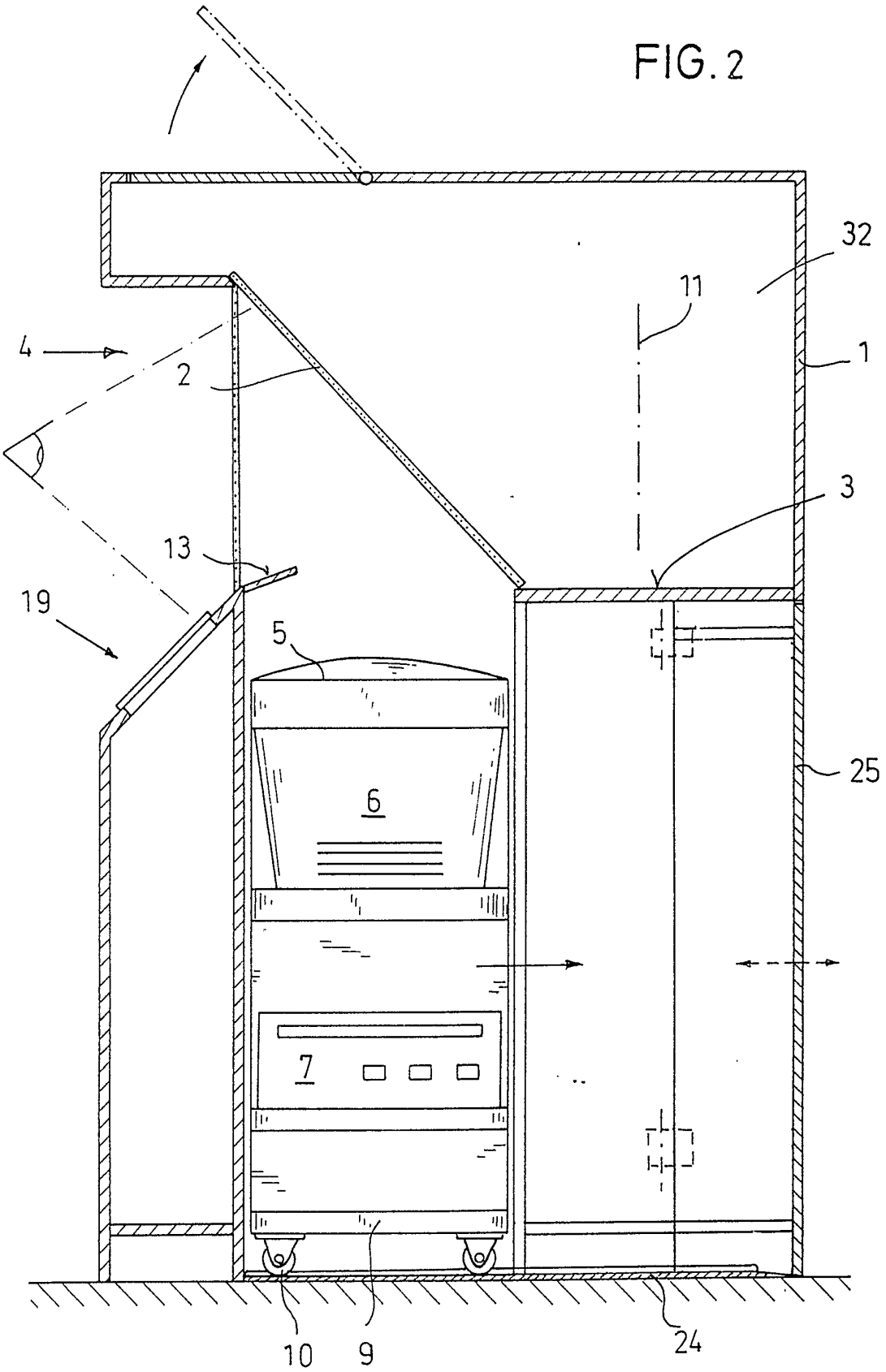
Nummer: DE 195 12 962 A1
Int. Cl.[6]: A 63 J 5/02
Offenlegungstag: 17. Oktober 1996

FIG.1



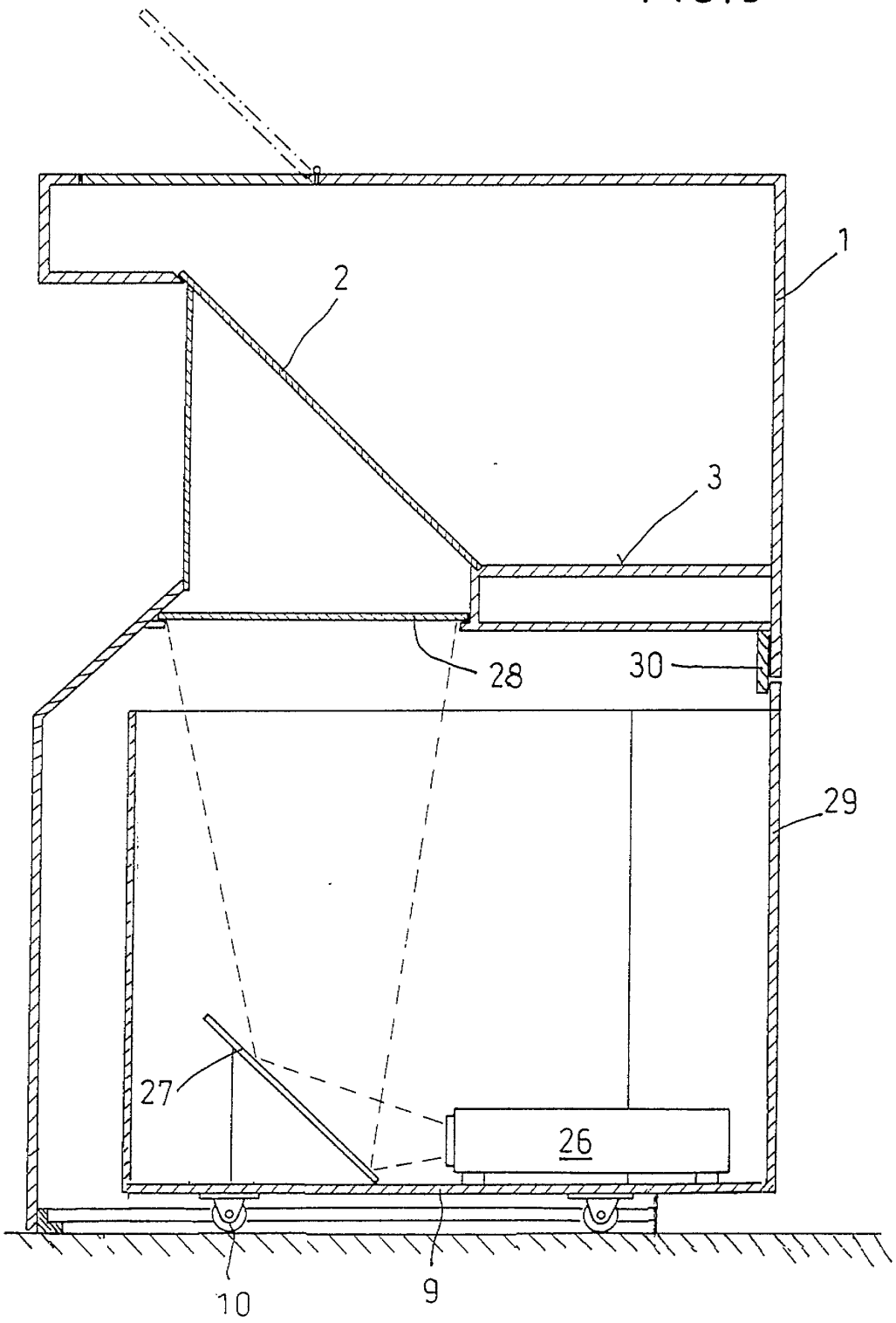
Nummer: DE 195 12 962 A1
Int. Cl.[6]: A 63 J 5/02
Offenlegungstag: 17. Oktober 1996

FIG. 2



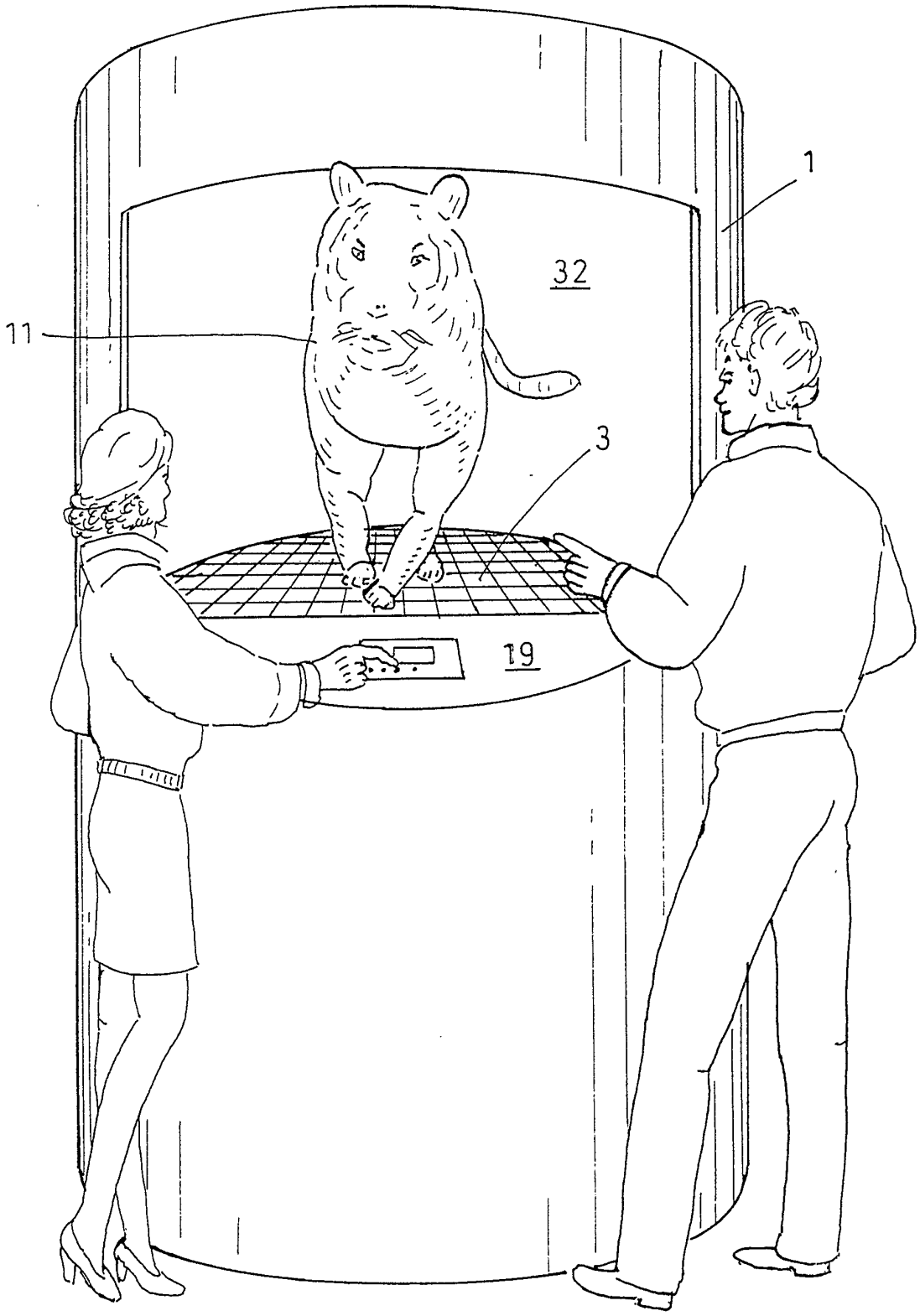
Nummer: DE 195 12 962 A1
Int. Cl.[6]: A 63 J 5/02
Offenlegungstag: 17. Oktober 1996

FIG. 3



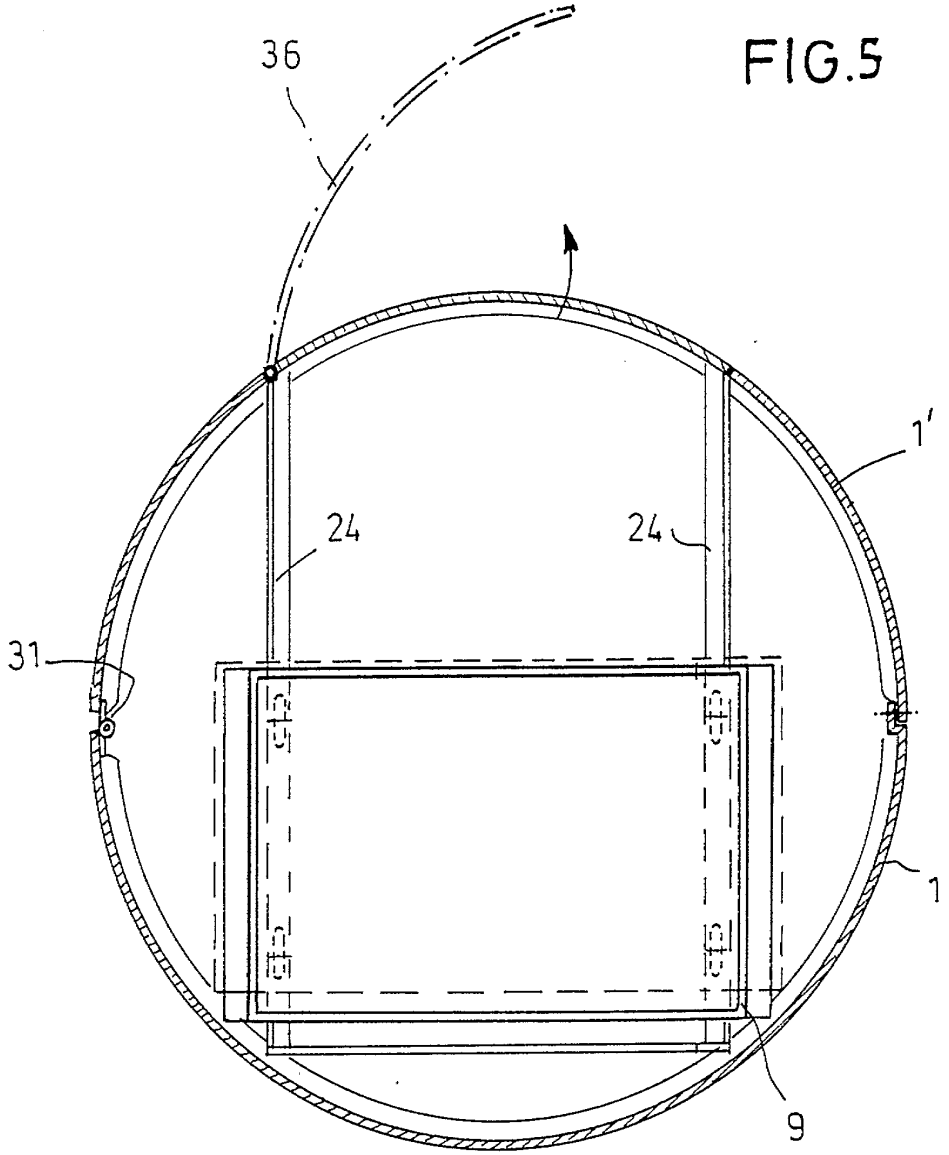
Nummer: DE 195 12 962 A1
Int. Cl.[6]: A 63 J 5/02
Offenlegungstag: 17. Oktober 1996

FIG.4



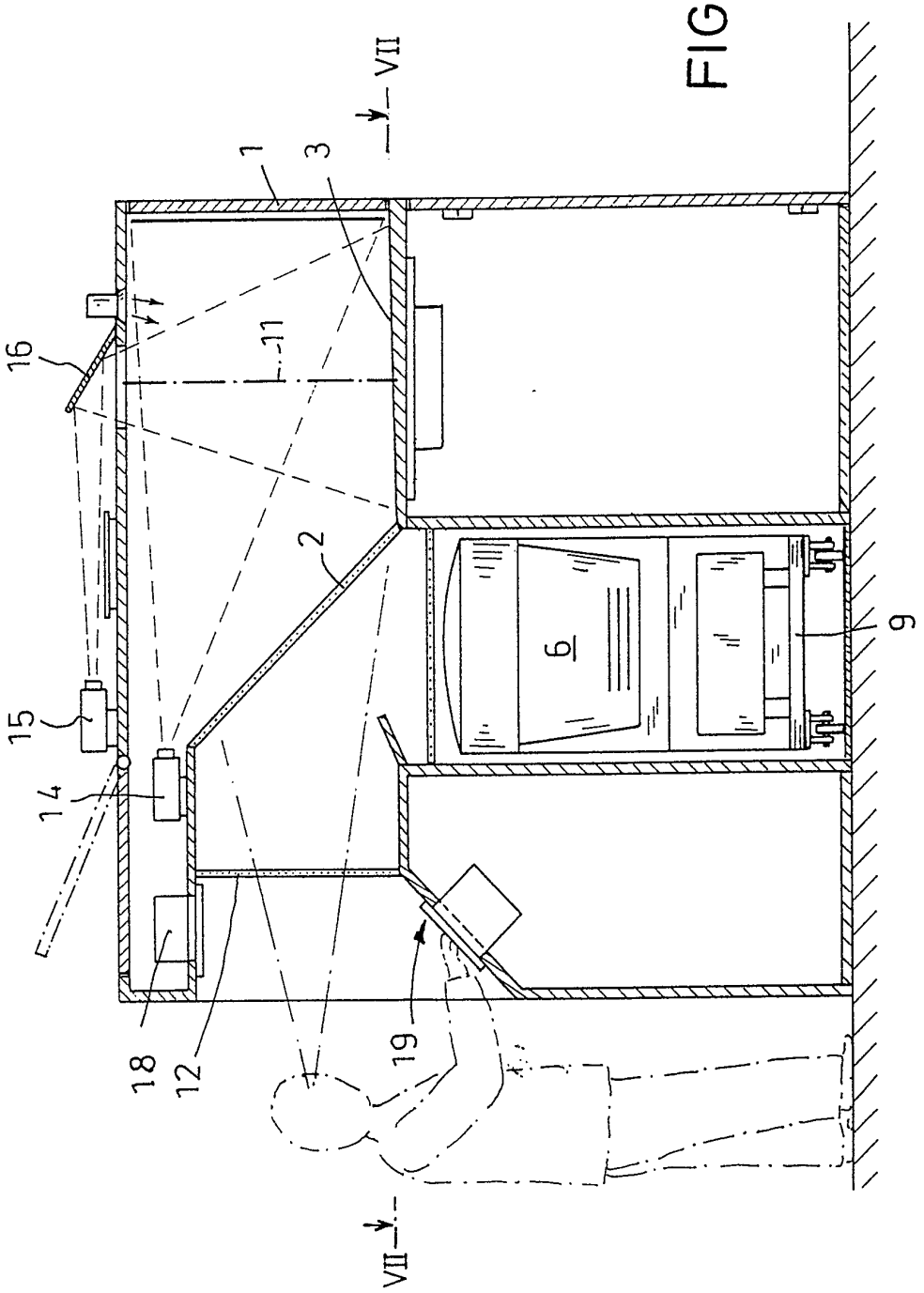
Nummer: DE 195 12 962 A1
Int. Cl.[6]: A 63 J 5/02
Offenlegungstag: 17. Oktober 1996

FIG.5



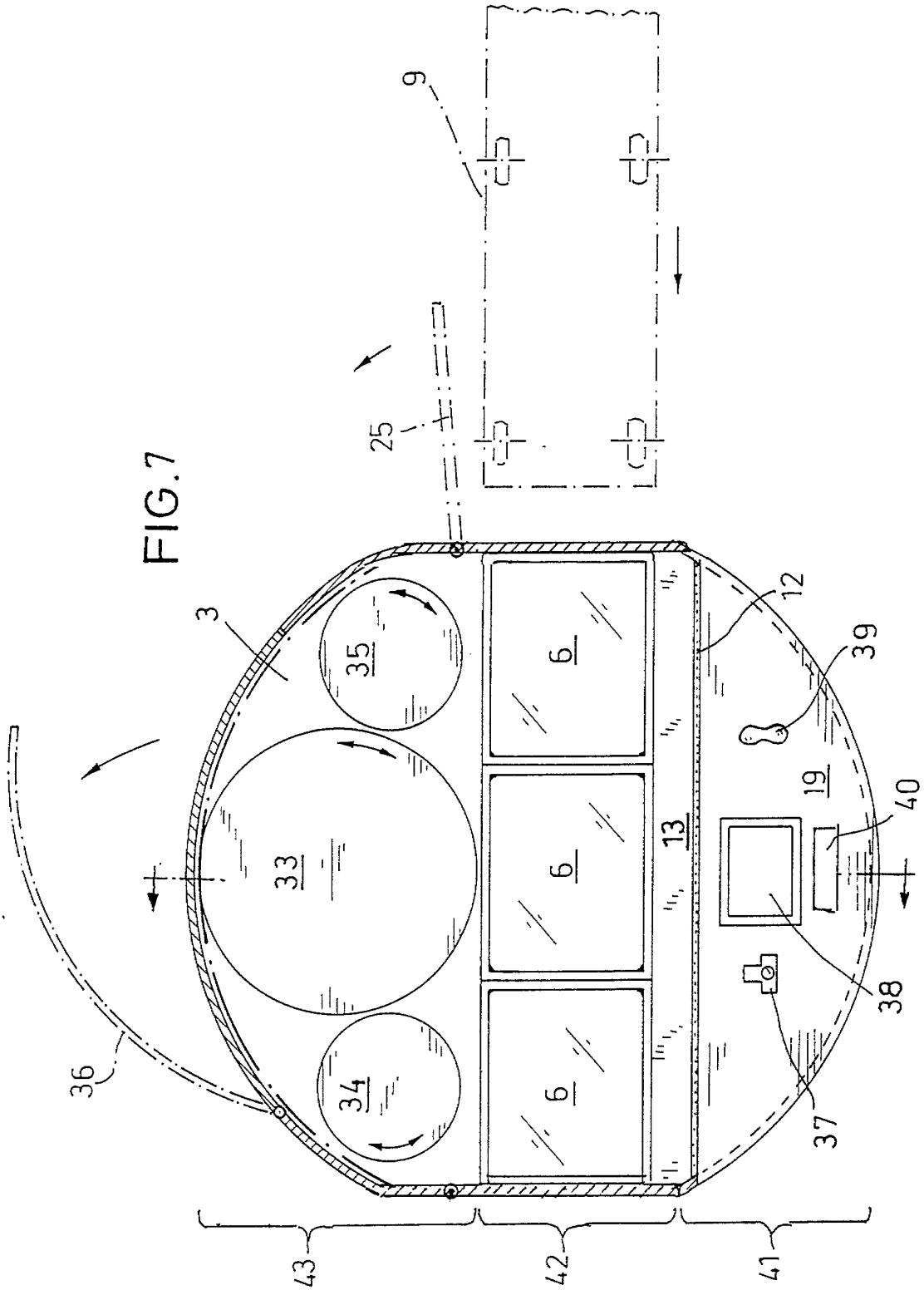
Nummer: DE 195 12 962 A1
Int. Cl.[6]: A 63 J 5/02
Offenlegungstag: 17. Oktober 1996

FIG.6



Nummer: DE 195 12 962 A1
Int. Cl.[6]: A 63 J 5/02
Offenlegungstag: 17. Oktober 1996

FIG. 7



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 195 13 184 A1**

(51) Int. Cl.[6]:
G 09 F 19/18
G 09 F 19/16

(21) Aktenzeichen: 195 13 184.3
(22) Anmeldetag: 31. 3. 95
(43) Offenlegungstag: 10. 10. 96

DE 195 13 184 A1

(71) Anmelder:
Maaß, Uwe, 51491 Overath, DE

(74) Vertreter:
Berkenfeld, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 50735 Köln

(72) Erfinder:
Maaß, Uwe, 51491 Overath, DE; Becker, Christjan, 51491 Overath, DE

(56) Entgegenhaltungen:

DE-PS 5 19 718
DE-PS 5 13 441
DE-PS 4 82 602

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Vorrichtung zum Erzeugen von Luftbildern

(57) Es sollen Luftbilder mit einer Kantenlänge von etwa 1 dm bis etwa 1 m oder mehr erzeugt werden, von denen der Betrachter glaubt, daß sie frei im Raum schweben. Deshalb werden sie Luftbilder genannt. Hierzu wird ein Bildgeber auf einen Hohlspiegel gerichtet, der das Bild auf einen weiteren Hohlspiegel richtet, der das Bild in den freien Raum projiziert. Dort erscheint es dem Betrachter. Der Raum ist zweckmäßig abgedunkelt. Der Bildgeber kann ein Projektor oder ein Fernsehgerät sein. Die Vorrichtung wird in Theatern, Schulen oder bei Lehrveranstaltungen verwendet.

DE 195 13 184 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 96 602 041/439

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erzeugen von Luftbildern mit einem Bildgeber und mit im Weg der von diesem abgegebenen Lichtstrahlen angeordneten Spiegeln.

In Museen, Theatern, Schulen und bei jeder Art von Vorführungen in geschlossenen Räumen werden einem Publikum Bilder vorgeführt. Hierzu verwendet man Bildgeber, wie zum Beispiel Dia- und Filmprojektoren, mit denen die Bilder auf eine Leinwand projiziert werden. Es gibt auch Overhead-Projektoren, mit denen auf einem Tisch oder einem Pult liegende Vorlagen auf eine Leinwand projiziert werden. Die Verwendung einer Leinwand zur Darstellung des Bildes ist diesen Verfahren gemeinsam. Die Leinwand muß an einem Ort aufgestellt werden, der auf den Bildgeber und die Zuschauer abgestimmt ist. Die Leinwand muß sich in einem bestimmten Abstand von dem Bildgeber befinden und parallel zu diesem ausgerichtet sein. Weiter müssen die Betrachter sie gut erkennen können. In manchen Räumen oder Hallen kann dies schwierig sein. Die Verwendung einer Leinwand verleiht der Darstellung des Films oder der Darstellung von Bildern auch einen statischen Charakter. Der Film und die Bilder erscheinen immer an der gleichen Stelle, nämlich auf der Leinwand.

Der Erfinder hat nach einer Möglichkeit gesucht, die Darstellung von Filmen und Bildern von diesen räumlichen Zwängen zu lösen und auch dem Betrachter die Möglichkeit zu geben, sich von einer wirklichen oder vermeintlichen Fixierung auf die Leinwand zu lösen. Hiervon ausgehend stellt sich für die vorliegende Erfindung die Aufgabe, eine Vorrichtung zu entwikkeln, mit der ein von einem Bildgeber der eingangs genannten Art erzeugtes Bild ohne Verwendung einer Leinwand oder dergleichen sozusagen frei schwebend im Raum dargestellt und betrachtet werden kann. Die Lösung für diese Aufgabe ergibt sich nach der Erfindung unter Verwendung eines Bildgebers und mit im Weg der von diesem abgegebenen Lichtstrahlen angeordneten Spiegeln dadurch, daß die Spiegel Hohlspiegel sind, der Bildgeber auf einen ersten Hohlspiegel und dieser auf einen zweiten Hohlspiegel gerichtet ist, der zweite Hohlspiegel die Lichtstrahlen in Richtung auf einen Betrachter wirft und der Bildgeber und der erste Hohlspiegel außerhalb des Weges der von dem zweiten Hohlspiegel reflektierten Lichtstrahlen liegt. Es hat sich gezeigt, daß das von dem Bildgeber auf den ersten und von diesem auf den zweiten Hohlspiegel projizierte und reflektierte Bild in einer gewissen Entfernung vor dem zweiten Hohlspiegel im Raum sichtbar wird und dort zu stehen scheint. Zur Vereinfachung der Beschreibung wird dieses Bild Luftbild genannt. Voraussetzung ist, daß sich die Vorrichtung in einem dunklen oder abgedunkelten Raum befindet. Ein in diesem Raum stehender Betrachter sieht dieses Luftbild freischwebend im Raum. Dabei kann es sich um ein Standbild, wie ein Dia, oder auch um bewegte Bilder, wie bei einem Film, handeln. In beiden Fällen kann der Betrachter das Luftbild genau erkennen. Er erkennt nicht und kann gedanklich nicht ermitteln, wo sich das Luftbild im Raum befindet. Trotz der physikalisch einwandfreien Darstellung des Bildes im Raum glaubt der Betrachter an eine Illusion. Der Wert der Darstellung wird dadurch jedoch nicht gemindert. Er kann sich sogar erhöhen.

Der Bildgeber und der erste Hohlspiegel dürfen nicht im Weg der vom zweiten Hohlspiegel reflektierten Lichtstrahlen liegen. Zweckmäßig ist der Bildgeber unter und der erste Hohlspiegel über den von dem zweiten Hohlspiegel reflektierten Lichtstrahlen angeordnet.

Die Maße der Hohlspiegel müssen aufeinander abgestimmt sein und in vorgegebenen Bereichen liegen. Nach der Erfindung soll die Tiefe eines Hohlspiegels bei einem Durchmesser von 2000 mm zwischen 70 und 200 mm, vorzugsweise 80 bis 150 mm, liegen. Unter Tiefe wird dabei die Strecke verstanden, die die gewölbte reflektierende Fläche des Hohlspiegels in Richtung auf dessen plane Rückseite eingesenkt ist.

Es wurde ausgeführt, daß das Luftbild für den Betrachter frei im Raum schwebt und dieser den genauen Ort des Luftbildes nicht erkennen kann. Bei manchen Arten von Bildern kann der sich dabei ergebende Gedanke an eine Illusion abträglich sein. Die Erfindung kann auch hier abhelfen. Dies erfolgt mit einem Laser, der Laserstrahlen in Richtung auf den Betrachter wirft. Laserstrahlen sind sehr feine, kohärente Strahlen. In einem Raum, der immer mit etwas Staub oder Wasserdampf gefüllt ist, sind sie sichtbar. Der Betrachter sieht sie wie normale Lichtstrahlen. Sie bilden für ihn einen Bezugspunkt im Raum, und er orientiert sich an ihnen. Diese Laserstrahlen ermöglichen dem Betrachter, im Raum zwischen vorne und hinten zu unterscheiden und damit auch das Luftbild einer bestimmten Stelle im Raum zuzuordnen. Es erscheint wie ein wirkliches Bild ohne jeglichen illusionären Charakter. Zweckmäßig wirft der Laser die von ihm erzeugten Laserstrahlen auf einen Spiegel, und dieser reflektiert die Laserstrahlen in Richtung auf den Betrachter. Vorteilhafterweise wird der Spiegel auf dem Bildgeber selbst angeordnet. Die Laserstrahlen können ein- oder mehrfarbig sein. Bei einem Raum mit reiner Luft sind sie kaum zu erkennen. Hier empfiehlt sich das Einblasen von etwas Dampf in den Raum. Hierzu eignet sich Trockeneis oder Kohlensäureschnee. Bei Eingeben von Trockeneis oder Kohlensäureschnee in einen Raum mit normaler Umgebungstemperatur verdampfen das Eis und der Schnee augenblicklich. Die Laserstrahlen werden am Dampf gestreut und damit sichtbar.

Hohlspiegel werden im allgemeinen aus hochwertigem optischem Glas geschliffen. Ein auf diese Weise gefertigter Hohlspiegel kostet bei einem Durchmesser von 1000 mm mindestens einige zehntausend DM. Erfindungsgemäß lassen sich Hohlspiegel mit für den Anwendungszweck ausreichender optischer Güte wesentlich kostengünstiger Herstellen. Die Erfindung sieht vor, daß der Hohlspiegel einen Kasten mit einer quadratischen Grundfläche aufweist, der Kasten mit einer flexiblen reflektierenden Folie bespannt ist und in ihm ein Unterdruck herrscht. Statt hochwertigen optischen Glases sieht die Erfindung eine auf einer Seite reflektierend beschichtete Kunststoffolie vor. Diese wird zum Beispiel auf die offene Oberseite eines Kastens mit quadratischer Grundfläche aufgelegt und dort luftdicht befestigt. Bei Erzeugen eines Unterdrucks im Kasten kommt der atmosphärische Druck zur Wirkung. Er wirkt auf die reflektierende Folie ein und drückt sie in Richtung auf den Boden des Kastens. Dabei wölbt sie sich unter Bildung eines Kugeloberflächenabschnittes nach innen ein. Sie bildet eine reflektierende Fläche in gleicher Form wie bei einem Hohlspiegel aus Glas. Zweckmäßig wird der Unterdruck durch eine an den Innenraum des Kastens angelegte Vakuumpumpe erzeugt. Der im Kasten herrschende Druck kann mit einem Regler gemessen und auf einem Sollwert gehalten werden.

Am Beispiel der in der Zeichnung gezeigten Ausführungsform wird die Erfindung nun weiter beschrieben.

In der Zeichnung ist:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung ohne Verwendung des Lasers,

Fig. 2 eine Seitenansicht ähnlich **Fig.** 1 mit Verwendung des Lasers und

Fig. 3 eine schematische Ansicht in Blickrichtung der Linie III-III in **Fig.** 2.

Fig. 1 zeigt den Bildgeber **12**, den über diesem angeordneten ersten Hohlspiegel **14**, den links in etwa zwischen Bildgeber **12** und erstem Hohlspiegel **14** angeordneten zweiten Hohlspiegel **16** und das frei im Raum stehende Luftbild **18**. Dieses wird lediglich durch einige Striche angedeutet. Die beiden Hohlspiegel **14** und **16** bestehen im wesentlichen aus einem Kasten **20** und einer über deren offener Vorderseite gespannten Folie **22**. Diese ist etwas elastisch und auf ihrer nach außen gerichteten Vorderseite reflektierend. Kasten **20** und Folie **22** schließen den Innenraum **24** ein. Eine Vakuumpumpe **26**, die einen Regler enthält, ist über einen Schlauch an den Innenraum **24** angeschlossen. **Fig.** 1 ist nicht maßstäblich. Die Hohlspiegel **14** und **16** weisen eine Kantenlänge von etwa 2000 mm auf. An ihrer offenen Oberseite, die bei dem ersten Hohlspiegel **14** nach unten und bei dem zweiten Hohlspiegel **16** nach rechts zeigt, weisen sie einen kreisförmig ausgeschnittenen Randstreifen auf. Auf diesem liegt die Folie **22** mit ihrem Rand auf und ist an dem Randstreifen befestigt. Bei Einschalten der Vakuumpumpe **26** erzeugt diese im Innenraum **24** einen Unterdruck. Die im Innenraum **24** befindliche Luft wird über den Schlauch abgezogen. Gleichzeitig wölbt sich die Folie **22** in Richtung der eingezeichneten Pfeile nach innen aus. Dabei nimmt sie die Form eines Abschnittes einer Kugeloberfläche an. Der mit der Vakuumpumpe **26** zusammenwirkende Regler stellt sicher, daß im Innenraum **24** stets der gleiche Unterdruck herrscht. Damit wird die Folie **22** immer um das gleiche Maß eingewölbt. Im gezeigten Beispiel beträgt die Tiefe der genannten Einwölbung der Folie **22** etwa 150 mm.

Im Betrieb wirft der Bildgeber **12**, bei dem es sich um ein Fernsehgerät handeln kann, ein Bild auf den ersten Hohlspiegel **14**. Dieser wirft es auf den zweiten Hohlspiegel **16**, und dieser projiziert es in den Raum nach rechts. Die gestrichelten Linien zeigen den Weg von zwei Lichtstrahlen vom Rand eines Bildes auf den Bildgeber **12** bis zum Luftbild **18**, in dessen Ebene sie sich schneiden. Als Luftbild **18** ist das auf dem Bildgeber **12** erscheinende Bild im Raum sichtbar. Die Lage dieses Luftbildes **18** hängt vom Ort und vom Winkel der Ausrichtung des Bildgebers **12**, des ersten Hohlspiegels **14** und des zweiten Hohlspiegels **16** ab. Der Ort und die Ausrichtung können durch Versuche ermittelt werden. Wie ausgeführt wurde, sieht ein Betrachter das Luftbild **18** an der in **Fig.** 1 gezeigten Stelle. Im dunklen Raum kann er die genaue Lage des Luftbildes **18** jedoch nicht feststellen. Der Betrachter hat den Eindruck, daß das Luftbild **18** vor ihm im Raum frei schwebt.

Die in **Fig.** 2 gezeigte abgewandelte Ausführungsform hilft hier ab. Sie enthält einen oben, zum Beispiel an der Raumdekke, befestigten Laser **30** und einen Spiegel **32**. Dieser ist am Bildgeber **12** befestigt. **Fig.** 2 zeigt weiter einen Betrachter **28**. Der Laser **30** strahlt farbige, kohärente Lichtstrahlen ab. Diese werden in Richtung der punktierten Linien vom Spiegel **32** in Richtung auf den Betrachter **28** in den Raum eingestrahlt. In einem Raum, dessen Luft etwas Staub oder Dampf enthält, kann der Betrachter **28** diese Strahlen genau erkennen. Sie bieten ihm eine Orientierungshilfe. Die Strahlen vermitteln dem Betrachter **28** auch den Eindruck, daß sich das Luftbild **18** nun an einer ganz bestimmten Stelle im Raum befindet. Deshalb ist es in **Fig.** 18 auch als ein Kasten und nicht mehr, wie in **Fig.** 1, als gestrichelte Linie eingezeichnet. **Fig.** 3 zeigt den Betrachter **28** von hinten mit dem nun genau vor ihm erscheinenden Luftbild **18**. **Fig.** 3 zeigt weiter in gestrichelten Linien die vom Spiegel **32** in den Raum projizierten kohärenten, vom Laser **30** stammenden Laserstrahlen.

Patentansprüche

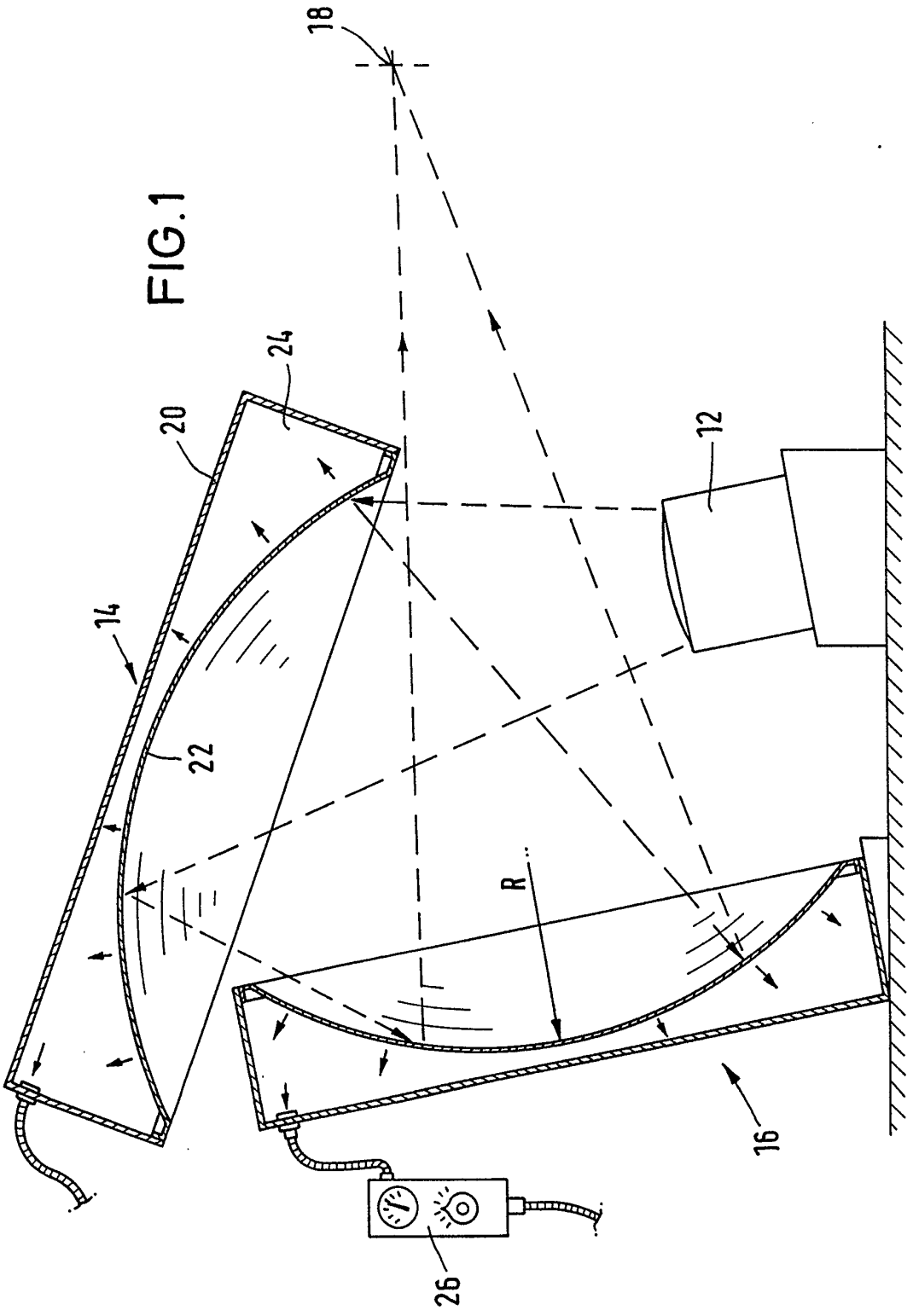
1. Vorrichtung zum Erzeugen von Luftbildern mit einem Bildgeber und mit im Weg der von diesem abgegebenen Lichtstrahlen angeordneten Spiegeln, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Spiegel Hohlspiegel (**14, 16**) sind, der Bildgeber (**12**) auf einen ersten Hohlspiegel (**14**) und dieser auf einen zweiten Hohlspiegel (**16**) gerichtet ist, der zweite Hohlspiegel (**16**) die Lichtstrahlen in Richtung auf einen Betrachter (**28**) wirft und der Bildgeber (**12**) und der erste Hohlspiegel (**14**) außerhalb des Weges der von dem zweiten Hohlspiegel (**16**) reflektierten Lichtstrahlen liegt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber (**12**) unter und der erste Hohlspiegel (**14**) über den von dem zweiten Hohlspiegel (**16**) reflektierten Lichtstrahlen angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlspiegel (**14, 16**) bei einem Durchmesser von 2000 mm eine Tiefe von 70 bis 200 mm, vorzugsweise 80 bis 150 mm, aufweisen.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Laser (**30**) Laserstrahlen in Richtung auf den Betrachter (**28**) wirft.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (**30**) die von ihm erzeugten Laserstrahlen auf einen Spiegel (**32**) und dieser die Laserstrahlen in Richtung auf den Betrachter (**28**) wirft.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Spiegel (**32**) auf dem Bildgeber (**12**) angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlspiegel (**14, 16**) einen Kasten (**20**) mit einer quadratischen Grundfläche aufweist, der Kasten (**20**) mit einer flexiblen reflektierenden Folie (**22**) bespannt ist und in ihm ein Unterdruck herrscht.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterdruck durch eine an den Innenraum des Kastens (**20**) angelegte Vakuumpumpe (**26**) erzeugt wird.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterdruck durch einen ihn messenden und auf die Vakuumpumpe (**26**) einwirkenden Regler auf einem Sollwert gehalten wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

– Leerseite –

Nummer: DE 195 13 184 A1
Int. Cl.[6]: G 09 F 19/18
Offenlegungstag: 10. Oktober 1996

FIG. 1



Nummer: DE 195 13 164 A1
Int. Cl.[6]: G 09 F 19/18
Offenlegungstag: 10. Oktober 1996

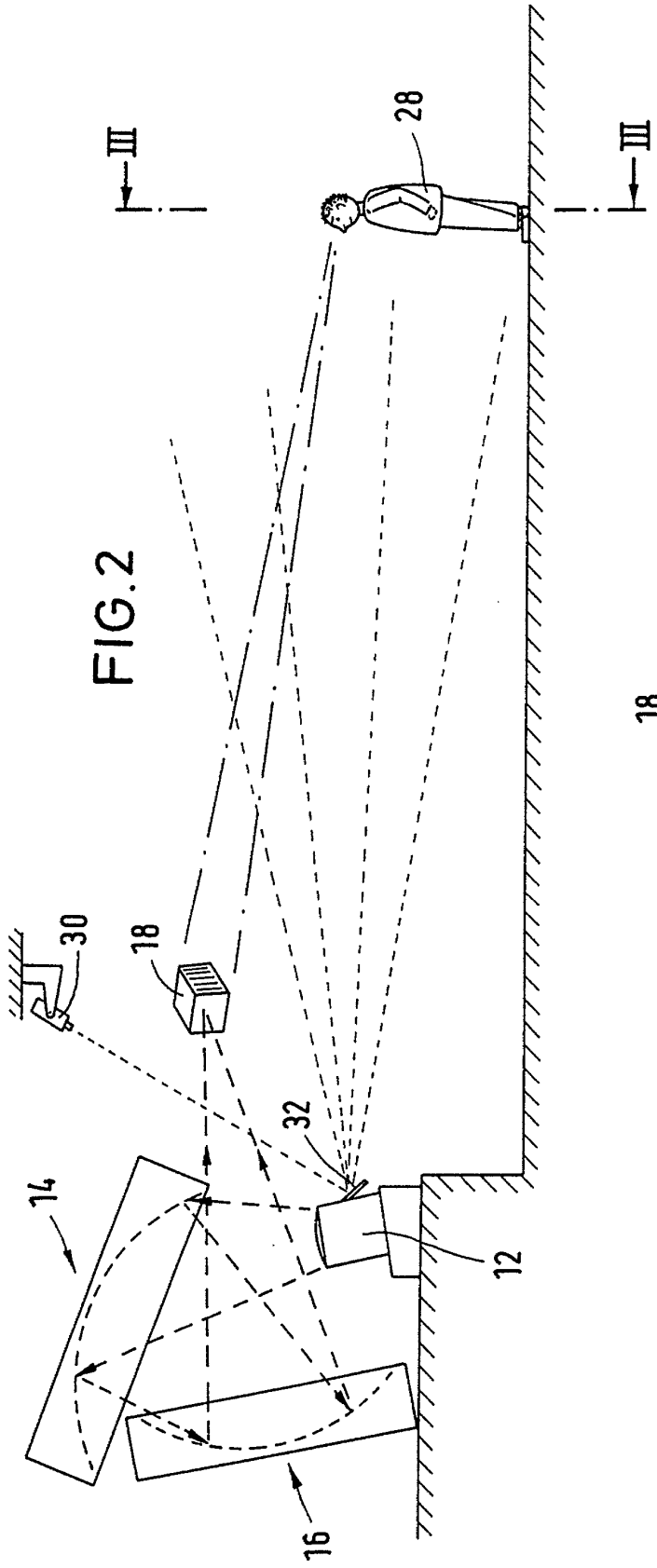


FIG.2

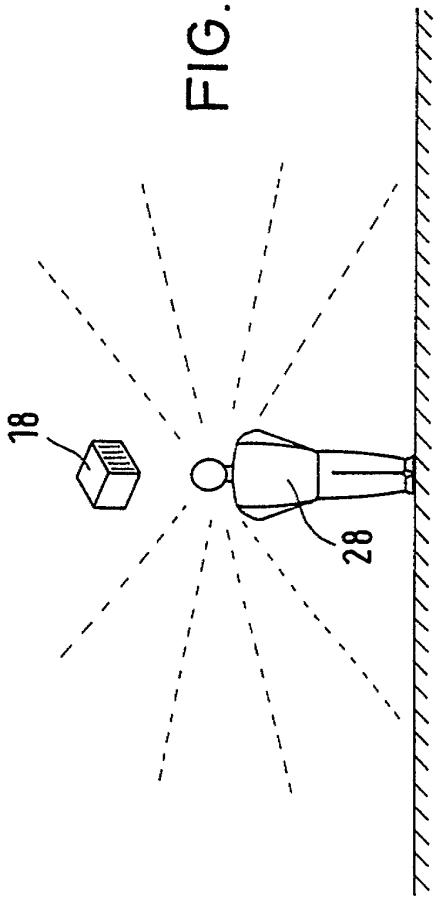


FIG.3

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 196 47 137 A 1**

(21) Aktenzeichen: 196 47 137.0
(22) Anmeldetag: 14. 11. 96
(43) Offenlegungstag: 28. 5. 98

(51) Int. Cl.[6]:
G 03 B 15/00
G 03 B 17/00
G 01 C 21/12
G 01 C 11/02
G 01 C 19/58
G 09 B 29/00
G 05 D 1/00

DE 196 47 137 A 1

(71) Anmelder:
Euro Avionics Navigationssysteme GmbH & Co., 71263 Weil der Stadt, DE

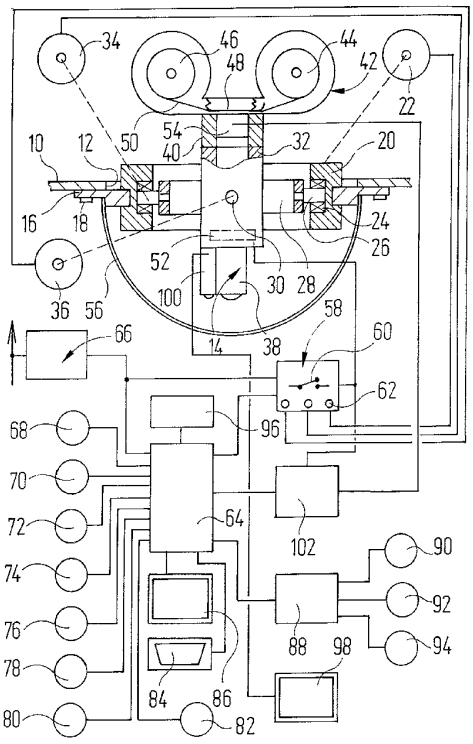
(74) Vertreter:
U. Ostertag und Kollegen, 70597 Stuttgart

(72) Erfinder:
Hartig, Marc-Alexander, 71263 Weil der Stadt, DE;
Klaschka, Rüdiger, 71263 Weil der Stadt, DE;
Klaschka, Walter, Dr.-Ing., 75233 Tiefenbronn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Einrichtung zur Aufnahme von Luftbildern

(57) Um von einem Flugzeug aus ein vorgegebenes Objekt wiederholt unter gleichen Aufnahmebedingungen mit einer Luftbildkamera (14) aufnehmen zu können, wird vorgeschlagen, dieser Kamera eine mit dem Auslösen ihres Verschlusses (52) weitergeschaltete Speichereinrichtung (96) zuzuordnen, in welcher Standort, Kurs und Ausrichtung des Flugzeuges festgehalten werden. Diese abgespeicherten Werte können dann als Sollwerte für einen später durchgeführten Flug dienen.



DE 196 47 137 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Aufnahme von Luftbildern gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Derartige bekannte Einrichtungen weisen eine Mehrachsen-Aufhängung für das Kameragehäuse auf, der Servomotoren für die verschiedenen Stellachsen zugeordnet sind, so daß das Kameragehäuse unter Verwendung eines Joysticks auf ein aufzunehmendes Objekt ausgerichtet werden kann.

Für manche Anwendungsfälle wäre es wünschenswert, wenn man ein einmal aufgenommenes Objekt unter genau gleichen Aufnahmebedingungen nochmals aufnehmen könnte, z. B. bei der Überwachung auf Änderungen. Ein solches neuerliches Wiederanfliegen eines Objektes zur neuerlichen Aufnahme erfolgt bisher empirisch mit je nach der Erfahrung des Piloten des Fluggerätes und der die Kamera bedienenden Person wechselnden Ergebnissen.

Durch die vorliegende Erfindung soll daher eine Einrichtung zur Aufnahme von Luftbildern gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 so weitergebildet werden, daß ein automatisches zuverlässiges Registrieren derjenigen Bedingungen erfolgt, unter denen ein Luftbild jeweils aufgenommen wurde. In Kenntnis der entsprechenden Daten kann dann ein neuerliches Anfliegen des Objektes präziser erfolgen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 2 ermöglicht es, den bei der Aufnahme vorliegenden Nick- und/oder Roll- und/oder Gierwinkel des Fluggerätes bei der Ausrichtung der Objektivachse der Kamera bei einem neuen Anflug mit zu berücksichtigen. Damit kann man einerseits Wetterbedingungen berücksichtigen, die die Momentanorientierung des Fluggerätes bei der Aufnahme aus der normalerweise gewünschten horizontalen Ausrichtung heraus beeinflussen. Darüber hinaus kann man aber auch reproduzierbar unter Anflugbedingungen arbeiten, die sich von einem horizontalen geradlinigen Anflug unterscheiden. Hierdurch wird das aufeinanderfolgende Aufnehmen von Luftbildern an verteilten Einzelobjekten rascher durchführbar.

Bei einer Einrichtung gemäß Anspruch 3 findet auch die bei der Aufnahme vorliegende Fluggeschwindigkeit des Fluggerätes Berücksichtigung. Dies kann im Hinblick auf die Einstellung der Verschlußzeit von Wichtigkeit sein, die z. B. bei Kontrollflügen in der Dämmerung oder in der Nacht nicht beliebig kurz eingestellt werden kann, da dies die Empfindlichkeit des Aufnahmematerials nicht zuläßt.

Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 4 wird erreicht, daß das Fluggerät automatisch in der richtigen Höhe und dem richtigen Kurs zu dem gewünschten Aufnahmeort bzw. einer Mehrzahl aufeinanderfolgender Aufnahmeorte geführt wird. Die in der Speichereinrichtung enthaltenen Datensätze, welche frühere Aufnahmebedingungen wiedergeben, werden somit zugleich als Sollwerte für neue Aufnahmebedingungen verwendet.

Gemäß Anspruch 5 erhält man den Vorteil, daß kleinere Abweichungen des Fluggerätes vom gewünschten Aufnahmeort bzw. vom gewünschten Anflugkurs durch entsprechende Winkelkorrekturen an der Ausrichtung der Kamera kompensiert werden können.

Dabei können gemäß Anspruch 6 auch kurzfristige z. B. durch Böen bedingte Änderungen in der Ausrichtung des Flugzeuges rasch kompensiert werden.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 7 ist im Hinblick auf eine einfache und flexible Realisierung sowohl der Abspeicherung der Aufnahme-Datensätze als auch des Abrufens derartiger Datensätze als neue Sollwerte von Vorteil.

Bei einer Einrichtung gemäß Anspruch 8 kann der Benutzer eine Objektmarke frei auf der Anzeigeeinrichtung bewegen, deren Lage über der Karte das Objekt definiert, das der Benutzer aufnehmen möchte.

Bei einer Einrichtung gemäß Anspruch 9 kann der Benutzer eine Kameramarke frei auf der Anzeigeeinrichtung bewegen, deren Lage auf der Karte den Aufnahmeort definiert, von dem aus der Benutzer das Objekt aufnehmen möchte.

Mit Ausnahme der Höhe des Aufnahmeort es kann somit der Benutzer die Aufnahmebedingungen bei einer Einrichtung nach den Ansprüchen 8 und 9 sehr einfach unter visueller Kontrolle eingeben. Die Eingabe der Höhe (und ggf. des Kurses im Aufnahmeort) über ein Tastenfeld ist unkritisch und kann vom Benutzer nach seinen Erfahrungswerten einfach vorgenommen werden, während das Nachschlagen oder Ermitteln von Breitenangabe und Längenangabe eines Objektes aus Karten oder Nachschlagwerken mühsam ist.

Bei einer Einrichtung gemäß Anspruch 10 kann der Benutzer den Kurs, auf welchem das Fahrzeug den Aufnahmeort passiert, (Aufnahmekurs) auf der Anzeigeeinrichtung einstellen.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 11 ermöglicht es, die Größe einer Karten-Ausschnittsmarke gemäß den Wünschen des Benutzers einzustellen. Jeder Benutzer kann somit diejenige Größe der Ausschnittsmarke wählen, bei der die Ausschnittsmarke einerseits deutlich sichtbar ist, andererseits die Darstellung der Bereichskarte nicht nennenswert stört.

Bei einer Einrichtung gemäß Anspruch 12 kann der Benutzer über die Einstellung der Größe der Kartenausschnittsmarke schon rasch den Maßstab des Kartenausschnittes vorgeben. Der von der Kartenausschnittsmarke eingeschlossene Bereich der Bereichskarte wird auf die volle Größe des Anzeigefeldes der Anzeigeeinrichtung oder eine vorgegebene Fensterfläche der letzteren vergrößert.

Bei einem Navigationsgerät gemäß Anspruch 13 werden die Bereichskarte und der vergrößerte Kartenausschnitt gleichzeitig in Fenstertechnik dargestellt.

Gemäß Anspruch 14 erfolgt die Teilung der Anzeigefläche der Anzeigeeinrichtung vorzugsweise durch eine vertikale Linie, wobei der zu der einen Seite der Trennlinie liegende Teil des Anzeigefeldes auf die Mitte des Teilanzeigefeldes zentriert den mittleren Bereich der Bereichskarte darstellt, während der andere Teil des Anzeigefeldes die Ausschnittkarte wiedergibt. Man erhält so eine besonders deutliche Darstellung der Ausschnittkarte bei weiterhin gegebener Darstellung des wichtigsten Teiles der Bereichskarte.

Bei einer Einrichtung gemäß Anspruch 15 kann man wahlweise die Bereichskarte oder die Ausschnittkarte auf dem vollen Anzeigefeld der Anzeigeeinrichtung darstellen.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 16 erlaubt es, auf der Bereichskarte den Kartenausschnitt so zu markieren, wie er später bei Anforderung der Ausschnittkarte auf der Anzeigeeinrichtung dargestellt wird.

Bei einer Einrichtung gemäß Anspruch 17 wird die Ausschnittkarte so ausgerichtet dargestellt, wie sie beim Anflug bei gleichbleibendem Kurs gesehen würde.

Bei einer Einrichtung gemäß Anspruch 18 wird die vergrößerte Ausschnittkarte so dargestellt, wie man sie in Blickrichtung vom Fahrzeug zum ausgewählten Kartenausschnitt sieht.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Rezug auf die Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung der wichtigsten mechanischen Teile einer Luftbildkamera sowie ein Blockschaltbild einer Führungseinrichtung, die ein reproduzierbares mehrmaliges Aufnehmen von Objekten unter gleichen Aufnahmebedingungen gewährleistet;

Fig. 2 bis 4 Aufsichten auf eine Anzeigeeinrichtung der in **Fig.** 1 gezeigten Führungseinrichtung, in denen unterschiedliche Kartendarstellungen wiedergegeben sind; und

Fig. 5 ein Blockschaltbild der Führungseinrichtung nach **Fig.** 1.

In **Fig.** 1 ist mit **10** ein Abschnitt einer Außenhaut eines Flugzeuges bezeichnet. Die Außenhaut **10** hat eine kreisförmige Öffnung **12**, in welche eine insgesamt mit **14** bezeichnete Luftbildkamera eingesetzt ist.

Die Luftbildkamera **14** hat einen Befestigungsflansch **16**, der an der Außenhaut **10** mit einer Mehrzahl in Umfangsrichtung verteilter Schrauben **18** festgeschraubt ist. Auf dem radial inneren und größere Dicke aufweisenden Endabschnitt des Befestigungsflansches **16** ist ein Tragring **20** drehbar gelagert. Zu seinem Verstellen dient ein Schrittmotor **22**.

Auf dem Tragring **20** sind an diametral gegenüberliegenden Stellen Lager **24** vorgesehen, die jeweils eine Stummelwelle **26** aufnehmen. Die Stummelwellen **26** sind an einem Kardanring **28** angebracht. Letzterer hat um 90° gegen die Stummelwellen **26** versetzte Lager (in der Zeichnung nicht sichtbar), in welchen Stummelwellen **30** Aufnahme finden, die auf gegenüberliegenden Seiten eines Kameragehäuses **32** angebracht sind.

Weitere Stellmotoren **34**, **36** arbeiten auf die Stummelwellen **26**, **30**. Damit kann das Kameragehäuse **32**, welches an seinem unteren Ende ein Objektiv **38** trägt, um die Hochachse gedreht und um die Nickachse und Rollachse der Flugzeuges verschwenkt werden.

Über ein Adapterteil **40** ist auf das in der Zeichnung oben liegende Ende des Kameragehäuses **32** eine Filmkassette **42** aufgesetzt. In diese befindet sich eine Vorratsrolle **44** für unbelichteten Film, eine Aufwickelrolle **46** für den belichteten Film sowie eine dazwischen liegende federnd vorgespannte Andrückplatte **48**, die den Film **50** gegen eine Filmbühne des Adapterteils **40** drückt.

Ein steuerbarer elektronischer Verschluß der Kamera ist bei **52** schematisch angedeutet.

Unterhalb der Filmbühne des Adapterteiles **40** ist eine Schreibeinheit **54** angeordnet, die schematisch als Block gezeigt ist, in der Praxis aber ähnlich ausgebildet sein kann, wie die Trommel-Belichtungseinheit eines Laserdruckers. Diese Einheit kann somit ASCII-Zeichen und beliebige Grafik zusätzlich zum über das Objektiv **38** aufgenommenen Bild auf den Film **50** schreiben.

Eine halbkugelige transparente Glocke **56** überdeckt die verschiedenen mechanischen Komponenten der Luftbildkamera **14** und ist mit ihrem obenliegenden Rand fest mit dem Befestigungsflansch **16** verbunden.

Zum Bedienen der Luftbildkamera **14** dient ein Kamera-Steuerrechner **58**. Dieser umfaßt zum einen einen Taster **60**, der den Verschluß **52** auslöst, ferner Drehknöpfe **62** zum manuellen Verstellen der Schrittmotoren **22**, **34** und **36**.

Zum automatischen Ausrichten des Objektives **38** auf ein zu fotografierendes Objekt ist der Kamera-Steuerrechner **58** zum einen mit einem Prozeßrechner **64** verbunden, von welchem er die Koordinaten dieses Objektes erhält. Ferner erhält der Kamera-Steuerrechner **55** die Ausgangssignale einer GPS-Einheit **66**. Aus dem durch diese gegebenen Standort des Flugzeuges in Breitenrichtung, Längenrichtung und Höhe sowie den Sollkoordinaten des Objektes, die vom Prozeßrechner **64** erhalten wurden, berechnet der Kamera-Steuerrechner **58** die Anstellwinkel für die Luftbildkamera **14** und steuert die Schrittmotoren **22**, **34**, **36** entsprechend über einzelne Servoregelschleifen.

Die zu diesen Regelschleifen gehörenden Stellungsgeber, die mit den Schrittmotoren **22**, **34**, **36** zusammenarbeiten, sind bei **68**, **70** und **72** gezeigt. Für die Zwecke der vorliegenden Beschreibung sein angenommen, daß diese Stellungsgeber sämtlich digitale Stellungsgeber sind und ihre Ausgangssignale BCD-codiert abgeben. Wenn das eigentliche Fühlelement ein analog arbeitendes Fühlelement ist, umfaßt der Stellungsgeber einen nachgeschaltenen Analog/Digitalwandler.

Die Stellungsgeber **68**, **70**, **72** sind mit Eingängen des Prozeßrechners **66** verbunden. Weitere Eingänge desselben sind mit dem Ausgang eines vom Flugzeug getragenen Höhenmessers **74** bzw. Geschwindigkeitsmessers **76** verbunden. Die entsprechenden Informationen könnten zwar im Prinzip auch den Ausgangsdaten der GPS-Einheit **66** entnommen werden, in der Praxis hat sich jedoch herausgestellt, daß die Geschwindigkeitsmessung und die Höhenmessung unter Verwendung bordeigener Instrumente zuverlässiger arbeitet, insbesondere deshalb, weil die GPS-Höhenangabe sich nicht exakt auf NN sondern eine hiervon teilweise stark abweichende Referenzkugel bezieht. Ferner erhält der Prozeßrechner **64** die Ausgangsdaten der GPS-Einheit **66**.

An den Prozeßrechner **64** sind ferner über geeignete Schnittstellen angeschlossen ein Rollwinkelfühler **78**, ein Nickwinkelfühler **80** sowie ein Gierwinkelfühler **82**.

Ein Tastenfeld **84** dient zur Eingabe von Daten in den Prozeßrechner **64**, z. B. der Lagekoordinaten von Objekten.

Zur Anzeige von Eingaben und von Standort und Kurs des Flugzeuges, wie sie von der GPS-Einheit **66** bereitgestellt werden, ist ein TFT-Anzeigefeld **86** vorgesehen.

An eine ausgangsseitige Schnittstelle des Prozeßrechners **64** ist ein Ruder-Steuerkreis **88** angeschlossen, welcher Stellmotoren **90**, **92**, **94** für das linke Seitenruder, das rechte Seitenruder und das Höhenruder jeweils über eine Regelstrecke betätigt.

Der Prozeßrechner **64** arbeitet folgendermaßen:

Über das Tastenfeld **84** können für ein erstes Anfliegen eines aufzunehmenden Objektes in den Prozeßrechner erste Soll-Aufnahmedaten eingegeben werden, welche den Aufnahmeort, von welchem aus ein Objekt aufgenommen werden soll (Längenangabe, Breitenangabe, Höhenangabe), den Anflugkurs, unter welchem der Aufnahmeort angeflogen werden soll, und die Lage des Objektes (Längenangabe, Breitenangabe, Höhenangabe) umfassen.

Aus diesen Größen berechnet der Prozeßrechner **64** die Drehungen des Kameragehäuses **32** um die Gierachse, Rollachse und Nickachse, mit denen das ausgesuchte Objekt in gewünschter Ausrichtung und unter gewünschtem Blickwinkel auf den Film **50** abgebildet wird. Diese Rechnungen können durch Abarbeiten von Algorithmen oder unter Verwendung von Iterationsverfahren durchgeführt werden. Die hieraus erhaltenen Soll-Winkelwerte für die verschiedenen Winkelfreiheitsgrade der Kameraaufhängung speichert der Prozeßrechner zusammen mit den Daten für Aufnahmeort und Aufnahmeort-Anflugkurs in einem Massenspeicher **96** ab, welcher z. B. durch eine Festplatte oder ein großes batteriegepuffertes RAM gebildet sein kann.

Die oben beschriebenen Schritte werden für eine Mehrzahl nacheinander neu aufzunehmender Objekte wiederholt.

Der Massenspeicher **96** enthält ferner entsprechende Datensätze, die bei früheren Aufnahmeflügen eingegeben wurden.

Über das Tastenfeld **84** wird anschließend eine Liste der nacheinander anzufliegenden Objekte eingegeben, z. B. durch Eingabe von diesen zugeteilten Objektnummern.

Nach dem Starten des Flugzeuges holt sich der Prozeßrechner **64** aus dem Massenspeicher **96** die Daten für den als ersten anzufliegenden Aufnahmeort und legt unter Berücksichtigung der von der GPS-Einheit **66** bereitgestellten Ist-Standort- und Ist-Kurs-Daten einen Kurs fest, auf welchem

das Flugzeug auf kürzestem Wege zum Aufnahmeort geführt wird, wobei eine letzte Strecke des Anfluges reserviert bleibt, um das Flugzeug auf den gewünschten Kurs zu bringen, mit welchem der Aufnahmeort durchflogen werden soll.

Ein derartiges Arbeitsprogramm kann z. B. darin bestehen, daß der Rechner einen Punkt auf der momentanen Kurslinie, der eine vorgegebene Strecke vor dem momentanen Standort des Flugzeuges liegt, mit einem solchen Punkt der durch den vorgegebenen Aufnahmeort gehenden vorgegebenen Aufnahme-Kurslinie durch eine Anflug-Kurslinie verbindet, der auf der Aufnahme-Kurslinie eine vorgegebene Strecke vor dem Aufnahmeort liegt. Die Scheitel, die durch die Schnittpunkte von jeweils zwei der drei Kurslinien gebildet sind, werden durch je eine kreisförmige Kurve verbunden. Bei einem langsam fliegenden Kleinflugzeug kann die vorgegebene Strecke z. B. 2 km betragen und die die Kurslinien verbindenden Kurven können einen Radius von 700 m haben.

Auf dem verbleibenden geradlinigen Weg des Anfluges zum Aufnahmeort fängt dann der Kamera-Rechner **58** an zu arbeiten und steuert die Schrittmotoren **32**, **34**, **36** so, daß die Achse des Objektivs **38** auf das aufzunehmende Objekt gerichtet wird.

Die richtige Objektivausrichtung kann im Cockpit durch einen kleinen Monitor **98** (TFT-Display) kontrolliert werden, der mit einer Video-Zielkamera **100** verbunden ist, die mit dem Kameragehäuse **32** mitbewegt wird. Wünscht der Photograph einen etwas anderen Bildausschnitt, so kann er den Steuersignalen für die Schrittmotoren **32**, **34**, **36** weitere Steuersignale durch Drehen des jeweils zugeordneten Drehknopfes **62** übermitteln.

Nach Erreichen des gewünschten Aufnahmeortes wird entweder von Hand oder gesteuert durch den Kamera-Steuerrechner **58** der Taster **60** geschlossen und damit der Verschluß **52** ausgelöst. Das Auslöse-Steuersignal gelangt gleichzeitig auf den Prozeßrechner **64**, der hierauf die Aufnahmekenndaten (Aufnahmeort, Kurs, Ausgangssignale der verschiedenen Winkelgeber und Winkelfühler) an einen Treiberkreis **102** überstellt, durch welchen die Schreibeinheit **54** gesteuert wird. Damit werden diese Aufnahmedaten auf die Luftbildaufnahme mit aufbelichtet, bevor der Film **50** um ein Bild weiterbewegt wird.

Mit Erhalt des Auslöseimpulses schreibt der Prozeßrechner **64** ferner die Aufnahmedaten unter neuer Datensatzbezeichnung oder neuer Datensatznummer auf den Massenspeicher **96**. Von dort kann er später als Solldatensatz für eine weitere Aufnahme abgerufen werden.

Nach Ablauf der oben beschriebenen Arbeiten wird dann analog das nächste aufzunehmende Objekt angeflogen.

Man erkennt, daß es unter Verwendung der oben beschriebenen Einrichtung möglich ist, neu aufzunehmende Objekte unter genau vorgegebenen Bedingungen erstmalig anzufliegen und aufzunehmen und schon einmal angeflogene Objekte unter gleichen Aufnahmebedingungen nochmals aufzunehmen, unter denen sie schon früher einmal aufgenommen waren.

Es versteht sich, daß man im Hinblick auf ein Einsparen von Speicherplatz im Massenspeicher **96** die bei einer Aufnahme vorliegenden Aufnahmedaten auch wieder unter gleicher Datensatzbezeichnung auf dem Massenspeicher ablegen kann. In diesem Falle wird dann beim nächsten Anfliegen dieses Objektes automatisch der Aufnahme-Datensatz der letzten Aufnahme verwendet. Die im Massenspeicher abgelegten Datensätze können dann jeweils einfach mit einem Code für das Aufnahmeobjekt bezeichnet werden.

Fig. 2 zeigt eine abgewandelte anstelle der Anzeigeeinheit **86** verwendbare Anzeigeeinheit **110**, die zusätzlich mit einigen Bedienelementen versehen ist, durch welche das Anzeigen einer Bereichskarte und einer Ausschnittkarte sowie das Anzeigen und Bewegen von Marken auf dem Anzeigefeld steuerbar ist. Durch Bewegen dieser Marken können einige der sonst am Tastenfeld **84** vorzunehmenden Eingaben unter visueller Kontrolle einfach vorgenommen werden, wie unten noch genauer beschrieben wird.

Diese umfaßt ein Gehäuse **112**, welches ein Anzeigefeld **114** trägt. Hierbei kann es sich um TFT-Farbdisplay oder ein LCD-Display (monochrom oder farbig) handeln. Das Anzeigefeld **114** ist von einem Frontrahmen **116** des Gehäuses umgeben, in welchen verschiedene Betätigungstasten **118** bündig eingelassen sind.

Ein oberer leistenförmiger Gehäuseabschnitt **120** dient zum Ergreifen der Anzeige- und Bedieneinheit **110** und umfaßt einen Verriegelungshebel **122**, mit welchem die Anzeige- und Bedieneinheit an einem Tragteil befestigt werden kann, z. B. der Frontseite eines gleiche Querschnittsabmessungen aufweisenden Einschubes, der die elektronischen Teile des Navigationsgerätes umfaßt, oder eine Schwenkhalterung.

Zu beiden Seiten des Gehäuseabschnittes **120** ist jeweils ein Rändelrad **124** bzw. **126** angeordnet, welches als Analog-Eingabemittel für das Navigationsgerät dient.

Auf dem Anzeigefeld **114** wird gesteuert durch eine weiter unten beschriebene Elektronik eine Bereichskarte **130** dargestellt. Deren Maßstab kann z. B. durch Drehen des Rändelrades **124** eingestellt werden. Bei der Mitte des unteren Randes der Bereichskarte **130** ist eine als Flugzeug gezeigte Standortmarke **132** angezeigt.

Die Bereichskarte **130** wird in Abhängigkeit von den Ausgangssignalen der GPS-Einheit **66** verschoben, wie noch genauer beschrieben wird. Die Standortmarke **132** steht.

Ferner ist bei der betrachteten Flugsituation bei der oberen rechten Ecke des Anzeigefeldes eine Ausschnittmarke **134** wiedergegeben. Eine Sichtlinie **136** erstreckt sich längs der Verbindungslinie zwischen der Mitte der Standortmarke **132** und der Mitte der Ausschnittmarke **134** zwischen den beiden Marken.

Die Ausschnittmarke **134** hat die Form eines Rechteckes, dessen Seitenverhältnis mit dem Seitenverhältnis des Anzeigefeldes **114** übereinstimmt.

Die Größe der Ausschnittmarke **134** kann durch Drehen des Rändelrades **126** vorgegeben werden. Die Lage des Mittelpunktes des Ausschnittmarke **134** kann durch Betätigen von Cursortasten **118-1** bis **118-4** eingestellt werden. Die restlichen Betätigungstasten haben andere Eingabefunktionen, unter anderem die Funktion einer Eingabetaste (CR-Taste).

Durch Drücken einer dieser Betätigungstasten oder einer Kombination derselben kann man eine Bildschirmdarstellung herbeiführen, wie sie in **Fig.** 3 dargestellt ist. Bei dieser Darstellung füllt eine der Ausschnittmarke **134** entsprechende Ausschnittkarte **138** der Bereichskarte **130** das gesamte Anzeigefeld **114**. Wie dies im einzelnen bewerkstelligt wird, wird unten stehend noch genauer beschrieben.

Wahlweise kann man durch Drücken einer oder mehrerer Betätigungstasten eine genordete Darstellung der Ausschnittkarte anfordern. Diese wird bei stehendem Flugzeug vom Prozeßrechner **64** automatisch voreingestellt, was im Hinblick auf einfache Eingabe des Aufnahmekurses vorteilhaft ist.

Die Daten, die vom Prozeßrechner **64** zur Darstellung der Karten benötigt werden, befinden sich ebenfalls auf dem Massenspeicher **96**. Es handelt sich hierbei in der Regel um Vektordaten, die in den jeweils benötigten Teilmengen vom Prozeßrechner **64** aus dem Massenspeicher **96** geladen wer-

den. Der Rechner setzt diese Daten unter geeigneter Skalierung und Drehung in eine Bereichs-Vektorkarte um, die dann in einer weiteren Bearbeitungsstufe in ein Pixelbild umgewandelt werden.

Zusätzlich zu der Standortmarke **132** und der Ausschnittmarke **134** erzeugt der Prozeßrechner **64** eine Objektmarke **140**, welche das aufzunehmende Objekt auf der dargestellten Bereichskarte oder Ausschnittkarte markiert. Die Objektmarke **140** kann mittels der Cursor-Tasten **118-1** bis **118-4** bewegt werden, wenn der Prozeßrechner **64** in einer über eine oder mehrere Betätigungstasten angeforderten Programmroutine für ein Bewegen der Objektmarke steht.

Ferner erzeugt der Prozeßrechner **64** eine Kameramarke **142**, die ebenfalls durch die Cursor-Tasten **118-1** bis **118-4** bewegbar ist, wenn der Prozeßrechner **64** in eine Programmroutine für ein Bewegen der Kameramarke gestellt wurde.

Steht der Prozeßrechner in einer Eingaberoutine für den Aufnahmekurs kann durch die Cursor-Tasten **118-1** und **118-2** eine durch die Kameramarke **142** gehende Aufnahmekursmarke **144** (Pfeil) im positiven bzw. negativen Sinne gedreht werden.

Die Lage der verschiedenen Marken kann vom Prozeßrechner **64** vom Bildwiederholspeicher für das Anzeigefeld **114** zurückgelesen werden und unter Berücksichtigung der gleichzeitig angezeigten Karte in Lage- bzw. Richtungskoordinaten umgesetzt werden. Bei Verwendung der in **Fig.** 2 gezeigten Anzeige- und Bedieneinheit brauchen somit diese Daten nicht über das Tastenfeld **84** eingegeben zu werden.

Steht der Prozeßrechner **64** nicht in solchen Eingabe-Programmroutinen werden die Objektmarke **140** und die Kameramarke **142** und die Anflugkursmarke **144** genauso gemäß der Bewegung des Flugzeuges verschoben wie die Bereichs- und die Ausschnittkarte. Sie bewegen sich wie ein Element dieser Karten, sind also kartenfest.

Dies erfolgt am einfachsten so, daß der Prozeßrechner **64** die Marken in Vektordaten umsetzt und diese zu den Kartenvektordaten vorübergehend hinzufügt und nach Photographieren eines Projektes durch die Vektordaten der Marken für das nächste Projekt ersetzt.

Falls gewünscht, können die Markenvektordaten für regelmäßig überwachte Objekte und im Falle einer Mehrzahl von Objekten, deren Relativlage ebenfalls von Interesse ist, auch bleibend den Karten-Vektordaten zugemischt werden. In diesem Falle erfolgt dann ein Herausheben des gerade angeflogenen Objektes durch erhöhte Helligkeit und/oder andere Farbe.

Der Prozeßrechner **64** rechnet die Lage der Objektmarke **140** und der Kameramarke **142** in die zugeordneten Breiten- und Längenkoordinaten um und ermittelt aus der Vektorkarte die Höhe des Objektes über NN, ggf. durch Interpolation. Der Anflugkurs am Aufnahmeort wird der Orientierung der Anflugkursmarke entnommen.

Die Höhe des Aufnahmeortes wird zusätzlich noch am Tastenfeld **84** eingegeben.

Auf diese Weise kann man die Aufnahmebedingungen und das Objekt auf einfache Weise weitgehend unter visueller Kontrolle vorgeben.

Bei der durch Drücken von Betätigungstasten einstellbaren Darstellungsart nach **Fig.** 4, werden die Ausschnittkarte **138** und die Bereichskarte **130** in benachbarten Fenstern **148, 150** dargestellt, die zusammen die Anzeigefläche füllen und durch eine vertikale Trennlinie **152** getrennt sind.

In **Fig.** 5 ist bei **66** die GPS-Einheit gezeigt. Diese Einheit bestimmt ausgehend von den von einer Vielzahl von GPS-Satelliten ausgesandten Funksignalen den Standort des Flugzeuges in drei Richtungen, nämlich in Längenrichtung, Breitenrichtung und Höhe über einer Referenzkugel, die im Mittel mit NN übereinstimmt, hiervon aber lokal größere Abweichungen aufweisen kann.

Das Arbeiten derartiger GPS-Einheiten ist an sich bekannt und braucht hier nicht im einzelnen beschrieben zu werden.

In einem Massenspeicher **160**, der wie der Massenspeicher **96** z. B. ein Teil einer Festplatte sein kann, ist eine Gesamtkarte derjenigen Bereiche der Erdoberfläche abgelegt, in denen das Flugzeug eingesetzt wird. Typischerweise sind diese digitalen Karten in Form von Vektoren abgespeichert, welche für sich allein einen Punkt der Karte und in Sätzen Linien oder Flächenbegrenzungen der Karte wiedergegeben.

Eine Eingabeeinheit **162** entspricht den verschiedenen Tasten, Schiebern und Rändelrädern, die auf dem Gehäuse **112** der Anzeige- und Bedieneinheit **110** vorgesehen sind, wie oben beschrieben, sowie durch diese bewegten elektrischen Signalgebern wie Schalter, Potentiometer oder dgl., eingeschlossen etwaige Analog/Digitalwandler.

Die Vektor-Kartendaten sind so organisiert, daß Teilmengen, die kleineren Bereichen der Erdoberfläche entsprechen (z. B. 150 km × 150 km bis 11 000 km × 11 000 km, je nach dem Volumen der anzuzeigenden Informationen, die z. B. über See kleiner ist als über Land), für sich in einen verglichen mit dem Massenspeicher **160** schnell arbeitenden, aber kleineren Bereichskartenspeicher **164** geladen werden können. Dies erfolgt unter Steuerung durch einen Selektionskreis **166**. Dieser empfängt an einem ersten Eingang die Positionssignale, die von der GPS-Einheit **66** bereitgestellt werden, an einem zweiten Eingang das Bereichskarten-Skalierungssignal, welcher durch das Rändelrad **124** vorgegeben ist, und an einem dritten Eingang das Ausschnittkarten-Skalierungssignal, welches am Rändelrad **126** eingestellt wurde. Ein weiterer Eingang des Selektionskreises **164** ist mit dem Massenspeicher **160** verbunden.

Normalerweise arbeitet der Selektionskreis **166** ausschließlich in Abhängigkeit vom Ausgangssignal der GPS-Einheit **66** und lädt entsprechend dem Standort und dem momentanen Kurs des Flugzeuges den Bereichskartenspeicher **164** mit Vektordaten aus dem Massenspeicher **160**. Nur für den Fall, daß manuell ein Kartenabschnitt ausgewählt ist, der weit ab vom momentanen Standort des Flugzeuges liegt, lädt der Selektionskreis **166** unter Berücksichtigung des jeweils eingestellten Skalierungsfaktors nur eine entsprechend kleine Datenmenge aus dem Massenspeicher **160** nach und legt sie in einem Unterbereich des Bereichskartenspeichers **164** ab. Hat der Benutzer dem ausgewählten Kartenabschnitt dann die gewünschten Informationen entnommen, braucht auch nur dieser kleinere Teil des Bereichskartenspeichers **164** neu vom Massenspeicher **160** her wieder geladen zu werden.

Dem Selektionskreis **166** werden vom Prozeßrechner **64** auch die Vektordaten für die Objektmarke **140**, die Kameramarke **142** und die Aufnahmekursmarke **144** übermittelt. Diese werden vom Selektionskreis **166** zusätzlich in den Bereichskartenspeicher **164** geschrieben.

Der Ausgang des Bereichskartenspeichers **164** ist mit einem Kartendaten-Eingang eines Bereichskarten-Rechenmoduls **168** verbunden. Dieser erhält an einem weiteren Eingang ebenfalls die Positionssignale der GPS-Einheit **66**, an zwei weiteren Eingängen die Skalierungsfaktoren für die Bereichskartendarstellung und die eventuelle Darstellung einer Ausschnittkarte, und ein letzter Eingang des Bereichskarten-Rechenmoduls **166** erhält dann ein Signal, wenn für die Darstellung der Bereichskarte nur ein Bruchteil der normalen Darstellungsfläche zur Verfügung steht (Fensterdarstellung von Bereichskarte und Ausschnittskarte).

Der Bereichskarten-Rechenmodul **168** arbeitet grob gesprochen nach folgendem Programm:

1. GPS-Daten bezüglich Position, Kurs und Geschwindigkeit des Flugzeuges von der GPS-Einheit **66** übernehmen.
2. Skalierungsfaktor für die Bereichskarten-Darstellung bestimmen.
3. So viele Vektordaten aus dem Bereichskartenspeicher **164** abrufen, daß mit ihnen eine quadratische Anzeigefläche gefüllt werden kann, deren Mittelpunkt dem Mittelpunkt der Anzeigefläche **114** entspricht und deren Kante der langen Kante des Anzeigefeldes **114** entspricht.
4. Verwerfen solcher Vektordaten, die Einzelheiten der Karte entsprechen, die beim gewählten Maßstab für die Bereichskarte nicht dargestellt werden können oder aus sonstigen Gründen nicht dargestellt werden sollen.
5. Bei Arbeitsmodus "Bewegte Bereichskarte": Vektordaten gemäß dem momentanen Kurs des Flugzeuges drehen.
6. Vektordaten gemäß angefordertem Maßstab skalieren.
7. Gemäß den Vektordaten Punkte, Linien und Polygone in einen ausgangsseitigen Pixelspeicher **168**-P zeichnen.
8. Flächen im Pixelspeicher **168**-P anlegen (Schraffuren, Farbe).
9. Beschriftungen ausgewählter Objekte im Pixelspeicher **168**-P erzeugen.
10. Pixelspeicher **168**-P zum Auslesen freigeben (Ausgangssignal "Bildpixel bereit").
11. Bei Bereichskartendarstellung nur in einem Fenster des Anzeigefeldes **114**: Daten im Pixelspeicher **168**-P auf Fenstermitte zentrieren; über den Fensterrand hinausgehende Pixel löschen.
12. Im Arbeitsmodus "Bewegte Karte": Rücksprung nach 11.
13. Im Arbeitsmodus "Bewegte Standortmarke": Wenn der Abstand der bewegten Standortmarke **132** von einem Rand des Anzeigefeldes **114** kleiner ist als eine vorgegebene Strecke: Rücksprung nach 1.
14. Rücksprung nach 13.

An den Ausgang des Bereichskartenspeichers **162** ist ferner ein Ausschnittkarte-Rechenmodul **170** angeschlossen. Dieser kann ebenfalls Vektordaten aus dem Bereichskartenspeicher **164** abrufen und erhält an weiteren Eingängen die Ausgangssignale der GPS-Einheit **66** bzw. ein Ausschnittskalierungssignal, welches von einem Ausschnittskalierungs-Rechenkreis **172** bereitgestellt wird.

Der Ausschnittskalierungs-Rechenkreis **172** erhält von der Eingabeeinheit **162** das durch Betätigen des Rändelrades **126** erzeugte Skalierungs-Rohsignal. An weiteren Eingängen des Ausschnittsskalierungs-Rechenkreises **172** liegen ein Steuersignal für den Ausschnitt-Darstellungsmodus bzw. ein Umschaltsignal zwischen Darstellung der Bereichskarte und Darstellung der Ausschnittkarte. Diese Steuersignale können z. B. durch Betätigen einer der nicht der Cursorsteuerung dienenden Betätigungstasten **118** erzeugt werden.

Der Ausschnittskalierungs-Rechenkreis **172** arbeitet grob gesprochen so, daß er die Maßstabsvergrößerung aus dem Verhältnis zwischen der Größe der Ausschnittmarke **134** und der Größe der zur Verfügung stehenden Anzeigefläche (ganzes Anzeigefeld bzw. Ausschnitt-Darstellungsfenster) berechnet.

Entsprechend diesem Ausschnittskalierungssignal lädt der Ausschnittkarte-Rechenmodul **170** die benötigten Vektordaten aus dem Bereichskartenspeicher **164** und verarbeitet diese nach dem gleichen Flußdiagramm, wie es obenstehend unter Bezugnahme auf den Bereichskarten-Rechenmodul **168** beschrieben wurde. Man erhält daher in einem Pixel-Speicher **170**-P des Ausschnittkarte-Rechenmoduls eine Pixel-Darstellung der Ausschnittkarte im gewünschten Maßstabe.

Ein Marken-Rechenmodul **174** ist beaufschlagt mit den von der GPS-Einheit **66** abgegebenen Positionssignalen, dem Bereichskarten-Skaliersignal und dem Ausschnittsskalierungssignal sowie mit weiteren Signalen, die anzeigen, ob ein Ausschnittkarte auf dem ganzen Anzeigefeld **114** oder nur in einem Fenster desselben dargestellt werden soll. Entsprechend diesen Signalen erzeugt der Marken-Rechenmodul **174** in einem ausgangsseitigen Pixelspeicher **174**-P die Standortmarke **132** und die Ausschnittmarke **134**.

Der Bereichskarten-Pixelspeicher **168**-P und der Ausschnittkarte-Pixelspeicher **170**-P sind mit den beiden Eingängen eines Überlagerungsmoduls **176** verbunden. Dieser arbeitet grob gesprochen z. B. nach folgendem Flußdiagramm:

1. Pixel aus dem Bereichskarten-Pixelspeicher **168**-P sämtlich in einen ausgangsseitigen Mischbild-Pixelspeicher **176**-P schreiben.
2. Pixel aus dem Ausschnittkarte-Pixelspeicher **170**-P einlesen und dann in die entsprechenden Speicherzellen des Mischbild-Pixelspeichers **176** schreiben, wenn sie sich von einem vorgegebenen Hintergrundpixel, z. B. spezielles Blaupixel, unterscheiden.

Alternativ kann der Überlagerungsmodul **176** auch äquivalente Pixel des Bereichskarten-Pixelspeichers **170**-P und des Ausschnittkarte-Pixelspeichers **170**-P jeweils synchron einlesen und dann das Bereichskartenpixel in den Mischbildpixelspeicher schreiben, wenn das entsprechende Ausschnittkartenpixel ein Hintergrundpixel ist, ansonsten das Ausschnittkartenpixel in den Mischbild-Pixelspeicher **176**-P schreiben.

Ferner sind die Ausgänge des Bereichskarten-Rechenmoduls **168** und des Ausschnittkarte-Rechenmoduls **170** mit den Eingängen einer Bildweiche **178** verbunden. Diese wird durch ein von der Eingabeeinheit **162** abgegebenes Darstellungs-Steuersignal zwischen einer in der Zeichnung dargestellten Normalstellung, in welcher der Ausgang des Bereichskarten-Pixelspeichers **168**-P durchgeschaltet wird, in eine Arbeitsstellung geschaltet, in welcher der Ausgang des Ausschnittkarte-Pixelspeichers **170**-P durchgeschaltet wird.

Wird eine Umschaltung zwischen Vollbild-Darstellung von Bereichskarte auf Vollbild-Darstellung des Kartenausschnittes nur für jeweils eine vorgegebene Zeitspanne (z. B. 10 s) gewünscht, so ist der Steuerklemme der Bildweiche **178** ein Zeitglied **180** mit entsprechender Periode vorgeschaltet. Damit fällt die Anzeige- und Bedieneinheit **110** nach einer vorgegebenen Zeitspanne automatisch in die Darstellung der Bereichskarte zurück.

Der Mischbild-Pixelspeicher **176**-P und der Ausgang der Bildweiche **178** sind über eine zweite Bildweiche **182** mit dem einen Eingang eines zweiten Überlagerungsmoduls **184** verbunden. Dessen zweiter Eingang ist mit dem Ausgang des Marken-Pixelspeichers **174**-P verbunden. Der Überlagerungsmodul **184** arbeitet ähnlich wie der oben schon beschriebene Überlagerungsmodul **176** und überlagert der Kartendarstellung die Markendarstellung. Ein entsprechender Pixelsatz wird einem Anzeige-Pixelspeicher **184**-P bereitgestellt. Dieser stellt den Bildwiederholspeicher für das Anzeigefeld **114** dar.

Damit die Anzeige- und Bedieneinheit **110** nach Ablauf nach einer vorgegebenen Zeitspanne auch bei Fensterdarstellung des Ausschnittkartes wieder in die Vollbild-Be-

reichskartendarstellung zurückfällt, ist dem Steuereingang der zweiten Bildweiche **182** wieder ein Zeitglied **186** entsprechender Periode vorgeschaltet. Dessen Eingang wird mit Signal beaufschlagt, wenn eine Fensterdarstellung einer Ausschnittkarte angefordert wird.

Die Ausgänge der beiden Zeitglieder **180** und **186** sind ferner mit entsprechenden Eingängen des Marken-Rechenmoduls **174** verbunden, damit dieser bei Vollbilddarstellung der Ausschnittkarte die Erzeugung der Ausschnittmarke unterdrückt bzw. bei Fensterdarstellung der Ausschnittkarte die Standortmarke und – soweit im gegenüber der gesamten Anzeigefläche reduzierten reduzierten Bereichskarten-Fenster liegend – die Ausschnittmarke richtig gemäß der Fenstermitte verschoben erzeugt.

In manchen Fahrzeugen stehen neben der Anzeigeeinrichtung der Navigationseinrichtung noch andere Anzeigeeinrichtungen (Anzeigetafeln) zur Verfügung, z. B. Anzeigen für Betriebsparameter des Fahrzeuges. Bei solchen Fahrzeugen kann dann dieser Anzeigeeinrichtung eine Bildweiche vorgeschaltet werden, über welche diese Anzeigeeinrichtung wahlweise mit der Datenquelle für die Betriebsdaten und dem Ausgang des Ausschnittkarten-Rechenmoduls **170** verbindbar ist. Die Ausschnittkarte und die Bereichskarte können dann gleichzeitig auf je einer vollen Anzeigefläche betrachtet werden.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen wurden verschiedene Schaltkreise dazu verwendet, die Kartendaten auszuwählen, zu skalieren, zu drehen, in Bildpixel umzusetzen sowie Markenpixel zu erzeugen und verschiedene Kartenpixel und Bildpixel zu überlagern. Er versteht sich, daß man die gleichen Arbeiten auch unter Verwendung eines mit einem entsprechenden Programm arbeitenden Prozeßrechners durchführen kann, wobei Teile des Prozeßrechner-Arbeitsspeichers die verschiedenen Speicher zum Halten der Kartendaten und Bildpixel bilden können. Man kann auch die genannten Arbeiten teilweise durch parallel arbeitende Prozeßrechner erledigen. Solche Rechner in Verbindung mit die geschilderten Arbeiten durchführenden Programmblöcken sind auch strukturelle Komponenten im Sinne der vorstehenden Beschreibung und der Ansprüche.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Aufnahme von Luftbildern, mit einem Objektiv (**38**), mit einem Verschluß (**52**), mit Mitteln (**50**) zum Speichern des vom Objektiv (**38**) erzeugten Bildes, und mit einer Mehrachsenaufhängung (**16–30**) für ein das Objektiv (**38**) tragendes Kameragehäuse (**32**), **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder der Bewegungsachsen der Mehrachsenaufhängung (**16–30**) ein Winkelgeber (**68–72**) zugeordnet ist; daß eine Navigationseinrichtung (**66**), vorzugsweise eine GPS-Einrichtung, zum Bestimmen des Standortes und des Kurses eines die Einrichtung tragenden Fluggerätes vorgesehen ist; und daß eine mit dem Betätigen des Verschlusses (**52**) fortgeschaltete Speichereinrichtung (**96**) vorgesehen ist, durch welche die Ausgangssignale der Winkelgeber (**68–72**) und der Navigationseinrichtung (**66**) aufgezeichnet werden.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie den Nick- und/oder den Roll- und/oder den Gierwinkel des Fluggerätes messende Fühler (**78–82**) aufweist und deren Ausgangssignale ebenfalls durch die Speichereinrichtung (**96**) mit dem Betätigen des Verschlusses (**52**) aufgezeichnet werden.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen die Geschwindigkeit des Fluggerätes messenden Fühler (**76**) aufweist und dessen Ausgangssignal ebenfalls durch die Speichereinrichtung (**96**) mit dem Betätigen des Verschlusses (**52**) aufgezeichnet wird.
4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch einen Navigationsrechner (**88**), dem aus der Speichereinrichtung (**96**) Aufnahmeort- und Aufnahmekurs-Sollwerte und von der Navigationseinrichtung (**68**) Orts- und Kurs-Istwerte übermittelt werden und welcher Steuerelemente (**90, 92, 94**) so betätigt, daß das Fluggerät den von der Speichereinrichtung (**96**) vorgegebenen Aufnahmeort mit dem von der Speichereinrichtung (**96**) vorgegebenen Aufnahmekurs passiert.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch einen Kamerarechner (**58**), der von der Speichereinrichtung (**96**) Sollwerte für Aufnahmeort, Aufnahmekurs und Kameraausrichtung erhält und von der Navigationseinrichtung (**66**) die Ist-Kurswerte erhält und hieraus Kamera-Ausrichtsignale berechnet, derart, daß die Objektivachse unabhängig von Abweichungen des Ist-Kurses vom Soll-Kurs auf das aufzunehmende Objekt ausgerichtet wird.
6. Einrichtung nach Anspruch 5 in Verbindung mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kamerarechner (**58**) ferner mit den Ausgangssignalen der Fühler (**78, 80, 82**) für den Nickwinkel und/oder den Rollwinkel und/oder den Gierwinkel beaufschlagt ist und die Objektivachse unabhängig von Abweichungen dieser Ausgangssignale von den idealen Geradeaus-Anflugbedingungen durch entsprechende Änderung der Kamera-Ausrichtsignale kompensiert.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Speichereinrichtung (**96**) durch einen durch einen Prozeßrechner (**64**) betriebenen Massenspeicher gebildet ist und daß der Prozeßrechner (**64**) Schnittstellen aufweist, an welche die Navigationseinrichtung (**66**) und die verschiedenen Winkelgeber (**68–72**) sowie Winkelfühler (**78–82**) angeschlossen sind.
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Kartendarstelleinrichtung aufweist, welche einen Massenspeicher (**160**) für Kartendaten, eine Recheneinrichtung (**166, 168**) zum Auswählen einer Untermenge der Kartendaten, zur Skalierung der Kartendaten, ggf. zur Drehung der Kartendaten und zur Erzeugung von Bereichskarten-Bildsignalen und eine Anzeigeeinrichtung (**110**) umfaßt, auf welcher gesteuert durch die Recheneinrichtung (**166, 168**) skaliert und ggf. gedreht eine Bereichskarte (**130**) dargestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß Eingabemittel (**118-1** bis **118-4**) für die Lage einer Objektmarke (**140**) vorgesehen sind, deren Ausgangssignale eine Objektmarken-Generationseinrichtung (**64**) steuern, und Mittel (**64**) zum Umsetzen der Lage der Objektmarke (**138**) in Objektkoordinaten vorgesehen sind.
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß Eingabemittel (**118-1** bis **118-4**) für die Lage einer Kameramarke (**142**) vorgesehen sind, deren Ausgangssignale eine Kameramarken-Generationseinrichtung (**64**) steuern, und Mittel (**64**) zum Umsetzen der Lage der Kameramarke (**142**) in Kamerakoordinaten vorgesehen sind.
10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Eingabemittel (**118-1** bis **118-2**) für die Orientierung einer durch die Kameramarke (**140**) gelegten Aufnahmekursmarke (**144**) vorgesehen sind, deren Ausgangssignale eine Aufnahme-

kursmarke-Generationseinrichtung (**64**) steuern, und Mittel (**64**) zum Umsetzen der Lage Orientierung der Aufnahmekursmarke (**144**) in den Aufnahmekurs vorgesehen sind.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (**64**) zum zumindest vorübergehenden Zumischen der Marken-Daten und Markenkoordinaten-Daten einer oder mehrerer der in den Ansprüchen 8 bis 10 genannten Marken zu den Kartendaten vorgesehen sind.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß Eingabemittel (**118**; **126**) zur Einstellung der Lage und Größe einer Ausschnittsmarke (**134**) vorgesehen sind, deren Ausgang mit einer Steuerklemme einer zweiten-Recheneinrichtung (**170**) verbunden ist, welche entsprechend der Lage der Ausschnittsmarke (**134**) eine Untermenge der Kartendaten auswählt, skaliert und ggf. dreht; daß eine Ausschnittsmarken-Generationseinrichtung (**174**) vorgesehen ist, welche in Abhängigkeit der Auschnittsmarken-Eingabemittel (**118**; **126**) Ausschnittsmarken-Bildsignale erzeugt, und daß eine Bildmischeinrichtung (**184**) vorgesehen ist, welche die Ausschnittsmarken-Bildsignale den Bereichskarten-Bildsignalen überlagert.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal der Ausschnittsmarken-Eingabemittel (**118**; **126**) auf einen Eingang eines Ausschnittskalierungs-Rechenkreises (**172**) gegeben wird, welcher den Maßstab eines darzustellenden Kartenausschnittes aus dem Maßstab der Bereichskarte und dem Verhältnis zwischen den Abmessungen des gesamten Anzeigefeldes der Anzeigeeinrichtung (**114**) oder eines auf dieser definierten Fensters (**148**) einerseits und den Abmessungen der Ausschnittsmarke (**134**) andererseits berechnet.

14. Einrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Bildmischeinrichtung (**176**) aufweist, welche nach der Fenstertechnik die Ausschnittkarte (**138**) in die Bereichskarte (**130**) einblendet.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildmischeinrichtung (**176**) nebeneinander liegende Fenster (**148**, **150**) gleicher Höhe erzeugt und die Bereichskarte (**130**) und die Ausschnittkarte (**130**) so in seitlicher Richtung verschiebt, daß der Mittelpunkt der Bereichskarte (**130**) im Mittelpunkt des ersten Fensters (**150**) und der Mittelpunkt der Ausschnittkarte (**138**) im Mittelpunkt des zweiten Fensters (**148**) liegt.

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, gekennzeichnet durch eine Bildsignalweiche (**178**) über welche wahlweise die von der ersten Recheneinrichtung (**168**) erzeugten Bereichskarten-Bildsignale oder die von der zweiten Recheneinrichtung (**170**) erzeugten Ausschnittskarten- Bildsignale der Anzeigeeinrichtung (**114**) überstellt werden.

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausschnittsmarken-Generationseinrichtung (**174**) eine rechteckige Ausschnittsmarke erzeugt, deren Seitenverhältnis dem Seitenverhältnis der Anzeigefläche der Anzeigeeinrichtung (**114**) oder dem Seitenverhältnis eines auf letzterer definierten Ausschnittskartenfensters (**148**) entspricht.

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausschnittsmarken-Generationseinrichtung (**174**) eine rechteckige Ausschnittsmarke (**134**) erzeugt, deren Quer- oder Längsachse senkrecht auf einer Kurslinie steht.

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausschnittsmarken-Generationseinrichtung (**174**) eine rechteckige Ausschnittsmarke (**134**) erzeugt, deren Quer- oder Längsachse senkrecht auf der Verbindungslinie zwischen der Mitte der Standortmarke (**132**) und der Mitte der Ausschnittsmarke (**134**) steht.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 196 47 137 A1**
Int. Cl.[6]: **G 03 B 15/00**
Offenlegungstag: 28. Mai 1998

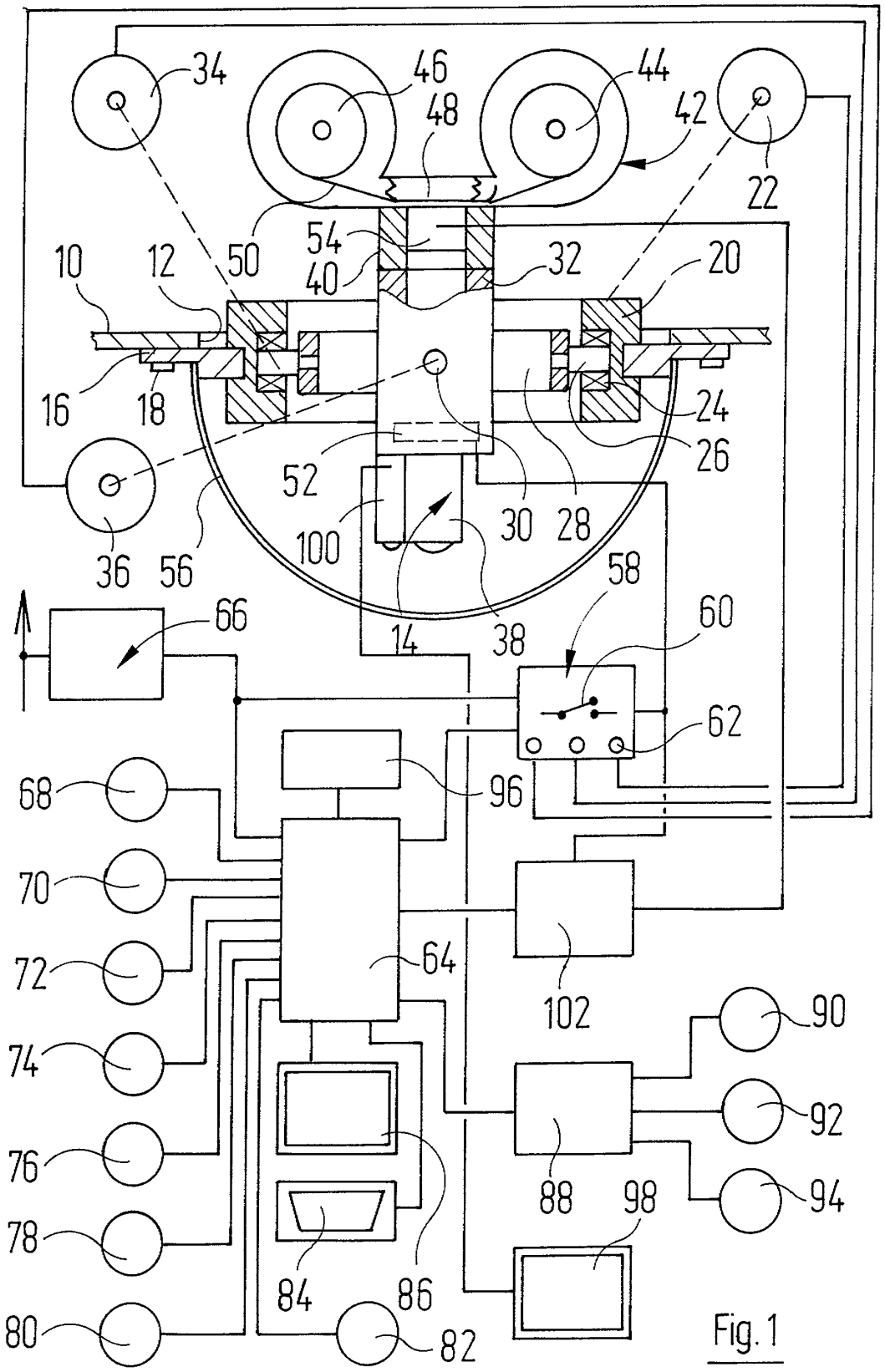


Fig. 1

Nummer: DE 196 47 137 A1
Int. Cl.[6]: G 03 B 15/00
Offenlegungstag: 28. Mai 1998

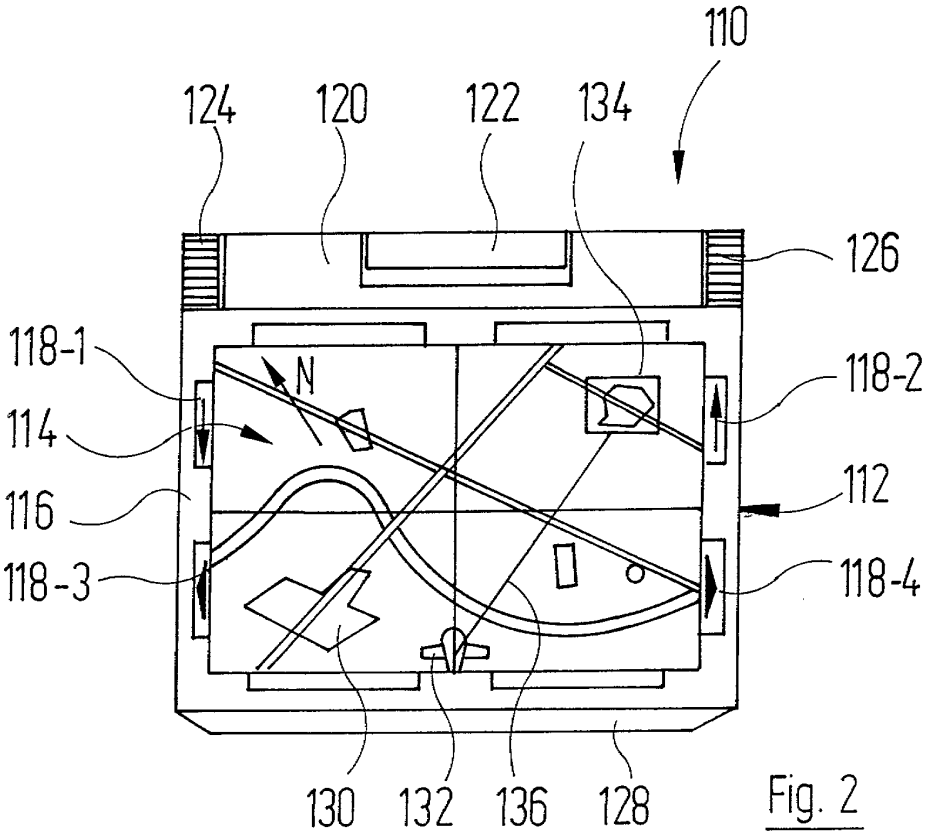


Fig. 2

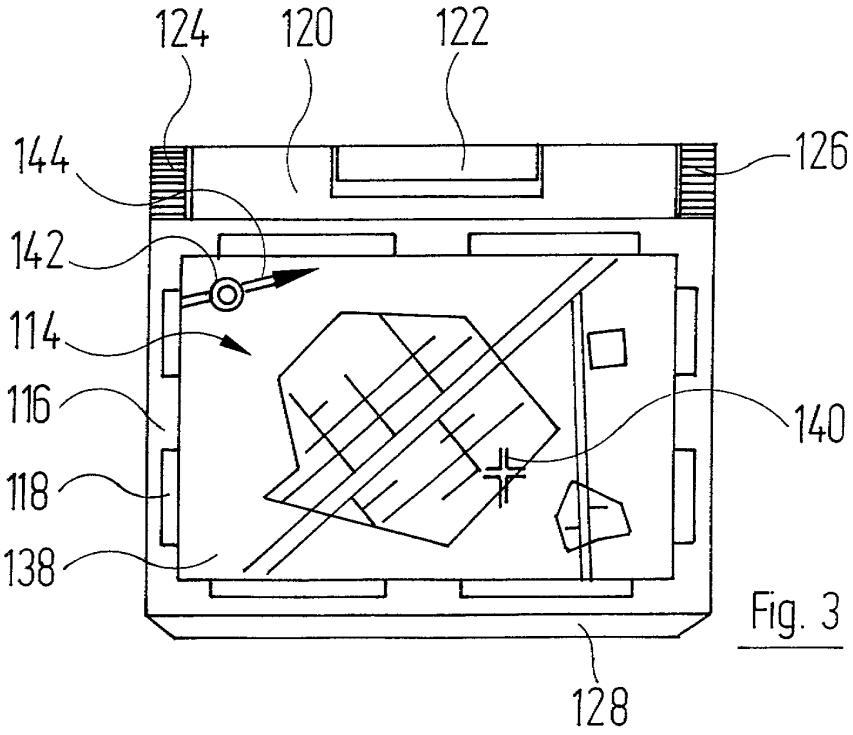


Fig. 3

Nummer: **DE 196 47 137 A1**
Int. Cl.[6]: **G 03 B 15/00**
Offenlegungstag: 28. Mai 1998

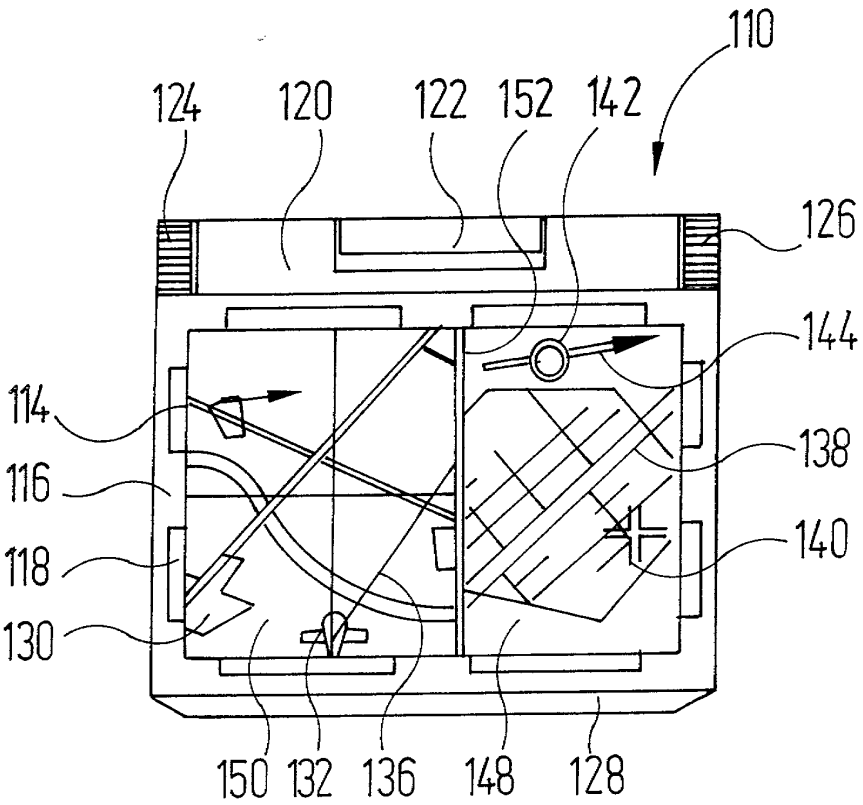


Fig. 4

Nummer: **DE 196 47 137 A1**
Int. Cl.[6]: **G 03 B 15/00**
Offenlegungstag: 28. Mai 1998

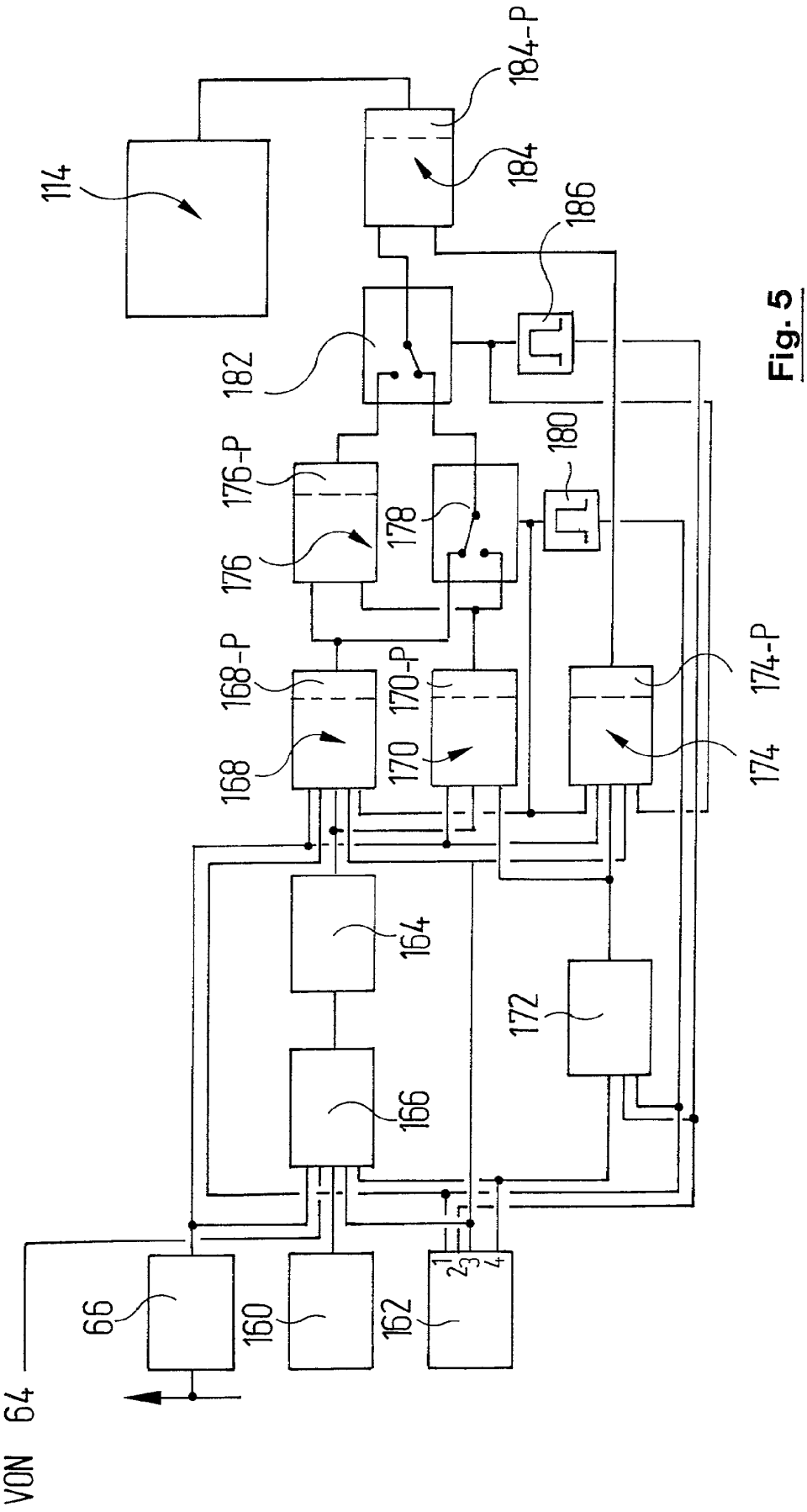


Fig. 5

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 197 09 040 A 1**

(51) Int. Cl.[6]:
H 04 N 1/10
H 04 N 5/30

(21) Aktenzeichen: 197 09 040.0
(22) Anmeldetag: 6. 3. 97
(43) Offenlegungstag: 22. 1. 98

DE 197 09 040 A 1

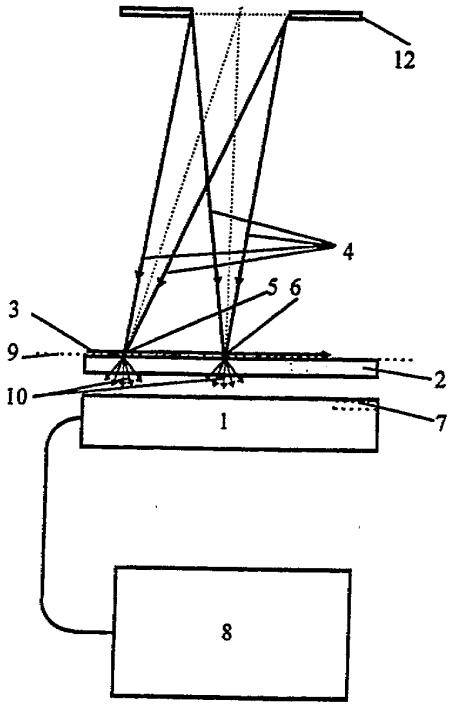
Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:
Neumann, Burkhard, Prof. Dr., 58640 Iserlohn, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

(54) Anordnung zur Erfassung von Luftbildern mit einem Flachbettscanner

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit einem Flachbettscanner zur Erfassung von Luftbildern (3) aus Lichtstrahlen, Röntgenstrahlen, UV-Strahlen, IR-Strahlen oder Korpuskularstrahlen. Für die Aufnahme der Luftbilder wird eine Wandlerscheibe (2) in die Bildebene (9) des Flachbettscanners (1) angeordnet, so daß das ebenfalls auf die Wandlerscheibe (2) projizierte Luftbild (3) derart in emittierende Lichtpunkte (5), (6) umgewandelt wird, daß sie für den Scanner als flache, sekundäre Lichtquellen erscheinen und ihm so als Vorlage für die Abtastung dienen.
Wird das Luftbild von Lichtstrahlen erzeugt, so besteht diese Wandlerscheibe aus einer im weiteren Sinne feinstrukturierten Streuscheibe, deren gröbste Strukturen vom Flachbettscanner noch nicht aufgelöst werden können.



DE 197 09 040 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Erfassung von Luftbildern mit einem Flachbettscanner mit einer sehr hohen Pixelauflösung bei einem extrem günstigen Kosten-Leistungsverhältnis.

Bisher ist es üblich, Luftbilder mit Videokameras (meist CCD-Array-Kameras) oder mit Zeilensensorkameras zu erfassen, um sie dann einer Datenverarbeitung weitergeben zu können.

Aus einer Aufstellung (Heinz-Georg Fehn: Tutorial über "Grundlagen, Systeme und Anwendungen" (der digitalen Bildverarbeitung), gehalten anläßlich des Anwendersymposiums 5. und 6. September 1996 in Aachen zum Thema "Aktuelle Entwicklungen und industrieller Einsatz der Bildverarbeitung") geht hervor, daß es S!w Kameratypen mit einer maximalen Pixelauflösung von 2048 × 2048 (1 Bild/sec) zum Preis von ca. 32 000,- DM und Farbkameras mit einer maximalen Pixelauflösung von 4400 × 3400 (CCD-Shift Technik) zum Preis von ca. 15 000.- DM gibt.

Der Nachteil dieser Art von Bilderfassung liegt darin, daß es auf dem Markt bis jetzt keine reinen CCD-Kameras gibt, die über mehr als 4400 × 3400 Pixel verfügen und daher die Luftbilder auch nur mit dieser Pixelzahl erfaßt werden können. Für viele Meßanwendungen, insbesondere für die dreidimensionale geometrische Vermessung von Gegenständen, reicht diese Auflösung jedoch noch nicht aus.

Aus diesem Grund wird von der Fa. ROLLEI eine "Reseau-Scan-Camern" angeboten, die mit einem 756 × 581 CCD-Sensor ausgerüstet ist, der in den Richtungen x, y und z verfahren werden kann, so daß daraus eine effektive Pixelauflösung von 7050 × 5500 resultiert. Da es sich hierbei um eine Spezialentwicklung handelt, die auch nur in relativ kleinen Stückzahlen gebaut wird, ist damit im Gegensatz zur erfindungsgemäßen Anordnung auch ein entsprechend hoher Kaufpreis verbunden, der in vielen Fällen eine wirtschaftliche Problemlösung unmöglich macht.

Man steht also bei dem Einsatz derartiger Kamerasysteme vor dem Problem, daß die Kaufpreise dafür extrem hoch sind und Meßaufgaben in vielen Fällen, wo es nicht so sehr auf die Meßgeschwindigkeit ankommt, nicht mehr wirtschaftlich gelöst werden können.

Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Luftbilderfassung mit einer sehr hohen Pixelauflösung bei einem extrem günstigen Kosten-Leistungsverhältnis anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmale gelöst.

Handelsübliche Flachbettscanner besitzen derzeit eine optische Auflösung von 400 dpi, sowie eine elektronische Auflösung von bis zu 1600 dpi bei einem maximalen Scanbereich von 216 × 356 mm (z. B. der Scanner HP ScanJet IIc der Fa. Hewlett-Packard). Aus diesem Grund wird ein den gesamten Scanbereich einnehmendes Luftbild mit bis zu 13 600 × 22 400 Bildpunkten = 304640000 Bildpunkten digitalisiert.

Dabei muß nochmals daraufhin gewiesen werden, daß durch die Verwendung eines Flachbettscanners eine sehr kostengünstige Bilderfassung mit dem als Massenprodukt verfügbaren Flachbettscanner ermöglicht wird, der zudem einer laufenden Weiterentwicklung in Richtung noch höherer Auflösung und noch günstigerem Preis-Leistungsverhältnis unterliegt.

Natürlich können auch die für die Realisierung eines Flachbettscanners benötigten Teile in der gleichen Weise für die Erfassung von Luftbildern herangezogen werden. Insbesondere kann ein teilweiser Aufbau eines Flachbettscanners für einen Scannerhersteller von Vorteil sein, wenn damit bereits die Funktion des Patentanspruchs 1 zu erzielen ist.

Die erfindungsgemäßen Anordnung ist in den Zeichnung **Fig.** 1a und **Fig.** 1b schematisch dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Die das Bild auf der Wandlerscheibe formenden Strahlen (4) (etwa die Lichtstrahlen von einer Projektionsoptik eines Diaprojektors, Epiprojektors etc.) schneiden sich in den Bildpunkten (5), (6). Diese liegen auf der Oberfläche der Wandlerscheibe (2). Im Falle von Lichtstrahlen handelt es sich bei der Wandlerscheibe um eine geeignete Streuscheibe oder Folie, die jeden Bildpunkt als selbstleuchtenden Punkt erscheinen läßt, so daß er von dem Lichtsensor des Scanners (1) erfaßt werden kann. Die Wandlerscheibe (2) ist oberhalb des Scanners so angebracht, daß sie sich genau in der Bildebene (3) der Scanneroptik befindet. Mit einer Datenverarbeitung, in aller Regel einem Computer, werden die digitalisierten Bilder erfaßt und weiterverarbeitet.

Die Wandlerscheibe (2) ist so zu gestalten, daß die wandelnden Strukturen von der Scanneroptik nicht aufgelöst werden können. Im Falle einer Streuscheibe bedeutet dies, daß die Abmessungen der lichtstreuenden Strukturen, z. B. die Berg- und Talstrukturen einer rauhen Glasoberfläche oder sägezahnartigen Reliefmuster einer Fresnelschen Zonenlinse, die übrigens auch in Form eines Hologramms vorliegen kann, unterhalb der optischen Scannerauflösung liegen.

Wird die Wandlerscheibe als Kombination zweier Fresnelscher Zylinderlinsen ausgeführt, so kann bei einer optimalen Anpassung der Brennweiten das Licht des Luftbildes besonders gut ausgenutzt werden und zu einem lichtstarken System beitragen. Hierzu muß der senkrecht zur mechanischen Abtastrichtung des Scanners orientierte wirksame Schnitt einer ersten Fresnelschen Zylinderlinse(n)wirkung) die Austrittspupille (12) **Fig.** 1a auf die Eintrittspupille der Scanneroptik abbilden. Der parallel zur mechanischen Scanrichtung orientierte wirksame Schnitt der anderen Zylinderlinse(n)wirkung) ist hingegen so zu bemessen, daß dessen Brennweite dem Abstand Linse (2) zu Austrittspupille (12) entspricht. In diesem Fall wird das ganze auf die Wandlerscheibe treffende Licht des Luftbildes auf die Spur der mechanisch bewegten Eintrittspupille der Scanneroptik abgebildet.

Der **Fig.** 1b ist zu entnehmen, daß die Wandlerscheibe (2) in einem Bildbereich (11) und einem meist am Anfang des Abtastgebietes liegenden Kalibrierbereich (7) aufgeteilt ist. In ihm wird durch Projektion eines der Beleuchtungscharakteristik des gesamten Luftbildes entsprechenden, hellen und weißen Streifens eine Scannerkalibrierung automatisch durchgeführt.

In den **Fig.** 1a und 1b bedeuten:

1 Flachbettscanner
2 Wandlerscheibe
3 Luftbild
4 Abbildungsstrahlen (z. B. Lichtstrahlen) oder Korpuskularstrahlen) von einer Projektionsoptik
5, 6 Bildpunkte (exemplarisch) in Höhe der Wandlerscheibe
7 Gebiet des Scannerabgleiches (Kalibrierbereich)
8 Datenverarbeitung
9 Bildebene des Flachbettscanners

10 Streulicht
11 Bildbereich des Scanners
12 Austrittspupille einer Projektionsoptik

Patentansprüche

1. Anordnung zur Erfassung von allgemeinen und nicht allein auf die Lichtoptik beschränkter Luftbilder (3)
   - mit einem Flachbettscanner (1) und einer Datenverarbeitung (8) zur Quantisierung der Ortskoordinaten und der Grauwerte bzw. bei multispektralen Bildern zur Quantisierung der Grauwerte der einzelnen Kanäle, **dadurch gekennzeichnet,**
   - daß in der Bildebene (9) eine Wandlerscheibe (2) angeordnet ist, die die Strahlen (4) der Bildpunkte wie z. B. (5) und (6) des Luftbildes derart in Lichtstrahlen (10) umwandelt, daß sie für den Scanner als punktförmige, sekundäre Lichtquellen wirken, deren Lichtintensitäten zumindest teilweise in die Eintrittspupille bzw. -pupillen der Scanneroptik eingekoppelt werden und ihm so als Vorlage für die Abtastung dienen
   - und es eine Möglichkeit gibt, die interne Lichtquelle des Flachbettscanners für die Dauer der Luftbildabtastung auszuschalten
   - und am Anfang, Ende oder den Seiten des Abtastgebietes ein Bereich (7) vorgesehen ist, in dem durch Projektion eines, der Beleuchtungscharakteristik des gesamten Luftbildes entsprechenden, hellen Areals eine Scannerkalibrierung automatisch erfolgen kann.

2. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) eine sehr feinstrukturierte, das Licht streuende Scheibe ist, deren größte Strukturen von dem Scanner (1) noch nicht aufgelöst werden können.

3. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) eine die Röntgenstrahlung in sichtbares Licht umwandelnde Scheibe ist.

4. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) eine die IR- oder UV-Strahlung in sichtbares Licht überführende Scheibe ist.

5. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) eine die Korpuskularstrahlung in sichtbares Licht umsetzende Scheibe ist.

6. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) aus einer Kombination aus zwei senkrecht zueinander orientierter und zusammen als Feldlinse wirkender quasi ebener Zylinderlinsen besteht, wobei der wirksame Schnitt der ersten Zylinderlinse(n)wirkung), der parallel zur mechanischen Abtastrichtung orientiert sein möge, eine Brennweite aufweist, die genau oder in etwa dem Abstand zwischen Linse (2) und Austrittspupille (12) der das Luftbild (3) bildenden Strahlen (4) entspricht, und der wirksame Schnitt der zweiten Fresnellinse(n)wirkung) so beschaffen ist, daß die Austrittspupille (12) genau oder näherungsweise auf die Eintrittspupille bzw. -pupillen der mechanisch bewegten Scanneroptik abgebildet wird.

7. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) aus einer Kombination aus zwei senkrecht zueinander orientierter und zusammen als Feldlinse wirkender quasi ebener Zylinderlinsen besteht, die als Fresnel-Linsensystem ausgebildet sind.

8. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) aus einer Kombination aus zwei senkrecht zueinander orientierter und zusammen als Feldlinse wirkender quasi ebener Zylinderlinsen besteht, die als diffraktives Linsensystem ausgelegt sind.

9. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) aus einer Flüssigkristallzelle besteht, deren Streuverhalten durch Variation einer angelegten Spannung beeinflußt werden kann.

10. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) als Dreh- oder Schwingscheibe ausgeführt ist, damit sich die Eigenstrukturen der Scheibe beim Scannen nicht abbilden.

11. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) zusätzlich über ein feines Meßgitter verfügt, dessen Gitterpunkte mit eine Ortscodierung versehen sind, so daß die Datenverarbeitung sehr genaue Ortsinformationen über die Lage der Bildpunkte des abgetasteten Luftbildes erhält.

12. Anordnung zur Erfassung von Luftbildern nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerscheibe (2) auf einem Schieber angebracht ist, diese manuell oder auch automatisch parallel zur Abtastbildebene des Scanners verschoben werden kann und dadurch einer, ebenfalls auf dem Schieber sitzenden Glasscheibe für ein herkömmliches Abrastern von Vorlagen ganz oder teilweise freigeben kann.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

– Leerseite –

Nummer: DE 197 09 040 A1
Int. Cl.[6]: H 04 N 1/10
Offenlegungstag: 22. Januar 1998

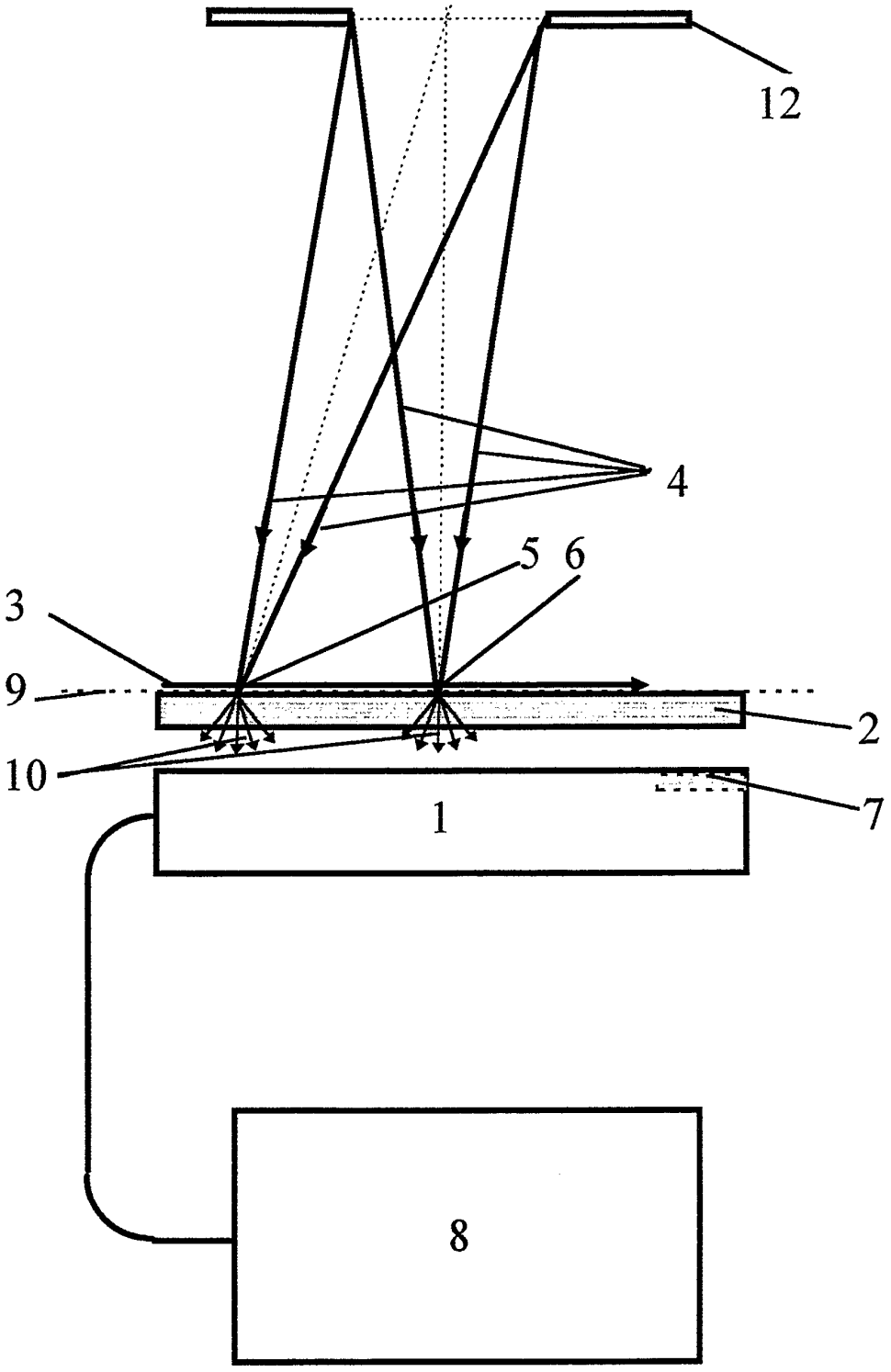


Fig. 1a

Nummer: DE 197 09 040 A1
Int. Cl.[6]: H 04 N 1/10
Offenlegungstag: 22. Januar 1998

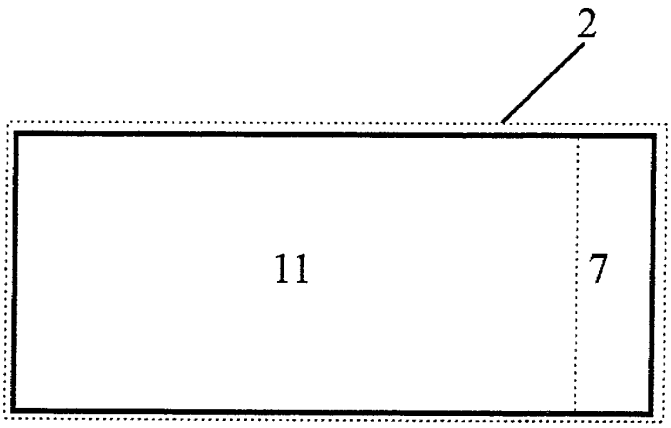


Fig. 1b

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 197 56 297 A 1**

(21) Aktenzeichen: 197 56 297.3
(22) Anmeldetag: 10. 12. 97
(43) Offenlegungstag: 1. 7. 99

(51) Int. Cl.[6]:
G 01 C 21/02
G 06 F 17/30
G 07 C 5/08
G 09 B 29/10
H 04 H 1/00

DE 197 56 297 A 1

(71) Anmelder:
VEAG Vereinigte Energiewerke AG, 10115 Berlin, DE

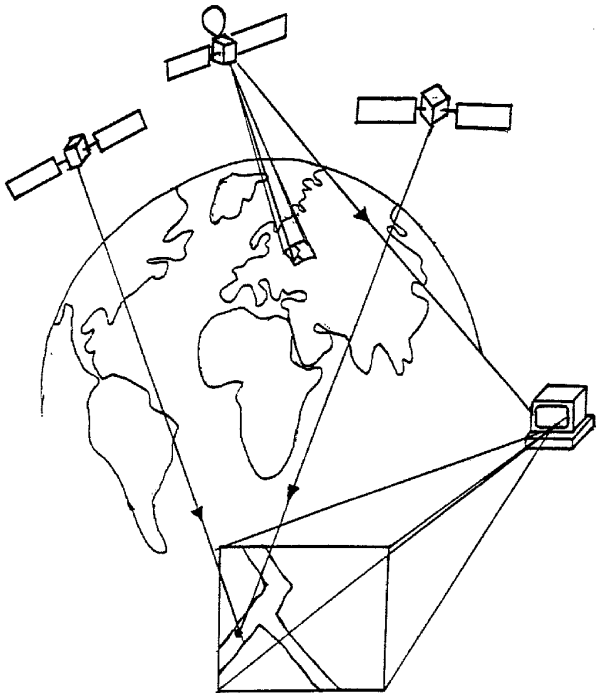
(72) Erfinder:
Langer, Rainer, Dipl.-Ing., 10627 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten für die verkehrstechnische Leitung von Kraftfahrzeugen

(57) Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ständig aktuell angepaßte satellitengestützte Karteninformationen ortsbezogen einem Nutzer in einem Fahrzeug zur Verfügung zu stellen.
Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß unter Verwendung des an sich bekannten Global-Position-Systems (GPS) und eines individuellen Bordkartensystems auf der Basis von satellitengestützten digitalen Geodaten, wobei beide Systeme dahingehend verknüpft werden, daß bedarfsabhängig vom Nutzer über eine Telefon- und/oder Mobilfunktelefonverbindung digitale Geodaten einer zentralen Datenservereinheit (ZDS) abgerufen, mit den Daten eines GPS-Navigationssystems verknüpft und dem individuellen Bordkartensystem zugeleitet werden.
Eine Anordnung gibt die technische Umsetzung des Verfahrens wieder.



DE 197 56 297 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten für die verkehrstechnische Leitung von Kraftfahrzeugen.

Bekannt ist es, den Standort von Fahrzeugen und Flugkörpern über Navigationseinrichtungen zu bestimmen, die das Global-Position-System (GPS) verwenden (DE-OS 33 05 478, DE 43 45 274). Dabei ist es auch bekannt, die Verbindung über ein Funk- oder Mobilfunk-Telefonnetz herzustellen (DE-PS 44 29 121). Allen bekannten Systemen gemeinsam ist die Abbildung der Daten in einer Wegenetzkarte.

Bekannt sind Wegenetzkarten von Routenplanungssystemen in Rasterdaten- oder Vektordatenformat. Um die Produktionskosten der Wegenetzkarten niedrig zu halten finden die graphischen Grunddaten von Kartenherstellern eine häufigere Anwendung, als das Datenmaterial der Landesvermessungsämter. Weiter sind die Inhalte und Funktionalitäten von Routen-/Tourenplanern bekannt. Diese gliedern sich in einen kartographischen Teil, dazu gehören die geographischen raumbezogenen Karten, sowie einen straßenbezogenen Teil zur Vorgabe der bevorzugten Straßentypen und Eingabe von Reisegeschwindigkeiten. Weiter gehört ein ortsbezogener Teil und ein fahrzeugbezogener Teil zum Funktionsumfang eines Routen-/Tourenplaners. Alle Funktionen ermöglichen eine Routenberechnung. Besteht die Möglichkeit den Routen-/Tourenplaner mit einem GPS-Ortungssystem zu verbinden, ist dieser auch als Navigationssystem einzusetzen. Die Wegenetzkarten als fester Bestandteil sind in nur wenigen Fällen durch ein Update zu aktualisieren, durch andere Kartenwerke zu ersetzen oder durch andere Kartenwerke zu überlagern.

Bekannt ist es, die Bereitstellung, die Visualisierung und den Bestellvorgang von Satelliten- und Luftbildkarten online durchzuführen. Das Angebot und der Vertrieb von Satellitendaten der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e. V. und des Deutschen Fernerkundungszentrum (DFD) erfolgt durch GISIS (Graphical Interface to the Intelligent Satellite Data Information System) über das Internet. Die Bilddaten sind in unterschiedlichen Formaten, geographischen Bezugssystemen und Bildausschnitten zu erwerben. Jedoch kann kein individueller Bildschnitt entlang einer geplanten Route oder Fläche zur Anwendungsanpassung und Kostenreduzierung abgefordert werden.

Ebenfalls bekannt ist die digitale Luftbildkarte Deutschlands mit einer Datenvorhaltung in Quadratkilometer orientiert an dem Blattschnitt der Deutschen Grundkarte.

Weiter sind Satelliten mit einer Technik zur Bilddatenerfassung im Submeterbereich bekannt, deren Pixelauflösung der Erdoberfläche unter einem Meter liegt. Diese Bilddaten sind für geographische Informationssysteme besonders geeignet.

Weiter sind Komprimierungsverfahren bekannt, die eine individuelle Komprimierung erlauben, ohne die Daten redundant vorzuhalten.

Weiter sind spezielle Rechner bekannt, die speziell für den Einsatz in Fahrzeugen entwickelt sind. Diese Rechner sind durch das Kraftfahrtbundesamt zugelassen und zeichnen sich durch ihre Baugröße, Störungsfreiheit, geringe elektromagnetische Strahlung und Robustheit aus.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ständig aktuell angepaßte satellitengestützte Karteninformationen ortsbezogen einem Nutzer in einem Fahrzeug zur Verfügung zu stellen.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß unter Verwendung des an sich bekannten Global-Position-Systems (GPS) und eines individuellen Bordkartensystems auf der Basis von satellitengestützten digitalen Geodaten, wobei beide Systeme dahingehend verknüpft werden, daß bedarfsabhängig vom Nutzer über eine Telefon- und/oder Mobilfunktelefonverbindung digitale Geodaten einer zentralen Datenservereinheit (ZDS) abgerufen, mit den Daten eines GPS-Navigationssystems verknüpft und dem individuellen Bordkartensystem zugeleitet werden.

Dabei wird das Bordkartensystem durch einen internetfähigen Computer mit Anschluß zum Mobiltelefon und einer Verbindung zum GPS-Navigationssystem oder einem Spezialrechner mit digitaler Audio- und Datenübertragung gebildet.

Die Geodaten werden dem Bordkartensystem in Form von Bilddaten und zusätzlichen geographischen Informationen durch "Links" zur Verfügung gestellt. Das Bordkartensystem kommuniziert dabei mit einem zentralen Kartenverwaltungssystem (Einrichtung zur Informationsbereitstellung), wobei durch das Bordkartensystem Karten über die aktuelle Lageangabe des GPS-Ortungssystems oder über die computerintegrierte Telefonie oder durch eine Metadatenbeschreibung angefordert werden, um die gewünschten Bildkarten zu selektieren und abzurufen.

Die Metadatenbeschreibung erfolgt durch das dezentrale Kartenauskunfts- und Bestellsystem. Die Metadatenbeschreibung ermöglicht die Bilddaten zu beschreiben, ohne die vollständigen Bilddaten zu laden bzw. die Daten zu erwerben. Die Metadaten werden nach einer Routenplanung oder einem Weltkartenausschnitt aufbereitet.

Der Fahrer, Fahrgast oder Anwender wird in Abhängigkeit von der aktuellen Position des Fahrzeuges bzw. der geographischen Lage, vom-die Metadaten beinhaltenden Bordkartensystem aufgefordert, die Bildkarten/Bildkartenausschnitte zu laden.

Möglich ist es, den vom Anwender erstellten Metadatensatz auf einen Kartenserver abzulegen und zur Nutzungszeit abzurufen, wobei die Datenübertragung entweder über eine Telefonleitung oder ein Modem sowie über eine Mobilfunktelefonverbindung mit PC-Karte zum Bordkartensystem erfolgt oder die Metadaten bei Vorhandensein eines Bordkartensystems mit Diskettenlaufwerk auch über Diskette vom Kartenauskunfts- und Bestellsystem übertragen werden.

Durch das zentrale Kartenverwaltungssystem kann auf dezentrale Bildkartenserver zugegriffen und die dort verfügbaren Bildkarten zur Nutzung angeboten werden.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten über ein zentrales Kartenverwaltungssystem, ein Kartenauskunfts- und Bestellsystem sowie ein Bordkartensystem zur Integration in Navigations- und Ortungssystemen ist so gestaltet, daß

- das zentrale Kartenverwaltungssystem
  - einen Rechner zur Aufbereitung der digitalen Daten
  - einen Domainserver zur Verwaltung der Nutzer
  - einen Datenserver
  - ein Metadatenbeschreibungssystem

  aufweist,
- das Kartenauskunfts- und Bestellsystem im Onlinebetrieb zur Recherche der Bildkarten dient und
  - einen Routenplaner mit Wegenetzkarten
  - eine Weltkarte
  - Funktionalitäten zur Definition der Bildkartenflächen
  - eine eMail Funktionalität
  - eine Internetfunktionalität

  aufweist,

- ein Bordkartensystem
  - einen Anschluß für Navigationseinrichtungen
  - einen Anschluß für GPS Meßeinrichtungen
  - einen Anschluß für ein Mobilfunkgerät
  - ein Diskettenlaufwerk
  - einen Steckplatz für eine PC-Karte
  - eine eMail Funktionalität
  - einen RDS-TMC-fähigen Rundfunkempfänger

aufweist,

Das Bordkartensystem ist dabei mit Anschlüssen für ein Ortungssystem zu einem Navigationssystem auf- bzw. umrüstbar.

Durch die vorliegende Erfindung ist es den Herstellern von Navigations- und Ortungssystem möglich, digitale satelliten- und luftbildgestützte Bildkarten in ihre Anwendungen zu integrieren oder neue Navigations- und Ortungssysteme zu entwickeln. Den Navigationssystemen ist dafür eine Schnittstelle zur Nutzung der Metadatenbeschreibung mit oder ohne dem Bordkartensystem hinzuzufügen. Weiterhin wird den Herstellern von Satelliten- und Luftbilder eine Anwendung zum anwendungsorientierten Vertrieb von Bildausschnitten bereitgestellt.

Anhand einzelner Programmteile soll nachstehend die Erfindung des Kartenauskunfts- und Bestellsystem näher erläutert werden:

Das Karteninformations- und Bestellsystem **14** in **Abb.** 1 ermöglicht über den Button Kartenrecherche **15** den Einstieg, über einen Routenplaner oder einer Weltkarte.

Die Funktion des Routenplaners in **Abb.** 2 ermöglicht die Eingabe des Landes **20**, des geographischen Ort des Startpunktes **7**, sowie die Eingabe des Landes **20**, des geographischen Ort des Zielpunktes **8**. Die Angaben weiterer Knotenpunkte erfolgt über das Eingabefeld **16**. Im Feld **9** wird das Ergebnis des Routenplaners als Karte visualisiert. Mit diesen Vorgaben ist die Route oder der Ort für die Kartenrecherche bestimmt.

Mit dem Button **10** ist in eine weitere Funktion zur Detaildarstellung zu wechseln.

Abb. 3 zeigt das Prinzip der Funktion der Beschreibung einer geographischen Fläche **22** auf einer Weltkarte. Über das Zeichnen einer Fläche mit der Maus werden die geographischen Koordinaten ausgelesen und der weiteren Funktion zur Bearbeitung der Detailkarte zur Verfügung gestellt.

In der Funktion "Detailkarte" 55 wird der Ausschnitt der Weltkarte oder eine Straßenkarte mit der festgelegten Route abgebildet. Die Kartenvorlagen sind vorgegebene Bilddaten, die Offline zur Verfügung stehen, d. h. die Karten sind im System des Kartenauskunfts- und Bestellsystems enthalten.

Abb. 4 zeigt die Funktionen der Detailkarte. Über die Zoomtasten **11** ist der Kartenausschnitt zu vergrößern und zu verkleinern. Mit dem Button **6** ist die Kartenfläche **5** für die Funktionen **12** zur Kilometrierung und Stationierung, sowie zur Pufferbildung **13** zu definieren. Zum Funktionsaufruf zur Recherche der Karten des markierten Bereiches dient der Button **4** zur Kartensuche.

Die **Abb.** 5 zeigt die Funktion **56** zur Online-Kartensuche mit den Vorgabefeldern **22** bis **28** zur Eingabe von Kriterien, wobei Feld **22** zur Vorwahl der Aufnahmeart, Feld **23** zur Vorwahl des Bildmaßstabs, Feld **24** zur Vorwahl der Pixelauflösung, Feld **25** zur Vorwahl des Aufnahmedatums, Feld **26** zur Vorwahl der Farbe, Feld **27** zur Vorwahl von Verwendungszwecken und Feld **28** zur Vorwahl der Inhalte sind.

Mit dem Button **2** ist die Recherche, die online läuft, zu starten. Befindet sich das System noch nicht in einer Onlineverbindung mit dem zentralen Kartenarchiv, so wird die Funktion "Anmeldung" (siehe **Abb.** 6) aufgerufen. Die Onlineverbindung ist direkt über den Button **41** mit der Beschriftung ONLINE aufzurufen. Die zentrale Kartenverwaltung recherchiert die Karten nach den benutzerdefinierten Forderungen und gibt eine Information in der Tabelle mit den Felder **29** bis **36** zurück.

Mit dem Button **39** sind die nicht benötigten Karten zu löschen. Mit dem Button **37** läßt sich eine markierte Karte im Kartenausschnittsfenster **40** mit dem gewählten Suchbereich darstellen. Die Funktion hinter dem Button **3** ermöglicht eine Visualisierung einer gewählten Karte am Bildschirm.

Mit der Taste **38** sind alle Felder zu löschen.

Im Feld **62** ist die Priorität für die recherchierten Bildkarten einzugeben. Die Angabe der Priorität ist für die Berechnung und Bereitstellung der angeforderten Bildkartenausschnitte notwendig, um bei einer Bildüberlappung die vom Benutzer bevorzugten Bildkarten zu berücksichtigen.

Mit der Funktion **57** nach **Abb.** 6 erfolgt die Anmeldung bei der zentralen Kartenverwaltung. Dazu sind die Angaben des Benutzers **42**, das Benutzerkennwort **43**, die Rufnummer **44** und die eMail-Adresse **45** für den Anschluß zum Kartenauskunfts- und Bestellsystem sowie die Angaben der Rufnummer **46** und eMail-Adresse **47** für das Bordkartensystem. Mit der OK-Taste erfolgt die Anmeldung am Server der zentralen Kartenverwaltung. Die Angaben für beide Anwendungen sind notwendig, um die Berechtigung und Sicherheit für den Benutzer zu sichern. Sind Benutzername und Kennwort dem zentralen Kartenverwaltungssystem nicht bekannt, so ist die Datenaufbereitung und Berechnung, sowie die Metadatenerstellung nicht unterstützt.

Mit dem Button **75** erfolgt die Konfiguration der angeschlossenen Geräte.

Mit der Funktion **58** nach **Abb.** 7 erfolgt die Parameterbelegung zur Bereitstellung der Bildkarten durch das zentrale Kartenverwaltungssystem entlang einer Trasse. Im Feld **49** ist zwischen einer oder keiner Überlagerung zu wählen.

Bei Schalterstellung "nein" sind die Bildkartenausschnitte für das Bordkartensystem nach den Prioritäten **62** aufzubereiten. Mit den Schalter **50** erfolgt die Stationierung entlang der gewählten Route nach Bildkarten oder nach einer km-Stationierung. Für die Bildkartenbearbeitung ist eine Trassenbreite **51** für die gesamte Route anzugeben.

Nachdem alle Angaben zu den Bildkarten festgelegt sind, ist der Nutzungszeitraum in der Funktion **59** festzulegen (**Abb.** 8).

Am Ende der Kartenrecherche und der Parametereinstellungen erfolgt die Übergabe zur Bildkartenbereitstellung und Erstellung der Metadaten an das zentrale Kartenverwaltungssystem mit einer kurzen Information **63** (**Abb.** 9).

Anhand eines Beispiels soll nachstehend die Erfindung zur Erstellung der Metadaten näher erläutert werden:

Nach einer Routenplanung in **Abb.** 10 sind die verfügbaren Bildkarten durch das zentrale Kartenverwaltungssystem festgelegt. Die Bildkarten A, C und D liegen als digitale Luftbildkarten und die Bildkarte B als großmaßstäbige Satellitenkarte vor.

In der Funktion zur Kilometrierung und Stationierung sind folgende Parameter gesetzt

- keine Überlagerung der Bildkarten
- Stationierung der Bildkarten nach Bildkarten
- Trassenbreite für die Bildkarten **800** in (links und rechts von der Straße **400** m).

Das zentrale Kartenverwaltungssystem erhält vom Kartenauskunfts- und Bestellsystem die Informationen

- der ausgewählten Bildkarten

– der durch die Funktion der Stationierung gesetzten Parameter,

um die Bildkartenausschnitte und die Metadaten bereitzustellen.

Die Berechnung der Bildkartenausschnitte erfolgt durch die geometrische Beziehung zwischen Route und Bildkarten auf Grundlage eines einheitlichen geographischen Koordinatenbezugssystems durch das zentrale Kartenverwaltungssystem. Das Rechnersystem, als Bestandteil der zentralen Kartenverwaltung, nutzt die Koordinaten der Stützpunkte der Straßenknickpunkte, sowie die Blatteckpunkte der Bildkarten.

In **Abb.** 12 ist die Route durch die Stützpunkte **5** bis **7**, sowie die Eckpunkte **1** bis **4** der Bildkarte beschrieben.

Die Schnittpunkte **8** und **9** der Route mit der Bildkarte sind durch einfache geometrische Beziehung zu berechnen. Die neuen Bildkarteneckpunkte **10** bis **15**, die durch die Trassenbreite d festgelegt sind, lassen sich ebenfalls berechnen. Sollten einer oder mehrere neu berechnete Bildeckpunkte geometrisch außerhalb des Bildes liegen, so muß die Bildfläche unabhängig von der Trassenbreite verkleinert werden. Nach der Stützpunktberechnung erfolgt die Bereitstellung des Bildkartenausschnitts für den vom Nutzer definierten Zeitraum.

Nach der Abarbeitung des Auftrages erfolgt eine Antwort in Form einer eMail an die genannten Adressen. In der eMail enthalten sind:

– Bestätigung der Bearbeitung
– Metadaten für das Bordkartensystem bzw. Navigations- und Ortungssystem
– Nutzungszeitraum.

Die Metadaten enthalten Angaben über:

– Den Benutzer, um jederzeit einen geschützten Zugriff zu ermöglichen
– Die Ergebnisse der Routenplanung zur Routenrekonstruktion
– Die Bildkartenbezeichnung
– Datengröße um die Übertragungszeit zu berechnen.

Das Bordkartensystem **74** in **Abb.** 13 bietet folgende Funktionalitäten:
Hinweise zu Aktionen, Eingabeaufforderungen oder Ausgaben im Kartenfenster **76** des Bordkartensystems werden im "INFO"-Feld **72** ausgegeben. Zusätzliche alphanumerische Eingaben erfolgten über den Button **77** "ABC", der die Kartenfläche **78** in eine Tastatur wandelt. Optional übernimmt ein Spracherkennungsprogramm und eine digitale Stimme die Kommunikation zwischen Fahrer- und Bordkartensystem. Mit dem Button **64** erfolgt die Übertragung der Metadaten an das Bordkartensystem **74**. Stehen mehrere Bildkarten zum Laden zur Verfügung erfolgt die Wahl über die Bildauswahltaste **65**. Die Eingabe des Komprimierungsgrads erfolgt über die Tasten **70** und **71**. Die im INFO Feld angezeigte Bildkarte kann über die Taste im Kartenfenster angezeigt und über die Starttaste **73** geladen werden. Ist die Bildkarte geladen und ein GPS Ortungsgerät angeschlossen wird das Navigationssystem mit dem Button **67** aktiviert. Im Kartenfeld wird die Standortinformation mit der Bildkarte überlagert, um das Fahrzeug auf der digitalen Karte zu visualisieren. Mit den Zoom-Tasten **79** wird die Bildkarte vergrößert bzw. verkleinert. Die Bildkarte und der aktuelle Lageort wird mit der Taste **80** am Bildschirm zentrisch dargestellt.

Erreicht das symbolisierte Fahrzeug den Kartenrand erfolgt eine Mitteilung über die in den Metadaten beschriebenen folgenden Bildkarten. Mit dem Button **68** wird die nächste Bildkarte geladen. Mit dem Button **69** können Bildinformationen, die durch ein zu großen Komprimierungsgrad entstanden sind, nachgeladen werden.

Liegt kein Metadatenbeschreibung vor, so erfolgt die Bildkartenbestellung und -übertragung über die Lageinformation des GPS-Ortungssystems. Über den Button **77** können die notwendigen Funktionen aufgerufen werden, die eine Kommunikation mit der zentralen Kartenverwaltung ermöglichen und Bildkarten in das Navigationssystem laden.

Durch die Erfindung werden folgende Vorteile erreicht:

1. Aufbereitung nutzerorientierter digitaler Karten und Bilddaten für digitale Kartensysteme, sowie Navigations- und Ortungssysteme.
2. Die digitalen Bildkarten können für ein vom Nutzer bezeichnetes Koordinatensystem und Kartenprojektion aufbereitet werden. Insbesondere ist eine Koordinatenaufbereitung von UTM-Koordinaten zur Kartenintegration mit GPS-Ortungseinrichtungen möglich.
3. Der Datennutzer kann zusätzlich zur Routenplanung Bildkartenmaterial zu einem späteren Zeitpunkt über das Bordkartensystem nutzen.
4. Der Nutzer nennt dem dezentralen Kartenauskunfts- und Bestellsystem den Zeitraum der Nutzung.
5. Der Datennutzer wird durch ein akustisches Signal vom Bordkartensystem über weitere Karten, die dem Bordkartensystem über die Metadatenbeschreibung bekannt sind, informiert. Bei Bedarf können die Karten geladen werden.
6. Verringerung der Ladezeit durch beliebige Komprimierung.
7. Durch den individuellen Bildschnitt verringern sich die Kosten und Ladezeiten.

Bezugszeichenliste

1 Abbruch der Kartensuche
2 Kartensuche durchführen
3 Darstellung einer vorgewählten Karte am Bildschirm
4 Kartensuche
5 angelegte Kartenfläche
6 Button zur Festlegung der Kartenfläche
7 Button zur Eingabe des Startorts für den Routenplaner
8 Button zur Eingabe des Zielortes für den Routenplaner
9 Ergebnisfeld für eine kartographische Übersichtsdarstellung der Routenplanung
10 Button für die Detaildarstellung der Routenplanung
11 Zoom-Taste
12 Button für die Funktion zur Definition der Kilometrierung und Stationierung
13 Button zur Pufferbildung
14 Karteninformationssystem und Bestellsystem
15 Button zur Programmauszahl Routenplaner oder Weltkarte
16 Button zur Eingabe von Knotenpunkte
17 Vorauswahl über die geographischen Orte zur Definition des Startortes
18 Vorauswahl über die geographischen Orte zur Definition des Zielortes
19 Vorauswahl über die geographischen Orte zur Definition weiterer Knotenpunkte
20 Button zur Eingabe des Landes der Zielkoordinate
21 Button zur Eingabe des Landes der Startkoordinate
22 geographische Fläche

23 Wahlkriterium für den Bildmaßstab
24 Wahlkriterium für Pixelauflösung
25 Wahlkriterium für Aufnahmedatum
26 Wahlkriterium für Farbbild oder sw-Aufnahme
27 Wahlkriterium für den Verwendungszweck
28 Wahlkriterium für den Inhalt
29 Anzahl der recherchierten Karten
30 Ausgabefeld für Aufnahmeart
31 Ausgabefeld für den Bildmaßstab
32 Ausgabefeld für die Pixelauflösung
33 Ausgabefeld für das Aufnahmedatum
34 Ausgabefeld für Farb- und Monochrombilder
35 Ausgabefeld für den Verwendungszweck
36 Ausgabefeld für den Inhalt
37 Button zur Überlagerung einer vorgewählten Karte mit dem Suchbereich
38 alle Felder löschen
39 Button zum Löschen einzelner recherchierter Karten
40 Kartenvorschau
41 Button für die Funktion zum Aufbau der Onlineverbindung
42 Feld für die Eingabe den Benutzers
43 Feld zur Eingabe eines Kennworts
44 Rufnummereingabe zum Kartenauskunftssystem
45 eMail Adresse für das Auskunftssystem
46 Rufnummereingabe für das Mobiltelefon für den Anschluß zum Bordkartensystem
47 eMail Adresse des Bordkartensystem
48 Route des Routenplaners
49 Feld/Schaltfläche – Überlagerung der Bilddaten
50 Schaltfläche – Stationierung der Route
51 Schaltfläche – Trassenbreite
52 Bestätigung
53 Abbruch
54 Funktion Weltkarte
55 Funktion Detailkarte
56 Funktion zur Kartensuche
57 Funktion zur Anmeldung
58 Funktion zur Angabe der Kilometrierung/Stationierung
59 Funktion Nutzzeit
60 Nutzzeitbeginn
61 Nutzzeitende
62 Eingabefeld für die Priorität des Bildes
63 Kartenverwaltungssystem mit Information
64 Button zum Laden der Metadaten
65 Button zur Auswahl der Bilddaten
66 Button zur Darstellung der Bilddaten
67 Button zum Hinzuschalten der GPS-Daten
68 Button zum Laden neuer Karten
69 Button zum Nachladen von Karten
70 Button zum Komprimieren von Daten
71 Komprimierungsgrad
72 "INFO"-Feld
73 Starttaste
74 Bordkartensystem
75 Einstellungen für angeschlossene Geräte
76 Kartenfenster
77 Button zur Texteingabe
78 Kartenfläche
79 Zoomtaste
80 Zentriertaste
81 Wahlkriterium für die Aufnahmeart

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten für die verkehrstechnische Leitung von Kraftfahrzeugen unter Verwendung des an sich bekannten Global-Position-Systems (GPS) und eines individuellen Bordkartensystems auf der Basis von satellitengestützten digitalen Geodaten, wobei beide Systeme dahingehend verknüpft werden, daß bedarfsabhängig vom Nutzer über eine Telefon- und/oder Mobilfunktelefonverbindung digitale Geodaten einer zentralen Datenservereinheit (ZDS) abgerufen, mit den Daten eines GPS-Navigationssystems verknüpft und dem individuellen Bordkartensystem zugeleitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Bordkartensystem durch einen internetfähigen Computer mit Anschluß zum Mobiltelefon und einer Verbindung zum GPS-Navigationssystem oder als Spezialrechner mit digitaler Audio- und Datenübertragung mit Internetfähigkeiten gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß zusätzlich zu den satellitengestützten digitalen Bilddaten, die digital ausgestrahlten Verkehrswarnmeldungen auf Basis von RDS/TMC (Radio Data System/Traffic Message Channel) zur Verfügung gestellt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß durch die Internetfähigkeit des Rechners zusätzliche "Links" zur weiteren Web-Information in die satellitengestützten Bilddaten eingefügt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß das Bordkartensystem mit dem zentralen Kartenverwaltungssystem (Einrichtung zur Informationsbereitstellung) kommuniziert und durch dieses Karten angefordert werden, wobei über die Computer-Integrierte Telefonie (CTI) durch den Anwender Forderungen gestellt werden, die bearbeitet werden, um die gewünschten Bildkarten zu selektieren, abzurufen und in das Bordkartensystem zu integrieren.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß durch das zentrale Kartenverwaltungssystem ein Metadatensatz mit allen Informationen zu den Bilddaten erstellt wird, ohne die Bilddaten zu laden bzw. die Daten zu erwerben.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß durch das zentrale Kartenverwaltungssystem die angeforderten Bilddaten entsprechend der benutzerdefinierten Trassen bzw. Flächen aufbereitet und für einen definierten Zeitraum zur Nutzung bereitstellt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß der Komprimierungsgrad der Bilddaten gewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, gekennzeichnet dadurch, daß durch das Kartenauskunfts- und Bestellsystem die Bildkarten zur Integration in ein Navigations- und Ortungssystem nach einer Routenvorplanung oder einem Weltkartenausschnitt aufbereitet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 9, gekennzeichnet dadurch, daß durch das Bordkartensystem die Metadaten gelesen und in Abhängigkeit zur aktuellen Position des Fahrzeugs bzw. der geographischen Lage der Fahrer, Fahrgast oder Anwender aufgefordert wird, die Bildkarten/Bildkartenausschnitte zu laden.

11. Verfahren nach Anspruch 1 bis 10, gekennzeichnet dadurch, daß der vom Anwender erstellte Metadatensatz auf den Kartenserver abgelegt und zur Nutzungszeit abgerufen wird, wobei die Datenübertragung entweder über eine Telefoneinrichtung und Modem sowie über Mobilfunktelefonverbindung mit PC-Karte zum Bordkartensystem erfolgt, oder die Metadaten bei Vorhandensein eines Bordkartensystems mit Disketten-

laufwerk auch über Diskette vom Kartenauskunfts- und Bestellssystem übertragen werden.

12. Verfahren nach Anspruch 1 bis 11, gekennzeichnet dadurch, daß durch das zentrale Kartenverwaltungssystem auf dezentrale Bildkartenserver zugegriffen und die dort verfügbaren Bildkarten zur Nutzung angeboten werden.

13. Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützen Bildkarten über ein zentrales Kartenverwaltungssystem, ein Kartenauskunfts- und Bestellsystem, sowie ein Bordkartensystem zur Integration in Navigations- und Ortungssystemen, wobei

- das zentrale Kartenverwaltungsystem
  - einen Rechner zur Aufbereitung der digitalen Daten
  - einen Domainserver zur Verwaltung der Nutzer
  - einen Datenserver
  - ein Metadatenbeschreibungssystem

  aufweist,
- das Kartenauskunfts- und Bestellsystem im Onlinebetrieb zur Recherche der Bildkarten dient und
  - einen Routenplaner mit Wegenetzkarten
  - eine Weltkarte
  - Funktionalitäten zur Definition der Bildkartenflächen
  - eine eMail Funktionalität
  - eine Internetfunktionalität

  aufweist,
- ein Bordkartensystem
  - einen Anschluß für Navigationseinrichtungen
  - einen Anschluß für GPS Meßeinrichtungen
  - einen Anschluß für ein Mobilfunkgerät
  - ein Diskettenlaufwerk
  - einen Steckplatz für eine PC-Karte
  - eine eMail Funktionalität
  - einen RDS-TMC-fähigen Rundfunkempfänger

  aufweist,

14. Anordnung nach Anspruch 13, gekennzeichnet dadurch, daß das Bordkartensystem mit den Anschlüssen für ein Ortungssystem zu einem Navigationssystem aus- bzw. umgerüstet ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 197 56 297 A1**
Int. Cl.[6]: **G 01 C 21/02**
Offenlegungstag: 1. Juli 1999

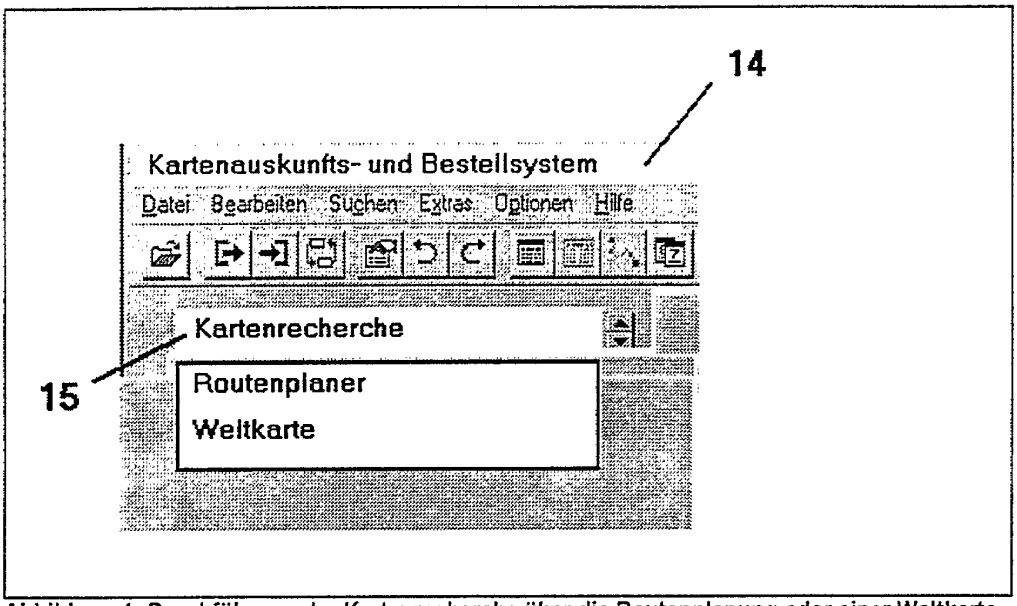


Abbildung 1: Durchführung der Kartenrecherche über die Routenplanung oder einer Weltkarte

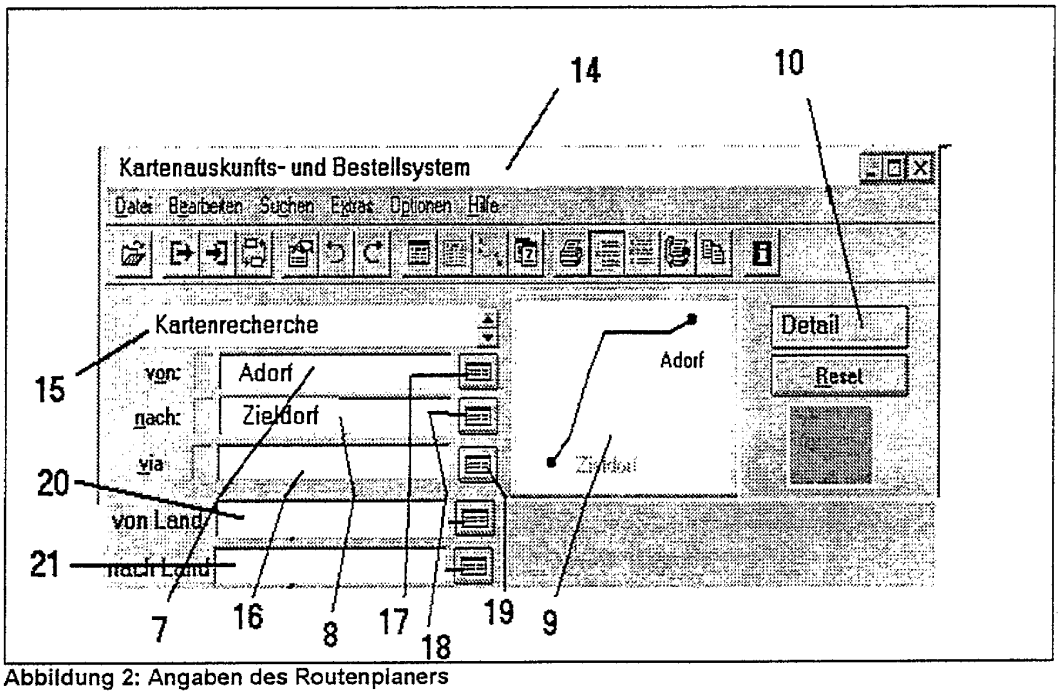


Abbildung 2: Angaben des Routenplaners

Nummer: DE 197 56 297 A1
Int. Cl.[6]: G 01 C 21/02
Offenlegungstag: 1. Juli 1999

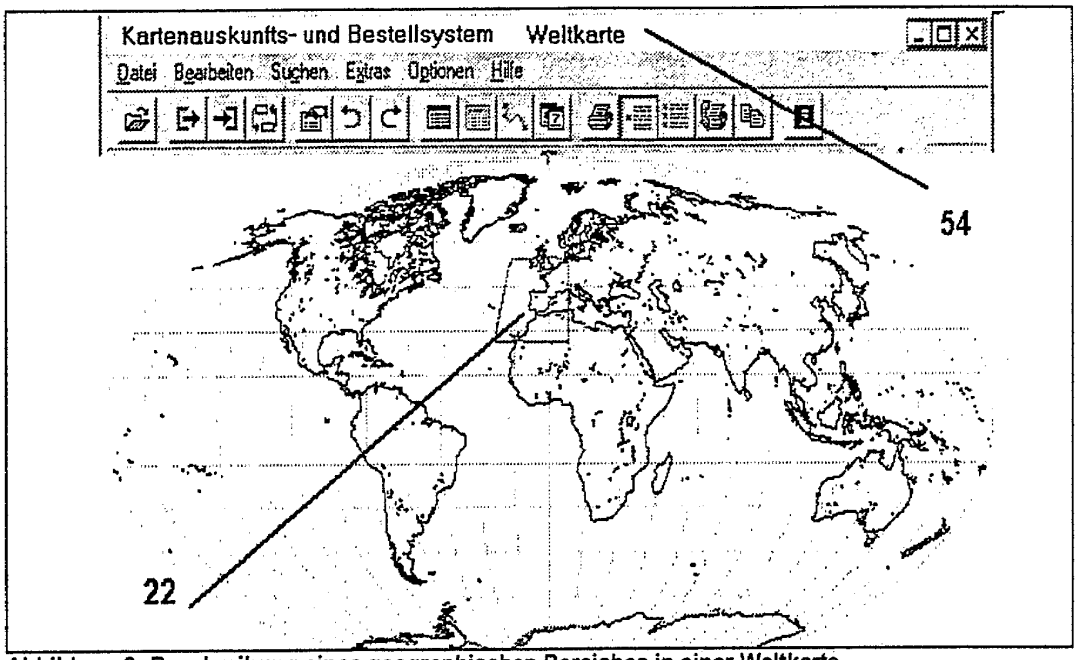


Abbildung 3: Beschreibung eines geographischen Bereiches in einer Weltkarte

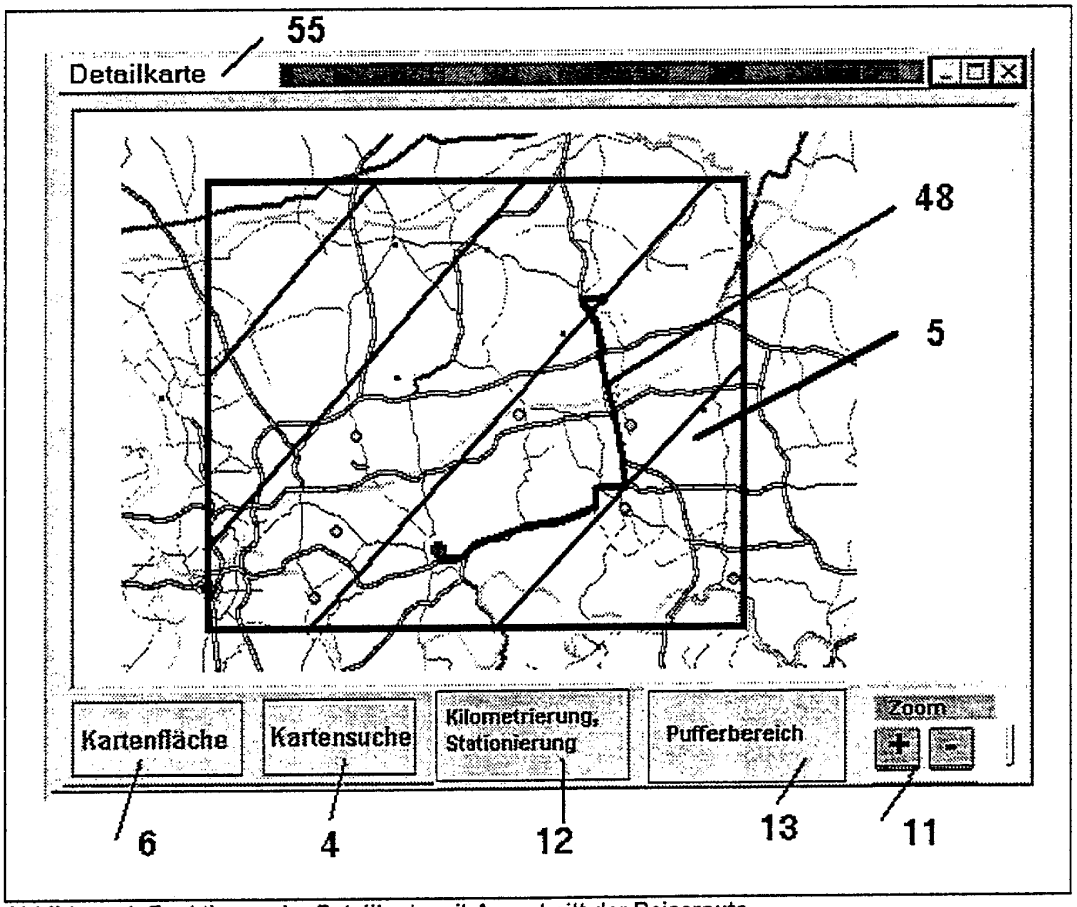
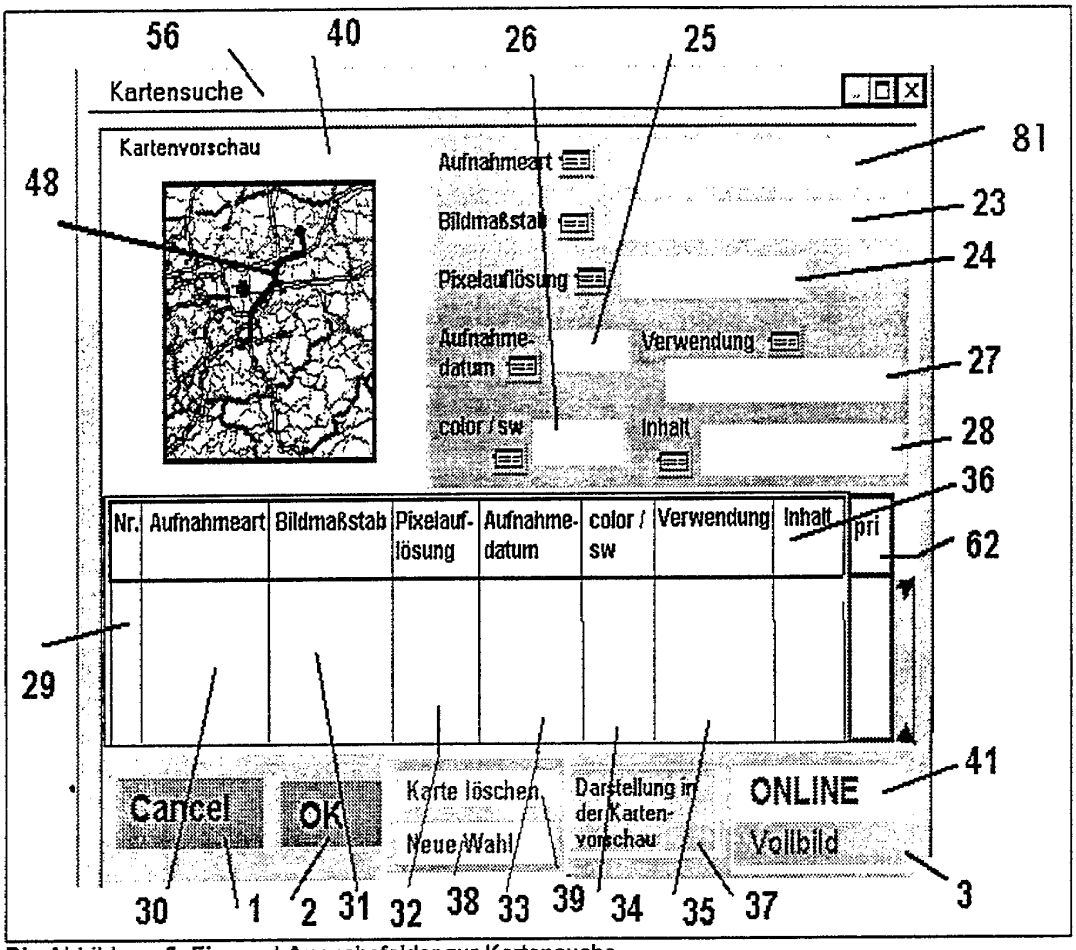


Abbildung 4: Funktionen der Detailkarte mit Ausschnitt der Reiseroute

Nummer: DE 197 56 297 A1
Int. Cl.[6]: G 01 C 21/02
Offenlegungstag: 1. Juli 1999



Die Abbildung 5: Ein- und Ausgabefelder zur Kartensuche

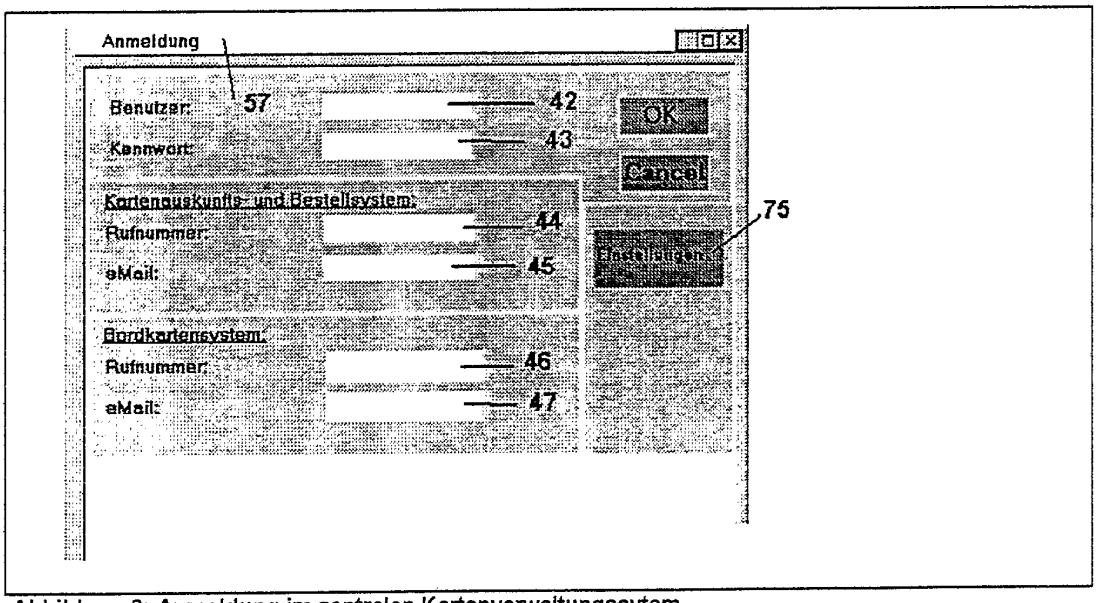


Abbildung 6: Anmeldung im zentralen Kartenverwaltungssytem

Nummer: DE 197 56 297 A1
Int. Cl.[6]: G 01 C 21/02
Offenlegungstag: 1. Juli 1999

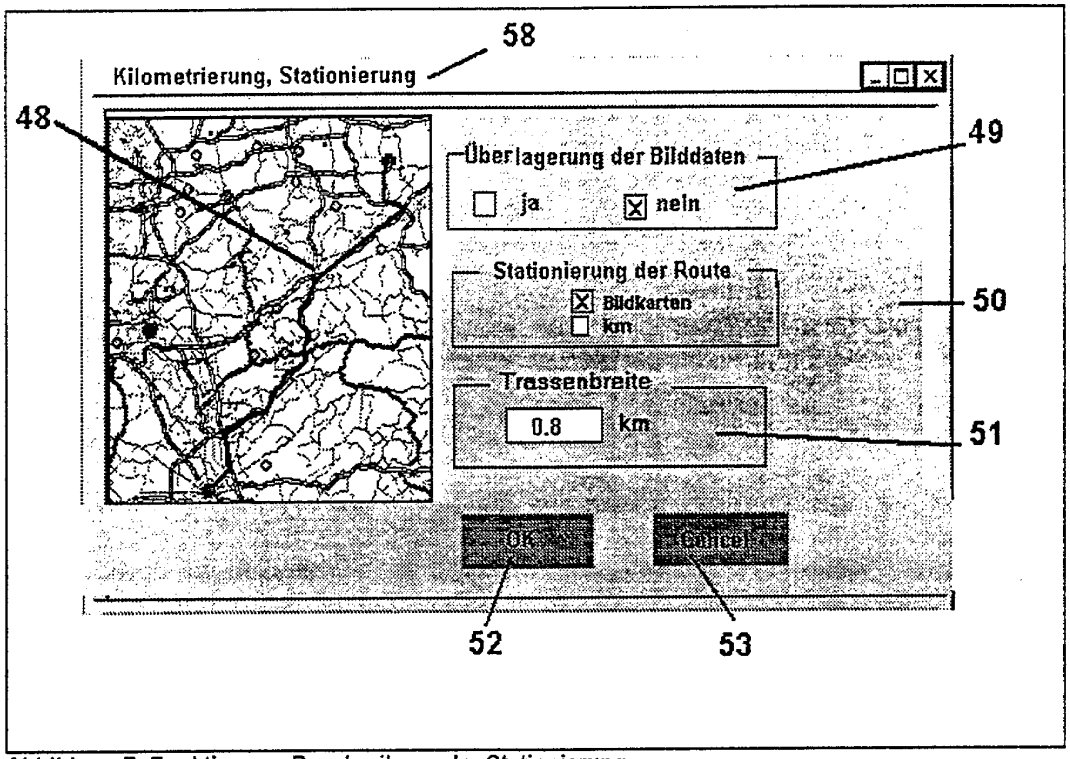


Abbildung 7: Funktion zur Beschreibung der Stationierung

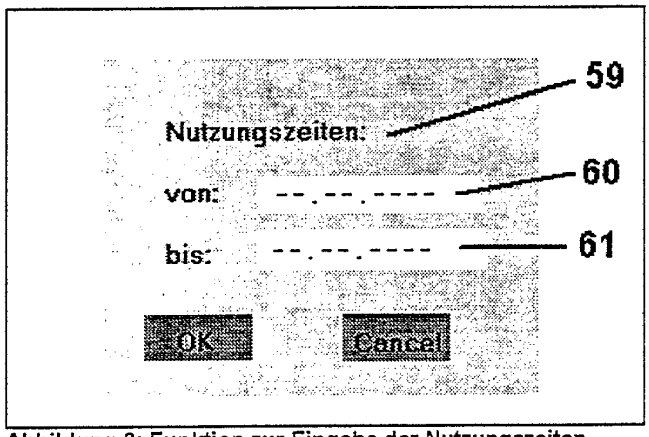


Abbildung 8: Funktion zur Eingabe der Nutzungszeiten.

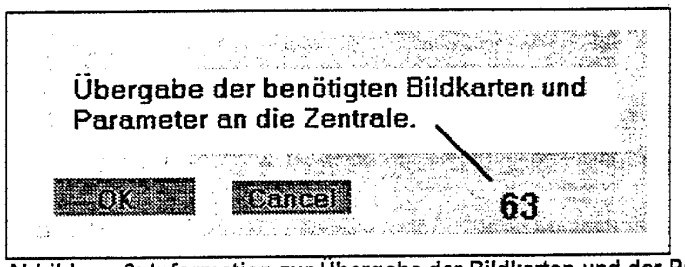


Abbildung 9: Information zur Übergabe der Bildkarten und der Parameter

Nummer: **DE 197 56 297 A1**
Int. Cl.[6]: **G 01 C 21/02**
Offenlegungstag: 1. Juli 1999

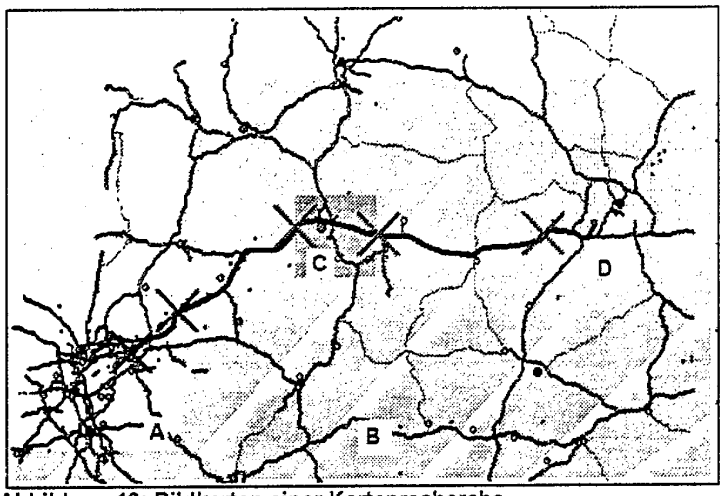


Abbildung 10: Bildkarten einer Kartenrecherche

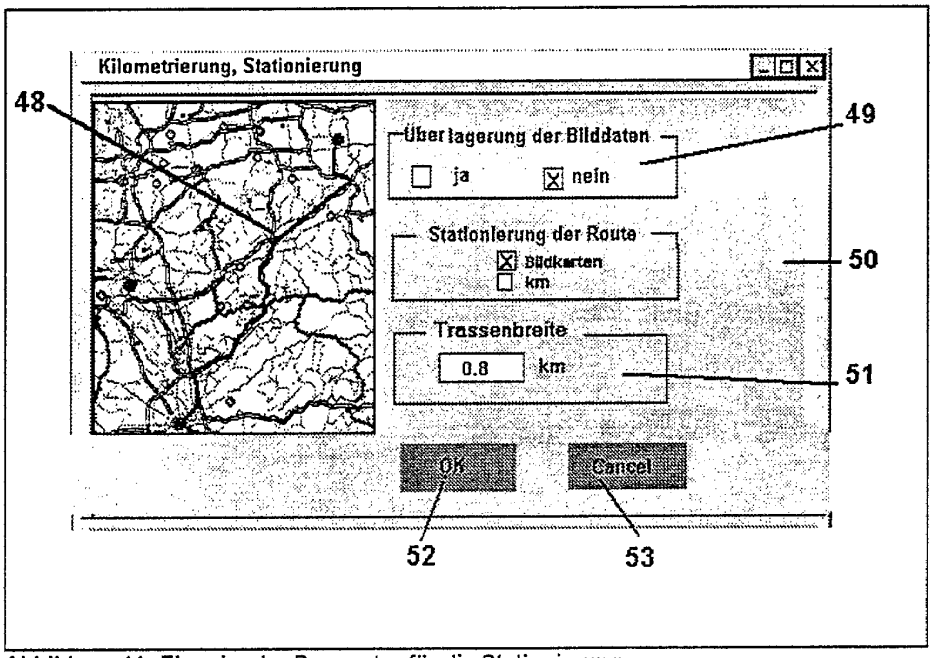


Abbildung 11: Eingabe der Parameter für die Stationierung

Nummer: **DE 197 56 297 A1**
Int. Cl.[6]: **G 01 C 21/02**
Offenlegungstag: 1. Juli 1999

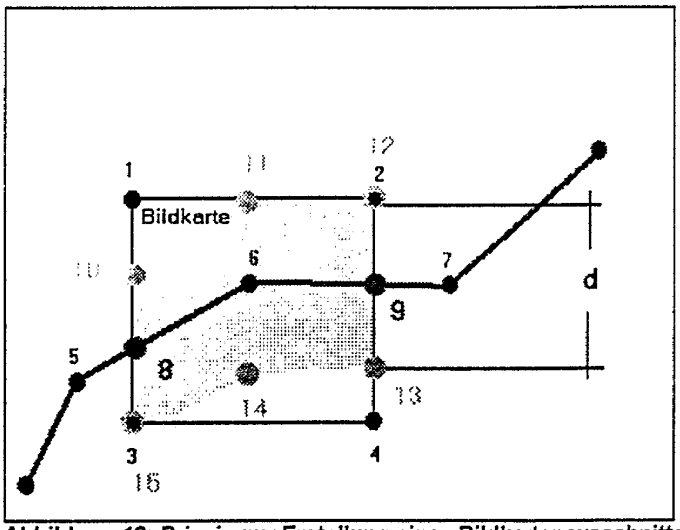


Abbildung 12: Prinzip zur Erstellung eines Bildkartenausschnitts durch das Rechnersystem des zentralen Kartenverwaltungssystems

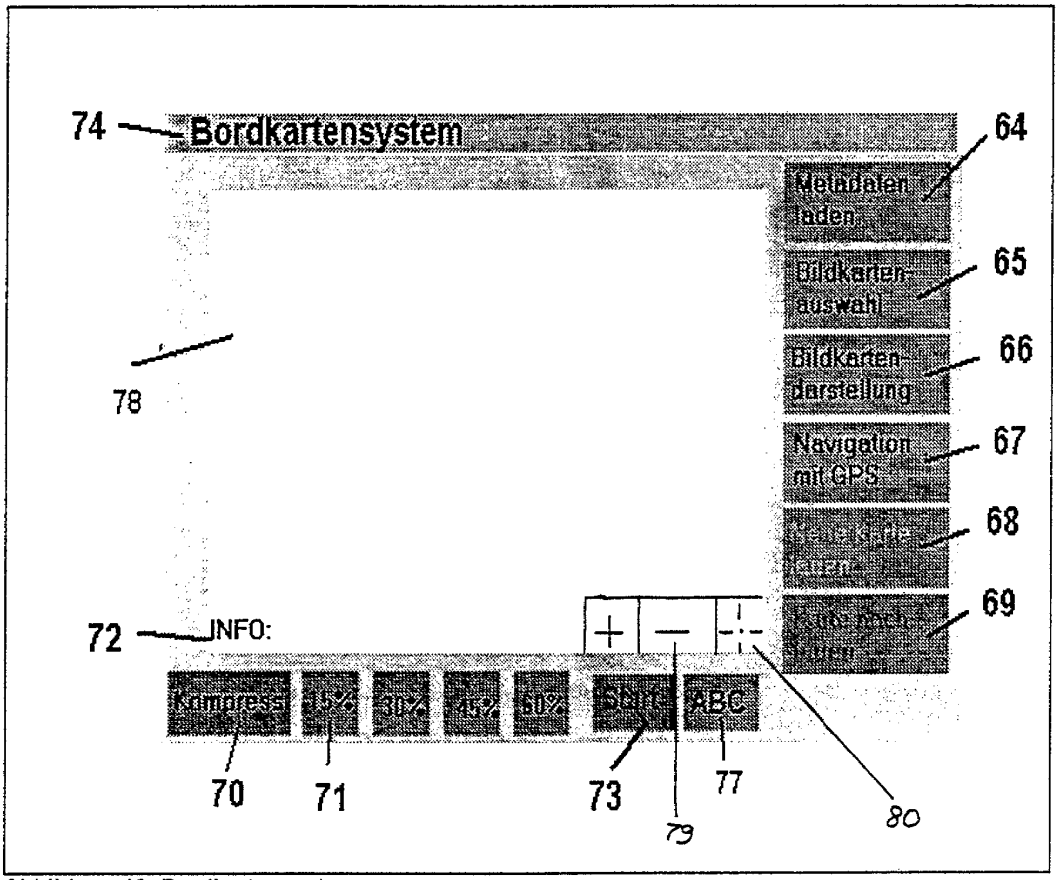


Abbildung 13: Bordkartensystem

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Patentschrift**

(10) **DE 197 56 297 C 2**

(51) Int. Cl.[7]:
G 01 C 21/02
G 06 F 17/30
G 07 C 5/08
G 09 B 29/10
H 04 H 1/00

(21) Aktenzeichen: 197 56 297.3-52
(22) Anmeldetag: 10. 12. 1997
(43) Offenlegungstag: 1. 7. 1999
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 18. 10. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:
VEAG Vereinigte Energiewerke AG, 10115 Berlin, DE

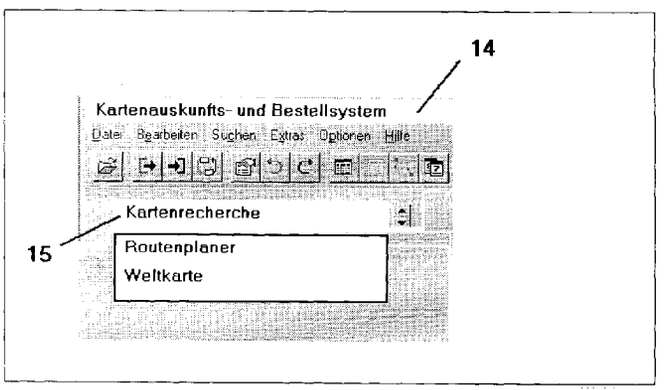
(72) Erfinder:
Langer, Rainer, Dipl.-Ing., 10627 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	44 29 121 C1
DE	43 45 274 C2
DE	33 05 478 A1
DE	32 37 794 A1
US	56 36 122 A

(54) Verfahren und Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten für die verkehrstechnische Leitung von Kraftfahrzeugen

(57) Verfahren zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten für die verkehrstechnische Leitung von Kraftfahrzeugen unter Verwendung des an sich bekannten Global-Position-Systems (GPS) und eines individuellen Bordkartensystems auf der Basis von satellitengestützten digitalen Geodaten, wobei beide Systeme dahingehend verknüpft werden, daß bedarfsabhängig vom Nutzer über eine Telefon- und/oder Mobilfunktelefonverbindung digitale Geodaten einer zentralen Datenservereinheit (ZDS) abgerufen, mit den Daten eines GPS-Navigationssystems verknüpft und dem individuellen Bordkartensystem zugeleitet werden.



DE 197 56 297 C 2

DE 197 56 297 C 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten für die verkehrstechnische Leitung von Kraftfahrzeugen.

[0002] Bekannt ist es, den Standort von Fahrzeugen und Flugkörpern über Navigationseinrichtungen zu bestimmen, die das Global-Position-System (GPS) verwenden (DE-OS 33 05 478, DE 43 45 274).

[0003] Dabei ist es auch bekannt, die Verbindung über ein Funk- oder Mobilfunk-Telefonnetz herzustellen (DE-PS 44 29 121).

[0004] Allen bekannten Systemen gemeinsam ist die Abbildung der Daten in einer Wegenetzkarte.

[0005] Bekannt sind Wegenetzkarten von Routenplanungssystemen in Rasterdaten- oder Vektordatenformat. Um die Produktionskosten der Wegenetzkarten niedrig zu halten finden die graphischen Grunddaten von Kartenherstellern eine häufigere Anwendung, als das Datenmaterial der Landesvermessungsämter. Weiter sind die Inhalte und Funktionalitäten von Routen-/Tourenplanern bekannt. Diese gliedern sich in einen kartographischen Teil, dazu gehören die geographischen raumbezogenen Karten, sowie einen straßenbezogenen Teil zur Vorgabe der bevorzugten Straßentypen und Eingabe von Reisegeschwindigkeiten. Weiter gehört ein ortsbezogener Teil und ein fahrzeugbezogener Teil zum Funktionsumfang eines Routen-/Tourenplaners. Alle Funktionen ermöglichen eine Routenberechnung. Besteht die Möglichkeit den Routen-/Tourenplaner mit einem GPS-Ortungssystem zu verbinden, ist dieser auch als Navigationssystem einzusetzen. Die Wegenetzkarten als fester Bestandteil sind in nur wenigen Fällen durch ein Update zu aktualisieren, durch andere Kartenwerke zu ersetzen oder durch andere Kartenwerke zu überlagern.

[0006] Bekannt ist es, die Bereitstellung, die Visualisierung und den Bestellvorgang von Satelliten- und Luftbildkarten online durchzuführen. Das Angebot und der Vertrieb von Satellitendaten der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e. V. und des Deutschen Fernerkundungszentrum (DFD) erfolgt durch GISIS (Graphical Interface to the Intelligent Satellite Data Information System) über das Internet. Die Bilddaten sind in unterschiedlichen Formaten, geographischen Bezugssystemen und Bildausschnitten zu erwerben. Jedoch kann kein individueller Bildschnitt entlang einer geplanten Route oder Fläche zur Anwendungsanpassung und Kostenreduzierung abgefordert werden.

[0007] Ebenfalls bekannt ist die digitale Luftbildkarte Deutschlands mit einer Datenvorhaltung in Quadratkilometer orientiert an dem Blattschnitt der Deutschen Grundkarte.

[0008] Weiter sind Satelliten mit einer Technik zur Bilddatenerfassung im Submeterbereich bekannt, deren Pixelauflösung der Erdoberfläche unter einem Meter liegt. Diese Bilddaten sind für geographische Informationssysteme besonders geeignet.

[0009] Weiter sind Komprimierungsverfahren bekannt, die eine individuelle Komprimierung erlauben, ohne die Daten redundant vorzuhalten.

[0010] Weiter sind spezielle Rechner bekannt, die speziell für den Einsatz in Fahrzeugen entwickelt sind. Diese Rechner sind durch das Kraftfahrtbundesamt zugelassen und zeichnen sich durch ihre Baugröße, Störungsfreiheit, geringe elektromagnetische Strahlung und Robustheit aus.

[0011] Aus der US 56 36 122 A ist u. a. ein Verfahren bekannt, welches unter Verwendung eines GPS satelliten- und luftbildgestützte Bildkarten durch Scannen aufbereitet und für die verkehrstechnische Leitung von Kraftfahrzeugen bereitstellt. Es ist der Schrift jedoch nicht entnehmbar, in Kraftfahrzeugen jeweils ein Bordkartensystem vorzusehen, in welches bedarfsabhängig vom Nutzer Geodaten bereitgestellt werden.

[0012] In der Patentschrift DE 42 37 794 A1 wird ein Verfahren zur Integration beliebiger Kartenunterlagen für einen Rechner (PC) mit Software mit Kombination eines GPS-Systems beschrieben. Darüber hinaus ist die Möglichkeit der Informationsweitergabe von fahr- bzw. fahrzeugspezifischen Angaben an weitere Rechnersysteme aufgeführt. Der Nachteil des beschriebenen Verfahrens ist jedoch, daß im Rechner, der sich im Fahrzeug befindet, alle digitalen Bilddaten mitgeführt werden müssen. Somit müssen die Informationen in einem Massenspeicher abgelegt werden.

[0013] In der Patentschrift DD 44 29 121 C1 wird ein Verfahren beschrieben, welches ohne im Fahrzeug gespeicherte Wegenetzkarten und ohne ein speziell für das Navigationssystem aufgebaute, kostenaufwendige Infrastruktur auskommt.

[0014] Für das System sind die Wegenetzdaten auf einen oder mehreren Speichereinrichtungen verteilt, die entweder alle sofort oder nach und nach an den RAM-Speicher des mobilen Systems übertragen werden. Unter den Wegenetzdaten eines Navigationssystems versteht man topologische Straßennetzdaten in einem spezifischen System.

[0015] Bei dem beschriebenen System handelt es sich um ein reines Routensystem und nicht um ein Karteninformationssystem, das unterschiedliche Karten unterschiedlichster Datengröße und Formatform einem Bordkartensystem verfügbar bereitstellt.

[0016] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ständig aktuell angepaßte satellitengestützte Karteninformationen ortsbezogen einem Nutzer in einem Fahrzeug zur Verfügung zu stellen.

[0017] Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß unter Verwendung des an sich bekannten Global-Position-Systems (GPS) und eines individuellen Bordkartensystems auf der Basis von satellitengestützten digitalen Geodaten, wobei beide Systeme dahingehend verknüpft werden, daß bedarfsabhängig vom Nutzer über eine Telefon- und/oder Mobilfunktelefonverbindung digitale Geodaten einer zentralen Datenservereinheit (ZDS) abgerufen, mit den Daten eines GPS-Navigationssystems verknüpft und dem individuellen Bordkartensystem zugeleitet werden.

[0018] Dabei wird das Bordkartensystem durch einen internetfähigen Computer mit Anschluß zum Mobiltelefon und einer Verbindung zum GPS-Navigationssystem oder einem Spezialrechner mit digitaler Audio- und Datenübertragung gebildet. Die Geodaten werden dem Bordkartensystem in Form von Bilddaten und zusätzlichen geographischen Informationen durch "Links" zur Verfügung gestellt. Das Bordkartensystem kommuniziert dabei mit einem zentralen Kartenverwaltungssystem (Einrichtung zur Informationsbereitstellung), wobei durch das Bordkartensystem Karten über die aktuelle Lageangabe des GPS-Ortungssystems oder über die computerintegrierte Telefonie oder durch eine Metadatenbeschreibung angefordert werden, um die gewünschten Bildkarten zu selektieren und abzurufen.

[0019] Die Metadatenbeschreibung erfolgt durch das dezentrale Kartenauskunfts- und Bestellsystem. Die Metadatenbeschreibung ermöglicht die Bilddaten zu beschreiben, ohne die vollständigen Bilddaten zu laden bzw. die Daten zu erwerben. Die Metadaten werden nach einer Routenplanung oder einem Weltkartenausschnitt aufbereitet.

[0020] Der Fahrer, Fahrgast oder Anwender wird in Abhängigkeit von der aktuellen Position des Fahrzeuges bzw. der geographischen Lage, vom die Metadaten beinhaltenden Bordkartensystem aufgefordert, die Bildkarten/Bildkarten-

ausschnitte zu laden.

[0021] Möglich ist es, den vom Anwender erstellten Metadatensatz auf einen Kartenserver abzulegen und zur Nutzungszeit abzurufen, wobei die Datenübertragung entweder über eine Telefonleitung oder ein Modem sowie über eine Mobilfunktelefonverbindung mit PC-Karte zum Bordkartensystem erfolgt oder die Metadaten bei Vorhandensein eines Bordkartensystems mit Diskettenlaufwerk auch über Diskette vom Kartenauskunfts- und Bestellsystem übertragen werden. Durch das zentrale Kartenverwaltungssystem kann auf dezentrale Bildkartenserver zugegriffen und die dort verfügbaren Bildkarten zur Nutzung angeboten werden.

[0022] Die erfindungsgemäße Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten über ein zentrales Kartenverwaltungssystem, ein Kartenauskunfts- und Bestellsystem sowie ein Bordkartensystem zur Integration in Navigations- und Ortungssystemen ist so gestaltet, daß

- das zentrale Kartenverwaltungssystem
- einen Rechner zur Aufbereitung der digitalen Daten
- einen Domainserver zur Verwaltung der Nutzer
- einen Datenserver
- ein Metadatenbeschreibungssystem

aufweist,

- das Kartenauskunfts- und Bestellsystem im Onlinebetrieb zur Recherche der Bildkarten dient und
- einen Routenplaner mit Wegenetzkarten
- eine Weltkarte
- Funktionalitäten zur Definition der Bildkartenflächen
- eine eMail Funktionalität
- eine Internetfunktionalität

aufweist,

- das Bordkartensystem
- einen Anschluß für Navigationseinrichtungen
- einen Anschluß für GPS Meßeinrichtungen
- einen Anschluß für ein Mobilfunkgerät
- ein Diskettenlaufwerk
- einen Steckplatz für eine PC-Karte
- eine eMail Funktionalität
- einen RDS-TMC-fähigen Rundfunkempfänger

aufweist.

[0023] Das Bordkartensystem ist dabei mit Anschlüssen für ein Ortungssystem zu einem Navigationssystem auf- bzw. umrüstbar.

[0024] Durch die vorliegende Erfindung ist es den Herstellern von Navigations- und Ortungssystem möglich, digitale satelliten- und luftbildgestützte Bildkarten in ihre Anwendungen zu integrieren oder neue Navigations- und Ortungssysteme zu entwickeln. Den Navigationssystemen ist dafür eine Schnittstelle zur Nutzung der Metadatenbeschreibung mit oder ohne dem Bordkartensystem hinzuzufügen. Weiterhin wird den Herstellern von Satelliten- und Luftbilder eine Anwendung zum anwendungsorientierten Vertrieb von Bildausschnitten bereitgestellt.

[0025] Anhand einzelner Programmteile soll nachstehend die Erfindung des Kartenauskunfts- und Bestellsystem näher erläutert werden:

[0026] Das Karteninformations- und Bestellsystem **14** in **Abb.** 1 ermöglicht über den Button Kartenrecherche **15** den Einstieg, über einen Routenplaner oder einer Weltkarte.

[0027] Die Funktion des Routenplaners in **Abb.** 2 ermöglicht die Eingabe des Landes **20**, des geographischen Ort des Startpunktes **7**, sowie die Eingabe des Landes **20**, des geographischen Ort des Zielpunktes **8**.

[0028] Die Angaben weiterer Knotenpunkte erfolgt über das Eingabefeld **16**. Im Feld **9** wird das Ergebnis des Routenplaners als Karte visualisiert. Mit diesen Vorgaben ist die Route oder der Ort für die Kartenrecherche bestimmt.

[0029] Mit dem Button **10** ist in eine weitere Funktion zur Detaildarstellung zu wechseln.

[0030] **Abb.** 3 zeigt das Prinzip der Funktion der Beschreibung einer geographischen Fläche **22** auf einer Weltkarte. Über das Zeichnen einer Fläche mit der Maus werden die geographischen Koordinaten ausgelesen und der weiteren Funktion zur Bearbeitung der Detailkarte zur Verfügung gestellt.

[0031] In der Funktion "Detailkarte" **55** wird der Ausschnitt der Weltkarte oder eine Straßenkarte mit der festgelegten Route abgebildet. Die Kartenvorlagen sind vorgegebene Bilddaten, die Offline zur Verfügung stehen, d. h. die Karten sind im System des Kartenauskunfts- und Bestellsystems enthalten.

[0032] **Abb.** 4 zeigt die Funktionen der Detailkarte. Über die Zoomtasten **11** ist der Kartenausschnitt zu vergrößern und zu verkleinern. Mit dem Button **6** ist die Kartenfläche **5** für die Funktionen **12** zur Kilometrierung und Stationierung, sowie zur Pufferbildung **13** zu definieren. Zum Funktionsaufruf zur Recherche der Karten des markierten Bereiches dient der Button **4** zur Kartensuche.

[0033] Die **Abb.** 5 zeigt die Funktion **56** zur Online-Kartensuche mit den Vorgabefeldern **22** bis **28** zur Eingabe von Kriterien, wobei Feld **22** zur Vorwahl der Aufnahmeart, Feld **23** zur Vorwahl des Bildmaßstabs, Feld **24** zur Vorwahl der Pixelauflösung, Feld **25** zur Vorwahl des Aufnahmedatums, Feld **26** zur Vorwahl der Farbe, Feld **27** zur Vorwahl von Verwendungszwecken und Feld **28** zur Vorwahl der Inhalte sind.

[0034] Mit dem Button **2** ist die Recherche, die online läuft, zu starten. Befindet sich das System noch nicht in einer Onlineverbindung mit dem zentralen Kartenarchiv, so wird die Funktion "Anmeldung" (siehe **Abb.** 6) aufgerufen. Die Onlineverbindung ist direkt über den Button **41** mit der Beschriftung ONLINE aufzurufen. Die zentrale Kartenverwaltung recherchiert die Karten nach den benutzerdefinierten Forderungen und gibt eine Information in der Tabelle mit den Felder **29** bis **36** zurück. Mit dem Button **39** sind die nicht benötigten Karten zu löschen. Mit dem Button **37** läßt sich eine markierte Karte im Kartenausschnittsfenster **40** mit dem gewählten Suchbereich darstellen.

[0035] Die Funktion hinter dem Button **3** ermöglicht eine Visualisierung einer gewählten Karte am Bildschirm. Mit der Taste **38** sind alle Felder zu löschen.

[0036] Im Feld **62** ist die Priorität für die recherchierten Bildkarten einzugeben. Die Angabe der Priorität ist für die Berechnung und Bereitstellung der angeforderten Bildkartenausschnitte notwendig, um bei einer Bildüberlappung die vom Benutzer bevorzugten Bildkarten zu berücksichtigen.

[0037] Mit der Funktion **57** nach **Abb.** 6 erfolgt die Anmeldung bei der zentralen Kartenverwaltung. Dazu sind die Angaben des Benutzers **42**, das Benutzerkennwort **43**, die Rufnummer **44** und die eMail-Adresse **45** für den Anschluß zum Kartenauskunfts- und Bestellsystem sowie die Angaben der Rufnummer **46** und eMail-Adresse **47** für das Bordkartensystem. Mit der OK-Taste erfolgt die Anmeldung am Server der zentralen Kartenverwaltung. Die Angaben für beide Anwendungen sind notwendig, um die Berechtigung und Sicherheit für den Benutzer zu sichern. Sind Benutzername und Kennwort dem zentralen Kartenverwaltungssystem nicht bekannt, so ist die Datenaufbereitung und Be-

rechnung, sowie die Metadatenerstellung nicht unterstützt. Mit dem Button **75** erfolgt die Konfiguration der angeschlossenen Geräte.

[0038] Mit der Funktion **58** nach **Abb.** 7 erfolgt die Parameterbelegung zur Bereitstellung der Bildkarten durch das zentrale Kartenverwaltungssystem entlang einer Trasse. Im Feld **49** ist zwischen einer oder keiner Überlagerung zu wählen. Bei Schalterstellung "nein" sind die Bildkartenausschnitte für das Bordkartensystem nach den Prioritäten **62** aufzubereiten. Mit den Schalter **50** erfolgt die Stationierung entlang der gewählten Route nach Bildkarten oder nach einer km-Stationierung. Für die Bildkartenbearbeitung ist eine Trassenbreite **51** für die gesamte Route anzugeben.

[0039] Nachdem alle Angaben zu den Bildkarten festgelegt sind, ist der Nutzungszeitraum in der Funktion **59** festzulegen (**Abb.** 8).

[0040] Am Ende der Kartenrecherche und der Parametereinstellungen erfolgt die Übergabe zur Bildkartenbereitstellung und Erstellung der Metadaten an das zentrale Kartenverwaltungssystem mit einer kurzen Information **63** (**Abb.** 9).

[0041] Anhand eines Beispiels soll nachstehend die Erfindung zur Erstellung der Metadaten näher erläutert werden:

[0042] Nach einer Routenplanung in **Abb.** 10 sind die verfügbaren Bildkarten durch das zentrale Kartenverwaltungssystem festgelegt. Die Bildkarten A, C und D liegen als digitale Luftbildkarten und die Bildkarte B als großmaßstäbige Satellitenkarte vor.

[0043] In der Funktion zur Kilometrierung und Stationierung sind folgende Parameter gesetzt:

- keine Überlagerung der Bildkarten
- Stationierung der Bildkarten nach Bildkarten
- Trassenbreite für die Bildkarten 800 m (links und rechts von der Straße **400** m).

[0044] Das zentrale Kartenverwaltungssystem erhält vom Kartenauskunfts- und Bestellsystem die Informationen

- der ausgewählten Bildkarten
- der durch die Funktion der Stationierung gesetzten Parameter,

um die Bildkartenausschnitte und die Metadaten bereitzustellen.

[0045] Die Berechnung der Bildkartenausschnitte erfolgt durch die geometrische Beziehung zwischen Route und Bildkarten auf Grundlage eines einheitlichen geographischen Koordinatenbezugssystems durch das zentrale Kartenverwaltungssystem.

[0046] Das Rechnersystem, als Bestandteil der zentralen Kartenverwaltung, nutzt die Koordinaten der Stützpunkte der Straßenknickpunkte, sowie die Blatteckpunkte der Bildkarten.

[0047] In **Abb.** 12 ist die Route durch die Stützpunkte **5** bis **7**, sowie die Eckpunkte **1** bis **4** der Bildkarte beschrieben.

[0048] Die Schnittpunkte **8** und **9** der Route mit der Bildkarte sind durch einfache geometrische Beziehung zu berechnen. Die neuen Bildkarteneckpunkte **10** bis **15**, die durch die Trassenbreite d festgelegt sind, lassen sich ebenfalls berechnen.

[0049] Sollten einer oder mehrere neu berechnete Bildeckpunkte geometrisch außerhalb des Bildes liegen, so muß die Bildfläche unabhängig von der Trassenbreite verkleinert werden.

[0050] Nach der Stützpunktberechnung erfolgt die Bereitstellung des Bildkartenausschnitts für den vom Nutzer definierten Zeitraum.

[0051] Nach der Abarbeitung des Auftrages erfolgt eine Antwort in Form einer eMail an die genannten Adressen. In der eMail enthalten sind:

- Bestätigung der Bearbeitung
- Metadaten für das Bordkartensystem bzw. Navigations- und Ortungssystem
- Nutzungszeitraum

[0052] Die Metadaten enthalten Angaben über:

- Den Benutzer, um jederzeit einen geschützten Zugriff zu ermöglichen
- Die Ergebnisse der Routenplanung zur Routenrekonstruktion
- Die Bildkartenbezeichnung
- Datengröße um die Übertragungszeit zu berechnen

[0053] Das Bordkartensystem **74** in **Abb.** 13 bietet folgende Funktionalitäten:

[0054] Hinweise zu Aktionen, Eingabeaufforderungen oder Ausgaben im Kartenfenster **76** des Bordkartensystems werden im "INFO"-Feld **72** ausgegeben. Zusätzliche alphanumerische Eingaben erfolgten über den Button **77** "ABC", der die Kartenfläche **78** in eine Tastatur wandelt. Optional übernimmt ein Spracherkennungsprogramm und eine digitale Stimme die Kommunikation zwischen Fahrer- und Bordkartensystem. Mit dem Button **64** erfolgt die Übertragung der Metadaten an das Bordkartensystem **74**. Stehen mehrere Bildkarten zum Laden zur Verfügung erfolgt die Wahl über die Bildauswahltaste **65**. Die Eingabe des Komprimierungsgrads erfolgt über die Tasten **70** und **71**.

[0055] Die im INFO Feld angezeigte Bildkarte kann über die Taste im Kartenfenster angezeigt und über die Starttaste **73** geladen werden. Ist die Bildkarte geladen und ein GPS Ortungsgerät angeschlossen wird das Navigationssystem mit dem Button **67** aktiviert.

[0056] Im Kartenfeld wird die Standortinformation mit der Bildkarte überlagert, um das Fahrzeug auf der digitalen Karte zu visualisieren. Mit den Zoom-Tasten **79** wird die Bildkarte vergrößert bzw. verkleinert. Die Bildkarte und der aktuelle Lageort wird mit der Taste **80** am Bildschirm zentrisch dargestellt.

[0057] Erreicht das symbolisierte Fahrzeug den Kartenrand erfolgt eine Mitteilung über die in den Metadaten beschriebenen folgenden Bildkarten. Mit dem Button **68** wird die nächste Bildkarte geladen. Mit dem Button **69** können Bildinformationen, die durch ein zu großen Komprimierungsgrad entstanden sind, nachgeladen werden.

[0058] Liegt kein Metadatenbeschreibung vor, so erfolgt die Bildkartenbestellung und -übertragung über die Lageinformation des GPS-Ortungssystems. Über den Button **77** können die notwendigen Funktionen aufgerufen werden, die eine Kommunikation mit der zentralen Kartenverwaltung ermöglichen und Bildkarten in das Navigationssystem laden.

[0059] Durch die Erfindung werden folgende Vorteile erreicht:

1. Aufbereitung nutzerorientierter digitaler Karten und Bilddaten für digitale Kartensysteme, sowie Navigations- und Ortungssysteme.
2. Die digitalen Bildkarten können für ein vom Nutzer bezeichnetes Koordinatensystem und Kartenprojektion aufbereitet werden. Insbesondere ist eine Koordinatenaufbereitung von UTM-Koordinaten zur Kartenintegration mit GPS-Ortungseinrichtungen möglich.

3. Der Datennutzer kann zusätzlich zur Routenplanung Bildkartenmaterial zu einem späteren Zeitpunkt über das Bordkartensystem nutzen.
4. Der Nutzer nennt dem dezentralen Kartenauskunfts- und Bestellsystem den Zeitraum der Nutzung.
5. Der Datennutzer wird durch ein akustisches Signal vom Bordkartensystem über weitere Karten, die dem Bordkartensystem über die Metadatenbeschreibung bekannt sind, informiert. Bei Bedarf können die Karten geladen werden.
6. Verringerung der Ladezeit durch beliebige Komprimierung.
7. Durch den individuellen Bildschnitt verringern sich die Kosten und Ladezeiten.

Aufstellung der verwendeten Bezugszeichen

1 Abbruch der Kartensuche
2 Kartensuche durchführen
3 Darstellung einer vorgewählten Karte am Bildschirm
4 Kartensuche
5 angelegte Kartenfläche
6 Button zur Festlegung der Kartenfläche
7 Button zur Eingabe des Startorts für den Routenplaner
8 Button zur Eingabe des Zielortes für den Routenplaner
9 Ergebnisfeld für eine kartographische Übersichtsdarstellung der Routenplanung
10 Button für die Detaildarstellung der Routenplanung
11 Zoom-Taste
12 Button für die Funktion zur Definition der Kilometrierung und Stationierung
13 Button zur Pufferbildung
14 Karteninformationssystem und Bestellsystem
15 Button zur Programmauszahl Routenplaner oder Weltkarte
16 Button zur Eingabe von Knotenpunkte
17 Vorauswahl über die geographischen Orte zur Definition des Startortes
18 Vorauswahl über die geographischen Orte zur Definition des Zielortes
19 Vorauswahl über die geographischen Orte zur Definition weiterer Knotenpunkte
20 Button zur Eingabe des Landes der Zielkoordinate
21 Button zur Eingabe des Landes der Startkoordinate
22 geographische Fläche
23 Wahlkriterium für den Bildmaßstab
24 Wahlkriterium für Pixelauflösung
25 Wahlkriterium für Aufnahmedatum
26 Wahlkriterium für Farbbild oder sw-Aufnahme
27 Wahlkriterium für den Verwendungszweck
28 Wahlkriterium für den Inhalt
29 Anzahl der recherchierten Karten
30 Ausgabefeld für Aufnahmeart
31 Ausgabefeld für den Bildmaßstab
32 Ausgabefeld für die Pixelauflösung
33 Ausgabefeld für das Aufnahmedatum
34 Ausgabefeld für Farb- und Monochrombilder
35 Ausgabefeld für den Verwendungszweck
36 Ausgabefeld für den Inhalt
37 Button zur Überlagerung einer vorgewählten Karte mit dem Suchbereich
38 alle Felder löschen
39 Button zum Löschen einzelner recherchierter Karten
40 Kartenvorschau
41 Button für die Funktion zum Aufbau der Onlineverbindung
42 Feld für die Eingabe den Benutzers
43 Feld zur Eingabe eines Kennworts
44 Rufnummereingabe zum Kartenauskunftssystem
45 eMail Adresse für das Auskunftssystem
46 Rufnummereingabe für das Mobiltelefon für den Anschluß zum Bordkartensystem
47 eMail Adresse des Bordkartensystem
48 Route des Routenplaners
49 Feld/Schaltfläche – Überlagerung der Bilddaten
50 Schaltfläche – Stationierung der Route
51 Schaltfläche – Trassenbreite
52 Bestätigung
53 Abbruch
54 Funktion Weltkarte
55 Funktion Detailkarte
56 Funktion zur Kartensuche
57 Funktion zur Anmeldung
58 Funktion zur Angabe der Kilometrierung/Stationierung
59 Funktion Nutzzeit
60 Nutzzeitbeginn
61 Nutzzeitende
62 Eingabefeld für die Priorität des Bildes
63 Kartenverwaltungssystem mit Information
64 Button zum Laden der Metadaten
65 Button zur Auswahl der Bilddaten
66 Button zur Darstellung der Bilddaten
67 Button zum Hinzuschalten der GPS-Daten
68 Button zum Laden neuer Karten
69 Button zum Nachladen von Karten
70 Button zum Komprimieren von Daten
71 Komprimierungsgrad
72 "INFO"-Feld
73 Starttaste
74 Bordkartensystem
75 Einstellungen für angeschlossene Geräte
76 Kartenfenster
77 Button zur Texteingabe
78 Kartenfläche
79 Zoomtaste
80 Zentriertaste
81 Wahlkriterium für die Aufnahmeart

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützten Bildkarten für die verkehrstechnische Leitung von Kraftfahrzeugen unter Verwendung des an sich bekannten Global-Position-Systems (GPS) und eines individuellen Bordkartensystems auf der Basis von satellitengestützten digitalen Geodaten, wobei beide Systeme dahingehend verknüpft werden, daß bedarfsabhängig vom Nutzer über eine Telefon- und/oder Mobilfunktelefonverbindung digitale Geodaten einer zentralen Datenservereinheit (ZDS) abgerufen, mit den Daten eines GPS-Navigationssystems verknüpft und dem individuellen Bordkartensystem zugeleitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Bordkartensystem durch einen internetfähigen Computer mit Anschluß zum Mobiltelefon und einer Verbindung zum GPS-Navigationssystem oder als Spezialrechner mit digitaler Audio- und Datenübertragung mit Internetfähigkeiten gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß zusätzlich zu den satellitengestützten digitalen Bilddaten, die digital ausgestrahlten Verkehrswarnmeldungen auf Basis von RDS/TMC (Radio Data System/Traffic Message Channel) zur Verfügung gestellt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß durch die Internetfähigkeit des Rechners zusätzliche "Links" zur weiteren Web-Information in die satellitengestützten Bilddaten eingefügt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß das Bordkartensystem mit dem zentralen Kartenverwaltungssystem (Einrichtung zur Informationsbereitstellung) kommuniziert und durch dieses Karten angefordert werden, wobei über die Computer-Integrierte Telefonie (CTI) durch den Anwender Forderungen gestellt werden, die bearbeitet werden, um die gewünschten Bildkarten zu selektieren, abzurufen und in das Bordkartensystem zu integrieren.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß durch das zentrale Kartenverwaltungssystem ein Metadatensatz mit allen Informationen zu den Bilddaten erstellt wird, ohne die Bilddaten zu laden bzw. die Daten zu erwerben.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß durch das zentrale Kartenverwaltungssystem die angeforderten Bilddaten entsprechend der benutzerdefinierten Trassen bzw. Flächen aufbereitet und für einen definierten Zeitraum zur Nutzung bereitstellt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß der Komprimierungsgrad der Bilddaten gewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, gekennzeichnet dadurch, daß durch das Kartenauskunfts- und Bestellsystem die Bildkarten zur integration in ein Navigations- und Ortungssystem nach einer Routenvorplanung oder einem Weltkartenausschnitt aufbereitet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 9, gekennzeichnet dadurch, daß durch das Bordkartensystem die Metadaten gelesen und in Abhängigkeit zur aktuellen Position des Fahrzeugs bzw. der geographischen Lage der Fahrer, Fahrgast oder Anwender aufgefordert wird, die Bildkarten/Bildkartenausschnitte zu laden.

11. Verfahren nach Anspruch 1 bis 10, gekennzeichnet dadurch, daß der vom Anwender erstellte Metadatensatz auf den Kartenserver abgelegt und zur Nutzungszeit abgerufen wird, wobei die Datenübertragung entweder über eine Telefoneinrichtung und Modem sowie über Mobiltunktelefonverbindung mit PC-Karte zum Bordkartensystem erfolgt, oder die Metadaten bei Vorhandensein eines Bordkartensystems mit Diskettenlaufwerk auch über Diskette vom Kartenauskunfts- und Bestellsystem übertragen werden.

12. Verfahren nach Anspruch 1 bis 11, gekennzeichnet dadurch, daß durch das zentrale Kartenverwaltungssystem auf dezentrale Bildkartenserver zugegriffen und die dort verfügbaren Bildkarten zur Nutzung angeboten werden.

13. Anordnung zur Aufbereitung und Bereitstellung von satelliten- und luftbildgestützen Bildkarten über ein zentrales Kartenverwaltungssystem, ein Kartenauskunfts- und Bestellsystem, sowie ein Bordkartensystem zur Integration in Navigations- und Ortungssystemen, wobei

- das zentrale Kartenverwaltungssystem
  - einen Rechner zur Aufbereitung der digitalen Daten
  - einen Domainserver zur Verwaltung der Nutzer
  - einen Datenserver
  - ein Metadatenbeschreibungssystem

aufweist,

- das Kartenauskunfts- und Bestellsystem im Onlinebetrieb zur Recherche der Bildkarten dient

und

- einen Routenplaner mit Wegenetzkarten
- eine Weltkarte
- Funktionalitäten zur Definition der Bildkartenflächen
- eine eMail Funktionalität
- eine Internetfunktionalität

aufweist,

- das Bordkartensystem
- einen Anschluß für Navigationseinrichtungen
- einen Anschluß für GPS Meßeinrichtungen
- einen Anschluß für ein Mobilfunkgerät
- ein Diskettenlaufwerk
- einen Steckplatz für eine PC-Karte
- eine eMail Funktionalität
- einen RDS-TMC-fähigen Rundfunkempfänger

aufweist.

14. Anordnung nach Anspruch 13, gekennzeichnet dadurch, daß das Bordkartensystem mit den Anschlüssen für ein Ortungssystem zu einem Navigationssystem aus- oder umgerüstet ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Nummer: **DE 197 56 297 C2**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 21/02**
Veröffentlichungstag: 18. Oktober 2001

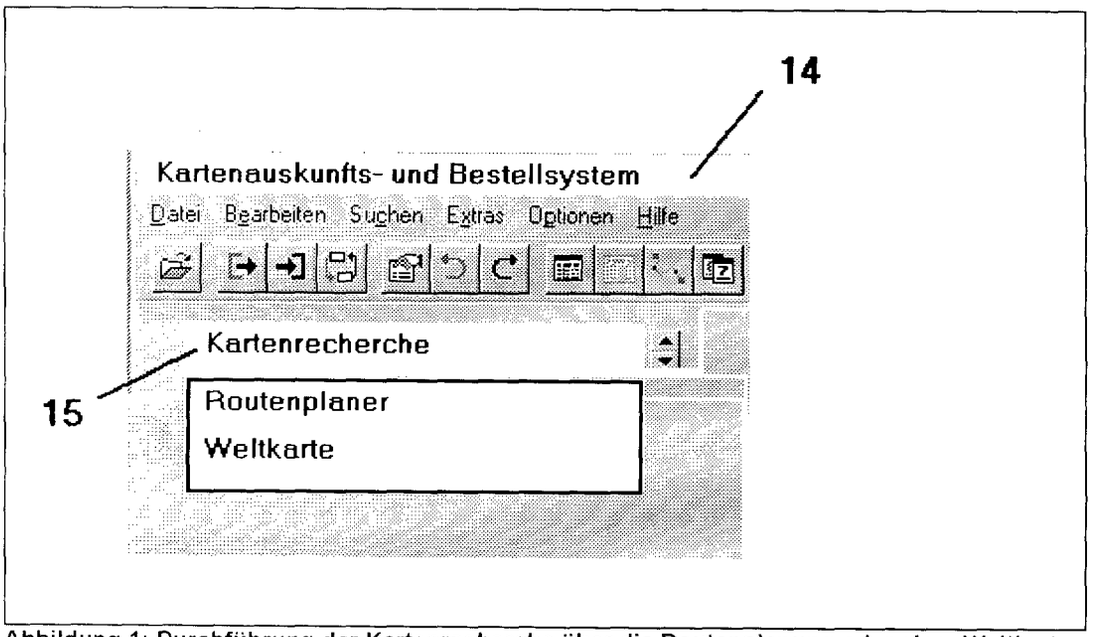


Abbildung 1: Durchführung der Kartenrecherche über die Routenplanung oder einer Weltkarte

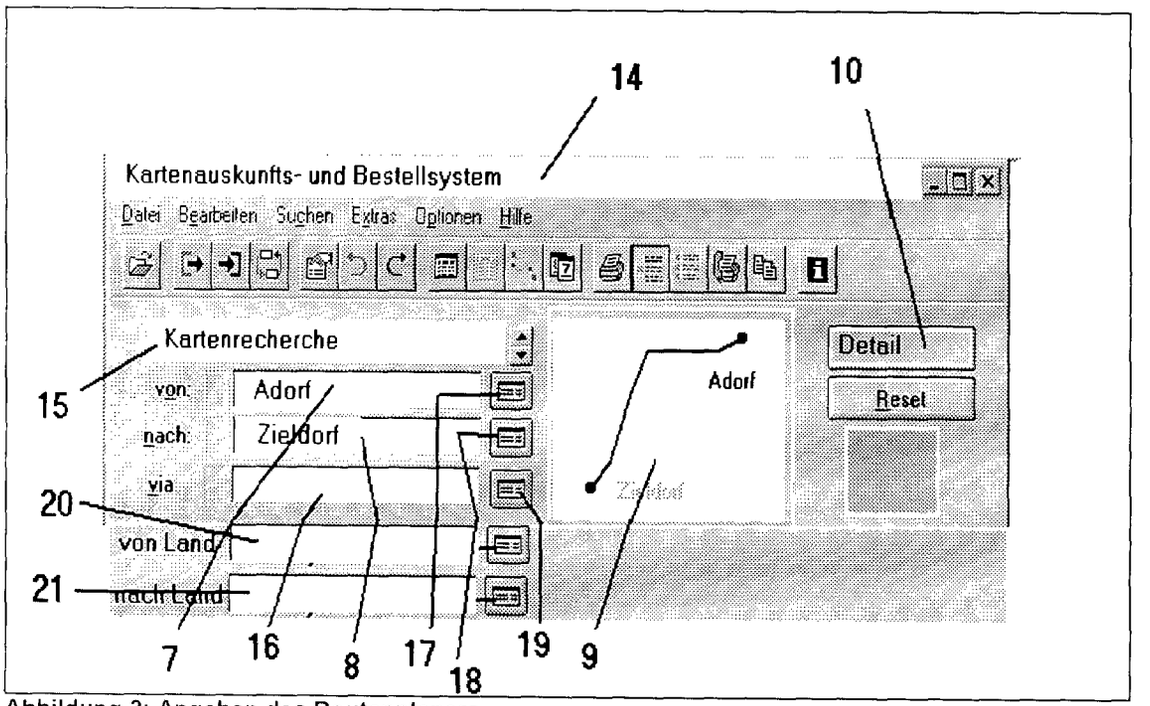


Abbildung 2: Angaben des Routenplaners

Nummer: **DE 197 56 297 C2**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 21/02**
Veröffentlichungstag: 18. Oktober 2001

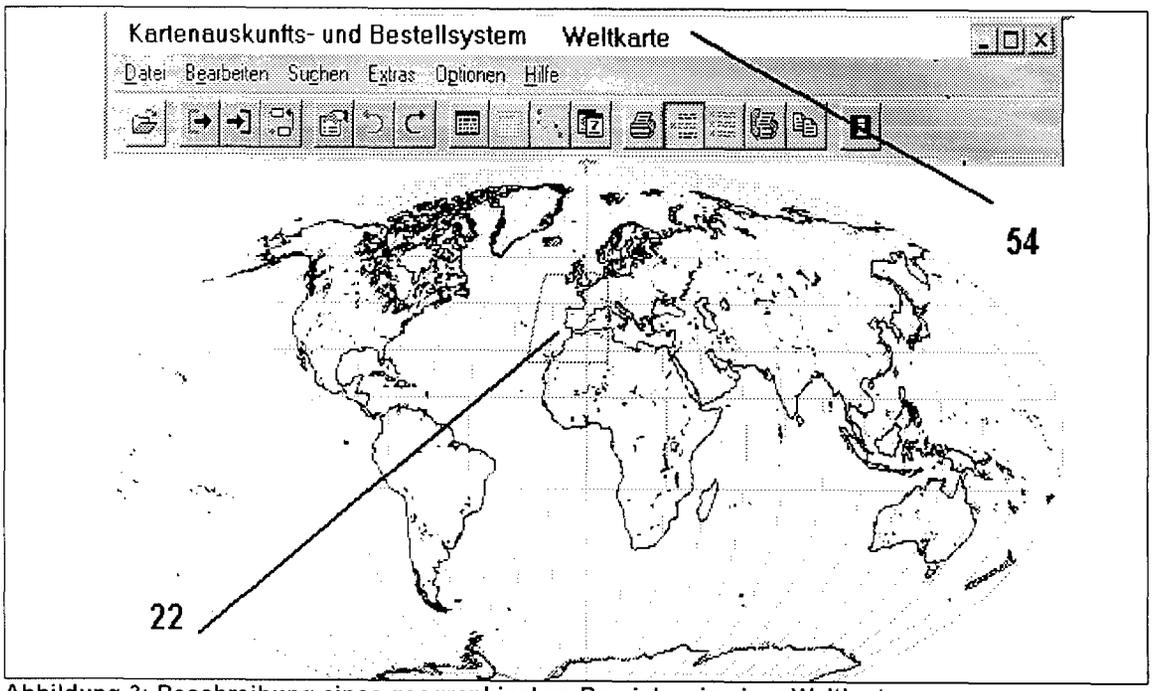


Abbildung 3: Beschreibung eines geographischen Bereiches in einer Weltkarte

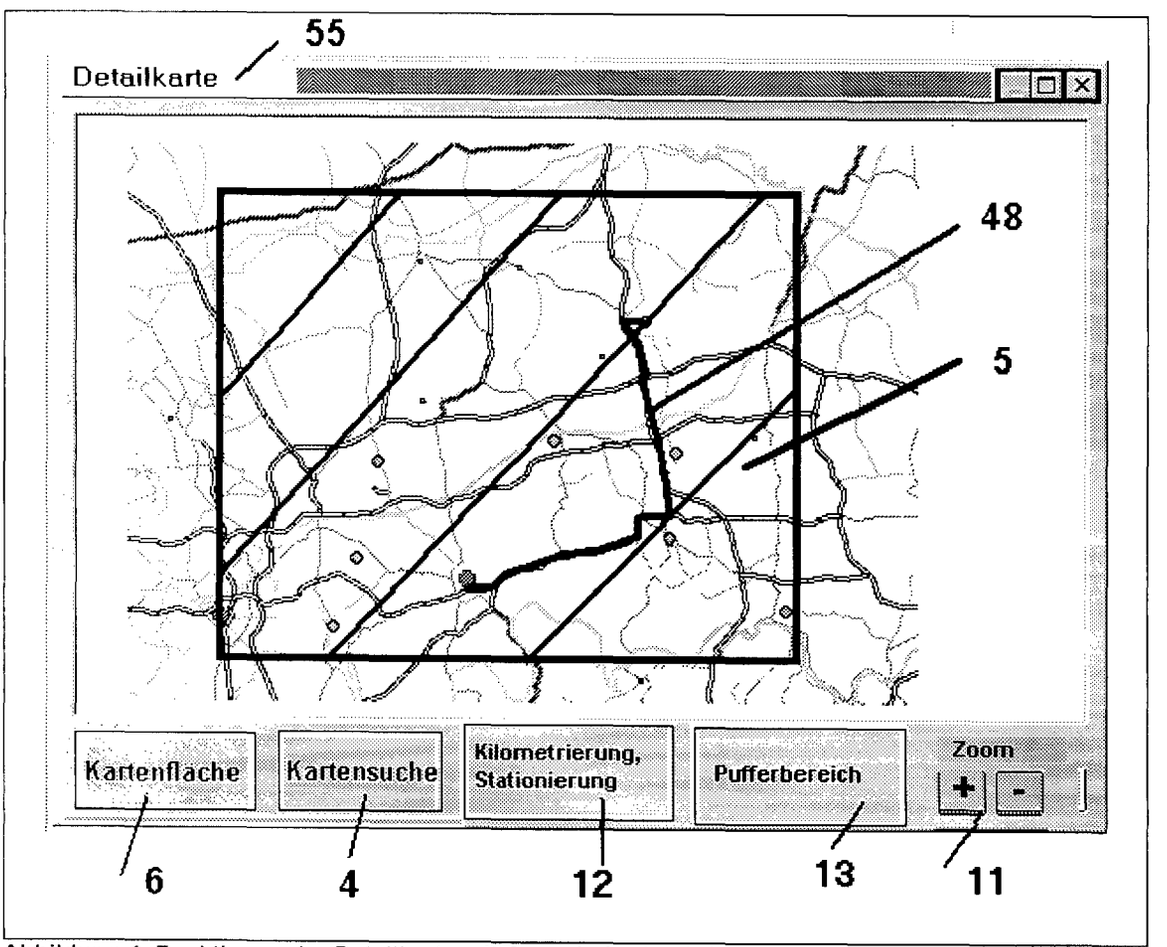
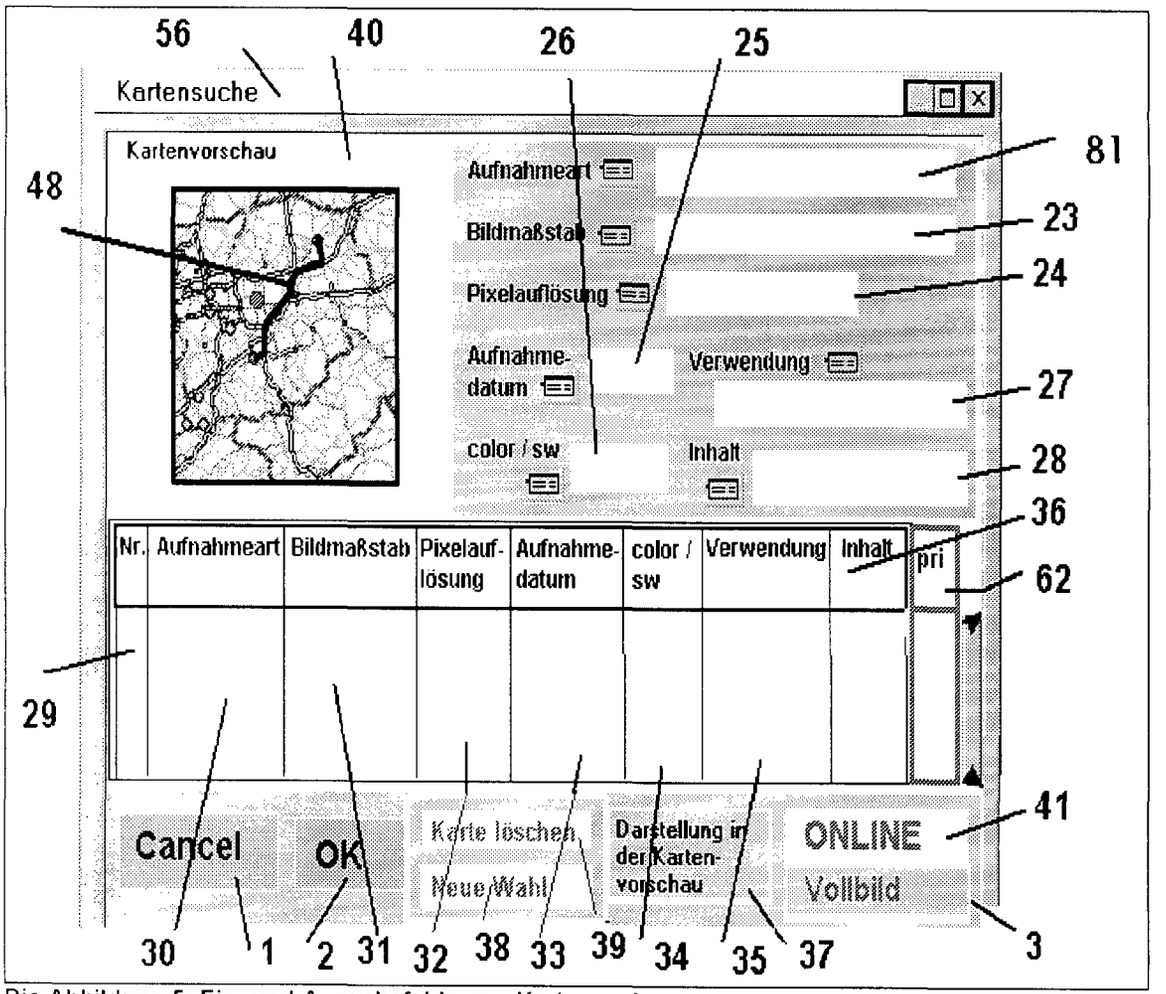


Abbildung 4: Funktionen der Detailkarte mit Ausschnitt der Reiseroute

Nummer: DE 197 56 297 C2
Int. Cl.[7]: G 01 C 21/02
Veröffentlichungstag: 18. Oktober 2001



Die Abbildung 5: Ein- und Ausgabefelder zur Kartensuche

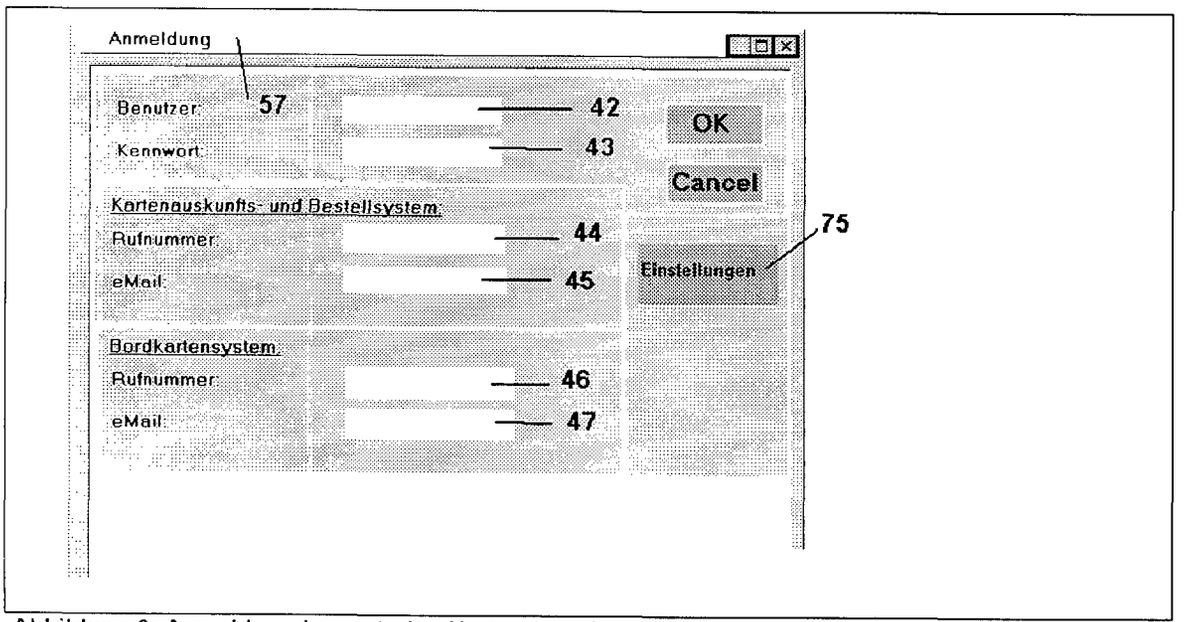


Abbildung 6: Anmeldung im zentralen Kartenverwaltungssytem

Nummer: **DE 197 56 297 C2**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 21/02**
Veröffentlichungstag: 18. Oktober 2001

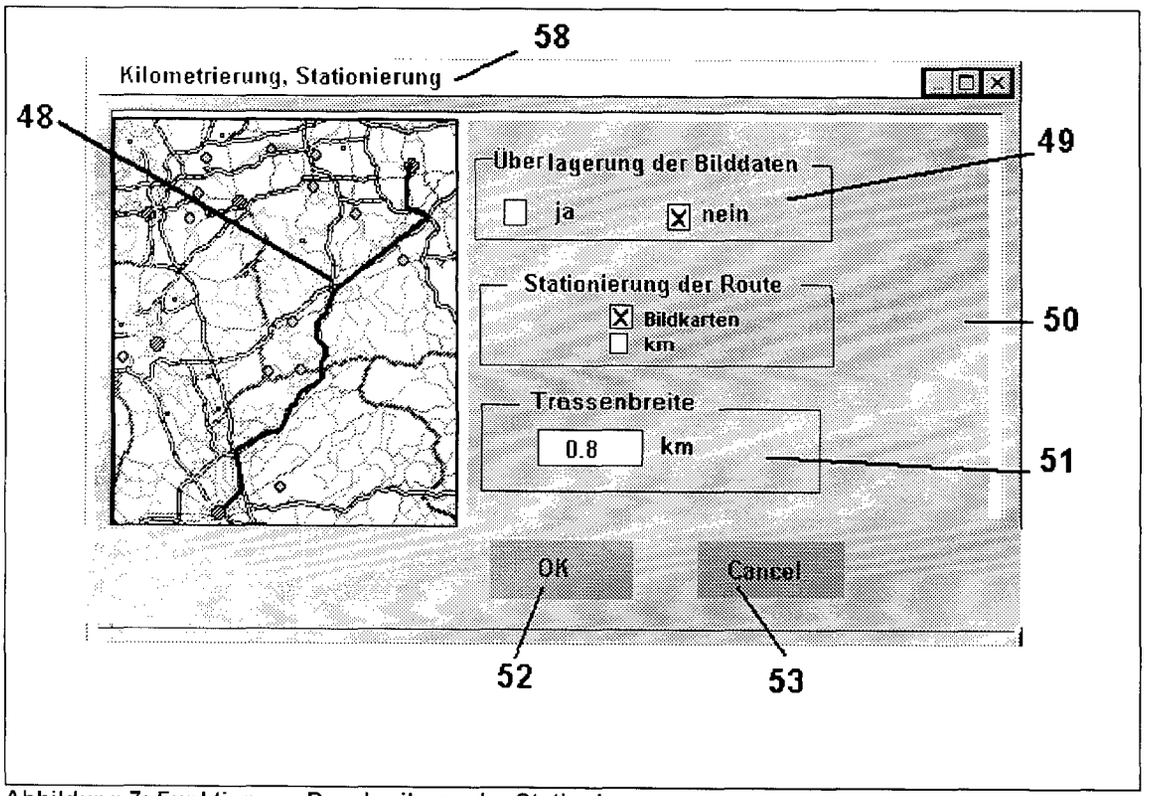


Abbildung 7: Funktion zur Beschreibung der Stationierung

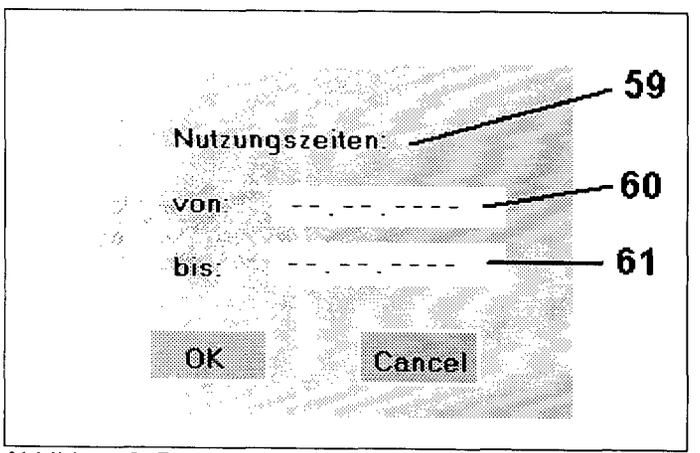


Abbildung 8: Funktion zur Eingabe der Nutzungszeiten.

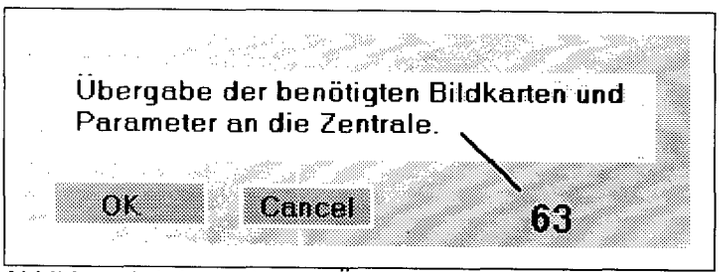


Abbildung 9: Information zur Übergabe der Bildkarten und der Parameter

Nummer: **DE 197 56 297 C2**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 21/02**
Veröffentlichungstag: 18. Oktober 2001

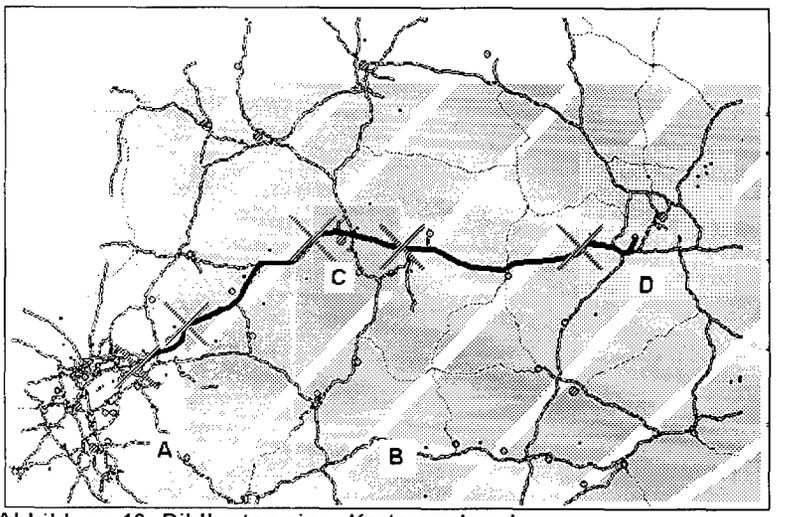


Abbildung 10: Bildkarten einer Kartenrecherche

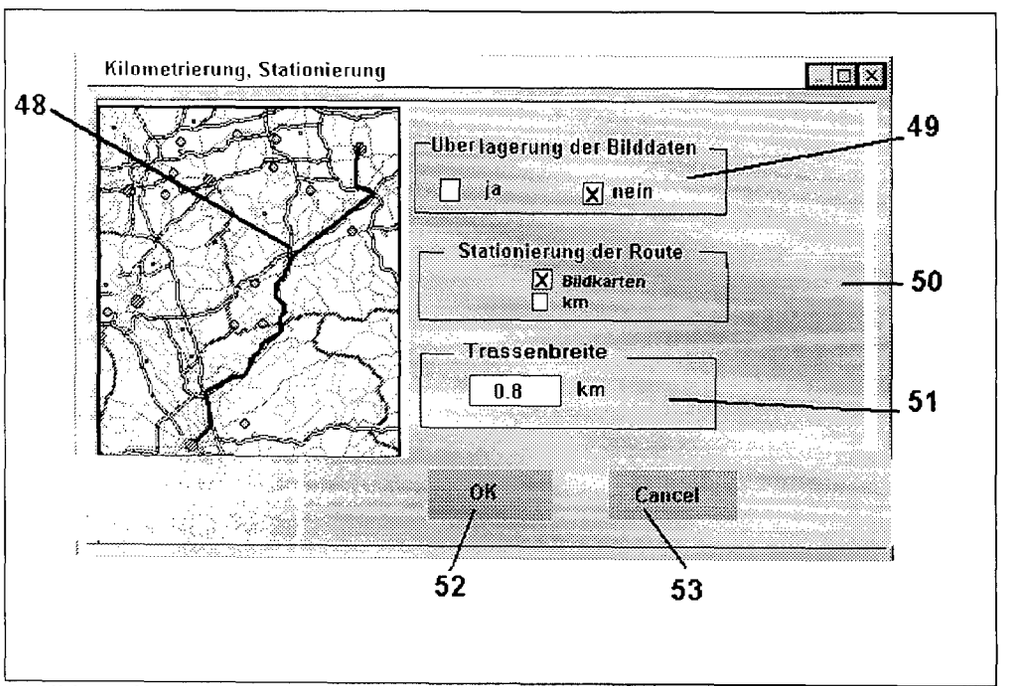


Abbildung 11: Eingabe der Parameter für die Stationierung

Nummer: **DE 197 56 297 C2**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 21/02**
Veröffentlichungstag: 18. Oktober 2001

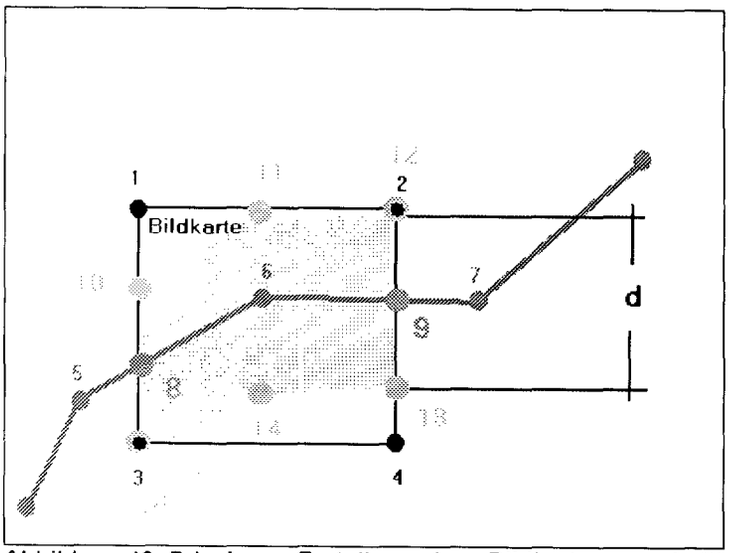


Abbildung 12: Prinzip zur Erstellung eines Bildkartenausschnitts durch das Rechnersystem des zentralen Kartenverwaltungssystems

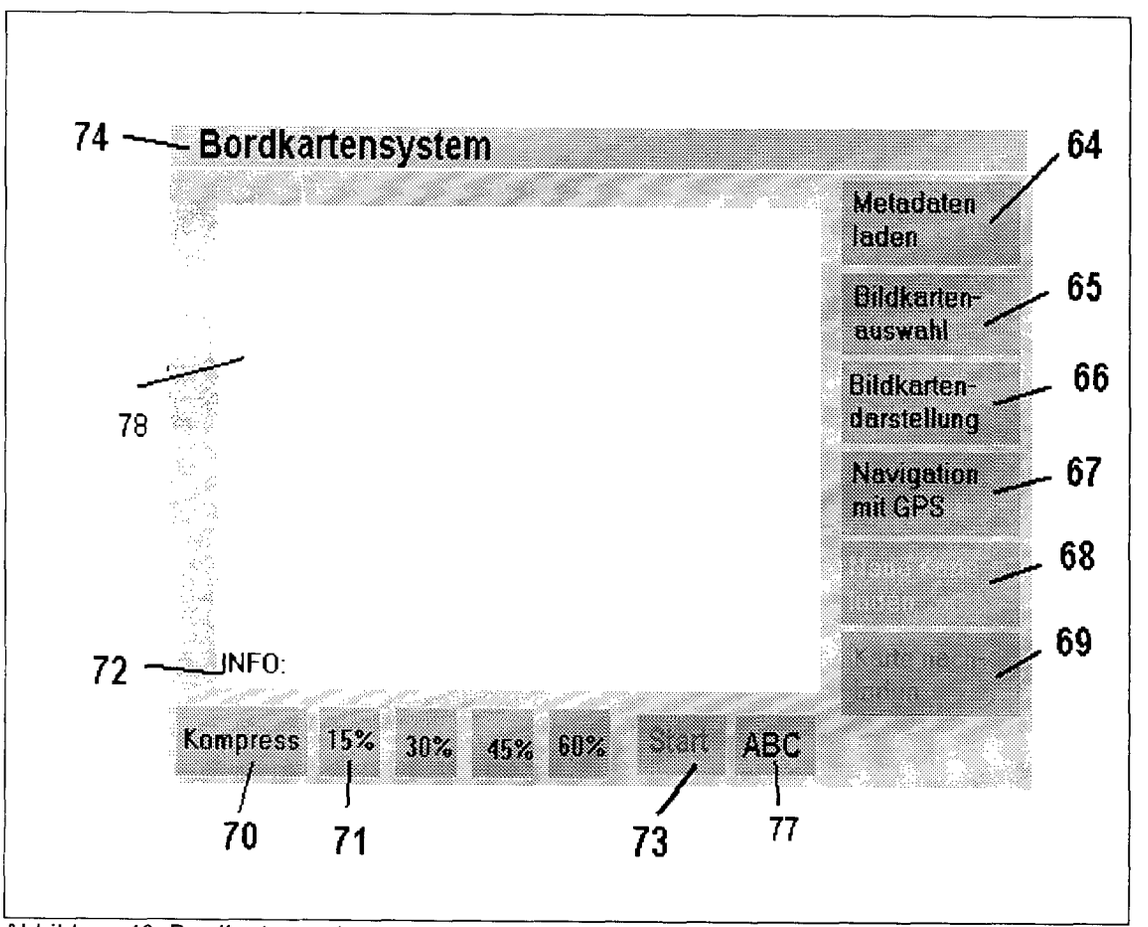


Abbildung 13: Bordkartensystem

Nummer: **DE 197 56 297 C2**
Int. Cl.[7]: **G 01 C 21/02**
Veröffentlichungstag: 18. Oktober 2001

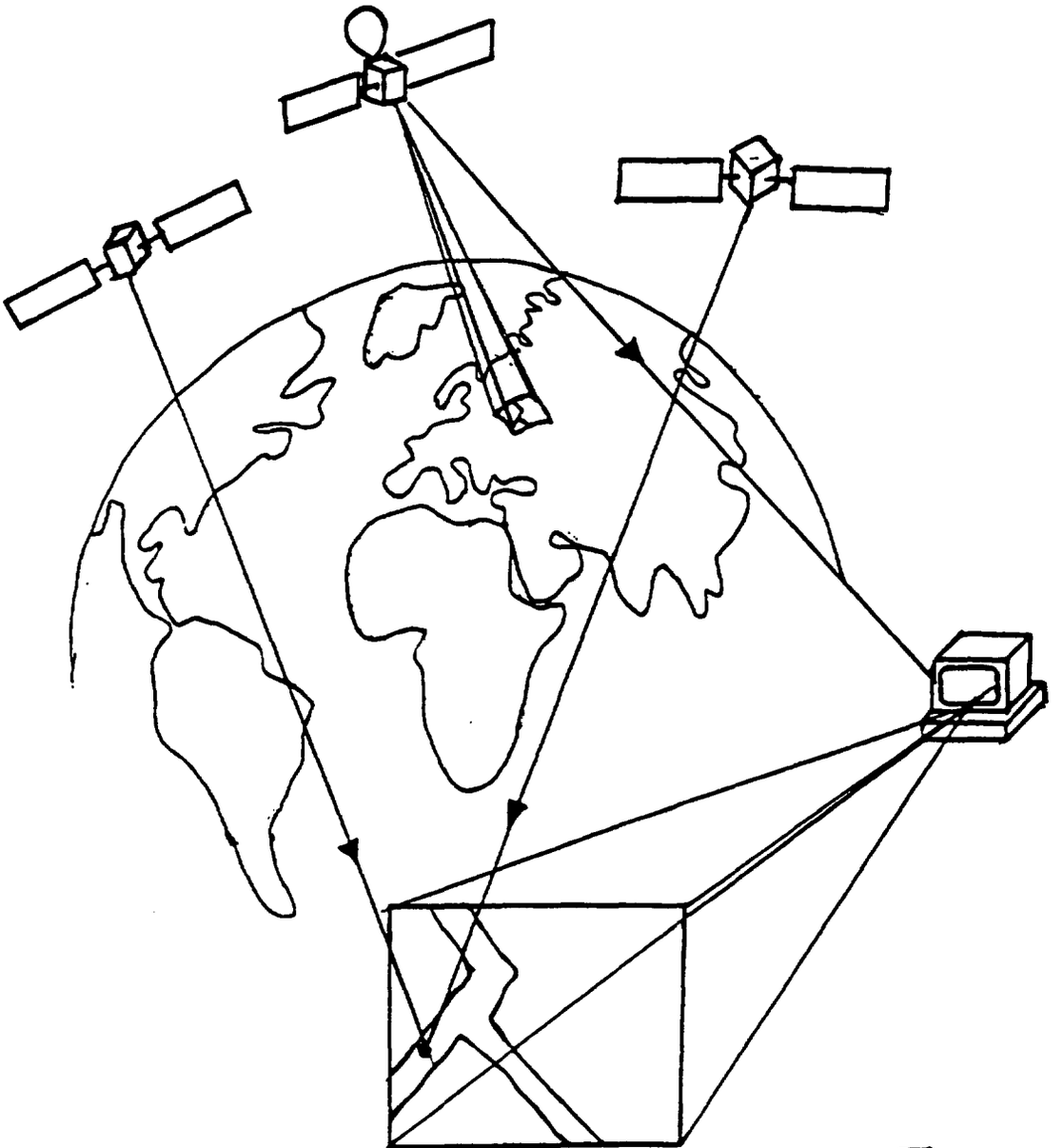


Fig. 14

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Patentschrift**

(10) **DE 198 16 561 C 1**

(51) Int. Cl.[6]:
H 04 N 1/028
G 03 B 37/00

(21) Aktenzeichen: 198 16 561.7-31
(22) Anmeldetag: 15. 4. 98
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 11. 11. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:
Teuchert, Wolf D., Dr., 89551 Königsbronn, DE

(74) Vertreter:
Kohler Schmid + Partner, 70565 Stuttgart

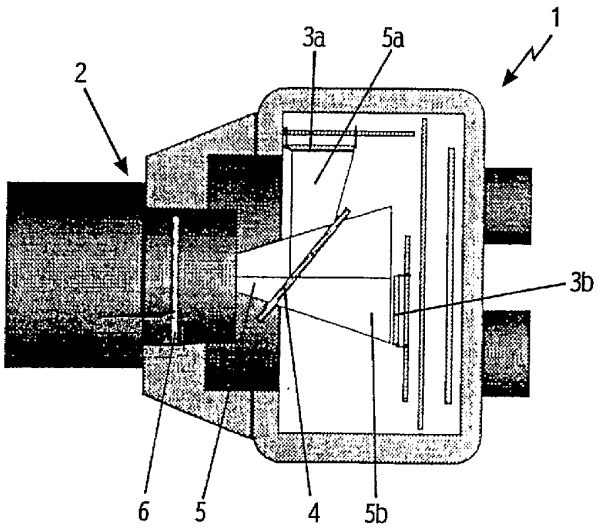
(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 23 791 A1
DE 40 24 618 A1
US 54 53 781

(54) Kamera zur Aufnahme von Luftbildern

(57) Eine Kamera (1), insbesondere zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen, weist ein Objektiv (2), mindestens zwei Flächendetektoren (3a, 3b) und mindestens einen jeweils im Strahlengang zwischen dem Objektiv (2) und den zwei Flächendetektoren (3a, 3b) vorgesehenen Strahlteiler (4) auf, der das auftreffende Lichtbündel (5) in Richtung auf die beiden Flächendetektoren (3a, 3b) aufteilt, wobei an einem Flächendetektor (3b) die eine Lichtbündelhälfte (5a) und am anderen Flächendetektor (3a) die andere Lichtbündelhälfte (5b) des Lichtbündels (5) auftrifft. Die zwei Flächendetektoren werden jeweils mit unterschiedlichen Bildhälften des Bildes bzw. Lichtbündels belichtet. Dies ermöglicht eine schnelle Bildaufnahme durch die gleichzeitige Belichtung der Flächendetektoren, eine hohe Empfindlichkeit durch die gleichzeitige Belichtung aller Detektoren, eine stabile Geometrie in zwei Dimensionen und eine im Vergleich zu einem einzigen Flächendetektor höhere Bildwiederholrate durch schnelleres Auslesen aus zwei kleineren Detektoren.



DE 198 16 561 C 1

DE 198 16 561 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kamera, insbesondere zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen.

Zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen werden heute noch vorwiegend Kameras mit Luftbildfilm verwendet, jedoch wird in steigendem Maß digitale Technik eingesetzt. Die digitale Technik bietet viele Vorteile, die hauptsächlich in der Fähigkeit liegen, während des Flugs Bilder aufzunehmen und wiederzugeben, sie zum Boden zu übertragen, digital noch an Bord weiterzuverarbeiten und digital am Boden auszuwerten.

Der Stand der digitalen, opto-elektronischen (kurz optronischen) Kameratechnik wird derzeit durch vier Technologien geprägt:

- CCD(Charge Coupled Device)-Zeilenkameras
- Fernsehkamera
- elektronische Kleinbildkameras
- Kameras mit großflächigen CCD-Flächendetektoren.

Bei Zeilenkameras wird ein Abtastverfahren eingesetzt, das in Form eines breiten Schiebebesens (pushbroom) das ganze Bild in einem geraden Zug überdeckt. Detektoren mit CCD-Zeilen bieten durch die lineare Anordnung der Elemente die beste Detektorqualität, die höchste Speicherkapazität pro Element und beste Bildgüte in festen Anordnungen. Sie ist jedoch für viele Bereiche der Luftbildfotografie durch die von einem Zeilenbild zum nächsten nicht zusammenhängenden, linearen Bildelemente in ihrer Genauigkeit limitiert. Für schnelle Bildfolgen ist die Technologie durch das serielle Abtastprinzip mit der Verknüpfung von Bildaufnehmen und Bildauslesen, damit dem hohen Zeitbedarf und der geringen Empfindlichkeit nicht geeignet.

Durch den Einsatz von Flächendetektoren erreicht man eine Entkopplung von Aufnahme pro Element und Ausleseprozeß. Zwar sind Flächendetektoren bezogen auf das einzelne Detektorelement nicht so leistungsstark wie diejenigen in CCD-Zeilen, doch bieten Flächendetektoren durch die zweidimensionale Anordnung eine Reihe von Vorteilen. Da die Bildaufnahme parallel für alle Detektoren erfolgt, wird viel Zeit gewonnen, so daß länger belichtet und so eine Empfindlichkeitssteigerung erreicht werden kann. Es ist leicht möglich, solche Kameras mit einer elektronischen Bildwanderungskompensation (engl. FMC = Forward Motion Compensation) auszustatten, indem das Bild während der Aufnahme elektronisch verschoben wird. Die maximal erreichbare Geschwindigkeit ist allerdings durch die maximale Taktrate des Detektors begrenzt.

Fernsehkameras beruhen auf CCD-Detektoren in der sogenannten "Frame Transfer"-Technologie und bestehen aus einem COD-Detektor mit zwei nebeneinander liegenden Bildspeichern, von denen einer lichtdicht abgedeckt, der andere mit einem Fenster versehen und lichtempfindlich ist. Bei der Bildaufnahme werden periodisch Bilder im Aufnahme-CCD aufgenommen, dann in den daneben liegenden Speicher-CCD verschoben und von dort sukzessive ausgelesen. Das Auslesen kann im Zeilensprungverfahren (erst alle ungeraden, dann alle geraden Zeilen entsprechend dem Bildaufbau im Fernsehen) oder im progressiven Verfahren, bei dem alle Zeilen nacheinander ausgelesen werden, erfolgen. Die Bildfolge beträgt bei der europäischen Fernsehnorm im Zeilensprungverfahren 50 Halbbilder pro Sekunde, im progressiven Verfahren 25 Vollbilder pro Sekunde. Fernsehkameras spielen wegen der geringen Detektorabmessungen für die Luftbildfotografie keine Rolle.

Die elektronische Kleinbildfotografie beginnt mit Detektoren zu 1K × 1,5K bzw. 2K × 3K Detektorelementen (1K = 1024) inzwischen die Luftbildaufnahme zu erobern. Dabei wird die "Full Frame"-Technologie eingesetzt, d. h., es gibt kein separates Auslese-CCD.

Eine Erweiterung dieser Technologie kommt aus dem Bereich der elektronischen Kameras für die militärische Luftbildaufnahme. Hier sind "Full Frame"-Detektoren mit 4K × 4K, 5K × 5K oder mehr im Einsatz. Durch die großen Abmessungen dieser Detektoren steigen die Kapazitäten der zu treibenden CCD-Zeilenstrukturen derart an, daß keine höhere Geschwindigkeit für das Bildauslesen erreicht werden kann. Weiterhin sinkt die Ausbeute bei der Produktion der Detektoren auf ein Minimum, so daß die Kosten ins Unermeßliche steigen.

Die Anwendung in der Luftbildaufnahme im Mittel- und Nahbereich bedeutet eine sehr hohe Datenmenge, die sich durch die schnelle Bildfolge, die große Auflösung bei gleichzeitig großem Sichtfeld und die lange Flugdauer ergibt. Das größte Hindernis ist dabei die Forderung nach einer Kompensation der Bildwanderung, um keine Verschlechterung der Bildschärfe durch die Bildbewegung zu erleiden. Die Entwicklung verlief so, daß parallel Auslesegeschwindigkeit und Bildelementezahl in gleicher Weise gesteigert wurden. Typische Werte liegen heute bei ca. 40 MHz und mehreren Tausend Detektorelementen in zwei Dimensionen. Als typische Maßzahl für die Bildwanderungsgeschwindigkeit wird das Verhältnis v/h der Fluggeschwindigkeit v und der Flughöhe h angegeben. Je nach Brennweite liegt diese Zahl seit mindestens 15 Jahren bei einem v/h-Wert von 0,2 bis 1 rad/s, ohne daß wesentliche Fortschritte erzielt worden wären. Zum Vergleich: die schnellsten Luftbild-Aufklärungskameras auf Filmbasis erreichen Werte bis zu v/h = 10 rad/s.

Aus der DE 40 24 618 A1 ist ein Gerät zur Erfassung und Abbildung von Oberflächeninformationen bekannt, wobei ein Bild in dem Gerät in mehrere Teilbilder unterteilt wird und jedes Teilbild jeweils auf einen Flächendetektor abgebildet wird. Dabei wird das Bild geometrisch (nämlich in eine obere und untere Hälfte) zerlegt, und dies geschieht auf physiklische Weise mit Strahlteileinrichtung.

Weiterhin ist aus der DE 41 23 791 A1 eine digitale Flächenkamera mit Mehrfachoptik bekannt, mit der auf drei räumlich separaten Bildebenen jeweils derselbe Objektausschnitt abgebildet wird. In den drei Bildebenen sind mit Abstand zueinander in parallelen Reihen und von Reihe zu Reihe gegeneinander versetzt jeweils Flächensensoren gleicher Breite angeordnet. Die dadurch gegebenen Raster an Flächensensoren sind von Bildebene zu Bildebene so gegeneinander verschoben, daß in der optischen Überlagerung eine vollständige Bedeckung der gesamten Bildfläche durch die Flächensensoren gegeben ist. So können großflächige Bilder hoher Auflösung unter Verwendung herkömmlicher, hinsichtlich der Bildpunktzahl beschränkter Flächensensoren aufgenommen werden, wobei die insgesamt verwendete Anzahl an Sensorelementen lediglich dem unbedingt notwendigen Minimum entspricht.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Kamera der eingangs genannten Art zu verbessern, daß das Auslesen des Flächendetektors möglichst schnell erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Kamera, insbesondere zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen, mit mindestes zwei Objektiven, mindestens zwei Flächendetektoren für jedes Objektiv und jeweils mindestens einem, im Strahlengang zwischen jedem Objektiv und seinen zwei Flächendetektoren vorgesehenen (zweiten) Strahlteiler, der das auftreffende Lichtbündel in Richtung auf die beiden Flächendetektoren aufteilt, wobei am einen Flächendetektor die eine Lichtbündelhälfte und am anderen

Flächendetektor die andere Lichtbündelhälfte des Lichtbündels auftrifft und wobei die mindestens zwei Objektive zur Aufnahme von in oder quer zur Flugrichtung hinter- bzw. nebeneinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet, insbesondere gegeneinander verkippt sind.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht darin, daß die zwei Flächendetektoren jeweils mit unterschiedlichen Hälften des Bildes bzw. Lichtbündels belichtet werden. Dies ermöglicht eine schnelle Bildaufnahme durch die gleichzeitige Belichtung der Flächendetektoren bzw. aller Bildelemente, eine stabile Geometrie in zwei Dimensionen und eine im Vergleich zu einem einzigen Flächendetektor höhere Bildwiederholrate durch schnelleres Auslesen aus zwei kleineren Detektoren meist über mehrere Ausgänge pro Detektor. Die Flächendetektoren sollten ein Bildformat (z. B. $6 \times 6\ cm^2$ oder das Luftbildformat $9{,}5 \times 9{,}5\ Zoll^2$) abdecken, für das kommerzielle Objektive verfügbar sind. Mit den in der Kamera vorgesehenen, mindestens zwei Objektiven, die z. B. gegeneinander entsprechend verkippt sind, können in oder quer zur Flugrichtung hinter- bzw. nebeneinander liegende Sehfelder aufgenommen werden.

Vorzugsweise ist der zweite Strahlteiler ein physikalischer Strahlteiler, der das Lichtbündel in zwei Teile aufteilt, wobei von dem einen Teil die eine Lichtbündelhälfte auf den einen Flächendetektor und von dem anderen Teil die andere Lichtbündelhälfte auf den anderen Flächendetektor abgebildet wird. Dieser physikalische Strahlteiler kann z. B. ein teildurchlässiger, ein mit mehreren teilverspiegelten Flächen unterschiedlicher Reflektivität bzw. Transmission versehener oder insbesondere ein dichroitischer Spiegel sein.

Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist im Strahlengang vor zwei zweiten Strahlteilern ein weiterer (erster) Strahlteiler vorgesehen, der das auftreffende Lichtbündel auf die beiden zweiten Strahlteiler aufteilt. Durch den ersten und die beiden zweiten Strahlteiler ist die Zerlegung des Bildes auf vier Flächendetektoren möglich.

Vorzugsweise ist der erste Strahlteiler ein geometrischer Strahlteiler, der das auftreffende Lichtbündel in eine Lichtbündelhälfte für den einen zweiten Strahlteiler und in eine Lichtbündelhälfte für den anderen zweiten Strahlteiler unterteilt. Dieser geometrische Strahlteiler kann z. B. ein nur in die eine Strahlenhälfte eingreifender Spiegel sein. Aus Intensitätsgründen erfolgt im Strahlengang zwischen Objektiv und den Flächendetektoren zunächst die geometrische und dann die physikalische Strahlteilung.

Um die nutzbare Fläche noch weiter zu vergrößern, kann eine mehrstufige (3fach oder höher) Kaskadierung der Strahlteilung vorgesehen sein.

In besonders bevorzugter Ausführungsform sind die Flächendetektoren der Kamera digital auslesbare Detektoren, insbesondere CCD- oder CMOS-Detektoren, so daß es sich bei der erfindungsgemäßen Kamera um eine digitale, optoelektronische (kurz optronische) Kamera handelt. Solche Flächendetektoren können z. B. sein:

- CCD-, CMOS im Visuellen,
- CCD mit Micro-channel Bildverstärker im UV,
- Pt:Si, IR-CMOS Si/CMT, Quantum Well-, Si/InSb, ferro-elektrische, bolometrische oder sonstige ungekühlte Detektoren im infraroten Spektralbereich.

Von besonderem Vorteil ist es, wenn ein digital auslesbarer Flächendetektor aus mehreren, nebeneinander angeordneten und parallel auslesbaren, insbesondere streifenförmigen Detektoren zusammengesetzt ist. Diese einzelnen Detektoren können monolithisch oder optisch aneinandergereiht sein. Zum Beispiel sind CCDs erhältlich, bei denen bei der Herstellung 1024×1024 Elemente ($1K \times 1K$ Block) innerhalb der Größe eines Wafers beliebig aneinandergereiht werden können. Diese CCDs, die eine hervorragende Basis für große Flächendetektoren (maximal sind bei den jetzigen Wafers $7K \times 9K$ möglich) bieten, liefern auch eine günstige Architektur für streifenförmige Detektoren. Die optimale Auslegung wird durch die gewünschte, maximal hohe Auslesegeschwindigkeit vorgegeben. Diese wird erreicht, wenn jedem $1K \times 1K$ Block ein Ausleseregister zugeordnet wird. Es sind auch längere Register möglich, die typischerweise halb so lang sind wie der Detektor; bei einem 3K Detektor also 1,5K. Wird ein Bildformat passend zu existierenden Objektiven der professionellen 6×6 Formate gewählt, so können zwei Streifendetektoren mit 2K Breite bei einer Länge von insgesamt $2 \times 3K = 6K$ untergebracht werden. Dies bedeutet bei diesem Bildformat ein Aspektverhältnis von 1 : 3 bei einer maximalen Bildfolgefrequenz von 20 Vollbildern pro Sekunde (bei diesem Detektor). Die Parallelarchitektur der Streifendetektoren ermöglicht eine hohe Bildwiederholrate durch schnelles Auslesen über mehrere, parallele (typischerweise vier) Ausgänge. Es kann eine parallele Auslesestruktur mit einem oder mehreren Ausgängen pro Detektor, typisch in verteilten Bus-Systemen, wie z. B. der Fibrechannel-Architektur, Verwendung finden. Die ausgelesenen Daten können in parallel angeordneten Datenträgersysteme wie z. B. Magnetplatten in RAID-Systemen gespeichert werden bzw. in verteilten Bus-Systemen und parallel angeordneten Speichermedien (Magnetplatte, Magnetband, optisches Band, Magnetkassette, MO, CD, DVD) parallel ausgelesen werden.

Die Bildaufnahme mit Flächendetektoren erfordert das Stillhalten des Bildes auf dem Detektor für die einige Millisekunden dauernde Aufnahme. Danach wird der Verschluß geschlossen, das Bild ausgelesen und gewartet, bis die nächste Aufnahmeposition erreicht ist. Der entscheidende Punkt für ein extrem schnelles FMC-Verhalten ist einerseits die Aufnahme eines möglichst großen Bildfelds in Flugrichtung, andererseits eine opto-mechanische und/oder elektronische FMC-Ausgleichseinrichtung, die es ermöglicht, die schnelle FMC-Bewegung in eine Folge von einzelnen Standbildern zu verwandeln. Als opto-mechanische FMC-Ausgleichseinrichtung können vor oder nach dem Objektiv entgegen der Flugrichtung bewegte Spiegel, z. B. ein Richtspiegel oder eine Spiegelradwalze, vorgesehen werden. Alternativ wäre es möglich, auch eine Bewegung des Detektors in der Bildebene, z. B. durch einen Schlitten in der Fokalebene vorzunehmen. Derartige Verfahren ähneln dem Aufbau eines Fotokopierers oder Flachbettscanners. Speziell für CCDs (Full Frame, Frame Transfer oder speziell CCD-Zeilendetektoren, die mit TDI ausgerüstet und damit eigentlich auch Flächendetektoren sind) kann eine (Fein-)Stabilisierung mit Hilfe eines elektronischen FMC über Time Delayed Integration (TDI), d. h. einer elektronischen Verschiebung der Ladungsträgerwolke, vorgesehen sein. In diesem Fall kann ggfs. die Vorkompensation entfallen.

Die Erfindung betrifft auch ein Kamerasystem mit mindestens zwei Kameras, wie sie oben beschrieben sind. Mit einem solchen Kamerasystem kann ein entsprechend größeres Sehfeld abgedeckt und ein größeres v/h-Verhältnis erzielt werden. Durch die Bildbewegung bei der Aufnahme aus Flugzeugen ergibt sich eine Vorzugsrichtung entsprechend der Bildwanderung, die dazu genutzt werden kann, Detektorkosten zu sparen. Daher ist ein Streifenformat im Aspektverhältnis von 1 : 1–1 : 3 besonders günstig. Die Detektoren können monolithisch oder optisch aneinandergereiht sein.

Zur Vergrößerung des Sehfeldes in Flugrichtung sind vorteilhaft mindestens zwei Kameras nebeneinander so gekoppelt angeordnet, daß ihre Sehfelder, in Flugrichtung gesehen, am Boden möglichst aneinandergrenzen. Zum Beispiel

können die Kameras in Flugrichtung gegeneinander verkippt sein.

Um die Winkelabdeckung zur Seite zu vergrößern, sind mindestens zwei Kameras zur Aufnahme von quer zur Flugrichtung nebeneinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet, insbesondere quer zur Flugrichtung gegeneinander verkippt. Auch in einer Kamera bzw. einem Objektiv können mehrere Detektoren quer zur Flugrichtung gruppiert sein.

In bevorzugter Ausführungsform des Kamerasystems kann ein gemeinsamer Antrieb für die FMC-Ausgleichseinrichtungen der mindestens zwei Kameras vorgesehen sein. Sind die FMC-Ausgleichseinrichtungen z. B. als Spiegel ausgebildet, können diese von einer gemeinsamen Drehachse angetrieben werden, wobei die Spiegel, ebenso wie die Kameras auch, so um einen Winkel verdreht sind, daß die Sehfelder am Boden in Flugrichtung möglichst aneinandergrenzen. Die seitlich nebeneinander oder hintereinander liegenden Kameras können bzw. müssen mit unterschiedlichen FMC-Geschwindigkeiten angesteuert sein. Hierfür muß eine geeignete Synchronisierung zur Plazierung der Aufnahmen am Boden vorgesehen sein.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer Luftbildkamera mit einem Strahlteiler und zwei Flächendetektoren;

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform einer Luftbildkamera mit drei Strahlteilern und vier Flächendetektoren;

Fig. 3 schematisch einen in einzelne Bereiche unterteilten streifenförmigen CCD-Detektor;

Fig. 4 eine der Luftbildkamera vorgeschaltete FMC-Ausgleichseinrichtung in Form einer Spiegelwalze (**Fig.** 4a) bzw. eines Richtspiegels (**Fig.** 4b);

Fig. 5 ein Kamerasystem aus zwei Luftbildkameras und einem gemeinsamen Antrieb für ihre FMC-Ausgleichseinrichtungen in einer Seitenansicht (**Fig.** 5a) und in einer Draufsicht (**Fig.** 5b);

Fig. 6 die Anordnung von drei in **Fig.** 5 gezeigten Kamerasystemen quer zur Flugrichtung nebeneinander; und

Fig. 7 die Anordnung von vier FMC-Detektorreihen in der Bildebene einer photogrammetrischen Luftbildkamera (**Fig.** 7a) und in einer Draufsicht auf die Bildebene (**Fig.** 7b).

In **Fig.** 1 ist mit 1 eine digitale optronische Kamera bezeichnet, mit der aus einem Flugzeug Luftbilder digital aufgenommen werden können.

Die Kamera **1** umfaßt ein Objektiv **2**, zwei digitale Flächendetektoren **3**a, **3**b und einen im Strahlengang zwischen dem Objektiv **2** und den beiden Flächendetektoren **3**a, **3**b angeordneten Strahlteiler **4**. Dieser Strahlteiler **4** ist entweder als physikalischer Strahlteiler oder als geometrischer Strahlteiler durch eine teilverspiegelte Teilerplatte ausgeführt. Der Strahlteiler **4** teilt das vom Objektiv **2** kommende Lichtbündel **5** bei gleichbleibendem Bündeldurchmesser in zwei Bündelteile **5**a und **5**b auf. Der eine Flächendetektor **3**a wird nur mit der einen Bündelhälfte des Bündelteils **5**a, der andere Flächendetektor **3**b nur mit der jeweils anderen Bündelhälfte des Bündelteils **5**b belichtet, so daß die beiden Flächendetektoren **3**a, **3**b mit jeweils unterschiedlichen Bündel- bzw. Bildhälften belichtet werden. Weiterhin ist im Strahlengang noch ein Verschluß **6** vorgesehen, der für CCD-Detektoren in Full Frame Technologie erforderlich ist.

Fig. 2 zeigt eine weitere Kamera **7**, bei der das vom Objektiv **2** kommende Lichtbündel **5** auf vier Flächendetektoren **3**a bis **3**d aufgeteilt bzw. zerlegt wird. Dazu wird das Lichtbündel **5** zunächst durch einen geometrischen (ersten) Strahlteiler **8** in zwei Lichtbündelhälften **5'** und **5"** unterteilt, die dann, jeweils durch einen physikalischen (zweiten) Strahlteiler **4**a bzw. **4**b aufgeteilt, auf zwei Detektoren **3**a, **3**b bzw. **3**c, **3**d abgebildet werden. Die vier Flächendetektoren **3**a bis **3**d werden so mit jeweils unterschiedlichen Bildhälften belichtet.

Der in **Fig.** 3 schematisch dargestellte Flächendetektor **3** ist ein streifenförmiger 3K × 2K CCD-Detektor, der für eine parallele Auslesung in einzelne 1K × 1K-große Detektorbereiche **9** unterteilt ist. Jeder Detektorbereich **9** ist über einen eigenen Ausgang in jeweils ein 1,5K großes Ausleseregister **10** in Richtung auf einen Datenspeicher (nicht gezeigt) auslesbar. Die Flächendetektoren **3**a–**3**d sind vorzugsweise durch Aneinanderreihen von mehreren solcher streifenförmiger Flächendetektoren **3** auf einem Wafer gebildet.

In **Fig.** 4 ist der Kamera **1** eine FMC-Ausgleichseinrichtung **11** vorgeordnet, die das mit der in Flugrichtung **12** bewegten Kamera **1** aufzunehmende Bild für die Dauer der Aufnahme (einige Millisekunden) stillhält. In **Fig.** 4a ist die FMC-Ausgleichseinrichtung **11** als Spiegelwalze **13** und in **Fig.** 4b als Richtspiegel **14** ausgebildet, die sich jeweils in Drehrichtung **15** entgegengesetzt zur Flugrichtung **12** drehen, um das Bild während der Bildaufnahme entsprechend nachzuführen. Danach wird der Verschluß **6** geschlossen, das Bild ausgelesen und gewartet, bis die nächste Aufnahmeposition erreicht ist. Erfolgt die Bildaufnahme mit Frame Transfer CCDs, so ist kein Verschluß erforderlich.

Das in **Fig.** 5 gezeigte Kamerasystem **16** besteht aus zwei Kameras **1**, die in Flugrichtung **12** so gegeneinander verkippt sind, daß ihre Sehfelder, in Flugrichtung **12** gesehen, am Boden aneinander liegen. Beiden Kameras **1** ist eine gemeinsame FMC-Ausgleichseinrichtung **17** in Form zweier Spiegel **18**a, **18**b vorangestellt, die über eine gemeinsame Drehachse **19** in Drehrichtung **15** angetrieben werden. Die beiden Spiegel **18**a, **18**b sind, wie die Kameras **1** auch, so um einen Winkel gegeneinander verdreht, daß ihre Sehfelder am Boden in Flugrichtung **12** aneinandergrenzen.

In **Fig.** 6 ist schließlich noch ein Kamerasystem **20** gezeigt, bei dem drei Kamerasysteme **16** quer zur Flugrichtung **12** nebeneinander angeordnet sind. Die Kamerasystem **16** sind dabei quer zur Flugrichtung **12** gegeneinander jeweils so verkippt, daß ihre Sehfelder am Boden quer zur Flugrichtung **12** aneinandergrenzen.

Es bietet sich an, die Sehfeldvergrößerung für ein möglichst großes v/h in zwei Stufen zu erreichen. Für den mittleren Abstandsbereich wird die Aufklärungskamera **1**, **7** mit einer möglichst großen Ausnutzung des Sehfeldbereichs in der Kamera verwendet. Unter den geometrischen Verhältnissen der Schnittweite, in welcher der Strahlteiler untergebracht werden muß, ist bei einem Seitenverhältnis von 1 : 3 bei einer 6×6 cm^2 Kamera ein mittlerer Entfernungsbereich mit 80 bis 300 mm Brennweite möglich. Die zweite Stufe ist durch die Reihung von mehreren Kameras **1**, **7** hintereinander mit in Flugrichtung **12** aneinander grenzenden Sehfeldern erreichbar (**Fig.** 5). Die seitliche Reihung vergrößert die Winkelabdeckung zur Seite (**Fig.** 6).

Das in der Fokalebene einer Luftbildkamera genutzte Bildfeld hat typisch eine Größe von 230×230 mm^2. Verwendet man große Detektoren mit mehreren tausend Elementen, so dauert das Auslesen z. B. bei 4K × 7K Größe über 4 parallele Ausgänge schon mindestens eine halbe Sekunde. Um ein genügend großes v/h zu erreichen, müssen also kleinere Detektoren in einer Parallelanordnung verwendet werden. Schon der Übergang zu dem bereits zitierten

Detektor mit 2K × 3K Größe erhöht die Bildfolge auf maximal 20 Bilder pro Sekunde.

Um ein Bildfeld mit der genannten Größe mit dem Ziel einer möglichst hohen Bildfolge abzudecken, muß

- das Gesamtfeld in einzelne Teilfelder unterteilt werden, die quer zur Flugrichtung optisch lückenlos aneinander gesetzt sind,
- eine solche Detektorreihe mit einer gemeinsamen FMC-Einrichtung in Form einer Spiegelwalze oder eines Richtspiegels versehen werden,
- das Gesamtfeld in Flugrichtung mit mehreren solchen FMC-Detektorgruppen ausgestattet werden.

Da es nicht möglich ist, auf diese Weise das gesamte Bildfeld optisch dicht abzudecken, müssen zwei (oder mehrere) Aufnahmen gemacht werden, die in Flugrichtung so versetzt sind, daß mit der nachfolgenden Aufnahme die Lücke der vorherigen Aufnahme geschlossen wird. Bei einem optischen Füllfaktor von 50% benötigt man zwei Aufnahmen. Durch diese Mehrfachaufnahme verringert sich der maximal erreichbare v/h-Wert entsprechend; bei 50% Füllfaktor und zwei Aufnahmen bleibt nur noch die Hälfte des vorher möglichen maximalen v/h.

Fig. 7a zeigt im Schnitt schematisch die Anordnung von vier in Flugrichtung **12** hintereinander angeordneten FMC-Detektorreihen **21** in der Bildebene einer photogrammetrischen Luftbildkamera **22**, während **Fig.** 7b die Draufsicht auf die Bildebene bzw. die Detektoren **3** zeigt. Die Detektorreihen **21** in **Fig.** 7b sind in Form der lichtempfindlichen Fläche dargestellt. Diese liegt durch den Strahlteiler (nicht gezeichnet) alternierend in der Zeichenfläche, oder senkrecht zu ihr. Diese Anordnung entspricht einem Füllfaktor von 50%. Auf die Darstellung der FMC-Einrichtung wurde in dieser Ansicht verzichtet.

Patentansprüche

1. Kamera (**1**; **7**), insbesondere zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen, mit mindestes zwei Objektiven (**2**), mindestens zwei Flächendetektoren (**3**a, **3**b; **3**c, **3**d) für jedes Objektiv (**2**) und jeweils mindestens einem, im Strahlengang zwischen jedem Objektiv (**2**) und seinen zwei Flächendetektoren (**3**a, **3**b; **3**c, **3**d) vorgesehenen (zweiten) Strahlteiler (**4**; **4**a; **4**b), der das auftreffende Lichtbündel (**5**; **5**'; **5**") in Richtung auf die beiden Flächendetektoren (**3**a, **3**b; **3**c, **3**d) aufteilt, wobei am einen Flächendetektor (**3**a; **3**c) die eine Lichtbündelhälfte (**5**a) und am anderen Flächendetektor (**3**b; **3**d) die andere Lichtbündelhälfte (**5**b) des Lichtbündels (**5**; **5**'; **5**") auftrifft und wobei die mindestens zwei Objektive (**2**) zur Aufnahme von in oder quer zur Flugrichtung (**12**) hinter- bzw. nebeneinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet, insbesondere gegeneinander verkippt sind.
2. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Strahlteiler (**4**, **4**a, **4**b) ein physikalischer Strahlteiler ist, der das Lichtbündel (**5**; **5**'; **5**") in zwei Teile aufteilt, wobei von dem einen Teil die eine Lichtbündelhälfte (**5**a) auf den einen Flächendetektor (**3**a) und von dem anderen Teil die andere Lichtbündelhälfte (**5**b) auf den anderen Flächendetektor (**3**b) abgebildet wird.
3. Kamera nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang vor zwei zweiten Strahlteilern (**4**a, **4**b) ein weiterer (erster) Strahlteiler (**8**) vorgesehen ist, der das auftreffende Lichtbündel (**5**) auf die beiden zweiten Strahlteiler (**4**a, **4**b) aufteilt.
4. Kamera nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Strahlteiler (**8**) ein geometrischer Strahlteiler ist, der das auftreffende Lichtbündel (**5**) in eine Lichtbündelhälfte (**5**') für den einen zweiten Strahlteiler (**4**a) und in eine Lichtbündelhälfte (**5**") für den anderen zweiten Strahlteiler (**4**b) unterteilt.
5. Kamera nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch eine mehrstufige Kaskadierung der Strahlteilung.
6. Kamera nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächendetektoren (**3**a–**3**d) digital auslesbare Detektoren, insbesondere CCD- oder CMOS-Detektoren, sind.
7. Kamera nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein digital auslesbarer Flächendetektor (**3**a–**3**d) aus mehreren, nebeneinander angeordneten und parallel auslesbaren, insbesondere streifenförmigen Detektoren (**3**) zusammengesetzt ist.
8. Kamera nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß vor oder nach dem Objektiv (**2**) eine die Bildwanderung in Flugrichtung (**12**), insbesondere opto-mechanisch und/oder elektronisch, ausgleichende FMC(Forward Motion Compensation)-Ausgleichseinrichtung (**11**) vorgesehen ist.
9. Kamerasystem (**16**; **20**) mit mindestens zwei Kameras (**1**; **7**) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.
10. Kamerasystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Kameras (**1**; **7**) zur Aufnahme von in Flugrichtung (**12**) hintereinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet sind, insbesondere in Flugrichtung (**12**) gegeneinander verkippt sind.
11. Kamerasystem nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Kameras (**1**; **7**) zur Aufnahme von quer zur Flugrichtung (**12**) nebeneinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet sind, insbesondere quer zur Flugrichtung (**12**) gegeneinander verkippt sind.
12. Kamerasystem nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsamer Antrieb für die FMC-Ausgleichseinrichtungen (Spiegel **18**a, **18**b) der mindestens zwei Kameras (**1**; **7**) vorgesehen ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Nummer: **DE 198 16 561 C1**
Int. Cl.[6]: **H 04 N 1/028**
Veröffentlichungstag: 11. November 1999

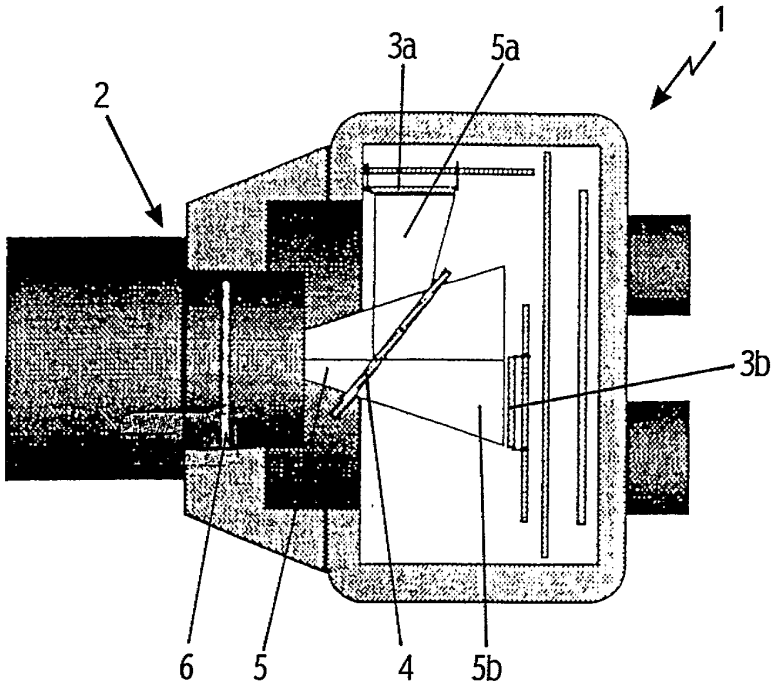


Fig. 1

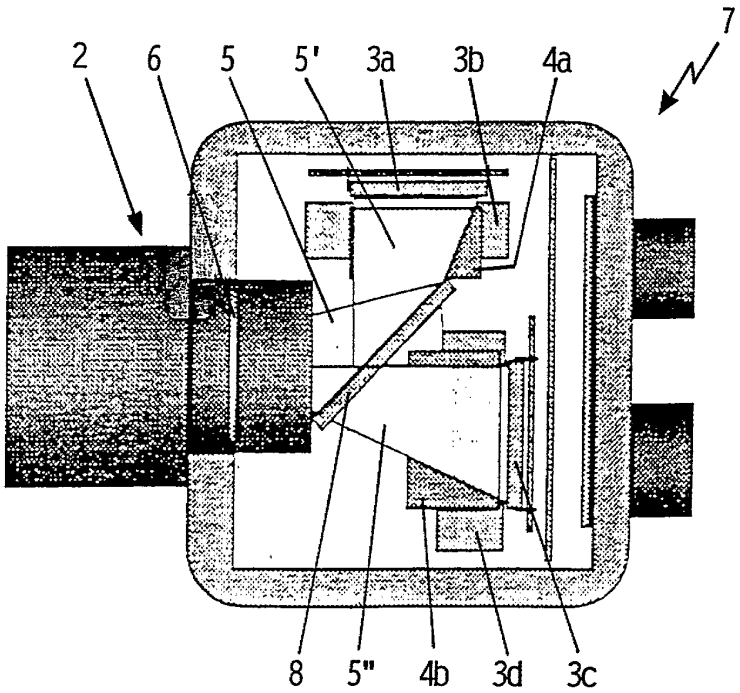


Fig. 2

Nummer: **DE 198 16 561 C1**
Int. Cl.[6]: **H 04 N 1/028**
Veröffentlichungstag: 11. November 1999

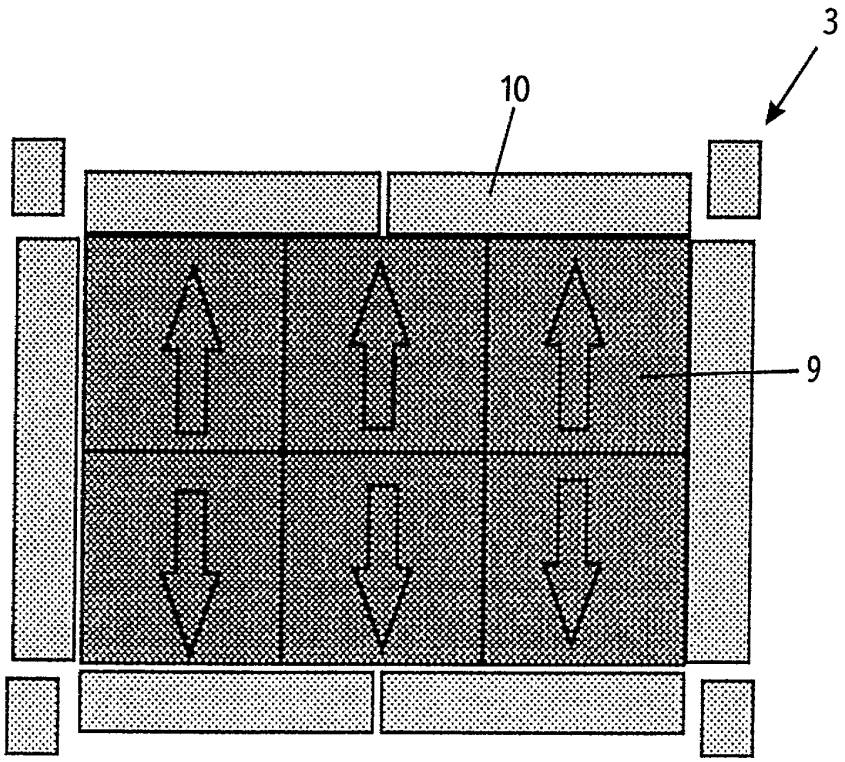


Fig. 3

Nummer: **DE 198 16 561 C1**
Int. Cl.[6]: **H 04 N 1/028**
Veröffentlichungstag: 11. November 1999

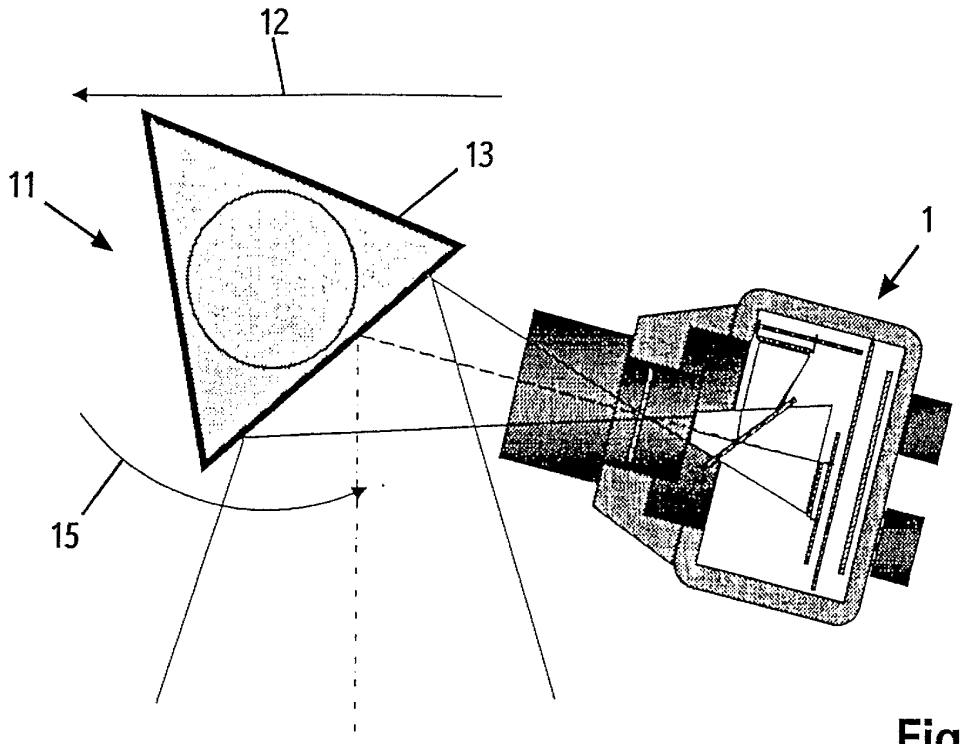


Fig. 4a

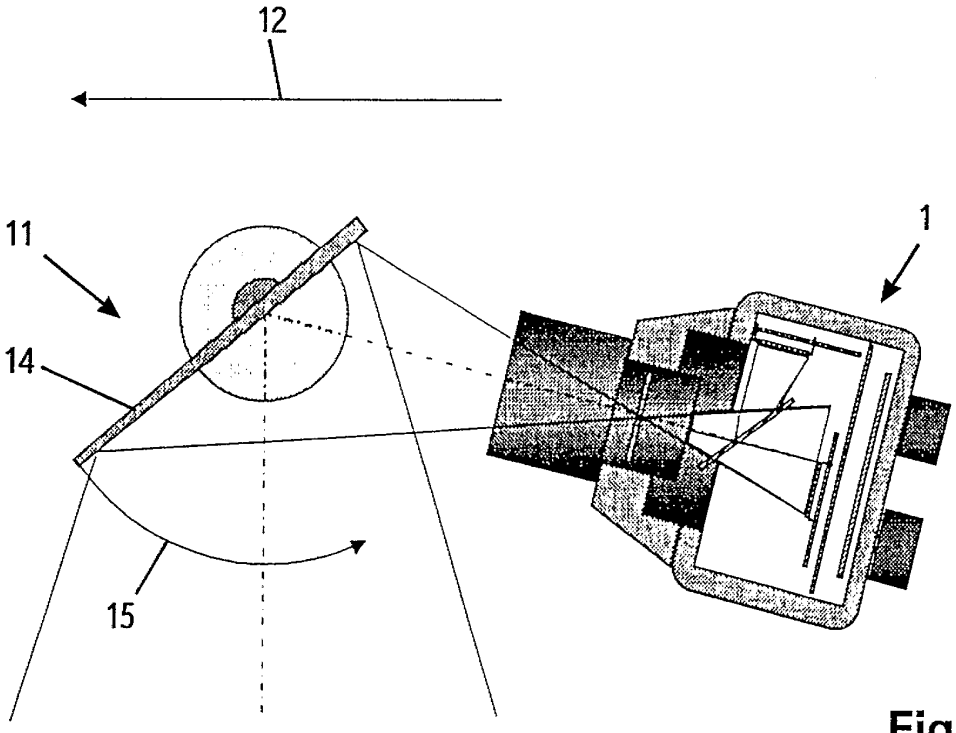


Fig. 4b

Nummer: **DE 198 16 561 C1**
Int. Cl.[6]: **H 04 N 1/028**
Veröffentlichungstag: 11. November 1999

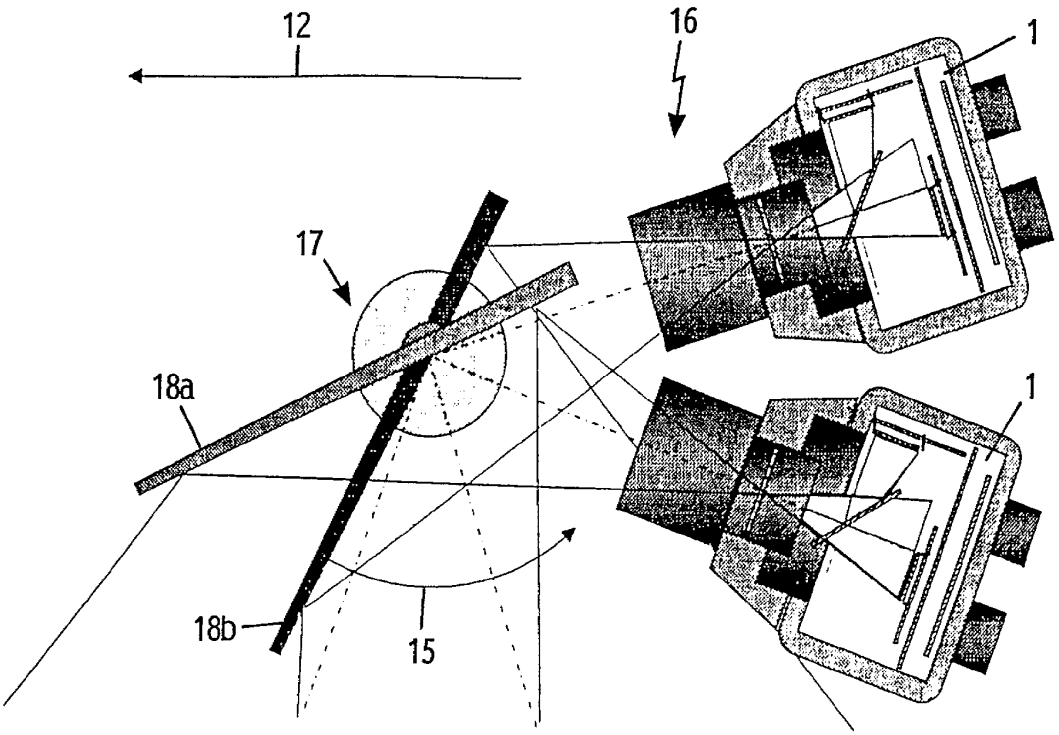


Fig. 5a

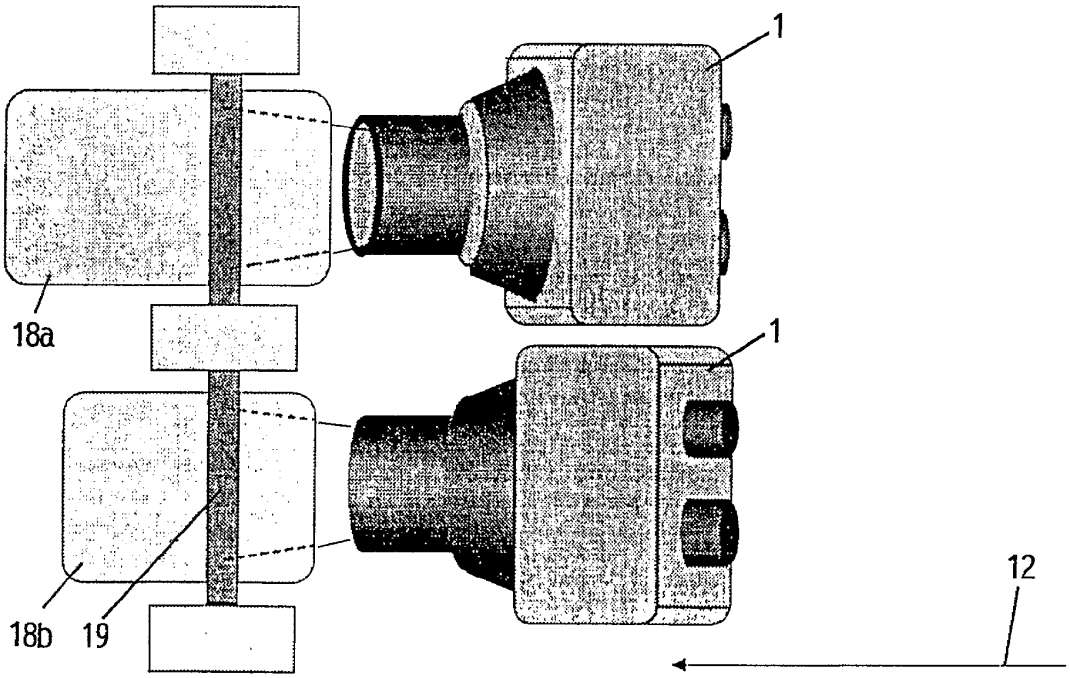


Fig. 5b

Nummer: **DE 198 16 561 C1**
Int. Cl.[6]: **H 04 N 1/028**
Veröffentlichungstag: 11. November 1999

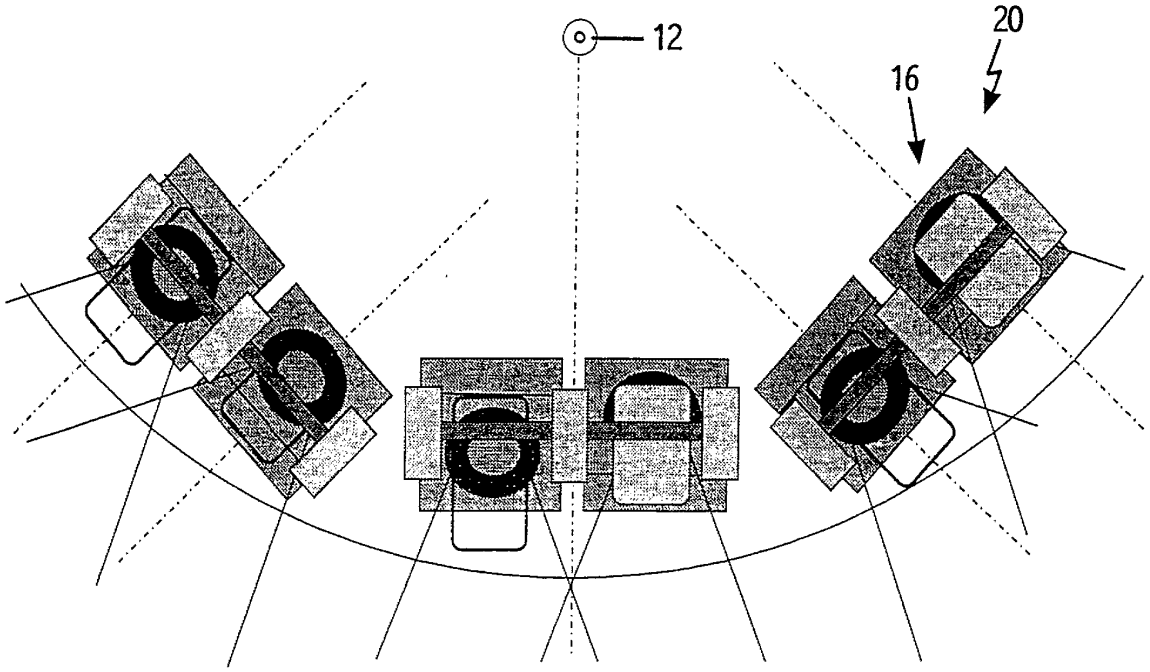


Fig. 6

Nummer: **DE 198 16 561 C1**
Int. Cl.[6]: **H 04 N 1/028**
Veröffentlichungstag: 11. November 1999

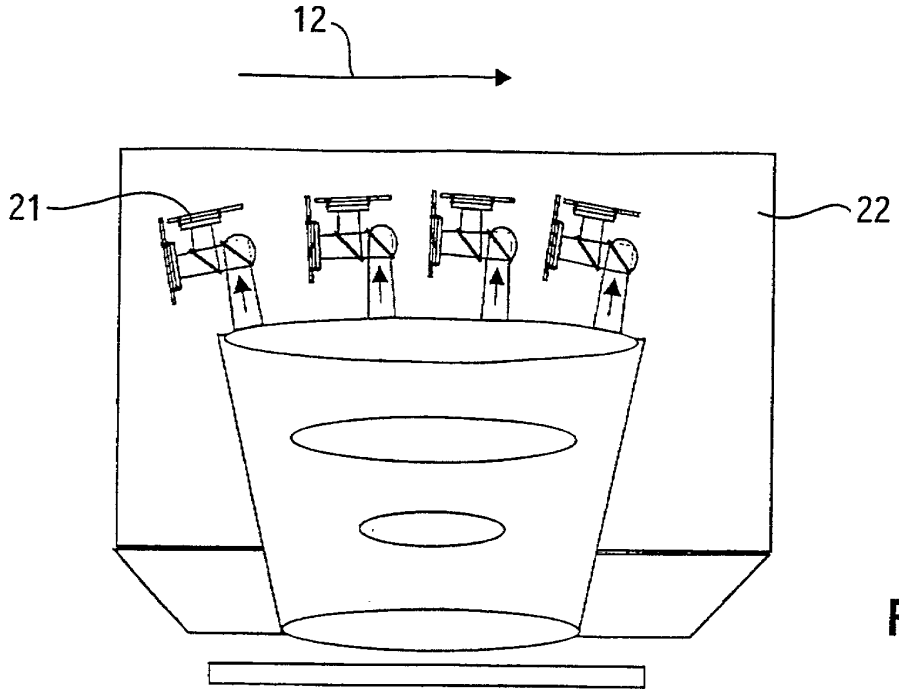


Fig. 7a

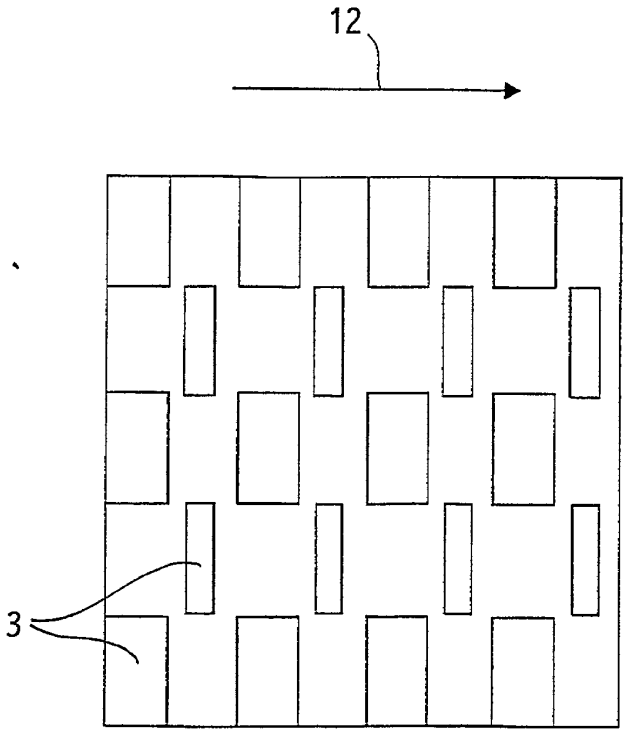


Fig. 7b

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 199 50 465 A 1**

(51) Int. Cl.[7]: **G 03 B 37/00**

(21) Aktenzeichen: 199 50 465.2
(22) Anmeldetag: 20. 10. 1999
(43) Offenlegungstag: 2. 11. 2000

DE 199 50 465 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

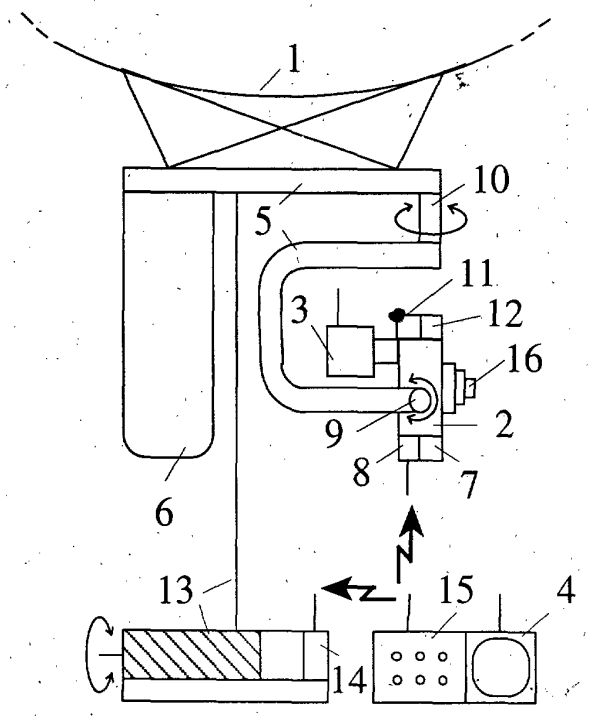
(71) Anmelder:
König, Michael, Dr., 82340 Feldafing, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Vorrichtung zur ferngesteuerten Aufnahme von Luftbildern hoher Auflösung

(57) Luftbilder hoher Auflösung, insbesondere von Gebäuden, konnten bisher nur von Kleinflugzeugen oder Helikoptern aufgenommen werden. An Bord sind mindestens zwei Besatzungsmitglieder - Pilot und Luftbildfotograf. Dieses Verfahren ist aufwendig und kostspielig. Die neue Vorrichtung soll den technischen und personellen Aufwand reduzieren und Betriebskosten senken.
An einer Seilwinde (13) hängt ein mit Heliumgas gefüllter, kleiner Fesselballon (1) und transportiert einen Montagerahmen (5) mit Leitwerk (6), Akku (7), Luftbildkamera (2), Videokameramodul (3), Mehrkanalfunkempfänger (8), Getriebemotoren (9, 10) und Servos (11, 12) in 20 bis 500 Meter Höhe. Am Sucher der Luftbildkamera (2) ist ein Videokameramodul (3) montiert, dessen Videosignal zu einem Monitor (4) am Boden gefunkt wird. Vom Boden sendet eine Funkfernsteuerung (15) die Steuersignale an die Mehrkanalfunkempfänger (9, 14) für Seilwinde (13), Getriebemotoren (9, 10) und Servos (11, 12). Getriebemotoren (9, 10) richten die Luftbildkamera (2) aus. Servos (11, 12) betätigen Zoomobjektiv (16) und Auslöser. Die Vorrichtung ist von einer Person zu bedienen. Luftbilder werden mit geringerem technischen und personellen Aufwand und niedrigeren Betriebskosten aufgenommen.
Aufnahme von Luftbildern hoher Auflösung.



DE 199 50 465 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur ferngesteuerten Aufnahme von Luftbildern hoher Auflösung aus geringer Höhe (20–500 Meter), insbesondere von Gebäuden, Dörfern, Städten und Landschaften. Solche Luftbilder werden in der Regel bisher nur mit mehrköpfiger Besatzung von tiefliegenden Flugzeugen und Helikoptern, verbunden mit hohem technischen Aufwand und hohen Betriebskosten aufgenommen.

Weiterer Aufwand ist erforderlich, um bei Flugzeugen den Einfluß der Eigenbewegung auf die Luftbildaufnahme zu kompensieren. Damit befassen sich z. B. die Druckschriften DE 36 21 897 A1, DE 37 08 683 A1 und DE 40 07 713 C2. Die Nutzung und der Vertrieb solcher mit großem Aufwand gewonnener Luftbilder sind daher bisher weitgehend auf gewerbliche Kunden beschränkt.

In der Druckschrift DE 197 19 620 A1 wird ein Verfahren zur Erstellung, Bearbeitung und Nutzung von Luftbildaufnahmen vorgestellt, das ein flächendeckendes Angebot von Luftbildern durch Verbreitung über neue elektronische Medien (z. B. Internet) verspricht. Für bestimmte gewerbliche und planerische Anwendungen, bei denen es nicht auf hohe Auflösung und damit hohe Bildqualität ankommt, mag dieses Verfahren genügen. Für Aufnahmen, die auch höchsten Ansprüchen gerecht werden sollen, muß jedes Objekt, insbesondere jedes Gebäude mit einer hochauflösenden Kamera aufgenommen werden. Dies bedeutet in der Praxis, daß jedes Objekt gezielt angeflogen werden muß, wodurch wiederum die oben erwähnten hohen Betriebskosten anfallen.

Die in den Druckschriften DE 196 45 981 C2 und DE 44 36 419 A1 vorgestellten Vorrichtungen und Verfahren beziehen sich auf vom Boden aus funkferngesteuerte Fluggeräte (Drohnen, Modellsegelflugzeuge mit E-Antrieb). Drohnen sind ferngesteuerte Fluggeräte, die zur zivilen oder militärischen Überwachung und Aufklärung von unübersichtlichen Geländen eingesetzt werden. Sie sind betriebstechnisch noch aufwendiger als normale Kleinflugzeuge, die zur Luftbildaufnahme aus geringer Höhe eingesetzt werden. Außerdem sind sie nicht darauf ausgelegt, Luftbilder von hoher fotografischer Auflösung zu liefern, weil sie sich viel zu schnell bewegen. Ferngesteuerte Modellsegelflugzeuge haben auch bei geringer Flughöhe eine nicht zu vernachlässigende Lateralgeschwindigkeit. Dies erschwert auch die exakte Einstellung des Aufnahmeobjektes, daher ist dieses Verfahren wohl nur zur Erstellung von Übersichtsaufnahmen geeignet. Außerdem ist die Person, die die Fernsteuerung des Modellflugzeuges bedient, mit dem Manövrieren des Modellflugzeuges schon ausgelastet.

Da für alle vorgenannten Verfahren in der Praxis das Problem besteht, ein bestimmtes Aufnahmeobjekt nicht in aller Ruhe einstellen zu können, wird oft ein wesentlich größerer Bereich um das Aufnahmeobjekt abgelichtet. Das eigentliche Objekt muß dann später auf fototechnischem Wege aus der Rohaufnahme ausgeschnitten werden, wodurch einiges an Auflösungsqualität des Luftbildes verloren geht.

Demgegenüber ist es die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur ferngesteuerten Aufnahme von Luftbildern hoher Auflösung zu entwickeln, die mit erheblich geringerem personellen und betriebstechnischen Aufwand bedient werden kann, und die der bedienenden Person die nötige Ruhe und Zeit läßt, den Bildausschnitt für das Aufnahmeobjekt bereits bei der Aufnahme exakt einzustellen und damit das maximale Auflösungsvermögen des verwendeten Abbildungsmediums auszuschöpfen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit Hilfe einer an einem mit Heliumgas gefüllten Fesselballon (**1**) hängenden,

funkferngesteuerten Luftbildkamera (**2**), deren Sucherbild durch ein Videokameramodul (**3**) per Funksignal zu einem Monitor (**4**) am Boden übertragen wird, gelöst. Dadurch kann vom Boden aus das Motiv der Luftbildkamera genau eingestellt werden. Die Vorrichtung ist von einer Person zu bedienen.

Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung wird der Montagerahmen (**5**), an dem die Luftbildkamera (**2**) befestigt ist, durch ein Leitwerk (**6**) in seiner räumlichen Lage stabilisiert. Der Montagerahmen und das Leitwerk werden aus Aluminium, glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK), Kohlenstoffaser oder einem beliebigen anderen Material mit hoher Stabilität und geringem Gewicht gefertigt. Der Fesselballon kann auch in Form eines Zeppelins ausgeführt werden, dessen horizontale und vertikale Heckleitwerke in der Ballonform integriert sind.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung erläutert. **Fig.** 1 zeigt die Vorrichtung mit allen wesentlichen Komponenten. Nach Befüllen des Fesselballons (**1**) mit einer ausreichenden Menge Ballongas wird die oben beschriebene Nutzlast daran befestigt. Der Fesselballon (**1**) mit Nutzlast wird über ein Seil mit der Winde (**13**) verbunden. Diese Seilwinde (**13**) ist durch einen Mehrkanalfunkempfänger (**14**) von der Funkfernsteuerung (**15**) aus bedienbar. Die Getriebemotoren (**9**, **10**) und Servos (**11**, **12**) sind durch den Mehrkanalfunkempfänger (**8**) ebenfalls von der Funkfernsteuerung (**15**) aus bedienbar. Alle weitere Bedienung erfolgt nun von der Funkfernsteuerung (**15**) mit integriertem Monitor (**4**). Die Seilwinde (**13**) wird betätigt, bis der Fesselballon (**1**) die gewünschte Höhe erreicht hat. Durch das Leitwerk des Fesselballons nimmt die Vorrichtung eine stabile Lage in der Luft ein. Die Getriebemotoren und der Servo (**12**) des Zoomobjektivs (**16**) werden nun solange betätigt, bis auf dem Monitor (**4**) das gewünschte Fotomotiv eingestellt ist. Dann wird der Servo (**11**) des Auslösers der Luftbildkamera (**2**) betätigt und das Luftbild aufgenommen. Im Falle der Verwendung einer fotografischen Emulsion hat die Luftbildkamera (**2**) einen automatischen Filmtransport, sodaß die Luftbildkamera (**2**) nun für die Aufnahme des nächsten Objektes bereit ist. Nach Aufnahme aller gewünschten Objekte wird der Fesselballon (**1**) über die Seilwinde (**13**) wieder eingeholt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Aufnahme von Luftbildern hoher Auflösung aus geringer Flughöhe von Objekten, wie Gebäuden, Dörfern, Städten, Landschaften, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Sucherbild einer vom Boden funkferngesteuerten Luftbildkamera (**2**), die an einem Fesselballon (**1**) hängt, durch ein Videokameramodul (**3**) per Funksignal zu einem Monitor (**4**) am Boden übertragen wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftbildkamera (**2**) in einem Montagerahmen befestigt ist, wodurch die Luftbildkamera (**2**) beliebig um eine horizontale und eine vertikale Achse durch vom Boden aus funkferngesteuerte Getriebemotoren (**9**, **10**) ausgerichtet werden kann.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftbildkamera (**2**) ein Zoomobjektiv (**16**) hat, welches vom Boden aus funkferngesteuert werden kann.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslöser der Luftbildkamera (**2**) vom Boden aus funkferngesteuert werden kann.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Luftbildkamera (**2**) den Film mit der fotografischen Emulsion nach jeder Aufnahme automatisch weitertransportiert.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftbildkamera (**2**) eine elektronische Digitalkamera ist mit einem hochauflösenden CCD (Charge Coupled Device) und einem digitalem Festspeicher RAM (Random Access Memory), der mehrere Bilder zwischenspeichern kann.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftbildkamera (**2**) als Digitalkamera die elektronischen Bilder automatisch per Funk an einen digitalen Empfänger (Computer) am Boden überträgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Montagerahmen (**5**) aus Aluminium oder GFK (glasfaserverstärktem Kunststoff) oder Kohlenstoffaser oder einem beliebigen anderen Material mit hoher Stabilität und geringem Gewicht gefertigt ist.

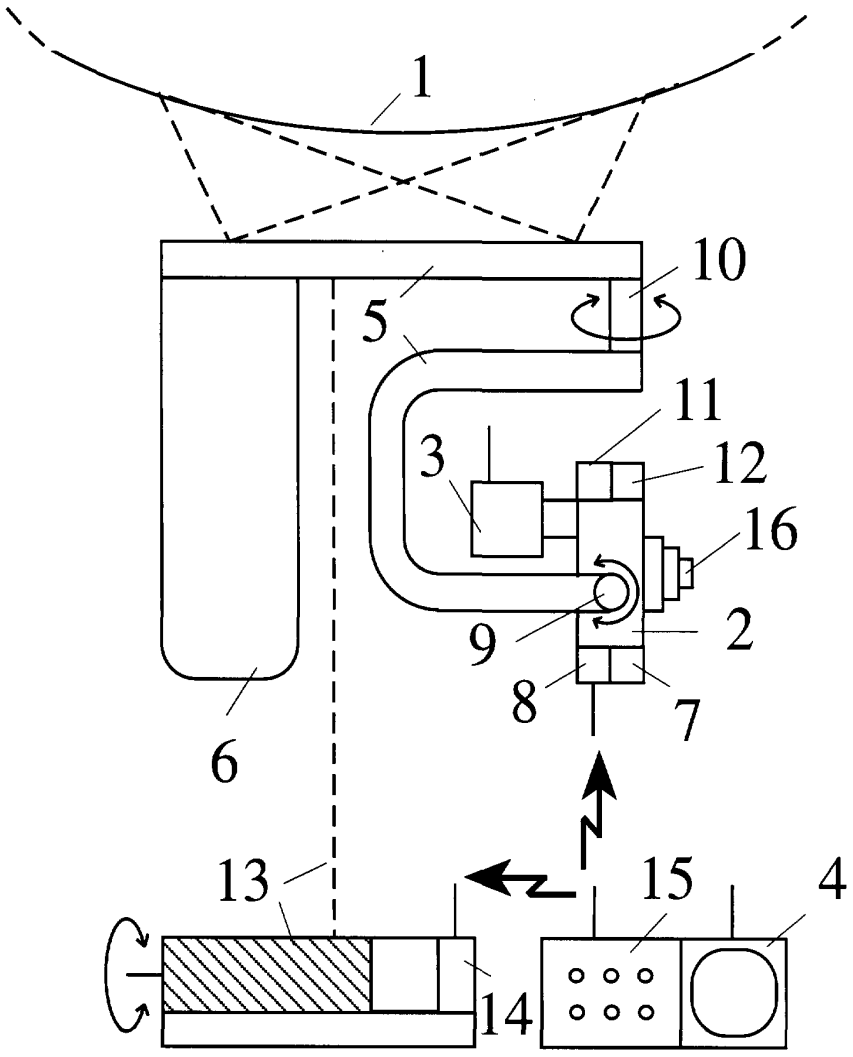
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fesselballon (**1**) die Form eines Zeppelins hat, dessen horizontale und vertikale Heckleitwerke in der Ballonform integriert sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fesselballon (**1**) mit einer vom Boden aus funkferngesteuerten Seilwinde (**13**) auf- und abbewegt werden kann.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 199 50 465 A1**
Int. Cl.[7]: **G 03 B 37/00**
Offenlegungstag: 2. November 2000

Fig. 1



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 199 57 495 A 1**

(51) Int. Cl.[7]:
G 03 B 37/00
G 03 B 43/00
G 01 C 11/10
G 01 C 19/64

(21) Aktenzeichen: 199 57 495.2
(22) Anmeldetag: 19. 11. 1999
(43) Offenlegungstag: 13. 6. 2001

DE 199 57 495 A 1

(71) Anmelder:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 53175 Bonn, DE; LH Systems GmbH, Heerbrugg, CH

(74) Vertreter:
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489 Berlin

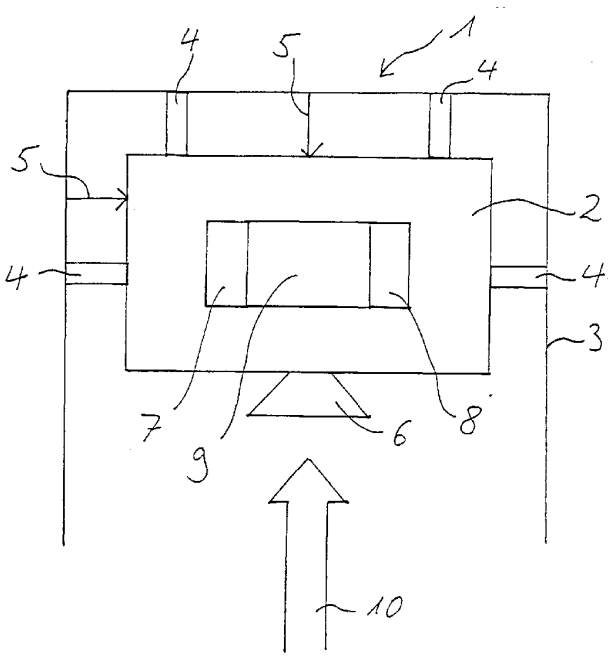
(72) Erfinder:
Eckardt, Andreas, 12524 Berlin, DE; Fricker, Peter, Rebstein, CH

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras (2), umfassend Mittel zur mechanischen Aufnahme der Luftbildkamera (2), Stellglieder zur Auslenkung der Luftbildkamera (2), eine Positionserfassungseinrichtung (7) und ein inertiales Navigationssystem (8), die mechanisch starr zueinander in oder an der Luftbildkamera (2) angeordnet sind, und eine optische Teststruktur (10), wobei die Stellglieder über eine Ansteuerelektronik ansteuerbar sind, die Auslenkung der Luftbildkamera (2) über die Positionserfassungseinrichtung (7) und das inertiale Navigationssystem (8) erfaßbar ist, eine Aufnahme der optischen Teststruktur (10) unter zur Hilfenahme der Daten der Positionserfassungseinrichtung (7) und des inertialen Navigationssystems (8) korrigierbar und mit einer Sollbildaufnahme vergleichbar ist.



DE 199 57 495 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und die Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras.

Bei filmbasierenden oder digitalen Luftbildkameras ist sowohl eine geometrische als auch eine radiometrische Kalibrierung notwendig.

Dabei werden zur geometrischen Kalibrierung die Abbildungseigenschaften der Kamera herangezogen, um eine Mindestzahl von Linienpaaren pro Millimeter bezogen auf den Ort im Bildfeld zu bestimmen. Des weiteren wird hierzu beispielsweise ein Spalt oder ein durch ein Gitter erzeugtes Beugungsmuster verschoben und zur geometrischen Kalibrierung verwendet. Weiter ist auch die Verwendung von Lochblenden bekannt. Dabei werden die an der Lochblende erzeugten Besselfunktionen einer Szene ausgewertet, die Aussagen über die geometrische Abbildung enthält.

Bei all diesen Verfahren ist man bestrebt, die geometrischen Abbildungseigenschaften der Kamera in bezug auf das innere Koordinatensystem des Sensors auf die äußeren Koordinaten pixelweise zu bestimmen. Mit Hilfe der verschiedenen Verfahren kann dann die MTF der Kamera über das komplette 2 D-Blickfeld pixel- oder punktweise bestimmt werden. Mittels der externen Anbindung an die Kamerakoordinaten erhält man somit die geometrische Kalibrierung eines jeden Pixels oder Punktes.

Die radiometrische Kalibrierung erfolgt beispielsweise mittels Eichstrahlern oder Monochromateren, wobei neben der radiometrischen Auflösung auch spektrale Eigenschaften der Kamera bestimmt werden.

Aus der DE 197 27 281 C1 ist eine Vorrichtung zur geometrischen Kalibrierung von CCD-Kameras bekannt, umfassend eine kohärente Lichtquelle und ein synthetisches Hologramm zur Erzeugung einer wohldefinierten Teststruktur, wobei die kohärente Lichtquelle und das Hologramm derart zueinander angeordnet sind, daß bei Beleuchtung des Hologramms durch die kohärente Lichtquelle das Hologramm eine 3D-Teststruktur um die Fokalebene der CCD-Kamera herum erzeugt. Prinzipiell ist es denkbar, die Hologramme auch derart auszubilden, so daß diese auch zur radiometrischen Kalibrierung benutzt werden können.

Nachteilig an allen bekannten Arten der Kalibrierung ist, daß zwar die Kamera kalibriert wird, die Einbindung in das Gesamtsystem, beispielsweise beim Einbau in ein Flugzeug, unberücksichtigt bleibt.

Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras zu schaffen, mittels derer eine umfassende Kalibrierung unter Berücksichtigung des Gesamtsystems möglich ist.

Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Gegenstände mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 7. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Hierzu umfaßt die Vorrichtung Mittel zur mechanischen Aufnahme der Luftbildkamera, Stellglieder zur Auslenkung der Luftbildkamera, eine Positionserfassungseinrichtung und ein inertiales Navigationssystem, die mechanisch starr zueinander in oder an der Luftbildkamera angeordnet sind, die Auslenkung der Luftbildkamera über die Positionserfassungseinrichtung und das inertiale Navigationssystem erfaßbar ist, eine Aufnahme der optischen Teststruktur unter zur Hilfenahme der Daten der Positionserfassungseinrichtung und des inertialen Navigationssystems korrigierbar und mit einer Sollbildaufnahme vergleichbar ist, so daß neben der herkömmlichen geometrischen und radiometrischen Kalibrierung auch das inertiale Navigationssystem und die Positionserfassungseinrichtung, sowie deren Justierung zueinander kalibriert werden. Dadurch ergibt sich auch eine Kalibrierung hinsichtlich Flugbewegungen bzw. Flugrestbewegungen, falls die Kamera im Flugzeug stabilisiert wird. Bei filmbasierenden Luftbildkameras, die nicht notwendigerweise mit einem inertialen Navigationssystem ausgebildet sein müssen, kann somit auch die Forward Motion Compensation FMC beurteilt werden. Bei digitalen Luftbildkameras ist hingegen das inertiale Navigationssystem zwingend notwendig, da die Daten des INS zur Korrektur der Bilddaten benötigt werden. Wird nun beispielsweise mittels eines Hologramms ein 3D-Testmuster in Form eines ins unendliche abzubildenden Spalts auf die Kamera geworfen, so muß nach der Korrektur durch die Daten der Positionserfassungseinrichtung und des inertialen Navigationssystems wieder der gerade Spalt als Aufnahme erhalten werden. Aus gegebenenfalls vorhandenen Abweichungen kann dann auf eine relative Verschiebung der Positionserfassungseinrichtung zum inertialen Navigationssystem geschlossen werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind Mittel zur Aufnahme der Luftbildkamera als federelastisches Befestigungsmittel ausgebildet.

Die Stellglieder sind vorzugsweise als Piezoelemente ausgebildet, die mit geringem Steuerungsaufwand präzise Bewegungen der Luftbildkamera erlauben.

Die Positionserfassungseinrichtung ist vorzugsweise als GPS- oder DGPS-Empfänger ausgebildet. Das inertiale Navigationssystem ist in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform als Gyro-Kreisel ausgebildet.

Vorzugsweise wird die optische Teststruktur mittels eines Hologramms gebildet, mittels dessen die geometrischen und radiometrischen Eigenschaften der Kamera bestimmbar sind. Im einfachsten Fall erzeugt das Hologramm einen ins unendlichen abgebildeten Spalt, über dessen Verschiebung die Kamera flächenhaft ausgemessen werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispieles näher erläutert. Die einzige Figur zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras.

Die Vorrichtung **1** zur Kalibrierung einer Luftbildkameras **2** umfaßt ein Gehäuse **3**, federelastische Befestigungselemente **4** und Piezoelemente **5**. Die Luftbildkamera **2** umfaßt ein Objektiv **6**, eine Positionserfassungseinrichtung **7** und ein inertiales Navigationssystem **8**, die mittels einer Justageeinrichtung **9** mechanisch starr miteinander verbunden sind. Die federelastischen Befestigungsmittel **4** und die Piezoelemente **5** sind in X-, Y- und Z-Richtung zur Luftbildkamera **2** angeordnet, wobei in der Darstellung die Z-Richtung nicht dargestellt ist. Des weiteren sind die Piezoelemente **5** mit einer Ansteuerelektronik verbunden, die die Piezoelemente **5** in mechanische Schwingungen versetzen, wobei die Ansteuerelektronik dabei vorzugsweise ein Frequenzspektrum der Zielflugzeugklassen nachbildet.

Zur Kalibrierung wird die Luftbildkamera **2** mittels der federelastischen Mittel an dem Gehäuse **3** befestigt. Mittels eines Mustergenerators wird eine optische Teststruktur **10** erzeugt, mittels derer eine geometrische und radiometrische Kalibrierung der Luftbildkamera erfolgt. Über die Piezoelemente **5** wird dann eine Bewegung entlang der 6 Freiheitsgrade erzeugt. Diese Bewegungen werden von der Positionserfassungseinrichtung **7** und dem inertialen Navigationssystem **8** erfaßt. Bei der ausschließenden Bildauswertung werden die aufgenommenen Bilddaten mittels der Daten der Positionserfassungseinrichtung **7** und des inertialen Navigationssystems **8** korrigiert, so daß im Idealfall die unbewegte Teststruktur **10** erscheint. Weist hingegen die Struktur einen konstanten Versatz auf, so läßt dieser auf einen konstanten Offset schließen, der in der Gesamtübertragungsfunktion der Luftbildkamera **2** berücksichtigt werden kann. Variiert

der Versatz hingegen, so ist dies ein Anzeichen dafür, daß die mechanische Verbindung zwischen Positionserfassungseinrichtung **7** und dem inertialen Navigationssystem **8** nicht starr ist und korrigiert werden muß. Als Ergebnis erhält somit die Gesamtübertagungsfunktion der Luftbildkamera **2**, deren geometrische und radiometrische Kalibrierung, die Güte der Positionserfassungseinrichtung **7**, des inertialen Navigationssystems **8** und deren Justierung zueinander, sowie die Güte der Auswertesoftware.

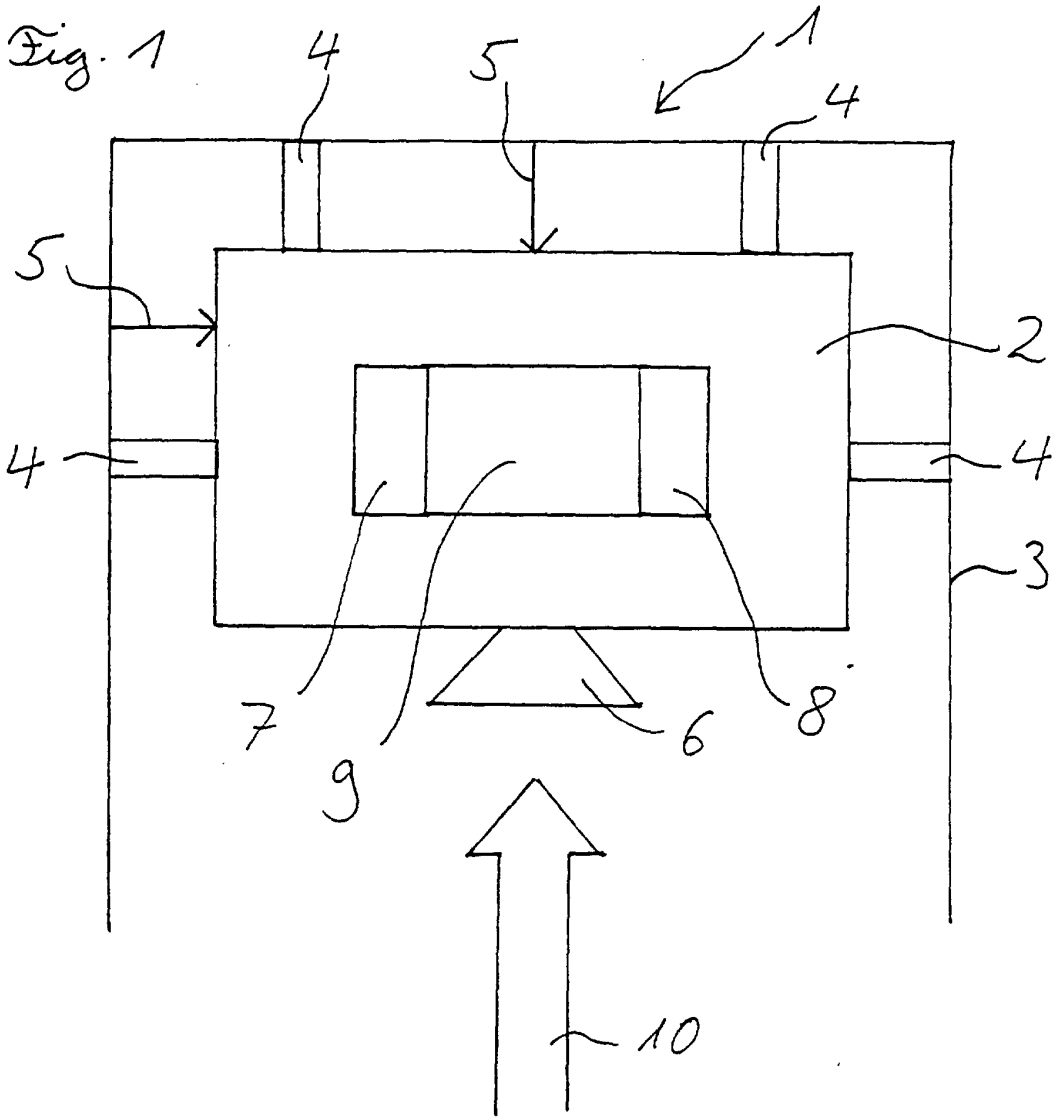
Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras (**2**), umfassend Mittel zur mechanischen Aufnahme der Luftbildkamera (**2**), Stellglieder zur Auslenkung der Luftbildkamera (**2**), eine Positionserfassungseinrichtung (**7**) und ein inertiales Navigationssystem (**8**), die mechanisch starr zueinander in oder an der Luftbildkamera (**2**) angeordnet sind, und eine optische Teststruktur (**10**), wobei die Steilglieder über eine Ansteuerelektronik ansteuerbar sind, die Auslenkung der Luftbildkamera (**2**) über die Positionserfassungseinrichtung (**7**) und das inertiale Navigationssystem (**8**) erfaßbar ist, eine Aufnahme der optischen Teststruktur (**10**) unter zur Hilfenahme der Daten der Positionserfassungseinrichtung (**7**) und des inertialen Navigationssystems (**8**) korrigierbar und mit einer Sollbildaufnahme vergleichbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Aufnahme der Luftbildkamera als federelastische Befestigungsmittel (**4**) ausgebildet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellglieder als Piezoelemente (**5**) ausgebildet sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionserfassungseinrichtung (**7**) als GPS- oder als DGPS-Empfänger ausgebildet ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das inertiale Navigationssystem (**8**) als Gyrokreisel ausgebildet ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Teststruktur (**10**) als Hologramm ausgebildet ist.
7. Verfahren zur Kalibrierung von Luftbildkameras (**2**) mittels einer Vorrichtung (**1**), umfassend folgende Verfahrensschritte:
   a) Erzeugen einer Bewegung der Luftbildkamera (**2**) durch die durch die Ansteuerelektronik beaufschlagten Stellglieder,
   b) Aufnehmen der optischen Teststruktur (**10**) durch die bewegte Luftbildkamera (**2**),
   c) Bestimmen aller Freiheitsgrade der Luftbildkamera (**2**) durch die Positionserfassungseinrichtung (**7**) und das inertiale Navigationssystem (**8**),
   d) Berechnung einer bewegungskompensierten Aufnahme mittels der Daten aus Verfahrensschritt c) und
   e) Vergleichen der Aufnahme gemäß Verfahrensschritt d) mit einer Sollaufnahme der optischen Teststruktur (**10**).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 199 57 495 A1**
Int. Cl.[7]: **G 03 B 37/00**
Offenlegungstag: 13. Juni 2001

Fig. 1



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(10) **DE 201 08 629 U 1**

(51) Int. Cl.[7]:
G 03 B 37/00
H 04 N 5/232
H 04 N 5/247
G 03 B 17/56
H 04 N 7/18

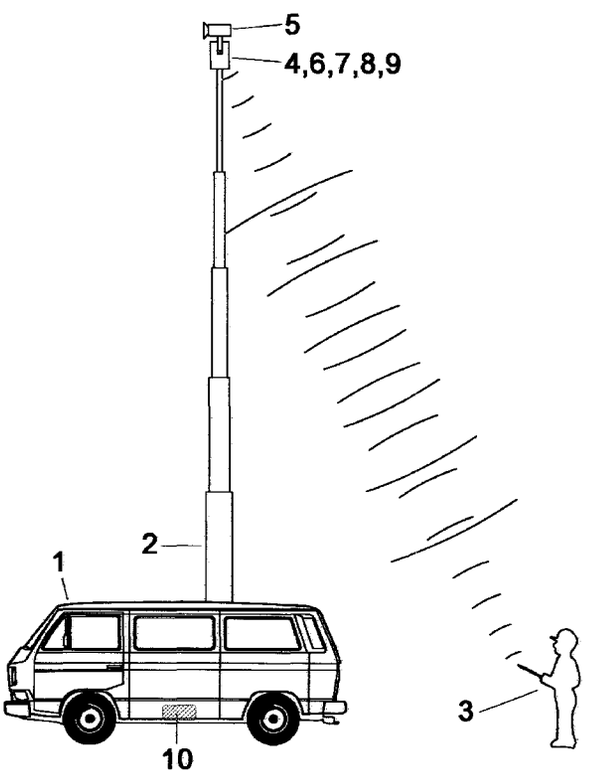
(21) Aktenzeichen: 201 08 629.8
(22) Anmeldetag: 14. 5. 2001
(47) Eintragungstag: 11. 10. 2001
(43) Bekanntmachung im Patentblatt: 15. 11. 2001

DE 201 08 629 U 1

(73) Inhaber:
Schnepel, Jürgen, 10245 Berlin, DE

(54) Aufnahme- und Bedieneinheit zur Herstellung von Luftbildern mittels eines Teleskopmastes

(57) Einrichtung zur Aufnahme und Auswertung von Bild- und/oder Tonereignissen im Luftraum, bei der als Stativ ein ausfahrbarer Teleskopmast benutzt wird, an dessen oberem Ende sich eine Aufnahmeeinheit mit einer oder mehreren mit ihr verbundenen Bild- und/oder Tonaufnahmegeräten befindet, deren mechanische und elektrische Funktionen von einer Person in Bodennähe mit Hilfe einer Bedieneinheit gesteuert werden kann, gekennzeichet dadurch, daß die Signalübertragung zwischen der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes und der Bedieneinheit in Bodennähe in beide Richtungen drahtlos erfolgt; daß für den Betrieb der Anlage an der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes und der Bedieneinheit in Bodennähe keine Kabel zur Übertragung von Steuer-Bild- und/oder Tonsignalen zwischen beiden Einheiten angeschlossen werden müssen; daß die Bedieneinheit in Bodennähe als tragbare, mechanisch und elektrisch unabhängige Einheit betrieben werden kann; daß die Bedieneinheit in Bödennähe alte Elemente zur mechanischen und elektrischen Steuerung und Kontrolle und Auswertung des Bild- und/oder Tonaufnahmevorganges enthält.



DE 201 08 629 U 1

Aufnahme- und Bedieneinheit zur Herstellung von Luftbildern vom Boden aus mittels eines Teleskopmastes als Stativ

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufnahme und Auswertung von Bild- und/oder Tonereignissen im Luftraum mit Hilfe eines als Stativ dienenden Teleskopmastes.

Mit dieser Vorrichtung ist es möglich, sogenannte "Hochbilder - Luftbilder vom Boden aus" preiswerter und schneller zu erstellen, als dies mit herkömmlichen Luftbildaufnahmen aus Flugzeugen heraus gemacht werden kann.

Das dabei hauptsächlich zu lösende Problem ist die Fernsteuerung und Kontrolle des Aufnahmevorganges.

Die Druckschrift DE 40 31 465 stellt zur Anfertigung von Aufnahmen im Luftraum ein System auf der Basis eines fernsteuerbaren mit Bild- und Datenaufnahmevorrichtungen und/oder Kameras ausgerüsteten Modellhubschraubers vor. Die bei seiner Anwendung auftretenden Probleme durch den Einfluß der Eigenbewegung des Flugzeuges auf die Qualität der erhaltenen Aufnahmen diskutiert die Druckschrift DE 199 50 465 und schlägt als Alternative die Anwendung eines mit Helium gefüllten Fesselballons vor.

Die Druckschriften DE 37 26 065 und DE 199 29 217 stellen ein System vor, in dem ein Teleskopmast an einem Kraftfahrzeug befestigt ist. An seinem oberen Ende befindet sich eine Aufnahmeeinheit in der Form eines klimatisierten, geräuschmindernden und erschütterungsfreien Gehäuses mit selbstreinigenden Scheiben. Dieses in seiner Ausgestaltung sehr spezialisierte System sieht eine mechanische Verbindung der Bedieneinheit mit dem Fahrzeug vor und verwendet für die elektrische Kopplung der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes mit der Bedieneinheit am Fahrzeug flexible Kabel.

In der Druckschrift DE 298 11 776 wird eine ähnliche Anlage auf der Basis eines Anhängerfahrzeuges vorgestellt. Auch sie geht von einer konstruktiven Verbindung der Bedieneinheit mit dem Fahrzeug aus und beschreibt die Stromversorgung der Schwenk-Neige- und Zoommotoren in der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes ebenfalls als von der Bedieneinheit im Anhängerfahrzeug durch Kabel erfolgend.

Dieser Stand der Technik erweist sich in mehrfacher Hinsicht als nachteilig:

- Das Auseinander- und Zusammenlegen des langen, mehradrigen und flexiblen Verbindungskabels muß, um Verknotungen zu vermeiden, sehr sorgfältig geschehen. Besonders bei mehreren aufeinander folgenden Aufnahmen von verschiedenen Objekten mit den dazu notwendigen, sich ständig wiederholenden Aus- und Einfahrvorgängen des Teleskopmastes ist die Handhabung des Kabels zeitaufwendig.
- Bei niedrigeren Temperaturen wird eine zügige Arbeit durch die zunehmende Steifigkeit des Kabels zusätzlich behindert.
- Die durch die Konstruktion und Materialauswahl des Teleskopmastes begrenzte maximale Lasttragfähigkeit an seiner Spitze wird durch das Eigengewicht des an der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes befestigten und herunterhängenden Kabels zusätzlich verringert.
- Das beim Betrieb häufig notwendige An- und Abziehen der Steckverbindungen von der Aufnahme- und/oder der Bedieneinheit erhöht den Verschleiß und die Gefahr von Kabelbrüchen.
- Der Betrieb des ausgefahrenen Teleskopmastes ohne die Verwendung von Abspannungsseilen ist prinzipiell unter Beachtung bestimmter Rahmenbedingungen möglich und bringt wesentliche Zeitvorteile gegenüber einer Abspannung. Ist die

Bedieneinheit aber mit dem Fahrzeug verbunden, führen Bewegungen der Bedienungsperson zu Gewichtsverlagerungen und je nach Feder- und Bereifungszustand des Fahrzeuges zu nicht unerheblichen Schwankungen des Mastes.

DE 199 29 217 beschreibt das dort vorgestellte System als eine preiswerte Alternative zu Aufnahmen aus Luftfahrzeugen. Diese Preiswertigkeit wird neben den geringeren Investitions- und Betriebskosten der Anlage gegenüber einem Flugzeug in erheblichem Maße auch von der zu erreichenden, maximal möglichen Arbeitsgeschwindigkeit des Systems, seiner Zuverlässigkeit und seiner Sicherheit im Dauerbetrieb bestimmt.

Durch die vorliegende Erfindung sollen die Mängel der bekannten Systeme umgangen werden. Ihre Aufgabe ist die Vereinfachung und Beschleunigung der Bedienung sowie die Erhöhung der Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit der Anlage.

Erreicht wird das durch:

- eine bidirektionale, vollständig drahtlose Übertragung aller Steuer-, Bild- und Tonsignale zwischen der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes und der Bedieneinheit zur Steuerung und Auswertung des Aufnahmevorganges in Bodennähe;
- autarke Stromversorgungen der Aufnahme- und der Bedieneinheit;
- der Ausgestaltung der Bedieneinheit als leichte, tragbare, mechanisch und elektrisch unabhängige Einheit.

Die Erfindung und eine vorteilhafte Ausgestaltung werden im folgenden an Hand schematischer Zeichnungen und Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Fahrzeuges **1**, ein an ihm befestigter Teleskopmast **2**, die bedienende Person **3**.

Fig. 2 die Bedieneinheit.

Der Teleskopmast **2** ist im ausgeführten Beispiel an einem Fahrzeug **1** befestigt und trägt an seinem oberen Ende die Aufnahmeeinheit **4** mit den Bild- und Tonaufnahmegeräten **5**, den zur Signalübertragung von und zur Bedieneinheit in Bodennähe dienenden Sende- **6** und Empfangseinrichtungen **7**, der Stromversorgung **8** und den zur Änderung der Aufnahmerichtung der Aufnahmegeräte dienenden Motoren **9**. Der Teleskopmast kann, wie im vorliegenden Fall aus 5 oder auch mehr Segmenten bestehen. Ein bevorzugtes Material ist Aluminium. Die Segmente des Teleskopmastes werden im vorliegenden Fall pneumatisch ausgefahren. Die vorgespannte Luft dafür wird im dargestellten Beispiel durch einen Kompressor **10** im Fahrzeug erzeugt.

Die Bedieneinheit **11** in **Fig. 2** enthält die Stromversorgung **12**, die der Signalübertragung von und zur Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes dienenden Sende- **13** und Empfangseinrichtungen **14.** Die Hebel **15** und **16** dienen zur Steuerung der Aufnahmerichtung der Aufnahmegeräte. Die Bedienung der weiteren Funktionen der Aufnahmegeräte (Objektivzoom, Kameraauslöser und/oder weitere) werden durch die Mehrfachschalteranordnung **17** realisiert. Der Monitor **18** dient der visuellen Kontrolle des Aufnahmevorganges. Über die elektrischen Anschlüsse **19** können bei Bedarf weitere, externe Auswerte- und Bedienelemente angeschlossen werden.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Aufnahme und Auswertung von Bild- und/oder Tonereignissen im Luftraum, bei der als Stativ ein ausfahrbarer Teleskopmast benutzt wird, an dessen oberem Ende sich eine Aufnahmeeinheit mit einer oder mehreren mit ihr verbundenen Bild- und/oder Tonaufnahmegeräten befindet, deren mechanische und elektrische Funktionen von einer Person in Bodennähe mit Hilfe einer Bedieneinheit gesteuert werden kann, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Signalübertragung zwischen der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes und der Bedieneinheit in Bodennähe in beide Richtungen drahtlos erfolgt; daß für den Betrieb der Anlage an der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes und der Bedieneinheit in Bodennähe keine Kabel zur Übertragung von Steuer- Bild- und/oder Tonsignalen zwischen beiden Einheiten angeschlossen werden müssen; daß die Bedieneinheit in Bodennähe als tragbare, mechanisch und elektrisch unabhängige Einheit betrieben werden kann; daß die Bedieneinheit in Bodennähe alle Elemente zur mechanischen und elektrischen Steuerung und Kontrolle und Auswertung des Bild- und/oder Tonaufnahmevorganges enthält.

2. Einrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der als Stativ dienende Teleskopmast an einem Anhängerfahrzeug befestigt ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der als Stativ dienende Teleskopmast an einem selbstfahrenden Fahrzeug befestigt ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 dadurch gekennzeichnet, daß die drahtlose Signalübertragung zwischen der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes und der Bedieneinheit in Bodennähe ganz oder teilweise durch ein oder mehrere Funkübertragungssysteme realisiert wird.

5. Einrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 dadurch gekennzeichnet, daß die drahtlose Signalübertragung zwischen der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes und der Bedieneinheit in Bodennähe ganz oder teilweise durch ein oder mehrere Infrarotübertragungssysteme realisiert wird.

6. Einrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 dadurch gekennzeichnet, daß die drahtlose Signalübertragung zwischen der Aufnahmeeinheit am oberen Ende des Teleskopmastes und der Bedieneinheit in Bodennähe ganz oder teilweise durch ein oder mehrere Ultraschallübertragungssysteme realisiert wird.

7. Einrichtung 1, 2, 3, 4 ,5 ,6 dadurch gekennzeichnet, daß an die Bedieneinheit in Bodennähe weitere, zusätzliche Geräte zur Steuerung, Kontrolle und Auswertung des Aufnahmevorganges angeschlossen werden können.

Fig. 1

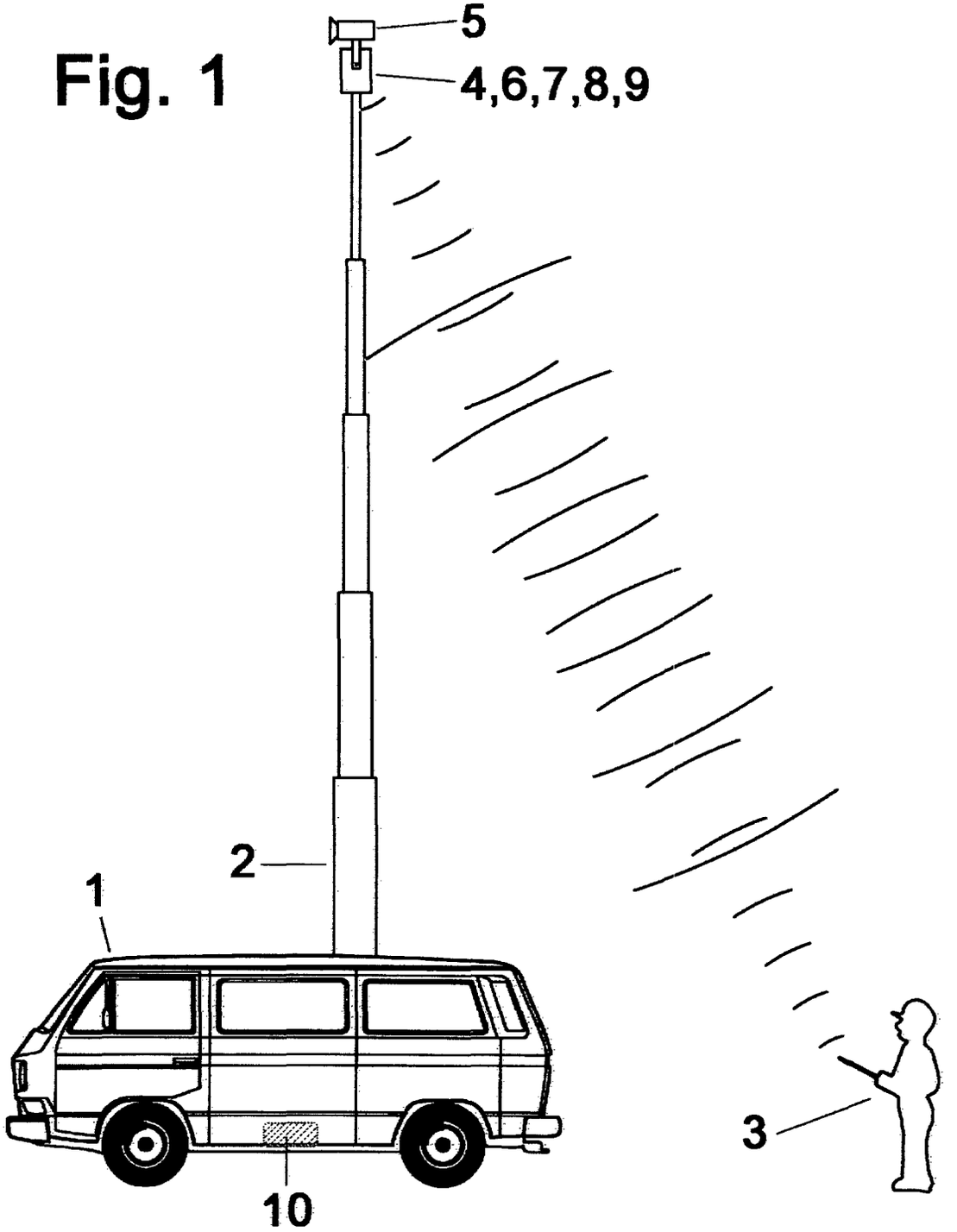
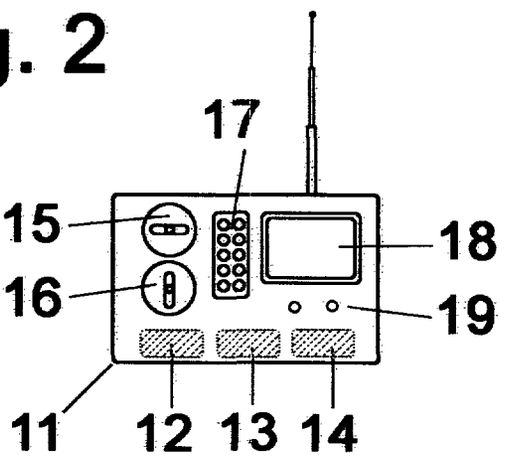


Fig. 2



(51) Int. Cl.: G 03 b, 33/08

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(52) Deutsche Kl.: 57 a, 8/01
57 a, 7/07

(10)
(11)

Offenlegungsschrift 2 155 329

(21) Aktenzeichen: P 21 55 329.7-51
(22) Anmeldetag: 8. November 1971
(43) Offenlegungstag: 17. Mai 1973

Ausstellungspriorität: —

(30) Unionspriorität
(32) Datum: —
(33) Land: —
(31) Aktenzeichen: —

---

(54) Bezeichnung: Aufnahmeverfahren für farbige und multispektrale Luftbilder

(61) Zusatz zu: —

(62) Ausscheidung aus: —

(71) Anmelder: Gans, Wigbert, Dr.-Ing., 5100 Aachen; Vögler, Klaus, Dr. rer. nat., 6000 Frankfurt

Vertreter gem. § 16 PatG: —

(72) Als Erfinder benannt: Erfinder sind die Anmelder

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 2155329

PATENTANWÄLTE

DR. W. SCHALK · DIPL.-ING. P. WIRTH · DIPL.-ING. G. DANNENBERG
DR. V. SCHMIED-KOWARZIK · DR. P. WEINHOLD · DR. D. GUDEL

6 FRANKFURT AM MAIN
GR. ESCHENHEIMER STRASSE 39

5. November 1971
Gu/gm

Dr.Ing. Wigbert Gans
51 Aachen, Hohenstaufenallee 35

Dr.rer.nat.Klaus Völger
6 Frankfurt am Main,Schumannstr. 47

Aufnahmeverfahren für farbige und multispektrale Luftbilder.

Die Erfindung betrifft ein Aufnahmeverfahren für farbige +) Luftbilder unter Verwendung eines Schwarzweißfilms, dessen Bilder in verschiedenen Spektralbereichen belichtet und anschließend unter Vorsatz von Farbfiltern dieser Spektralbereiche übereinander projiziert ein Farbbild ergeben. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Für die Herstellung farbiger Luftbilder von einem Flugzeug aus ist es bekannt, mehrere mit Schwarzweißfilm geladene Kleinkameras in der Bodenluke des Flugzeugs anzuordnen und diese Kameras dann gleichzeitig auszulösen. Jeder dieser Kameras ist ein bestimmtes Farbfilter zugeordnet, so daß gleichzeitig eine entsprechende Anzahl von Schwarzweißbildern aufgenommen wird, die durch den betreffenden

+) und multispektrale

Filtervorsatz beeinflußt sind. Nach dem Entwickeln können diese spektral unterschiedlich belichteten Schwarzweißfilme unter Zuschaltung geeigneter Filter übereinander projiziert werden, wodurch dann ein Farbbild entsteht.

Nachteilig hieran ist es jedoch, daß im allgemeinen mit diesem Verfahren nur Bilder im Format bis etwa 10x10 cm gewonnen werden können. Diese kleinformatigen Bilder gestatten aber keine kartographische Auswertung. Hierzu müßten Kameras im jetzt genormten Format von 23x23 cm verwendet werden, was jedoch aus wirtschaftlichen Gründen und wegen der Größe des dann zum Einsatz kommenden Flugzeugs und wegen der Größe der dann im Rumpf des Flugzeugs vorzusehenden Bodenöffnung nicht mehr möglich wäre. Um ausreichende Informationen zu erhalten, müßten vier Kameras verwendet werden, so daß auch aus Gewichtsgründen nur noch sehr große Flugzeuge zum Einsatz kommen könnten, was wirtschaftlich nicht mehr tragbar ist.

Es wurde auch bereits versucht, diese Schwierigkeiten dadurch zu umgehen, daß in einer großformatigen Kamera Farbfilm belichtet wurde. Dies ist jedoch wegen des Preisverhältnisses Schwarzweißfilm zu Farbfilm, wegen der hohen Entwicklungskosten für einen Farbfilm und besonders wegen der geringen Flexibilität (Schwierigkeit aus Farbfilm Schwarzweißmosaik herzustellen etc.) des Systems nachteilig.

Eine Übersicht über heute bekannte Aufnahmeverfahren befindet sich in "Manual of Color Aerial Photography", 1968, S.442, Abschnitt A 1.1.3.1, herausgegeben von der American Society of Photogrammetry.

Die Erfindung vermeidet diese Nachteile. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, ein Aufnahmeverfahren der eingangs genannten Art vorzuschlagen, mit dem auch kartographisch auswertbare farbige Luftbilder preisgünstig hergestellt werden können bzw. ein Satz stereophotogrammetrisch auswertbare Bilder anfällt, der zur Interpretation durch Farb-, Falschfarb - oder ähnlichen Bildern ergänzt werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß die Schwarzweißbilder mit einer einzigen Kamera nacheinander aufgenommen werden.

Es kann hierbei also, wie bereits bei der Verwendung von Farbfilmen üblich, eine großformatige Kamera verwendet werden, die am besten mit einem bis zum Infrarot sensibilisierten Schwarzweißfilm geladen wird. Bei der Verwendung von vier Filtern werden dann kurz hintereinander vier entsprechend gefilterte Belichtungen des Schwarzweißfilms vorgenommen. Diese werden anschließend in der besprochenen Weise zu einem Farbbild zusammengesetzt. Die geringfügigen Parallaxen bei Aufnahmen von einem Flugzeug aus können ohne weiteres in Kauf genommen werden. Da über 90 Prozent der heute eingesetzten Bildflugzeuge nur ein Kameraloch haben, können jetzt diese Flugzeuge ohne Umbauten zur Herstellung beispielsweise von Falschfarbaufnahmen mit multispektralen Schwarzweißbildern gleichzeitig verwendet werden.

Es sind heute Reihenmeßkameras mit einer relativ schnellen Bildfolge erhältlich, die außerdem eine Universal-Charakteristik haben, d.h. das Objektiv ist für den gesamten Spektralbereich korrigiert. Derartige Meßkameras werden z.B. von der Firma Zeiß mit einer Bildfolge von z.Zt. 2,2 Sekunden und von der Firma Wild-Heerbrugg AG, Heerbrugg, Schweiz, mit einer Bildfolge von z.Zt. 1,5 Sekunden hergestellt.

Bei einer Geschwindigkeit des aufnehmenden Flufzeugs von beispielsweise 250 km/h beträgt der Abstand zwischen zwei Bildern mit einer Zeiß Kamera etwa 150 Meter. In flachen Gebieten ergeben sich auch bei Maßstäben von etwa 1:10.000 und kleiner (z.B. 1:30.000) kaum Parallaxen. Bei stärker bewegtem Gelände können die Parallaxen durch eine entsprechend vergrößerte Flughöhe bei größerer Brennweite oder Orthophoto-Projektion wieder kompensiert werden. Außerdem können mindestens die Mittelteile der Aufnahmen benutzt werden, oder die Teilbilder bei einer Projektion durch verschiedene Farbfilter partiell jeweils zur Deckung gebracht werden.

Für die Herstellung von Farbaufnahmen aus mehreren Infra-Schwarzweißaufnahmen verwendet man im allgemeinen wenigstens drei, vorzugsweise vier Filter mit den folgenden Filterkanten:

blau	358 mμ	-	520 mμ
grün	480 mμ	-	610 mμ
rot	590 mμ	-	700 mμ
infra	700 mμ	-	980 mμ

(vgl. Manual of Color Aerial Photography, Seite 458).

Mit dem Verfahren nach der Erfindung können auch spezielle Informationen erhalten werden, indem ganz bestimmte der vorhandenen gefilterten Schwarzweißaufnahmen miteinander kombiniert werden. Auf diese Weise können z.B. die bekannten Falschfarbaufnahmen hergestellt werden, durch die u.a. Aufschlüsse über den Zustand von Bewachsungen, den Wasserhaushalt der Bäume und Pflanzen erhalten werden können. Auch bietet sich als Anwendungsmöglichkeit die Überwachung der Wasserverschmutzung an.

Das Verfahren nach der Erfindung läßt sich auch ohne weiteres zur Herstellung von farbigen oder falschfarbigen Stereobildern erweitern. Hierzu muß lediglich eine erste Sequenz von gefilterten Schwarzweißbildern und nach Zurücklegen eines der Basis des Stereobildes entsprechenden Weges eine zweite Sequenz von gefilterten Schwarzweißbildern hergestellt werden. Bei beiden auf diese Weise gewonnenen Sequenzen wird man für die Herstellung des linken und des rechten Bildes im allgemeinen dieselben der vier Filter miteinander kombinieren. Auf diese Weise entstehen farbige oder falschfarbige Stereobilder, oder aber Schwarzweiß-Stereopaare in beliebigem Spektralbereich.

Um den notwendigen schnellen Wechsel der Filter vor der Kamera durchführen zu können, ist eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß eine Kamera mit einer Einrichtung zum Wechseln von in den Strahlengang der Kamera gebrachter Farbfilter vorgesehen ist.

Hierfür gibt es mehrere praktische Ausführungsformen. Eine erste Form ist dadurch gekennzeichnet, daß die Filter in zueiander parallelen Führungen vorgesehen sind, in denen sie wahlweise vor die Optik gebracht werden. Die Filter sind hierbei also nach Art von Schubkästen übereinander angeordnet und werden durch eine entsprechende Betätigungseinrichtung in ihren Führungen in einer vorgegebenen Folge vor die Optik gebracht.

Bei einer anderen Ausführungsform sind die Filter am Umfang einer angetriebenen Drehscheibe vorgesehen. Beim Drehen der Drehscheibe werden also die Filter in der vorgegebenen Reihenfolge vor die Optik der Kamera gebracht. Es ist eine besondere Einrichtung vorgesehen, die beispielsweise nach Art eines Malteserkreuzes arbeitet, durch die sichergestellt wird, daß die Filter während der Belichtungszeit sich im Strahlengang der Kamera befinden.

Konstruktiv am einfachsten ist eine Lösung, bei der die Filter als Folienband ausgebildet sind und über einen Rollentransport vor die Optik gebracht werden. Be vorzugt wird es dabei, wenn das Folienband als endloses Band geführt werden kann. Dabei ist eine geeignete Einrichtung vorgesehen, die das Folienband vor der Optik plan hält. Dies geschieht z.B. durch Aufbringen einer geeigneten Spannung auf das Folienband, etwa durch eine federnd gelagerte Rolle oder durch zwei Glasscheiben, zwischen denen das Filterband läuft, und die im Moment der Aufnahme gegeneinander gepreßt werden. Hierbei sind die Abstände der Filterteile auf dem endlosen Band so zu wählen, daß zwischen den Filterteilen jeweils optisch klare Bereiche liegen, die bei der Rückführung der Folie am Objektiv zusammen mit dem Filter zwischen zwischen zwei Glasscheiben im Augenblick der Aufnahme zusammengepreßt werden.

Anstelle der in den Fig. 1 bis 4 beschriebenen verschiedenen Filter, die nacheinander in den Strahlengang gebracht werden, kann auch ein geeignetes variables Interferenzfiltersystem im Strahlengang vor der Meßkamera vorgesehen sein. Damit lassen sich praktisch die gewünschten Filterungen vornehmen, so daß nur durch die Geschwindigkeit des Filmtransports multispektrale Bilder beschränkt hergestellt werden können.

Die bei dem Verfahren nach der Erfindung verwendeten Schwarzweißfilme sind im allgemeinen panchromatisch oder infrarot

empfindlich. Letztere besitzen also im Blaugrünbereich eine geringere spektrale Empfindlichkeit. Bei manchen Anwendungen ist es wünschenswert, wenn die geringere Filmempfindlichkeit in diesem Spektralbereich durch eine entsprechende Erhöhung der Belichtungsmenge ausgeglichen wird. Hierzu wird es bevorzugt, wenn eine Steuerung vorgesehen ist, die die dem jeweiligen Einzelbild zugeführte Lichtmenge in Abhängigkeit von der jeweils ausgenutzten spektralen Filmempfindlichkeit steuert. Am einfachsten wird hierbei die Blendenöffnung der Kamera gesteuert. Diese Steuerung arbeitet derart, daß immer dann, wenn ein Filter vorgeschaltet ist, das in einem Spektralbereich geringerer Empfindlichkeit des Films arbeitet, die Lichtmenge um ein entsprechendes Maß erhöht wird, im allgemeinen also die Blende entsprechend geöffnet wird, weil die Belichtungszeit meistens konstant gehalten werden soll. Diese Steuerung ist z.B. ein einfacher Rechner.

Eine alternative Lösung hierzu besteht darin, die oben beschriebenen optisch-klaren Teile des Filterbandes durch Graufolien geeigneter Schwärzung zu ersetzen, um auf diese Weise eine gleichmäßige Belichtung der Bilder zu erreichen.

Mit der Erfindung wird somit ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgeschlagen, bei dem, unter Verwendung einer handelsüblichen Meßkamera mit Universal-Charakteristik, über Schwarzweißfilme kartographisch auswertbare sogenannte multispektrale Bilder, ggf. auch Stereo-Farbbilder hergestellt werden können. Unter multispektralen Bildern wird in diesem Zusammenhang die Herstellung von Farbaufnahmen, Falschfarbaufnahmen, Schwarzweißaufnahmen, Schwarzweißaufnahmen in Teilen des sichtbaren Spektrums und panchromatische Aufnahmen verstanden. Die Kamera braucht während des Fluges nicht umgestellt zu werden und es wird nur ein einziger Schwarzweißfilm benötigt. Beispielsweise bei einer Befliegung kann ein Satz Stereopaare infra, ein Satz pan

und ggf. auch Farbbilder durch Komibinationen hergestellt werden. Es läßt sich somit mit diesem Verfahren eine Vielzahl von Informationen beschaffen, da die gewonnenen Schwarzweißbilder beliebig miteinander kombiniert werden können.

Die Einrichtung zum Wechseln der in den Strahlengang der Kamera gebrachten Farbbilder, wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Figuren zeigen rein schematisch und unmaßstäblich die angeführten bevorzugten Ausführungsformen dieser Wechseleinrichtung.

Fig. 1 zeigt die Wechseleinrichtung mit einer schubladenartigen Führung;
Fig. 2 zeigt die Wechseleinrichtung mit rotierenden Filtern ;

Fig. 3 zeigt die Wechseleinrichtung mit Filtern in Gestalt eines Folienbandes und
Fig. 4 eine Abänderung der in Fig. 3 gezeigten Einrichtung.

In allen drei Figuren ist die Meßkamera schematisch bei 1 mit ihrer Optik 2 angedeutet. In Fig. 1 sind vier Farbfilter 3 übereinander seitlich der Optik vorgesehen. Für jeden Farbfilter ist eine Führung 4 vorgesehen. Über eine nicht gezeigte Einrichtung werden die Farbfilter 3 in den Strahlengang 5 eingebracht und nach der Belichtung wieder in ihre Ausgangslage gebracht.

Fig. 2 zeigt eine Drehscheibe 6 mit einem Antrieb 7. Die Farbfilter 3 sind am Umfang der Drehscheibe angeordnet.

In Fig. 3 läuft um die Meßkamera 1 ein Folienband 8, das durch die hintereinander angeordneten Farbfilter 3 gebildet wird. Ferner sind Führungsrollen 9 vorgesehen, von denen eine an-

getrieben sein kann.

In Fig. 4 laufen beide Seiten des endlosen Folienbandes 8 vor der Optik 2 der Kamera 1. Das Folienband wird dort mittels Glasplatten 10 plan gehalten.

Auf dem Folienband 8 wechseln bei einer Ausführungsform farbige, filternde Abschnitte mit optisch klaren Bereichen ab, so daß bei einer Aufnahme nur ein farbig filternder Abschnitt zur Wirkung kommt.

Bei einer anderen Ausführungsform sind die optisch klaren Abschnitte durch Graufolien ersetzt, deren Grautönung derart abgestuft ist, daß die durch den jeweils eingeschalteten Filter bewirkte unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit des Films ausgeglichen wird. Es erübrigt sich also die eingangs erläuterte Steuerung.

Die Erfindung kann sowohl bei der Herstellung von Aufnahmen von Flugzeugen aus wie auch von Satelliten und anderen Flugkörpern verwendet werden. Wesentlich ist es, daß ein einziger Schwarzweißfilm in einer einzigen Meßkamera nacheinander in verschiedenen Spektralbereichen belichtet wird.

Patent- bzw. Schutzansprüche

5.November 1971
Gu/gm

10

Dr.Ing.Wigbert Gans
Dr. rer.nat. Klaus Völger

Patent- bzw. Schutzansprüche

1. Aufnahmeverfahren für farbige und multispektrale Luftbilder unter Verwendung eines Schwarzweißfilms, dessen Bilder in verschiedenen Spektralbereichen belichtet und anschließend unter Vorsatz von Farbfiltern dieser Spektralbereiche übereinanderprojiziert ein Farbbild ergeben, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwarzweißbilder mit einer einzigen Kamera (1) nacheinander aufgenommen werden.

2. Aufnahmeverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung eines farbigen Stereobildes eine erste Sequenz von gefilterten Schwarzweißbildern und nach Zurücklegen eines der Basis des Stereobildes entsprechenden Weges eine zweite Sequenz von gefilterten Schwarzweißbildern hergestellt wird.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kamera (1) mit einer Einrichtung zum raschen Wechsel von in den Strahlengang der Kamera gebrachten Farbfiltern vorgesehen ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (3) in zueinander parallelen Führungen (4) vorgesehen sind, in denen sie wahlweise vor die Optik (2) gebracht werden.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (3) am Umfang einer angetriebenen Drehscheibe (6) vorgesehen sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (3) als Folienband (8) ausgebildet sind und über einen Rollentransport vor die Optik (2) bringbar sind.

ORIGINAL INSPECTED

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Folienband (8) endlos ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß beide Seiten des endlosen Folienbandes (8) im Strahlengang (5) der Kamera (1) geführt sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in den Positionen des Folienbandes (8), in denen sich ein filternder Abschnitt einer Seite des Folienbandes im Strahlengang (5) befindet, die andere Seite des Folienbandes durchsichtig ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in den Positionen des Folienbandes (8), in denen sich ein filternder Abschnitt einer Seite des Folienbandes im Strahlengang (5) befindet, die andere Seite des Folienbandes eine Grauabstufung aufweist, die die unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit des verwendeten Films ausgleicht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 3 bis Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuerung vorgesehen ist, die die dem jeweiligen Einzelbild zugeführte Lichtmenge in Abhängigkeit von der jeweils ausgenutzten spektralen Filmempfindlichkeit steuert.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung die Blendenöffnung der Kamera steuert.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis Anspruch 3, dadurch

gekennzeichnet, daß im Strahlengang vor der Kamera (1) ein Interferenzfiltersystem vorgesehen ist, das trägheitslos den gewünschten Bereich filtert.

Der Patentanwalt:

Fig.1

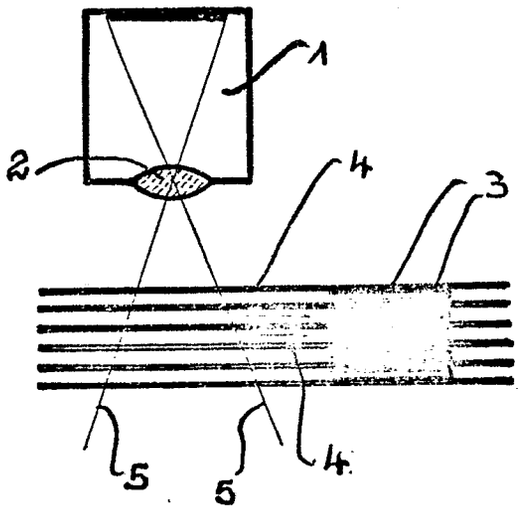


Fig.4

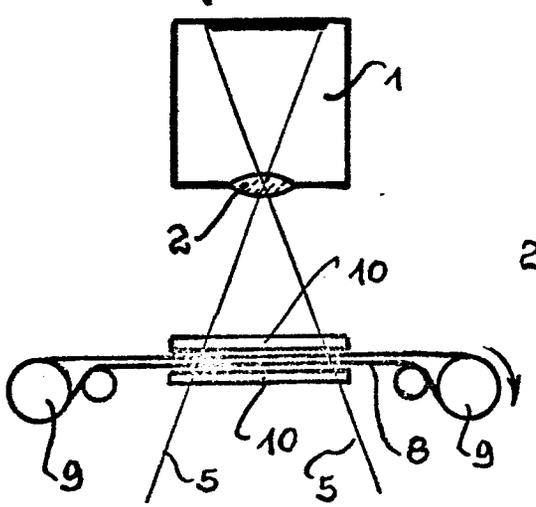


Fig.2

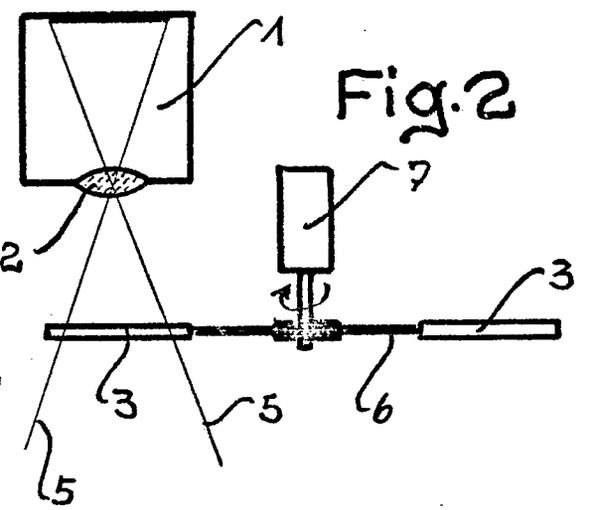
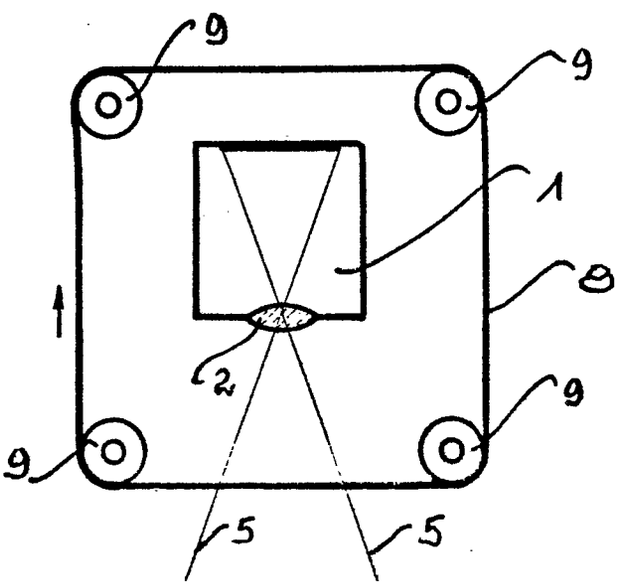


Fig.3



57a 8-01 AT 08.11.71 OT 17.05.73
309820/0360

(51) Int. Cl. 2: G 03 B 7-00
G 03 B 37-00

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

DT 24 03 862 A1

(11) Offenlegungsschrift 24 03 862

(21) Aktenzeichen: P 24 03 862.8-51
(22) Anmeldetag: 28. 1. 74
(43) Offenlegungstag: 14. 8. 75

(30) Unionspriorität:
(32) (33) (31) —

(54) Bezeichnung: Belichtungsautomatik für Luftbildkammern

(71) Anmelder: Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim

(72) Erfinder: Felle, Karl, Dipl.-Phys., 7082 Oberkochen

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

DT 24 03 862 A1

8. 75 509 833/768 6/80

FIRMA CARL ZEISS, 7920 HEIDENHEIM (BRENZ)

Belichtungsautomatik für Luftbildkammern

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur automatischen Regelung der Belichtung des Aufnahmematerials in Luftbildkammern.

Bei Luftbildaufnahmen ist die Wahl der richtigen Belichtung, d.h. von Belichtungszeit, Filter und Blende, ein besonderes Problem.

Es sind bereits Belichtungsvorrichtungen für Luftbildkammern bekannt, bei denen die Blende unter Berücksichtigung fotografischer Verlängerungsfaktoren, wie Filter oder Filmempfindlichkeit, entsprechend der Geländehelligkeit ermittelt bzw. auch automatisch eingesteuert werden. Die Wahl der richtigen Belichtungszeit bleibt jedoch dabei immer noch der Erfahrung des Luftbildoperateurs überlassen bzw. muß aus Tabellen entnommen werden.

Nach der Erfindung werden nun die bei den bekannten Belichtungsvorrichtungen noch vorhandenen Unsicherheiten dadurch beseitigt, daß zur Ermittlung und Steuerung der Belichtungszeit des Aufnahmematerials von Luftbildkammern das jeweilige Verhältnis von Fluggeschwindigkeit zur Flughöhe (v/h-Wert) verwendet wird.

Vorzugsweise wird hierbei der v/h-Wert einer an sich bekannten Einrichtung zur Überdeckungsregelung von Luftbildern entnommen.

In Weiterführung des Erfindungsgedankens ist ein Blendenregler nachgeschaltet, in dem die auf obige Art ermittelte bzw. angesteuerte Belichtungszeit zur Bestimmung und Regelung der erforderlichen Blende weiterverarbeitet wird.

509833/0768

Ferner wird bei Erreichen der Grenzen des Blendeneinstellbereiches durch eine Rückwirkung auf die Belichtungszeiteinstellung eine volle Ausnutzung der Einstellbereiche und damit der maximal mögliche Belichtungsumfang erreicht.

Die Erfindung sei nun anhand des in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert, ohne jedoch auf dieses beschränkt zu sein.

In der Fig. 1 ist mit 6' eine im Flugzeug eingebaute an sich bekannte Anordnung zur Ermittlung des Verhältnisses von Fluggeschwindigkeit v zur Flughöhe h bezeichnet. Die Verhältnisgröße v/h läßt sich hiermit dadurch ermitteln, daß der senkrecht unter dem Aufnahmeflugzeug vorbeiziehende Geländeausschnitt G über ein Objektiv 1 auf eine Mattscheibe 2 abgebildet wird. Dicht unterhalb der Mattscheibe 2 ist, für den auf die Mattscheibe 2 blickenden Operateur sichtbar, eine Sprossenkette 3 angeordnet, die über die Umlenkrollen 4a, 4a' und eine über einen einstellbaren Motor 5 angetriebene Antriebswelle 4b läuft. Durch manuelles Verändern der Drehzahl des Motors 5 bringt der Operateur die Sprossenkette 3 auf dieselbe Geschwindigkeit wie das auf der Mattscheibe erscheinende Geländebild G', welche aufgrund der Relativgeschwindigkeit v des Flugzeuges und der damit verbundenen Einrichtung 6' gegenüber dem in der Höhe h überflogenen Gelände G entsteht. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Geländebildes G' ist dem Verhältnis v/h proportional. Durch Anbringen eines Tachogenerators 6 an die Umlenkrolle 4a' läßt sich eine v/h-proportionale Spannung U_1 gewinnen. Auch ist es möglich, anstelle des Tachogenerators 6 eine Lochscheibe anzubringen, die in einer Lichtschranke läuft. Die Lichtschranke liefert dann über einen Fotosensor eine zu v/h-proportionale Impulsfrequenz f_1.

In dem Prinzipschaltbild nach Fig. 2 ist der v/h-Sensor nach Fig. 1 als Block ebenfalls mit dem Bezugszeichen 6' versehen.

Das hiervon ausgehende v/h-Signal wird in einen Belichtungs-

Intervall-Rechner 7 eingegeben. Ferner werden in den Rechner 7 über die mit c und ü bezeichneten Eingänge der vorgegebene Kammerfaktor c = s/f, wobei f = Kammer-Objektivbrennweite und s = Bildseitenlänge der verwendeten Luftbildkammer (nicht eingezeichnet) bedeuten, und der gewünschte Bildüberdeckungsgrad ü der Luftbilder eingegeben.

Dieser berechnet hieraus die Zeitabstände Δt der Belichtungsintervalle für die Luftbildkammer, welche für den vorgegebenen Überdeckungsgrad ü erforderlich ist, entsprechend der Formel

$$\Delta t = c \frac{(1 - ü)}{v/h} \qquad (1)$$

und gibt in diesen Zeitabständen Auslösimpulse an den Freigabemechanismus 8 des nicht dargestellten bekannten Reihenmeßkammer-Verschlusses.

Der bisher beschriebene Überdeckungsregler ist an sich bekannt und in der Fig. 1 zu der Schaltungsgruppe I zusammengefaßt.

Das hier ermittelte v/h-proportionale Signal läßt sich nun gemäß der Erfindung auch zur Festlegung der Belichtungszeit benutzen. Dazu wird, wie in der Fig. 2 dargestellt, die Spannung U_1 -bzw. eine aus der Impulsfrequenz f_1 durch einen Frequenz-Spannungsumsetzer 9 gewonnene Spannung U_2 - einer Analogrechenschaltung, bestehend aus einem Operationsverstärker 10 und den einstellbaren Widerständen R_1 und R_2, zugeführt. Beide Widerstände sind variabel und lassen sich, wenn sie z.B. als Drehwiderstand ausgebildet sind, über mit Skalen versehene Einstellelemente so einstellen, daß R_1 proportional der zulässigen Bildwanderung ds während der Belichtungszeit T ist und R_2 proportional der Brennweite f der verwendeten Luftbildkammer ist. Für einen so beschalteten Operationsverstärker gilt die Beziehung

$$U_3 \approx U_2 \cdot \frac{R_2}{R_1} \qquad (2)$$

In der Schaltung nach Fig. 2 ist somit

$$U_3 \sim v/h \cdot \frac{f}{ds} \qquad (3)$$

Die an die Belichtungszeit T gestellte Forderung zur Einhaltung der Bildwanderung ds lautet:

$$T = \frac{1}{v/h} \cdot \frac{ds}{f} \qquad (4)$$

Durch Vergleich der Gleichungen (3) und (4) zeigt sich, daß somit

$$U_3 \sim \frac{1}{T} \qquad (5)$$

ist.

Diese Spannung läßt sich somit zur Einstellung der Belichtungszeit an der Luftbildkammer verwenden. Wird die Belichtungszeit, wie bei Reihenmeßkammern üblich, durch einen Rotationsverschluß erzeugt, dann gilt $T \sim 1/n$, wobei n die Antriebsdrehzahl des Rotationsverschlusses ist. Sorgt man durch eine Drehzahlregeleinrichtung dafür, daß $n \sim U_3$ ist, dann wird erfindungsgemäß die Belichtungszeit T automatisch so eingestellt, daß die zulässige Bildwanderung ds nicht überschritten wird. Gemäß Fig. 2 kann eine Drehzahlregelung des Rotationsverschlusses 11 mittels einer Drehzahlregeleinrichtung, bestehend aus einem Differenzverstärker 12 für die Differenz der Sollwerteingabespannung U_4 und der Rückmeldespannung $U_5 \sim n$, erzeugt von dem mit dem Antriebsmotor 13 verbundenen Tachogenerators 14, vorgenommen werden. Dabei wird zunächst angenommen, daß U_{10} gleich Null ist und somit $U_3 \sim U_4$.

Die Einrichtung für die Belichtungszeitregelung ist in der Fig. 2 zu der Schaltungsgruppe II zusammengefaßt.

Die Spannung U_5 kann man auch zur Steuerung eines Reglers für die im Reihenmeßkammerobjektiv eingebaute Aperturblende benutzen. Vergleiche hierzu Schaltungsgruppe III der Fig. 2.

Durch Verändern der Öffnungsfläche F dieser Blende kann man die durch das Produkt F . T gekennzeichnete Belichtung des Aufnahmematerials so beeinflussen, daß sich unter Berücksichtigung der im Aufnahmebereich mit Hilfe eines Fotowiderstandes R_p gemessene Beleuchtungsstärke B und der Empfindlichkeit E des verwendeten Aufnahmematerials (log E Filmempfindlichkeit in DIN oder ASA) die optimale Belichtung ergibt.

Dafür gilt die Forderung

$$F \sim \frac{K}{BTE} \qquad (6)$$

Wobei K ein einstellbarer, durch die Filterwahl und den Entwicklungsvorgang gegebener Faktor ist.

Eine elektronische Analogschaltung zur Bildung einer Größe nach der Gleichung (6) ist in der Schaltungsgruppe III nach Fig. 2 dargestellt. Hierin wird die Spannung $U_5 \sim \frac{1}{T}$ auf den mit den Widerständen R_6 und R_p beschalteten Operationsverstärker 16 gegeben, dessen Ausgangsspannung U_6 gelangt auf den nachfolgenden, mit den Widerständen R_7 und R_8 geschalteten Operationsverstärker 17. Für seine Ausgangsspannung U_7 gilt

$$U_7 = U_6 \frac{R_8}{R_7} = U_5 \frac{R_p}{R_6} \cdot \frac{R_8}{R_7} \qquad (7)$$

Wählt man entsprechend der gesonderten Patentanmeldung P . . . . . der Anmelderin den Fotowiderstand R_p mit einer Charakteristik $R_p \sim \frac{1}{B}$, wobei B die auf den Fotowiderstand auffallende Beleuchtungsstärke ist, und verwendet man weiterhin für R_6 und R_8 einstellbare Widerstände, wobei der Widerstand R_6 proportional der Empfindlichkeit E desAufnahmematerials und der Widerstand R_8 proportional des anhand der Gleichung (6) erläuterten Faktors K ist, so wird

$$U_7 \sim \frac{K}{T \cdot B \cdot E} \qquad (8)$$

und somit erhält man die gewünschte Beziehung.

Durch ein Nachlaufsystem, bestehend aus dem Differenzverstärker 18, dem Stellmotor 19 und dem mit der Einstellvorrichtung 20 für die Aperturblende verbundenen Abgriff des Potentiometers 21, dessen Spannung $U_8 \sim F$ verläuft, läßt sich $U_8 = U_7$ machen und so der gewünschte Blendenwert einstellen.

Am Potentiometer 21 liegt eine konstante Spannung U_{c1} an. Die Abgriffe des Potentiometers 21 sind nach Blendenöffnungsflächen F geeicht, so daß jede abgegriffene Spannung U_8 einem bestimmten Blendenwert der Aperturblende entspricht. Mit Fmax und Fmin sind die Potentiometerabgriffe für die maximal bzw. minimal einstellbare Blendenöffnungsfläche bezeichnet.

Mit der bisher beschriebenen Einrichtung wird der mögliche Belichtungsspielraum gekennzeichnet durch den Wert des Produktes $F \cdot T$ noch nicht optimal genutzt. Durch die Festlegung der Belichtungszeit T gemäß der Beziehung (4) hat man für T ein maximal zulässigen Wert T_g gefunden und eingestellt. Vom Gesichtspunkt der zulässigen Bildwanderung ds darf die Belichtungszeit T natürlich auch kürzer sein. Mit $T < T_g$ kann man beim Vorliegen großer Beleuchtungsstärke B auch dann noch zu einer richtigen Belichtung gelangen, wenn mit $T_g \cdot F_{min}$ das nach der beschriebenen Schaltung erlangte Belichtungsprodukt erreicht ist. F_{min} bedeutet die minimale Blendenöffnungsfläche.

Benutzt man nun wie in Fig. 2 in der Schaltungsgruppe IV dargestellt, die Spannung U_8 dazu, den Belichtungssollwert $U_4 \sim \frac{1}{t}$ zu vergrößern, wenn U_8 den der minimal einstellbaren Blendenöffnungsfläche F_{min} zugehörige Wert U_{8min} erreicht, so wird $T \cdot F_{min} < T_g \cdot F_{min}$. Mit Hilfe eines Komparators 22 wird dazu beim Überschreiten des Wertes U_{8min} über den Schalter 22' eine positive Gleichspannung $+ U_{c2}$ zugeschaltet, die als Spannung U_9 in den aus dem Operationsverstärker 23 mit dem Widerstand R_9 und der Kapazität C_1 gebildeten Integrator

zeitlich integriert wird, so daß seine Ausgangsspannung U_{10} für die Zeitdauer, in der $U_g \leq U_{8min}$ ist, eine linear anwachsende Spannung ist, die mittels des Operationsverstärkers 15 und der Widerstände R_3, R_4 und R_5 zu der Spannung U_3 addiert wird. Das hervorgerufene Anwachsen von U_4 verkürzt die Belichtungszeit T, vergrößert also die Spannung U_5, was sich gemäß Gleichung (7) in einem Anwachsen der Spannung U_7 in Richtung auf eine Vergrößerung der Spannung U_8 auswirkt. Wird so $U_8 > U_{8min}$ so wächst die Spannung U_{10} nicht mehr weiter an, weil über den Komparator 22 die Spannung U_{c2} wieder abgeschaltet wird. Ein Abbau der Zusatzspannung U_{10} wird über den Komparator 24, Schalter 24' und eine durch ihn zugeschaltete negative Spannung-U_{c2} dann eingeleitet, wenn bei abnehmender Beleuchtungsstärke B die maximale Blendenfläche F_{max} mit der zugehörigen Spannung U_{8min} erreicht wird. In diesem Fall wird die Belichtungszeit T durch Reduzierung der Spannung U_4 wieder größer, was wiederum über die Spannung U_5 auf die Spannung U_8 rückwirkt und den Vorgang beendet, wenn $U_8 < U_{8max}$ wird. Durch eine in der Fig. 2 aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellte Begrenzungsschaltung für die Spannung U_{10} wird dabei dafür gesorgt, daß die durch die Spannung U_{10} hervorgerufene Korrektur der Belichtungszeit T innerhalb des zulässigen Bereiches $T_g \geq T \geq T_{min}$, mit T_{min} als minimal einstellbare Belichtungszeit, bleibt. Auf diese Weise erzielt man unter Einhaltung der Bedingung $T \leq T_g$ für den größtmöglichsten Beleuchtungsbereich T richtige Belichtungswerte.

Zur Veranschaulichung des eben geschilderten Sachverhaltes sei noch auf die in der Fig. 3 aufgezeichneten Diagramme hingewiesen, bei denen ein beispielsweise angenommener zeitlicher Verlauf der Spannungen U_8, U_9, U_{10} und U_4 dargestellt ist, welche durch eine äquivalente Änderung der Belichtungsstärke B im gleichen Zeitbezug hervorgerufen ist.

2403862

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur automatischen Regelung der Belichtung des Aufnahmematerials in Luftbildkammern, gekennzeichnet durch die Verwendung des Wertes des jeweiligen Verhältnisses von Fluggeschwindigkeit zu Flughöhe (v/h-Wert) zur Ermittlung und Steuerung der Belichtungszeit.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der v/h-Wert einer Einrichtung zur Überdeckungsregelung (I) entnommen wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Blendenregler (III) nachgeschaltet ist, in dem die so ermittelte und/oder eingesteuerte Belichtungszeit zur Bestimmung und Regelung der Blende weiter verarbeitet wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch eine in den Grenzlagen der Blendeneinstellung auf die Belichtungszeiteinstellung rückwirkende Regeleinrichtung (IV).

16.11.1974
JHo/Ho

2403862

11

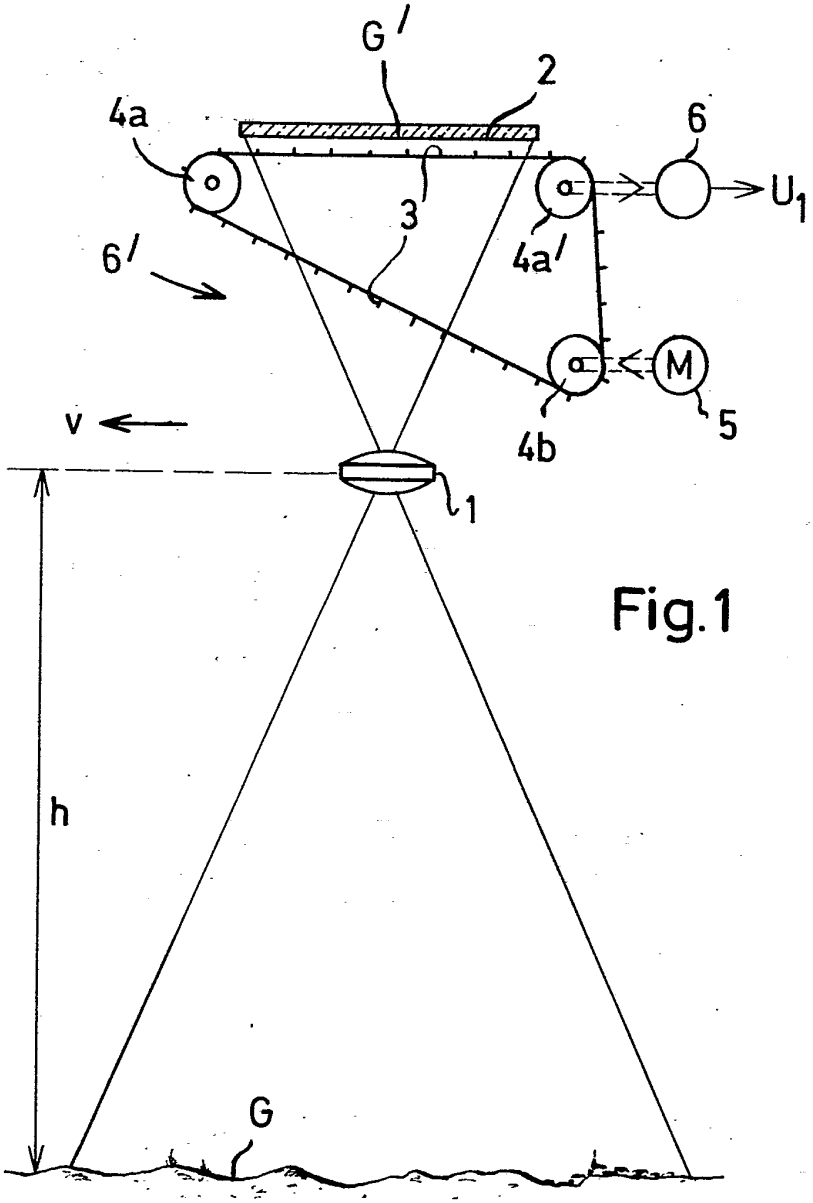


Fig.1

G03B 7-00 AT:28.01.1974 OT:14.08.1975

Fig.2

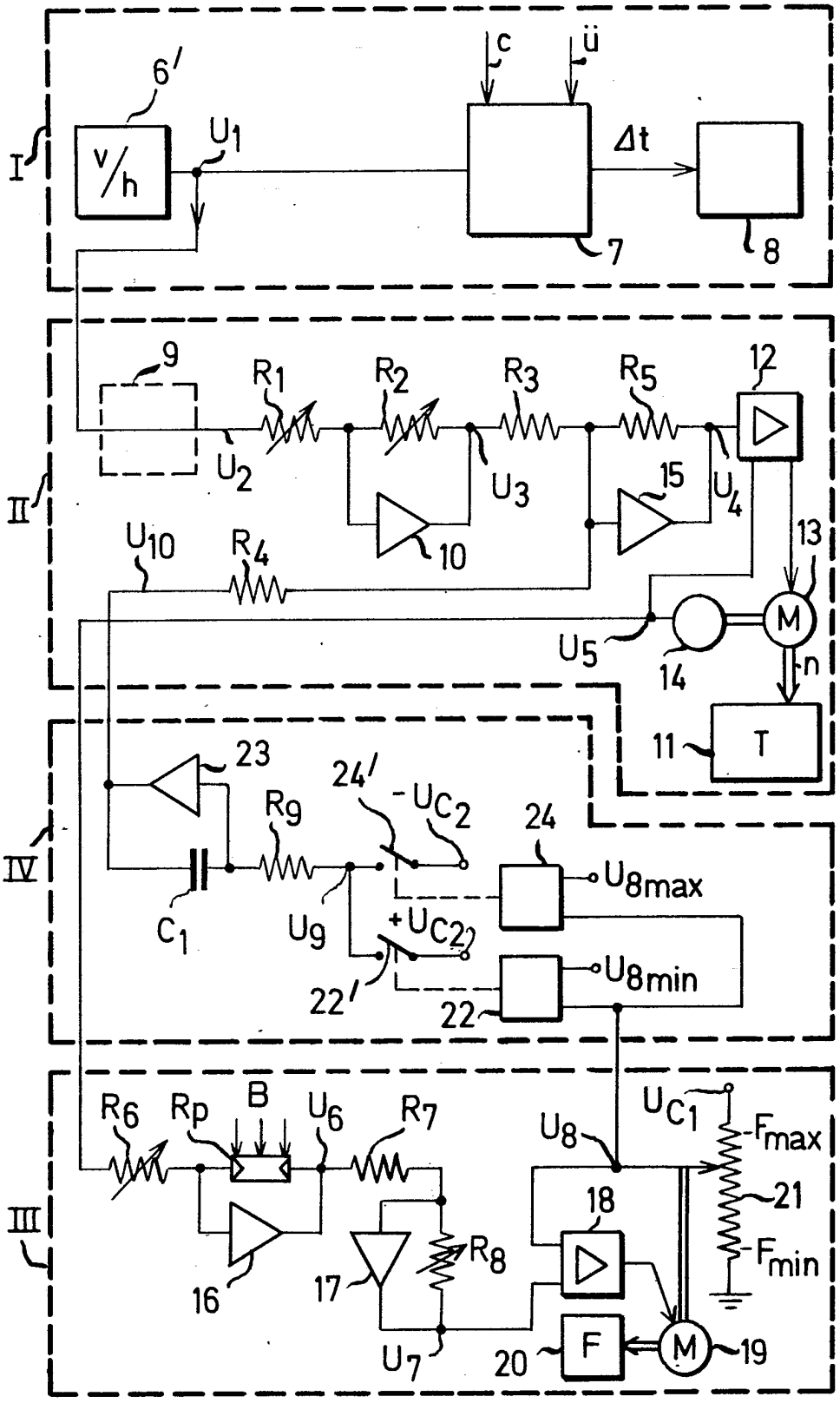
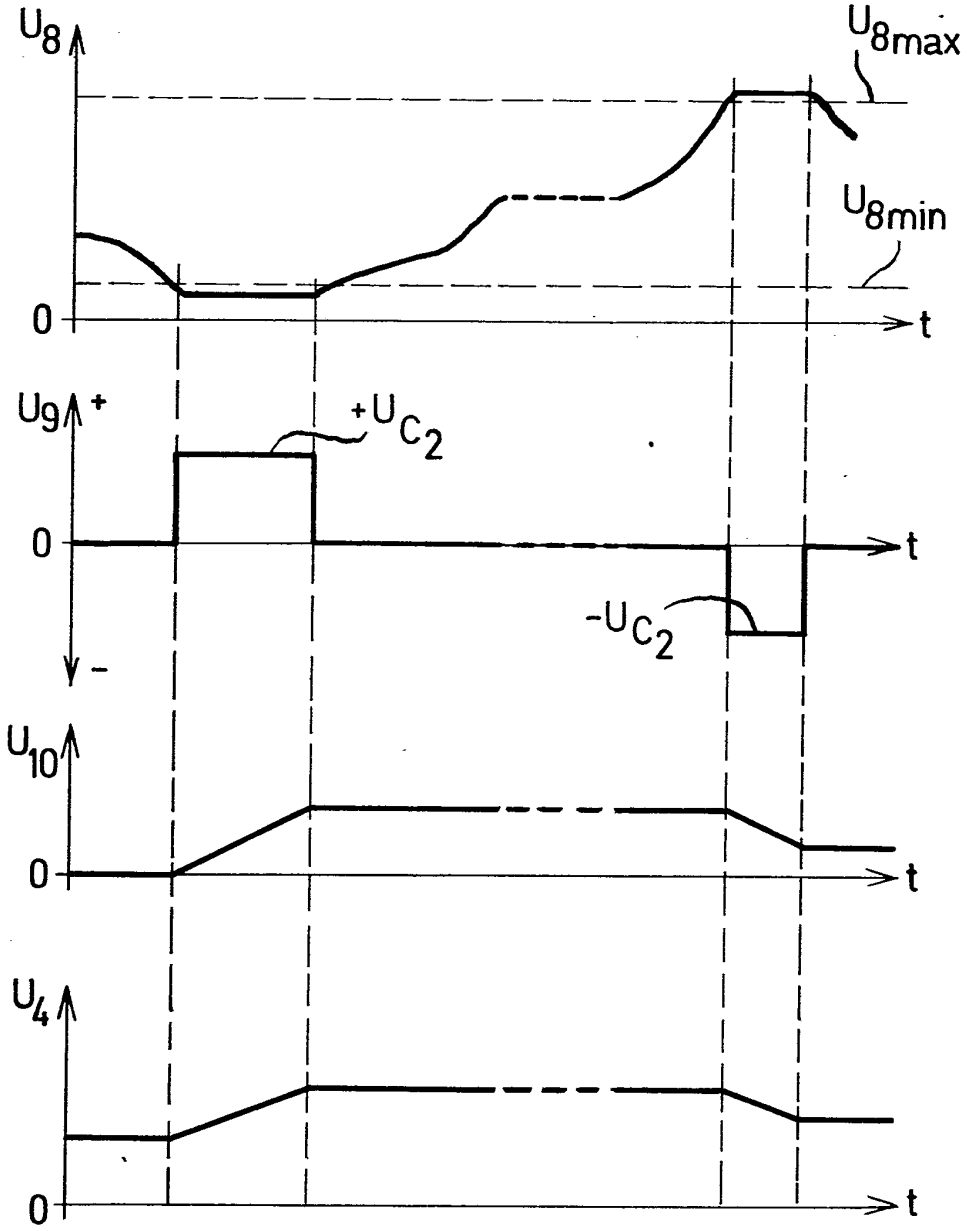

I
II
III
IV
6'
v/h
U1
c
ü
Δt
7
8
9
R1
R2
R3
R5
12
U2
U3
15
U4
10
U10
R4
13
M
U5
14
n
11
T
23
24'
-UC2
R9
24
U8max
C1
U9
+UC2
22'
U8min
22
R6
Rp
B
U6
R7
UC1
U8
Fmax
21
18
R8
16
17
Fmin
U7
20
F
M
19

Fig.3



(51) Int. Cl. 2: G 03 B 15-00
G 03 B 37-00
G 01 C 11-02

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

DT 25 06 325 A1

(11) Offenlegungsschrift 25 06 325

(21) Aktenzeichen: P 25 06 325.6
(22) Anmeldetag: 14. 2. 75
(43) Offenlegungstag: 27. 11. 75

(30) Unionspriorität:
(32) (33) (31) 13. 5. 74 DDR Wp 178451

---

(54) Bezeichnung: Anordnung zur Steuerung von Luftbildaufnahmekameras

(71) Anmelder: Jenoptik Jena GmbH, X 6900 Jena

(72) Erfinder: Pohl, Hans-Joachim, Prof. Dr.; Weibrecht, Otto, Dr.; X 6900 Jena;
Wiesenburg, Ulrich, Dipl.-Phys., X 6902 Jena-Neulobeda

ORIGINAL INSPECTED

© 11.75 509 848/936 9/80

JENOPTIK JENA GmbH
69 JENA

2506325

12. 2. 1974

Anordnung zur Steuerung von Luftbildaufnahmekameras

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei der ein Objektiv das überflogene Gelände auf eine Projektionsfläche abbildet und aus Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung des Bildes auf der Projektionsfläche das Bildfolgeintervall, die Abtrift und/oder aus den Schwärzungsunterschieden die Belichtungszeit für die Einstellung der Luftbildaufnahmekamera ermittelt und auf diese übertragen wird.

Die gebräuchlichen Anordnungen dieser Art ermöglichen die manuelle und kontinuierliche Überwachung und Korrektur der Abtrifteinstellung, der Belichtungszeiteinstellung und des Bildfolgeintervalls. Die Überwachung und Korrektur dieser Bestimmungsgrößen muß im Bildflugzeug unter erschwerenden Umweltbedingungen, insbesondere bei tiefen Temperaturen erfolgen, weshalb optimale Bildflugergebnisse nur erzielbar sind, wenn die Einstellungen gleichzeitig und zentral vom Steuergerät durchgeführt werden. Wegen der Anzahl der vorzunehmenden Einstellungen und der Notwendigkeit manueller Eingriffe ist bei den meisten bekannten Steuergeräten die gleichzeitige Vornahme aller Einstellungen nicht möglich. Man hat daher schon versucht, einen Teil der vorzunehmenden Überwachungen, Korrekturen und Einstellungen, insbesondere die das Bildfolgeintervall oder die Abtrift und den Bildwanderungsausgleich betreffen, zu automatisieren, um dadurch die manuellen Einstellungen zu reduzieren und die Gleichzeitigkeit aller Einstellungen zu gewährleisten. Jedoch konnte bisher die manuelle Einstellung mit ihren Unbequemlichkeiten und Unzulänglichkeiten nicht gänzlich

509848/0936

vermieden werden, und die Teilautomatisierung bedarf in ihrer bekannten Form erheblicher Aufwendungen zur Ermittlung der Ausgangswerte für die Korrekturen. Es werden Elektronenstrahlröhren oder Vidikons und elektronische Speicherröhren mit dem zugehörigen Verarbeitungsaufwand zur Ermittlung der Korrekturwerte in analoger Form benutzt. Zur Erreichung des gewünschten Bildfolgeintervalls oder der gewünschten Überdeckung müssen Getriebeteile im Antriebsmechanismus der Luftbildkamera manuell ausgetauscht werden.

Durch die Erfindung sollen die Mängel der bekannten Anordnungen umgangen werden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Steuerung einer Luftbildaufnahmekamera zu schaffen, die sämtliche Korrekturwerte für die Einstellung der Luftbildaufnahmekamera mit geringstmöglichem Aufwand digitalisiert, ohne wesentliche manuelle Arbeit automatisch zu ermitteln gestattet und die in die Luftbildkamera selbst eingebaut sein kann.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Projektionsfläche zumindest teilweise von einer digitalen Fotoempfängermatrix bedeckt ist, daß mit der digitalen Fotoempfängermatrix eine Informationsbearbeitungsstufe verbunden ist, die die in der Fotoempfängermatrix erzeugten Signale aufnimmt und nach einem vorgegebenen Programm verarbeitet, und daß mindestens eine Ausgabeeinheit vorgesehen ist, die die verarbeitenden Signale der Luftbildaufnahmekamera zuleitet. Dabei kann die Projektionsfläche zwei Fotoempfängermatrizen in einem Abstand voneinander tragen, der von der gewünschten Korrektionsgenauigkeit abhängt.

Die Fotoempfängermatrizen sind zeilenförmig ausgebildet und im wesentlichen rechtwinklig zur Flugrichtung gerichtet. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die gesamte Projektionsfläche von einer Fotoempfängermatrix erfassen zu lassen, von der zwei nicht benachbart liegende, zueinander parallele Teile zur Ermittlung der Korrekturwerte für die Kameraeinstellung dienen, die es aber im übrigen gestattet, das durch das Kameraobjektiv projizierte Luftbild digitalisiert zu erfassen. Diese Art der Luftbildaufnahme hat den überaus großen Vorteil, daß die bei Filmkameras auftretenden, von der Abbildungsoptik und vom Film herrührenden Fehler ausgeschaltet sind. Die vollautomatische und gleichzeitige Ermittlung und Berücksichtigung des Bildfolgeintervalls, der Abtrift, der Belichtungszeit und der Bildwanderung entlastet nicht nur den Bildflieger während des Bildfluges, sie schafft gleichzeitig die Voraussetzungen dafür, daß er seine ganze Aufmerksamkeit auf die zentrale Überwachung des Luftbildaufnahmesystems richten und seine navigatorischen Aufgaben besser erfüllen kann. Ferner ergibt sich eine instrumentelle Vereinfachung dadurch, daß der Bildwinkel der Aufnahmekamera und das gewünschte Überdeckungsverhältnis nicht getrennt an zwei mehrstufigen Getrieben, sondern an einem einzigen Multiplikator berücksichtigt werden können. Die digitalen Fotoempfängermatrizen werden bei der vorliegenden Erfindung als Meß- und Abtastelemente verwendet. Sie stellen außerdem Sensoren für die digitale Bildkorrelation und den elektronischen Kontrastausgleich dar.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Blockschaltbild einer Steueranordnung,

Fig. 2 die Projektionsfläche einer Steueranordnung,

Fig. 3 das Blockschaltbild einer Steueranordnung, die mit einer Luftbildaufnahmekamera verbunden ist,

Fig. 4 das Blockschaltbild einer Steueranordnung, die mit Mitteln zum elektronischen Kontrastausgleich gekuppelt ist.

In Fig. 1 sind auf einer Projektionsfläche 1 zwei digitale Fotoempfängermatrizen 2; 3 angeordnet. Die Projektionsfläche 1 befindet sich in der Bildebene eines Objektivs 4, das aus Darstellungsgründen neben die Projektionsfläche 1 gezeichnet ist, tatsächlich aber über oder unter der Projektionsfläche 1 (Zeichenebene) angeordnet ist. Ein durch das Objektiv 4 auf der Projektionsfläche 1 erzeugtes, nicht dargestelltes Bild bewegt sich infolge des Fluges des gesamten, hier beschriebenen Systems in Richtung eines Pfeils 5 von der Matrix 2 zur Matrix 3. Dabei werden vom gleichen Bilddetail zunächst in der Matrix 2 und danach in der Matrix 3 optische Signale in elektrische umgewandelt. Eine Ansteuereinheit 6 fragt die Matrizen 2; 3 nach den erzeugten Impulsen ab und gewährleistet, daß die Impulse zu einem Verzögerungsglied 7 gelangen, wo die Impulse jeder Matrix, da sie im wesentlichen gleichzeitig am Matrizenausgang anliegen, gegeneinander verzögert werden. In einem Speicher 8 wird die aus der Matrix 2 herrührende Signalfolge S_2 zur späteren Weiterleitung an einen Korrelator 9 gespeichert. Die Signalfolge S_3 der Matrix 3 gelangt unmittelbar in den

Korrelator 9, wo sie ständig mit der gespeicherten Signalfolge S_2 verglichen und die Verschiebung τ der Signalfolgen des Bildes und der Korrelationsfaktor $\rho_K(\tau)$ ermittelt werden. Dem Korrelator 9 ist ein Analysator 10 nachgeordnet, in dem der maximale Wert ρ_{max} des Korrelationsfaktors $\rho_K(\tau)$ sowie der dazugehörige Zeitpunkt als Zählergebnis bestimmt werden. Nach der Bestimmung des maximalen Korrelationsfaktors ρ_{max} wird der Speicher 8 gelöscht und über die Verbindung des Analysators 10 zur Ansteuereinheit 6 der Abfragezyklus für die Matrizen 2 und 3 neu eingeleitet. Mit dem Korrelator 9 und dem Analysator 10 ist ein Summierglied 11 verbunden, in dem die Summe $\tilde{\tau}$ aus dem vom Korrelator 9 ermittelten Wert τ und einem Wert τ' ermittelt werden, der aus dem maximalen Korrelationsfaktor ρ_{max} abgeleitet ist. In einem an das Summierglied 11 angeschlossenen Mittelbilder 12 werden die Summenwerte $\tilde{\tau}$ über einen im wesentlichen durch Flughöhe, Aufnahmebrennweite und Fluggeschwindigkeit bestimmten Zeitraum T_M zu einem Mittelwert $\bar{\tau}$ gemittelt. Vom Mittelbilder 12 gelangt der gemittelte Summenwert $\bar{\tau}$ in einen Impulsgeber 13, der in Abhängigkeit vom Summenmittel $\bar{\tau}$ einen Impuls zum Betrieb eines Stellmotors 14 abgibt. Gleichzeitig damit wird der durch die Ansteuereinheit 6 bewerkstelligte Abfragezyklus für die Matrizen 2 und 3 unterbrochen und der Speicher 8 gelöscht. Diese Unterbrechung dauert an, solange der Stellmotor 14 wirksam ist. Der Stellmotor 14 wirkt über ein Getriebe 15 auf den Träger 16 einer Kamera 17 ein, er verdreht den Träger 16 in einer zur Zeichenebene parallelen Ebene. Damit wird die Abtrift

automatisch korrigiert.

Befinden sich gemäß Fig. 2 auf der Projektionsfläche 1 die beiden Fotoempfängermatrizen 2; 3, von denen jede aus vier Zeilen zu je 50 Elementen besteht, so kommt es bei der Abtriftbestimmung darauf an, daß ein Bilddetail, das beispielsweise in der ersten Zeile der Matrix 2 das Element 23 passiert, auch das gleiche Element der vierten Zeile der Matrix 3 passiert daß sich also das Bilddetail nur in der Spalte 23 der Matrizen 2 und 3 bewegt. Ein Auswandern des Elements aus der Spalte 23 hat ein Signal zur Folge, das ein Ingangsetzen des Stellmotors 14 und damit eine Abtriftkorrektur bewirkt. Es ist also von Bedeutung, ob, in welchem Maße und in welcher Richtung die Signalfolge der Matrizen 2 und 3 gegeneinander verschoben sind und in welcher Zeile die Korrelation festgestellt wurde, weil darin die zu korrigierende Abtrift zum Ausdruck kommt.

In Fig. 1 ist an den Analysator 10 ein weiterer Mittelbilder 18 angeschlossen, in dem die Zählwerte z aus den abgefragten Fotoempfängermatrizen 2; 3 über einen Zeitraum T_M gemittelt und ihr Mittelwert $\bar{z}$ in einen Multiplikator 19 gegeben wird. In einem Umrechner 20 wird aus dem Summenmittel entsprechend dem Abtriftwinkel α der $\cos\alpha$ geformt und ebenfalls dem Multiplikator 19 zugeleitet. Schließlich wird ein für jeden Bildflug konstanter Korrekturfaktor $k = f(c_K, p, \gamma)$ über einen Drehschalter 21 in den Multiplikator 19 eingeführt. γ ist die Zählfrequenz der Ansteuereinheit 6. Der Korrekturfaktor ist von der gegebenen Kammerkonstanten c_K und dem gewünschten Überdeckungsverhältnis abhängig und kann einer

gebräuchlichen Tabelle entnommen werden. Das Multiplikationsergebnis $\Delta t = k \cdot \bar{z} \cdot \cos\alpha$ wird einem Impulsgeber 22 zugeführt, der nach der berechneten Zeit Δt einen Impuls an Betätigungsmittel 24 des Verschlusses 25 der Kamera 17 abgibt. Das Funktionsprinzip der automatischen Ermittlung des Bildfolgeintervalls bzw. zur automatischen Regelung der Überdeckung besteht darin, daß zwei Signale zweier verschiedener Zeilen der Matrizen 2 und 3 auf Korrelation untersucht werden mit dem Ziel, die Zeit zu bestimmen, in der ein Bildstreifen, der auf die eine Zeile abgebildet wurde, zur anderen Zeile gewandert ist.

Zur Belichtungszeitregelung werden aus den Signalfolgen S_2 und S_3 beider Matrizen 2 und 3 in Fig. 1 die maximalen und minimalen Spannungswerte in einem Extremwertbilder 26 analysiert, der zu diesem Zweck durch Impulse, die vom Impulsgeber 22 herkommen, gestartet und gestoppt wird. In einem Rechner 27 wird der Quotient aus den Extremwerten der Bildhelligkeiten E_{min}/E_{max} der verschiedenen Bilddetails gebildet. In einem Korrekturglied 28 wird ein über einen Drehschalter 29 eingegebener, einer Tabelle entnommener Belichtungswert H in Abhängigkeit vom Quotienten E_{min}/E_{max} korrigiert. Ein Belichtungsregler 30 ermittelt nach der Beziehung $\log t = H - \log E_{min}$ die Belichtungszeit t und gibt den entsprechenden Impuls an den Drehzahlregler 31 der Lamellen des Verschlusses 25 ab.

Der mittlere Zählwert $\bar{z}$ aus dem Mittelbilder 18 kann auch zum automatischen Bildwanderungsausgleich verwendet werden. Ein Bildwanderungsausgleich ist bei längeren Belichtungszeiten

notwendig, um Unschärfen des Bildes während der Aufnahme zu vermeiden, die infolge der Fluggeschwindigkeit und damit des Wandern des Bildes in der Bildebene im Belichtungszeitraum entstehen. Dazu ist während des Belichtungsvorganges dem Kameraobjektiv (nicht dargestellt) relativ zur Bildebene oder der Kamerabildebene relativ zum Objektiv eine Bewegung zu erteilen, deren Geschwindigkeit mit der Bildwanderungsgeschwindigkeit übereinstimmt. Auf diese Weise wird erreicht, daß während des Belichtungsvorganges trotz der Bewegung der Aufnahmekamera entsprechend der Geschwindigkeit des Bildflugzeuges über Grund die abgebildeten Bildpunkte in der Bildebene als Punkte erscheinen. Da die Zählergebnisse $\bar{z}$ mit bekannter Frequenz ermittelt wurden, sind sie einer Zeitmessung gleichzusetzen. Werden daher der Zählwert $\bar{z}$ aus dem Mittelbilder 18, das Ergebnis $\cos\alpha$ des Umrechners 20 und die über Drehschalter 32 einzugebende Konstante

$c = \frac{f_K}{f_{St}} \cdot s \cdot \nu = f(\nu)$ in einen Divisionsrechner oder allgemein in einen Multiplikator 33 eingegeben, so kann dieser die Geschwindigkeit $V_K = \frac{f_K}{f_{St}} \cdot \frac{s \cdot \nu}{\cos\alpha \cdot \bar{z}}$ oder eine entsprechend umgeformte Information zur Steuerung eines Schrittmotors 34 berechnen. Hierbei sind s der Abstand der Matrizen 2 und 3 voneinander, ν die Zählfrequenz und f_K; f_{St} die Brennweiten der Objektive von Luftbildaufnahmekamera 17 und Steuergerät 4. Der Impulsgeber 22 gibt einen Impuls an den Multiplikator 33 ab, so daß dessen Informationen an den Schrittmotor 34 in der Luftbildaufnahmekamera 17 gegeben werden, der für die

Relativbewegung zwischen Bildebene und Objektiv im Moment der Verschlußauslösung sorgt. In der Zeichnung sind aus Gründen der einfacheren Darstellung der Schrittmotor 34 und die Luftbildaufnahmekamera getrennt voneinander gezeichnet.

In Fig. 3 ist in einer Luftbildaufnahmekamera 35 einem Aufnahmeobjektiv 36 mit der optischen Achse O-O eine Projektionsfläche 37 zugeordnet, die von einer Fotoempfängermatrix bedeckt ist, von der Ausschnitte 38; 39 Signale für die automatische Steuerung der Abtriftkorrektur, des Bildfolgeintervalls und des Bildwanderungsausgleichs abgeben und die in ihrer Gesamtheit zur digitalen Erfassung des Bildinhalts dient.

Die Projektionsfläche 37 und die mit ihr übereinstimmende Fotoempfängermatrix sind in der Zeichenebene und das Aufnahmeobjektiv 36 ist aus Darstellungsgründen mit seiner optischen Achse O-O parallel dazu angeordnet. Eine bereits aus Fig. 1 bekannte Ansteuereinheit 40 steuert durch Impulse die Fotoempfängermatrix 37 bzw. deren Ausschnitte 38 und 39. Der Start der Ansteuereinheit 40 löst gleichzeitig den Start eines programmgesteuerten Zählers 41 (auch Fig. 4) aus, der über den Schalter 42 und ein Verzögerungsglied 43 mit der Matrix 37 verbunden ist. Über das Verzögerungsglied 43 und den Schalter 42 werden die an den Matrizenausgängen anliegenden Lage- und Grauwertsignale zu einem Speicher 44 zur digitalen Aufzeichnung des gesamten Bildinhalts geleitet. Gleichzeitig erhält auch der programmgesteuerte Zähler 41 diese Signale zur automatischen Steuerung der Luftbildaufnahmekamera 35, zu der das Objektiv 36 und die Matrix 37 gehören. Der Zähler 41 sorgt dafür, daß der Schal-

ter 42 nach Abschluß der Befragung der gesamten Matrix 37 in Richtung des Speichers 44 geschlossen wird. Damit wird die Bildaufzeichnung im Speicher 44 angehalten, und es werden nur noch Impulse zum Zähler 41 weitergeleitet. Dieser Zähler 41 gewährleistet die Weiterleitung der Informationen aus dem Ausschnitt 38 und die Öffnung und Schließung eines dem Zähler 41 nachgeordneten Schalters 45 bei Beginn und Beendigung der Abfragung des Ausschnitts 38. Weiterhin gewährleistet der Zähler 41 die Weiterleitung der Informationen aus den Zeilen des Matrix-Ausschnittes 39 und das Öffnen und Schließen eines parallel zum Schalter 45 dem Zähler 41 nachgeordneten Schalters 46. Die Schalter 45 und 46 liefern über einen Speicher 47 bzw. direkt Impulse S_{45} bzw. S_{46} an einen Korrelator 48, dem analog zu Fig. 1 ein Analysator 49, ein Summierglied 50, ein Mittelbilder 51, ein Impulsgeber 52 und ein Stellmotor 53 zur Kompensation der Abtrift nachgeordnet sind. Ebenfalls analog zu Fig. 1 sind an den Analysator 49 ein Mittelbilder 54 mit einem Multiplikator 55 und einem Impulsgeber 56 zur automatischen Regelung der Bildüberdeckung zweier aufeinanderfolgender Aufnahmen angeschlossen. Dabei besteht eine Verbindung zwischen dem Mittelbilder 51 und dem Multiplikator 55 über einen Umrechner 57. Ein Drehschalter 58 gestattet, wie in Fig. 1, die manuelle Einführung einer Konstanten k. Mit dem Mittelbilder 54, dem Impulsgeber 56 und dem Umrechner 57 ist ein Multiplikator 59 verbunden, der analog zu Fig. 1 den Bildwanderungsausgleich mit Hilfe eines Schrittmotors 60 ermöglicht. Ein Drehschalter 61 gewährleistet die Eingabe einer Konstanten

in den Multiplikator 59.

Der programmgesteuerte Zähler 41 sorgt dafür, daß der Schalter 45 solange geschlossen bleibt, bis vom Analysator 49 das Korrelations- und Zählergebnis, wie zu Fig. 1 beschrieben, ermittelt worden ist, und daß der Schalter 46 bei jedem Abfragezyklus für die Dauer der Abfragung der Zeilen des Matrix-Ausschnittes 39 geöffnet ist.

Da im digitalen Bildaufnahmesystem kein Kameraverschluß im üblichen Sinne vorhanden ist, ist der Impulsgeber 56 nicht mit dem Kameraverschluß, sondern mit dem Schalter 42 verbunden, der bei einem entsprechenden Impuls vom Impulsgeber 56 den Weg zur Aufzeichnung der Matrizeninformationen im Speicher 44 freigibt. Der Schalter 42 hat also die Funktion eines Kameraverschlusses. Eine Belichtungsregelung erfolgt beim digitalen Bildaufnahmesystem nicht.

Fig. 4 zeigt die wesentlichen Teile eines digitalen Aufnahmesystems mit elektronischem Kontrastausgleich. Eine Ansteuereinheit 65 dient der programmäßigen Abfragung einer Fotoempfängermatrix 66, die die gesamte Projektionsfläche einnimmt und aus der zwei Ausschnitte 67 und 68 besonders hervorgehoben sind. Es erfolgt eine gruppenweise Abfragung, um eine Reduzierung des Grobkontrastes und eine Erhöhung des Detailkontrastes zu ermöglichen. Die Richtung der Bildbewegung gegenüber der gesamten Matrix 66 gibt ein Pfeil 69 an. Von der Matrix 66 gehen die Signale über ein Verzögerungsglied 70 und einen Schalter 71 gruppenweise sowohl an einen Integrator 72 als auch an ein Verzögerungsglied 73. Im Integrator 72 werden die digitalen Schwärzungswerte jeweils einer Gruppe von Matrizenelementen gemittelt und

einem Umrechner 74 zugeleitet. Das Verzögerungsglied 73 sorgt für die Weiterleitung aller Informationen aus dem Schalter 71 in den Umrechner 74 undfür die Verzögerung dieses Vorganges um die Zeit, die im Integrator 72 für die Mittelbildung benötigt wird. Ein Belichtungsregler 75 ist wie in Fig. 1 über ein Korrekturglied 76, einen Rechner 77 und einen Extremwertbilder 78 an den Umrechner 74 angeschlossen. Im Umrechner 74 werden die digitalen Grauwerte der Einzelelemente einer quadratischen Gruppe analytisch so transformiert, daß ein Kontrastausgleich für den groben Kontrast innerhalb der Gruppe erreicht wird, ohne daß der Detailkontrast wesentlich verändert wird. Nach Differenzbildung zwischen dem vom Belichtungsregler 75 kommenden mittleren Grauwert M_s des Gesamtbildes und dem mittleren Grauwert m_s einer Elementengruppe werden die transformierten Grauwerte s' im Umrechner 74 zu dieser Differenz addiert, so daß sie in die Werte $s'' = s' + (M_s - m_s)$ übergehen. Die auf diese Weise im Umrechner 74 gewonnenen digitalen Informationen s" werden schließlich in einem Speicher (Magnetband) abgespeichert.

Die Verzögerungsglieder 7; 43 und 70 der einzelnen Ausführungsbeispiele können bei Anwendung der CCD-Technik (charge coupled device) entfallen.

2922

Patentansprüche

(1) Anordnung zur Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei der ein Objektiv das überflogene Gelände auf eine Projektionsfläche abbildet und aus Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung des Bildes auf der Projektionsfläche das Bildfolgeintervall, die Abtrift und/oder aus den Schwärzungsunterschieden die Belichtungszeit für die Einstellung der Luftbildaufnahmekamera ermittelt und auf diese übertragen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsfläche zumindest teilweise von wenigstens einer digitalen Fotoempfängermatrix bedeckt ist, daß mit der digitalen Fotoempfängermatrix eine Informationsverarbeitungsstufe verbunden ist, die die in der Fotoempfängermatrix erzeugten Signale aufnimmt und nach einem vorgegebenen Programm verarbeitet, und daß mindestens eine Ausgabeeinheit vorgesehen ist, die die verarbeiteten Signale der Luftbildaufnahmekamera zuleitet.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsfläche in der Bildebene des Objektivs der Aufnahmekamera angeordnet ist.

GB/Pi

2922

14

Leerseite

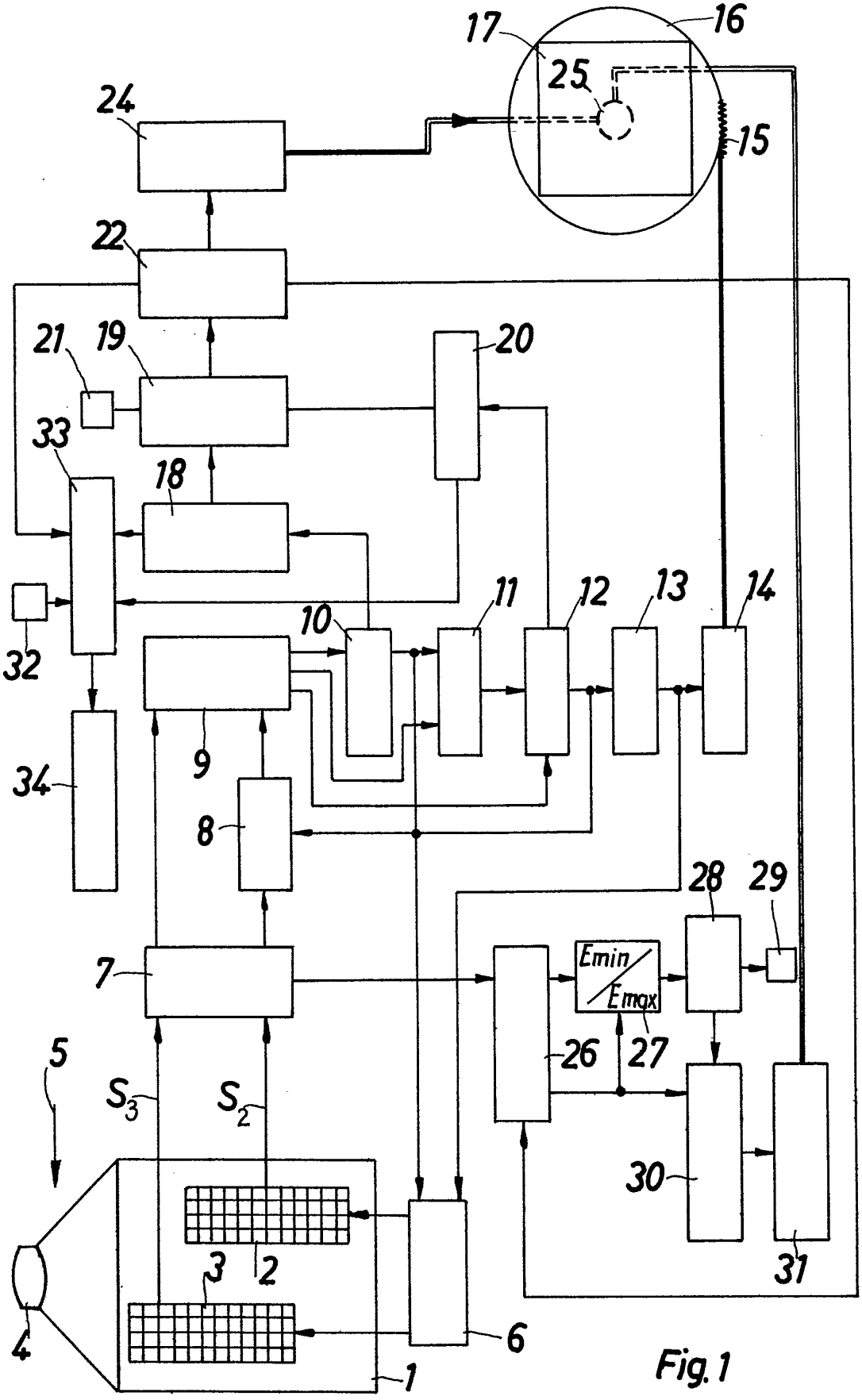


Fig. 1

G03B 15-00 AT:14.02.1975 OT:27.11.1975

509848/0936

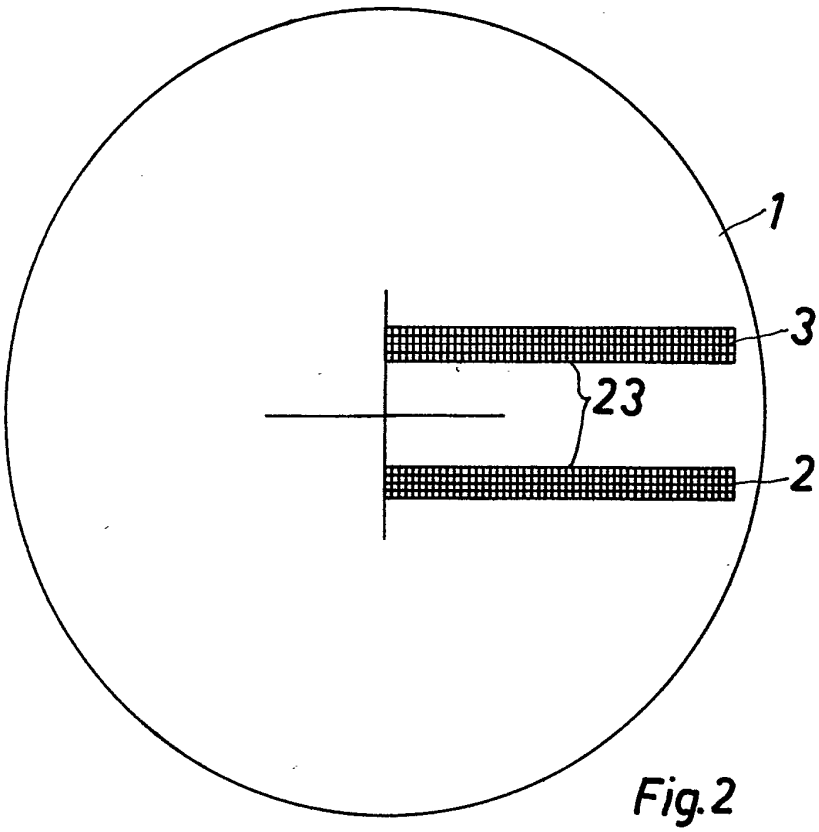


Fig.2

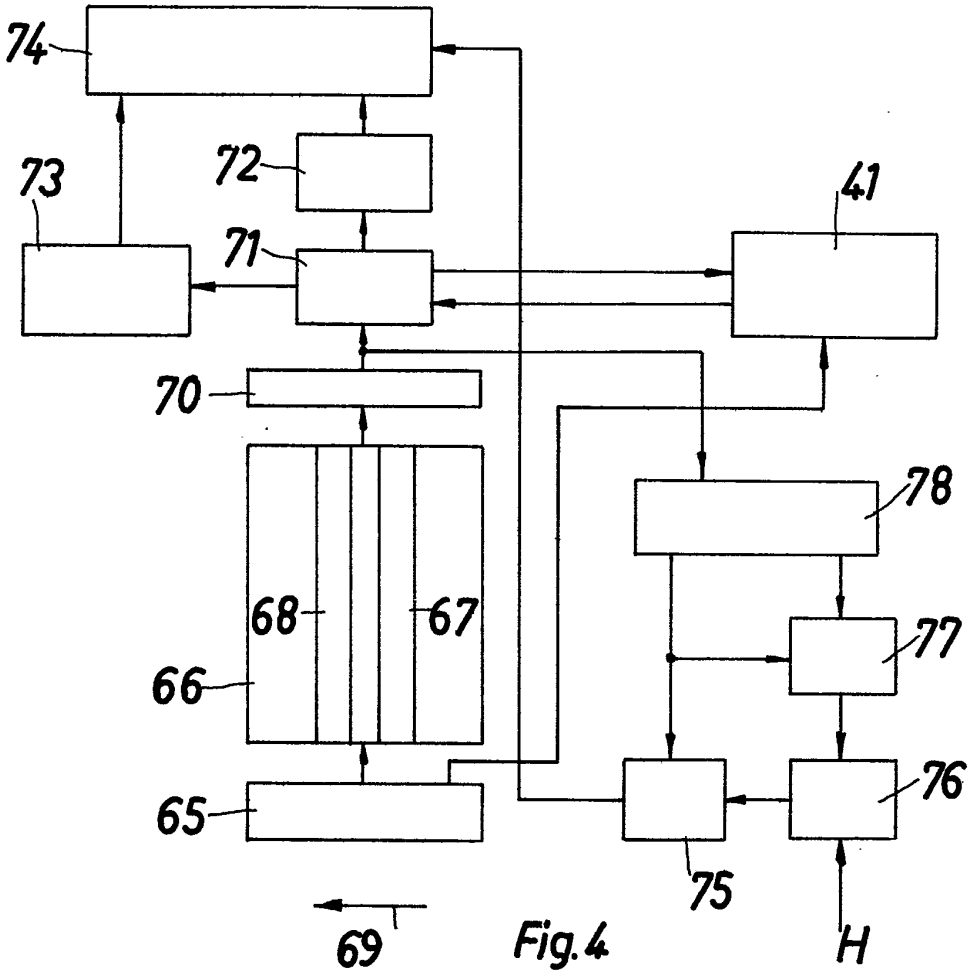


Fig.4

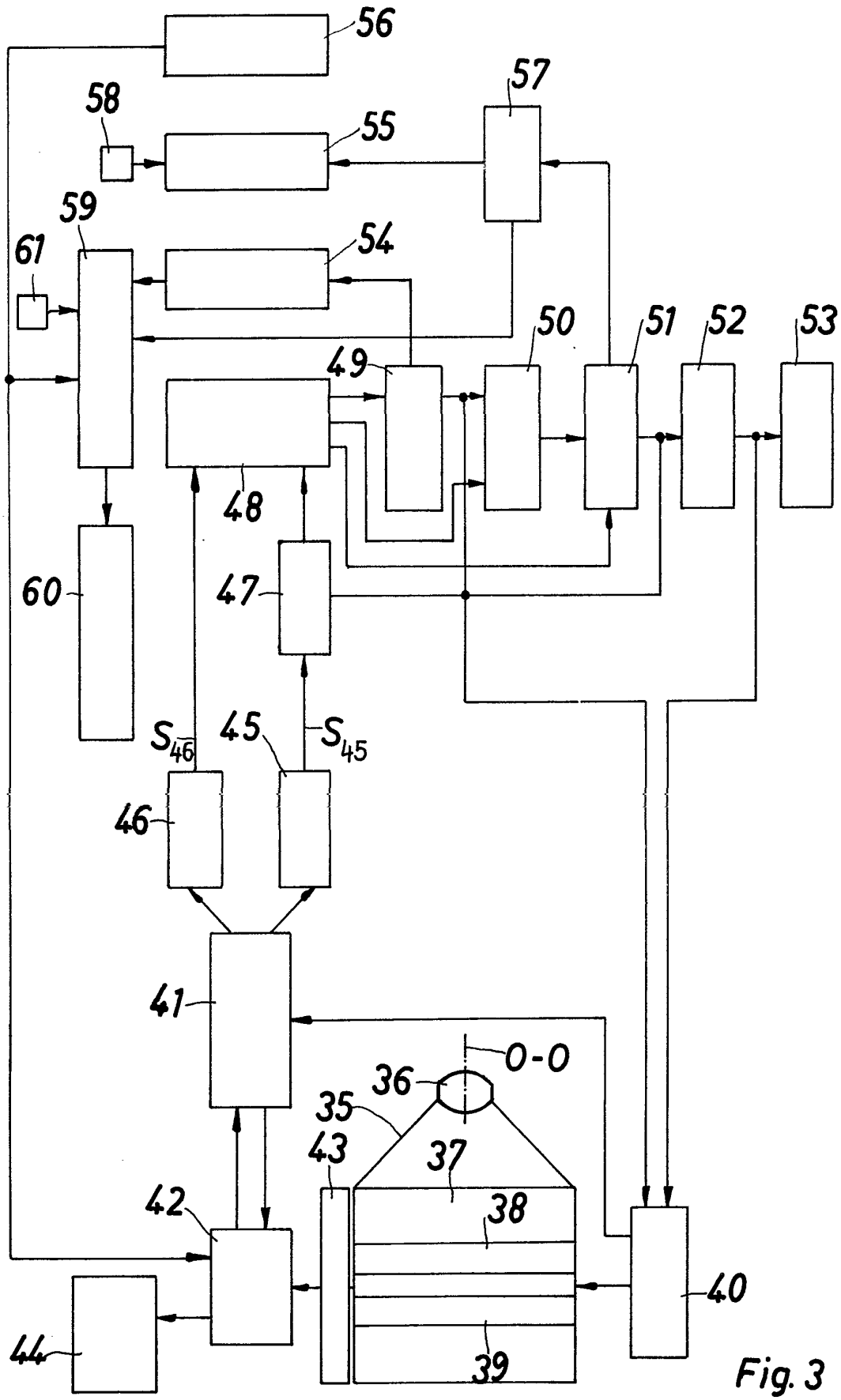

56
57
58
55
59
61
54
50
51
52
53
49
48
60
47
S_{46}
45
S_{45}
46
41
0-0
36
35
43
37
42
38
40
44
39

Fig. 3

A

(51) Int. Cl. 2: G 03 B 19/04

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

DT 25 42 031 B 2

Auslegeschrift 25 42 031

(11)

(21) Aktenzeichen: P 25 42 031.9-51

(22) Anmeldetag: 20. 9. 75

(43) Offenlegungstag: 24. 3. 77

(44) Bekanntmachungstag: 15. 9. 77

(30) Unionspriorität:

(32) (33) (31) —

---

(54) Bezeichnung: Luftbild-Reihenkammer

(71) Anmelder: Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim

(72) Erfinder: Prinz, Reinhard, Ing.(grad.), 7080 Aalen

---

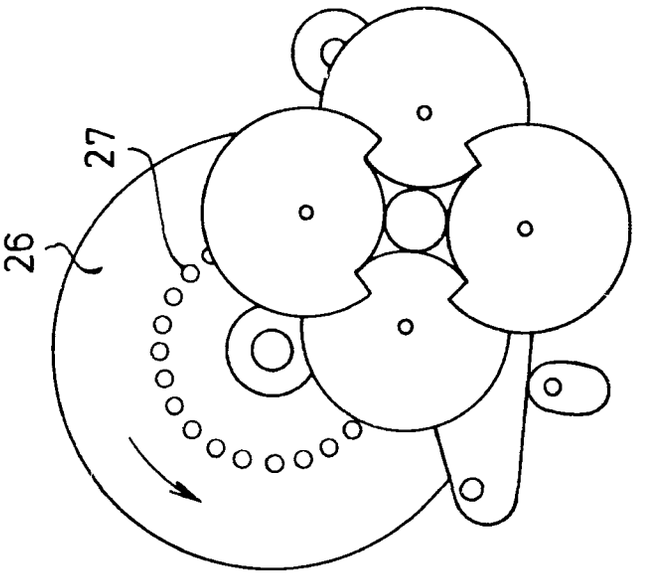
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
Jordan - Eggert - Kneissel: Handbuch der
Vermessungskunde, Bd. IIIa/1,
Photogrammetrie 1972
Stiefel, D.: Moderne
Luftbilde-Reihenmeßkammern, Umschau
1960, H. 22

2

NUNGEN BLATT 1

Nummer: 25 42 031
Int. Cl.²: G 03 B 19/04
Bekanntmachungstag: 15. September 1977

Fig.3



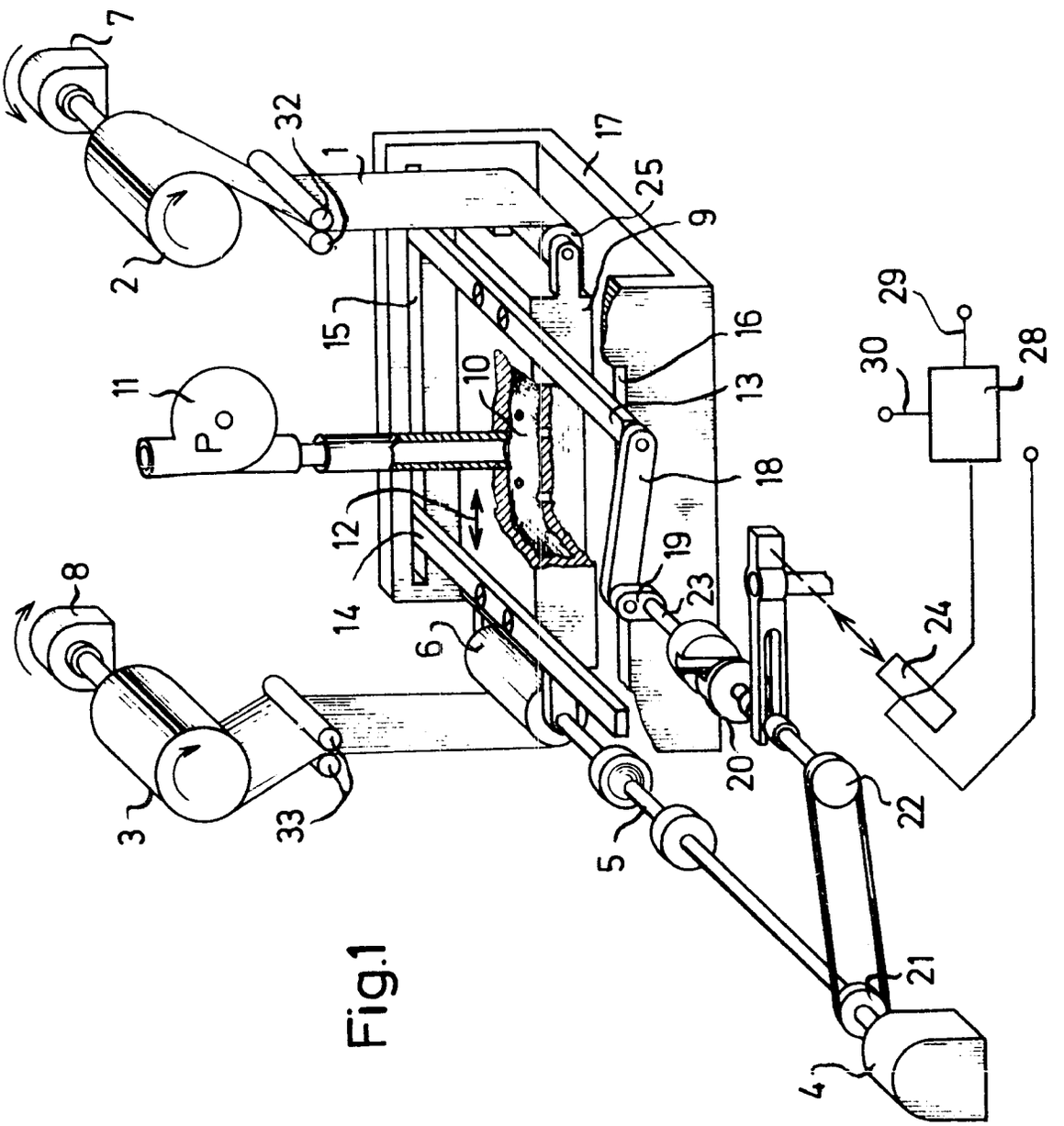


Fig.1

Patentansprüche:

1. Luftbild-Reihenkammer mit sich kontinuierlich drehender Filmgeber- und Filmnehmerspule und intermittierend arbeitendem Verschluß, dadurch gekennzeichnet, daß der Film (1) auch während der Aufnahme mit gleichbleibender Relativgeschwindigkeit über eine, parallel zur Filmlaufrichtung verschiebbare Filmauflageplatte (9) bewegt ist, daß ein Antrieb (18, 19, 23) für die Filmauflageplatte (9) vorgesehen ist und daß dieser Antrieb ein entsprechend der vorgewählten Längsüberdeckung aufeinanderfolgender Aufnahmen festgelegtes Übersetzungsverhältnis zum kontinuierlichen Filmantrieb (6, 25) hat und verschlußsynchron während jeder Aufnahme mit der Filmauflageplatte (9) gekoppelt ist und diese dabei so entgegen der Filmlaufrichtung verschiebt, daß der Film (1) die Bildwanderungsgeschwindigkeit (v_{Bild}) einnimmt.

2. Luftbild-Reihenkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Filmantrieb und zum Antrieb der Filmauflageplatte (9) jeweils ein sich kontinuierlich drehender Motor (4 bzw. 31) vorgesehen ist, daß das Drehzahlverhältnis dieser Motoren elektronisch geregelt ist und daß zwischen dem Motor (31) und dem mechanischen Teil (19) des Antriebs der Filmauflageplatte (9) eine verschlußsynchron betätigte Kupplung (32) vorgesehen ist.

3. Luftbild-Reihenkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Filmantrieb und zum Antrieb der Filmauflageplatte (9) ein einziger Motor (4) vorgesehen ist und daß zwischen diesem Motor und dem mechanischen Teil des Antriebs der Filmauflageplatte (9) ein Umschaltgetriebe (21, 22) vorgesehen und über eine verschlußsynchron betätigte Kupplung (20) einschaltbar ist.

4. Luftbild-Reihenkammer nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verschiebung der Filmauflageplatte (9) ein Exzenter (19) vorgesehen ist und jeweils über eine volle Umdrehung mit dem Drehantrieb (4 bzw. 31) gekoppelt ist.

5. Luftbild-Reihenkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine ständig wirkende Vakuumpumpe (11) zum Erreichen einer einwandfreien Anlage des Films (1) an der Filmauflageplatte (9) vorgesehen ist.

6. Luftbild-Reihenkammer nach Anspruch 1 und einem oder mehreren der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Filmauflageplatte (9) auf jeder Seite mit einer Filmumlenkrolle (6, 25) fest verbunden ist.

7. Luftbild-Reihenkammer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß etwa senkrecht über den mit der Filmauflageplatte (9) verbundenen Filmumlenkspulen (6, 25) Filmführungsrollen (33, 32 fest angeordnet sind.

8. Luftbild-Reihenkammer nach Anspruch 1 und einem oder mehreren der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drehscheibenverschluß (Fig. 3) vorgesehen und mit einer Impulsgeberscheibe (26) gekoppelt ist, welche bei jeder Verschlußöffnung einen den Antrieb der Filmauflageplatte (9) auslösenden Impuls erzeugt.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Luftbild-Reihenkammer mit sich kontinuierlich drehender Filmgeber- und Filmnehmerspule und intermittierend arbeitendem Verschluß.

Reihenkammern sind mit einem Filmband ausgerüstet, das während des Aufnahmevorganges mit einer Reihe schnell aufeinanderfolgender Bilder belichtet wird.

Dazu wird üblicherweise der Film mittels eines Malteserkreuzes bewegt, das während der Aufnahme den Stillstand des Filmes im Bildfenster und zwischen den Aufnahmen den Filmtransport bewirkt. Filmtransport und Filmstillstand folgen also zeitlich aufeinander, so daß insbesondere bei großformatigen Kameras erhebliche Massenträgheitsmomente auftreten.

Bei Reihenkammern für Luftbildaufnahmen hat das verwendete Filmband eine erhebliche Länge von beispielsweise 75 m und ist sehr breit, z. B. 24 cm. Dies führt dazu, daß eine volle Filmspule ein Gewicht von mehreren kg hat. Bei diskontinuierlichem Filmtransport und diskontinuierlichem Antrieb der Filmspulen treten also große Massenträgheitsmomente auf, welche die erreichbare Bildfolgefrequenz begrenzen.

Man hat schon versucht, eine höhere Bildfrequenz zu erreichen, indem man Filmgeber- und Filmnehmerspule kontinuierlich dreht und, ähnlich wie bei Magnetbandgeräten, geregelte Filmschleifen als Puffer zwischen dem kontinuierlichen Filmtransport zur Bildebene und dem diskontinuierlichen Transport in der Bildebene vorsieht. Da bei Luftbild-Reihenkammern der verwendete Film nicht perforiert ist, bedingen solche Schleifenregelungen jedoch einen hohen mechanischen und elektronischen Aufwand.

Bei Luftbild-Reihenkammern ergibt sich durch die Bildwanderung ein weiteres Problem. Darunter versteht man die während der Öffnungszeit eines Momentverschlusses infolge der Flugzeugbewegung eintretende Verschiebung oder Verwischung des Bildes in Flugrichtung. Man versucht im allgemeinen die Verschlußgeschwindigkeit so zu wählen, daß der Betrag der Bildwanderung während der Öffnungszeit kleiner ist, als der photographischen Auflösung entspricht. Dies läßt sich jedoch nicht in allen Fällen erreichen; beispielsweise beeinträchtigt die Bildwanderung die Bildschärfe wesentlich bei hohen Fluggeschwindigkeiten, niedrigen Flughöhen und bei notwendig werdenden längeren Belichtungszeiten.

Es ist bekannt, die Bildwanderung durch optische oder mechanische Mittel, z. B. durch eine Verschiebung der Bildebene zu eliminieren. Dabei steht der Film während der Aufnahme relativ zur Filmauflageplatte still, und diese wird in Flug- bzw. Filmtransportrichtung mit der Bildwanderungsgeschwindigkeit bewegt. Auch hier treten alle mit dem diskontinuierlichen Filmtransport bzw. der Schleifenbildung verbundenen Nachteile auf.

Bekannt ist auch eine Kammer zur stetigen Geländeaufnahme. Bei dieser wird der Film mit der Bildwanderungsgeschwindigkeit hinter einem stets offenen Schlitz bewegt. Die überflogenen Geländestreifen werden dabei in ununterbrochener Folge auf dem Film festgehalten, wobei allerdings die Bildgeometrie durch Flugzeugeigenbewegungen, speziell durch Rollbewegungen, stark verzerrt wird. Außerdem entstehen starke Bewegungsunschärfen quer zur Flugrichtung.

Es ist nun die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Luftbild-Reihenkammer zu schaffen, die auch bei Verwendung breiter und langer Filme eine hohe Bildfolgefrequenz unter gleichzeitiger Eliminierung der Bildwanderung ermöglicht.

Die Erfindung geht aus von einer Luftbild-Reihenkammer mit sich kontinuierlich drehender Filmgeber- und Filmnehmerspule und intermittierend arbeitendem Verschluß. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß der Film auch während der Aufnahme mit gleichbleibender Relativgeschwindigkeit über eine, parallel zur Filmlaufrichtung verschiebbare Filmauflageplatte bewegt ist, daß ein Antrieb für die Filmauflageplatte vorgesehen ist und daß dieser Antrieb ein entsprechend der vorgewählten Längsüberdeckung aufeinanderfolgender Aufnahmen festgelegtes Übersetzungsverhältnis zum kontinuierlichen Filmantrieb hat und verschlußsynchron während jeder Aufnahme mit der Filmauflageplatte gekoppelt ist und diese dabei so entgegen der Filmlaufrichtung verschiebt, daß der Film die Bildwanderungsgeschwindigkeit einnimmt.

Bei der neuen Reihenkammer wird der Film mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit in Flugrichtung bewegt, die größer ist als die Bildwanderungsgeschwindigkeit. Deshalb wird während jeder Aufnahme die Filmauflageplatte entgegen der Filmlaufrichtung bzw. Flugrichtung so bewegt, daß der Film die Bildwanderungsgeschwindigkeit einnimmt und damit ein stehendes Bild erzeugt wird. Die Relativgeschwindigkeit des Films zur bewegten Filmauflageplatte ist auch während jeder Aufnahme gleichbleibend. Die Filmauflageplatte führt während der Aufnahme aufeinanderfolgender Bilder Pendelbewegungen geringer Amplitude aus. Dazu ist zweckmäßig die Filmauflageplatte auf jeder Seite mit einer Filmumlenkrolle fest verbunden, und etwa senkrecht über diesen Umlenkrollen sind Filmführungsrollen fest angeordnet. Die Filmgeber- und Filmnehmerspule drehen sich kontinuierlich, und Pufferschleifen für den Film sind nicht notwendig.

Damit ist klar, daß zur Aufnahme nur die Filmauflageplatte bewegt werden muß. Diese ist jedoch leicht und läßt sich infolge ihres kleinen Trägheitsmomentes ohne großen mechanischen Aufwand mehrmals pro Sekunde hin- und herbewegen. Damit wird eine hohe Bildfolgefrequenz möglich, wie sie insbesondere bei Luftbildaufnahmen aus tiefliegenden, sehr schnellen Flugzeugen auftritt. Zugleich ist dabei praktisch ohne zusätzlichen Aufwand die Bildwanderungsgeschwindigkeit eliminiert.

Im folgenden werden die bei einer Luftbild-Reihenkammer geltenden Beziehungen im Hinblick auf die neue Reihenkammer zusammengestellt.

Bezeichnet man mit v die Relativgeschwindigkeit einer Luftbild-Reihenkammer gegenüber dem Aufnahmegegenstand, mit E die Entfernung des Aufnahmegegenstandes und mit f die Objektivbrennweite der Kammer, so gilt für die Bildwanderungsgeschwindigkeit v_{Bild}

$$v_{Bild} = v/E \cdot f, \tag{1}$$

für die Bildfolgefrequenz F gilt

$$F = \frac{v/E \cdot f}{s\,(1 - \ddot{u}/100)}, \tag{2}$$

wobei s die Bildseitenlänge in Filmtransportrichtung und $\ddot{u}$ die Längsüberdeckung aufeinanderfolgender Bilder bezeichnet.

Aus (1) und (2) folgt

$$F = \frac{v_{Bild}}{s\,(1 - \ddot{u}/100)}. \tag{3}$$

Zugleich gilt für die bei der neuen Luftbild-Reihenkammer verwendete kontinuierliche Filmgeschwindigkeit

$$v_{Film} = F\,(s + d), \tag{4}$$

wobei d den Bildabstand auf dem Film bezeichnet.

Aus (4) und (3) folgt

$$\frac{v_{Film}}{v_{Bild}} = \frac{s + d}{s\,(1 - \ddot{u}/100)}. \tag{5}$$

Bei vorgewählten s und d ist also das Verhältnis von Filmgeschwindigkeit und Bildwanderungsgeschwindigkeit nur von der gewählten Überdeckung $\ddot{u}$ abhängig, nicht jedoch von den Größen f, v und E.

Die Geschwindigkeit v_s der Verschiebung der Filmauflageplatte ist bei der neuen Reihenkammer so groß, daß der Film während der Aufnahme die Bildwanderungsgeschwindigkeit annimmt.

Dies bedeutet

$$v_{Bild} = v_{Film} - v_s, \tag{6}$$

aus (5) und (6) folgt

$$\frac{v_s}{v_{Film}} = 1 - \frac{s\,(1 - \ddot{u}/100)}{s + d}. \tag{7}$$

Das Verhältnis der Verschiebegeschwindigkeit v_s zur kontinuierlichen Filmgeschwindigkeit v_{Film} hängt also bei konstanten s und d nur von der gewählten Überdeckung $\ddot{u}$ ab.

Damit wird es möglich, die neue Luftbild-Reihenkammer so auszubilden, daß der Antrieb der Filmauflageplatte ein entsprechend der vorgewählten Längsüberdeckung der Bilder festgelegtes Übersetzungsverhältnis zum kontinuierlichen Filmantrieb hat und daß eine Vorrichtung zum verschlußsynchronen Einschalten dieses Antriebes während jeder Aufnahme vorgesehen ist.

Wählt man also die kontinuierliche Filmgeschwindigkeit v_{Film} entsprechend den vorgegebenen bzw. gemessenen Größen f, s, d, $\ddot{u}$ bzw. v, E, so ist damit für die gewählte Überdeckung $\ddot{u}$ auch das Verhältnis zur Verschiebegeschwindigkeit v_s der Filmauflageplatte gewählt.

Der Antrieb der Filmauflageplatte kann über den zum Filmantrieb dienenden Motor bewirkt werden, wobei lediglich die Zwischenschaltung eines Getriebes erforderlich ist. Dieses ist, um verschiedene Werte für $\ddot{u}$ wählen zu können, zweckmäßig als Umschaltgetriebe ausgebildet.

Will man ein Getriebe vermeiden, so ist es vorteilhaft, zum Filmantrieb und zur Verschiebung der Filmauflageplatte, zwei kontinuierlich drehende Motore zu verwenden, deren Drehzahlverhältnis entsprechend dem gewählten $\ddot{u}$-Wert elektronisch geregelt ist.

In beiden Fällen ist eine verschlußsynchron betätigte Kupplung vorgesehen, welche beispielsweise einen zur Bewegung der Filmauflageplatte dienenden Exzenter mit dem Plattenantrieb koppelt. Die Bewegung der Filmauflageplatte über einen Exzenter resultiert in einer sinusförmigen Bewegung der Platte, so daß abrupte Geschwindigkeitsänderungen vermieden sind.

Die neue Reihenbildkamera wird vorteilhaft mit einem Zentral- oder einem Drehverschluß ausgebildet. Dieser treibt dann einen Impulsgeber an, der die verschlußsynchrone Kupplung des Antriebs der Filmauflageplatte auslöst.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Fig. 1

bis 3 der Zeichnungen näher erläutert. Im einzelnen zeigt

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer gemäß der Erfindung ausgebildeten Reihenbildkamera in schematischer Darstellung,

Fig. 2 ein anderes Ausführungsbeispiel für den Bewegungsmechanismus der Filmauflageplatte,

Fig. 3 einen mit einem Impulsgeber ausgerüsteten Drehverschluß.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Filmband bezeichnet, mit 2 die Filmgeber- und mit 3 die Filmnehmerspule. Ein kontinuierlich drehender Motor 4 treibt über eine Gelenkwelle 5 eine Rolle 6 an, die das Filmband 1 mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von 2 nach 3 bewegt. Die beiden drehmomentbegrenzten Motoren 7 und 8 verleihen dem Filmband 1 dabei eine leichte Straffung.

Mit 9 ist die Filmauflageplatte bezeichnet, über die das Filmband 1 mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegt wird. Die Platte 9 ist mit einem Saugraum 10 versehen, der mit einer Vakuumpumpe 11 verbunden ist. Diese erzeugt einen Unterdruck, der das Filmband 1 gleichmäßig leicht an die Auflageplatte 9 saugt.

Die Filmauflageplatte ist in Richtung des Doppelpfeiles 12 bewegbar gelagert. Sie ist dazu mit Bändern 13 und 14 verbunden, die in Führungen 15 und 16 im Gehäuse 17 eingreifen. Zur Bewegung der Platte 9 dient ein Hebel 18, der mit einem Exzenter 19 verbunden ist.

Der Antrieb des Exzenters 19 erfolgt über eine Welle 23, die über eine Kupplung 20 mit dem Getriebe 21, 22 verbunden ist, das seinerseits vom Motor 4 angetrieben wird. Zur Betätigung der Kupplung 20 dient ein Relais 24.

In Fig. 3 ist ein Drehverschluß üblicher Bauart schematisch in offenem Zustand dargestellt. Dieser Verschluß enthält eine kontinuierlich umlaufende Scheibe 26, welche mit Bohrungen 27 versehen ist. Die Umdrehungszahl dieser Scheibe hängt von der manuell oder automatisch eingestellten Belichtungszeit ab. Die Bohrungen 27 liefern dabei über einen hier nicht dargestellten optischen Abtaster eine Impulsfolge, die über eine Schaltung 28 dem Relais 24 zugeführt wird. Die Schaltung 28 weist einen Eingang 29 für die vom Verschluß kommende Impulsfolge und einen Eingang 30 auf, über den das Aufnahmeintervall vorgewählt wird.

Die Wirkungsweise der in Fig. 1 dargestellten Reihenbildkamera ist folgende. Das Filmband 1 wird mittels des Motors 4 mit gleichmäßiger Geschwindigkeit über die Filmauflageplatte 9 gezogen. Diese Geschwindigkeit ist, wie aus den Gleichungen (4) und (2) hervorgeht, bei vorgewählten Werten von s, $\ddot{u}$ und d abhängig von dem, z. B. mittels eines Überdeckungsreglers üblicher Bauart gemessen Wert $\frac{v}{E}$. Die Filmtrommeln 2 und 3 drehen sich gleichmäßig, das Filmband 1 ist leicht gestrafft und wird durch die Wirkung der Pumpe 11 leicht an die Auflageplatte 9 gesaugt.

Durch das Getriebe 21, 22 ist eine Übersetzung zwischen der Antriebswelle des Motors 4 und der Welle 23 gewählt, das nur von der vorgewählten Überdeckung $\ddot{u}$ abhängt.

Wird nun der Aufnahmevorgang ausgelöst, so drehen sich die Scheiben des Drehverschlusses der Fig. 3, und die Scheibe 26 liefert eine Impulsfolge, deren Frequenz von der manuell eingestellten oder automatisch bestimmten Belichtungszeit bestimmt ist. Diese Impulsfolge wird dem Eingang 29 der Schaltung 28 zugeführt. Über den Eingang 30 ist zugleich das Intervall zwischen aufeinanderfolgenden Aufnahmen vorgewählt.

Die Schaltung 28 erzeugt nun zu Beginn jeder Aufnahme einen Steuerimpuls, der über das Relais 24 die Kupplung 20 einrückt. Damit wird über die Welle 23, den Exzenter 19 und den Hebel 18 die Filmauflageplatte 9 während der Öffnung des Drehverschlusses entgegen der Laufrichtung des Filmbandes 1 bewegt, und zwar so, daß das Filmband die Bildwanderungsgeschwindigkeit einnimmt. Filmauflageplatte wird dabei zusammen mit den an ihr befestigten Spulen 6 und 25 in den Führungen 15, 16 des Gehäuses 17 bewegt. Die Spulen 6 und 25 sind zweckmäßig etwa senkrecht unter den mit 33 und 32 bezeichneten Filmführungsrollen angeordnet. Bei der Bewegung der Filmauflageplatte 9 pendelt diese zusammen mit dem kontinuierlich bewegten Film 1 um die Filmführungsrollen 32, 33.

Es ist vorteilhaft, anstelle des Getriebes 21, 22 ein Umschaltgetriebe vorzusehen, um für verschiedene Werte der Überdeckung $\ddot{u}$ schnell das entsprechende Übersetzungsverhältnis wählen zu können.

In dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist neben dem Filmantriebmotor 4 ein weiterer Motor 31 vorgesehen, der sich ebenfalls kontinuierlich dreht. Das Drehzahlverhältnis zwischen diesen beiden Motoren ist mittels einer Anordnung 33 elektronisch geregelt, wobei der jeweils gewählte Wert der Überdeckung $\ddot{u}$ bei 34 eingegeben wird. Zwischen dem zum Antrieb der Filmauflageplatte 9 dienenden Motor 31 und dem Exzenter 19 ist wieder eine Kupplung 32 vorgesehen, die über die Schaltung 28 verschlußsynchron betätigt wird.

Bei der neuen Luftbild-Reihenkammer wird der zur Regelung der Drehzahl des Motors 4 notwendige Wert $\frac{v}{E}$ von einem Uberdeckungsregler erzeugt, und das Getriebe 21, 22 bzw. das Drehzahlverhältnis zwischen den Motoren 4 und 31 wird entsprechend dem gewählten Wert der Überdeckung $\ddot{u}$ eingestellt.

Die neue Kamera kann auch dazu Verwendung finden, mit einer stehenden Kamera, Reihenbilder herzustellen. In diesem Fall ist die Bildwanderungsgeschwindigkeit gleich Null, so daß gemäß Gleichung (6 $v_{Film} = v_s$ ist, d. h., die Filmauflageplatte 9 wird während der Aufnahme mit der Filmgeschwindigkeit entgegen der Filmlaufrichtung bewegt, so daß der Film relativ zum Objektiv stillsteht.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Nummer: 25 42 031
Int. Cl.²: G 03 B 19/04
Bekanntmachungstag: 15. Septemb

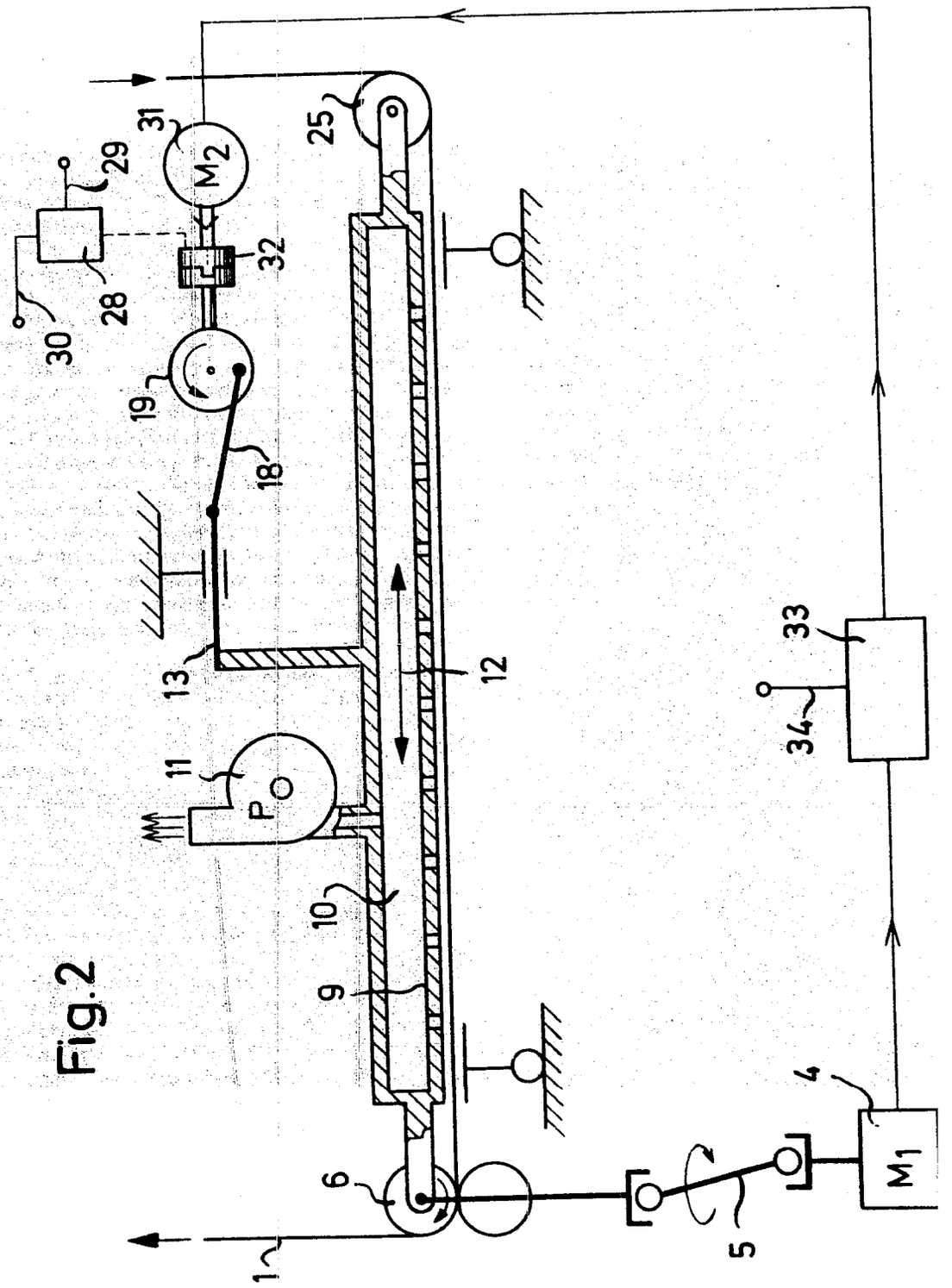


Fig.2

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 30 18 329 A 1**

(51) Int. Cl. 3: H 04 N 7/12

(21) Aktenzeichen: P 30 18 329.0-31

(22) Anmeldetag: 10. 5. 80

(43) Offenlegungstag: 19. 11. 81

Behördeneigentum

DE 30 18 329 A 1

(71) Anmelder:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE

(72) Erfinder:

Lippmann, Reiner, Dipl.-Ing.; Dörgeloh, Heinrich, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) **Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz**

DE 30 18 329 A 1

BUNDESDRUCKEREI BERLIN 10. 81 130 047/264 6/70

Patentansprüche

3018329

(1) Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung zwischen Aufnahmesensor und Aufnahmeobjekt,
dadurch gekennzeichnet, daß durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation unter Zugrundelegung von jeweils zwei übertragenen Bildern wiedergabeseitig erzeugte Zwischenbilder in die übertragene Bildfolge eingefügt werden und die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wenigstens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Inter- bzw. Extrapolation das Modell einer von Bild zu Bild linearen Änderung der zugeordneten Bildpunktpositionen zwischen den übertragenen Bildern zugrundegelegt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Bildbereiche ausgehend von unterschiedlichen Objektpunkten inter- bzw. extrapoliert werden.

BAD ORIGINAL

Patentanwalt
Dipl.-Ing.
Harro Gralfs

3018329

Gralfs Patentanwalt Am Bürgerpark 8 D 3300 Braunschweig Germany

Deutsche Forschungs- und
Versuchsanstalt für Luft-
und Raumfahrt e. V.
Linder Höhe

5000 Köln 90

Am Bürgerpark 8
D 3300 Braunschweig, Germany
Telefon 0531-74798
Cable patmarks braunschweig

9. Mai 1980
G/Sch - D 650

Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz.

Bei Bord-Boden-Übertragung von Videosignalen, insbesondere digitaler Videosignale, ist man aus technischen und wirtschaftlichen Gründen in besonderem Maße bestrebt, den Bitfluß geringzuhalten. Die Übertragung soll möglichst hohe Reduktionsfaktoren liefern, Beeinträchtigungen der Wiedergabequalität auch bei ungünstigen Übertragungsbedingungen geringhalten und bordseitig aufwandgünstig realisierbar sein.

Hierfür kommt die Übertragung mit reduzierter Bildfolgefrequenz (z.B. 1 Bild je Sekunde) in Betracht, die jedoch den Nachteil hat, daß die kontinuierlich ablaufende scheinbare Szenenbewegung wiedergabeseitig als diskontinuierliche (ruckartige) Bewegung dargestellt wird.

Es ist bekannt, bei einer Übertragung von Luftbildszenen mit reduzierter Bildfolgefrequenz eine kontinuierlich ablaufende Bewegungsdarstellung dadurch zu simulieren, daß jedes Bild der übertragenen Folge bei der Wiedergabe entsprechend der Flugbewegung fortlaufend verschoben wird ("Image Motion Compensation").

130047/0264

BAD ORIGINAL

(M. L. Hershberger, R. J. Vanderkolk, "Video Image Bandwidth Reduction/ Compression Studies for Remotely Piloted Vehicles", Final Tech. Rep. January 1975 - May 1976, ASD-Tr-76-26, AD-A039762, Hughes Aircraft Co., Culver City, Calif. 90230, October 1976).

Objektbewegungen innerhalb des Bildhintergrundes kommen hierbei nicht zum Ausdruck. Nachteilig ist weiterin, daß durch die Bildverschiebung zunehmend nichtausgenutzte Bildbereiche entstehen, die das Blickfeld vorübergehend einschränken und jeweils erst beim Einlesen des nächsten übertragenen Bildes mit neuer Bildinformation gefüllt werden. Die empfangsseitig erforderliche Information zur Berechnung der Bildverschiebung wird aus übertragenen Bordmeßdaten und Parametern des Bildaufnahmesystems gewonnen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren aufzuzeigen, das bei Übertragungen insbesondere von Luftbildszenen mit reduzierter Bildfolgefrequenz unter Berücksichtigung der jeweiligen Abbildungsperspektive eine kontinuierliche Bewegungswiedergabe des Bildhintergrundes und davon unterscheidbarer Objektbewegungen ermöglicht, wobei das Bildfeld zu jedem Zeitpunkt weitgehend vollständig ausgenutzt wird.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation unter Zugrundelegung von jeweils zwei übertragenen Bildern wiedergabeseitig erzeugte Zwischenbilder in die übertragene Bildfolge eingefügt werden und die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wengistens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt werden.

Vorzugsweise wird der Inter- bzw. Extrapolation das Modell einer von Bild zu Bild linearen Änderung der zugeordneten Bildpunktpositionen zwischen den übertragenen Bildern zugrunde gelegt.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß Bewegungswiedergabe und Betrachtungsperspektive der Szene weitgehend dem Originalbild entsprechen und dadurch ermüdungsfreie Beobachtungen über einen

BAD ORIGINAL

3018329

längeren Zeitraum möglich sind. Das Einsatzspektrum erfaßt sowohl Bedingungen des Reise- als auch des Zielanflugs bzw. einer veränderlichen Objektivbrennweite.

Die für die Realisierung des Verfahrens erforderliche Einrichtung beschränkt sich im wesentlichen auf die Wiedergabeseite, so daß für Bord-Boden-Obertragungen günstige Verhältnisse bestehen.

Das Verfahren arbeitet weitgehend systemkompatibel, d.h. z.B. unabhängig von einer zur Erhöhung des Reduktionsfaktors möglichen zusätzlichen Quellencodierung (z.B. DPCM- oder Transformationsmethoden) und kann in ein vorhandenes System mit reduzierter Bildfolgefrequenz auch nachträglich eingefügt werden. Die anwendungsgünstigen Eigenschaften eines solchen Systems, wie z.B. hoher Reduktionsfaktor, bordseitig einfache Realisierbarkeit und geringe Störempfindlichkeit, bleiben dabei erhalten und lassen sich universeller nutzen.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen nach Fig. 1 bis Fig. 3 veranschaulicht und im folgenden näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt die geometrische Anordnung für die Aufnahme einer Luftbildszene aus der Höhe H über Grund bei schräg nach vorn ausgerichteter (Video-) Kamera. (Die x- und x'-Achse verlaufen senkrecht zur Zeichenebene).

Fig. 2 zeigt die Bildaufnahmeebene der Kamera mit dem Weg für zwei Punkte der Objektebene bei Bewegung der Kamera in Flugrichtung nach Fig. 1.

Fig. 3 zeigt die zeitliche Anordnung zweier übertragener Bilder (Bild 0 und Bild N) und eines dazwischenliegenden, wiedergabeseitig interpolierten Bildes (Bild n), mit den durch Messung ermittelten, objektgleichen Bildpunktpositionen A_0, A_N bzw. B_0, B_N sowie der nach einem linearen Modell daraus bestimmten Bildpunktzuordnung C_n, C_0 bzw. C_n, C_N.

Bei der geometrischen Anordnung nach Fig. 1 werden Geraden, die in der Szene (Objektebene) parallel zur y-Achse verlaufen, in der Bildaufnahmeebene (Fig. 2) entsprechend der Abbildungsperspektive als schräg zur y'-Achse verlaufende Geraden abgebildet. Sie repräsentieren zugleich jeweils den geometrischen Ort der Bildpunktpositionen für einen Objektpunkt (hier: den im Bild durchlaufenen Weg) bei Bewegung der Kamera in Flugrichtung (s. Fig. 1).

Die Abhängigkeit der Bildpunktposition eines Objektpunktes von der Zeit, d.h. dessen Bild-zu-Bild-Versatz, ist durch die Gesetzmäßigkeiten der Abbildungsgeometrie festgelegt. Sie kann vereinfachend, wie in Fig. 3, durch einen linearen Verlauf approximiert werden. Bei Kenntnis der Positionszuordnung für ein Paar von Objektpunkten in zwei Referenzbildern, z.B. den Positionen (Bildpunkten) A_0, B_0 in Bild 0 und A_N, B_N in Bild N nach Fig. 3, lassen sich die Zuordnungen für den Rest des Bildfeldes, z.B. für die Bildpunkte C_0, C_N, aus dem Verhältnis der Bildpunktabstände nach dem Strahlensatz ermitteln. Die Zuordnung zwischen den objektgleichen Bildpunkten C_0 und C_N mit den Koordinaten x'_{C0}, y'_{C0} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} und dem entsprechenden Bildpunkt C_n mit den Koordinaten x'_{Cn}, y'_{Cn} in einem Bild n wird durch eine für diesen Punkt jeweils spezifische Zuordnungsgerade zwischen den Bildern 0 und N charakterisiert und kann aus den in x'_{Cn} bzw. y'_{Cn} linearen Koordinatenbeziehungen

$$y'_{C_0} = h_1 y'_{C_n} + h_2 \,, \qquad (1)$$

$$x'_{C_0} = g_1 x'_{C_n} + g_2 \qquad (2)$$

und

$$y'_{C_N} = h_3 y'_{C_n} + h_4 \,, \qquad (3)$$

$$x'_{C_N} = g_3 x'_{C_n} + g_4 \qquad (4)$$

bestimmt werden.

Die Koeffizienten h_1 bis h_4 und g_1 bis g_4 ergeben sich aus den gemessenen Bildpunktzuordnungen A_0, A_N und B_0, B_N, wobei h_i (i=1,2,3,4) für jedes n (d.h. innerhalb jedes Bildes) und g_i für jedes y'_{C_n} (d.h. innerhalb jeder Bildzeile) konstant ist (siehe unten). Der durch die Gleichungen dargestellte Algorithmus ermöglicht eine zeilen- und bildsequentielle Verarbeitung im Sinne des auszugebenden Videosignals und ist dadurch für die technische Realisierung des Verfahrens besonders geeignet.

ORIGINAL INSPECTED

Aus den Grauwerten S_{CO} und S_{CN} für die Bildpunkte C_0 und C_N mit den nach den Gleichungen (1) bis (4) ermittelten Koordinaten x'_{CO}, y'_{CO} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} ergibt sich der zu regenerierende Grauwert S_{Cn} für den Bildpunkt C_n durch Interpolation nach der Beziehung

$$S_{C_n} = \frac{1}{N}\left[(N-n)\, S_{C_0} + n \cdot S_{C_N}\right] \qquad (5)$$

oder durch Extrapolation gemäß

$$S_{C_n} = S_{C_0} \quad (6a) \quad \text{oder} \quad S_{C_n} = S_{C_N} . \qquad (6b)$$

Die Extrapolation wird in Bildteilen angewendet, in denen einer oder mehrere der aus den Gleichungen (1) bis (4) ermittelten Koordinatenwerte außerhalb des Wertebereichs

$$-\frac{b}{2} \leq y'_{C_0}, y'_{C_N} \leq \frac{b}{2} , \qquad (7)$$

$$-\frac{a}{2} \leq x'_{C_0}, x'_{C_N} \leq \frac{a}{2} \qquad (8)$$

liegen, d.h. außerhalb der Bildaufnahmeebene mit der Breite a und der Höhe b nach Fig. 2.

Eine Extrapolation statt der Interpolation kann in weiteren Fällen zweckmäßig sein, z.B. wenn die Zuordnung zwischen den Referenzbildern vorübergehend nur ungenau zu ermitteln oder die Überlappung der Bildinformation relativ gering ist.

Objektbewegungen in der Szene treten in einer durch Extrapolation regenerierten Bild- (oder Teilbild-) Folge nicht in Erscheinung, während sie bei der Interpolation im allgemeinen durch ein allmähliches Ab- und Aufklingen der Helligkeitsintensität gekennzeichnet sind. Dieser Fall, in dem der Interpolation nicht objektgleiche Bildpunkte zugrundeliegen, entspricht in seiner Wirkung einem Überblenden zwischen den Positionen des bewegten Objektes in aufeinanderfolgenden Referenzbildern.

COPY

Ähnlich sind die Verhältnisse bei Kanalstörungen. Durch Störungen in einem Referenzbild hervorgerufene Grauwertänderungen nehmen in der interpolierten Bildfolge allmählich, d.h. innerhalb von N Bildperioden, zu und klingen anschließend wieder entsprechend ab.

Die für das Verfahren erforderliche Referenzpunktzuordnung A_0, A_N und B_0, B_N läßt sic u.a. durch eine Bildkorrelationsmethode oder aus empfangsseitig bekannten Bordmeßdaten ermitteln. Zur Erhöhung der Entscheidungssicherheit ist die Messung der Zuordnung für weitere Bildpunkte und anschließende Auswahl nach vorgegebenen Kriterien (wie z.B. Zuverlässigkeits- oder Majoritätskriterien) möglich. Werden Referenzpunktzuordnungen speziell für den Bereich eines innerhalb der Szene bewegten Objektes gemessen, so können auch in solchen Bereichen objektgleiche Bildpunkte für die Interpolation bestimmt und der Bewegungsablauf damit direkt statt durch das oben beschriebene Ab- und Aufklingen der Helligkeitsintensität wiedergegeben werden.

Im folgenden werden die in den Gleichungen (1) bis (4) verwendeten Koeffizienten h_i und g_i ($i = 1,2,3,4$) definiert. Die gewählte Aufteilung der Gleichungen bietet Vorteile für den Ablauf der Rechenoperationen in einer gerätetechnischen Einrichtung.

$$h_1 = \frac{N}{N-n\cdot l_1} \qquad (9a) \qquad g_1 = \frac{1 - k_1 y'_{C_0}}{1 - k_1 y'_{C_n}} \qquad (10a)$$

$$h_2 = \frac{-n\cdot l_2}{N-n\cdot l_1} \qquad (9b) \qquad g_2 = \frac{k_2 (y'_{C_0} - y'_{C_n})}{1 - k_1 y'_{C_n}} \qquad (10b)$$

$$h_3 = \frac{N(1-l_1)}{N-n\cdot l_1} \qquad (9c) \qquad g_3 = \frac{1 - k_1 y'_{C_N}}{1 - k_1 y'_{C_n}} \qquad (10c)$$

$$h_4 = \frac{(N-n) l_2}{N-n\cdot l_1} \qquad (9d) \qquad g_4 = \frac{k_2 (y'_{C_N} - y'_{C_n})}{1 - k_1 y'_{C_n}} \qquad (10d)$$

Die Größen h_i und g_i haben jeweils gleichen Nenner. Die Werte für h_i müssen ein Mal je Vertikalperiode (Dauer eines Bildes) und die Werte für g_i ein Mal je Horizontalperiode (Dauer eine Zeile) des Fernsehsignals bestimmt werden. Über die Gleichungen (1) bzw. (3) ist g_i von h_i abhängig.

130047/0264
COPY
ORIGINAL INSPECTED

Es werden folgende Hilfsgrößen verwendet:

$$l_1 = 1 - \frac{y'_{A_N} - y'_{B_N}}{y'_{A_O} - y'_{B_O}} \qquad (11a)$$

$$l_2 = y'_{B_N} - y'_{B_O} (1 - l_1) \qquad (11b)$$

und

$$k_1 = \frac{d_A - d_B}{d_A\, y'_{A_N} - d_B\, y'_{B_N} + x'_{B_N} - x'_{A_N}} \qquad (12a)$$

$$k_2 = d_A (1 - k_1\, y'_{A_N}) + k_1\, x'_{A_N} \qquad (12b)$$

mit

$$d_A = \frac{x'_{A_N} - x'_{A_O}}{y'_{A_N} - y'_{A_O}} \qquad (12c)$$

$$d_B = \frac{x'_{B_N} - x'_{B_O}}{y'_{B_N} - y'_{B_O}} \qquad (12d)$$

Die Werte für l_1, l_2, k_1 und k_2 müssen ein Mal je N Vertikalperioden bestimmt werden.

Die erforderlichen Koordinatenwerte sind durch Messung der Positionszuordnung der objektgleichen Bildpunkte A_O (x'_{AO}, y'_{AO}) und A_N (x'_{AN}, y'_{AN}) bzw. B_O (x'_{BO}, y'_{BO}) und B_N (x'_{BN}, y'_{BN}) bekannt.

Das beschriebene Verfahren hat prinzipiell auch Gültigkeit, wenn die Bildpunktzuordnungen innerhalb der zeitlichen Folge durch die exakten Beziehungen der Abbildungsgeometrie statt durch das aufwandgünstigere lineare Modell beschrieben werden.

130047/0264

BAD ORIGINAL

INSPECTED

3018329

Zuzüglich oder alternativ zur beschriebenen Interpolation bzw. Extrapolation des Bild-zu-Bild Versatzes für das Gesamtbild kann eine entsprechende Interpolation oder Extrapolation für vorbestimmte Bildbereiche erfolgen, beispielsweise für sich vor dem Hintergrund bewegende Objekte, für die dann jeweils die entsprechenden Koordinatenpunkte gesondert festzulegen sind, oder allgemein zur Erhöhung der Wiedergabegenauigkeit und/oder Hervorhebung einzelner Bildteile.

Grundsätzlich ist das Verfahren auch für andere Anwendungen mit Relativbewegung zwischen Aufnahmesensor und Szene einsetzbar.

Je nach Anzahl der eingefügten Zwischenbilder kann die Wiedergabe mit Originalgeschwindigkeit, Zeitraffung oder Zeitdehnung erfolgen.

130047/0264

ORIGINAL INSPECTED

Leerseite

3018329

-11-

Nummer: 30 18 329
Int. Cl.³: H 04 N 7/12
Anmeldetag: 10. Mai 1980
Offenlegungstag: 19. November 1981

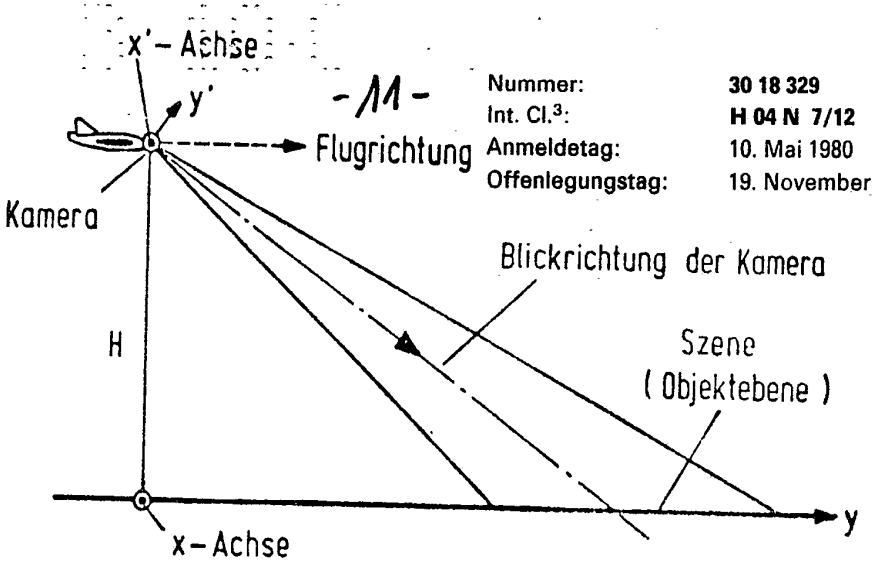


Fig. 1

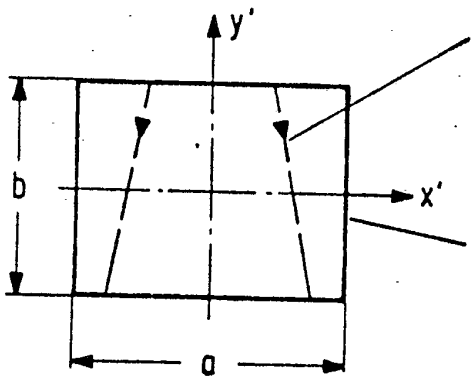


Fig. 2

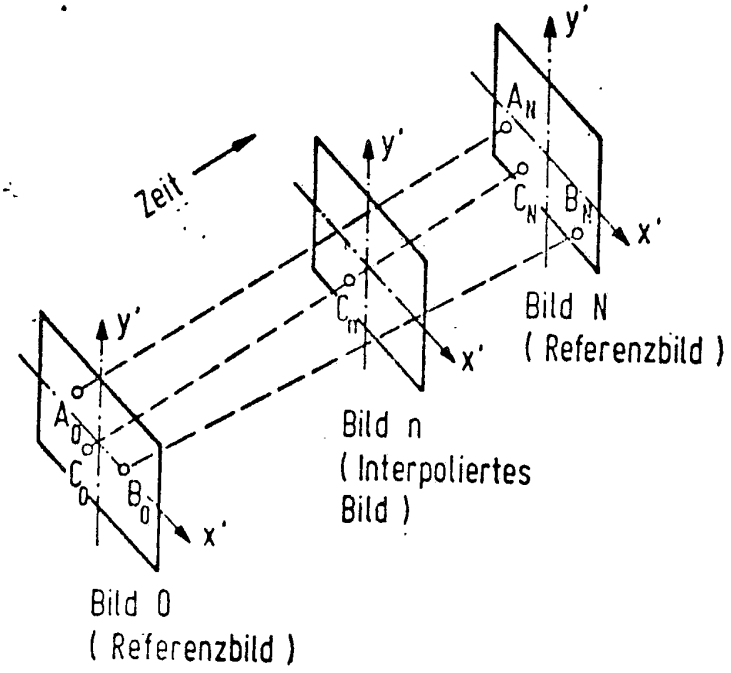


Fig. 3

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Patentschrift**

(11) **DE 3018329 C2**

(51) Int. Cl.³: H04N 7/12

(21) Aktenzeichen: P 30 18 329.0-31
(22) Anmeldetag: 10. 5. 80
(43) Offenlegungstag: 19. 11. 81
(45) Veröffentlichungstag: 9. 9. 82

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE

(61) Zusatz in: P 31 44 050.9

(72) Erfinder:

Lippmann, Reiner, Dipl.-Ing.; Dörgeloh, Heinrich, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

(56) Entgegenhaltungen:

US 40 60 832
US-Buch: »Video Image Bandwith Reduction/Compression Studies for Remotely Piloted Vehicles«, v. M.L. Hershberger u.a., Hughes Aircraft Company, Culver City, Calif., Okt. 1976, Final Technical Report f. Periode, Januar 1975 bis Mai 1976;

(54) **Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz**

BUNDESDRUCKEREI BERLIN 07 82 230 236/469

DE 3018329 C2

Nummer: 3018329
Int. Cl.³: H04N 7/12
Veröffentlichungstag: 9. September 1982

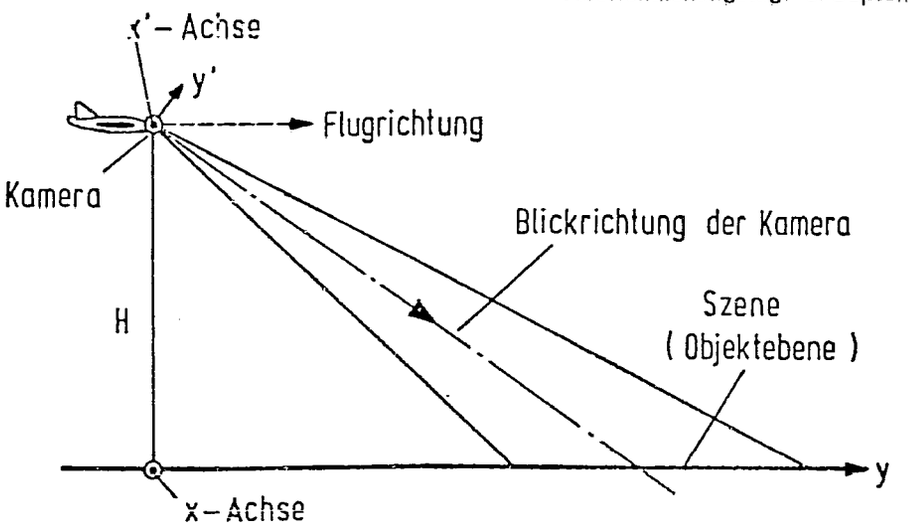


Fig. 1

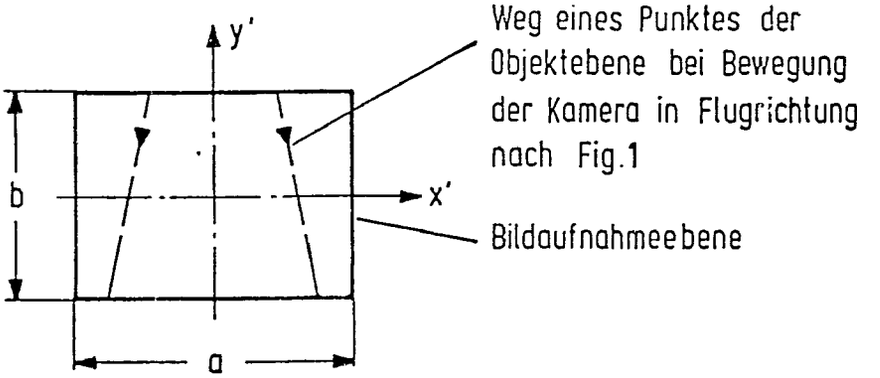


Fig. 2

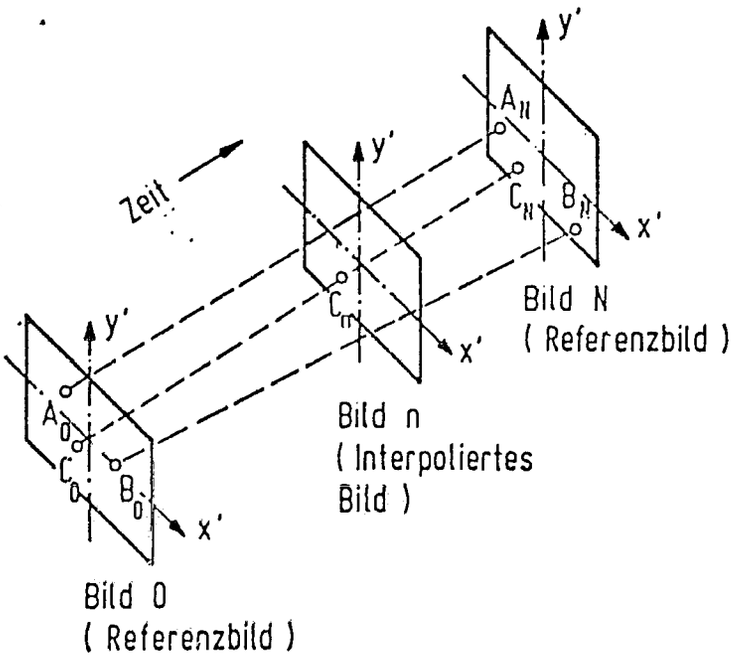


Fig. 3

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung der aufgenommenen Szene gegenüber dem Aufnahmesensor, dadurch gekennzeichnet, daß durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation unter Zugrundelegung von jeweils zwei übertragenen Bildern wiedergabeseitig erzeugte Zwischenbilder in die übertragene Bildfolge eingefügt werden und die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden objektgleichen Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wenigstens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Inter- bzw. Extrapolation das Modell einer von Bild zu Bild linearen Änderung der zugeordneten Bildpunktpositionen zwischen den übertragenen Bildern zugrundegelegt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Bildbereiche ausgehend von unterschiedlichen Objektpunkten inter- bzw. extrapoliert werden.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung der aufgenommenen Szene gegenüber dem Aufnahmesensor.

Bei Bord-Boden-Übertragung von Videosignalen, insbesondere digitaler Videosignale, ist man aus technischen und wirtschaftlichen Gründen in besonderem Maße bestrebt, den Bitfluß gering zu halten. Die Übertragung soll möglichst hohe Reduktionsfaktoren liefern, Beeinträchtigungen der Wiedergabequalität auch bei ungünstigen Übertragungsbedingungen gering halten und bordseitig aufwandgünstig realisierbar sein.

Hierfür kommt die Übertragung mit reduzierter Bildfolgefrequenz (z. B. 1 Bild je Sekunde) in Betracht, die jedoch den Nachteil hat, daß die kontinuierlich ablaufende scheinbare Szenenbewegung wiedergabeseitig als diskontinuierliche (ruckartige) Bewegung dargestellt wird.

Es ist bekannt, bei einer Übertragung von Luftbildszenen mit reduzierter Bildfolgefrequenz eine kontinuierlich ablaufende Bewegungsdarstellung dadurch zu simulieren, daß jedes Bild der übertragenen Folge bei der Wiedergabe bis zum Eingang des nächsten Bildes entsprechend der Bildwiedergabefrequenz des Widergabegerätes wiederholt wird und dabei entsprechend der Flugbewegung fortlaufend auf dem Bildschirm verschoben wird. Die empfangsseitig erforderliche Information zur Berechnung der Bildverschiebung wird aus übertragenen Bordmeßdaten und Parametern des Bildaufnahmesystems gewonnen (»Image Motion Compensation« nach M. L. Hershberger, R. J. Vanderkolk, »Video Image Bandwidth Reduction / Compression Studies for Remotely Piloted Vehicles«, Final Tech. Rep. January 1975 – May 1976, ASD-Tr-76-26, AD-AO39762, Hughes Aircraft Co., Culver City, Calif. 90230, October 1976).

Objektbewegungen innerhalb des Bildhintergrundes kommen bei diesem Wiedergabeverfahren nicht zum Ausdruck. Nachteilig ist weiterhin, daß durch die Bildverschiebung zunehmend unausgenutzte Bildbereiche entstehen, die das Blickfeld vorübergehend einschränken und jeweils erst beim Einlesen des nächsten übertragenen Bildes mit neuer Bildinformation gefüllt werden.

Bekannt ist weiter, bei der Übertragung von Bildern mit reduzierter Bildfolgefrequenz, typisch Übertragung jedes dritten Bildes bei einer Bildwiedergabefrequenz von 25 Bildern, Zwischenbilder durch Interpolation unter Zugrundelegung der jeweils aufeinanderfolgend übertragenen Bilder zu erzeugen und diese in die Bildfolge bei der Wiedergabe einzufügen (US-PS 40 60 832). Das bekannte Verfahren bezieht sich auf die Übertragung von Bildern bei der Bildtelefonie, bei der die Szene, d. h. ein Bildhintergrund, feststeht, und lediglich die Bewegung eines Objektes auftritt, das sich vor dem feststehenden Hintergrund bewegt. Die Zwischenbilder werden jeweils unter Heranziehung der Signalwerte gleicher oder unmittelbar benachbarter Bildkoordinaten rekonstruiert. An Bildkoordinatenpunkten, an denen eine Signaländerung festgestellt wird, die eine Bewegung des Objektes kennzeichnet, erfolgt die Interpolation in der Weise, daß der Signalwert in den rekonstruierten Zwischenbildern jeweils allmählich dem Signalwert des nachfolgend übertragenen Bildes angepaßt wird. Dies führt zu einem Überblendeffekt, der bei geringen Bewegungen und trotz der Reduktion noch hohen Folgefrequenz der tatsächlich übertragenen Bilder tragbar ist. Bei einer Übertragung mit erheblich größeren zeitlichen Abständen, beispielsweise einer Folgefrequenz von 1 Bild pro Sekunde, wie es beispielsweise bei der Übertragung von Luftbildszenen aus einem Flugzeug wünschenswert ist, würde ein solcher Überblendeffekt zu einem weitgehenden »Verschmieren« der Bilder führen, da von Bild zu Bild eine erhebliche Verschiebung der Gesamtszene erfolgt ist. Zu beachten ist dabei auch, daß bei Luftbildszenen das Bild im allgemeinen eine Fülle relativ kleiner Einzelheiten enthält.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein mit reduzierter Bildfolgefrequenz arbeitendes Verfahren aufzuzeigen, das bei Übertragungen von Szenen, die sich relativ zum Aufnahmesensor fortlaufend bewegen, insbesondere von Luftbildszenen, unter Berücksichtigung der jeweiligen Abbildungsperspektive eine kontinuierliche Bewegungswiedergabe des Bildhintergrundes und davon unterscheidbarer Objektbewegungen ermöglicht, wobei das Bildfeld zu jedem Zeitpunkt weitgehend vollständig ausgenutzt wird.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation unter Zugrundelegung von jeweils zwei übertragenen Bildern wiedergabeseitig erzeugte Zwischenbilder in die übertragene Bildfolge eingefügt werden und die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden objektgleichen Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wenigstens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt werden.

Vorzugsweise wird der Inter- bzw. Extrapolation das

Modell einer von Bild zu Bild linearen Änderung der zugeordneten Bildpunktpositionen zwischen den übertragenen Bildern zugrundegelegt.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß Bewegungswiedergabe und Betrachtungsperspektive der Szene weitgehend dem Originalbild entsprechen und dadurch ermüdungsfreie Beobachtungen über einen längeren Zeitraum möglich sind. Das Einsatzspektrum erfaßt sowohl Bedingungen des Reise- als auch des Zielanflugs bzw. einer veränderlichen Objektivbrennweite.

Die für die Realisierung des Verfahrens erforderliche Einrichtung beschränkt sich im wesentlichen auf die Wiedergabeseite, so daß für Bord-Boden-Übertragungen günstige Verhältnisse bestehen.

Das Verfahren arbeitet weitgehend systemkompatibel, d. h. zum Beispiel unabhängig von einer zur Erhöhung des Reduktionsfaktors möglichen zusätzlichen Quellencodierung (z. B. DPCM- oder Transformationsmethoden) und kann in ein vorhandenes System mit reduzierter Bildfolgefrequenz auch nachträglich eingefügt werden. Die anwendungsgünstigen Eigenschaften eines solchen Systems, wie z. B. hoher Reduktionsfaktor, bordseitig einfache Realisierbarkeit und geringe Störempfindlichkeit, bleiben dabei erhalten und lassen sich universeller nutzen.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen nach Fig. 1 bis Fig. 3 veranschaulicht und im folgenden näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt die geometrische Anordnung für die Aufnahme einer Luftbildszene aus der Höhe H über Grund bei schräg nach vorn ausgerichteter (Video-) Kamera. (Die x- und x'-Achse verlaufen senkrecht zur Zeichenebene;)

Fig. 2 zeigt die Bildaufnahmeebene der Kamera mit dem Weg für zwei Punkte der Objektebene bei Bewegung der Kamera in Flugrichtung nach Fig. 1;

Fig. 3 zeigt die zeitliche Anordnung zweier übertragener Bilder (Bild O und Bild N) und eines dazwischenliegenden, wiedergabeseitig interpolierten Bildes (Bild n), mit den durch Messung ermittelten, objektgleichen Bildpunktpositionen A_O, A_N bzw. B_O, B_N sowie der nach einem linearen Modell daraus bestimmten Bildpunktzuordnung C_n, C_O bzw. C_n, C_N.

Bei der geometrischen Anordnung nach Fig. 1 werden Geraden, die in der Szene (Objektebene) parallel zur y-Achse verlaufen, in der Bildaufnahmeebene (Fig. 2) entsprechend der Abbildungsperspektive als schräg zur y'-Achse verlaufende Geraden abgebildet. Sie repräsentieren zugleich jeweils den geometrischen Ort der Bildpunktpositionen für einen Objektpunkt (hier: den im Bild durchlaufenen Weg) bei Bewegung der Kamera in Flugrichtung (s. Fig. 1).

Die Abhängigkeit der Bildpunktposition eines Objektpunktes von der Zeit, d. h. dessen Bild-zu-Bild-Versatz, ist durch die Gesetzmäßigkeiten der Abbildungsgeometrie festgelegt. Sie kann vereinfachend, wie in Fig. 3, durch einen linearen Verlauf approximiert werden. Bei Kenntnis der Positionszuordnung für ein Paar von Objektpunkten in zwei Referenzbildern, z. B. den Positionen (Bildpunkten) A_O, B_O in Bild O und A_N, B_N in Bild N nach Fig. 3, lassen sich die Zuordnungen für den Rest des Bildfeldes, z. B. für die Bildpunkte C_O, C_N, aus dem Verhältnis der Bildpunktabstände nach dem Strahlensatz ermitteln. Die Zuordnung zwischen den objektgleichen Bildpunkten C_O und C_N mit den Koordinaten x'_{CO}, y'_{CO} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} und dem entsprechenden Bildpunkt C_n mit den Koordinaten x'_{Cn}

y'_{Cn} in einem Bild n wird durch eine für diesen Punkt jeweils spezifische Zuordnungsgerade zwischen den Bildern C und N charakterisiert und kann aus den in x'_{Cn} bzw. y'_{Cn} linearen Koordinatenbeziehungen

$$y'_{C_O} = h_1 y'_{C_n} + h_2, \tag{1}$$

$$x'_{C_O} = g_1 x'_{C_n} + g_2 \tag{2}$$

und

$$y'_{C_N} = h_3 y'_{C_n} + h_4, \tag{3}$$

$$x'_{C_N} = g_3 x'_{C_n} + g_4 \tag{4}$$

bestimmt werden.

Die Koeffizienten h_1 bis h_4 und g_1 bis g_4 ergeben sich aus den gemessenen Bildpunktzuordnungen A_O, A_N und B_O, B_N, wobei h_i ($i = 1, 2, 3, 4$) für jedes n (d. h. innerhalb jedes Bildes) und g_i für jedes y'_{Cn} (d. h. innerhalb jeder Bildzeile) konstant ist (siehe unten). Der durch die Gleichungen dargestellte Algorithmus ermöglicht eine zeilen- und bildsequentielle Verarbeitung im Sinne des auszugebenden Videosignals und ist dadurch für die technische Realisierung des Verfahrens besonders geeignet.

Aus den Grauwerten S_{CO} und S_{CN} für die Bildpunkte C_O und C_N mit den nach den Gleichungen (1) bis (4) ermittelten Koordinaten x'_{CO}, y'_{CO} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} ergibt sich der zu regenerierende Grauwert S_{Cn} für den Bildpunkt C_n durch Interpolation nach der Beziehung

$$S_{C_n} = \frac{1}{N}\left[(N - n)\, S_{C_O} + n \cdot S_{C_N}\right] \tag{5}$$

oder durch Extrapolation gemäß

$$S_{C_n} = S_{C_O} \tag{6a}$$

oder

$$S_{C_n} = S_{C_N}. \tag{6b}$$

Die Extrapolation wird in Bildteilen angewendet, in denen einer oder mehrere der aus den Gleichungen (1) bis (4) ermittelten Koordinatenwerte außerhalb des Wertebereichs

$$-\frac{b}{2} \leq y'_{C_O},\ y'_{C_N} \leq \frac{b}{2}, \tag{7}$$

$$-\frac{a}{2} \leq x'_{C_O},\ x'_{C_N} \leq \frac{a}{2}, \tag{8}$$

liegen, d. h. außerhalb der Bildaufnahmeebene mit der Breite a und der Höhe b nach Fig. 2.

Eine Extrapolation statt der Interpolation kann in weiteren Fällen zweckmäßig sein, z. B. wenn die Zuordnung zwischen den Referenzbildern vorübergehend nur ungenau zu ermitteln oder die Überlappung der Bildinformation relativ gering ist.

Objektbewegungen in der Szene treten in einer durch Extrapolation regenerierten Bild- (oder Teilbild-) Folge nicht in Erscheinung, während sie bei der Interpolation im allgemeinen durch ein allmähliches Ab- und Aufklingen der Helligkeitsintensität gekennzeichnet sind. Dieser Fall, in dem der Interpolation nicht

objektgleiche Bildpunkte zugrundeliegen, entspricht in seiner Wirkung einem Überblenden zwischen den Positionen des bewegten Objektes in aufeinanderfolgenden Referenzbildern.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei Kanalstörungen. Durch Störungen in einem Referenzbild hervorgerufene Grauwertänderungen nehmen in der interpolierten Bildfolge allmählich, d. h. innerhalb von N Bildperioden, zu und klingen anschließend wieder entsprechend ab.

Die für das Verfahren erforderliche Referenzpunktzuordnung A_O, A_N und B_O, B_N läßt sich u. a. durch eine Bildkorrelationsmethode oder aus empfangsseitig bekannten Bordmeßdaten ermitteln. Zur Erhöhung der Entscheidungssicherheit ist die Messung der Zuordnung für weitere Bildpunkte und anschließende Auswahl nach vorgegebenen Kriterien (wie z. B. Zuverlässigkeits- oder Majoritätskriterien) möglich. Werden Referenzpunktzuordnungen speziell für den Bereich eines innerhalb der Szene bewegten Objektes gemessen, so können auch in solchen Bereichen objektgleiche Bildpunkte für die Interpolation bestimmt und der Bewegungsablauf damit direkt statt durch das oben beschriebene Ab- und Aufklingen der Helligkeitsintensität wiedergegeben werden.

Im folgenden werden die in den Gleichungen (1) bis (4) verwendeten Koeffizienten h_i und g_i $(i = 1, 2, 3, 4)$ definiert. Die gewählte Aufteilung der Gleichungen bietet Vorteile für den Ablauf der Rechenoperationen in einer gerätetechnischen Einrichtung.

$$h_1 = \frac{N}{N - n \cdot l_1}, \tag{9a}$$

$$h_2 = \frac{-n \cdot l_2}{N - n \cdot l_1}, \tag{9b}$$

$$h_3 = \frac{N(l - l_1)}{N - n \cdot l_1}, \tag{9c}$$

$$h_4 = \frac{(N - n)\, l_2}{N - n \cdot l_1}, \tag{9d}$$

$$g_1 = \frac{1 - k_1 y'_{C_O}}{1 - k_1 y'_{C_n}}, \tag{10a}$$

$$g_2 = \frac{k_2 (y'_{C_O} - y'_{C_n}}{1 - k_1 y'_{C_n}}, \tag{10b}$$

$$g_3 = \frac{1 - k_1 y'_{C_N}}{1 - k_1 y'_{C_n}}, \tag{10c}$$

$$g_4 = \frac{k_2 (y'_{C_N} - y'_{C_n}}{1 - k_1 y'_{C_n}}, \tag{10d}$$

Die Größen h_i und g_i haben jeweils gleichen Nenner. Die Werte für h_i müssen ein Mal je Vertikalperiode (Dauer eines Bildes) und die Werte für g_i ein Mal je Horizontalperiode (Dauer einer Zeile) des Fernsehsignals bestimmt werden. Über die Gleichungen (1) bzw. (3) ist g von h_i abhängig.

Es werden folgende Hilfsgrößen verwendet:

$$l_1 = 1 - \frac{y'_{A_N} - y'_{B_N}}{y'_{A_O} - y'_{B_O}}, \tag{11a}$$

$$l_2 = y'_{B_N} - y'_{B_O}(1 - l_1) \tag{11b}$$

und

$$k_1 = \frac{d_A - d_B}{d_A y'_{A_N} - d_B y'_{B_N} + x'_{B_N} - x'_{A_N}}, \tag{12a}$$

$$k_2 = d_A (1 - k_1 y'_{A_O}) + k_1 x'_{A_N} \tag{12b}$$

mit

$$d_A = \frac{x'_{A_N} - x'_{A_O}}{y'_{A_N} - y'_{A_O}}, \tag{12c}$$

$$d_B = \frac{x'_{B_N} - x'_{B_O}}{y'_{B_N} - y'_{B_O}}. \tag{12d}$$

Die Werte für l_1, l_2, k_1 und k_2 müssen ein Mal je N Vertikalperioden bestimmt werden.

Die erforderlichen Koordinatenwerte sind durch Messung der Positionszuordnung der objektgleichen Bildpunkte A_O (x'_{AO}, y'_{AO}) und A_N (x'_{AN}, y'_{AN}) bzw. B_O (x'_{BO}, y'_{BO}) und B_N (x'_{BN}, y'_{BN}) bekannt.

Das beschriebene Verfahren hat prinzipiell auch Gültigkeit, wenn die Bildpunktzuordnungen innerhalb der zeitlichen Folge durch die exakten Beziehungen der Abbildungsgeometrie statt durch das aufwandgünstigere lineare Modell beschrieben werden.

Zuzüglich oder alternativ zur beschriebenen Interpolation bzw. Extrapolation des Bild-zu-Bild Versatzes für das Gesamtbild kann eine entsprechende Interpolation oder Extrapolation für vorbestimmte Bildbereiche erfolgen, beispielsweise für sich vor dem Hintergrund bewegende Objekte, für die dann jeweils die entsprechenden Koordinatenpunkte gesondert festzulegen sind, oder allgemein zur Erhöhung der Wiedergabegenauigkeit und/oder Hervorhebung einzelner Bildteile.

Grundsätzlich ist das Verfahren auch für andere Anwendungen mit Relativbewegung zwischen Aufnahmesensor und Szene einsetzbar.

Je nach Anzahl der eingefügten Zwischenbilder kann die Wiedergabe mit Originalgeschwindigkeit, Zeitraffung oder Zeitdehnung erfolgen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3144050 A1**

(51) Int. Cl. 3: H04N7/12

(21) Aktenzeichen: P 31 44 050.9-31

(22) Anmeldetag: 3. 11. 81

(43) Offenlegungstag: 19. 5. 83

DE 3144050 A1

(71) Anmelder:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE

(61) Zusatz zu: P 30 18 329.0

(72) Erfinder:

Lippmann, Reiner, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

Behördeneigentum

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) **Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, die sich relativ zum Aufnahmesensor fortlaufend bewegen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz. Durch die reduzierte Bildfolgefrequenz wird die beispielsweise von einem Flugzeug oder dergleichen zu einer Bodenstation übertragene Datenmenge wesentlich reduziert. Durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation werden wiedergabeseitig Zwischenbilder erzeugt und in die übertragene Bildfolge eingefügt. Die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden objektgleichen Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder werden aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wenigstens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt. Jeweils das erste von zwei übertragenen Bildern wird für eine Zeitdauer als Festbild dargestellt. An diese Festbilddarstellung schließt sich eine Darstellung von Zwischenbildern an, die aus dem jeweiligen Festbild und einem nachfolgend übertragenen Bild durch die abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation erzeugt werden.

(31 44 050)

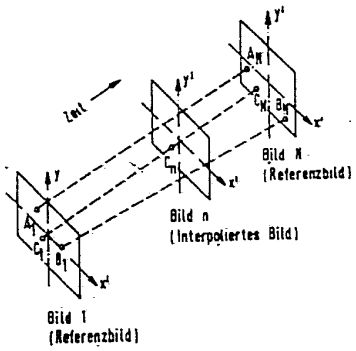


FIG.3

DE 3144050 A1

3144050

Ansprüche

1. Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung der aufgenommenen Szene gegenüber dem Aufnahmesensor, bei dem durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation unter Zugrundelegung von jeweils zwei übertragenen Bildern wiedergabeseitig erzeugte Zwischenbilder in die übertragene Bildfolge eingefügt werden und die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden objektgleichen Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wenigstens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt werden, nach Patentanmeldung P 30 18 329.0-31, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils das erste von zwei übertragenen Bildern für eine Zeitdauer als Festbild dargestellt wird und daß sich an diese Festbilddarstellung eine Darstellung von Zwischenbildern anschließt, die aus dem jeweiligen Festbild und einem nachfolgend übertragenen Bild durch die abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation erzeugt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer der Festbildwiedergabe variabel ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils Teilbereiche des Bildes als Festbild wiedergegeben werden.

Patentanwalt
Dipl.-Ing.
Harro Gralfs

Gralfs Patentanwalt Am Bürgerpark 8 D 3300 Braunschweig Germany

Am Bürgerpark 8
D 3300 Braunschweig, Germany
Telefon 0531-74798
Cable patmarks braunschweig

G/WS - D 707

Deutsche Forschungs- und
Versuchsanstalt für Luft-
und Raumfahrt e.V.
Linder Höhe

5000 Köln 90

Verfahren zur Obertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Obertragung und Wiedergabe von Videoszenen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und stellt eine Verbesserung und weitere Ausbildung des Verfahrens nach der Patentanmeldung P 30 18 329.0-31 dar.

Die Wiedergabegüte der nach dem im Hauptpatent beschriebenen Verfahren in die Folge der übertragenen Bilder eingefügten Zwischenbilder ist insbesondere von der Genauigkeit der diskreten Bilddarstellung, der Genauigkeit des Abbildungsmodells für die Erzeugung der Zwischenbilder und der Genauigkeit der Rechenoperationen abhängig. Dabei ergeben sich, je nach Realisierungsaufwand, unterschiedliche Grenzen, die eine Abflachung steiler Grauwertübergänge (Beschränkung des Detailkontrastes) und stochastische Grauwertschwankungen an Bildkanten (Kantenunruhe) zur Folge haben und die Erkennbarkeit und damit die Auswertbarkeit von Bildeinzelheiten beeinträchtigen können.

Aufgabe der Erfindung ist es, das Verfahren nach dem Hauptpatent im Hinblick auf Verbesserungen in der Auswertbarkeit von Bildeinzelheiten weiterzuentwickeln, ohne daß dabei der Aufwand wesentlich gesteigert werden muß.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß jeweils das erste von zwei übertragenen Bildern für eine Zeitdauer als Festbild dargestellt wird und daß sich an diese Festbilddarstellung eine Wiedergabe von Zwischenbildern anschließt, die aus dem jeweiligen Festbild und einem nachfolgend übertragenen Bild durch die abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation erzeugt werden.

In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist die Zeitdauer der Festbilddarstellung relativ zur Zeitdauer der Bewegtbilddarstellung wählbar.

Im nachstehenden ist zunächst das Verfahren nach dem Hauptpatent anhand der Zeichnung beschrieben.

Fig. 1 zeigt die geometrische Anordnung für die Aufnahme einer Luftbildszene aus der Höhe H über Grund bei schräg nach vorn ausgerichteter (Video-) Kamera. (Die x- und x'-Achse verlaufen senkrecht zur Zeichenebene).

Fig. 2 zeigt die Bildaufnahmeebene der Kamera mit dem Weg für zwei Punkte der Objektebene bei Bewegung der Kamera in Flugrichtung nach Fig. 1.

Fig. 3 zeigt die zeitliche Anordnung zweier übertragener Bilder (Bild 0 und Bild N) und eines dazwischenliegenden, wiedergabeseitig interpolierten Bildes (Bild n), mit den durch Messung ermittelten, objektgleichen Bildpunktpositionen A_0, A_N bzw. B_0, B_N sowie der nach einem linearen Modell daraus bestimmten Bildpunktzuordnung C_n, C_0 bzw. C_n, C_N.

Bei der geometrischen Anordnung nach Fig. 1 werden Geraden, die in der Szene (Objektebene) parallel zur y-Achse verlaufen, in der Bildaufnahmeebene (Fig. 2) entsprechend der Abbildungsperspektive als schräg zur y'-Achse verlaufende Geraden abgebildet. Sie repräsentieren zugleich jeweils den geometrischen Ort der Bildpunktpositionen für einen Objektpunkt (hier: den im Bild durchlaufenen Weg) bei Bewegung der Kamera in Flugrichtung (s. Fig. 1).

Die Abhängigkeit der Bildpunktposition eines Objektpunktes von der Zeit, d.h. dessen Bild-zu-Bild-Versatz, ist durch die Gesetzmäßigkeiten der Abbildungsgeometrie festgelegt. Sie kann vereinfachend,wie in Fig. 3, durch einen linearen Verlauf approximiert werden. Bei Kenntnis der Positionszuordnung für ein Paar von Objektpunkten in zwei Referenzbildern, z.B. den Positionen (Bildpunkten) A_0, B_0 in Bild 0 und A_N, B_N in Bild N nach Fig. 3, lassen sich die Zuordnungen für den Rest des Bildfeldes, z.B. für die Bildpunkte C_0, C_N, aus dem Verhältnis der Bildpunktabstände nach dem Strahlensatz ermitteln. Die Zuordnung zwischen den objektgleichen Bildpunkten C_0 und C_N mit den Koordinaten x'_{C0} y'_{C0} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} und dem entsprechenden Bildpunkt C_n mit den Koordinaten x'_{Cn}, y'_{Cn} in einem Bild n wird durch eine für diesen Punkt jeweils spezifische Zuordnungsgerade zwischen den Bildern 0 und N charakterisiert und kann aus den in x'_{Cn} bzw. y'_{Cn} linearen Koordinatenbeziehungen

$$y'_{C_0} = h_1 y'_{C_n} + h_2 \quad , \tag{1}$$

$$x'_{C_0} = g_1 x'_{C_n} + g_2 \tag{2}$$

und

$$y'_{C_N} = h_3 y'_{C_n} + h_4 \quad , \tag{3}$$

$$x'_{C_N} = g_3 x'_{C_n} + g_4 \tag{4}$$

bestimmt werden.

Die Koeffizienten h_1 bis h_4 und g_1 bis g_4 ergeben sich aus den gemessenen Bildpunktzuordnungen A_0, A_N und B_0, B_N, wobei h_i (i=1,2,3,4) für jedes n (d.h. innerhalb jedes Bildes) und g_i für jedes y'_{C_n} (d.h. innerhalb jeder Bildzeile) konstant ist (siehe unten). Der durch die Gleichungen dargestellte Algorithmus ermöglicht eine zeilen- und bildsequentielle Verarbeitung im Sinne des auszugebenden Videosignals und ist dadurch für die technische Realisierung des Verfahrens besonders geeignet.

Aus den Grauwerten S_{CO} und S_{CN} für die Bildpunkte C_O und C_N mit den nach den Gleichungen (1) bis (4) ermittelten Koordinaten x'_{CO}, y'_{CO} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} ergibt sich der zu regenerierende Grauwert S_{Cn} für den Bildpunkt C_n durch Interpolation nach der Beziehung

$$S_{C_n} = \frac{1}{N}\left[(N-n)\, S_{C_O} + n \cdot S_{C_N}\right] \qquad (5)$$

oder durch Extrapolation gemäß

$$S_{C_n} = S_{C_O} \quad (6a) \quad \text{oder} \quad S_{C_n} = S_{C_N} \qquad (6b)$$

Die Extrapolation wird in Bildteilen angewendet, in denen einer oder mehrere der aus den Gleichungen (1) bis (4) ermittelten Koordinatenwerte außerhalb des Wertebereichs

$$-\frac{b}{2} \leq y'_{C_O},\ y'_{C_N} \leq \frac{b}{2}, \qquad (7)$$

$$-\frac{a}{2} \leq x'_{C_O},\ x'_{C_N} \leq \frac{a}{2} \qquad (8)$$

liegen, d.h. außerhalb der Bildaufnahmeebene mit der Breite a und der Höhe b nach Fig. 2.

Eine Extrapolation statt der Interpolation kann in weiteren Fällen zweckmäßig sein, z.B. wenn die Zuordnung zwischen den Referenzbildern vorübergehend nur ungenau zu ermitteln oder die Überlappung der Bildinformation relativ gering ist.

Objektbewegungen in der Szene treten in einer durch Extrapolation regenerierten Bild- (oder Teilbild-) Folge nicht in Erscheinung, während sie bei der Interpolation im allgemeinen durch ein allmähliches Ab- und Aufklingen der Helligkeitsintensität gekennzeichnet sind. Dieser Fall, in dem der Interpolation nicht objektgleiche Bildpunkte zugrundeliegen, entspricht in seiner Wirkung einem Überblenden zwischen den Positionen des bewegten Objektes in aufeinanderfolgenden Referenzbildern.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei Kanalstörungen. Durch Störungen in einem Referenzbild hervorgerufene Grauwertänderungen nehmen in der interpolierten Bildfolge allmählich, d.h. innerhalb von N Bildperioden, zu und klingen anschließend wieder entsprechend ab.

Die für das Verfahren erforderliche Referenzpunktzuordnung A_0, A_N und B_0, B_N läßt sich u.a. durch eine Bildkorrelationsmethode oder aus empfangsseitig bekannten Bordmeßdaten ermitteln. Zur Erhöhung der Entscheidungssicherheit ist die Messung der Zuordnung für weitere Bildpunkte und anschließende Auswahl nach vorgegebenen Kriterien (wie z.B. Zuverlässigkeits- oder Majoritätskriterien) möglich. Werden Referenzpunktzuordnungen speziell für den Bereich eines innerhalb der Szene bewegten Objektes gemessen, so können auch in solchen Bereichen objektgleiche Bildpunkte für die Interpolation bestimmt und der Bewegungsablauf damit direkt statt durch das oben beschriebene Ab- und Aufklingen der Helligkeitsintensität wiedergegeben werden.

Im folgenden werden die in den Gleichungen (1) bis (4) verwendeten Koeffizienten h_i und g_i ($i = 1,2,3,4$) definiert. Die gewählte Aufteilung der Gleichungen bietet Vorteile für den Ablauf der Rechenoperationen in einer gerätetechnischen Einrichtung.

$$h_1 = \frac{N}{N-n\cdot l_1} \qquad (9a) \qquad g_1 = \frac{1 - k_1 y'_{C_0}}{1 - k_1 y'_{C_n}} \qquad (10a)$$

$$h_2 = \frac{-n\cdot l_2}{N-n\cdot l_1} \qquad (9b) \qquad g_2 = \frac{k_2 (y'_{C_0} - y'_{C_n})}{1 - k_1 y'_{C_n}} \qquad (10b)$$

$$h_3 = \frac{N(1-l_1)}{N-n\cdot l_1} \qquad (9c) \qquad g_3 = \frac{1 - k_1 y'_{C_N}}{1 - k_1 y'_{C_n}} \qquad (10c)$$

$$h_4 = \frac{(N-n) l_2}{N-n\cdot l_1} \qquad (9d) \qquad g_4 = \frac{k_2 (y'_{C_N} - y'_{C_n})}{1 - k_1 y'_{C_n}} \qquad (10d)$$

Die Größen h_i und g_i haben jeweils gleichen Nenner. Die Werte für h_i müssen ein Mal je Vertikalperiode (Dauer eines Bildes) und die Werte für g_i ein Mal je Horizontalperiode (Dauer eine Zeile) des Fernsehsignals bestimmt werden. Über die Gleichungen (1) bzw. (3) ist g_i von h_i abhängig.

Es werden folgende Hilfsgrößen verwendet:

$$l_1 = 1 - \frac{y'_{A_N} - y'_{B_N}}{y'_{A_0} - y'_{B_0}} \tag{11a}$$

$$l_2 = y'_{B_N} - y'_{B_0} (1 - l_1) \tag{11b}$$

und

$$k_1 = \frac{d_A - d_B}{d_A y'_{A_N} - d_B y'_{B_N} + x'_{B_N} - x'_{A_N}} \tag{12a}$$

$$k_2 = d_A (1 - k_1 y'_{A_N}) + k_1 x'_{A_N} \tag{12b}$$

mit

$$d_A = \frac{x'_{A_N} - x'_{A_0}}{y'_{A_N} - y'_{A_0}} \tag{12c}$$

$$d_B = \frac{x'_{B_N} - x'_{B_0}}{y'_{B_N} - y'_{B_0}} \tag{12d}$$

Die Werte für l_1, l_2, k_1 und k_2 müssen ein Mal je N Vertikalperioden bestimmt werden.

Die erforderlichen Koordinatenwerte sind durch Messung der Positionszuordnung der objektgleichen Bildpunkte A_0 (x'_{A0}, y'_{A0}) und A_N (x'_{AN}, y'_{AN}) bzw. B_0 (x'_{B0}, y'_{B0}) und B_N (x'_{BN}, y'_{BN}) bekannt.

Das beschriebene Verfahren hat prinzipiell auch Gültigkeit, wenn die Bildpunktzuordnungen innerhalb der zeitlichen Folge durch die exakten Beziehungen der Abbildungsgeometrie statt durch das aufwandgünstigere lineare Modell beschrieben werden.

Zuzüglich oder alternativ zur beschriebenen Interpolation bzw. Extrapolation des Bild-zu-Bild Versatzes für das Gesamtbild kann eine entsprechende Interpolation oder Extrapolation für vorbestimmte Bildbereiche erfolgen, beispielsweise für sich vor dem Hintergrund bewegende Objekte, für die dann jeweils die entsprechenden Koordinatenpunkte gesondert festzulegen sind, oder allgemein zur Erhöhung der Wiedergabegenauigkeit und/oder Hervorhebung einzelner Bildteile.

Grundsätzlich ist das Verfahren auch für andere Anwendungen mit Relativbewegung zwischen Aufnahmesensor und Szene einsetzbar.

Je nach Anzahl der eingefügten Zwischenbilder kann die Wiedergabe mit Originalgeschwindigkeit, Zeitraffung oder Zeitdehnung erfolgen.

Die Wiedergabegüte der im vorstehenden beschriebenen Verfahren in die Folge der übertragenen Bilder eingefügten Zwischenbilder ist insbesondere von der Genauigkeit der diskreten Bilddarstellung, der Genauigkeit des Abbildungsmodells für die Erzeugung der Zwischenbilder und der Genauigkeit der Rechenoperationen abhängig. Dabei ergeben sich, je nach Realisierungsaufwand, unterschiedliche Grenzen, die eine Abflachung steiler Grauwertübergänge (Beschränkung des Detailkontrastes) und stochastische Grauwertschwankungen an Bildkanten (Kantenunruhe) zur Folgen haben und die Erkennbarkeit und damit die Auswertbarkeit von Bildeinzelheiten beeinträchtigen können.

Die Auswertbarkeit von Bildeinzelheiten kann ohne wesentliche Steigerung des Aufwandes dadurch verbessert werden, daß jeweils das erste von zwei übertragenen Bildern für eine Zeitdauer als Festbild dargestellt wird und daß sich an diese Festbilddarstellung eine Darstellung von Zwischenbildern anschließt, die aus dem jeweiligen Festbild und einem nachfolgend übertragenen Bild durch die abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation erzeugt werden.

Unter dem Begriff "Festbild" soll eine Wiedergabe eines Bildes ohne Änderung von Bildelementen verstanden werden. Die Festbilddarstellung erfolgt typisch durch Wiederholung der Wiedergabe des betreffenden übertragenen Bildes mit für das Wiedergabegerät üblicher Bildwiedergabefrequenz.

Während der für eine vorgegebene Zeit wirksamen Festbilddarstellung ist das Bild frei von den Beschränkungen, der die Wiedergabegenauigkeit der durch Interpolation und/oder Extrapolation regenerierten Zwischenbilder unterliegt. Ein Bildbeobachter kann damit jeweils die Festbildphase ausnutzen, um sich auf Bildeinzelheiten (beispielsweise Einzelheiten eines Zieles) zu konzentrieren. Die anschließende Bewegtbilddarstellung dient in diesem Fall dazu, den Beobachter weitgehend ermüdungsfrei auf das nächste übertragene Bild überzuleiten und es ihm außerdem zu ermöglichen, etwaige Objektbewegungen gegenüber dem Bildhintergrund zu erfassen. Der Beobachter kann dabei ihn interessierende Bildbereiche im Auge behalten und sich im nächsten Festbild sofort wieder auf die interessierenden Einzelheiten konzentrieren. Im Gegensatz dazu wird bei einer Folge übergangslos aufeinanderfolgender Festbilder im allgemeinen eine Mindestsuchzeit benötigt, um im nächsten Bild den entsprechenden interessierenden Bereich wieder aufzufinden, insbesondere bei relativ großem Bild-zu-Bild-Versatz. Durch die Möglichkeit, spezielle Detailinformation in der Festbildphase zu gewinnen, sind die durch die Bildregeneration entstehenden Begrenzungen der Wiedergabegenauigkeit in der Bewegtbildphase weniger bedeutsam als bei ausschließlicher Bewegtbilddarstellung.

Bei Verwendung des Verfahrens im Echtzeitbetrieb wird die Bewegtbildphase zeitraffend wiedergegeben, da die für die Darstellung des Bild-zu-Bild-Übergangs zur Verfügung stehende Zeit kürzer ist als die Periodendauer der übertragenen Bildfolge

und damit kürzer als der entsprechende zeitliche Abstand der Bilder bei der Aufnahme. Zum Beispiel beträgt bei einer übertragenen Bildfolge mit einer Periodendauer von 4 Sekunden (entsprechend einer Folgefrequenz von 0,25 Bildern pro Sekunde) und Wahl einer Festbildphase von 3 Sekunden die Bewegtbildphase statt 4 Sekunden (zeitlicher Abstand der Bilder bei der Aufnahme) nur 1 Sekunde.

Bei starker Zeitraffung während der Bewegtbildphase kann es zweckmäßig sein, anstelle eines Verlaufes mit konstanter Geschwindigkeit einen Verlauf mit zunächst allmählich zunehmender und anschließend allmählich abnehmender Geschwindigkeit vorzusehen. Im Vergleich zu dem im Fall konstanter Geschwindigkeit auftretenden plötzlichen Einsetzen und Abbrechen der Bildbewegung bei Übergang vom bisherigen bzw. zum nachfolgenden Festbild treten im Fall der allmählichen Geschwindigkeitszunahme bzw. -abnahme geringere Bildbeschleunigungen bzw. -verzögerungen auf, die sich bei der Bildbetrachtung subjektiv vorteilhaft auswirken. Die Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit kann beispielsweise nach einer Dreieck-, Winkel- (z.B. Sinus; Cosinus) oder Exponentialfunktion oder auch einer Approximation durch Polynome verlaufen.

Dauer und/oder Zeitpunkt der Festbilddarstellung können variabel gestaltet werden. So ist es möglich, die Wiedergabeeinrichtung so auszubilden, daß vom Beobachter Festbildfolgen geeigneter Länge in die Bewegtbilddarstellung wahlweise eingefügt werden, beispielsweise, wenn der Beobachter einer regenerierten Bewegtbildfolge auf Bildbereiche stößt, in denen er Einzelheiten genauer erkennen möchte. Die Umschaltung kann dabei von Hand durchgeführt werden. Es ist aber auch eine automatische Umschaltung, beispielsweise abhängig von vorgegebenen Bildelementen oder zeitabhängig, möglich. Bei ausreichender Überlappung des Inhalts aufeinanderfolgender Bilder bietet sich die Möglichkeit, die Festbildphase wahlweise auch über die Periodendauer der übertragenen Bildfolge hinaus auszudehnen, indem nicht jedes der Bilder berücksichtigt, sondern durch Unterdrückung einzelner Bilder (z.B. jedes zweiten Bildes) mit größerem Bild-zu-Bild-Abstand gearbeitet wird.

Das Verhältnis der Dauer der Festbildphase zur Dauer der Bewegtbildphase läßt sich für einzelne Bildbereiche unterschiedlich wählen. Speziell kann zum Beispiel die Einfügung einer Festbilddarstellung auf einen Bereich in der Bildmitte beschränkt werden, während die übrigen Bildteile beispielsweise ständig in der Bewegtbilddarstellung verbleiben.

Bekannte Zusatzmaßnahmen zur Bildwiedergabeverbesserung, insbesondere digitale Filteroperationen, bei denen in der Bewegtbildphase realisierungstechnische Begrenzungen zu ähnlichen Beschränkungen führen können wie bei der Bildregeneration nach dem Hauptpatent, sind vorteilhaft in der Festbildphase einsetzbar.

Bedarfsweise bietet sich die Möglichkeit, die Gesamtszene gegenüber Echtzeitbetrieb in kürzerer oder längerer Zeit darzubieten. Speziell kann beispielsweise durch eine der eingefügten Festbilddarstellung proportionale Verlängerung der Gesamtdarstellungszeit erreicht werden, daß in der Bewegtbilddarstellung die Szenenbewegung mit der Geschwindigkeit des Echtzeitbetriebs, d.h. ohne Zeitraffung wiedergegeben wird.

Leerseite

3144050

- 13 -

Nummer: 3144050
Int. Cl.³: H04N 7/12
Anmeldetag: 3. November 1981
Offenlegungstag: 19. Mai 1983

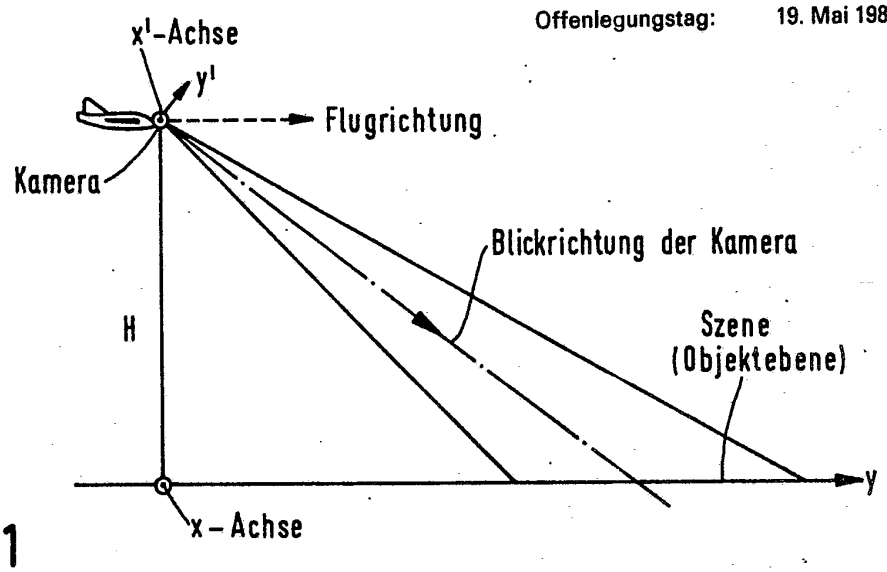


FIG.1

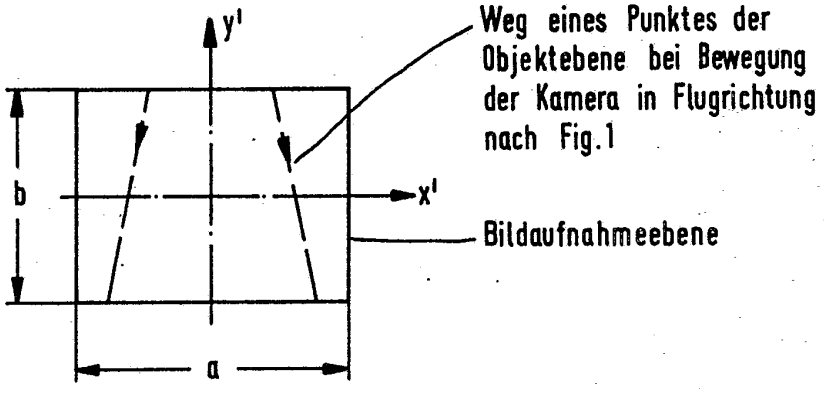


FIG.2

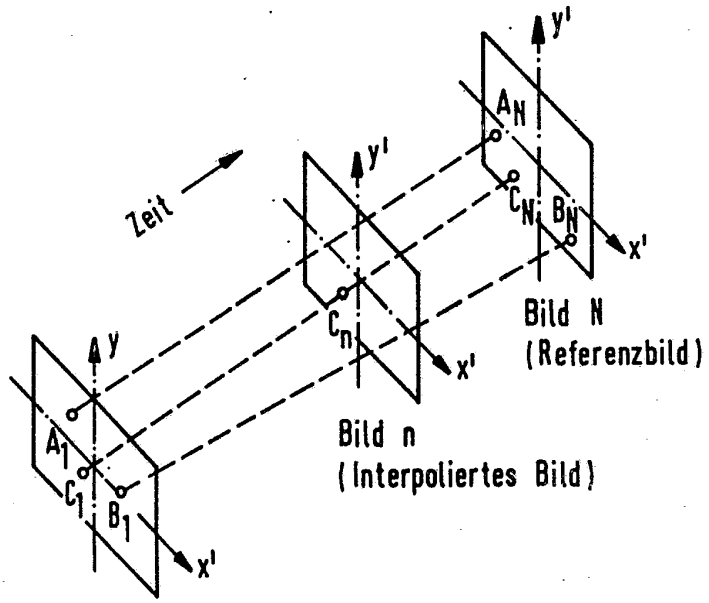


FIG.3

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Patentschrift**

(11) **DE 3144050 C2**

(51) Int. Cl. 3: H04N 7/12

(21) Aktenzeichen: P 31 44 050.9 31
(22) Anmeldetag: 3. 11. 81
(43) Offenlegungstag: 19. 5. 83
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 29. 9. 83

DE 3144050 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE

(61) Zusatz zu: P 30 18 329.0

(72) Erfinder:

Lippmann, Reiner, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

(56) Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene Druckschriften nach § 44 PatG:

US 40 60 832
US-Buch »Video Image Bandwidth Reduction/Compression Studies for Remotely Piloted Vehicles« v.M.L. Hershberger u.a., Hughes Aircraft Comp., Culver City, Calif., Okt. 1976, Final Technical Report f. Periode Januar 1975 bis Mai 1976;

(54) Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz

BUNDESDRUCKEREI 08. 83 308 139/383 80

Nummer: 3144050
Int. Cl.³: H04N 7/12
Veröffentlichungstag: 29. September 1983

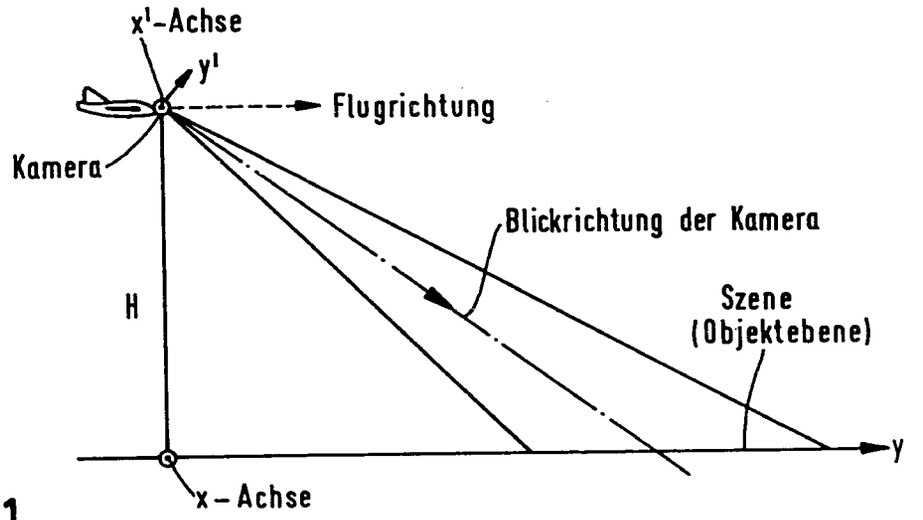


FIG.1

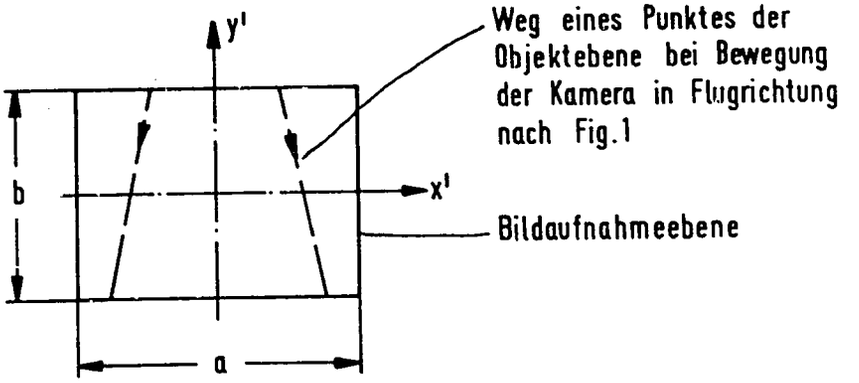


FIG.2

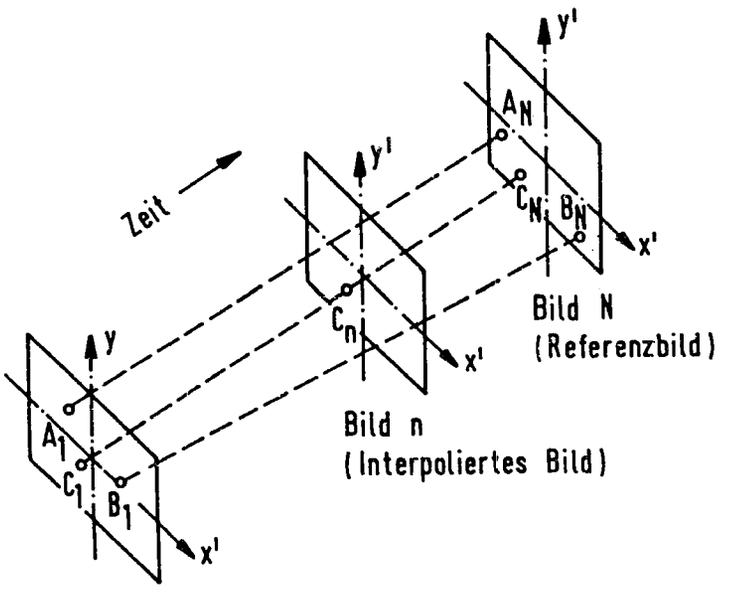


FIG.3

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung der aufgenommenen Szene gegenüber dem Aufnahmesensor, bei dem durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation unter Zugrundelegung von jeweils zwei übertragenen Bildern wiedergabeseitig erzeugte Zwischenbilder in die übertragene Bildfolge eingefügt werden und die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden objektgleichen Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wenigstens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt werden, nach dem Patent gemäß der DE-PS 30 18 329, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils das erste von zwei übertragenen Bildern für eine Zeitdauer als Festbild dargestellt wird und daß sich an diese Festbilddarstellung eine Darstellung von Zwischenbildern anschließt, die aus dem jeweiligen Festbild und einem nachfolgend übertragenen Bild durch die abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation erzeugt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer der Festbildwiedergabe variabel ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils Teilbereiche des Bildes als Festbild wiedergegeben werden.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und stellt eine Verbesserung und weitere Ausbildung des Verfahrens nach dem Patent gemäß der DE-PS 30 18 329 dar.

Die Wiedergabegüte der nach dem im Hauptpatent beschriebenen Verfahren in die Folge der übertragenen Bilder eingefügten Zwischenbilder ist insbesondere von der Genauigkeit der diskreten Bilddarstellung, der Genauigkeit des Abbildungsmodells für die Erzeugung der Zwischenbilder und der Genauigkeit der Rechenoperationen abhängig. Dabei ergeben sich, je nach Realisierungsaufwand, unterschiedliche Grenzen, die eine Abflachung steiler Grauwertübergänge (Beschränkung des Detailkontrastes) auf stochastische Grauwertschwankungen an Bildkanten (Kantenunruhe) zur Folge haben und die Erkennbarkeit und damit die Auswertbarkeit von Bildeinzelheiten beeinträchtigen können.

Aufgabe der Erfindung ist es, das Verfahren nach dem Hauptpatent im Hinblick auf Verbesserungen in der Auswertbarkeit von Bildeinzelheiten weiterzuentwikkeln, ohne daß dabei der Aufwand wesentlich gesteigert werden muß.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß jeweils das erste von zwei übertragenen Bildern für eine Zeitdauer als Festbild dargestellt wird und daß sich an diese Festbilddarstellung eine Wiedergabe von Zwischenbildern anschließt, die aus dem jeweiligen Festbild und einem nachfolgend übertragenen Bild durch die abbildungsangepaßte

Interpolation und/oder Extrapolation erzeugt werden.

In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist die Zeitdauer der Festbilddarstellung relativ zur Zeitdauer der Bewegtbilddarstellung wählbar.

Im nachstehenden ist zunächst das Verfahren nach dem Hauptpatent anhand der Zeichnung beschrieben.

Fig. 1 zeigt die geometrische Anordnung für die Aufnahme einer Luftbildszene aus der Höhe H über Grund bei schräg nach vorn ausgerichteter (Video-) Kamera. (Die x- und x'-Achse verlaufen senkrecht zur Zeichenebene.)

Fig. 2 zeigt die Bildaufnahmeebene der Kamera mit dem Weg für zwei Punkte der Objektebene bei Bewegung der Kamera in Flugrichtung nach Fig. 1.

Fig. 3 zeigt die zeitliche Anordnung zweier übertragener Bilder (Bild 0 und Bild N) und eines dazwischenliegenden, wiedergabeseitig interpolierten Bildes (Bild n), mit den durch Messung ermittelten, objektgleichen Bildpunktpositionen A_0, A_N bzw. B_0, B_N sowie der nach einem linearen Modell daraus bestimmten Bildpunktzuordnung C_n, C_0 bzw. C_n, C_N.

Bei der geometrischen Anordnung nach Fig. 1 werden Geraden, die in der Szene (Objektebene) parallel zur y-Achse verlaufen, in der Bildaufnahmeebene (Fig. 2) entsprechend der Abbildungsperspektive als schräg zur y'-Achse verlaufende Geraden abgebildet. Sie repräsentieren zugleich jeweils den geometrischen Ort der Bildpunktpositionen für einen Objektpunkt (hier: den im Bild durchlaufenen Weg) bei Bewegung der Kamera in Flugrichtung (s. Fig. 1).

Die Abhängigkeit der Bildpunktposition eines Objektpunktes von der Zeit, d. h. dessen Bild-zu-Bild-Versatz, ist durch die Gesetzmäßigkeiten der Abbildungsgeometrie festgelegt. Sie kann vereinfachend, wie in Fig. 3, durch einen linearen Verlauf approximiert werden. Bei Kenntnis der Positionsordnung für ein Paar von Objektpunkten in zwei Referenzbildern, z. B. den Positionen (Bildpunkten) A_0, B_0 in Bild 0 und A_N, B_N in Bild N nach Fig. 3, lassen sich die Zuordnungen für den Rest des Bildfeldes, z. B. für die Bildpunkte C_0, C_N, aus dem Verhältnis der Bildpunktabstände nach dem Strahlensatz ermitteln. Die Zuordnung zwischen den objektgleichen Bildpunkten C_0 und C_N mit den Koordinaten x'_{C0}, y'_{C0} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} und dem entsprechenden Bildpunkt C_n mit den Koordinaten x'_{Cn}, y'_{Cn} in einem Bild n wird durch eine für diesen Punkt jeweils spezifische Zuordnungsgerade zwischen den Bildern 0 und N charakterisiert und kann aus den in x'_{Cn} bzw. y'_{Cn} linearen Koordinatenbeziehungen

$$y'_{C_0} = h_1 y'_{C_n} + h_2 , \tag{1}$$

$$x'_{C_0} = g_1 x'_{C_n} + g_2 \tag{2}$$

und

$$y'_{C_N} = h_3 y'_{C_n} + h_4 , \tag{3}$$

$$x'_{C_N} = g_3 x'_{C_n} + g_4 \tag{4}$$

bestimmt werden.

Die Koeffizienten h_1 bis h_4 und g_1 bis g_4 ergeben sich aus den gemessenen Bildpunktzuordnungen A_0, A_N und B_0, B_N, wobei h_i ($i = 1, 2, 3, 4$) für jedes n (d. h. innerhalb jedes Bildes) und g_i für jedes y'_{Cn} (d. h. innerhalb jeder Bildzeile) konstant ist (siehe unten). Der durch die Gleichungen dargestellte Algorithmus ermöglicht eine zeilen- und bildsequentielle Verarbeitung im Sinne des

auszugebenden Videosignals und ist dadurch für die technische Realisierung des Verfahrens besonders geeignet.

Aus den Grauwerten S_{C0} und S_{CN} für die Bildpunkte C_0 und C_N mit den nach den Gleichungen (1) bis (4) ermittelten Koordinaten x'_{C0}, y'_{C0} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} ergibt sich der zu regenerierende Grauwert S_{Cn} für den Bildpunkt C_n durch Interpolation nach der Beziehung

$$S_{C_n} = \frac{1}{N}\left[(N-n)\, S_{C_0} + n \cdot S_{C_N}\right] \tag{5}$$

oder durch Extrapolation gemäß

$$S_{C_n} = S_{C_0} \tag{6a}$$

oder

$$S_{C_n} = S_{C_N}. \tag{6b}$$

Die Extrapolation wird in Bildteilen angewendet, in denen einer oder mehrere der aus den Gleichungen (1) bis (4) ermittelten Koordinatenwerte außerhalb des Wertebereichs

$$-\frac{b}{2} \le y'_{C_0}, y'_{C_N} \le \frac{b}{2}, \tag{7}$$

$$-\frac{a}{2} \le x'_{C_0}, x'_{C_N} \le \frac{a}{2} \tag{8}$$

liegen, d. h. außerhalb der Bildaufnahmeebene mit der Breite a und der Höhe b nach Fig. 2.

Eine Extrapolation statt der Interpolation kann in weiteren Fällen zweckmäßig sein, z. B. wenn die Zuordnung zwischen den Referenzbildern vorübergehend nur ungenau zu ermitteln oder die Überlappung der Bildinformation relativ gering ist.

Objektbewegungen in der Szene treten in einer durch Extrapolation regenerierten Bild- (oder Teilbild-) Folge nicht in Erscheinung, während sie bei der Interpolation im allgemeinen durch ein allmähliches Ab- und Aufklingen der Helligkeitsintensität gekennzeichnet sind. Dieser Fall, in dem der Interpolation nicht objektgleiche Bildpunkte zugrundeliegen, entspricht in seiner Wirkung einem Überblenden zwischen den Positionen des bewegten Objektes in aufeinanderfolgenden Referenzbildern.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei Kanalstörungen. Durch Störungen in einem Referenzbild hervorgerufene Grauwertänderungen nehmen in der interpolierten Bildfolge allmählich, d. h. innerhalb von N Bildperioden, zu und klingen anschließend wieder entsprechend ab.

Die für das Verfahren erforderliche Referenzpunktzuordnung A_0, A_N und B_0, B_N läßt sich u. a. durch eine Bildkorrelationsmethode oder aus empfangsseitig bekannten Bordmeßdaten ermitteln. Zur Erhöhung der Entscheidungssicherheit ist die Messung der Zuordnung für weitere Bildpunkte und anschließende Auswahl nach vorgegebenen Kriterien (wie z. B. Zuverlässigkeits- oder Majoritätskriterien) möglich. Werden Referenzpunktzuordnungen speziell für den Bereich eines innerhalb der Szene bewegten Objektes gemessen, so können auch in solchen Bereichen objektgleiche Bildpunkte für die Interpolation bestimmt und der Bewegungsablauf damit direkt statt durch das oben beschriebene Ab- und Aufklingen der Helligkeitsintensität wiedergegeben werden.

Im folgenden werden die in den Gleichungen (1) bis (4) verwendeten Koeffizienten h_i und g_i ($i = 1, 2, 3, 4$) definiert. Die gewählte Aufteilung der Gleichungen bietet Vorteile für den Ablauf der Rechenoperationen in einer gerätetechnischen Einrichtung.

$$h_1 = \frac{N}{N - n \cdot l_1}, \tag{9a}$$

$$h_2 = \frac{-n \cdot l_2}{N - n \cdot l_1}, \tag{9b}$$

$$h_3 = \frac{N(1 - l_1)}{N - n \cdot l_1}, \tag{9c}$$

$$h_4 = \frac{(N-n)\, l_2}{N - n \cdot l_1}, \tag{9d}$$

$$g_1 = \frac{1 - k_1 y'_{C_0}}{1 - k_1 y'_{C_n}}, \tag{10a}$$

$$g_2 = \frac{k_2 (y'_{C_0} - y'_{C_n})}{1 - k_1 y'_{C_n}}, \tag{10b}$$

$$g_3 = \frac{1 - k_1 y'_{C_N}}{1 - k_1 y'_{C_n}}, \tag{10c}$$

$$g_4 = \frac{k_2 (y'_{C_N} - y'_{C_n})}{1 - k_1 y'_{C_n}}. \tag{10d}$$

Die Größen h_i und g_i haben jeweils gleichen Nenner. Die Werte für h_i müssen einmal je Vertikalperiode (Dauer eines Bildes) und die Werte für g_i einmal je Horizontalperiode (Dauer eine Zeile) des Fernsehsignals bestimmt werden. Über die Gleichungen (1) bzw. (3) ist g_i von h_i abhängig.

Es werden folgende Hilfsgrößen verwendet:

$$l_1 = 1 - \frac{y'_{A_N} - y'_{B_N}}{y'_{A_0} - y'_{B_0}}, \tag{11a}$$

$$l_2 = y'_{B_N} - y'_{B_0}(1 - l_1) \tag{11b}$$

und

$$k_1 = \frac{d_A - d_B}{d_A y'_{A_N} - d_B y'_{B_N} + x'_{B_N} - x'_{A_N}}, \tag{12a}$$

$$k_2 = d_A (1 - k_1 y'_{A_N}) + k_1 x'_{A_N} \tag{12b}$$

mit

$$d_A = \frac{x'_{A_N} - x'_{A_0}}{y'_{A_N} - y'_{A_0}}, \tag{12c}$$

$$d_B = \frac{x'_{B_N} - x'_{B_0}}{y'_{B_N} - y'_{B_0}}. \tag{12d}$$

Die Werte für l_1, l_2, k_1 und k_2 müssen einmal je N Vertikalperioden bestimmt werden.

Die erforderlichen Koordinatenwerte sind durch Messung der Positionszuordnung der objektgleichen

Bildpunkte $A_0(x'_{A0}, y'_{A0})$ und $A_N(x'_{AN}, y'_{AN})$ bzw. $B_0(x'_{B0}, y'_{B0})$ und $B_N(x'_{BN}, y'_{BN})$ bekannt.

Das beschriebene Verfahren hat prinzipiell auch Gültigkeit, wenn die Bildpunktzuordnungen innerhalb der zeitlichen Folge durch die exakten Beziehungen der Abbildungsgeometrie statt durch das aufwandgünstigere lineare Modell beschrieben werden.

Zuzüglich oder alternativ zur beschriebenen Interpolation bzw. Extrapolation des Bild-zu-Bild-Versatzes für das Gesamtbild kann eine entsprechende Interpolation oder Extrapolation für vorbestimmte Bildbereiche erfolgen, beispielsweise für sich vor dem Hintergrund bewegende Objekte, für die dann jeweils die entsprechenden Koordinatenpunkte gesondert festzulegen sind, oder allgemein zur Erhöhung der Wiedergabegenauigkeit und/oder Hervorhebung einzelner Bildteile.

Grundsätzlich ist das Verfahren auch für andere Anwendungen mit Relativbewegung zwischen Aufnahmesensor und Szene einsetzbar.

Je nach Anzahl der eingefügten Zwischenbilder kann die Wiedergabe mit Originalgeschwindigkeit, Zeitraffung oder Zeitdehnung erfolgen.

Die Wiedergabegüte der im vorstehenden beschriebenen Verfahren in die Folge der übertragenen Bilder eingefügten Zwischenbilder ist insbesondere von der Genauigkeit der diskreten Bilddarstellung, der Genauigkeit des Abbildungsmodells für die Erzeugung der Zwischenbilder und der Genauigkeit der Rechenoperationen abhängig. Dabei ergeben sich, je nach Realisierungsaufwand, unterschiedliche Grenzen, die eine Abflachung steiler Grauwertübergänge (Beschränkung des Detailkontrastes) und stochastische Grauwertschwankungen an Bildkanten (Kantenunruhe) zur Folge haben und die Erkennbarkeit und damit die Auswertbarkeit von Bildeinzelheiten beeinträchtigen können.

Die Auswertbarkeit von Bildeinzelheiten kann ohne wesentliche Steigerung des Aufwandes dadurch verbessert werden, daß jeweils das erste von zwei übertragenen Bildern für eine Zeitdauer als Festbild dargestellt wird und daß sich an diese Festbilddarstellung eine Darstellung von Zwischenbildern anschließt, die aus dem jeweiligen Festbild und einem nachfolgend übertragenen Bild durch die abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation erzeugt werden.

Unter dem Begriff »Festbild« soll eine Wiedergabe eines Bildes ohne Änderung von Bildelementen verstanden werden. Die Festbilddarstellung erfolgt typisch durch Wiederholung der Wiedergabe des betreffenden übertragenen Bildes mit für das Wiedergabegerät üblicher Bildwiedergabefrequenz.

Während der für eine vorgegebene Zeit wirksamen Festbilddarstellung ist das Bild frei von den Beschränkungen, der die Wiedergabegenauigkeit der durch Interpolation und/oder Extrapolation regenerierten Zwischenbilder unterliegt. Ein Bildbeobachter kann damit jeweils die Festbildphase ausnutzen, um sich auf Bildeinzelheiten (beispielsweise Einzelheiten eines Zieles) zu konzentrieren. Die anschließende Bewegtbilddarstellung dient in diesem Fall dazu, den Beobachter weitgehend ermüdungsfrei auf das nächste übertragene Bild überzuleiten und es ihm außerdem zu ermöglichen, etwaige Objektbewegungen gegenüber dem Bildhintergrund zu erfassen. Der Beobachter kann dabei ihn interessierende Bildbereiche im Auge behalten und sich im nächsten Festbild sofort wieder auf die interessierenden Einzelheiten konzentrieren. Im Gegensatz dazu wird bei einer Folge übergangslos aufeinanderfolgender Festbilder im allgemeinen eine Mindestsuchzeit benötigt, um im nächsten Bild den entsprechenden interessierenden Bereich wieder aufzufinden, insbesondere bei relativ großem Bild-zu-Bild-Versatz. Durch die Möglichkeit, spezielle Detailinformation in der Festbildphase zu gewinnen, sind die durch die Bildregeneration entstehenden Begrenzungen der Wiedergabegenauigkeit in der Bewegtbildphase weniger bedeutsam als bei ausschließlicher Bewegtbilddarstellung.

Bei Verwendung des Verfahrens im Echtzeitbetrieb wird die Bewegtbildphase zeitraffend wiedergegeben, da die für die Darstellung des Bild-zu-Bild-Überganges zur Verfügung stehende Zeit kürzer ist als die Periodendauer der übertragenen Bildfolge und damit kürzer als der entsprechende zeitliche Abstand der Bilder bei der Aufnahme. Zum Beispiel beträgt bei einer übertragenen Bildfolge mit einer Periodendauer von 4 Sekunden (entsprechend einer Folgefrequenz von 0,25 Bildern pro Sekunde) und Wahl einer Festbildphase von 3 Sekunden die Bewegtbildphase statt 4 Sekunden (zeitlicher Abstand der Bilder bei der Aufnahme) nur 1 Sekunde.

Bei starker Zeitraffung während der Bewegtbildphase kann es zweckmäßig sein, anstelle eines Verlaufes mit konstanter Geschwindigkeit einen Verlauf mit zunächst allmählich zunehmender und anschließend allmählich abnehmender Geschwindigkeit vorzusehen. Im Vergleich zu dem im Fall konstanter Geschwindigkeit auftretenden plötzlichen Einsetzen und Abbrechen der Bildbewegung bei Übergang vom bisherigen bzw. zum nachfolgenden Festbild treten im Fall der allmählichen Geschwindigkeitszunahme bzw. -abnahme geringere Bildbeschleunigungen bzw. -verzögerungen auf, die sich bei der Bildbetrachtung subjektiv vorteilhaft auswirken. Die Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit kann beispielsweise nach einer Dreieck-, Winkel- (z. B. Sinus, Cosinus) oder Exponentialfunktion oder auch einer Approximation durch Polynome verlaufen.

Dauer und/oder Zeitpunkt der Festbilddarstellung können variabel gestaltet werden. So ist es möglich, die Wiedergabeeinrichtung so auszubilden, daß vom Beobachter Festbildfolgen geeigneter Länge in die Bewegtbilddarstellung wahlweise eingefügt werden, beispielsweise, wenn der Beobachter einer regenerierten Bewegtbildfolge auf Bildbereiche stößt, in denen er Einzelheiten genauer erkennen möchte. Die Umschaltung kann dabei von Hand durchgeführt werden. Es aber auch eine automatische Umschaltung, beispielsweise abhängig von vorgegebenen Bildelementen oder zeitabhängig, möglich. Bei ausreichender Überlappung des Inhalts aufeinanderfolgender Bilder bietet sich die Möglichkeit, die Festbildphase wahlweise auch über die Periodendauer der übertragenen Bildfolge hinaus auszudehnen, indem nicht jedes der Bilder berücksichtigt, sondern durch Unterdrückung einzelner Bilder (z. B. jedes zweiten Bildes) mit größerem Bild-zu-Bild-Abstand gearbeitet wird.

Das Verhältnis der Dauer der Festbildphase zur Dauer der Bewegtbildphase läßt sich für einzelne Bildbereiche unterschiedlich wählen. Speziell kann zum Beispiel die Einfügung einer Festbilddarstellung auf einen Bereich in der Bildmitte beschränkt werden, während die übrigen Bildteile beispielsweise ständig in der Bewegtbilddarstellung verbleiben.

Bekannte Zusatzmaßnahmen zur Bildwiedergabeverbesserung, insbesondere digitale Filteroperationen, bei denen in der Bewegtbildphase realisierungstechnische Begrenzungen zu ähnlichen Beschränkungen führen können wie bei der Bildregeneration nach dem

Hauptpatent, sind vorteilhaft in der Festbildphase einsetzbar.

Bedarfsweise bietet sich die Möglichkeit, die Gesamtszene gegenüber Echtzeitbetrieb in kürzerer oder längerer Zeit darzubieten. Speziell kann beispielsweise durch eine der eingefügten Festbilddarstellung proportionale Verlängerung der Gesamtdarstellungszeit erreicht werden, daß in der Bewegtbilddarstellung die Szenenbewegung mit der Geschwindigkeit des Echtzeitbetriebs, d. h. ohne Zeitraffung wiedergegeben wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3200233 A1**

(51) Int. Cl. 3:
G 03 B 37/00
G 03 C 5/24
G 01 C 11/02
G 01 J 1/00

(21) Aktenzeichen: P 32 00 233.5
(22) Anmeldetag: 7. 1. 82
(43) Offenlegungstag: 21. 10. 82

Behördeneigentum

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
02.04.81 DD WPG03B-229118

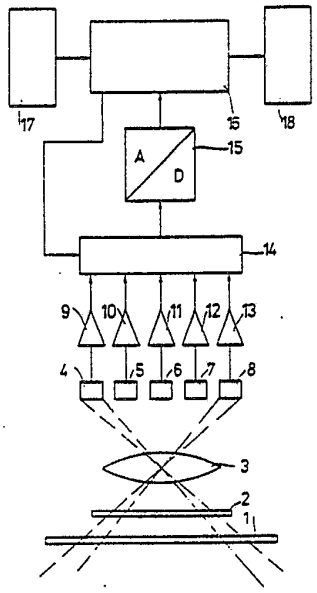
(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Zeth, Ulrich; Klose, Heinrich; Voß, Günther, Dipl.Ing., DDR 6900 Jena, DD; Winkler, Peter, Dipl.-Math., DDR 6902 Jena, DD

DE 3200233 A1

(54) **»Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei der Luftbildaufnahme«**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei Luftbildaufnahmen. Eine Anwendung des Verfahrens ist auch möglich auf allen Gebieten der Fotografie, bei dem eine optimale Ausnutzung des Schwärzungsbereiches des Films unter Vermeidung von Informationsverlusten durch Über- bzw. Unterbelichtung notwendig ist, z.B. in der terrestrischen Fotogrammetrie. Bei dem Verfahren werden bei der Aufnahme aus den mittels eines Fotoempfängersystems mit anschließender Verarbeitung der Meßwerte gewonnenen Daten über die maximale und minimale Helligkeit des aufgenommenen Geländeabschnitts einem Glättungsprozeß unterworfen und zur Berechnung eines repräsentativen Gradationswertes herangezogen. Dieser Wert wird angezeigt bzw. ausgedruckt und dient zur Festlegung der für die Entwicklung des Filmes charakteristischen Parameter wie u.a. Entwicklerzusammensetzung, Entwicklungszeit. (32 00 233)



Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei der Luftbildaufnahme mit Luftbildkameras, die über eine Einrichtung zur Messung der Objektleuchtdichte verfügen, welche aus einem System von Fotoempfängern mit schmalen Auffangwinkeln besteht, wobei mittels spezieller Filter eine Anpassung der spektralen Empfindlichkeit der Fotoempfänger an diejenige der verwendeten Aufnahmematerialien erreicht wird und wobei sich außerdem vor dem Objektiv der Luftbildkamera und der Einrichtung zur Objektleuchtdichtemessung gleiche, austauschbare Farbfilter befinden, gekennzeichnet dadurch, daß

   a) zu vorgewählten Zeitpunkten die Meßwerte der Fotoempfänger abgefragt werden,

   b) jeweils der Maximalwert $E_{max}^{(i)}$ und der Minimalwert $E_{min}^{(i)}$ der zu einer Messung oder einer Meßreihe gehörenden Meßwerte ermittelt und abgespeichert wird,

   c) mit den Folgen der Maximalwerte $\{E_{max}^{(i)}\}$ und der Minimalwerte $\{E_{min}^{(i)}\}$ je ein Glättungsprozeß durchgeführt wird,

   d) aus den geglätteten Werten $\bar{E}_{max}^{(i)}$ und $\bar{E}_{min}^{(i)}$ die zur Erreichung eines bestimmten Schwärzungsumfanges im Bild erforderliche Gradation $\gamma^{(i)}$ bestimmt, angezeigt und/oder aufgezeichnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Folge der Gradationswerte $\{\gamma^{(i)}\}$ ebenfalls einem Glättungsprozeß unterworfen wird und die geglätteten Werte $\{\bar{\gamma}^{(i)}\}$ angezeigt und/oder aufgezeichnet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß jeweils aus einer bestimmten Anzahl von Gradationswerten $\gamma^{(i)}$ der Mittelwert gebildet, angezeigt und/oder aufgezeichnet wird.

07.01.82 2 DD 233

Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei der Luftbildaufnahme

Das Verfahren kann auf dem Gebiet der Luftbildaufnahmetechnik angewandt werden. Desweiteren ist eine Anwendung bei solchen fotografischen Aufnahmetechniken möglich, bei denen der gesamte Helligkeitsumfang des abzubildenden Objektes in optimale Schwärzungswerte des Negativs umgesetzt werden soll, z.B. bei Meßbildern in der terrestrischen Fotogrammetrie.

Bekannte Luftbildaufnahmesysteme verwenden Belichtungsmesser und Belichtungsregeleinrichtungen auf der Grundlage des integralen Meßprinzips, dh. mit einem Fotoempfänger wird ein die Gesamthelligkeit des aufzunehmenden Geländeabschnitts repräsentierender Meßwert gewonnen und zur Regelung der Belichtungszeit herangezogen. Dabei wird in einzelnen Fällen die spektrale Empfindlichkeit des Fotoempfängers durch geeignete Mittel, z.B. Filter an die spektrale Empfindlichkeit des Filmmaterials angepaßt. Bei Verwendung von Farbfiltern bei der Aufnahme werden aus der Erfahrung oder aus Herstellerangaben stammende

Korrekturwerte von Hand eingegeben. Die integrale Meßmethode hat damit die folgenden Nachteile:

- das Meßergebnis wird von der zufälligen Verteilung heller und dunkler Flächen innerhalb des Auffangwinkels des Fotoempfängers beeinflußt. Insbesondere durch eine Oberbewertung der hellen Flächen, die aus der logarithmischen Umsetzung der Helligkeitswerte in Negativschwärzungen resultiert, kann es bei ungünstiger Verteilung zu Unterbelichtung der dunklen Flächen kommen.
- Wegen des großen Auffangwinkels kann man keine Aussagen über den Helligkeitsumfang des Objektes aus den Meßwerten ableiten. Damit ist man bei der Festlegung der optimalen Parameter für die Filmentwicklung zum Erzielen einer vollständigen Umsetzung des Helligkeitsumfanges des Objekts in unterscheidbare Schwärzungen (keine Ober- und Unterbelichtungen bei Ausnutzung des gesamten Schwärzungsumfangs des Filmmaterials) auf die Erfahrungen des Bedieners angewiesen.
- Durch Vorschalten von Steilkantfarbfiltern wird der Einfluß des atmosphärischen Dunstes ausgeschaltet und damit der Kontrast der Aufnahme erhöht. Diese Kontrasterhöhung kann bei der integralen Meßmethode ebenfalls nicht meßtechnisch erfaßt werden.

Wegen dieser Nachteile wurde in der Literatur vorgeschlagen, Belichtungsmesser zu verwenden, die das überflogene Gelände differentiell abtasten und die sowohl die minimale als auch die maximale Helligkeit des Geländeabschnitts anzeigen und so dem Bediener Hinweise zur Wahl von optimalen Filmentwicklungsparametern geben (z.B. W.Komarek "Modern Technology of Production of Aerial Photograph and Some New Devices Used in Aerial Photography" in Int. Arch. Phm. XVII Lausanne 1968). Damit spielen Erfahrungswerte des Bedieners nach wie vor eine große Rolle bei der Festlegung der Entwicklungsparameter.

Ziel der Erfindung ist die Objektivierung der Wahl derjenigen Filmentwicklungsparameter, die eine optimale Ausschöpfung des Schwärzungsumfanges des verwendeten Aufnahmematerials ermöglichen und damit die Über- oder Unterbelichtung auch von Teilgebieten des überflogenen Geländeabschnitts wirkungsvoll verhindern.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dessen Hilfe aus den Meßwerten eines Leuchtdichtemessers, der aus einem System von Fotoempfängern besteht und das Gelände differentiell abtastet, unter Ausschaltung von subjektiven Faktoren optimale Filmentwicklungsparameter bestimmt werden können.
Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, bei dem die Meßwerte der einzelnen Fotoempfänger in bestimmten Zeitabständen abgefragt werden, von den zu einer Messung oder Meßreihe gehörenden Meßwerten jeweils der maximale und der minimale Wert ermittelt und gespeichert wird, die Folgen der Maximalwerte und der Minimalwerte jeweils einem Glättungsprozeß unterworfen werden und aus den geglätteten Wert die zur Erreichung eines bestimmten Schwärzungsumfanges im Bild erforderliche Gradation bestimmt, angezeigt und/oder aufgezeichnet wird. Zusätzlich kann mit den Gradationswerten wieder ein Glättungsprozeß durchgeführt werden oder es wird jeweils aus einer bestimmten Anzahl von Gradationswerten ein Mittelwert gebildet und angezeigt.

In der Figur ist eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt.
Das von dem aufzunehmenden Geländeabschnitt abgestrahlte Licht wird durch das Farbfilter 1, welches die

gleiche Filtercharakteristik aufweist wie das der Luftbildkamera, und das Filter 2, das zur Angleichung der spektralen Empfindlichkeit des Leuchtdichtemessers an diejenige des verwendeten Filmmaterials dient, und das Objektiv 3 des Leuchtdichtemessers auf eine Anordnung von elektrischen Fotoempfängern 4, 5, 6, 7, 8 projiziert.
Die von den Fotoempfängern 4, 5, 6, 7, 8 in Abhängigkeit von der Leuchtdichte der einzelnen Bereiche des Geländeabschnitts abgegebenen schwachen Fotoströme werden in den Vorverstärkern 9, 10, 11, 12, 13 verstärkt und an den Multiplexer 14 weitergeleitet. Der Multiplexer 14 fragt zu vorgewählten Zeitpunkten die Meßwerte von den Fotoempfängern ab und leitet sie sequentiell an einen Analog-Digital-Wandler 15 weiter, an dessen Ausgang die Meßwerte in digitaler Form bereitstehen und an einen Mikroprozessor 16, der auch die zeitliche Steuerung des Multiplexers 14 realisiert, abgegeben werden. Der Mikroprozessor 16 ist mit einer Dateneingabeeinheit 17 und einer Datenausgabeeinheit 18 verbunden. Mit der Eingabeeinheit 17 werden dem Mikroprozessor 16 Steuerbefehle und der zur Berechnung der Gradation γ notwendige Wert des Schwärzungsbereiches ΔS, in dem das jeweils benutzte Filmmaterial über optimale Abbildungseigenschaften verfügt, mitgeteilt.
Mit diesem Wert und den Angaben über die maximale Leuchtdichte E_{max} und die minimale Leuchtdichte E_{min} kann die Gradation γ nach folgender Formel bestimmt werden

$$\gamma = \frac{\Delta S}{\lg\left(\frac{E_{max}}{E_{min}}\right)}$$

Diese Gradation stellt den anzustrebenden Wert für die maximale Ausschöpfung des Informationsgehaltes der Luftbildaufnahme dar und muß durch geeignete Wahl der Parameter bei der Filmentwicklung (Entwicklungszeit, Entwicklerzusammensetzung usw.) realisiert werden. Da aus ökonomischen Gründen die Luftbildaufnahme nicht einzeln

entwickelt werden, kommt es darauf an, einen solchen Gradationswert festzulegen, der die optimale Ausschöpfung des Informationsgehaltes aller gleichzeitig zu entwickelnden Aufnahmen gewährleistet. Dazu dient der Glättungsprozeß, der sowohl mit den Maximalwerten $E_{max}^{(i)}$ als auch mit den Minimalwerten $E_{min}^{(i)}$ durchgeführt wird, wobei die Glättung so vorgenommen wird, daß bei den Maximalwerten der geglättete Wert größer ist als die überwiegende Mehrzahl der $E_{max}^{(i)}$, bei den Minimalwerten dagegen die meisten $E_{min}^{(i)}$ größer sind als der geglättete Wert. Damit wird erreicht, daß für den größten Teil der Aufnahmen ein solcher Gradationswert ermittelt wird, der einen optimalen Informationsgehalt der entwickelten Bilder sichert, aber durch stark von den anderen Werten abweichende Maximal- bzw. Minimalwerte keine Bestimmung falscher Gradationswerte mit dem Ergebnis der Verringerung des Kontrastes und damit des Informationsgehaltes der Aufnahmen eintritt. Zwecks Beruhigung der Anzeige kann mit den so erhaltenen Gradationswerten ein weiterer Glättungsprozeß oder aber nach jeweils einer bestimmten Zeit eine Mittelwertbildung durchgeführt werden.

Desweiteren kann an der Datenausgabeeinheit ein Drucker oder ein anderer Datenspeicher angeschlossen werden, der die Gradationswerte in Form eines Protokolls aufzeichnet, eventuell zusammen mit anderen, den Luftbildaufnahmevorgang charakterisierenden Daten.

Erfolgt aufgrund von Änderungen der Geländebeschaffenheit die Bestimmung eines vom ursprünglichen abweichenden Gradationswertes, so kann der Bediener aufgrund der Anzeige oder des Protokolls die getrennte Verarbeitung der einzelnen Filmabschnitte anweisen.

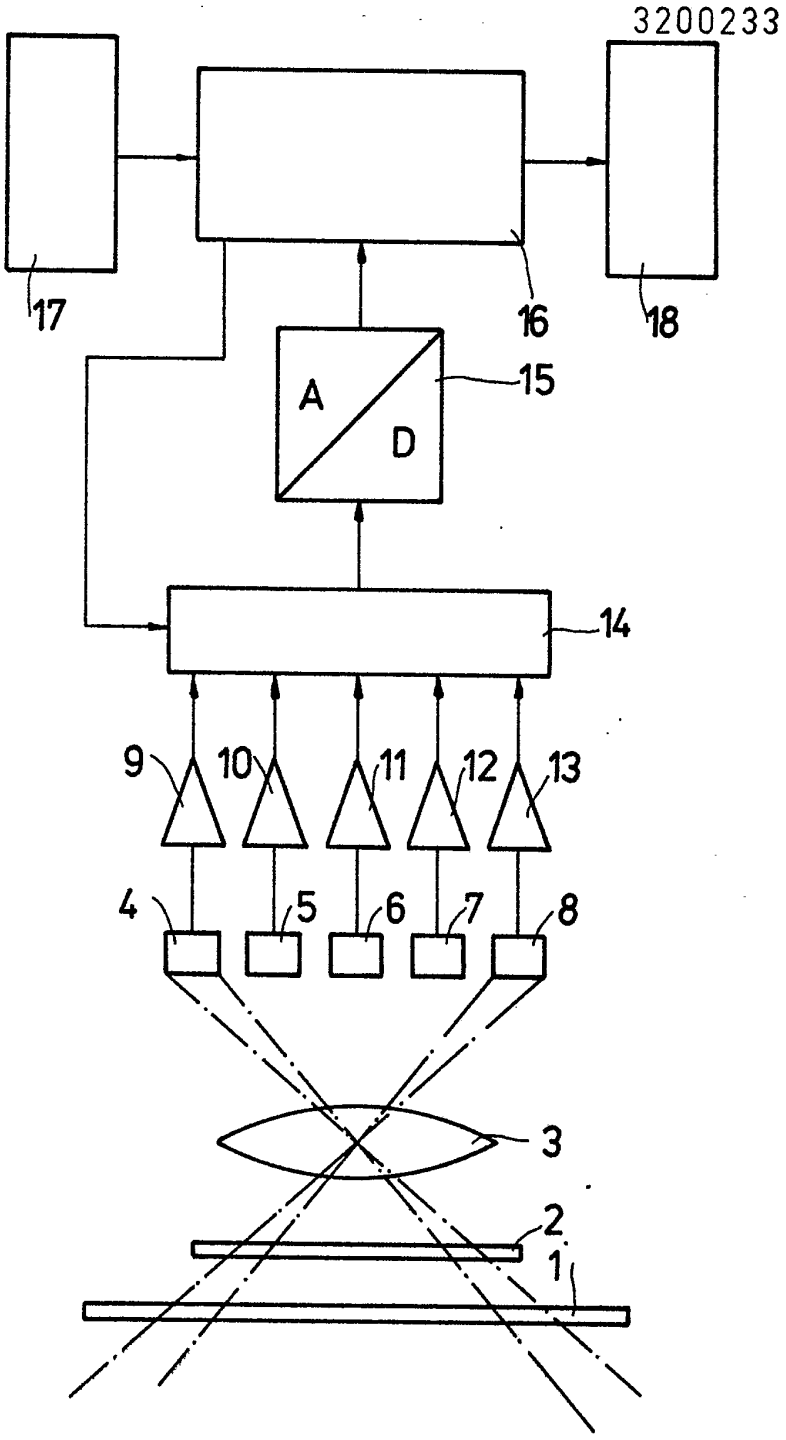
Außerdem können die mit Hilfe des Mikroprozessors bestimmten Minimalwerte der Geländehelligkeit über einen weiteren Ausgang abgegeben, angezeigt und zur automatischen Steuerung der Blende und der Belichtungszeit der Luftbildkamera herangezogen werden, wodurch eine Unterbelichtung auch von Teilbereichen des darzustellenden Ge-

ländeabschnitts wirkungsvoll verhindert werden kann.

Leerseite

9

Nummer: 3200233
Int. Cl.³: G03B 37/00
Anmeldetag: 7. Januar 1982
Offenlegungstag: 21. Oktober 1982



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Patentschrift**

(11) **DE 3200233 C2**

(51) Int. Cl. 5:
G 03 C 5/02
G 03 C 5/26
G 01 C 11/02
G 01 J 1/00

(21) Aktenzeichen: P 32 00 233.5-51
(22) Anmeldetag: 7. 1. 82
(43) Offenlegungstag: 21. 10. 82
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 26. 4. 90

DE 3200233 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
02.04.81 DD WPG03B-229118

(73) Patentinhaber:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Zeth, Ulrich; Klose, Heinrich; Voß, Günther, Dipl.Ing., DDR 6900 Jena, DD; Winkler, Peter, Dipl.-Math., DDR 6902 Jena, DD

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

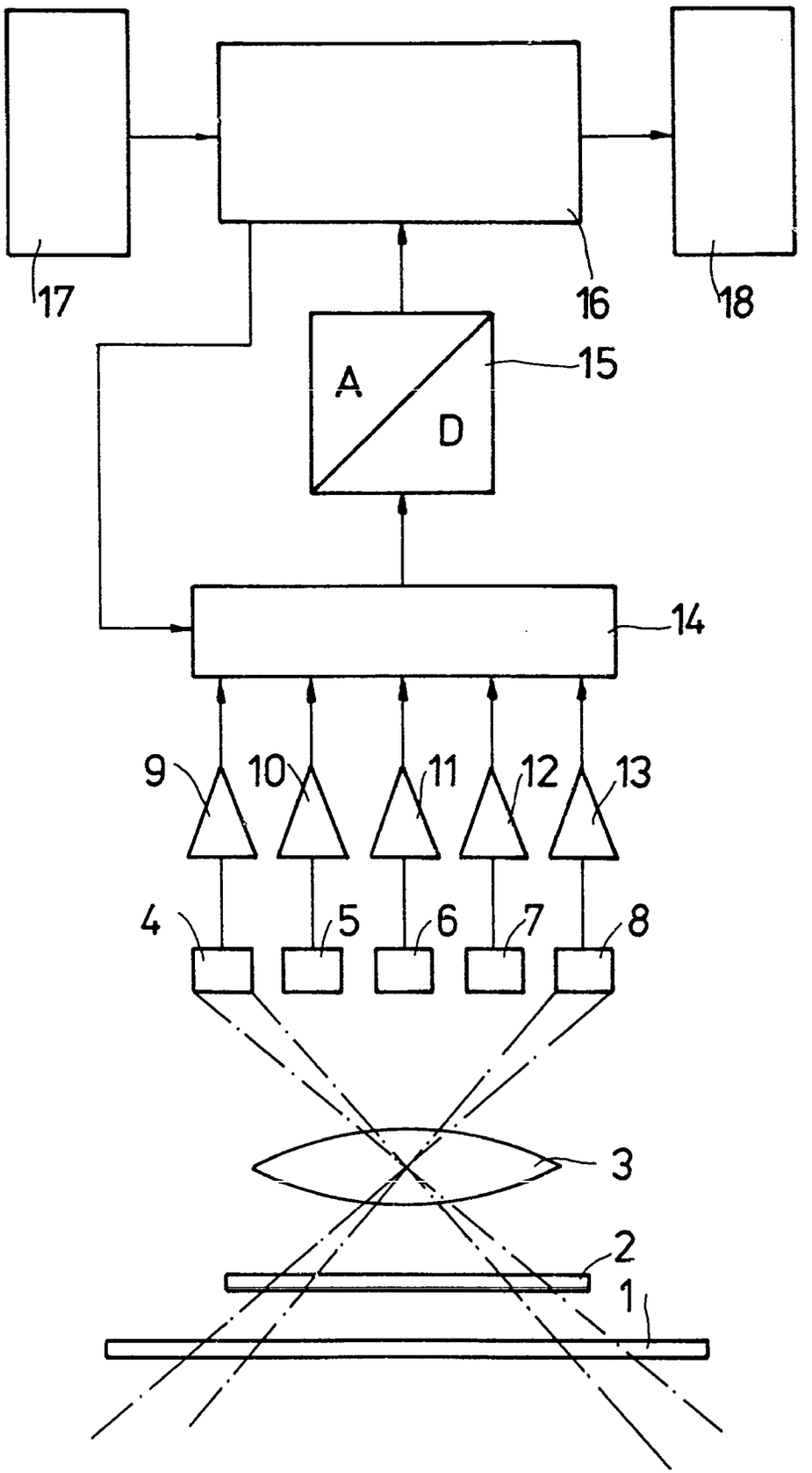
US 42 14 826
Komárek, Vladimir: Modern Technology of Production of Aerial Photograph and Some New Devices Used in Aerial Photography. In: Int. Archives of Photogrammetry XVII, Lausanne (1968);

(54) Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei der Luftbildaufnahme

DE 3200233 C2

BUNDESDRUCKEREI 03. 90 008 117/88

Nummer: DE 32 00 233 C2
Int. Cl.[5]: G 03 C 5/02
Veröffentlichungstag: 26. April 1990



Beschreibung

Das Verfahren kann auf dem Gebiet der Luftbildaufnahmetechnik angewandt werden. Des weiteren ist eine Anwendung bei solchen fotografischen Aufnahmetechniken möglich, bei denen der gesamte Helligkeitsumfang des abzubildenden Objektes in optimale Schwärzungswerte des Negativs umgesetzt werden soll, z. B. bei Meßbildern in der terrestrischen Fotogrammetrie.

Bekannte Luftbildaufnahmesysteme verwenden Belichtungsmesser und Belichtungsregeleinrichtungen auf der Grundlage des integralen Meßprinzips, d. h. mit einem Fotoempfänger wird ein die Gesamthelligkeit des aufzunehmenden Geländeabschnitts repräsentierender Meßwert gewonnen und zur Regelung der Belichtungszeit herangezogen. Dabei wird in einzelnen Fällen die spektrale Empfindlichkeit des Fotoempfängers durch geeignete Mittel, z. B. Filter an die spektrale Empfindlichkeit des Filmmaterials angepaßt. Bei Verwendung von Farbfiltern bei der Aufnahme werden aus der Erfahrung oder aus Herstellerangaben stammende Korrekturwerte von Hand eingegeben. Die integrale Meßmethode hat damit die folgenden Nachteile:

— das Meßergebnis wird von der zufälligen Verteilung heller und dunkler Flächen innerhalb des Auffangwinkels des Fotoempfängers beeinflußt. Insbesondere durch eine Überbewertung der hellen Flächen, die aus der logarithmischen Umsetzung der Helligkeitswerte in Negativschwärzungen resultiert, kann es bei ungünstiger Verteilung zu Unterbelichtung der dunklen Flächen kommen.

— Wegen des großen Auffangwinkels kann man keine Aussagen über den Helligkeitsumfang des Objekts aus den Meßwerten ableiten. Damit ist man bei der Festlegung der optimalen Parameter für die Filmentwicklung zum Erzielen einer vollständigen Umsetzung des Helligkeitsumfanges des Objekts in unterscheidbare Schwärzungen (keine Über- und Unterbelichtungen bei Ausnutzung des gesamten Schwärzungsumfangs des Filmmaterials) auf die Erfahrungen des Bedieners angewiesen.

— Durch Vorschalten von Steilkantfarbfiltern wird der Einfluß des atmosphärischen Dunstes ausgeschaltet und damit der Kontrast der Aufnahme erhöht. Diese Kontrasterhöhung kann bei der integralen Meßmethode ebenfalls nicht meßtechnisch erfaßt werden.

Wegen dieser Nachteile wurde in der Literatur vorgeschlagen, Belichtungsmesser zu verwenden, die das überflogene Gelände differentiell abtasten und die sowohl die minimale als auch die maximale Helligkeit des Geländeabschnitts anzeigen und so dem Bediener Hinweise zur Wahl von optimalen Filmentwicklungsparametern geben (z. B. W. Komarek, "Modern Technology of Production of Aerial Photograph and Some New Devices Used in Aerial Photography" in Int. Arch. Phm. XYII, Lausanne 1968). Damit spielen Erfahrungswerte des Bedieners nach wie vor eine große Rolle bei der Festlegung der Entwicklungsparameter.

Aus der US-PS 42 14 826 ist es bekannt, mit mehreren fotoelektrischen Elementen jeweils die Helligkeit eines Teilbereichs der Bildebene einer photografischen Kamera zu messen, das Maximum und das Minimum der Helligkeitswerte zu bestimmen und anzuzeigen, ob die Differenz größer als ein bestimmter Wert ist. Hieraus gewinnt der Benutzer Daten für die korrekte Belichtung seines Films. Es wird nicht angegeben, inwiefern diese Daten für die Ermittlung der Entwicklungsparameter des Filmes bei Luftbildaufnahmen einsetzbar sind.

Ziel der Erfindung ist die Objektivierung der Wahl derjenigen Filmentwicklungsparameter, die eine optimale Ausschöpfung des Schwärzungsumfanges des verwendeten Aufnahmematerials ermöglichen und damit die Über- oder Unterbelichtung auch von Teilgebieten des überflogenen Geländeabschnitts wirkungsvoll verhindern.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dessen Hilfe aus den Meßwerten eines Leuchtdichtemessers, der aus einem System von Fotoempfängern besteht und das Gelände differentiell abtastet, unter Ausschaltung von subjektiven Faktoren optimale Filmentwicklungsparameter bestimmt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, bei dem die Meßwerte der einzelnen Fotoempfänger in bestimmten Zeitabständen abgefragt werden, von den zu einer Messung oder Meßreihe gehörenden Meßwerten jeweils der maximale und der minimale Wert ermittelt und gespeichert wird, die Folgen der Maximalwerte und der Minimalwerte jeweils einem Glättungsprozeß unterworfen werden und aus den geglätteten Wert die zur Erreichung eines bestimmten Schwärzungsumfanges im Bild erforderliche Gradation bestimmt, angezeigt und/oder aufgezeichnet wird. Zusätzlich kann mit den Gradationswerten wieder ein Glättungsprozeß durchgeführt werden oder es wird jeweils aus einer bestimmten Anzahl von Gradationswerten ein Mittelwert gebildet und angezeigt.

In der Figur ist eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt. Das von dem aufzunehmenden Geländeabschnitt abgestrahlte Licht wird durch das Farbfilter **1**, welches die gleiche Filtercharakteristik aufweist wie das der Luftbildkamera, und das Filter **2**, das zur Angleichung der spektralen Empfindlichkeit des Leuchtdichtemessers an diejenige des verwendeten Filmmaterials dient, und das Objektiv **3** des Leuchtdichtemessers auf eine Anordnung von elektrischen Fotoempfängers **4, 5, 6, 7, 8** projiziert.

Die von den Fotoempfängern **4, 5, 6, 7, 8** in Abhängigkeit von der Leuchtdichte der einzelnen Bereiche des Geländeabschnitts abgegebenen schwachen Fotoströme werden in den Vorverstärkern **9, 10, 11, 12, 13** verstärkt und an den Multiplexer **14** weitergeleitet. Der Multiplexer **14** fragt zu vorgewählten Zeitpunkten die Meßwerte von den Fotoempfängern ab und leitet sie sequentiell an einen Analog-Digital-Wandler **15** weiter, an dessen Ausgang die Meßwerte in digitaler Form bereitstehen und an einen Mikroprozessor **16**, der auch die zeitliche Steuerung des Multiplexers **14** realisiert, abgegeben werden. Der Mikroprozessor **16** ist mit einer Dateneingabeeinheit **17** und einer Datenausgabeeinheit **18** verbunden. Mit der Eingabeeinheit **17** werden dem Mikroprozessor **16** Steuerbefehle und der zur Berechnung der Gradation γ notwendige Wert des Schwärzungsbereiches ΔS, in dem das jeweils benutzte Filmmaterial über optimale Abbildungseigenschaften verfügt, mitgeteilt. Mit diesem Wert und den Angaben über die maximale Leuchtdichte E_{max} und die minimale Leuchtdichte E_{min} kann die Gradation γ nach folgender Formel bestimmt werden

$$\gamma = \frac{\Delta S}{\lg\left(\frac{E_{max}}{E_{min}}\right)}.$$

Diese Gradation stellt den anzustrebenden Wert für die maximale Ausschöpfung des Informationsgehalts der Luftbildaufnahme dar und muß durch geeignete Wahl der Parameter bei der Filmentwicklung (Entwicklungszeit, Entwicklerzusammensetzung usw.) realisiert werden. Da aus ökonomischen Gründen die Luftbildaufnahme nicht einzeln entwickelt werden, kommt es darauf an, einen solchen Gradationswert festzulegen, der die optimale Ausschöpfung des Informationsgehaltes aller gleichzeitig zu entwickelnden Aufnahmen gewährleistet. Dazu dient der Glättungsprozeß, der sowohl mit den Maximalwerten $E_{max}^{(i)}$ als auch mit den Minimalwerten $E_{min}^{(i)}$ durchgeführt wird, wobei die Glättung so vorgenommen wird, daß bei den Maximalwerten der geglättete Wert größer ist als die überwiegende Mehrzahl der $E_{max}^{(i)}$, bei den Minimalwerten dagegen die meisten $E_{min}^{(i)}$ größer sind als der geglättete Wert. Damit wird erreicht, daß für den größten Teil der Aufnahmen ein solcher Gradationswert ermittelt wird, der einen optimalen Informationsgehalt der entwickelten Bilder sichert, aber durch stark von den anderen Werten abweichende Maximal- bzw. Minimalwerte keine Bestimmung falscher Gradationswerte mit dem Ergebnis der Verringerung des Kontrastes und damit des Informationsgehaltes der Aufnahmen eintritt. Zwecks Beruhigung der Anzeige kann mit den so erhaltenen Gradationswerten ein weiterer Glättungsprozeß oder aber nach jeweils einer bestimmten Zeit eine Mittelwertbildung durchgeführt werden.

Des weiteren kann an der Datenausgabeeinheit ein Drucker oder ein anderer Datenspeicher angeschlossen werden, der die Gradationswerte in Form eines Protokolls aufzeichnet, eventuell zusammen mit anderen, den Luftbildaufnahmevorgang charakterisierenden Daten.

Erfolgt aufgrund von Änderungen der Geländebeschaffenheit die Bestimmung eines vom ursprünglichen abweichenden Gradationswertes, so kann der Bediener aufgrund der Anzeige oder des Protokolls die getrennte Verarbeitung der einzelnen Filmabschnitte anweisen.

Außerdem können die mit Hilfe des Mikroprozessors bestimmten Minimalwerte der Geländehelligkeit über einen weiteren Ausgang abgegeben, angezeigt und zur automatischen Steuerung der Blende und der Belichtungszeit der Luftbildkamera herangezogen werden, wodurch eine Unterbelichtung auch von Teilbereichen des darzustellenden Geländeabschnitts wirkungsvoll verhindert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von optimalen Filmentwicklungsparametern bei der Luftbildaufnahme mit Luftbildkameras, die über eine Einrichtung zur Messung der Objektleuchtdichte verfügen, welche aus einem System von Fotoempfängern mit schmalen Auffangwinkeln besteht, wobei mittels spezieller Filter eine Anpassung der spektralen Empfindlichkeit der Fotoempfänger an diejenige der verwendeten Aufnahmematerialien erreicht wird und wobei sich außerdem vor dem Objektiv der Luftbildkamera und der Einrichtung zur Objektleuchtdichtemessung gleiche, austauschbare Farbfilter

befinden, **gekennzeichnet dadurch,** daß

a) zu vorgewählten Zeitpunkten die Meßwerte der Fotoempfänger abgefragt werden,

b) jeweils der Maximalwert $E_{max}^{(i)}$ und der Minimalwert $E_{min}^{(i)}$ der zu einer Messung oder einer Meßreihe gehörenden Meßwerte ermittelt und abgespeichert wird,

c) mit den Folgen der Maximalwerte $\{E_{max}^{(i)}\}$ und der Minimalwerte $\{E_{min}^{(i)}\}$ je ein Glättungsprozeß durchgeführt wird,

d) aus den geglätteten Werten $\bar{E}_{max}^{(i)}$ und $\bar{E}_{min}^{(i)}$ die zur Erreichung eines bestimmten Schwärzungsumfanges im Bild erforderliche Gradation $\gamma^{(i)}$ bestimmt, angezeigt und/oder aufgezeichnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Folge der Gradationswerte $\{\gamma^{(i)}\}$ ebenfalls einem Glättungsprozeß unterworfen wird und die geglätteten Werte $\{\bar{\gamma}^{(i)}\}$ angezeigt und/oder aufgezeichnet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß jeweils aus einer bestimmten Anzahl von Gradationswerten $\gamma^{(i)}$ der Mittelwert gebildet, angezeigt und/oder aufgezeichnet wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 33 14 227 A1**

(51) Int. Cl. 3: G 03 B 37/00

(21) Aktenzeichen: P 33 14 227.0
(22) Anmeldetag: 20. 4. 83
(43) Offenlegungstag: 25. 10. 84

DE 33 14 227 A1

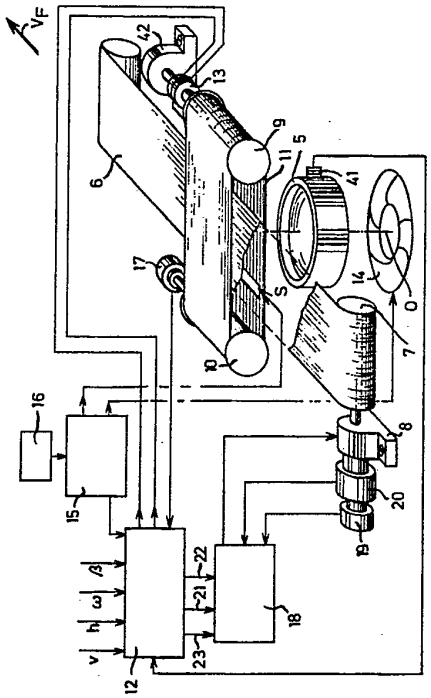
(71) Anmelder:
Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim, DE

(72) Erfinder:
Prinz, Reinhard, Ing.(grad.), 7080 Aalen, DE

Behördeneigentum

(54) Verfahren und Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera

Es handelt sich um den Bildwanderungsausgleich in einer Luftbildkamera, bei der ein Schlitzverschluß (11) in der Filmebene senkrecht zu dem parallel zur Flugrichtung transportierten Film (6) abläuft. Zur Kompensation des bei Schwenkbewegungen der Kamera auftretenden bildwinkelabhängigen Anteils der Bildwanderungsbewegung ist der Schlitzverschluß (11) mit einem Encoder (17) gekoppelt, der die momentane Schlitzposition (x) während der Belichtung einem Rechner (12) meldet. Dieser Rechner (12) ermittelt zwischen den Belichtungsvorgängen aus Flughöhe h, Fluggeschwindigkeit V_F, Brennweite f, Schwenkwinkel β' und einer vom Objektivtyp abhängigen Grundfunktion ein Geschwindigkeitsprofil (A, B), mit dem das Signal des Encoders 17 gefaltet wird, bevor es zur Regelung des Filmantriebs (7, 8) verwendet wird.
Das Einzelobjektiv (5) der Kamera ist gegen eine sog. Multilens-Anordnung (35) auswechselbar. Dabei sorgt ein mit der Objektivaufnahme gekoppelter Codeleser (41) für die Auswahl der im Rechner gespeicherten zugehörigen Grundfunktion für die Berechnung des Geschwindigkeitsprofils (A, B).



DE 33 14 227 A1

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera, in der ein Schlitzverschluß (11) senkrecht zu dem parallel zur Flugrichtung transportierten Film (6) abläuft und die Filmtransportgeschwindigkeit V_T in der Bildebene abhängig vom Verhältnis von Fluggeschwindigkeit V_F zu Höhe h, der Brennweite f des Aufnahmeobjektivs und der Neigung ß' der Kamera gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Position (x) des Schlitzes (s) während des Belichtungsvorganges permanent gemessen wird und der Antriebsmotor (8) des Filmtransports (7) von einem von der Position (x) des Schlitzes (s) abgeleiteten Regelsignal beaufschlagt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zeit zwischen zwei Belichtungsvorgängen aus einer der verwendeten Objektivkonfiguration (5,35) zugeordneten Funktion und den Werten für V_F/h,f und ß' ein Geschwindigkeitsprofil in Abhängigkeit von der Sollposition (x) des Schlitzes (s) errechnet wird, mit dem das während der anschließenden Belichtung gewonnene, der Schlitzposition proportionale Signal gefaltet wird.

3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Recheneinheit (12) zur Steuerung der Filmtransportgeschwindigkeit V_T, die mit Datenleitungen zur Eingabe der aktuellen Werte für V_F/h,ß' und f sowie dem Ausgang eines mit dem Schlitzverschluß (11) gekoppelten Stellungsgebers (17) verbunden ist, dessen Signal zur Feinkorrektur der Filmtransportbewegung abhängig von der momentanen Schlitzposition (x) dient.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Recheneinheit (12) mehrere Grundfunktionen gespeichert sind, nach denen die Schlitzposition (x) in die zugehörige Filmtransportgeschwindigkeit V_T umgerechnet wird und die Recheneinheit (12) mit einem Codegeber (41) zur Eingabe der verwendeten Objektivkonfiguration (5,35) verbunden ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Codege-

ber (41) an der Aufnahme des Objektivs (5) angeordnet ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 3-5, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des Schlitzes (s) durch eine Belichtungsautomatik (15) gesteuert wird, die mit der Recheneinheit (12) gekoppelt ist und die Bildung des Regelsignals für den Filmtransport auf die Schlitzmittenposition bezogen erfolgt.

7. Einrichtung nach Anspruch 3-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlitzverschluß über eine von der Recheneinheit (12) gesteuerte Kupplung (13) mit einem bei konstanter Drehzahl laufenden Motor (42) verbunden ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 3-7, dadurch gekennzeichnet, daß der Filmtransport (7) mit einem Stellungsgeber (20) und einem Tachogenerator (19) gekoppelt ist und ein Hybridregler (18) vorgesehen ist, der von der Recheneinheit (12) gesteuert zwischen den Belichtungsvorgängen eine Positionsregelung und während der Belichtung eine Geschwindigkeitsregelung des Filmtransports (7) vornimmt.

9. Einrichtung nach Anspruch 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Antrieb des Filmtransports (7) in der Bildebene und den motorbetriebenen Filmspulen ein in Transportrichtung verschiebbarer, aus zwei miteinander verbundenen Umlenkrollen bestehender Pufferspeicher angeordnet ist.

Firma Carl Zeiss, 7920 Heidenheim (Brenz)

Verfahren und Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera

Verfahren und Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera, in der ein Schlitzverschluß senkrecht zu dem parallel zur Flugrichtung transportierten Film abläuft.

Einrichtungen zum Ausgleich der Bildwanderung, abgekürzt meist als "FMC" (forward motion compensation) oder "IMC" (image motion compensation) bezeichnet, sind in Luftbildkameras nahezu jeden Typs vorhanden. Sie kompensieren die durch die Gleichung:

$$V_B = \frac{V_F \cdot f}{h} \qquad (1)$$

beschriebene Wanderungsgeschwindigkeit V_B des Bildes des aufgenommenen Objekts in der Filmebene durch eine Relativbewegung zwischen Objektiv und Film. In dieser Gleichung bedeuten:

V_F = Fluggeschwindigkeit

f = Brennweite der Kamera

h = Flughöhe.

Die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B ist allerdings nur dann über das gesamte Bildfeld konstant, wenn die optische Achse des Aufnahmeobjektivs senkrecht auf dem überflogenen Gelände steht. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, beispielsweise weil das Flugzeug während der Belichtung um einen Rollwinkel ω aus seiner horizontalen Lage heraus gekippt ist oder weil die Kamera von vornherein unter einem Winkel ß gegen die Vertikale geschwenkt ist, dann ändert sich die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B innerhalb des Bildfeldes abhängig vom Bildwinkel α.

Dies läßt sich qualitativ anhand der Darstellung in Fig. 1 erkennen: Bei einer Verkippung der Achse des Objektivs 4 einer im Flugzeug 3 angeordneten Luftbildaufnahmekamera gegen die Vertikale sind die Objektebene 2 und die Bildebene 1 nicht mehr zueinander parallel und demzufolge sind die Aufnahmeentfernung und der Abbildungsmaßstab ab-

hängig vom jeweiligen Bildwinkel α. Der auch diesen Fall berücksichtigende allgemeine Ausdruck für die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B wird durch die Gleichung:

$$V_B = \frac{V_F \cdot f}{h} \cdot \frac{\cos(\beta' + \alpha)}{\cos} = \frac{V_F \cdot f}{h} (\cos \beta' - \sin \beta' \tan\alpha) \quad (2)$$

beschrieben, wobei $\beta' = \gamma + \beta$ ist.

Es ist klar, daß Bewegungsunschärfen im Bild auftreten können, wenn der Einfluß der zusätzlichen Parameter β' und α bei der Auslegung einer Einrichtung zum Bildwanderungsausgleich (FMC) nicht berücksichtigt wird.

Bei sogenannten Panoramakameras ist es bekannt, die FMC-Bewegung nicht nur abhängig von dem Quotienten V_F/h sondern außerdem abhängig vom Schwenkwinkel γ eines vor dem Objektiv der Kamera angeordneten, das Gelände zyklisch abscannenden Prismas zu steuern.

FMC-Systeme für Panoramakameras sind beispielsweise im Manual of Photogrammetrie, 3. Auflage (1966), S. 145-156 sowie in der DE-OS 17 72 429 beschrieben. In solchen Kameras läuft der Film in der Bildebene jedoch nicht parallel zur Flugrichtung sondern quer zur Flugrichtung. Demzufolge muß zum Ausgleich der Bildwanderung das Objektiv selbst senkrecht zu seiner Achse bewegt werden, was eine präzise Führung dieses mit relativ großer Masse behafteten Kamerateils erforderlich macht. Panoramakameras sind außerdem nicht ohne weiteres mit konventionellen Aufnahmekameras zu vergleichen, da dort abbildungsseitig immer mit dem Bildwinkel $\alpha = 0$ gearbeitet wird, so daß der Term $\sin \beta' \cdot \tan\alpha$ in Gleichung (2) keine Rolle spielt.

Panoramakameras besitzen im übrigen generell den Nachteil, daß für eine stereoskopische Auswertung das Filmband zerschnitten werden muß, was bei Aufklärungskameras einen erheblichen Zeitverlust bedeutet. Außerdem wird die Auswertung durch den Umstand erschwert, daß wegen des dort verwendeten rotierenden Prismas keine geradentreue Abbildung des Objekts entsteht.

In Flugrichtung läuft der Film beispielsweise bei den unter dem Namen Streifenkamera (engl. continous strip camera, Sonne camera) bekannten Luftbildaufnahmesystemen ab. Dort wird die Filmtransportgeschwindigkeit auf einem V_F/h proportionalen Wert gehalten, während der Film in einem sich quer zur Flugrichtung erstreckenden, schmalen, streifenförmigen Bereich permanent belichtet wird. Solche, beispielsweise in den US-PS'en 24 13 349 und 31 63 098 beschriebenen Kamerasysteme sind jedoch nur für vertikale Beobachtungen geeignet. Das Problem einer schwenkwinkelabhängigen Anpassung der Filmgeschwindigkeit an die Bildwanderung tritt deswegen hier nicht auf.

Streifenkameras liefern im übrigen überhaupt kein stereoskopisch auswertbares Bild, da keine Überdeckung vorhanden ist. Durch Rollbewegungen des Flugzeugs entstehen außerdem sehr starke Bildverzerrungen quer zur Filmtransportrichtung.

In der GB-PS 885 690 ist ein Luftbildaufnahmesystem mit schwenkbaren bzw. gegen die Vertikale geschwenkten Kameras mit Zentralverschluß beschrieben. Der Bildwanderungsausgleich ist so gelöst, daß die gesamte Kamera während der Belichtung entsprechend einem Signal bewegt wird, das proportional zu $\cos \beta' \cdot V_F/h$ ist. Eine Feinkorrektur des FMC abhängig vom Bildwinkel α findet für diese Kameras allerdings nicht statt.

Des weiteren ist unter dem Namen KRb6/24 eine Kamera bekannt, die einen permanent senkrecht zu dem in Flugrichtung transportierten Film ablaufenden Schlitzverschluß besitzt. Zum Ausgleich der Bildwanderung wird in dieser Kamera die Filmtransportgeschwindigkeit abhängig vom Verhältnis von Fluggeschwindigkeit V zur Höhe h und der Brennweite f der Kamera gesteuert. Außerdem wird dem Filmantrieb über ein zwischen der Antriebswalze des Films und dem proportional zu V/h drehenden Antriebsmotor angeordnetes Differentialgetriebe eine bildwinkelabhängige Korrekturbewegung überlagert. Diese Korrekturbewegung ist mit Hilfe eines Hebelgetriebes an den voreingestellten Schwenkwinkel β in ihrer Amplitude einstellbar und wird von einem mit dem Verschlußantrieb gekoppelten Exzenter erzeugt, der eine dem Geschwindigkeitsprofil der Bildwanderung während der Belichtung angenäherte Bewegung ausführt.

Der Nachteil des letztgenannten Verfahrens zum Ausgleich der Bildwanderung ist einmal in dem erheblichen Aufwand der benötigten mechanischen Präzisionsteile wie Differentialgetriebe, Hebelgetriebe, Exzenter etc. zu sehen. Die beschriebene mechanische Feinkorrektur des Bildwanderungsausgleichs befriedigt außerdem nicht, da infolge von Getriebelosen und Torsionen der Übertragungswellen Fehler auftreten. Eine weitere Fehlerquelle ist in der mangelnden Geschwindigkeitskonstanz des umlaufenden Verschlusses zu sehen, die sich deshalb auf den Bildwanderungsausgleich auswirkt, weil die Korrekturbewegung von dem Exzenter von der Verschlußgeschwindigkeit abgeleitet wird.

Außerdem ist man durch den Exzenter auf ein einziges Geschwindigkeitsprofil festgelegt, das auf das verwendete Objektiv abgestimmt ist. Ein Wechsel der Objektivkonfiguration, z.B. einer Einzellinse gegen eine sogenannte Multilens-Anordnung bestehend aus mehreren, dem gleichen Verschluß zugeordneten Linsen unterschiedlicher Achsneigung, erfordert jedoch die Bereitstellung eines völlig anderen Geschwindigkeitsprofils. Das verwendete Hebelgetriebe erlaubt nur das Voreingeben eines konstanten Schwenkwinkels ß. Eine Berücksichtigung des dauernd variierenden Rollwinkels ω des Flugzeugs ist bei diesem bekannten mechanischen Korrekturgetriebe nicht ohne weiteres möglich.

Schließlich lassen sich mit einem permanent umlaufenden Verschluß keine stufenlos regelbare Bildfolgefrequenzen realisieren. Letzteres ist nur mit einem im Start-Stop-Betrieb arbeitenden Verschluß möglich.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein verbessertes Verfahren zum Ausgleich der Bildwanderung für eine Luftbildkamera anzugeben, in der ein Schlitzverschluß senkrecht zu dem parallel zur Flugrichtung transportierten Film abläuft. Das Verfahren sollte einen bildwinkelabhängigen Ausgleich in Verbindung mit einem im Start-Stop-Betrieb arbeitenden Schlitzverschluß ermöglichen.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß dem Kennzeichen des Anspruches 1 dadurch, daß die Position des Schlitzes während des Belichtungsvorganges permanent gemessen wird und der Antriebsmotor des Filmtransports von einem von der Position des Schlitzes abgeleiteten Regelsignal beauf-

schlagt wird.

Dabei ist es vorteilhaft, daß in der Zeit zwischen zwei Belichtungsvorgängen aus einer der verwendeten Objektivkonfiguration zugeordneten Funktion und den Werten für V/h, f und ß' ein Geschwindigkeitsprofil in Abhängigkeit von der Sollposition des Schlitzes errechnet wird, mit dem das während der anschließenden Belichtung gewonnene, der Schlitzposition proportionale Signal gefaltet wird.

Hauptbestandteil dieser Recheneinheit kann beispielsweise ein Mikroprozessor sein.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung sind der Verschlußantrieb und der Filmantrieb mechanisch voneinander entkoppelt. Die trägen Massen des Filmantriebs beeinflussen die Bewegung des Verschlußes daher nicht.

Schließlich kann die Genauigkeit des Bildwanderungsausgleichs durch permanente Berücksichtigung der Rollwinkellage des Flugzeugs verbessert werden.

Die Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist durch eine Recheneinheit gekennzeichnet, die mit Datenleitungen zur Eingabe der aktuellen Werte für V/h, ß' und f sowie dem Ausgang eines mit dem Schlitzverschluß gekoppelten Stellungsgebers verbunden ist, dessen Signal zur Feinkorrektur der Filmtransportbewegung abhängig von der momentanen Schlitzposition dient.

In der Recheneinheit sind vorzugsweise mehrere Grundfunktionen gespeichert, nach denen die Schlitzposition in die zugehörige Filmtransportgeschwindigkeit umgerechnet wird und die Recheneinheit ist mit einem Codegeber zur Eingabe der verwendeten Objektivkonfiguration der Kamera verbunden.

Durch diese Maßnahme wird eine Anpassung des für den Bildwanderungsausgleich nötigen Geschwindigkeitsprofils an die gerade verwendete Objektivkonfiguration erzielt, ohne daß Eingriffe in den Antriebsteil der Kamera erforderlich wären. Der Codegeber ist zweckmäßig an der Aufnahme

des Objektivs angebracht, wodurch eine selbsttätige Umschaltung beim Objektivwechsel ermöglicht wird.

Die Breite des Schlitzes des Kameraverschlußes ist zur Anpassung an die Lichtverhältnisse bei der Aufnahme in der Regel variabel. Damit der Bildwanderungsausgleich nicht durch Änderungen der Schlitzbreite verfälscht wird, ist es zweckmäßig, wenn die Breite des Schlitzes durch eine Belichtungsautomatik gesteuert wird, die mit der Recheneinheit gekoppelt ist und die Bildung des Regelsignals für den Filmtransport auf die Schlitzmittenposition bezogen erfolgt.

Somit ist es nicht erforderlich, den Stellungsgeber so anzubringen, daß er von vornherein ein der Schlitzmittenposition proportionales Signal abgibt. Der Stellungsgeber kann vielmehr direkt mit einem der beiden Vorhänge des Verschlußes gekoppelt sein und demzufolge ein der Position der Schlitzkante proportionales Signal abgeben, das in der Recheneinheit entsprechend dem von der Belichtungsautomatik übermittelten Signal korrigiert wird.

Es ist klar, daß der Filmantrieb neben der Ausgleichsbewegung zur Kompensation der Bildwanderung außerdem zwischen den Belichtungsvorgängen den Filmvorschub bewerkstelligt. Wenn hohe Bildfolgefrequenzen erzielt werden sollen, muß der Filmvorschub möglichst rasch erfolgen. Der Film ist daher einen permanenten Wechsel von Beschleunigungs- und Abbremskräften unterworfen, wobei der Bildwanderungsausgleich außerdem eine möglichst genaue Einhaltung der Filmgeschwindigkeit innerhalb des Zyklus erforderlich macht. Daher ist es zweckmäßig, wenn zwischen dem Antrieb des Filmtransports in der Bildebene und den motorgetriebenen Filmspulen ein in Transportrichtung verschiebbarer, aus zwei miteinander verbundenen Umlenkrollen bestehender Pufferspeicher angeordnet ist, damit die vom Filmantrieb zu bewegenden Trägheitsmomente möglichst gering gehalten werden können. Der Pufferspeicher kann beispielsweise den in der DE-PS 27 36 611 beschriebenen Aufbau besitzen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen zu finden und werden anhand der nachfolgenden Beschreibung der Figuren der beigefügten Zeichnungen erläutert:

Fig. 1 skizziert die Abbildungsverhältnisse bei einem Bildflug;

Fig. 2 u. Fig. 3 sind Prinzipskizzen zur Verdeutlichung der Bildwanderung bei einer Multilens-Anordnung als Kameraobjektiv;

Fig. 4 ist eine Prinzipskizze eines Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 5 ist ein detaillierteres Blockschaltbild des Reglers 18 aus Fig. 4;

Fig. 6 u. Fig. 7 sind Prinzipskizzen zur Verdeutlichung der Bildwanderung bei einer gekippten Kamera mit Einzelobjektiv;

Fig. 8 ist ein Diagramm, das die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B in Abhängigkeit von der Verschlußposition x für die Anordnungen nach Fig. 2/3 und Fig. 6/7 zeigt.

Die Fig. 1 wurde bereits einleitend zur Verdeutlichung der die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B beeinflußenden Parameter diskutiert. Es soll daher gleich mit der Beschreibung der Fig. 4 begonnen werden, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist.

In Fig. 4 ist mit 5 das Aufnahmeobjektiv einer Luftbildkamera bezeichnet, die so in ein Flugzeug eingebaut ist, daß die Transportrichtung des hinter dem Objektiv 5 angeordneten Films 6 mit der durch den Pfeil V_F angedeuteten Flugrichtung übereinstimmt. Der Antrieb des Films 6 in der Bildebene erfolgt durch eine Transportrolle 7, die von einem Motor 8 bewegt wird.

Zwischen dem Objektiv 5 und dem Film 6 ist ein Schlitzverschluß angeordnet. Dieser Verschluß ist vereinfacht als ein über Rollen 9 und 10 gelegtes Band 11 dargestellt, in dem ein Schlitz s konstanter Breite ausgeschnitten ist. Tatsächlich besteht der Verschluß aus zwei Vorhängen, wobei dann die Schlitzbreite regelbar ist. Auf den detaillierten Aufbau derartiger Verschlüsse braucht an dieser Stelle nicht näher eingegangen zu werden.

Gesteuert wird die Schlitzbreite Δ S und damit die Belichtungszeit ebenso wie die Öffnung einer vor dem Objektiv 5 angeordneten Blende 14 von einer Belichtungsautomatik 15 entsprechend dem Signal eines lichtempfindlichen Sensors 16. Der Schlitzverschluß 11 wird von einer Steuereinheit 12 betätigt, die entsprechend der vorgewählten Überdeckung unter Berücksichtigung der Fluggeschwindigkeit V_F und der Flughöhe h die Bildfolgefrequenz steuert und die Antriebsrolle 9 über eine Kupplung 13 zyklisch mit einem mit konstanter Geschwindigkeit drehenden Motor 42 verbindet und nach erfolgter Belichtung wieder trennt und abbremst. Die Steuereinheit 12 enthält außerdem einen Rechner, der aus dem bereits für die Überdeckungsregelung verwendeten Signal für das Verhältnis V_F/h einem dem Rollwinkel φ des Flugzeugs proportionalen Signal und der voreingestellten Neigung ß der Kamera gemäß Gleichung (2) die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B berechnet. In diese Berechnung geht außerdem der momentane Bildwinkel α im Moment der Belichtung ein. Dazu ist die Rolle 10 mit einem Stellungsgeber 17 gekoppelt, der ein Signal liefert, welches proportional der Stellung x des Schlitzes S ist. Zwischen dem Bildwinkel und der Schlitzposition x besteht die Beziehung $\tan\alpha = \frac{x}{f}$.

Zur Regelung der Filmtransportgeschwindigkeit auf den von der Recheneinheit 12 ermittelten Sollwert gemäß Gleichung (2) ist ein Hybrid-Regler 18 vorgesehen, der den auf der Leitung 22 liegenden Sollwert mit dem Ausgangssignal eines mit der Filmtransportrolle 7 gekoppelten Tachogenerators 19 vergleicht und das aus dem Soll-Istwertvergleich gewonnene Regelsignal dem Motor 8 des Filmantriebs zuführt.

Der Hybrid-Regler 18 regelt außerdem den Filmvorschub zwischen den Belichtungsvorgängen. Hierzu ist ein Stellungsgeber 20 auf der Achse der Filmtransportrolle 7 angebracht. Das Signal dieses Stellungsgebers 20 vergleicht der Hybrid-Regler 18 mit einem auf der Leitung 23 liegenden Sollwert, welcher dem Bildformat des benutzten Objektivs proportional ist. Das auf der Leitung 23 liegende Signal wird von einem Codegeber 41 an der Aufnahme des Objektivs 5 generiert und über den Rechner 12 dem Hybridregler 18 zugeführt.

In Fig. 5 ist der Hybrid-Regler 18 detailliert dargestellt. Er enthält

einen Richtungsdiskriminator 24, in dem die Drehrichtung des Stellungsgebers 20 erkannt wird, und darauffolgend einen Zähler 25 zur Addition/Substration der Impulse des inkrementalen Stellungsgebers 20. An den Zähler 25 ist ein Digital/Analog-Wandler angeschlossen. Er liefert ein der Stellung der Transportrolle 7 proportionales, analoges Ausgangssignal, welches im Regelverstärker 26 verstärkt und über einen Umschalter 27 dem Leistungsverstärker 28 des Motors 8 zugeführt wird. Wenn die dem Bildformat entsprechende Bildseitenlänge, welche digital über einen Zählersetzeingang 23 geladen wurde, vom Stellungsgeber 20 als weitertransportiert gemeldet worden ist, kommt der Motor 8 zum Stillstand.

Über den Schalter 27 kann ein zweiter Operationsverstärker 29 mit dem Leistungverstärker 28 verbunden werden. Dieser Operationsverstärker 29 führt den Soll-Istwertvergleich zwischen dem Signal auf Leitung 22 und dem Tachogenerator 19 durch. Die Umschaltung erfolgt durch den Rechner 12 gesteuert über ein mit der Bildfolgefrequenz synchronisiertes Signal auf der Leitung 21.

Ist die Achse der Kamera aus Fig. 4 um den Winkel ß' gegen die Vertikale geneigt, wie dies in Fig. 6 skizziert ist, beispielsweise aufgrund einer Rollbewegung des die Kamera tragenden Flugzeugs, dann ist die Bildwanderungsgeschwindigkeit in der Ebene des Films 6 gemäß Gleichung (2) gegeben zu

$$V_B = \frac{V_F \cdot f}{h} \cos\beta' - \frac{V_F}{h} \sin\beta' \cdot x \qquad (3)$$

wenn man von der Beziehung $x = f \cdot \tan\alpha$ Gebrauch macht. Dabei steht x für die Schlitzposition. Unter der Voraussetzung, daß sich V_F, h und ß' während der Belichtung nicht ändern, ist V_B nur vom Bildwinkel α abhängig und besitzt den durch den Graphen A in Fig. 8 skizzierten Verlauf.

Beim Bildwanderungsausgleich wird der Film 6 vom Motor 8 also mit einer Geschwindigkeit $V_T(x) = V_B$ abhängig von der durch den Encoder 17 gemessenen Schlitzposition gemäß Gleichung (3) bewegt. Die normalerweise rechteckige Bildmaske wird zwar mit ihren quer zur Flugrichtung verlaufenden Begrenzungslinien parabelförmig auf dem Film 6 abgebildet und besitzt daher die in Fig. 6 übertrieben dargestellte, verzerrte Form,

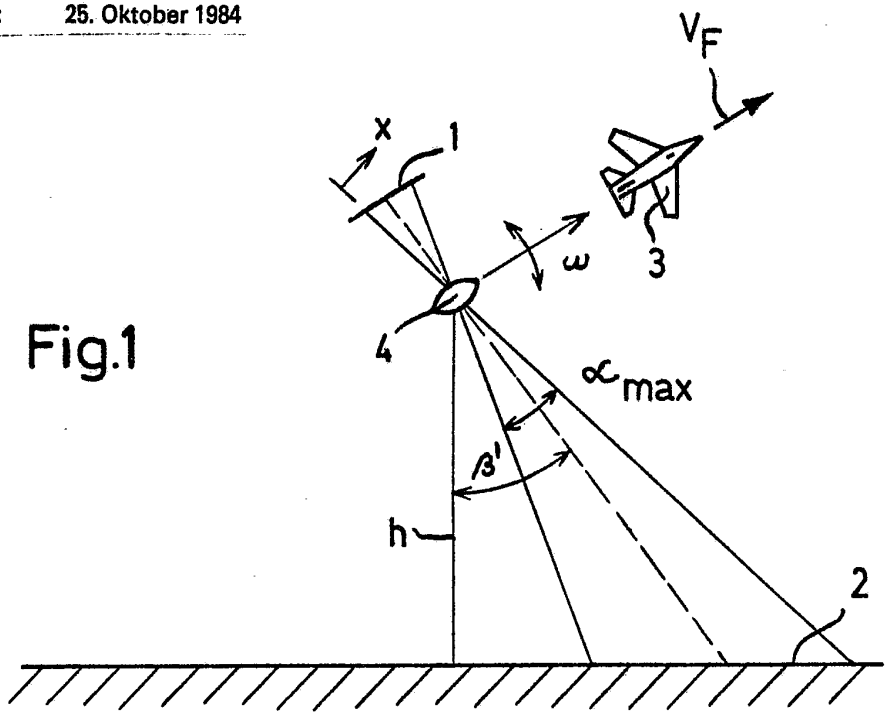
der Bildinhalt selbst ist jedoch frei von Bewegungsunschärfen und Verzerrungen, da ja wegen des bildwinkelabhängigen Bildwanderungsausgleichs keine Relativbewegung zwischen Bild und Film entsteht.

Das Einzelobjektiv 5 kann gegen das in Fig. 2 skizzierte Mehrlinsenobjektiv 35 ausgewechselt werden. Das Objektiv 35 enthält in einer Linie senkrecht zur Flugrichtung nebeneinander angeordnet drei Einzelobjektive 32,33,34, wobei die optischen Achsen der beiden äußeren Objektive 32 und 34 durch davorgesetzte Prismen 39 und 40 gegen die Vertikale geneigt sind. Durch einen Vergleich mit Gleichung (3) wird klar, daß in den den Einzelobjektiven 32,33 und 34 zugeordneten, in Fig. 3 dargestellten Bildfeldern 36,37 und 38 unterschiedliche Bildwanderungsgeschwindigkeiten vorliegen, denn die beiden äußeren Objektive 32 und 34 besitzen entgegengesetzte Neigungswinkel ß, zu denen sich außerdem Rollbewegungen unterschiedlich addieren. Die Blickrichtung des mittleren Objektiv 33 dagegen ist parallel zur Vertikalen, so daß im dazugehörigen Bildfeld 37 die Bildwanderungsgeschwindigkeit für den Fall $\dot{\varphi} = 0$ konstant ist.

Das der Objektivanordnung 35 zugehörige Geschwindigkeitsprofil der Bildwanderung entspricht dem Graphen B in Fig. 8. Dieser Graph B wird durch die Lage der Bildgrenzen x_1, x_2, x_3 und x_4, die Höhe des Abschnitts zwischen x_2 und x_3 und die Steigung der Abschnitte zwischen den Punkten x_1 und x_2 bzw. x_3 und x_4 beschrieben. Während x_1-x_4 objektiveigene Konstanten sind, hängen die Steigung und die Amplitude des Profils B gemäß Gleichung (3) von V_F, h, $\dot{\varphi}$ und ß ab. Im Rechner 12 der Einrichtung nach Fig. 4 sind die den Graphen A und B entsprechenden Grundfunktionen abgespeichert und werden bei einem Objektivwechsel durch das Signal des Codeleser 41 aufgerufen. Anschließend wird das Geschwindigkeitsprofil für den Bildwanderungsausgleich durch Einsetzen der beim Bildflug permanent gemessenen Werte für V/h und $\dot{\varphi}$ für jeden Belichtungsvorgang in der Zeit zwischen zwei Belichtungsvorgängen neu berechnet. Nach diesem Geschwindigkeitsprofil wird der Filmantrieb 7,8 dann abhängig von der momentanen Istposition des Schlitzes S während der Belichtung mit der Geschwindigkeit $V_T = V_B$ gesteuert.

Nummer: 33 14 227
Int. Cl.³: G 03 B 37/00
Anmeldetag: 20. April 1983
Offenlegungstag: 25. Oktober 1984

Fig.1



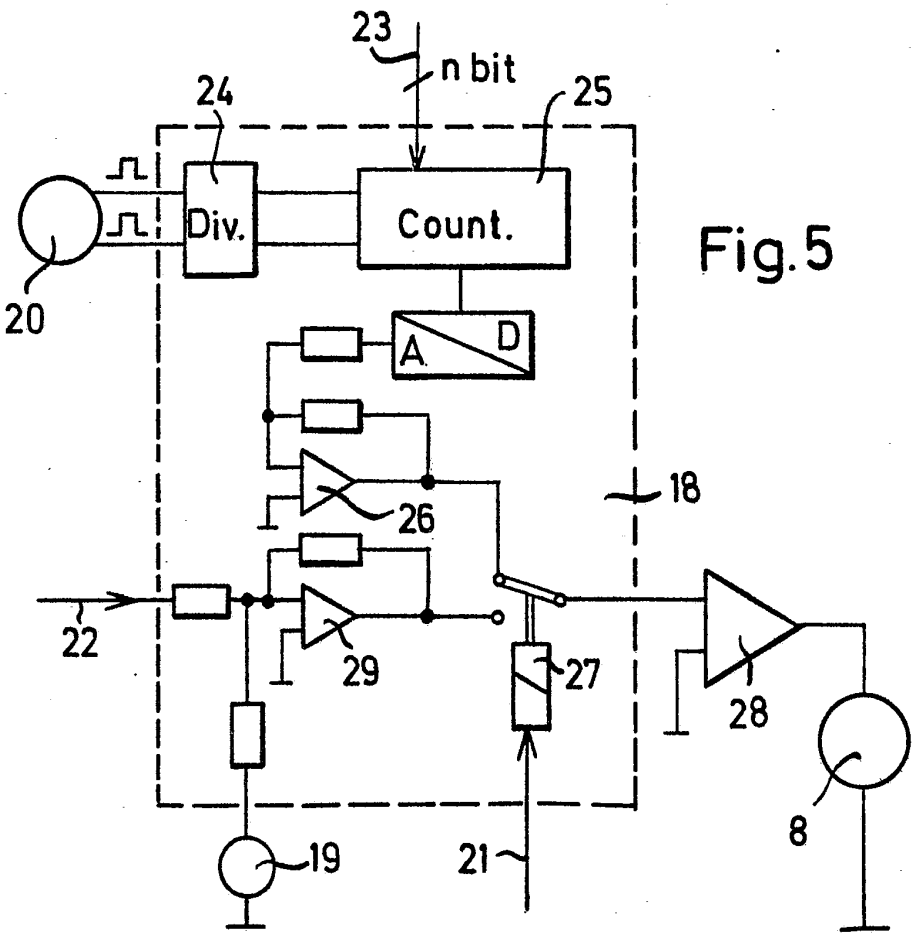


Fig.5

Fig. 3

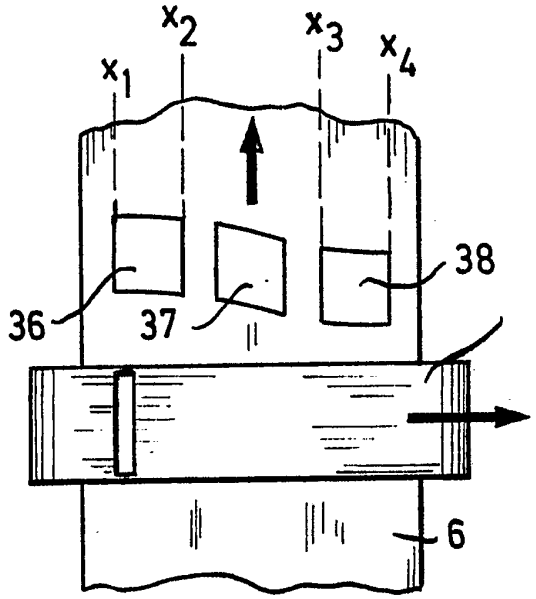
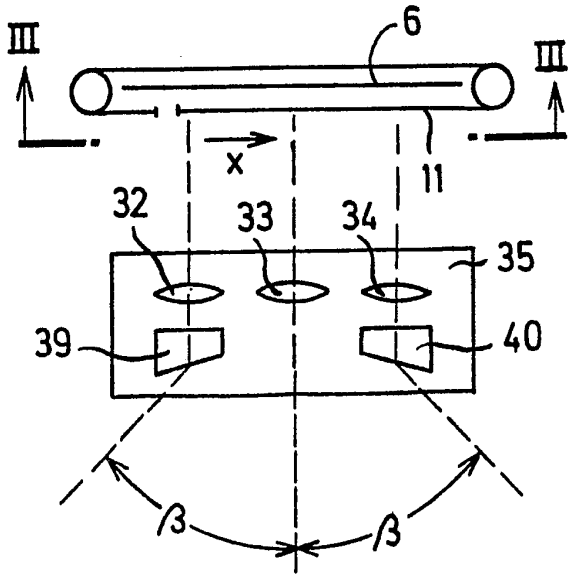


Fig. 2



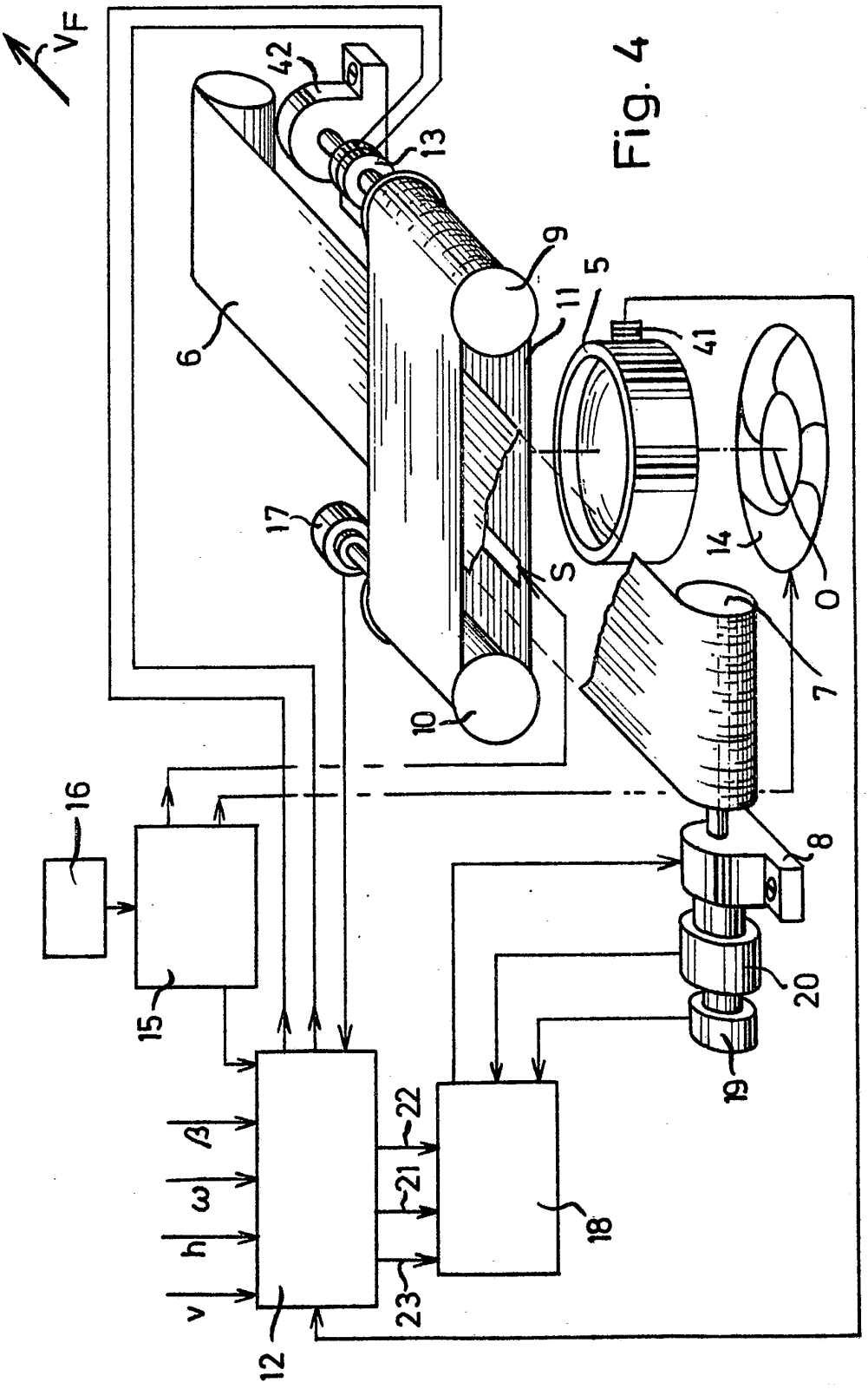


Fig. 4

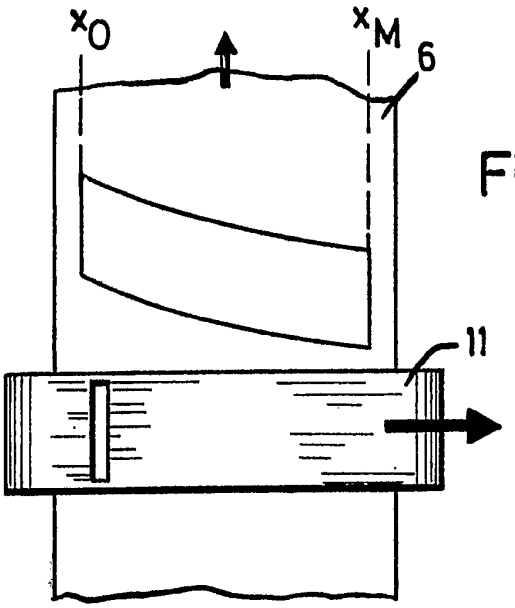


Fig.6

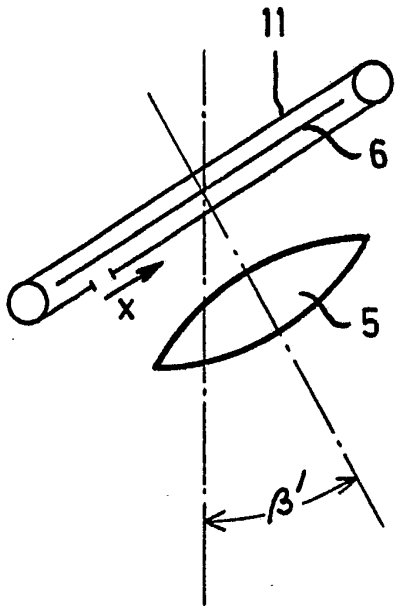
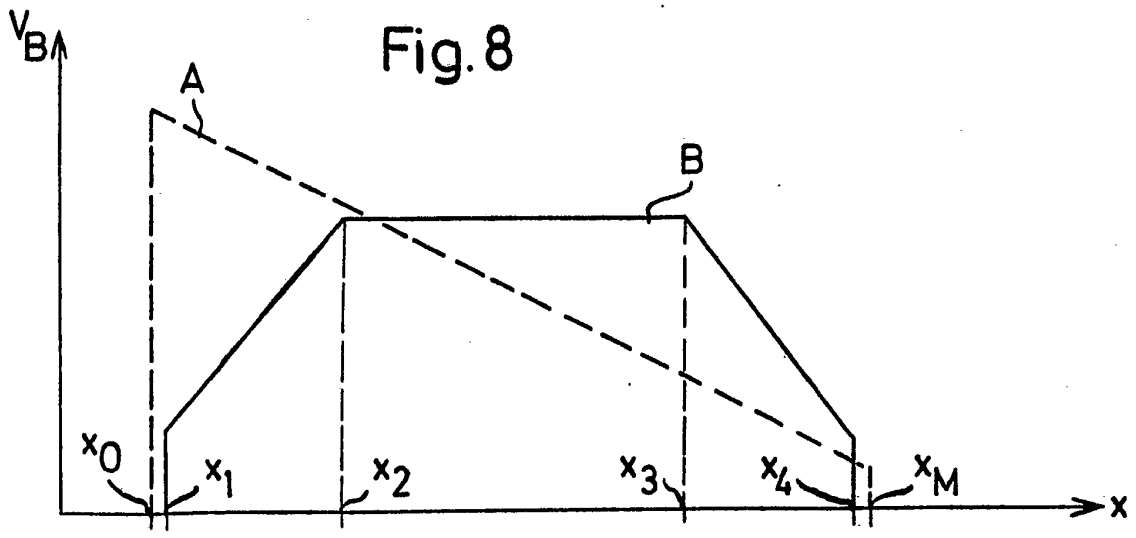


Fig.7

Fig.8



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3427066 A1**

(51) Int. Cl. 3: G 03 B 37/00

(21) Aktenzeichen: P 34 27 066.3
(22) Anmeldetag: 23. 7. 84
(43) Offenlegungstag: 21. 2. 85

DE 3427066 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

04.08.83 DD WPG01C/253719
01.12.83 DD WPG01C/257348

(71) Anmelder:

Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:

Görsch, Rainer, DDR 1187 Berlin, DD; Gräfe, Wolf-Rainer, Dr.-Ing., DDR 1162 Berlin, DD; Grundmann, Hans-Jörg, Dipl.-Phys., DDR 2080 Neustrelitz, DD; Poerschke, Peter, DDR 1199 Berlin, DD; Steffen, Werner, DDR 1116 Berlin, DD; Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys.; Mark, Rolf Peter, Dr.-Ing., DDR 6900 Jena, DD; Beck, Bernard, Dipl.-Phys., DDR 6902 Jena, DD

Bur. Ind. Eingang
11 APR. 1985

(54) Anordnung und Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras

Verfahren und Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras. Ein genaues und zuverlässiges Steuergerät mit geringem elektronischem und optischem Aufwand, das den Operateur entlastet, wird durch zwei zueinander parallele, senkrecht zur Flugrichtung angeordnete Photoempfängerzeilen realisiert, wobei mindestens die erste Zeile mit einem Datenspeicher, dieser sowie die zweite Zeile mit einem Korrelator verbunden sind, der über Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift mit Stelleinrichtungen der Luftbildkamera verbunden ist. Es kann eine dritte Photoempfängerzeile vorgesehen sein, der ein Datenspeicher nachgeschaltet ist. Anwendbar in der Photogrammetrie.

DE 3427066 A1

EPO COPY

Patentansprüche

1. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, dadurch gekennzeichnet, daß auf einer Projektionsfläche eine erste und eine zweite Photoempfängerzeile im wesentlichen zueinander parallel und senkrecht zur Flugrichtung angeordnet sind, wobei mindestens die erste Zeile mit einem Datenspeicher verbunden ist, besagter Datenspeicher sowie die zweite Zeile mit einem Korrelator verbunden sind, der über Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift mit Stelleinrichtungen der Luftbildkamera verbunden ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Projektionsfläche, im wesentlichen parallel zur Flugrichtung, eine dritte Photoempfängerzeile vorgesehen ist, der ein Datenspeicher nachgeschaltet ist,
den beiden parallelen Photoempfängerzeilen ein erster, der dritten Zeile ein zweiter Korrelator zur Bestimmung des Vg/hg-Verhältnisses zugeordnet ist,
die beiden Korrelatoren mit den Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift verbunden sind, und die Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift im wesentlichen auf einen Systembus zugreifen.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
   - der Ausgang der ersten Photoempfängerzeile (1) mit dem ersten Eingang eines Umschalters (4), der Ausgang der zweiten Photoempfängerzeile (2) mit dem zweiten Eingang des Umschalters (4) verbunden ist.
   - der erste Ausgang einer Taktlogikstufe (21) sowohl mit dem Steuereingang des Umschalters (4) als auch mit dem Steuereingang eines zweiten Umschalters (19) sowie mit dem Steuereingang eines dritten Umschalters (20) zusammengeschaltet ist, während der zweite Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem Steuereingang eines A/D-Wandlers (5) und dessen Ausgang mit dem Informationseingang des zweiten Umschalters (19) verbunden ist,

EPO COPY

- der Ausgang des ersten Speichers (6) mit dem ersten Eingang und der Ausgang des zweiten Speichers (9) mit dem zweiten Eingang eines Korrelators (10) zusammengeschaltet ist, während der Ausgang des Korrelators (10) mit dem Informationseingang eines dritten Umschalters (20), der erste Ausgang des dritten Umschalters (20) über einen Vergleichswertspeicher (11) mit einem Eingang eines dritten Speichers (12), der zweite Ausgang über einen Interpolator (13) mit dem zweiten Eingang des dritten Speichers (12) verbunden ist,

- der dritte Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem Eingang eines Zählers (22), dessen erster Ausgang mit dem dritten Eingang des dritten Speichers (12) verknüpft und der Ausgang des dritten Speichers (12) sowohl mit dem Eingang eines Vergleichers (14) als auch mit einem zweiten Interpolator (16) verbunden ist, während der Ausgang des Vergleichers (14) mit dem ersten Eingang der Taktlogikstufe (21) und jeweils ein Ausgang des zweiten Interpolators (16) mit den Eingängen der nachgeschalteten Umrechner-Filterbaugruppen (17, 18) zusammengeschaltet ist,

- der Ausgang des ersten Speichers (6) über einen Mittelwertbildner (7) mit dem Eingang eines Timers (3), der vierte Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem zweiten Eingang des Timers (3) und der Ausgang des Timers (3) sowohl mit einer Anpaßanordnung (8) als auch mit den beiden Eingängen der Photoempfängerzeilen (1, 2) verbunden ist,

- der Ausgang einer Eingabestufe (15) mit einem Eingang eines zweiten Vergleichers (24), der zweite Ausgang des Zählers (22) mit dem zweiten Eingang des zweiten Vergleichers (24) und dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang der Taktlogikstufe (21) zusammengeschaltet ist,

- am Ausgang der Umrechner-Filterbaugruppe (17) das Steuersignal v_g/h_g (25), am Ausgang der Umrechner-Filterbaugruppe (18) das Steuersignal für die Abdrift (26) und am Ausgang der Anpaßanordnung (8) das Steuersignal für die Belichtungszeit (29) anliegt.

EPO COPY

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
   - der Ausgang einer Photoempfängerzeile (1) mit dem ersten Eingang eines Umschalters (4), der Ausgang einer zweiten Photoempfängerzeile (2) mit dem zweiten Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,
   - der Ausgang des Umschalters (4) mit dem ersten Eingang des A/D-Wandlers (5) verbunden ist,
   - der erste Ausgang der Taktaufbereitungslogik (27) mit den Eingängen der Fotoempfängerzeilen (1) und (2) sowie der zweite Ausgang der Taktaufbereitungslogik (27) mit dem zweiten Eingang des A/D-Wandlers (5) verbunden ist,
   - der erste Ausgang eines Mikrorechners (28) mit dem Eingang der Taktaufbereitungslogik (27), der zweite Ausgang mit dem Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,
   - der Ausgang einer Eingabestufe (15) mit dem ersten Eingang des Mikrorechners (28) sowie der Ausgang des A/D-Wandlers (5) mit dem zweiten Eingang des Mikrorechners (28) verbunden ist,
   - am dritten Ausgang des Mikrorechners (28) das Steuersignal v_g/h_g (25), am vierten Ausgang das Steuersignal für die Abdrift (26) sowie am fünften Ausgang das Steuersignal für die Belichtungszeit (29) anliegt.

5. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Berechnung der Abdrift mit einer Einrichtung zur Abdriftkompensation der Luftbildkamera verbunden ist.

6. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses mit der Verschlußauslösung der Luftbildkamera verbunden ist.

7. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenspeicher mit einer Einrichtung zur Berechnung und Einstellung der optimalen Filmgradation verbunden ist.

8. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenspeicher mit einer Einrichtung zur Berechnung und Einstellung der Belichtungszeit verbunden ist.

EPO COPY

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Inhalte der in einem festen Zeitraster abgefragten zweiten Photoempfängerzeile, dem überflogenen Gelände entsprechend, mit dem in einem Speicher befindlichen Inhalt der zuerst abgefragten ersten Photoempfängerzeile nach jeder Abfrage verglichen und korreliert werden und durch Bestimmung der Zeit, in der eine maximale Korrelation zwischen den Inhalten der zuerst abgefragten ersten Photoempfängerzeile und der zeitlich später abgefragten zweiten Photoempfängerzeile erreicht wurde, ein Maß für das Vg/hg-Verhältnis und durch die zur maximalen Korrelation gehöriger Zeilenverschiebung die Abdrift gegeben wird und weiterhin der Mittelwert des Zeileninhalts der ersten Photoempfängerzeile als Steuergröße gebildet wird.

10. Verfahren zur Steuerung einer Luftbildkamera mit einer Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in einem ersten Zyklus die Daten (Meßwerte) der parallel zur Flugrichtung liegenden dritten Photoempfängerzeile abgespeichert werden,
die Daten (Meßwerte) derjenigen der beiden parallelen Photoempfängerzeilen, welche in Bewegungsrichtung des Geländeabbildes vorn liegt, abgespeichert werden,
in einem zweiten Zyklus aus den Daten der dritten Photoempfängerzeile , mittels Korrelation die Verschiebung des Bildes in Flugrichtung bestimmt, aus der Verschiebung das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Einrichtung zur Regelung der Überdeckung abgegeben wird,
die Bildverschiebung mit dem Abstand der beiden Photoempfängerzeilen verglichen und bei Erreichen des Abstandes ein Signal an den ersten Korrelator gegeben wird,
der erste Korrelator bei Empfang dieses Signals die abgespeicherten Daten von der ersten Photoempfängerzeile mit den aktuellen Daten der zweiten Zeile vergleicht, aus der Verschiebung die Abdrift bestimmt und diese an die Einrichtung zur Abdriftkompensation abgegeben wird.

EPO COPY

11. Verfahren zur Steuerung einer Luftbildkamera nach Anspruch 10, gekennzeichnet dadurch, daß die bestimmten Verschiebungswerte aufaddiert werden, daß nach jedem zweiten Zyklus die abgespeicherten Daten von der Photoempfängerzeile durch die aktuellen Daten überschrieben werden, und daß aus der so bestimmten differentiellen Verschiebung das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Einrichtung zur Regelung der Überdeckung abgegeben wird.

12. Verfahren zur Steuerung einer Luftbildkamera nach Anspruch 10, gekennzeichnet dadurch, daß die Daten der parallel zur Flugrichtung liegenden Photoempfängerzeile rechnerisch um den Abstand der beiden parallelen Photoempfängerzeilen verschoben und abgespeichert werden, und daß der Vergleich der Bildverschiebung mit dem Abstand der beiden parallelen Photoempfängerzeilen mittels Korrelation der aktuellen Daten der dritten Zeile mit den so abgespeicherten Daten realisiert wird.

EPO COPY

3427066

Anordnung und Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras

Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Ermittlung des Verhältnisses Geschwindigkeit zur Höhe $\frac{vg}{hg}$, der Abdrift sowie von Belichtungswerten, der Umsetzung dieser Werte in Einstelldaten für Bildfolge, Belichtungszeit, Blende und Abdriftkompensation und die Übertragung der Einstelldaten an die entsprechenden Stelleinrichtungen der Luftbildkamera.

Es ist bereits ein automatisches Steuergerät für Luftbildkameras bekannt (DD-WP 113 809), welches in der Projektionsfläche eines Objektivs zwei voneinander getrennte digitale Photoempfängermatritzen mit je 4 Zeilen enthält, denen eine Informationsverarbeitungsstufe nachgeschaltet ist, welche das Bildfolgeintervall, die Abdrift und eine optimierte Belichtungszeit berechnet und mit diesen Werten die Luftbildkamera steuert. Bildfolgeintervall und Abdrift werden dabei durch Korrelation der abgetasteten Werte in einer Zeile der beiden Photoempfängermatritzen bestimmt. Dazu werden die Abtastwerte einer Zeile zwischengespeichert und in einem Korrelator ständig mit den aktuellen Abtastwerten der anderen Zeile verglichen. Ein nachgeschalteter Analysator ermittelt das Maximum des Korrelationsfaktors und dazu die entsprechende Verschiebung des Bildes in Zeilenrichtung (entspricht Abdrift) und in Flugrichtung (entspricht Vg/hg). Außerdem werden aus den Abtastwerten Informationen über die Bildhelligkeit gewonnen, mit deren Hilfe die vorgegebene Belichtungszeit modifiziert wird.
Diese Anordnung weist eine Anzahl von Nachteilen auf. Zum einen ist, hauptsächlich durch den hohen Preis von Photoempfängermatritzen bedingt, der Aufwand sehr hoch. Des weiteren funktioniert die Bestimmung des Vg/hg-Verhältnisses nur bei sehr geringen Werten der Abdrift mit ausreichender Genauigkeit, da bei Abdrift des Flugzeuges auf der zweiten Photoempfängermatritze das Bild des Geländes gegenüber der ersten Matritze verdreht erscheint, so daß sich der

BAD ORIGINAL

Korrelationsfaktor verringert. Dadurch kann sich bei ungünstigem Gelände kein auswertbares Maximum des Korrelationsfaktors mehr ergeben, oder die Lage des Korrelationsmaximums wird verfälscht. Der mögliche Ausweg, den Abstand der Photoempfängermatritzen zu verringern, bedingt aber eine Vergrößerung des Fehlers der Abdriftbestimmung, da die Elemente der Matritzen eine bestimmte, nicht zu vernachlässigende Größe haben.
Weiterhin ist eine Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeit und/oder der Bewegungsrichtung einer Bildstruktur bekannt (DE-AS 26 36 769), die ein Zylinderlinsensystem und eine bis drei Differenzdioden verwendet. Bei dieser Lösung wird das Gelände nur entlang einer in Flugrichtung liegenden Linie abgetastet, so daß beim zufälligen Zusammenfallen eines gleichförmigen, langgestreckten Geländeabschnittes mit dieser Linie die Vg/hg-Bestimmung versagt.

Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Steuergeräten für Luftbildkameras, wobei gleichzeitig der dafür notwendige elektronische und optische Aufwand verringert und der Operateur entlastet werden soll.

Aufgabe der Erfindung ist eine Anordnung und ein ihr zugeordnetes Verfahren zur optimalen und automatischen Steuerung von Luftbildkameras bezüglich des Vg/hg-Verhältnisses, der Abdrift sowie der Belichtungszeit.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mittels einer Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras dadurch gelöst, daß auf einer Projektionsfläche eine erste und eine zweite Photoempfängerzeile im wesentlichen zueinander parallel und senkrecht zur Flugrichtung angeordnet sind, wobei mindestens die erste Zeile mit einem Datenspeicher verbunden ist, besagter Datenspeicher sowie die zweite Zeile mit einem Korrelator verbunden sind, der über Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift mit Stelleinrichtungen der Luftbildkamera verbunden ist. Dabei ist es vorteilhaft, daß

- der Ausgang der ersten Photoempfängerzeile (1) mit dem ersten Eingang eines Umschalters (4), der Ausgang der zweiten Photo-

EPO COPY

empfängerzeile (2) mit dem zweiten Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,

- der erste Ausgang einer Taktlogikstufe (21) sowohl mit dem Steuereingang des Umschalters (4) als auch mit dem Steuereingang eines zweiten Umschalters (19) sowie mit dem Steuereingang eines dritten Umschalters (20) zusammengeschaltet ist, während der zweite Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem Steuereingang eines A/D-Wandlers (5) und dessen Ausgang mit dem Informationseingang des zweiten Umschalters (19) verbunden ist,
- der Ausgang des Umschalters (4) über den A/D-Wandler (5) mit dem Informationseingang des zweiten Umschalters (19), dessen erster Ausgang mit dem Eingang eines ersten Speichers (6), sein zweiter Ausgang mit dem Eingang eines zweiten Speichers (9) verbunden ist,
- der Ausgang des ersten Speichers (6) mit dem ersten Eingang und der Ausgang des zweiten Speichers (9) mit des zweiten Eingang eines Korrelators (10) zusammengeschaltet ist, während der Ausgang des Korrelators (10)mit dem Informationseingang eines dritten Umschalters (20), der erste Ausgang des dritten Umschalters (20) über einen Vergleichswertspeicher (11) mit einem Eingang eines dritten Speichers (12), der zweite Ausgang über einen Interpolator (13) mit dem zweiten Eingang des dritten Speichers (12) verbunden ist,
- der dritte Ausgang der Taktlogikstufe (21) mit dem Eingang eines Zählers (22), dessen erster Ausgang mit dem dritten Eingang des dritten Speichers (12) verknüpft und der Ausgang des dritten Speichers (12) sowohl mit dem Eingang eines Vergleichers (14) als auch mit einem zweiten Interpolator (16) verbunden ist, während der Ausgang des Vergleichers (14) mit dem ersten Eingang der Taktlogikstufe (21) und jeweils ein Ausgang des zweiten Interpolators (16) mit den Eingängen der nachgeschalteten Umrechner-Filterbaugruppen (17, 18) zusammengeschaltet ist,
- der Ausgang des ersten Speichers (6) über einen Mittelwertbildner (7) mit dem Eingang eines Timers (3), der vierte Ausgang der Takt-

EPO COPY

logikstufe (21) mit dem zweiten Eingang des Timers (3) und der Ausgang des Timers (3) sowohl mit einer Anpaßanordnung (8) als auch mit den beiden Eingängen der Photoempfängerzeilen (1, 2) verbunden ist,

- der Ausgang einer Eingabestufe (15) mit einem Eingang eines zweiten Vergleichers (24), der zweite Ausgang des Zählers (22) mit dem zweiten Eingang des zweiten Vergleichers (24) und dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang der Taktlogikstufe (21) zusammengeschaltet ist,
- am Ausgang der Umrechner-Filterbaugruppe (17) das Steuersignal v_g/h_g (25), am Ausgang der Umrechner-Filterbaugruppe (18) das Steuersignal für die Abdrift (26) und am Ausgang der Anpaßanordnung (8) das Steuersignal für die Belichtungszeit (29) anliegt,

wobei es günstig ist, daß

- der Ausgang einer Photoempfängerzeile (1) mit dem ersten Eingang eines Umschalters (4), der Ausgang einer zweiten Photoempfängerzeile (2) mit dem zweiten Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,
- der Ausgang des Umschalters (4) mit dem ersten Eingang des A/D-Wandlers (5) verbunden ist,
- der erste Ausgang der Taktaufbereitungslogik (27) mit den Eingängen der Photoempfängerzeilen (1) und (2) sowie der zweite Ausgang der Taktaufbereitungslogik (27) mit dem zweiten Eingang des A/D-Wandlers (5) verbunden ist,
- der erste Ausgang eines Mikrorechners (28) mit dem Eingang der Taktaufbereitungslogik (27), der zweite Ausgang mit dem Eingang des Umschalters (4) verbunden ist,
- der Ausgang einer Eingabestufe (15) mit dem ersten Eingang des Mikrorechners (28) sowie der Ausgang des A/D-Wandlers (5) mit dem zweiten Eingang des Mikrorechners (28) verbunden ist,
- am dritten Ausgang des Mikrorechners (28) das Steuersignal v_g/h_g (25), am vierten Ausgang das Steuersignal für die Abdrift (26) sowie am fünften Ausgang das Steuersignal für die Belichtungszeit (29) anliegt.

EPO COPY

Weiterhin ist es vorteilhaft, daß auf der Projektionsfläche, im wesentlichen parallel zur Flugrichtung, eine dritte Photoempfängerzeile vorgesehen ist, der im Datenspeicher nachgeschaltet ist, den beiden parallelen Photoempfängerzeilen ein erster, der dritten Zeile ein zweiter Korrelator zur Bestimmung des Vg/hg-Verhältnisses zugeordnet ist, die beiden Korrelatoren mit den Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift verbunden sind und die Einrichtungen zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses und/oder der Abdrift im wesentlichen auf einen Systembus zugreifen, wobei günstige Variante darin besteht, daß die Einrichtung zur Berechnung der Abdrift mit einer Einrichtung zur Abdrifftkompensation der Luftbildkamera verbunden ist, daß die Einrichtung zur Berechnung des Vg/hg-Verhältnisses mit der Verschlußauslösung der Luftbildkamera verbunden ist, daß der Datenspeicher mit einer Einrichtung zur Berechnung und Einstellung der optimalen Filmgradation verbunden ist und der Datenspeicher mit einer Einrichtung zur Berechnung und Einstellung der Belichtungszeit verbunden ist. Das erfindungsgemäße Verfahren besteht darin, daß die Inhalte der in einem festen Zeitraster abgefragten zweiten Photoempfängerzeile, dem überflogenen Gelände entsprechend, mit dem in einem Speicher befindlichen Inhalt der zuerst abgefragten ersten Photoempfängerzeile nach jeder Abfrage verglichen und korreliert werden und durch Bestimmung der Zeit, in der eine maximale Korrelation zwischen den Inhalten der zuerst abgefragten ersten Photoempfängerzeile und der zeitlich später abgefragten zweiten Photoempfängerzeile erreicht wurde, ein Maß für das Vg/hg-Verhältnis und durch die zur maximalen Korrelation gehöriger Zeilenverschiebung die Abdrift gegeben wird und weiterhin der Mittelwert des Zeileninhaltes der ersten Photoempfängerzeile als Steuergröße gebildet wird bzw. bei einer Anordnung von drei Photoempfängerzeilen, daß in einem ersten Zyklus die Daten (Meßwerte) der parallel zur Flugrichtung liegenden dritten Photoempfängerzeile abgespeichert werden, die Daten (Meßwerte) derjenigen der beiden parallelen Photoempfängerzeilen, welche in Bewegungsrichtung des Geländeabbildes vorn liegt, abgespeichert werden,
in einem zweiten Zyklus aus den Daten der dritten Photoempfängerzeile, mittels Korrelation die Verschiebung des Bildes in Flug-

EPO COPY

richtung bestimmt, aus der Verschiebung das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Einrichtung zur Regelung der Überdeckung abgegeben wird, die Bildverschiebung mit dem Abstand der beiden Photoempfängerzeilen verglichen und bei Erreichen des Abstandes ein Signal an den ersten Korrelator gegeben wird, der erste Korrelator bei Empfang dieses Signals die abgespeicherten Daten von der ersten Photoempfängerzeile mit den aktuellen Daten der zweiten Zeile vergleicht, aus der Verschiebung die Abdrift bestimmt und diese an die Einrichtung zur Abdriftkompensation abgegeben wird.
Varianten dieses Verfahrens bestehen darin, daß die bestimmten Verschiebungswerte aufaddiert werden, daß nach jedem Zeilenzyklus die abgespeicherten Daten von der Photoempfängerzeile durch die aktuellen Daten überschrieben werden, und daß aus der so bestimmten differentiellen Verschiebung das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Einrichtung zur Regelung der Überdeckung abgegeben wird und die Daten der parallel zur Flugrichtung liegenden Photoempfängerzeile rechnerisch um den Abstand der beiden parallelen Photoempfängerzeilenverschoben und abgespeichert werden, und daß der Vergleich der Bildverschiebung mit dem Abstand der beiden parallelen Photoempfängerzeilen mittels Korrelation der aktuellen Daten der dritten Zeile mit den so abgespeicherten Daten realisiert wird.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Beispielen näher erläutert werden.
Es zeigen:

Fig. 1: Blockschaltbild zur Steuerung einer Luftbildkamera unter Verwendung von zwei zueinander parallelen Photoempfängerzeilen,

Fig. 2: Steuerung entsprechend Figg 1 unter Verwendung eines Mikrorechners,

Fig. 3: Blockschaltbild (stark vereinfacht) unter Verwendung einer dritten Photoempfängerzeile,

Fig. 4: Schematische Darstellung der Zusammenschaltung der Photo-

EPO COPY

empfängerzeilenmit einem Rechner,

Fig. 5: Ablauf der Kamerasteuerung unter Verwendung einer Anordnung nach Fig. 3 und 4

In Fig. 1 bildet ein Objektiv das senkrecht unter einem Fluggerät befindliche Gelände in einer Projektionsebene ab, in der sich in einem geringen optischen Abstand zwei parallele Photoempfängerzeilen befinden, die so angeordnet sind, daß die Flugrichtung senkrecht zu ihnen verläuft. Aus der Zeitdifferenz, in der identische Bildstrukturen von der ersten Photoempfängerzeile 1 zur zweiten Photoempfängerzeile 2 wandern, wird mit Hilfe einer Auswerteelektronik die Steuergröße v_g/h_g gebildet, die den Bildwanderungsausgleich und die Längsüberdeckung der Luftbildkamera regelt. Weiterhin wird eine evtl. Verschiebung von Bildstrukturen in Zeilenrichtung ausgenutzt, um mit Hilfe eines Servomotors die Nachstellung der Luftbildkamera und des Steuergerätes mit den beiden Photoempfängerzeilen in die genaue Flugrichtung vorzunehmen, um damit die Abdrift und andere nicht zu beeinflussende Bewegungen des Fluggerätes auszugleichen. Es wird damit eine effektive Möglichkeit geschaffen, Luftbilder mit korrekt eingehaltener prozentualer Längsüberdeckung und Ausrichtung zu erzeugen, ohne daß das Bedienpersonal die anstrengende Prozedur der Handnachführung des Steuergeräts vornehmen muß. Weiterhin sorgt die Auswerteelektronik dafür, daß nach der Kehre des Fluggerätes aus den zuletzt bearbeiteten Informationen die für den Rückflug geltenden annähernden Werte für die Ausrichtung des Steuergeräts und der Luftbildkamera errechnet und als Steuergröße ausgegeben werden.

Zur Erzeugung eines geringen optischen Abstandes der beiden Photoempfängerzeilen wird in den Strahlengang des Objektivs ein 90°-Winkelspiegel gebracht, der die Lichtstrahlen teilt und in zwei entgegengesetzte Richtungen lenkt. Damit entstehen zwei Projektionsebenen, in denen jeweils eine Photoempfängerzeile angebracht ist. Beide Photoempfängerzeilen sind so montiert, daß sie um einen geringen Betrag gegenüber dem Hauptstrahl nach unten versetzt sind. Bewegt sich nun das optische System, so wird ein Bildpunkt auf der ersten Projektionsebene von unten

EPO COPY

nach oben und auf der zweiten Projektionsebene von oben nach unten wandern. Damit ist festgelegt, daß sich die erste Photoempfängerzeile 1 vor dem Winkelspiegel und die zweite Photoempfängerzeile 2 hinter dem Winkelspiegel befindet.

Für die Gewährleistung der Korrelationsberechnungen weist das optische System eine gewollte elliptische Defokussierung auf, die garantiert, daß sich die Abtastzonen der Photoempfängerzeilen bei jeder erneuten Abfrage überdecken.

Die beiden Photoempfängerzeilen 1 und 2 werden durch den Timer 3 angesteuert. Während der Inhalt der Photoempfängerzeile 1 über den Umschalter 4, den Analog/Digital-Wandler 5 und den Umschalter 19 im Speicher 6 abgelegt wird, sodann im Mittelwertbildner 7 der lineare Mittelwert gebildet wird, der zur Steuerung der Belichtungszeit der Photoempfängerzeilen 1, 2 und über die Anpassung 8 auch der Steuerung der Belichtungszeit der Luftbildkamera dienen kann, wird nach kürzestmöglicher Zeit die Umschaltung 4, 19 betätigt und der Inhalt der Photoempfängerzeile 2 ebenfalls über den Analog/Digital-Wandler 5, jedoch in den Speicher 9 abgelegt. Mit den beiden Speicherwerten wird im Korrelator 10 zunächst der Korrelationswert bei der Verschiebung = 0 errechnet und über den Umschalter 20 im Speicher 11 als Vergleichswert für spätere Korrelationsberechnungen abgelegt.

Mit Hilfe der Taktlogik 21 wird ein Zeitraster erzeugt, welches wiederholt den Inhalt der Photoempfängerzeile 2 ausliest, in 9 speichert, die Anzahl der Abfragen von Zeile 2 im Zähler 22 mitzählt und im Korrelator 10 den im Speicher 9 jeweils abgelegten Inhalt mit dem im Speicher 6 anstehenden Inhalt korreliert. Es wird sowohl der mit dem im Speicher 11 verglichene Maximalwert des Korrelationsergebnisses als auch der zugehörigen Verschiebungsparameter, nach Interpolation über die Korrelationswerte bei den einzelnen Verschiebungsparametern im Interpolator 13, im Speicher 12 abgelegt. Er wird dann mit dem vorher ermittelten, ebenfalls im Speicher 12 stehenden, jeweils mit dem in Zähler 22 korrespondierenden Korrelationsmaxima und dazugehörigen Verschiebungsparametern im Vergleicher 14 verglichen, bis eine maximale Korrelation zwischen Photoempfängerzeile 1 und Photoempfängerzeile 2 erreicht ist. Nach der Interpolations 16 der in 12 gespeicherten

EPO COPY

jeweiligen Korrelationsmaxima mit zugehörigem Verschiebungsparameter, in dem durch die Taktlogik 21 vorgegebenen Zeitraster und dem korrespondierenden Zählerstand, wird über eine Umrechner- und Filterbaugruppe 17 der Zählerstand des im Interpolator 16 interpolierten Korrelationsextremums als Maß für das Geschwindigkeits-Höhe-Verhältnis ausgegeben.

Weiterhin wird der dazugehörige Verschiebungsparameter über die Umrechner- und Filterbaugruppe 18 als Maß für die Abdriftkorrektur 26 des Fluggerätes an die Luftbildkamera gegeben. Danach erfolgt die Umschaltung der Umschalter 4, 19 und der Neustart mit der Abfrage der Photoempfängerzeile 1. Diese Umschaltung mit Neustart erfolgt auch, wenn ein mit der Eingabeeinrichtung 15 voreingestellter Geschwindigkeits-Höhen-Bereich 23 überschritten wird, d. h., wenn in dem vorgesehenen Bereich alle Korrelationsversuche der Elektronik fehlgeschlagen sind.

In Fig. 2 ist eine Anordnung mit mikroelektronischen Baugruppen gezeigt. Dabei übernimmt ein Mikrorechner, z. B. ein Z8 der Firma Zilog einschließlich seiner Software die im vorangegangenen dargestellten Aufgaben bzw. Ablaufsteuerung und Bereitstellung der Steuergrößen. Die beiden Photoempfängerzeilen 1 und 2 sind mit je einem Eingang des Umschalters 4 verbunden. Der Ausgang des Umschalters 4 ist mit dem Dateneingang des A/D-Wandlers 5 verbunden. Der Mikrorechner 28 steuert über zwei Steuerleitungen den Umschalter 4 und die Taktaufbereitungslogik 27, die den Takt für die Photoempfängerzeilen 1 und 2 sowie für den A/D-Wandler 5 bereitstellt. Der Mikrorechner ist weiterhin mit einer Eingabeeinheit 15 zur Bedienung des Steuergerätes verbunden und weist Ausgänge 25 für das Vg/hg-Verhältnis, 26 für die Abdrift und 29 für die Belichtungszeit auf.
In Fig. 3 befinden sich drei Photoempfängerzeilen 1, 2, 30 auf der Projektionsfläche 31 eines hier nicht dargestellten Objektivs. Der Pfeil 32 zeigt die Bewegungsrichtung des von dem Objektiv auf die Projektionsfläche 31 projizierten Abbildes des Geländes an. Den Zeilen 1 und 30 sind je ein Datenspeicher 6, 33 und ein Rechner 28, 34 nachgeordnet, die Zeilen 2 bzw. 30 sind auch direkt mit dem Rechner 28 bzw. 34 verbunden. Der Rechner 28 weist Ausgänge

EPO COPY

zur Abdriftkompensation 26, zur Belichtungszeit/Blendensteuerung 29 und zur Gradationsaufzeichnung 35 auf, der Rechner 34 zur Verschlußauslösung 36 und zum Bildwanderungsausgleich 37. Außerdem sind die beiden Rechner über eine Steuerleitung 38 verbunden. Nach Einschalten des Steuergerätes werden die Daten von der Photoempfängerzeile 1 und 30 in die Speicher 6 bzw. 33 eingelesen. Im Rechner 28 werden die von der Zeile 2 einkommenden Daten ständig bzgl. der Bildhelligkeit analysiert, die maximalen und minimalen Geländehelligkeiten bestimmt und aus diesen Werten sowohl eine optimale Belichtungszeit/Blenden-Kombination berechnet, entsprechende Steuerimpulse gebildet und an die Belichtungszeit/Blenden-Steuerung 29 abgegeben als auch die optimale Filmgradation berechnet und an die Gradationsaufzeichnung 35 abgegeben. Im Rechner 28 werden die im Speicher 33 abgespeicherten Bilddaten ständig mit den neu einkommenden Bilddaten von der Zeile 30 verglichen und die entsprechende Verschiebung bestimmt. Aus dieser wird das Vg/hg-Verhältnis berechnet, das dann zur Steuerung der Verschlußauslösung 36 und des Bildwanderungsausgleiches 37 dient. Sobald die festgestellte Verschiebung den Wert erreicht hat, der dem Abstand der beiden Zeilen 1, 2 entspricht wird über die Steuerleitung 38 der Befehl an den Rechner 28 gegeben, jetzt die abgespeicherten Werte von der Zeile 1 mit den einkommenden Werten von der Zeile 2 zu vergleichen und aus der festgestellten Verschiebung den Wert der Abdrift zu bestimmen, und an die Abdriftkompensation 26 abzugeben. Jetzt beginnt der Ablauf von neuem mit dem Einspeichern der Daten von Zeile 1 und 30 in die Speicher 6 bzw. 33.

Eine bedeutende Steigerung der Genauigkeit der Vg/hg-Bestimmung läßt sich erreichen, wenn die Daten der dritten Photoempfängerzeile 30 im Speicher nach jeder Bestimmung der Verschiebung von den aktuellen Werten überschrieben werden und der Wert der Verschiebung den Wert des Abstandes der Zeilen 1, 2 erreicht hat und der Befehl zur Bestimmung der Abdrift an den Rechner 28 gegeben wird, gleichzeitig mit dem Abspeichern der Werte von Zeile 1 in den Speicher 6, wird dann dieser Zwischenspeicher wieder auf Null zurückgesetzt. Dadurch wird eine differentielle Bestimmung

EPO COPY

der Verschiebung realisiert, wodurch der Einfluß der Abdrift auf die Größe des Maximums des Korrelationsfaktors stark reduziert wird. Die Eingabe der Einstellwerte, wie Filmempfindlichkeit, Überdeckungsgrad usw., die zur Bildung der Steuersignale notwendig sind, in die Rechner 28 und 34, erfolgt über hier nicht dargestellte übliche Mittel wie Schalter und Tastaturen.
In Fig. 4 ist die Realisierung der Zusammenschaltung der Photoempfängerzeilen 1, 2,30 mit den Rechnern 28, 34, schematisch dargestellt. Die beiden Rechner 28, 34, die vorteilhafterweise als Einchipmikrorechner ausgeführt sind, benutzen einen gemeinsamen Systembus, bestehend aus Datenbus 34, Addressbus 40 und Steuerbus 41. Die Photoempfängerzeilen 1, 2, 30 können z. B. CCD-Zeilen mit je 256 Elementen sein. Sie werden von bekannten Ansteuerschaltungen 42, 43, 44 gesteuert. Diese enthalten den eigentlichen Ansteuerbaustein, der das Auslesen der Daten aus der CCD-Zeile realisiert, Sample & Hold-Verstärker und A/D-Wandler zur Umwandlung der analogen Werte in digitale Datenwerte. Die Ansteuerschaltungen 42, 43, 44 werden vom Steuerbus 41 über die Steuerleitungen 45, 46, 47 angesprochen. Die Übernahme der Daten auf den Datenbus 34 wird von Torschaltungen 48, 49, 50 gesteuert, die die entsprochenden Befehle vom Steuerbus 41 über die Steuerleitungen 51, 52, 53 erhalten. Zum Zwischenspeichern der Daten dient der Speicherbaustein 54, der z. B. als 1Kx8-RAM ausgeführt sein kann. Die Arbeit des Speicherbausteins 54 wird vom Steuerbus 41 über die Eingänge 55 (Chip-Select), 56 (Data out) und 57 (Data in) gesteuert. Die Verbindung der Rechner 28 und 34 zur Luftbildkamera wird über die Ausgänge 58 zur Abdriftkompensation, 59 zur Belichtungszeit/Blendensteuerung, 60 zur Gradationsaufzeichnung, 61 zur Verschlußauslösung und 62 zum Bildwanderungsausgleich hergestellt.
Die Funktion des erfindungsgemäßen Steuergerätes wird im folgenden anhand des Grobablaufplanes in Fig. 5 näher erläutert. Dabei beschreibt der linke Strang die Aufgaben des Rechner 28, der rechte Strang die des Rechners 34. Nach dem Einschalten der Steuerung erfolgt das Einlesen und Abspeichern der Daten von Zeile 1 in einen Speicherbereich des Speicherbausteines 54. Anschließend

EPO COPY

werden wiederum die Daten von Zeile 1 eingelesen und es läuft eine Routine zur Bestimmung der Belichtungswerte an. Die Einzelheiten dieser Routine sind nicht Gegenstand des vorliegenden Patents, es bietet sich jedoch an, aus einer Reihe von Daten der Zeile 1 die minimale und maximale Helligkeit zu bestimmen, aus diesen Werten und gegebenenfalls nach weiteren Zwischenwerten eine optimale Belichtung zu berechnen und unter Beachtung einer optimalen Blendeneinstellung die Belichtungszeit zu bestimmen, entsprechende Steuerimpulse zu bilden und an die Kammer abzugeben. Außerdem ist es sinnvoll für eine maximale Ausnutzung des Informationsgehaltes des Filmes aus den Minima und Maxima der Helligkeit die optimale Filmgradation zu berechnen, wie das bereits im DD-Patent 156299 vorgeschlagen wurde. Da die Belichtungszeit vom gleichen Rechner bestimmt wird, läßt sich auch in einfacher Weise der Einfluß der Gradation auf die effektive Filmempfindlichkeit bei der Wahl der Belichtungszeit realisieren. Diese Routine kann solange wiederholt werden, bis vom Rechner 34 ein Steuersignal zum Abarbeiten der nächsten Aufgabe kommt. Der Rechner 34 bestimmt während der Abarbeitung dieser Routine das Vg/hg-Verhältnis. Dazu werden die Daten der Zeile 30 eingelesen und abgespeichert. Der Rechner 34 vergleicht die beiden Datenreihen miteinander und bestimmt die Verschiebung des Bildes des Geländes auf der Projektionsfläche. Der Wert der Verschiebung wird mit dem Abstand der Zeilen 1 und 2 verglichen. Ist dieser Abstand noch nicht innerhalb eines gewissen Toleranzbereiches erreicht, so wird erneut die Zeile 30 ausgelesen und die Daten abgespeichert. Es ist am günstigsten, bei diesem Abspeichern die zuerst in den Speicher gebrachten Werte zu überschreiben und den Vergleich jeweils zwischen den letzten und vorletzten Datenreihen der Zeile 30 vorzunehmen, da in dieser Zeit die durch die Abdrift bedingten Veränderungen der Bilddaten gering sind und somit ein scharfes Extremum des Korrelationsfaktors beim Vergleich entsteht. Die festgestellten Verschiebungswerte werden aufaddiert und jeweils mit dem Abstand der Zeilen 1 und 2 verglichen. Wenn die Verschiebung innerhalb des Toleranzbereiches des Abstandes liegt, wird das Vg/hg-Verhältnis berechnet und an die Luftbildkamera ausgegeben sowie das Steuersignal für den Rechner 28 erzeugt. Daraufhin wird die Zeile 2 eingelesen und mit den abgespeicherten Werten der Zeile 1 verglichen. Aus diesen Ver-

BAD ORIGINAL

gleich wird die Abdrift bestimmt und an die Abdriftkompensation der Luftbildkamera abgegeben. Solange die Steuerung noch eingeschaltet ist, beginnt jetzt der gesamte Zyklus von Neuem.
Die Realisierung der Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden, so können z. B. mehr als die dargestellten 3 Photoempfängerzeilen vorgesehen sein, solange nur eine der dargestellten Lösung entsprechende Einteilung und Verarbeitung der Bilddaten erfolgt. Des weiteren ist es gleich, ob mit den Rechnern 28 und 34 nur die numerischen Werte für das Vg/hg-Verhältnis, Abdrift, Helligkeit, Blende, Belichtungszeit bestimmt werden oder ob sofort die notwendigen Steuerimpulse für die Luftbildkamera gebildet werden.
Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß durch plötzliche Kippungen des Flugzeuges um seine Längs- und Querachse bewirkte Verschiebungen des Geländeabbildes auf der Projektionsfläche 31 erkannt werden können und somit eine Verfälschung der Ergebnisse vermeidbar ist. Kippungen um die Längsachse zeigen sich in einer plötzlichen Verringerung des Korrelationsfaktors der Daten, der in Flugrichtung liegenden Zeile 30, während Kippungen um die Querachse plötzliche Änderungen des Vg/hg-Verhältnisses, welches dann sogar negativ werden kann, bewirken. Durch die "differentielle" Bestimmung des Vg/hg-Verhältnisses werden solche Änderungen erkannt und bei der Steuerung der Luftbildkamera berücksichtigt.

EPO COPY

- Leerseite -

EPO COPY

Nummer: 34 27 066
Int. Cl.³: G 03 B 37/00
Anmeldetag: 23. Juli 1984
Offenlegungstag: 21. Februar 1985

NACHGEREICHT

3427066

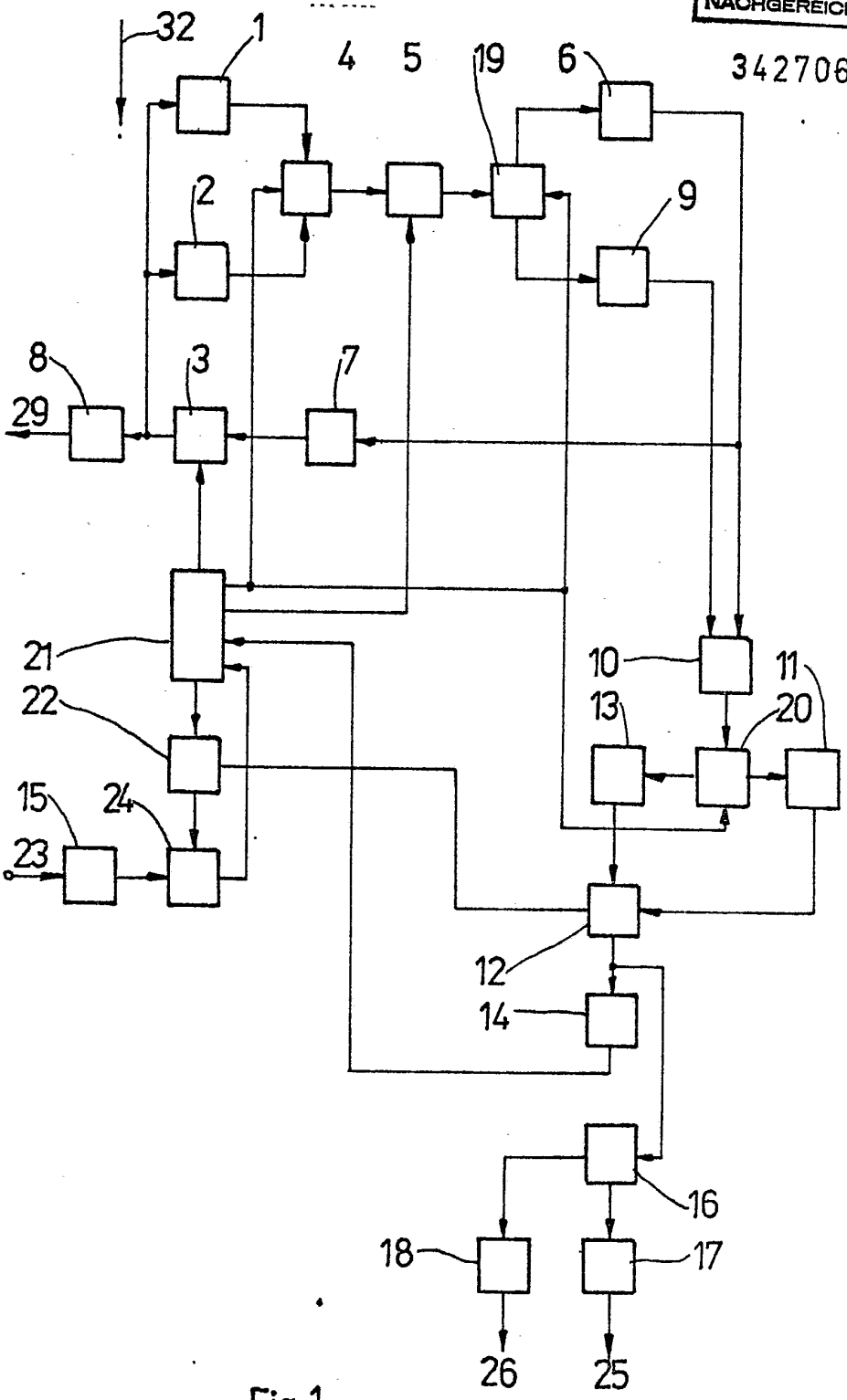


Fig.1

EPO COPY

NACHGEREICHT

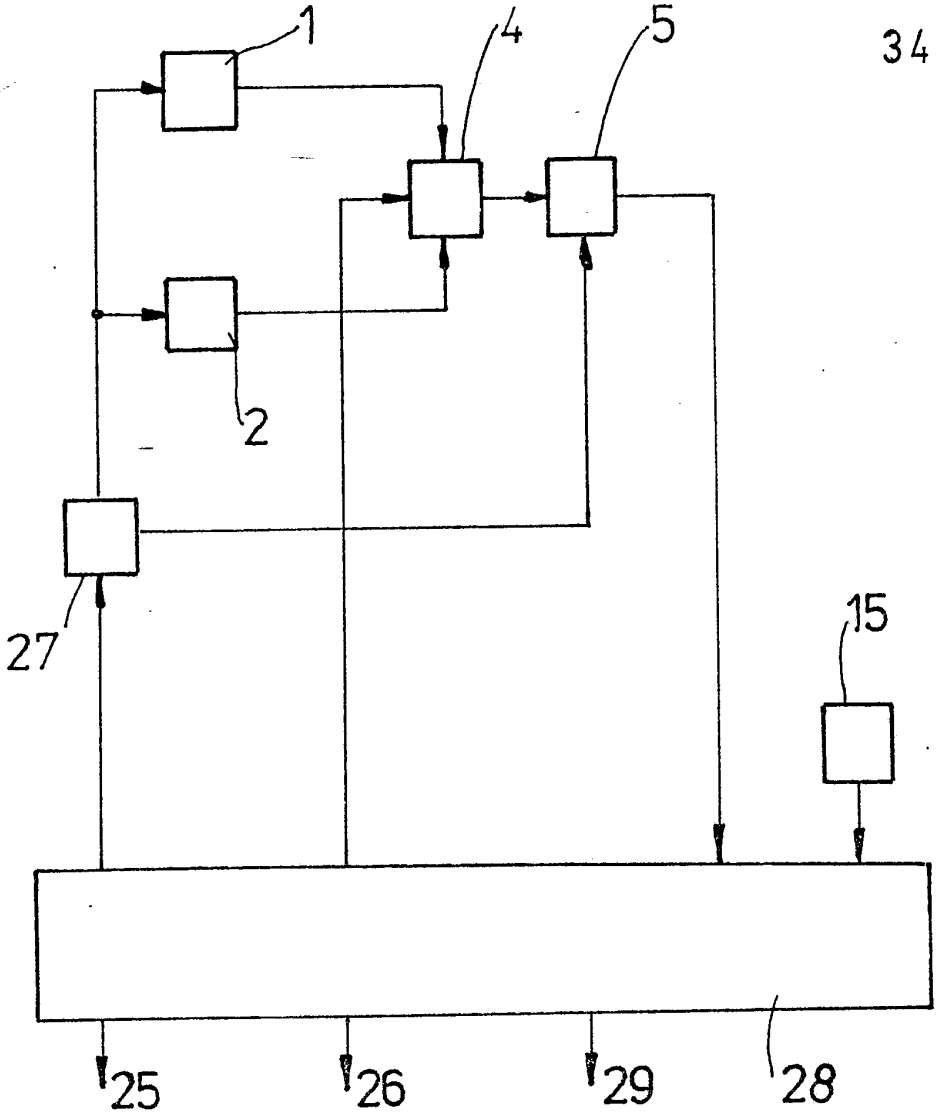


Fig. 2

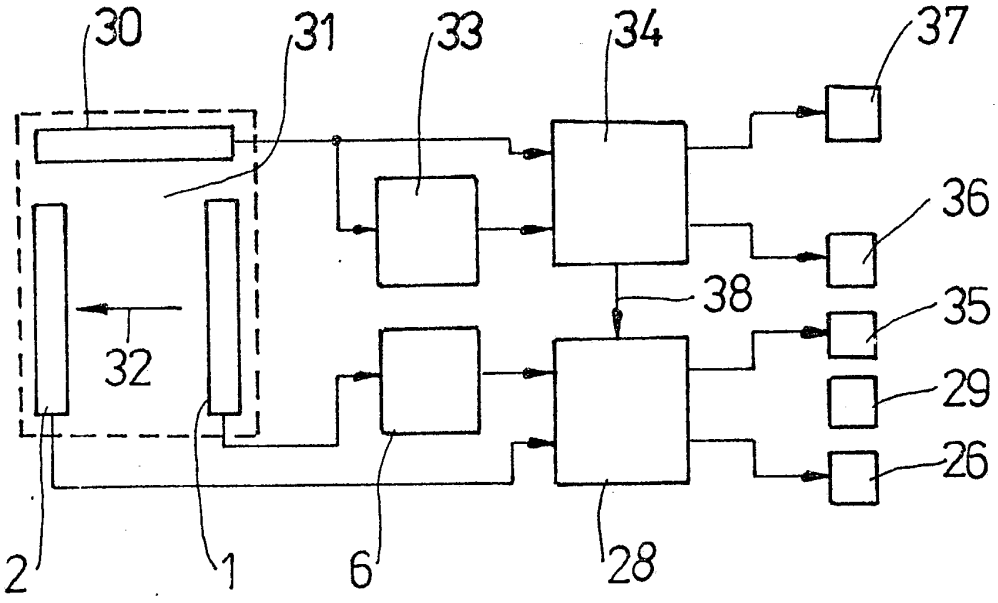


Fig. 3

EPO COPY

NACHGEREICHT

3427066

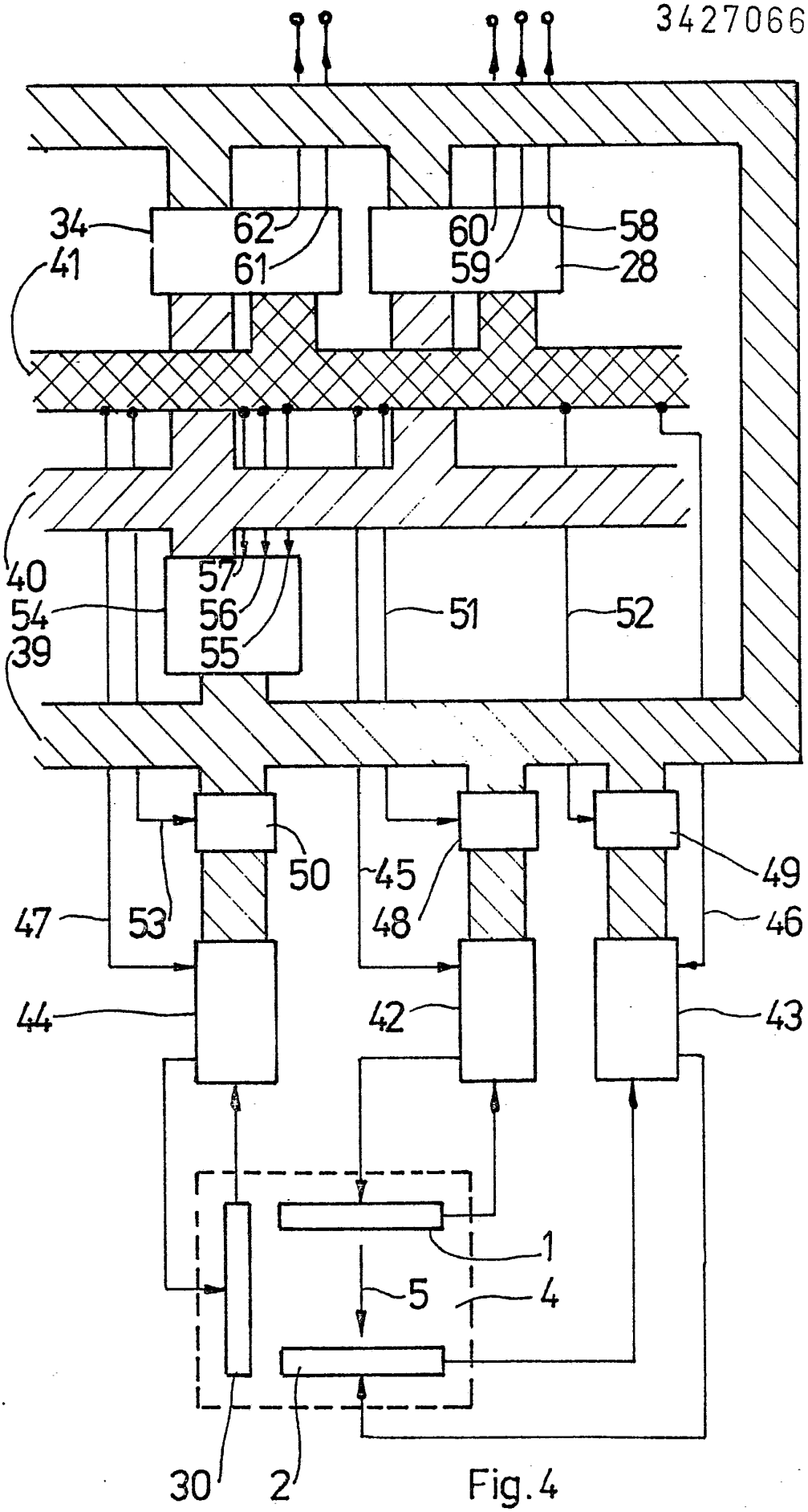


Fig. 4

EPO COPY

NACHGEREICHT

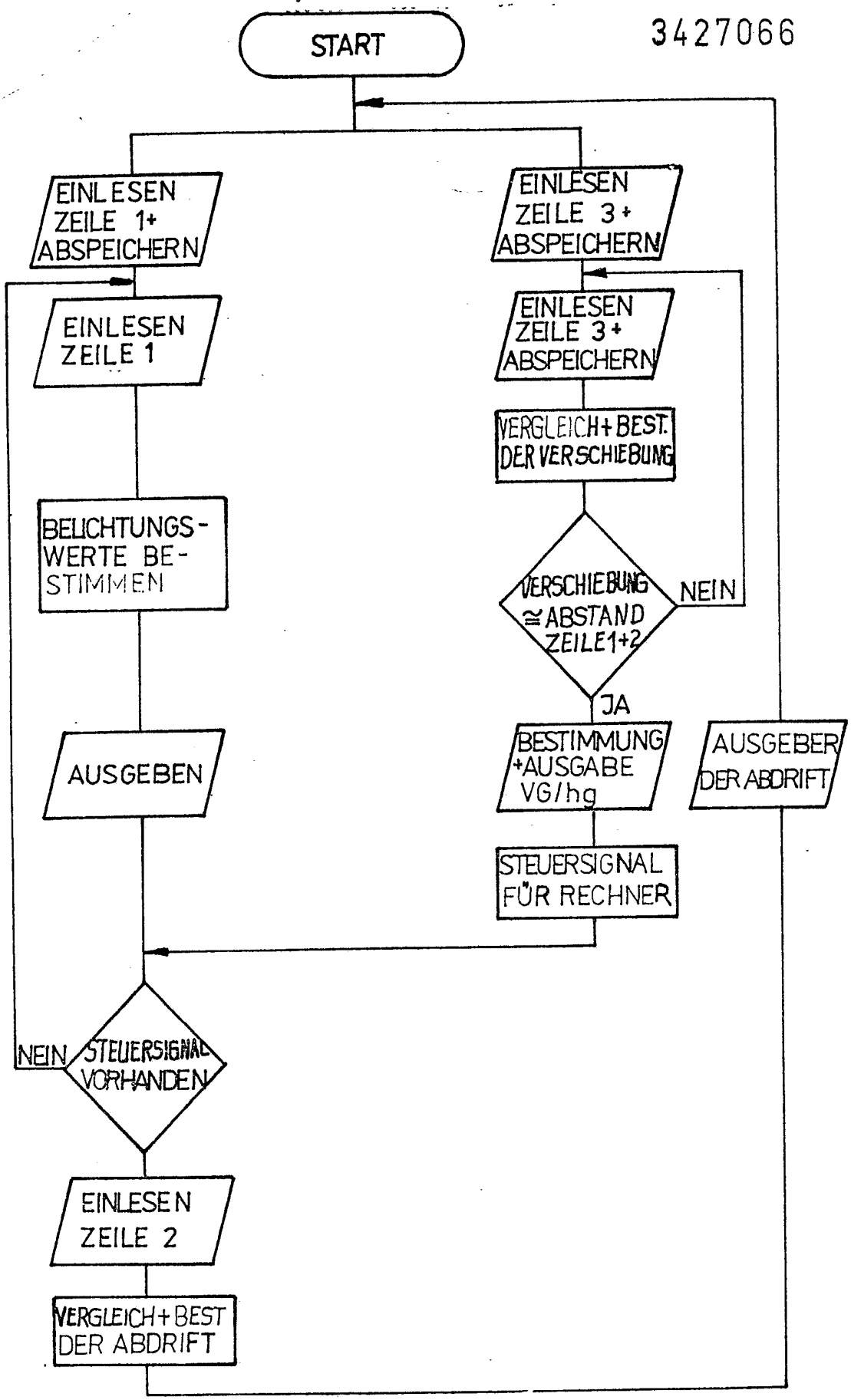


Fig.5

EPO COPY

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3513958 A1**

(51) Int. Cl. 4:
G01C 11/02
G 03 B 9/10

(21) Aktenzeichen: P 35 13 958.7
(22) Anmeldetag: 18. 4. 85
(43) Offenlegungstag: 19. 12. 85

Behördeneigentum

DE 3513958 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
14.06.84 DD WP G 03 B/264 135 4

(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Zeth, Ulrich; Rempke, Wilfried, Dr., DDR 6900 Jena, DD; Voigt, Klaus-Ditmar, Dipl.-Ing., DDR 6902 Jena, DD

(54) Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras.
Ziel der Erfindung ist die genaue Einhaltung des eingestellten Längsüberdeckungsgrades, auch unter ungünstigen Aufnahmebedingungen. Aufgabe der Erfindung ist die Verhinderung einer unterschiedlichen zeitlichen Verzögerung zwischen der Auslösung des Verschlusses und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges zur Belichtung des photographischen Materials.
Erfindungsgemäß wird die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt, daß die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Verschlusses ist, eventuell auftretende Fehlbelichtungen werden durch entsprechende Veränderung der Blendeneinstellung verhindert.

DE 3513958 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras, welche mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung und einem Steuergerät ausgerüstet sind, wobei das Steuergerät aus dem Vg/hg-Verhältnis und dem eingestellten Überdeckungsgrad die Bildfolgezeit berechnet und zu den so bestimmten Zeitpunkten einen Auslösebefehl an die Luftbildkamera abgibt und die automatische Belichtungszeit- und Blendensteuerung aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine optimale Belichtungszeit/Blendenkombination berechnet und an der Luftbildkamera die Blende sowie durch entsprechende Regelung der Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses die Belichtungszeit einstellt, gekennzeichnet dadurch, daß die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt wird, daß die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Drehscheibenverschlusses ist und die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit minimal wird.

2. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß die durch die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit entstehende Belichtungsänderung durch eine entsprechende Verstellung der Blende ausgeglichen wird.

3. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, daß aus der Bildfolgezeit Δt_{BF} und dem der Belichtungszeit t_B entsprechenden Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{Vö}$ der Quotient N,

BAD ORIGINAL

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{Vö}}$$

berechnet wird, daß der Wert von N auf die nächstliegende ganze Zahl N^* gerundet wird, daß nach

$$\Delta t^*_{Vö} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*}$$

ein korrigiertes Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{Vö}$ berechnet wird, daß nach

$$t^*_B = t_B \cdot \frac{\Delta t^*_{Vö}}{\Delta t_{Vö}}$$

die realisierte Belichtungszeit t^*_B bestimmt wird, daß nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^*_B}{t_B}}$$

die korrigierte Blende K^* berechnet und eingestellt wird, wobei K die von der Belichtungszeit/Blendensteuerung der Belichtungszeit t_B zugeordnete Blende ist und daß die Drehzahl der Drehscheiben entsprechend dem korrigierten Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{Vö}$ eingeregelt wird.

Bk/Mtg

BAD ORIGINAL

Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras

Die Erfindung ist anwendbar in photogrammetrischen Luftbildkameras, insbesondere zur Anfertigung von Luftbildreihenaufnahmen mit konstantem Überdeckungsgrad aufeinanderfolgender Bilder.

Es ist bekannt, photogrammetrische Luftbildaufnahmekameras mit Drehscheibenverschlüssen auszurüsten, da diese sowohl sehr kurze Belichtungszeiten zulassen, als auch einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Bei diesen rotieren ständig mehrere Drehscheiben mit sektorförmigen Ausbrüchen, die in regelmäßigen Abständen den Lichtweg freigeben, wobei die Belichtungszeit durch die Drehzahl der Drehscheiben bestimmt wird. Zur Verhinderung unerwünschter Belichtungen ist eine weitere Scheibe o. ä. vorgesehen, die den Lichtweg unterbricht oder freigibt. (DD-Erfindungsbeschreibungen 3912, 139 315).

BAD ORIGINAL

Bei relativ langen Belichtungszeiten, wie sie insbesondere durch die Anwendung der Kompensation der Bildwanderung möglich sind und die damit verbundene relativ geringe Drehzahl der Drehscheiben verlängert sich auch die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Freigaben des Lichtweges durch die Ausbrüche der Drehscheiben, so daß zwischen der Auslösung der Belichtung und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges durch den Verschluß eine variable Zeitspanne vergeht, welche sich aus einem für alle Aufnahmen konstanten, zumeist mechanisch bedingten Anteil und einer von der aktuellen Stellung der Drehscheiben zueinander abhängigen und somit von Aufnahme zu Aufnahme verschiedenen Verzögerungszeit, die im ungünstigen Fall bis zu einer Sekunde betragen kann, zusammensetzt.

Bei der Aufnahme von Bildreihen für Kartierungszwecke wird zur Einhaltung eines konstanten Überdeckungsgrades aufeinanderfolgender Bilder eine zeitlich konstante Folge von Belichtungsauslösungen (Bildfolgereihe, entspricht der Stereobasis bei der Auswertung) gefordert. Zur Realisierung dieses konstanten Überdeckungsgrades werden mit einem Steuergerät bzw. Überdeckungsregler, vergleiche DD-EB 113 809, DD-EB 116 517, DE-PS 1009 916) das Verhältnis von Geschwindigkeit v_g zu Flughöhe h_g über Grund bestimmt und die dem gewünschten Überdeckungsgrad entsprechenden Impulse für die Auslösung der Belichtung an die Luftbildkamera gegeben.

Da aus den eben geschilderten Gründen zwischen dem Auslösebefehl und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges von Aufnahme zu Aufnahme eine unterschiedlich lange Zeit vergeht, kann es bei minimaler Bildfolgezeit (ca. 1,5 s) zu Fehlern in der Längsüberdeckung bis zu 50 % der stereoskopischen Basis kommen. Für eine korrekte Auswertbarkeit der Luftbilder ist jedoch die Einhaltung des vorgegebenen Längsüberdeckungsgrades mit einer Toleranz von nur wenigen Prozenten notwendig.

BAD ORIGINAL

Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Luftbildaufnahmekameras, insbesondere die Ermöglichung der genauen Einhaltung des Längsüberdeckungsgrades auch unter ungünstigen Bedingungen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Verhinderung einer unterschiedlichen zeitlichen Verzögerung zwischen der Auslösung des Verschlusses und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges zur Belichtung des photographischen Materials in aufeinanderfolgenden Aufnahmen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras, welche mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung und einem Steuergerät ausgerüstet sind, wobei das Steuergerät aus dem V_g/h_g-Verhältnis und dem eingestellten Überdeckungsgrad die Bildfolgezeit berechnet und zu den so bestimmten Zeitpunkten einen Auslösebefehl an die Luftbildkamera abgibt und die automatische Belichtungszeit- und Blendensteuerung aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine optimale Belichtungszeit/Blendenkombination berechnet und an der Luftbildkamera die Blende sowie durch entsprechende Regelung der Drehscheiben des Verschlusses die Belichtungszeit einstellt, gelöst, bei dem die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt wird, daß die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Drehscheibenverschlusses ist und die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit minimal wird.

BAD ORIGINAL

Vorteilhafterweise wird dabei die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit entstehende Belichtungsänderung durch eine entsprechende Verstellung der Blende ausgeglichen.

Zur Realisierung des Verfahrens wird aus der Bildfolgezeit Δt_{BF} und dem der Belichtungszeit t_B entsprechendem Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{Vö}$ der Quotient N

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{Vö}}$$

berechnet, der Wert von N auf die nächstliegende ganze Zahl N^* gerundet, nach

$$\Delta t^*_{Vö} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*}$$

ein korrigiertes Verschluöffnungsintervall $\Delta t^*_{Vö}$ berechnet, nach

$$t^*_B = t_B \cdot \frac{\Delta t^*_{Vö}}{\Delta t_{Vö}}$$

die realisierte Belichtungszeit t^*_B bestimmt und nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^*_B}{t_B}}$$

die korrigierte Blende K^* berechnet und eingestellt, wobei K die von der Belichtungszeit/Blendensteuerung der Belichtungszeit t_B zugeordnete Blende ist und die Drehzahl der Drehscheiben entsprechend dem korrigierten Verschlußöffnungsintervall eingeregelt.

BAD ORIGINAL

Da das erfindungsgemäße Verfahren eine Verkopplung der Drehzahlen der Drehscheiben des Verschlusses und damit der möglichen Verschlußöffnungszeitpunkte mit der Überdeckungsregelung realisiert, erfolgt die Freigabe des Lichtweges jeweils zu den von der Überdeckungsregelung geforderten Zeitpunkten, damit wird die eingestellte Längsüberdeckung exakt eingehalten. Eventuell hervorgerufene Fehlbelichtungen können über eine Veränderung der Blendenstellung oder in anderer geeigneter Weise ausgeglichen werden.

Eine Luftbildaufnahmekamera verfügt zur Herstellung von Reihenaufnahmen über eine Einrichtung zur Ermittlung des Verhältnisses von Geschwindigkeit v_g zur Flughöhe h_g über Grund. Aus diesen Werten sowie der Kammerkonstante c_k, der Bildformatgröße s' und dem vorgegebenen Längsüberdeckungsgrad p_{soll} wird von dem Steuergerät nach

$$\Delta t_{BF} = \frac{h_g}{v_g} \cdot \frac{s'}{c_k} \cdot \left(1 - \frac{p_{soll}}{100}\right) \qquad (1)$$

die Bildfolgezeit Δt_{BF} berechnet. Weiterhin besitzt die Kamera eine Einrichtung zur Belichtungsmessung und -regelung. Die Belichtungszeit t_B ergibt sich nach

$$t_B = \frac{K^2 \cdot c_k \cdot 10^{\frac{-x}{10}}}{E} \qquad (2)$$

aus der Beleuchtungsstärke E auf dem lichtempfindlichen Sensor, der vorgegebenen Filmempfindlichkeit x (in DIN) und dem vorgegebenen Blendenwert K sowie einer Eichkonstante c_R.
Zur Realisierung der Belichtungszeit wird den Verschlußdrehscheiben eine bestimmte Drehzahl zugeordnet, aus der das Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{VÖ}$ resultiert.

BAD ORIGINAL

Der Quotient N aus dem Bildfolgeintervall Δt_{BF} und dem Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{VÖ}$

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{VÖ}} \tag{3}$$

wird auf die nächstliegende ganze Zahl N^* gerundet und nach

$$\Delta t^*_{VÖ} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*} \tag{4}$$

ein korrigiertes Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{VÖ}$ berechnet. Die Drehzahl der Drehscheiben wird entsprechend dem korrigierten Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{VÖ}$ eingeregelt, wodurch gesichert ist, daß der Zeitpunkt der Auslösung des Verschlusses durch das Steuergerät einen konstanten zeitlichen Abstand zum möglichen Belichtungszeitpunkt besitzt und somit keine Verfälschung des Längsüberdeckungsgrades der Aufnahmen eintritt.

Da durch die Korrektur der Drehzahl der Drehscheiben die vorgegebene Belichtungszeit t_B nicht mit der tatsächlich realisierten Belichtungszeit

$$t^*_B = t_B \cdot \frac{\Delta t^*_{VÖ}}{\Delta t_{VÖ}} \tag{5}$$

übereinstimmt, wird nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^*_B}{t_B}} \tag{6}$$

eine korrigierte Blende berechnet und eingestellt, wodurch die richtige Belichtung des photographischen Materials gesichert wird.

BAD ORIGINAL

Das erfindungsgemäße Verfahren wird durch eine entsprechende Programmierung des Steuerrechners, über den eine moderne Luftbildaufnahmekamera (z. B. LMK aus Jena) an sich schon verfügt, realisiert. Dieser Steuerrechner weist auch die notwendigen Verbindungen zur Belichtungszeit/Blendensteuerung und zum Überdeckungsregler auf.

Die Realisierung der Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden, so kann zum Beispiel in bestimmten Fällen auf die Korrektur der Fehlbelichtungen verzichtet werden oder diese Korrektur in einer anderen Art und Weise als der dargestellten erfolgen.

Bei einer Erhöhung des Regelungsaufwandes ist es auch möglich, neben der variablen Vergrößerungszeit auch noch den konstanten Anteil der Zeitspanne zwischen Auslösung des Verschlusses und tatsächlicher Belichtung zu Null zu machen, so daß die Aufnahmen exakt bei Auslösung belichtet werden, für übliche Reihenaufnahmen reicht jedoch die Einhaltung einer für jede Aufnahme konstanten Zeitspanne, wie sie das beschriebene Ausführungsbeispiel sichert, aus.

BAD ORIGINAL

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Patentschrift**

(10) **DE 35 13 958 C 2**

(51) Int. Cl.[5]:
G 01 C 11/02
G 03 B 9/10

(21) Aktenzeichen: P 35 13 958.7-52
(22) Anmeldetag: 18. 4. 85
(43) Offenlegungstag: 19. 12. 85
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 14. 4. 94

DE 35 13 958 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
14.06.84 DD WP G 03 B/264 135 4

(73) Patentinhaber:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Erfinder:
Zeth, Ulrich, O-6900 Jena, DE; Rempke, Wilfried, Dr., O-6900 Jena, DE; Voigt, Klaus-Ditmar, Dipl.-Ing., O-6902 Jena, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
NICHTS ERMITTELT

(54) Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras

DE 35 13 958 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ist anwendbar in photogrammetrischen Luftbildkameras, insbesondere zur Anfertigung von Luftbildreihenaufnahmen mit konstantem Überdeckungsgrad aufeinanderfolgender Bilder.

Es ist bekannt, photogrammetrische Luftbildaufnahmekameras mit Drehscheibenverschlüssen auszurüsten, da diese sowohl sehr kurze Belichtungszeiten zulassen als auch einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Bei diesen rotieren ständig mehrere Drehscheiben mit sektorförmigen Ausbrüchen, die in regelmäßigen Abständen den Lchtweg freigeben, wobei die Belichtungszeit durch die Drehzahl der Drehscheiben bestimmt wird. Zur Verhinderung unerwünschter Belichtungen ist eine weitere Scheibe o. ä. vorgesehen, die den Lichtweg unterbricht oder freigibt (DD-Erfindungsbeschreibungen 3912, 139 315).

Bei relativ langen Belichtungszeiten, wie sie insbesondere durch die Anwendung der Kompensation der Bildwanderung möglich sind und die damit verbundene relativ geringe Drehzahl der Drehscheiben verlängert sich auch die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Freigaben des Lichtweges durch die Ausbrüche der Drehscheiben, so daß zwischen der Auslösung der Belichtung und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges durch den Verschluß eine variable Zeitspanne vergeht, welche sich aus einem für alle Aufnahmen konstanten, zumeist mechanisch bedingten Anteil und einer von der aktuellen Stellung der Drehscheiben zueinander abhängigen und somit von Aufnahme zu Aufnahme verschiedenen Verzögerungszeit, die im ungünstigen Fall bis zu einer Sekunde betragen kann, zusammensetzt.

Bei der Aufnahme von Bildreihen für Kartierungszwecke wird zur Einhaltung eines konstanten Überdekkungsgrades aufeinanderfolgender Bilder eine zeitlich konstante Folge von Belichtungsauslösungen (Bildfolgereihe, entspricht der Stereobasis bei der Auswertung) gefordert. Zur Realisierung dieses konstanten Überdekkungsgrades werden mit einem Steuergerät bzw. Überdeckungsregler, vergleiche DD-EB 1 13 809, DD-EB 1 16 517, DE-PS 10 09 916) das Verhältnis von Geschwindigkeit v_g zu Flughöhe h_g über Grund bestimmt und die dem gewünschten Überdeckungsgrad entsprechenden Impulse für die Auslösung der Belichtung an die Luftbildkamera gegeben.

Da aus den eben geschilderten Gründen zwischen dem Auslösebefehl und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges von Aufnahme zu Aufnahme eine unterschiedlich lange Zeit vergeht, kann es bei minimaler Bildfolgezeit (ca. 1,5 s) zu Fehlern in der Längsüberdeckung bis zu 50% der stereoskopischen Basis kommen. Für eine korrekte Auswertbarkeit der Luftbilder ist jedoch die Einhaltung des vorgegebenen Längsüberdeckungsgrades mit einer Toleranz von nur wenigen Prozenten notwendig.

Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Luftbildaufnahmekameras, insbesondere die Ermöglichung der genauen Einhaltung des Längsüberdeckungsgrades auch unter ungünstigen Bedingungen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Verhinderung einer unterschiedlichen zeitlichen Verzögerung zwischen der Auslösung des Verschlusses und der tatsächlichen Freigabe des Lichtweges zur Belichtung des photographischen Materials in aufeinanderfolgenden Aufnahmen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung ist in dem Unteranspruch angegeben.

Da das erfindungsgemäße Verfahren eine Verkopplung der Drehzahlen der Drehscheiben des Verschlusses und damit der möglichen Verschlußöffnungszeitpunkte mit der Überdeckungsregelung realisiert, erfolgt die Freigabe des Lichtweges jeweils zu den von der Überdeckungsregelung geforderten Zeitpunkten, damit wird die eingestellte Längenüberdeckung exakt eingehalten. Eventuell hervorgerufene Fehlbelichtungen können über eine Veränderung der Blendenstellung oder in anderer geeigneter Weise ausgeglichen werden.

Eine Luftbildaufnahmekamera verfügt zur Herstellung von Reihenaufnahmen über eine Einrichtung zur Ermittlung des Verhältnisses von Geschwindigkeit v_g zur Flughöhe h_g über Grund. Aus diesen Werten sowie der Kammerkonstante c_k, der Bildformatgröße s' und dem vorgegebenen Längsüberdeckungsgrad p_{soll} wird von dem Steuergerät nach

$$\Delta t_{BF} = \frac{h_g}{v_g} \cdot \frac{s'}{c_k} \cdot \left(1 - \frac{P_{soll}}{100}\right) \quad (1)$$

die Bildfolgezeit Δt_{BF} berechnet. Weiterhin besitzt die Kamera eine Einrichtung zur Belichtungsmessung und -regelung. Die Belichtungszeit t_B ergibt sich nach

$$t_B = \frac{K^2 \cdot e_k \cdot 10^{-x/10}}{E} \quad (2)$$

aus der Beleuchtungsstärke E auf dem lichtempfindlichen Sensor, der vorgegebenen Filmempfindlichkeit x (in DIN) und dem vorgegebenen Blendenwert K sowie einer Eichkonstante c_R.

Zur Realisierung der Belichtungszeit wird den Verschlußdrehscheiben eine bestimmte Drehzahl zugeordnet, aus der das Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{V\ddot{o}}$ resultiert.

Der Quotient N aus dem Bildfolgeintervall Δt_{BF} und dem Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{V\ddot{o}}$

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{V\ddot{o}}} \quad (3)$$

wird auf die nächstliegende ganze Zahl N* gerundet und nach

$$\Delta t^*_{V\ddot{o}} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*} \quad (4)$$

ein korrigiertes Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{V\ddot{o}}$ berechnet. Die Drehzahl der Drehscheiben wird entsprechend dem korrigierten Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{V\ddot{o}}$ eingeregelt, wodurch gesichert ist, daß der Zeitpunkt der Auslösung des Verschlusses durch das Steuergerät einen konstanten zeitlichen Abstand zum möglichen Belichtungszeitpunkt besitzt und somit keine Verfälschung des Längsüberdeckungsgrades der Aufnahmen eintritt.

Da durch die Korrektur der Drehzahl der Drehscheiben die vorgegebene Belichtungszeit t_B nicht mit der tatsächlich realisierten Belichtungszeit

$$t^*_B = t_B \cdot \frac{\Delta t^*_{V\ddot{o}}}{\Delta t_{V\ddot{o}}} \quad (5)$$

übereinstimmt, wird nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^*_B}{t_B}} \quad (6)$$

eine korrigierte Blende berechnet und eingestellt, wodurch die richtige Belichtung des photographischen Materials gesichert wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird durch eine entsprechende Programmierung des Steuerrechners, über den eine moderne Luftbildaufnahmekamera (z. B. LMK aus Jena) an sich schon verfügt, realisiert. Dieser Steuerrechner weist auch die notwendigen Verbindungen zur Belichtungszeit/Blendensteuerung und zum Überdeckungsregler auf.

Die Realisierung der Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden, so kann zum Beispiel in bestimmten Fällen auf die Korrektur der Fehlbelichtungen verzichtet werden oder diese Korrektur in einer anderen Art und Weise als der dargestellten erfolgen.

Bei einer Erhöhung des Regelungsaufwandes ist es auch möglich, neben der variablen Vergrößerungszeit auch noch den konstanten Anteil der Zeitspanne zwischen Auslösung des Verschlusses und tatsächlicher Belichtung zu Null zu machen, so daß die Aufnahmen exakt bei Auslösung belichtet werden, für übliche Reihenaufnahmen reicht jedoch die Einhaltung einer für jede Aufnahme konstanten Zeitspanne, wie sie das beschriebene Ausführungsbeispiel sichert, aus.

Patentansprüche

1. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung bei Drehscheibenverschlüssen in photogrammetrischen Luftbildaufnahmekameras, welche mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung und einem Steuergerät ausgerüstet sind, wobei das Steuergerät aus dem Vg/hg-Verhältnis und dem eingestellten Überdeckungsgrad die Bildfolgezeit berechnet und zu den so bestimmten Zeitpunkten einen Auslösebefehl an die Luftbildkamera abgibt und die automatische Belichtungszeit- und Blendensteuerung aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine optimale Belichtungszeit/Blendenkombination berechnet und an der Luftbildkamera die Blende sowie durch entsprechende Regelung der Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses die Belichtungszeit einstellt, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Drehzahl der Drehscheiben des Verschlusses so eingestellt wird, daß die Bildfolgezeit ein ganzzahliges Vielfaches des Zeitintervalls zwischen zwei möglichen Belichtungszeitpunkten des Drehscheibenverschlusses ist und die Differenz zwischen der vorgegebenen und der durch die Drehzahl der Drehscheiben realisierten Belichtungszeit minimal wird und durch eine entsprechende Verstellung der Blende ausgeglichen wird.

2. Verfahren zur verzögerungsfreien Verschlußauslösung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß aus der Bildfolgezeit Δt_{BF} und dem der Belichtungszeit t_B entsprechenden Verschlußöffnungsintervall $\Delta t_{V\ddot{o}}$ der Quotient N,

$$N = \frac{\Delta t_{BF}}{\Delta t_{V\ddot{o}}}$$

berechnet wird, daß der Wert von N auf die nächstliegende ganze Zahl N* gerundet wird, daß nach

$$\Delta t^*_{V\ddot{o}} = \frac{\Delta t_{BF}}{N^*}$$

ein korrigiertes Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{V\ddot{o}}$ berechnet wird, daß nach

$$t^*_B = t_B \cdot \frac{\Delta t^*_{V\ddot{o}}}{\Delta t_{V\ddot{o}}}$$

die realisierte Belichtungszeit t^*_B bestimmt wird, daß nach

$$K^* = K \cdot \sqrt{\frac{t^*_B}{t_B}}$$

die korrigierte Blende K* berechnet und eingestellt wird, wobei K die von der Belichtungszeit/Blendensteuerung der Belichtungszeit t_B zugeordnete Blende ist und daß die Drehzahl der Drehscheiben entsprechend dem korrigierten Verschlußöffnungsintervall $\Delta t^*_{V\ddot{o}}$ eingeregelt wird.

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Patentschrift**

(11) **DE 3523424 C1**

(51) Int. Cl. 4: **H04N 7/12**

(21) Aktenzeichen: P 35 23 424.5-31
(22) Anmeldetag: 29. 6. 85
(43) Offenlegungstag: —
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 30. 10. 86

DE 3523424 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE

(74) Vertreter:

Gralfs, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 3300 Braunschweig

(72) Erfinder:

Ries, Joachim, Dipl.-Ing.; Dörgeloh, Heinrich, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

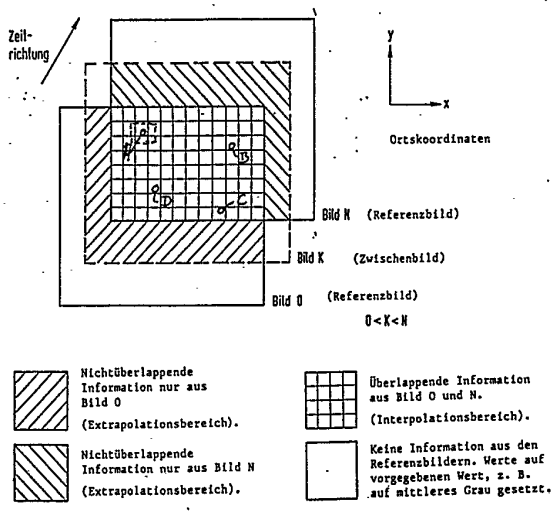
(56) Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 34 08 061
DE-OS 34 08 016
DE-OS 30 18 329
US 43 83 272

US-Z.: Proceedings of the IEEE, Vol.73, Nr.4, Apr.1985, S.523-548;

(54) Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung der aufgenommenen Szene gegenüber dem Aufnahmesensor

Verfahren zur Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung der aufgenommenen Szene gegenüber dem Aufnahmesensor, bei dem durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation unter Zugrundelegung von jeweils zwei übertragenen Bildern wiedergabeseitig erzeugte Zwischenbilder in die übertragene Bildfolge eingefügt werden und die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden objektgleichen Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wenigstens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt werden. Für begrenzte Bildausschnitte, die die Umgebung von jeweils wenigstens einer der zugeordneten Bildpunktpositionen zweier übertragener Bilder repräsentieren, werden die mittleren Helligkeitswerte oder Funktionen dieser Werte ermittelt. Diese Helligkeitswerte oder deren Funktionen werden subtrahiert oder dividiert und nach den sich dabei ergebenden Differenzen bzw. Quotienten wird anteilmäßig der Helligkeitswert im Extrapolationsbereich der Zwischenbilder korrigiert. Auf diese Weise werden auch bei unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen bei der Aufgabe der beiden Referenzbilder Helligkeitssprünge zum Extrapolationsbereich vermieden.



DE 3523424 C1

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung der aufgenommenen Szene gegenüber dem Aufnahmesensor, bei dem durch abbildungsangepaßte Interpolation und/oder Extrapolation unter Zugrundelegung von jeweils zwei übertragenen Bildern wiedergabeseitig erzeugte Zwischenbilder in die übertragene Bildfolge eingefügt werden und die für die Inter- bzw. Extrapolation jeweils zuzuordnenden objektgleichen Bildpunktpositionen der beiden übertragenen Bilder aus der als bekannt ermittelten Zuordnung der Bildpunktpositionen für wenigstens zwei auf vertikal und horizontal ungleichen Koordinaten liegende Objektpunkte in jedem der beiden übertragenen Bilder bestimmt werden, dadurch gekennzeichnet, daß vor Beginn der Rekonstruktion der Zwischenbilder für begrenzte Bildausschnitte, die die Umgebung von jeweils wenigstens einer der zugeordneten objektgleichen Bildpunktpositionen zweier übertragener Bilder repräsentieren, die mittleren Helligkeitswerte dieser Bildausschnitte ermittelt werden, diese Helligkeitswerte subtrahiert oder dividiert werden und nach den sich dabei ergebenden Differenzen bzw. Quotienten anteilmäßig der Helligkeitswert im Extrapolationsbereich der Zwischenbilder korrigiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Extrapolation die mittleren Helligkeiten von repräsentativen Bildausschnitten von wenigstens 4 Bildpunktpositionen zugrunde gelegt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß für die begrenzten Bildausschnitte Bildpunktpositionen zugrunde gelegt werden, die der Rekonstruktion der Zwischenbilder zugrunde liegen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus wenigstens zwei Differenzen bzw. Quotienten jeweils eine Funktion zur Darstelllung ihrer flächenmäßigen Abhängigkeiten gebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils Differenzen bzw. Quotienten der Helligkeitswerte für weitere Bildpunktpositionen aus dieser Funktion mit den Koordinaten dieser weiteren Bildpunktpositionen als Variablen errechnet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion ein Polynom ersten Grades der Koordinaten eines der übertragenen Bilder ist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Übertragung und Wiedergabe von Videoszenen, insbesondere Luftbildszenen, mit reduzierter Bildfolgefrequenz bei Relativbewegung der aufgenommenen Szene gegenüber dem Aufnahmesensor nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Die Zwischenbilder werden aus zwei zu unterschiedlichen Zeitpunkten (z. B. im Abstand von 1 Sekunde) aufgenommenen Referenzbildern gewonnen, deren Bildinformation sich teilweise überlappt.

Im allgemeinen Fall einer Bildbewegung in y- und in x-Richtung weist ein in die Bildfolge einzufügendes Zwischenbild K bezüglich der korrespondierenden Referenzbildinformation vier Bereiche auf. Im Überlappungsbereich der beiden Referenzbilder 0 und N stehen sowohl Information aus dem Referenzbild 0 als auch aus dem Referenzbild N zur Verfügung. Zwei weitere Bereiche enthalten Bildinformation, die jeweils nur in einem der beiden Referenzbilder (Bild 0 oder Bild N) vorhanden ist. In weiteren Bereichen gibt es keine korrespondierende Referenzbildinformation.

Entsprechend diesen Vorgaben werden die Zwischenbilder zusammengesetzt. Im Bereich der Überlappung kann zwischen den Grauwerten aus den Bildern 0 und N interpoliert werden. Durch Gewichtung der Grauwerte entsprechend dem zeitlichen Abstand des jeweils zu rekonstruierenden Zwischenbildes von den Referenzbildern entsteht dabei ein allmählicher Übergang von Bild 0 nach Bild N, der einem bewegungsangepaßten Überblendvorgang entspricht. Die Bereiche, deren Bildinformation nur einem der beiden Referenzbilder zuzuordnen ist, werden aus dem entsprechenden Referenzbild unmittelbar, d. h. ohne abstandsabhängige Gewichtung eingesetzt (Extrapolation), vergl. DE-OS 34 08 061. Die Extrapolation kann, alternativ zur Interpolation, auch auf den Überlappungsbereich ausgedehnt werden. Bereichen ohne korrespondierende Referenzbildinformation wird ein vorgegebener Grauwert, z. B. mittleres Grau, zugewiesen.

Sind die Beleuchtungsverhältnisse bei der Aufnahme der beiden Referenzbilder unterschiedlich, so kann die Grundhelligkeit (d. h. der mittlere Wert der Grauwertverteilung) im Extrapolationsbereich der Zwischenbilder und im Interpolationsbereich oder in Teilen dieser Bereiche voneinander abweichen. Diese Abweichung beeinträchtigt die Wiedergabequalität der erzeugten Zwischenbilder und tritt besonders an den Übergängen beider Bereiche als abrupte Grauwertänderung visuell nachteilig in Erscheinung.

Aufgabe der Erfindung ist es, Helligkeitssprünge am Rande von Bereichen, in denen nur eine Referenzbildinformation vorliegt, deutlich zu vermindern.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 herausgestellten Merkmale gelöst:

Zweckmäßige Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren erweitert das bekannte Zwischenbildinterpolationsverfahren derart, daß die Extrapolationsbereiche und der Interpolationsbereich in ihrer durchschnittlichen Helligkeitsverteilung über das Bild so aneinander angeglichen werden, daß die oben beschriebenen Helligkeitssprünge deutlich vermindert werden und damit keine störenden Einflüsse mehr auf den Betrachter haben.

Die Erfindung wird im nachstehenden anhand der Zeichnung im einzelnen beschrieben.

Fig. 1 zeigt das Prinzip der Rekonstruktion von Zwischenbildern.

Fig. 2 ist eine Darstellung eines aus zwei Referenzbildern rekonstruierten Zwischenbildes.

Fig. 3 zeigt in einem Blockschaltbild den Ablauf der helligkeitsangepaßten Zwischenbild-Rekonstruktion.

Fig. 1 zeigt die zeitliche Anordnung zweier übertragener Bilder (Bild 0 und Bild N) und eines dazwischenliegenden, wiedergabeseitig rekonstruierten Bildes (Bild K), mit den durch Messung ermittelten, objektgleichen Bildpunktpositionen A_0, A_N bzw. B_0, B_N sowie der nach einem linearen Modell daraus bestimmten Bildpunktzuordnung C_K, C_0 bzw. C_K, C_N.

Die Abhängigkeit der Bildpunktposition eines Objektpunktes von der Zeit, d. h. dessen Bild-zu-Bild-Versatz, ist durch die Gesetzmäßigkeiten der Abbildungsgeometrie festgelegt. Sie kann vereinfachend, wie in Fig. 1, durch einen linearen Verlauf approximiert werden. Bei Kenntnis der Positionszuordnung für ein Paar von Objektpunkten in zwei Referenzbildern, z. B. den Positionen (Bildpunkten) A_0, B_0 in Bild 0 und A_N, B_N in Bild N nach Fig. 1 lassen sich die Zuordnungen für den Rest des Bildfeldes, z. B. für die Bildpunkte C_0, C_N aus dem Verhältnis der Bildpunktabstände nach dem Strahlensatz ermitteln. Die Zuordnung zwischen den objektgleichen Bildpunkten C_0 und C_N mit den Koordinaten x'_{C0}, y'_{C0} bzw. x'_{CN}, y'_{CN} und dem entsprechenden Bildpunkt C_K mit den Koordinaten x'_{C_K}, y'_{C_K} in einem Bild K wird durch eine für diesen Punkt jeweils spezifische Zuordnungsgerade zwischen den Bildern 0 und N charakterisiert und kann aus den Koordinatenbeziehungen in bekannter Weise (DE-OS 30 18 329) bestimmt werden.

In Fig. 2 sind die übertragenen Referenzbilder 0 und N wiedergegeben, die zeitlich und hinsichtlich ihrer Ortskoordinaten x und y gegeneinander versetzt sind. Es ist weiter mit gestrichelter Randlinie ein zu rekonstruierendes Zwischenbild K wiedergegeben. Wie aus der Darstellung ersichtlich, enthält der überlappende Bereich, der mit einer Karoschraffur versehen ist, Informationen aus den beiden Referenzbildern 0 und N. In den schraffierten Bereichen liegt keine Überlappung vor. Für diese Bereiche stehen Informationen aus jeweils einem der beiden übertragenen Referenzbildern 0 und N, und zwar im Bereich mit der nach rechts geneigten Schraffur aus dem Bild 0 und im Bereich der nach links gerichteten Schraffur aus dem Bild N zur Verfügung. Während im überlappenden Bereich die jeweiligen Bildpunkte bei der Rekonstruktion durch Interpolation bestimmt werden können, werden die Darstellungen der Bildpunkte im nicht überlappenden Bereich durch Extrapolation unter Verwendung der vorhandenen Informationen aus einem der Referenzbilder bestimmt. Für die Bereiche, in denen keine Informationen vorliegen, werden Werte vorgegeben, beispielsweise ein mittleres Grau.

Aus dem vorstehenden ergibt sich, daß bei wesentlichen Änderungen des mittleren Helligkeitswertes zwischen aufeinanderfolgend übertragenen Referenzbildern ein kontinuierlicher Übergang von den Helligkeitswerten des einen Bildes auf die des anderen Bildes nur im Überlappungsbereich gewährleistet ist, in dem interpoliert wird. In den Extrapolationsbereichen stehen nur die Informationen aus einem der aufeinanderfolgenden Referenzbilder zur Verfügung. Damit kommt es zu sprunghaften Änderungen der Helligkeit beim Übergang vom Interpolationsbereich auf die angrenzenden Extrapolationsbereiche. Derartige abrupte Grauwertänderungen treten visuell nachteilig in Erscheinung.

Derartige abrupte Grauwertänderungen werden durch das im nachstehenden zu beschreibende Verfahren weitgehend ausgeglichen. Dieses Verfahren wertet die durchschnittlichen Helligkeiten aus, die sich aus einer Helligkeits-Mittelung korrespondierender Bildbereiche der beiden Referenzbilder ergeben. Versatzbestimmungstechniken, die der Zwischenbild-Interpolation die nötigen Paßpunkte bzw. Versatzwerte liefern können und nach Flächenkorrelationsverfahren arbeiten, liefern mittlere Helligkeitswerte korrespondierender Bildbereiche in beiden Referenzbildern.

Die ermittelten Differenzen der durchschnittlichen Helligkeiten korrespondierender Bildausschnitte gehen in die Bestimmung der Parameter einer Funktion ein, mit Hilfe der die Helligkeitskorrektur im Zwischenbereich für jeden beliebigen Bildpunkt im Zwischenbild im Falle der Extrapolation durchführbar ist. Die Bestimmung der Parameter erfolgt durch das Lösen eines linearen Gleichungssystems, in das die Helligkeitsdifferenzen sowie die zugeordneten Bildkoordinaten eines der Referenzbilder eingehen.

Das Verfahren stellt eine Verbesserung der gewichteten Zwischenbildpunktinterpolation dergestalt dar, daß Belichtungsunterschiede der verwendeten Referenzbilder nicht oder kaum mehr wahrnehmbar zu Helligkeitssprüngen an den Stoßkanten von Inter- zu Extrapolationsbereichen führen.

Im einzelnen wird wie folgt gearbeitet:

Aus den Referenzbildern 0 und N werden gemäß dem Bildinhalt eine Anzahl n korrespondierender Bildausschnitte ausgewählt, im nachstehenden als Bildausschnittspaare bezeichnet. Die Größe dieser Bildausschnitte ist variabel (beispielsweise 20 × 20 Bildpunkte). Als Zentrum dieser Bildausschnittspaare werden zweckmäßigerweise die schon bekannten, aus der Anwendung von Versatzbestimmungstechniken hervorgehenden und zur Rekonstruktion der Zwischenbilder benötigten korrespondierenden Bildpunktpaare gewählt.

Ein solcher Bildausschnitt ist in Fig. 2 um den Bildpunkt A gestrichelt wiedergegeben. Bezogen auf Referenzbild 0 hat dieser Bildausschnitt die Zentrumskoordinaten $A_0 = (x_{0A}, y_{0A})$, bezogen auf Referenzbild N die Zentrumskoordinaten $A_N = (x_{NA}, y_{NA})$. In dieser Figur sind weitere Bildpunkte B, C und D eingetragen, denen entsprechende Bildausschnittspaare zugeordnet sind.

Die Ermittlung der Korrespondenz zwischen Referenzbild 0 und N, aus der die Festlegung der Zentren der Bildausschnittspaare hervorgeht, ist in dem in Fig. 3 dargestellten Blockschaltbild in Block **12** durchzuführen. Für jeden der Bildausschnitte in Referenzbild 0 bzw. N ist ein Mittelwert der Helligkeiten μ_{0i} bzw. μ_{Ni} (Fig. 3, Block **14**) und von diesen jeweils korrespondierenden Mittelwerten sind die Differenzen zu bilden (Fig. 3, Block **16**).

$$\mu_{Di} = \mu_{Ni} - \mu_{0i} \,. \tag{1}$$

Die so ermittelten Differenzen gehen zusammen mit den ihnen jeweils zugeordneten Bildkoordinaten $A_0, B_0, C_0, D_0 \ldots$ bzw. $A_N, B_N, C_N, D_N \ldots$ in ein vorzugsweise lineares Gleichungssystem ein, aus dessen Lösung die Parameter $a_1 \ldots a_n$ für die Helligkeitskorrekturfunktion (2) hervorgehen (Block **18**).

Beispielsweise:

$$\mu_D (= x_0, y_0) = a_1 x_0 y_0 + a_2 x_0 + a_3 y_0 + a_4 . \quad (2)$$

Dabei entspricht n der Zahl der korrespondierenden Bildausschnitte.

Es können alternativ die den Mittelwerten zugeordneten Bildkoordinaten des Referenzbildes 0 (x_0, y_0) oder die des Referenzbildes $N (x_N, y_N)$ als Bezugsgrößen gewählt werden und dementsprechend in das Gleichungssystem nach beispielsweise (2) eingehen.

Der Grauwert eines zu ermittelnden Zwischenbildpunktes in den Extrapolationsbereichen kann nach den erweiterten Interpolationsgleichungen (3) und (4) berechnet werden – Block **20**.

$$I_K^{(0)} = I_0 (x_0, y_0) + g^{(0)} (K, N) \mu_D (x_0, y_0), \quad (3)$$

$$I_K^{(N)} = I_N (x_N, y_N) + g^{(N)} (K, N) \mu_D (x_0, y_0) \quad (4)$$

mit beispielsweise:

$$g^{(0)} (K, N) = \frac{K}{N}, \quad (5)$$

$$g^{(N)} (K, N) = \frac{K - N}{N}. \quad (6)$$

Die zeitlichen Gewichtungsfaktoren $g^{(0)}$ und $g^{(N)}$ bestimmen den in der Zeit kontinuierlichen Überblendvorgang der Grauwertkorrektur von Referenzbild 0 zu Referenzbild N. Die Gleichungen (5) und (6) geben dabei den Sonderfall des zeitlich linearen Überblendens an.

Im vorstehenden ist das Verfahren unter Zugrundelegung der Bestimmung der Helligkeitswerte durch Subtraktion der mittleren Helligkeiten beschrieben. Es kann auch eine Division der mittleren Helligkeiten zugrunde gelegt werden, bei der dann folgende Gleichungen anzuwenden sind.

$$v_i = \mu_{Ni} / \mu_{0i} , \quad (7)$$

$$v_i (x_0, y_0) = a_1 x_0 y_0 + a_2 x_0 + a_3 y_0 + a_4 , \quad (8)$$

$$I_K^{(0)} = g^{(0)} v (x_0, y_0) \, I_0 (x_0, y_0) , \quad (9)$$

$$I_K^{(N)} = g^{(N)} \frac{1}{v (x_0, y_0)} I_N (x_N, y_N) . \quad (10)$$

Zeichenerklärung

μ_{0i}	–	Helligkeitswert in Referenzbild 0 bzgl. Paßpunkt i.
μ_{Ni}	–	Helligkeitsmittelwert in Referenzbild N bzgl. Paßpunkt i,
μ_{Di}	–	Differenz der korrespondierenden Mittelwerte bzgl. Paßpunkt i,
v_{Di}	–	Quotient der korrespondierenden Mittelwerte,
$\mu_D (x_0, y_0)$	–	Funktion der Helligkeitsdifferenzen,
$v_D (x_0, y_0)$	–	Funktion der Helligkeitsquotienten,
$a_1, a_2, a_3 \ldots a_n$	–	Koeffizienten,
x_0, y_0	–	Bildpunktbezugskoordinaten für Bild 0,
x_N, y_N	–	Bildpunktbezugskoordinaten für Bild N,
N	–	Anzahl der Bilder einer Referenzbildszene,
K	–	Zwischenbildposition $(0 < K < N)$,
$I_K^{(0)}$	–	Grauwert eines Bildpunktes in der Zwischenbildposition K für den Fall, daß nur ein Bildpunktbezug zu Referenzbild 0 besteht (Extrapolationsbereich),
$I_K^{(N)}$	–	Grauwert eines Bildpunktes in der Zwischenbildposition K für den Fall, daß nur ein Bildpunktbezug zu Referenzbild N besteht (Extrapolationsbereich),
$g^{(0)} (K, N)$	–	Zeitlicher Gewichtungsfaktor entsprechend der Zwischenbildposition K in bezug auf Referenzbild 0,
$g^{(N)} (K, N)$	–	Zeitlicher Gewichtungsfaktor entsprechend der Zwischenbildposition K in bezug auf Referenzbild N.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Nummer: 35 23 424
Int. Cl.[4]: H 04 N 7/12
Veröffentlichungstag: 30. Oktober 1986

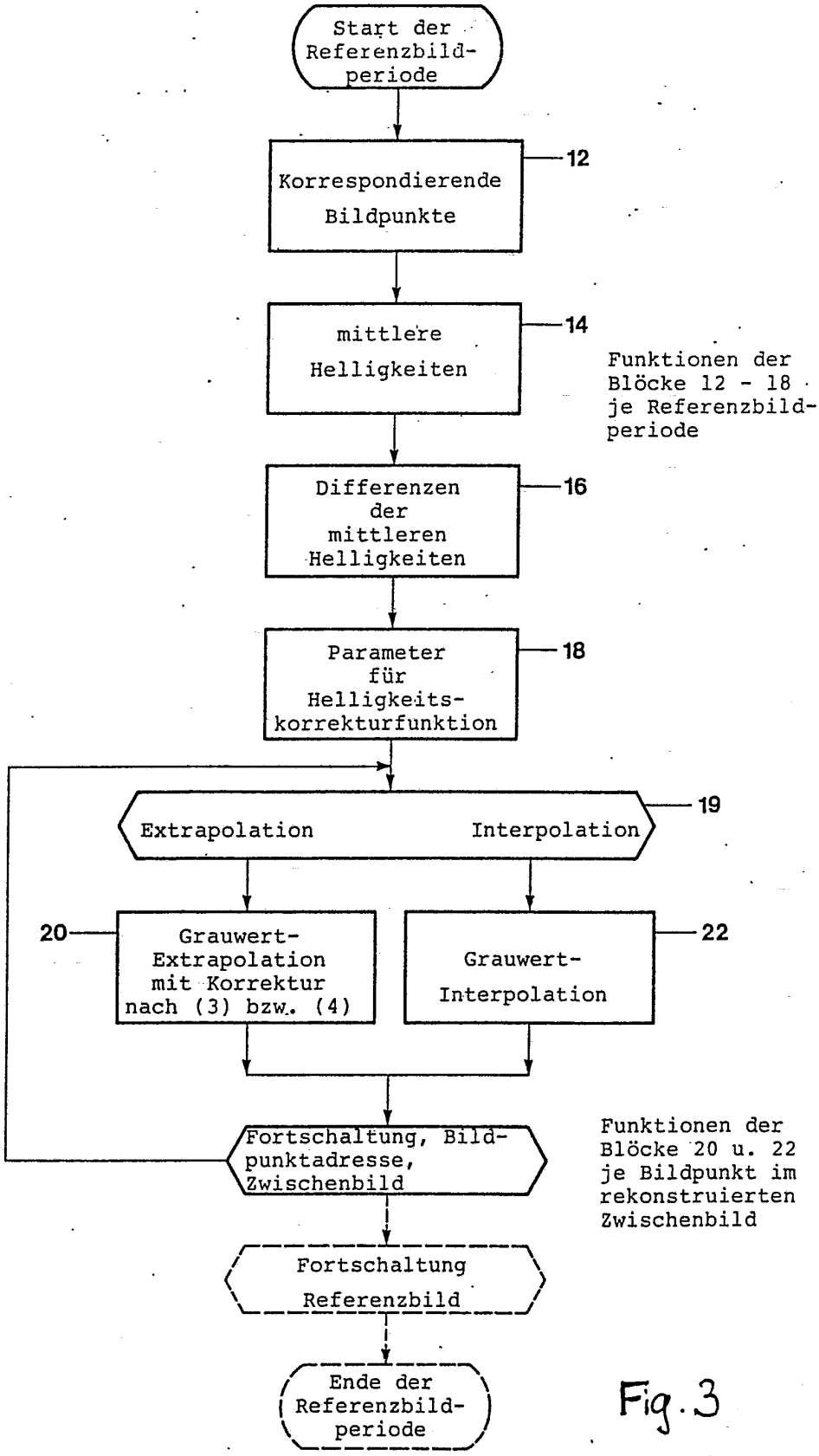


Fig. 3

Nummer: 35 23 424
Int. Cl.⁴: H 04 N 7/12
Veröffentlichungstag: 30. Oktober 1986

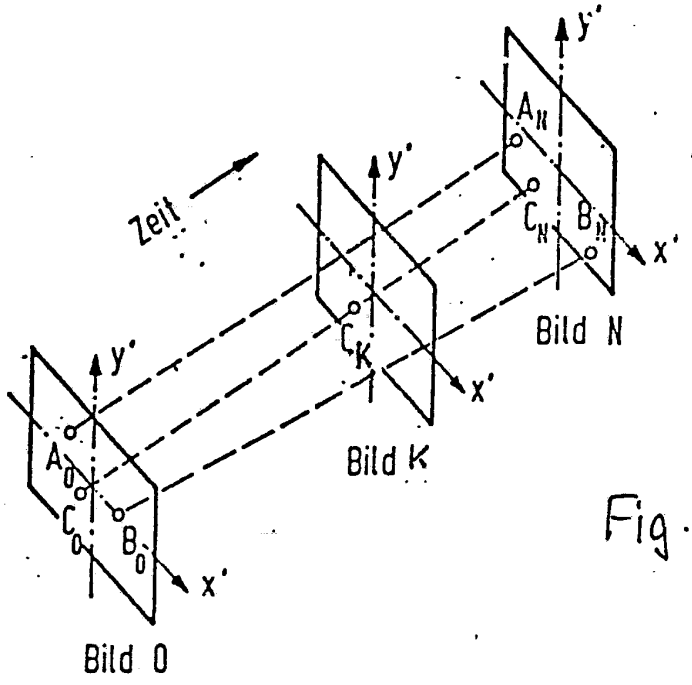
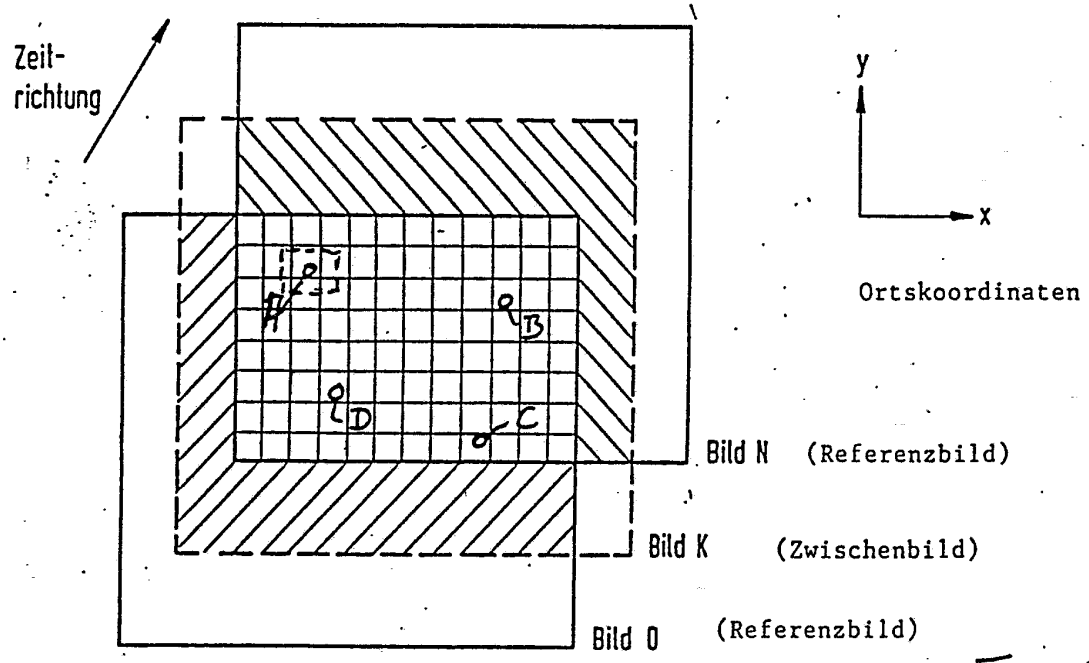


Fig. 1



Ortskoordinaten

Fig. 2

Nichtüberlappende Information nur aus Bild 0 (Extrapolationsbereich).

Überlappende Information aus Bild 0 und N. (Interpolationsbereich).

Nichtüberlappende Information nur aus Bild N (Extrapolationsbereich).

Keine Information aus den Referenzbildern. Werte auf vorgegebenen Wert, z. B. auf mittleres Grau gesetzt.

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3621897 A1**

(51) Int. Cl. 4:
G01C 11/02

(21) Aktenzeichen: P 36 21 897.9
(22) Anmeldetag: 30. 6. 86
(43) Offenlegungstag: 5. 3. 87

Bundeseigentum

DE 3621897 A1

(51) // G01P 9/02,G03B 19/04,G05D 3/14

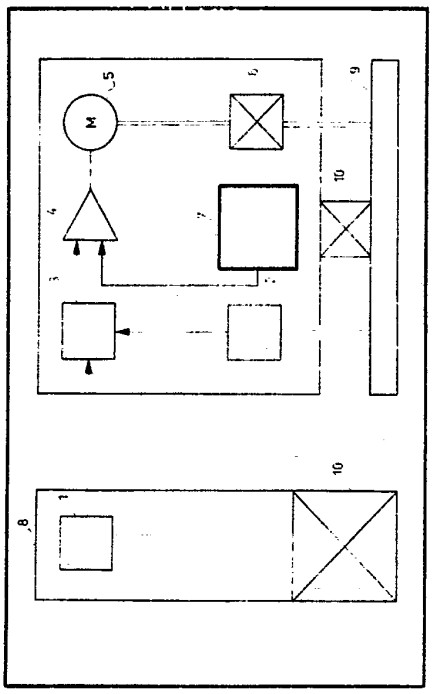
(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
30.08.85 DD WP G 01 C/280 127 4

(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Klose, Heinrich, DDR 6902 Jena-Lobeda, DD;
Plischke, Franz, Dipl.-Ing., DDR 1603 Eichwalde, DD

(54) Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer Luftbildmeßkammer

Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer.
Um durch kurzzeitige Flugzeugdrehungen infolge von Turbulenzen hervorgerufene Beeinträchtigungen der Aufnahmequalität, besonders bei längeren Belichtungszeiten, zu eliminieren, ist mit der Meßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden.
Anwendbar vorzugsweise bei Aufnahmesystemen mit Einrichtungen zur Kompensation der Vorwärts-Bildwanderung.



DE 3621897 A1

Patentansprüche

1. Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer, **dadurch gekennzeichnet,** daß mit der Meßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß je ein Winkelgeschwindigkeitssensor zur Erfassung der Längs- und Querneigung der Meßkammer vorgesehen ist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer. Sie ist vorzugsweise bei Aufnahmesystemen mit Einrichtungen zur Kompensation der Vorwärts-Bildwanderung anwendbar.

Bei modernen, mit Bildwanderungsausgleich versehenen Luftbildmeßkammern ist es möglich, hochauflösende, aber unempfindliche Filme einzusetzen. Daraus resultieren relativ lange Belichtungszeiten. Das bedeutet, daß das Flugzeug sehr stabil fliegen muß, damit tatsächlich nur Bildwanderungen durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeuges auftreten. In der Praxis treten jedoch oftmals Turbulenzen auf, durch die das Flugzeug kurzzeitig in verschiedene Richtungen gedreht wird, so daß Bildwanderungen in verschiedenen Richtungen auftreten. Dadurch wird die Bildqualität entscheidend gemindert. Durch die Kurzzeitigkeit dieser Störungen ist ein Ausgleich durch den das Steuergerät bedienenden Operateur nicht möglich.

Ziel der Erfindung ist die Gewährleistung von Luftbildaufnahmen mit hoher Auflösung auch bei längeren Belichtungszeiten.

Aufgabe der Erfindung ist es, in Verbindung mit der vorhandenen Bildwanderungskompensation sämtliche Bildwanderungen zu eliminieren.

Die Aufgabe wird bei einer Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer dadurch gelöst, daß mit der Meßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden ist. Dabei ist es vorteilhaft, zur Erfassung der Längs- und Querneigung der Meßkammer jeweils einen Sensor vorzusehen.

Die Winkelgeschwindigkeitssensoren können auf der Basis von Kreiseln arbeiten. Sie sprechen nur auf rotatorische Bewegungen an, d. h. bei rein translatorischen Bewegungen ist ihr Ausgangssignal Null.

Das Ausgangssignal der Sensoren wird jeweils einem ohnehin vorhandenen Motor zugeführt, der mit den Sensoren einen Regelkreis bildet und die vom Flugzeug auf die Kammer einwirkenden rotatorischen Bewegungen eliminiert.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Ein von einem Operateur bedienter Soll-Lage-Geber **1** in einem Steuergerät **8**, das über eine kardanische Aufhängung **10** mit dem Flugzeug verbunden ist, übermittelt die Soll-Lage des Kamerasystems an ein System zur Horizontierung. In der Zeichnung ist ein System zur Änderung in einer Drehachse dargestellt.

Ein mit einem Istwert-Geber **2** verbundener Komparator **3** ermittelt das Korrektursignal, das über einen Verstärker **4** einem Motor **5** mit Getriebe **6** zugeführt wird. Dadurch wird der vom Operateur festgelegte Sollzustand herbeigeführt. Dem Verstärker **4** ist nun ein Winkelgeschwindigkeitssensor **7** vorgeordnet. Das Signal dieses Sensors entspricht der kurzzeitigen Abweichung des aufgehängten Kamerasystems von der eingestellten mittleren Soll-Lage. Es ergibt sich eine Ansteuerung des Motors **5**, der die rotatorischen Bewegungen des Kamerasystems um die jeweilige Drehachse eliminiert.

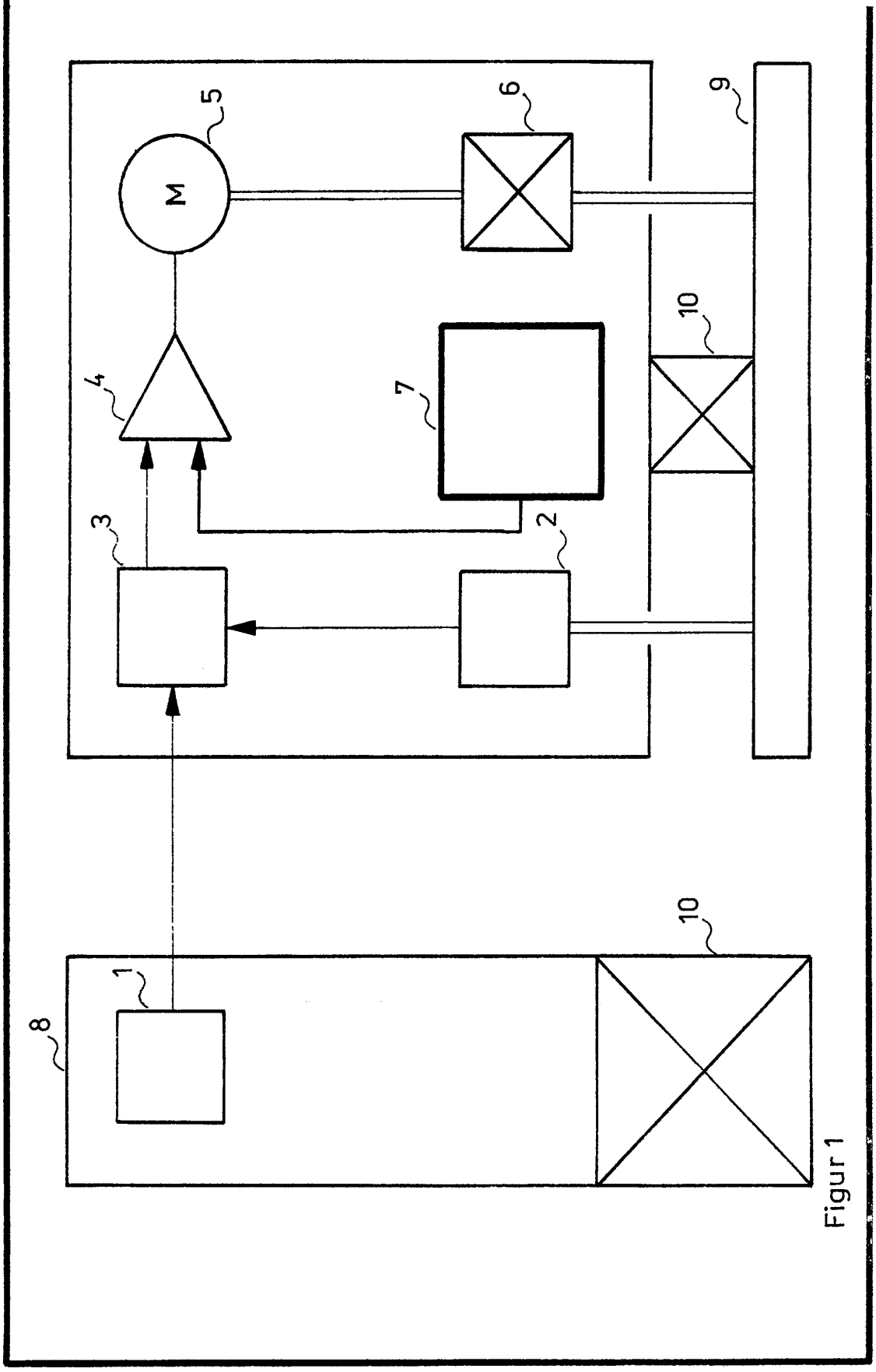
Der Istwert-Geber **2** und die Getriebeanordnung **6** sind jeweils mit einem mit dem Flugzeug verbundenen festen Teil der Aufhängung verbunden. Für jede Drehachse ist eine Anordnung der beschriebenen Art auf den kardanisch aufgehängten Teil des Meßkammersystems vorgesehen.

Der Soll-Lage-Geber kann auch Bestandteil eines automatischen Steuerungssystems sein.

– Leerseite –

3621897

Nummer: 36 21 897
Int. Cl.[4]: G 01 C 11/02
Anmeldetag: 30. Juni 1986
Offenlegungstag: 5. März 1987



Figur 1

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3624608 A1**

(51) Int. Cl. 4:
G 03 B 37/04

(21) Aktenzeichen: P 36 24 608.5
(22) Anmeldetag: 21. 7. 86
(43) Offenlegungstag: 2. 4. 87

DE 3624608 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
02.10.85 DD WP G 01 C/281 324 5

(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys., DDR 6900 Jena, DD; Beck, Bernard, Dipl.-Phys.; Diete, Norbert, Dipl.-Phys., DDR 6902 Jena-Lobeda, DD

(54) Verfahren und Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei der ein Objektiv das überflogene Gelände auf eine Projektionsfläche (3) abbildet, wobei auf der Projektionsfläche (3) mindestens zwei Photoempfängerzeilen (1, 2) senkrecht zur Bewegungsrichtung (4) des Geländeabbildes angebracht sind und aus den Signalen der Photoempfänger (1, 2) Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit des Geländeabbildes auf der Projektionsfläche (3) und damit die Abdrift und das v_g/h_g-Verhältnis bestimmt wird. Ziel und Aufgabe der Erfindung bestehen in der Eliminierung von durch Kippungen (ω) um die Flugzeuglängs- bzw. -querachse (φ) hervorgerufenen Fehler der Bestimmung von v_g/h_g und Abdrift. Dazu wird zeitgleich mit dem Auslesen der Photoempfängerzeilen (1, 2) die Kippung (ω, φ) des Flugzeugs bestimmt und bei der Auswertung der Signale der Photoempfänger (1, 2) berücksichtigt. Das Anwendungsgebiet der Erfindung bilden Steuergeräte für Luftbildaufnahmekameras.

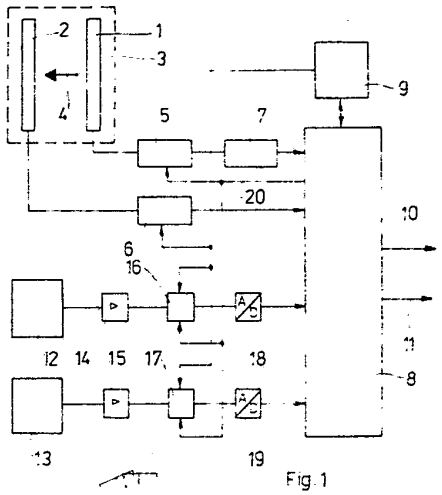


Fig. 1

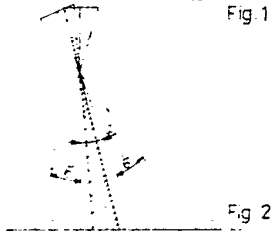


Fig. 2

DE 3624608 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei dem die Verschiebung eines Geländeabbildes auf einer Projektionsfläche (3) mittels Vergleich (Korrelation) der Bilddaten von zwei auf der Projektionsfläche (3) im wesentlichen senkrecht zur Bewegungsrichtung (4) des Geländeabbildes angeordneten Photoempfängerzeilen (1, 2) bestimmt wird, wobei die Bilddaten der in Bewegungsrichtung (4) des Geländeabbildes vorn liegende Zeile zwischengespeichert und in einem Zeitraster (9) mit den Bilddaten der zweiten Photoempfängerzeile (2) verglichen werden, und aus der für die Verschiebung identischer Bildstrukturen von der ersten (1) zur zweiten Zeile (2) bestimmten Zeit das v_g/h_g-Verhältnis und aus der Verschiebung entlang der Zeilenrichtung die Abdrift bestimmt und diese Werte in Steuerdaten für die Luftbildkamera umgesetzt werden, **gekennzeichnet dadurch**, daß im wesentlichen im gleichen Zeitraster (9) mindestens die Größe der Kippung (ω) des Flugzeugs um seine Längsachse bestimmt wird, daß aus der Größe dieser Kippung (ω) die entsprechende Verschiebung des Abbildes der Bildstruktur berechnet wird und daß bei dem Vergleich der Bilddaten der beiden Zeilen (1, 2) die durch die Kippung (ω) bewirkte Verschiebung berücksichtigt wird.

2. Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß aus der Größe der Kippung (ω) des Flugzeugs der Teil der Bilddaten der beiden Zeilen (1, 2), der gleiche Bildstrukturen enthält, bestimmt, und daß zum Vergleich nur dieser Teil der Bilddaten herangezogen wird.

3. Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, das die Zahl $\bar{n}$ der Pixel der beiden Zeilen (1, 2), deren Bilddaten die gleiche Bildstruktur repräsentieren, nach Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{2}\left[1 - \frac{\tan(\omega - \sigma)}{\tan \sigma}\right]$$

berechnet wird, wobei n die Gesamtzahl der Pixel der Zeilen, σ der Bildwinkel der Photoempfängerzeilen und ω die festgestellte Verkippung ist.

4. Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß weiterhin im gleichen Zeitraster (9) die Kippung (ω) des Flugzeugs um seine Querachse (4) bestimmt wird, daß aus der Größe dieser Kippung (ω) die entsprechende Verschiebung des Abbildes der Bildstruktur berechnet wird, daß aus dieser Verschiebung ein Korrekturwert für die Bewegungsgeschwindigkeit des Geländeabbildes gebildet wird, und daß dieser Korrekturwert bei der Bestimmung des v_g/h_g-Verhältnisses berücksichtigt wird.

5. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach dem Verfahren nach Anspruch 1, bei der in einer Projektionsfläche (3) eines Objektivs mindestens zwei Photoempfängerzeilen (1, 2) vorzugsweise senkrecht zur Bewegungsrichtung (4) des Geländeabbildes angebracht sind, wobei den beiden Photoempfängerzeilen (1, 2) eine Signalverarbeitungseinheit nachgeschaltet ist,

welche mindestens aus einem Zeitgeber (9), einem Zwischenspeicher (7) für die von den Photoempfängerzeilen (1, 2) gelieferten Bilddaten, einer Korrelatorschaltung und einer Steuerimpulserzeugungsschaltung besteht, gekennzeichnet dadurch, daß die Signalverarbeitungseinheit eine Datenkorrekturschaltung aufweist, welche mit Sensoren zur Bestimmung der Größe der Kippungen (ω) um die Flugzeuglängs- bzw. -querachse (φ) verbunden ist.

6. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 5, gekennzeichnet dadurch, daß die Datenkorrekturschaltung eine Rechenschaltung, welche nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{2}\left[1 - \frac{\tan(\omega - \sigma)}{\tan \sigma}\right]$$

die Zahl der Pixel bestimmt, deren Bilddaten identische Bildstrukturen repräsentieren, sowie eine Auswahlschaltung, die mit der Korrelatorschaltung verbunden ist, aufweist, welche nur die so bestimmten Bilddaten an die Korrelatorschaltung abgibt.

7. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 5, gekennzeichnet dadurch, daß als Sensoren Winkelgeschwindigkeitsgeber (12, 13) vorgesehen sind, daß den Winkelgeschwindigkeitsgebern (12, 13) Integratoren (16, 17) nachgeschaltet sind, welche sowohl mit der Datenkorrekturschaltung als auch mit dem Zeitgeber (9) elektrisch verbunden sind.

8. Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras nach Anspruch 5, gekennzeichnet dadurch, daß die Signalverarbeitungseinheit aus mindestens einem Mikrorechner (8) mit entsprechenden Peripheriebaugruppen besteht.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei der mindestens das Verhältnis von Geschwindigkeit über Grund zur Höhe über Grund (v_g/h_g) und die Abdrift bestimmt und aus diesen Daten Steuerdaten für die zeitgerechte Auslösung der Kamera zur Erzielung von konstanten Bildüberdeckungen bei Reihenaufnahmen sowie für die Kompensation der Abdrift gebildet werden.

Automatische Steuergeräte für Luftbildkameras sind bekannt. Im DD-WP 1 15 809 ist ein Steuergerät beschrieben, welches in der Projektionsfläche eines Objektivs zwei voneinander getrennte digitale Photoempfängermatrizen mit je vier Zeilen enthält, denen eine Informationsverarbeitungsstufe nachgeschaltet ist, welche des Bildfolgeintervall, die Abdrift und weitere Einstellwerte der Kamera berechnet und mit diesen Werten die Luftbildkamera steuert.

In der DE-OS 34 27 066 ist ein Steuergerät beschrieben, welches in der Projektionsfläche mindestens zwei senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes verlaufende Photoempfängerzeilen aufweist, denen Datenspeicher und eine Korrelationsschaltung nachgeordnet sind, mit deren Hilfe das Bildfolgeintervall und die Abdrift bestimmt werden.

Die Arbeitsweise der bekannten Lösungen beruht auf der Bestimmung der Größe der Verschiebung identischer Bildstrukturen über die Projektionsfläche, welche

durch Korrelation der von den zwei Photoempfängerzeilen (-matrizen) zu verschiedenen Zeitpunkten gelieferten Helligkeitswerte des Geländeabbildes bestimmt werden. Bei bekanntem Abstand der beiden Zeilen voneinander ist die Zeit, in der eine Bildstruktur von der einen Zeile zur anderen wandert ein Maß für das v_g/h_g-Verhältnis, während die Verschiebung der Struktur innerhalb der Zeile (Querverschiebung) ein Maß für die Abdrift ist.

Die bekannten Lösungen mit zwei parallelen Zeilen (Matrizen) weisen den Nachteil auf, daß die Bestimmung von v_g/h_g und der Abdrift bei plötzlichen Bewegungen des Flugzeugs um seine Längs-, bzw. Querachse, wie sie durch Turbulenzen, Flugkorrekturen u. ä. praktisch ständig auftreten, sehr fehlerhaft arbeitet bzw. sogar vollständig versagt. Zur Lösung dieses Problems wurde im DD-WP 2 22 395 vorgeschlagen, eine dritte Zeile parallel zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes in der Projektionsfläche anzuordnen, welche über einen eigenen Korrelator verfügt, mit dessen Hilfe eine "differentielle" v_g/h_g-Bestimmung erfolgt. Diese Lösung erfordert einen erheblichen Mehraufwand (3. Zeile) und erbringt nur für die v_g/h_g-Bestimmung eine Abhilfe. Das Kippen des Flugzeugs um die Längsachse bewirkt eine plötzliche Verringerung des Korrelationsfaktors der Daten der dritten Zeile, diese tritt jedoch auch bei Abdrift des Flugzeugs auf, so daß keine Möglichkeit zur Trennung der beiden Ursachen und somit zur Angabe der Einwirkung der Verkippung auf das Ergebnis der Abdriftbestimmung besteht. In solchen Fällen bleibt nur die Möglichkeit, die bestimmte Abdrift nicht zur Steuerung der Kamera heranzuziehen und den Zyklus der Abdriftbestimmung neu zu starten. Somit ist die Funktionsfähigkeit des Steuergerätes stark eingeschränkt.

Es ist das Ziel der Erfindung, die korrekte Funktion eines automatischen Steuergerätes auch unter ungünstigen Flugbedingungen zu gewährleisten und so einen Beitrag zur Verringerung des personellen Aufwandes beim Bildflug und zur Erhöhung der Qualität des gewonnenen Bildmaterials zu leisten.

Die Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren und eine Anordnung zur automatischen Steuerung einer Luftbildaufnahmekamera anzugeben, welches auch bei plötzlichen Bewegungen des Flugzeugs um seine Längs- bzw. Querachse korrekte Werte für das v_g/h_g-Verhältnis und die Abdrift liefert.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Verfahren zur automatischen Steuerung von Luftbildaufnahmekameras, bei dem die Verschiebung eines Geländebildes auf einer Projektionsfläche mittels Vergleich (Korrelation) der Bilddaten von zwei auf der Projektionsfläche im wesentlichen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes angeordneten Photoempfängerzeilen bestimmt wird, wobei die Bilddaten der in Bewegungsrichtung des Geländeabbildes vorn liegenden Zeile zwischengespeichert und in einem Zeitraster mit den Bilddaten der zweiten Photoempfängerzeile verglichen werden, und aus der für die Verschiebung identischer Bildstrukturen von der ersten zur zweiten Zeile bestimmten Zeit das v_g/h_g-Verhältnis und aus der Verschiebung entlang der Zeilenrichtung die Abdrift bestimmt und diese Werte in Steuerdaten für die Luftbildkamera umgesetzt werden, gelöst, indem im wesentlichen im gleichen Zeitraster mindestens die Größe der Kippung des Flugzeugs um seine Längsachse bestimmt wird, aus der Größe dieser Kippung die entsprechende Verschiebung des Abbildes der Bildstruktur berechnet wird und bei dem Vergleich der Bilddaten der beiden Zeilen die durch die Kippung bewirkte Verschiebung berücksichtigt wird. Dabei ist es günstig, aus der Größe der Kippung den Teil der Bilddaten zu bestimmen, der gleiche Bildstrukturen enthalten kann, und nur diesen Teil für den Vergleich heranziehen. Die Zeit $\bar{n}$ der Pixel dieses Teils wird vorteilhafterweise nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{2}\left[1 - \frac{\tan(\omega - \sigma)}{\tan\sigma}\right]$$

berechnet, wobei n die Gesamtzahl der Pixel, σ der Bildwinkel der Photoempfängerzeilen und ω die festgestellte Verkippung ist.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung ergibt sich, wenn weiterhin im gleichen Zeitraster die Kippung des Flugzeugs um seine Querachse bestimmt wird, aus der Größe dieser Kippung die entsprechende Verschiebung des Abbildes der Bildstruktur berechnet wird, aus dieser Verschiebung ein Korrekturwert für die Bewegungsgeschwindigkeit des Geländeabbildes gebildet wird und dieser Korrekturwert bei der Bestimmung des v_g/h_g-Verhältnisses berücksichtigt wird.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur automatischen Steuerung einer Luftbildaufnahmekamera weist mindestens zwei Photoempfängerzeilen, welche in der Projektionsfläche eines Objektivs vorzugsweise senkrecht zur Bewegungsrichtung des Geländeabbildes angebracht sind sowie eine den Photoempfängerzeilen nachgeschaltete Signalverarbeitungseinheit auf, welche mindestens aus einem Zeitgeber, einem Zwischenspeicher für die von den Photoempfängerzeilen gelieferten Bilddaten, eine Korrelatorschaltung und einer Steuerimpulserzeugungsschaltung besteht, wobei die Signalverarbeitungseinheit weiterhin eine Datenkorrekturschaltung enthält, welche mit Sensoren zur Bestimmung der Größe der Kippungen um die Flugzeuglängs- bzw. -querachse verbunden ist. Vorteilhafterweise besteht die Datenkorrekturschaltung aus einer Rechenschaltung, welche nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{1}\left[1 - \frac{\tan(\omega - \sigma)}{\tan\sigma}\right]$$

die Zahl der Pixel bestimmt, deren Bilddaten identische Bildstrukturen repräsentieren können, sowie einer mit der Korrelatorschaltung verbundenen Auswahlschaltung, welche nur die so bestimmten Bilddaten an die Korrelatorschaltung abgibt.

Die Sensoren können z. B. Winkelgeschwindigkeitsgeber sein denen Integratoren nachgeschaltet sind, welche sowohl mit der Datenkorrekturschaltung als auch mit dem Zeitgeber elektrisch verbunden sind, aber auch geeignete andere Winkelgeber sind einsetzbar.

Es ist vorteilhaft, wenn die Signalverarbeitungseinheit aus mindestens einem Mikrorechner mit entsprechenden Peripheriebaugruppen besteht und das erfindungsgemäße Verfahren durch eine geeignete Programmierung realisiert wird.

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß durch Kippungen des Flugszeugs um seine Längs- bzw. Querachse hervorgerufene Fehler der herkömmlichen optoelektronischen Bestimmung von Abdrift- bzw. v_g/h_g-Verhältnis eliminiert werden, indem die dadurch bewirkte Bildverschiebung berücksichtigt wird und nur die Bilddaten zur Korrelation herangezogen werden, welche gleiche Geländestrukturen repräsentieren. Weiterhin ergibt sich durch diese Maßnahme ein schärferes Maximum der Korrelation und somit eine Erhöhung der

Genauigkeit der für die Steuerung der Luftbildaufnahmekamera herangezogenen Meßwerte.

Die Erfindung wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel anhand von zwei Zeichnungen erläutert. Es zeigen

Fig. 1: ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung.

Fig. 2: eine Skizze zur Veranschaulichung der geometrischen Verhältnisse bei der Kippung um eine Flugzeugachse

In **Fig.** 1 befinden sich zwei Photoempfängerzeilen **1, 2** auf der Projektionsfläche **3** eines hier nicht dargestellten Objektivs. Der Pfeil **4** zeigt die Bewegungsrichtung des auf die Projektionsfläche **4** projizierten Geländeabbildes an. Den Zeilen **1** und **2** ist je eine Ansteuerschaltung **5, 6**, die auch Sample & Hold-Verstärker und A/D-Wandler enthält, nachgeordnet. Der Ansteuerschaltung **5** der Zeile ist weiterhin ein Datenspeicher **7** nachgeschaltet. Der Datenspeicher **7** und die Ansteuerschaltung **6** sind mit einem Mikrorechner **8** verbunden, der von einem Taktgeber **9** getaktet wird. Der Rechner **8** weist Ausgänge **10, 11** für die Abdrift und das v_g/h_g-Verhältnis auf. Zwei Winkelgeschwindigkeitsmessern **12, 13**, die so im Flugzeug angebracht sind, daß sie auf die Kippung um die Flugzeuglängsachse (ω) und die Flugzeugquerachse (φ) reagieren, sind Verstärker **14, 15**, Integratoren **16, 17** und A/D-Wandler **18,19** nachgeschaltet. Die Datenausgänge der A/D-Wandler **18, 19** sind mit entsprechenden Eingängen des Rechners **8** verbunden. Der Taktgeber **9** weist Verbindungen zur Ansteuerschaltung **6** und den Integratoren **16, 17** auf.

Anhand diese Ausführungsbeispiels wird jetzt das erfindungsgemäße Verfahren zur automatischen Steuerung einer Luftbildaufnahme näher erläutert.

Zum Start wird vom Rechner über eine Signalleitung **20** das Auslesen der Photoempfängerzeile **1** und die Abspeicherung der in digitale Werte umgewandelten Bilddaten im Speicher **7** bewirkt, außerdem werden die in den Integratoren **16, 17** anstehenden Werte zurückgesetzt. Gleichzeitig wird der Taktgeber **9** dazu angestoßen, Impulse in einem regelmäßigen Zeitraster von z. B. 50 ms zu erzeugen und an die Ansteuerschaltung **6** sowie die Integratoren **16, 17** abzugeben. Bei jedem dieser Impulse wird die Zeile **2** ausgelesen und die in digitale Werte gewandelten Bilddaten an den Rechner abgegeben, gleichzeitig werden die nach der Integration der Winkelgeschwindigkeit während der Zeit zwischen den Impulsen in den Integratoren **16, 17** anstehenden Winkelwerte ausgelesen und mittels der A/D-Wandler **18, 19** in digitale Werte umgewandelt an den Rechner **8** abgegeben.

Der Rechner **8** berechnet jetzt für den Kippwinkel ω um die Flugzeuglängsachse nach der Formel

$$\bar{n} = \frac{n}{1}\left[1 - \frac{\tan(\omega - \sigma)}{\tan \sigma}\right]$$

Die Zahl der Pixel der beiden Zeilen, auf die bei Vernachlässigung der Abdrift identische Bildstrukturen abgebildet werden. Die geometrischen Zusammenhänge dazu sind in **Fig.** 2 dargestellt, der schraffierte Teil zeigt den Bildteil, der auf beide Zeilen abgebildet wird. n ist dabei die Gesamtzahl der Pixel und σ der Bildwinkel der beiden Zeilen, Die Formel ist eine Näherung, die die Streckung der auf ein Pixel abgebildeten Geländestruktur bei Nichtparallelität zwischen Zeile und Gelände vernachlässigt, was bei $\omega < 10°$ (maximaler praktisch vorkommender Wert) wegen des Faktors $\frac{1}{\cos \omega}$ durchaus zulässig ist. Wie aus **Fig.** 2 ebenfalls hervorgeht, befinden sich die zum Vergleich der Bilddaten geeigneten Pixel stets an den entgegengesetzten Enden der beiden Zeilen; welches Ende jeweils zugrunde zu legen ist, wird durch das Vorzeichen von ω bestimmt. Mit den so bestimmten Bilddatenfolgen wird jetzt im Rechner **8** in dem durch den Taktgeber **9** definierten Zeitraster der Vergleich (Korrelation) zwischen den im Speicher **7** abgespeicherten und den von Zeile **2** aktuell ankommenden Bilddaten durchgeführt, d. h. daß jeweils vor der Korrelation der Einfluß der Kippung um die Längsachse auf das "Gesichtsfeld" der Zeile **2** berücksichtigt wird. Die erhaltenen Korrelationsfaktoren werden abgespeichert und mit den bei den vorangegangenen Korrelationen erhaltenen verglichen, um so das Maximum an Übereinstimmung zu finden. Dazu geeignete Verfahren sind bekannt, z. B. kann das in der DE-OS 34 27 066 angegebene benutzt werden. Ist das Korrelationsmaximum erreicht, so bedeutet das, daß jetzt das Geländebild sich von Zeile **1** zu Zeile **2** bewegt hat. Aus der dazu notwendigen Zeit (d. h. der Zahl der Takte des Zeitrasters) und dem Abstand zwischen den Zeilen **1** und **2** wird das v_g/h_g-Verhältnis bestimmt. Zur Berücksichtigung durch durch eine eventuelle Kippung φ um die Flugzeugquerachse bewirkten Bildverschiebung wird diese Bildverschiebung bei der v_g/h_g-Bestimmung zu dem festen Abstand der beiden Zeilen addiert, so daß jeweils ein korrigierter Abstandswert in die Rechnung eingeht. Dieses v_g/h_g-Verhältnis und die aus der Verschiebung der beiden nach dem oben angegebenen Verfahren bestimmten Bilddatenfolgen gegeneinander bestimmte Abdrift werden über die Ausgänge **10** und **11** vom Rechner an die Luftbildkamera abgegeben. Anschließend beginnt der gesamte Zyklus erneut mit dem Einlesen der Bilddaten von Zeile **1** in Speicher **7** und dem Zurücksetzen der in den Integratoren **16, 17** anstehenden Werte.

Die Realisierung der Erfindung ist nicht an das dargestellte Ausführungsbeispiel gebunden. So kann z. B. die Berücksichtigung der Kippung um φ auch mit der im DE-WP 2 22 395 dargestellten "differentiellen" Bestimmung des v_g/h_g-Verhältnissen ausreichend sein. Als Sensoren für die Kippwinkel können auch andere geeignete Systeme, wie z. B. Kreisel, künstlicher Horizont u. ä. verwendet werden, insbesondere bietet sich an, auf die zur Navigation des Flugzeugs von vornherein vorhandenen Systeme zurückzugreifen. Desweiteren ist es gleich, ob mit dem Rechner **8** nur die numerischen Werte für v_g/h_g und Abdrift oder sofort die notwendigen Steuerimpulse für die Luftbildkamera gebildet werden.

– Leerseite –

3624608

Nummer: 36 24 608
Int. Cl.[4]: G 03 B 37/04
Anmeldetag: 21. Juli 1986
Offenlegungstag: 2. April 1987

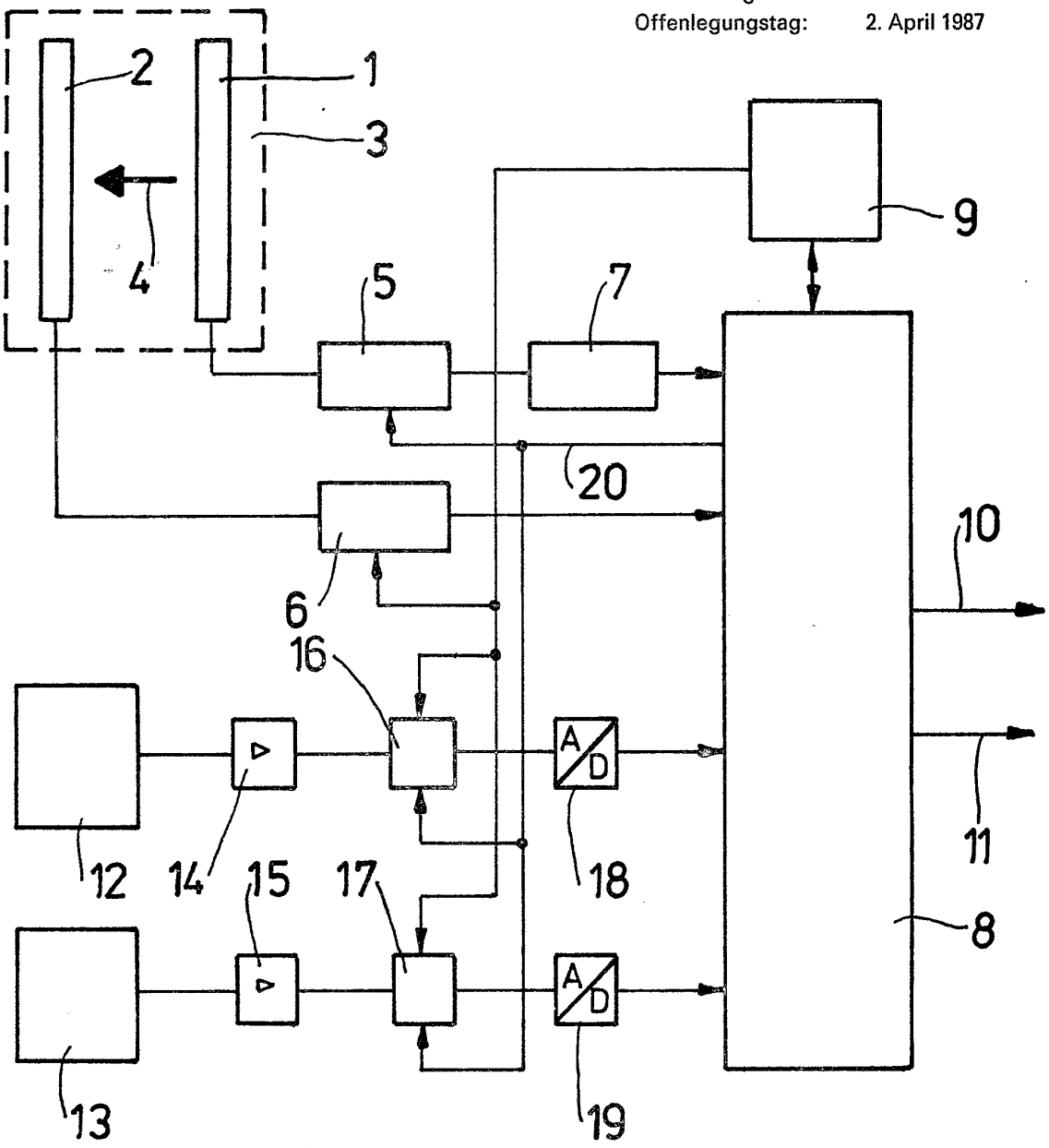


Fig. 1

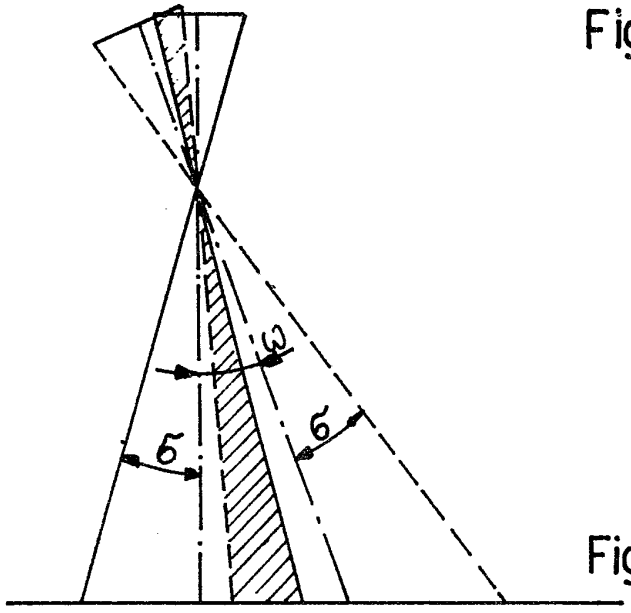


Fig. 2

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3633714 A1**

(51) Int. Cl. 4: G01C 11/04

DEUTSCHES PATENTAMT

(21) Aktenzeichen: P 36 33 714.5
(22) Anmeldetag: 3. 10. 86
(43) Offenlegungstag: 2. 7. 87

Behördeneigentum

DE 3633714 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
30.12.85 DD WP C 01 C/285 643 1

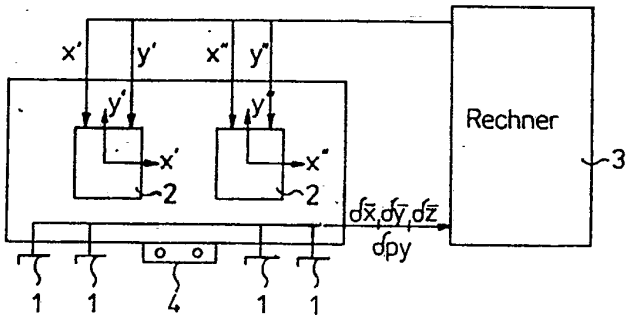
(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Mark, Rolf-Peter, Dr., DDR 6900 Jena, DD

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Echtzeitauswertung von Luftbildern in digital gesteuerten photogrammetrischen Auswertegeräten

Ein universelles Verfahren zur Echtzeitauswertung von Luftbildern in digital gesteuerten photogrammetrischen Auswertegeräten wird realisiert, indem eine Einteilung des Modells in räumliche Segmente vorgenommen wird und diesen spezielle Transformationsparameter zugeordnet werden, wobei diese aus den Daten der äußeren Orientierung der Luftbilder und den Mittelpunktkoordinaten der räumlichen Segmente ermittelt werden und der Speicherbereich des Rechenwerkes (3) in Unterbereiche unterteilt wird, wobei jedem räumlichen Segment des Modells ein Speicherbereich zugeordnet ist.



Figur 1

DE 3633714 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur Echtzeitauswertung von Luftbildern in digital gesteuerten photogrammetrischen Auswertegeräten, wobei
über Eingabeelemente (1) eine Einstellung auf Modellpunkte vorgenommen wird,
die den eingestellten Werten entsprechenden Modellkoordinaten $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ einem Rechenwerk (3) übertragen,
die berechneten Bildkoordinaten (x', y', x'', y'') an Regelkreise ausgegeben,
durch die Regelkreise über motorische Antriebe die Bildträger (2) bewegt
und die zu den Modellkoordinaten gehörigen Bildkoordinaten eingestellt werden,
dadurch gekennzeichnet, daß eine Einteilung des Modells in räumliche Segmente A_{ik} der Abmessungen 2 $(d\bar{x}, d\bar{y}, d\bar{z})$ vorgenommen wird und diesen spezielle Transformationsparameter zugeordnet werden, wobei diese aus den Daten der äußeren Orientierung der Luftbilder und den Mittelpunktkoordinaten der räumlichen Segmente im Modell entsprechend der Taylorschen Formel ermittelt werden, wobei zwischen Bild- und Modellkoordinaten der Zusammenhang

$$\begin{matrix} x_i' \\ y_i' \end{matrix} = \begin{matrix} k_0^{x'} \\ k_0^{y'} \end{matrix} + \frac{k_{01}'}{k_{01}' + k_{02}'\,d\bar{x}_i + k_{03}'\,d\bar{y}_i + k_{04}\,d\bar{z}_i} \cdot \left\{ K' \begin{pmatrix} d\bar{x}_i \\ d\bar{y}_i \\ d\bar{z}_i \end{pmatrix} + R' \begin{pmatrix} d\bar{x}_i^2 \\ 2\,d\bar{x}_i\,d\bar{z}_i \\ 2\,d\bar{x}_i\,d\bar{y}_i \\ d\bar{y}^2 \\ 2\,d\bar{y}_i\,d\bar{z}_i \\ d\bar{z}_i^2 \end{pmatrix} \right\}$$

besteht und der Speicherbereich des Rechenwerks in Unterbereiche unterteilt wird, wobei jeden räumlichen Segment A_{ik} des Modells ein Speicherbereich zugeordnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen der räumlichen Segmente kleiner als die verwendete Wortlänge des Rechners sind.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Echtzeitauswertung in digital gesteuerten photogrammetrischen Auswertegeräten, wobei über Eingabeelemente eine Einstellung auf Modellpunkte vorgenommen wird, die den eingestellten Werten entsprechenden Modellkoordinaten $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ einem Rechenwerk übertragen, die berechneten Bildkoordinaten (x', y', x'', y'') an Regelkreise ausgegeben, durch die Regelkreise über motorische Antriebe die Bildträger bewegt und die zu den Modellkoordinaten gehörigen Bildkoordinaten eingestellt werden.

Bekannte analytische Auswertegeräte (PLANICOMP C 100 Opton, BC 1 WILD, DSR 11 KERN) realisieren in Echtzeit (≤ 50 Hz) eine Transformation zwischen einen räumlichen kartesischen Koordinatensystem (Objektkoordinaten, Modellkoordinaten) und zwei ebenen kartesischen Koordinatensystemen (Koordinaten des linken und rechten Bildes nach den Gleichungen:

$$x' = \frac{a_{11}(x - x_{01}) + a_{12}(y - y_{01}) + a_{13}(z - z_{01})}{a_{31}(x - x_{01}) + a_{32}(y - y_{01}) + a_{33}(z - z_{01})}\, c_k;$$

$$x'' = \frac{b_{11}(x - x_{02}) + b_{12}(y - y_{02}) + b_{13}(z - z_{02})}{b_{31}(x - x_{02}) + b_{32}(y - y_{02}) + b_{33}(z - z_{02})}\, c_k;$$

$$y' = \frac{a_{21}(x - x_{01}) + a_{22}(y - y_{01}) + a_{33}(z - z_{01})}{a_{31}(x - x_{01}) + a_{32}(y - y_{01}) + a_{33}(z - z_{01})}\, c_k;$$

$$y'' = \frac{b_{21}(x - x_{02}) + b_{22}(y - y_{02}) + b_{23}(z - z_{02})}{b_{31}(x - x_{02}) + b_{32}(y - y_{02}) + b_{33}(z - z_{02})}\, c_k.$$

x', y', x'', y''	Bildkoordinaten des linken und rechten Bildes
x, y, z	Objekt- bzw. Modellkoordinaten
x_{01}, y_{01}, z_{01} x_{02}, y_{02}, z_{02}	Koordinaten des linken und rechten Projektionszentrums
a_{ij}, b_{ij}	Transformationsmatrix des linken bzw. rechten Bildes

Dabei sind die a_{ij}, b_{ij} für ein ganzes Bild konstant. Ferner werden an den Bild- und/oder Modellkoordinaten Korrekturen infolge symmetrischer Fehler (Erdkrümmung, Refraktion, Verzeichnung, Gerätefehler) vorgenommen, wodurch die Geräte für die Auswertung von Luftbildern aus Flugzeugen vollständig und für die Auswertung von Luftbildern aus Satelliten bedingt geeignet sind. Diese Einschränkung ergibt sich daraus, daß bei der Kartenherstellung aus Satellitenbildern noch eine zusätzliche Transformation in die gewünschte Kartenprojektion erforderlich sein kann, die nicht Bestandteil des Echtzeitprozesses (siehe obige Gleichung) ist. Auch bei der Auswertung terrestrischer Bilder gibt es Anwendungen, bei denen die Eingangskoordinaten des Echtzeitprozesses ein nicht-kartesisches Koordinatensystem verkörpern sollen, was mit obiger Gleichung nicht möglich ist.

Zur Überwindung dieser Einschränkungen und zur Auswertung anderen Bildmaterials (fotografische Streifenbilder, Scannerbilder etc,) sind andere Echtzeitalgorithmen erforderlich, die jeweils vom Gerätehersteller

ORIGINAL INSPECTED

erarbeitet, getestet und bereitgestellt werden müssen, weil der Echtzeitprozeß so sehr mit der Gerätesteuerung verbunden ist, daß der Anwender der Geräte diese Programmierung nicht übernehmen kann.

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, das universell für den Echtzeitprozeß eines analytischen Auswertegerätes anwendbar ist.

Aufgabe der Erfindung ist ein Verfahren, das für alle Arten von Bildern (Luftbild, Satellitenbild, Scannerbild) sowie auch für nichtkartesische Modellkoordinatensysteme geeignet ist und bei dem die Spezifik der einzelnen Bilder und Koordinatensysteme in den dem Anwender zugänglichen Orientierungsprogrammen berücksichtigt wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß dem ersten Patentanspruch gelöst. Dabei ist es vorteilhaft, die Abmessungen der Quader kleiner als die verwendete Wortlänge des Rechners zu wählen. Dadurch können Rechnungen mit mehrfacher Wortlänge vermieden werden.

Bei digital gesteuerten Orthophotogeräten wird (bei Abtastung in y-Richtung) dx_{max} gleich der Spaltbreite oder ihrem ganzzahligen Vielfachen gewählt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnungen **Fig.** 1—3 näher erläutert.

In **Fig.** 1 ist das Prinzipschema eines analytischen Auswertegerätes dargestellt.

Es sind Eingabeelemente **1** vorgesehen, die von einer Auswerteperson betätigt werden und die Koordinatenänderungen δ eines Modellkoordinatensystems auf einen Rechner **3** übertragen. Aus diesen Koordinatenänderungen und den in bekannter Weise ermittelten Orientierungselementen berechnet Rechner **3** die Bildkoordinaten (x', y', x'', y'') und gibt diese an Regelkreise aus, die die Bildträger **2** bewegen. Der Auswerter kontrolliert über ein optisches System **4**, ob die gewünschten Bildbewegungen erzielt werden.

In **Fig.** 2 ist das Auswerteverfahren schematisch dargestellt.

Die Erfindung geht davon aus, daß sich jede Transformation zwischen einem Objektkoordinatensystem (x, y, z) und den beiden Bildkoordinatensystemen (x', y', x'', y'') in der Form (I) darstellen läßt.

$$\begin{aligned} x' &= f_1(x, y, z) \qquad y' = f_2(x, y, z) \\ x'' &= f_3(x, y, z) \qquad y'' = f_4(x, y, z) \end{aligned} \tag{I}$$

Nach der Taylorschen Formel kann aber jede Funktion $u' = f(x, y, z)$ in der Umgebung eines Punktes $P_0(x_0, y_0, z_0)$ entwickelt werden nach

$$u'(x, y, z) = u_0'(x_0, y_0, z_0) + f_x(x_0, y_0, z_0)dx + f_y(x_0, y_0, z_0)dy + f_z(x_0, y_0, z_0)dz + R \tag{II}$$

f_x, f_y, f_z sind die partiellen Ableitungen von $f(x, y, z)$ nach x, y, z.

Das Restglied R kann nach (III) abgeschätzt werden

$$R = 1/2(f_{xx}dx^2 + 2f_{xy}dxdy + 2f_{xz} + dxdz + f_{yy}dy^2 + 2f_{yz}dydz + f_{zz}dz^2) \tag{III}$$

mit $f_{xx}(x_0 + \delta dx, y_0 + \delta dy, z_0 + \delta dz), \ldots 0 < \delta < 1$
als den zweiten Ableitungen von $f(x, y, z)$ nach x, y, z.

Das Restglied R kann aber in bestimmten Fällen auch durch Umkehrung von (II) exakt berechnet werden.

Aus dem beschriebenen Algorithmus ergibt sich folgende Arbeitsweise eines analytischen Auswertegerätes.

Das Objektkoordinatensystem x, y, z wird in Quader A_{ijk} mit den Abmessungen $2dx_{max}, 2dy_{max}, 2dz_{max}$ geteilt, deren Mittelpunkte die lokalen Nullpunkte P_{0ijk} sind.

Für jeden dieser Quader werden die Parameter $x_0, y_0, z_0, x_0', y_0', x_0'', y_0'', f_{1x}, \ldots f_{4z}$ und die zur Beschreibung des Restgliedes erforderlichen Koeffizienten abgespeichert.

Erfolgt beim Auswerten des Bildes ein Übergang von Quader A_{ijk} zu einem der 26 benachbarten Quader $A_{i+l, j+m, k+n}$ $(l = -1, 0, 1; m = -1, 0, 1; n = 1, 0, 1)$, dann wird jeweils der gesamte Parametersatz ausgetauscht und die auf P_{0ijk} bezogenen dx, dy, dz werden auf $P_{0, i+l, i+m, k+n}$ bezogen.

In **Fig.** 3 ist der Zusammenhang zwischen den Koordinatenänderungen an den Eingabeelementen $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ und den Koordinatendifferenzen $d\bar{x}, d\bar{y}$ zu den lokalen Nullpunkten P_0 für eine Ebene dargestellt.

Im folgenden wird auf die Anwendung des erfindungsgemäßen Algorithmus anhand einiger Beispiele eingegangen.

Der Ausgangspunkt wird von dem allgemeinen Fall eines Modellkoordinatensystems mit nichtkartesischen Koordinaten $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ gebildet.

Dafür gelten folgende Ausgangsgleichungen:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ -c_k \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda} \cdot A^{-1} \begin{pmatrix} x - x_{01} \\ y - y_{01} \\ z - z_{01} \end{pmatrix} \tag{1}$$

mit

$$\begin{aligned} x &= u(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \\ y &= v(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \\ z &= w(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \end{aligned}$$

Aus ihnen ergibt sich die Grundgleichung für ein Bild (für das zweite Bild entsprechend):

$$\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_0^{x'} \\ k_0^{y'} \end{pmatrix} + \frac{k_{01}'}{k_{01}' + k_{02}'\,d\bar{x}_i + k_{03}'\,d\bar{y}_i + k_{04}'\,d\bar{z}_i} \cdot \left\{ K^e \begin{pmatrix} d\bar{x}_i \\ d\bar{y}_i \\ d\bar{z}_i \end{pmatrix} + R^e \begin{pmatrix} d\bar{x}_i^2 \\ 2\,d\bar{x}_i\,d\bar{y}_i \\ 2\,d\bar{x}_i\,d\bar{z}_i \\ dy_i^2 \\ 2\,d\bar{y}_i\,d\bar{z}_i \\ d\bar{z}_i \end{pmatrix} \right\} \tag{2}$$

wobei

$$\begin{aligned} d\bar{x}_i &= \bar{x}_{i-1} + \delta\,\bar{x}_i - x_0 \leq |\,d\bar{x}_{max}\,| \\ d\bar{y}_i &= \bar{y}_{i-1} + \delta\bar{y}_i - y_0 \leq |\,d\bar{y}_{max}\,| \end{aligned} \tag{3}$$

$k_0^{x'}, k_0^{y'}$	Additionskonstante
$k_{01}' \ldots k_{04}'$	Faktoren } deren Inhalt vom auszuwertenden Bildmaterial abhängt
K^e, R^e	Matrizen }
$x', y',$	Bildkoordinaten
$\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i$	Änderungen der Handradkoordinaten zwischen den Rechenzyklen $i-1$ und i (Punkt P_{i-1} und P_i)
$\bar{x}_{i-1}, \bar{y}_{i-1}, \bar{z}_{i-1}$	Modellkoordinaten zum Zeitpunkt $i-1$ (Punkt $_{i-1}$)
$\bar{y}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0$	Koordinaten des lokalen Nullpunktes im Modell (P_0)
$\lvert dx_{max}\rvert \lvert dy_{max}\rvert$ $\lvert dz_{max}\rvert$	maximal zulässige Koordinatendifferenzen bzgl. x_0, y_0, z_0

Die Konstanten K, k, R und U ergeben sich wie folgt:

$$\begin{aligned} k_0^{x'} = x_0' &= -c_k \frac{a_{11}(x_0 - x_{01}) + a_{21}(y_0 - y_{01}) + a_{31}(z_0 - z_{01})}{a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01})} \\ k_0^{y'} = y_0' &= -c_k \frac{a_{12}(x_0 - x_{01}) + a_{22}(y_0 - y_{01}) + a_{32}(z_0 - z_{01})}{a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01})} \end{aligned} \tag{4}$$

mit $x_0 = u(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$
$y_0 = v(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$
$z_0 = w(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$

$$k_{01}' = a_{13}\,u(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0) + a_{23}\,v(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0) + a_{33}\,w(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$$

$$(k_{02}'\,k_{03}'\,k_{04}') = (a_{13}a_{23}a_{33}) \cdot U_{\bar{x}}$$

$$U_{\bar{x}} = \begin{pmatrix} u_{\bar{x}} & u_{\bar{y}} & u_{\bar{z}} \\ v_{\bar{x}} & v_{\bar{y}} & v_{\bar{z}} \\ w_{\bar{x}} & w_{\bar{y}} & w_{\bar{z}} \end{pmatrix}$$ partielle Ableitungen von u, v, w nach $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$

$$K^e = -\frac{1}{k_{01}'} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1}\,U_{\bar{x}}$$

$$R^e = -\frac{1}{2\,k_{01}'} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1}\,U_{\bar{x}\bar{x}}$$

$$U_{\bar{x}\bar{x}} = \begin{matrix} u_{\bar{x}\bar{x}} & u_{\bar{x}\bar{y}} & u_{\bar{x}\bar{z}} & u_{\bar{y}\bar{y}} & u_{\bar{y}\bar{z}} & u_{\bar{z}\bar{z}} \\ v_{\bar{x}\bar{x}} & v_{\bar{x}\bar{y}} & v_{\bar{x}\bar{z}} & v_{\bar{y}\bar{y}} & v_{\bar{y}\bar{z}} & v_{\bar{z}\bar{z}} \\ w_{\bar{x}\bar{x}} & w_{\bar{x}\bar{y}} & w_{\bar{x}\bar{z}} & w_{\bar{y}\bar{y}} & w_{\bar{y}\bar{z}} & w_{\bar{z}\bar{z}} \end{matrix}$$

2. Ableitungen

Am Beispiel der Berücksichtigung der Erdkrümmung soll dies gezeigt werden:

$$x = \bar{x}$$
$$y = \bar{y}$$
$$z = \bar{z} - \frac{(\bar{x} - x_{01})^2 + (\bar{y} - y_{01})^2}{2R}$$

$$k_0^{x'} = x_0' = -c_k \frac{a_{11}(\bar{x} - x_{01}) + a_{21}(\bar{y} - y_{01}) + a_{31}(\bar{z} - z_{01} - \frac{(\bar{x} - x_{01})^2 + (\bar{y} - y_{01})^2}{2R}}{a_{13}(\bar{x} - x_{01}) + a_{23}(\bar{y} - y_{01}) + a_{33}(\bar{z} - z_{01} - \frac{(\bar{x} - x_{01})^2 + (\bar{y} - y_{01})^2}{2R}}$$

$$k_0^{y'} = y_0'$$

$$k_{01}' = a_{13}(x - x_{01}) + a_{23}(y - y_{01}) + a_{33}(z - z_{01} - \frac{(\bar{x} - x_{01})^2 + (\bar{y} - y_{01})^2}{2R} \qquad (4.1.)$$

$$U_{\bar{x}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\frac{\bar{x}}{R} & -\frac{\bar{y}}{R} & 0 \end{pmatrix} \quad U_{\bar{x}\bar{x}} = \begin{pmatrix} 0 & 0\,0 & 0 & 0\,0 \\ 0 & 0\,0 & 0 & 0\,0 \\ -\frac{1}{R} & 0\,0 & -\frac{1}{R} & 0\,0 \end{pmatrix}$$

$$(k_{02}' k_{03}' k_{04}') = (a_{13} a_{23} a_{33}) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\frac{\bar{x}}{R} & -\frac{\bar{y}}{R} & 0 \end{pmatrix} = \left(a_{13} - a_{33}\frac{\bar{x}}{R} \;\; a_{23} - a_{33}\frac{\bar{y}}{R} \;\; a_{33} \right)$$

K^e und R^e ergeben sich aus (4)

In dem häufig auftretenden Spezialfall, daß das Modellkoordinatensystem ein rechteckiges Koordinatensystem ist, d. h. $\bar{x} = x, \bar{y} = y, \bar{z} = z$, ergeben sich in (2) und (4) für die Grundgleichung und die Konstanten:

$$k_0^{x'} = x_0' = -c_k \frac{a_{11}(x_0 - x_{01}) + a_{21}(y_0 - y_{01}) + a_{31}(z_0 - z_{01})}{a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01})}$$

$$k_0^{y'} = y_0' = -c_k \frac{a_{12}(x_0 - x_{01}) + a_{22}(y_0 - y_{01}) + a_{32}(z_0 - z_{01})}{a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01})}$$

$$k_{01}' = a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01}) \qquad (5)$$

$$k_{02}' = a_{13},\ k_{03}' = a_{23},\ k_{04}' = a_{33}$$

$$K^e = -\frac{1}{k_{01}'} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1}$$

$$R^e = 0$$

c_k: Kammerkonstante

Es ist ohne weiteres möglich, Bildfehlerkorrekturen in die Grundgleichung (2) zu integrieren:

Beispielsweise soll die Bildfehlerkorrektur nach (6)

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ x'^2 \\ x'y' \\ y'^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1(x', y') \\ g_2(x', y') \end{pmatrix} \qquad (6)$$

mit (1) erfolgen. Auf der linken Seite der Gleichung (6) handelt es sich um die korrigierten Bildkoordinaten, auf der rechten Seite von (6) werden die aus (1) ermittelten Bildkoordinaten eingesetzt.

Für die Konstanten K, k, R und U ergibt sich:

$$k_0^{x\prime} = a_0 + a_1 x_0' + a_2 y_0' + a_3 x_0'^2 + a_4 x_0' y_0' + a_5 y_0'^2$$

$$k_0^{x\prime} = b_0 + b_1 x_0' + b_2 y_0' + b_3 x_0'^2 + b_4 x_0' y_0' + b_5 y_0'^2$$

$\begin{pmatrix} x_0', y_0' \text{ aus Gleichung (4)} \\ k_{01}' - k_{04}' \end{pmatrix}$

$$K^e = -\frac{1}{k_{01}'} \begin{pmatrix} g_{1x} & g_{1y} \\ g_{2x} & g_{2y} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1} U_{\bar{x}} \tag{7}$$

$$= -\frac{1}{k_{01}'} \begin{pmatrix} a_1 + 2a_3 x_0' + a_4 y_0' & a_2 + a_4 x_0' + 2a_5 y_0' \\ b_1 + 2b_3 x_0' + b_4 y_0' & b_2 + b_4 x_0' + 2b_5 y_0' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1} U_{\bar{x}}$$

$$R^e = -\frac{1}{2k_{01}'} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1} U_{\bar{x}\bar{x}}$$

Zur Auswertung von Scannerbildern werden meist Polynome 2. oder 3. Grades verwendet. Für ein Polynom 3. Grades lautet die Grundgleichung:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 & a_6 & a_7 & a_8 & a_9 \\ b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 & b_6 & b_7 & b_8 & b_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ x^2 \\ xy \\ y^2 \\ x^3 \\ x^2 y \\ xy^2 \\ y \end{pmatrix} \tag{8}$$

Daraus ergeben sich die konstanten *K, k, R* und *U*:

$$k_0^{x\prime} = a_0 + a_1 x_0 + a_2 y_0 + a_3 x_0^2 + a_4 x_0 y_0 + a_5 y_0^2 + a_6 x_0^3 + a_7 x_0^2 y_0 + a_8 x_0 y_0^2 + a_9 y_0^3$$

$$k_0^{y\prime} = b_0 + b_1 x_0 + b_2 y_0 + b_3 x_0^2 + b_4 x_0 y_0 + b_5 y_0^2 + b_6 x_0^3 + b_7 x_0^2 y_0 + b_8 x_0 y_0^2 + b_9 y_0^3$$

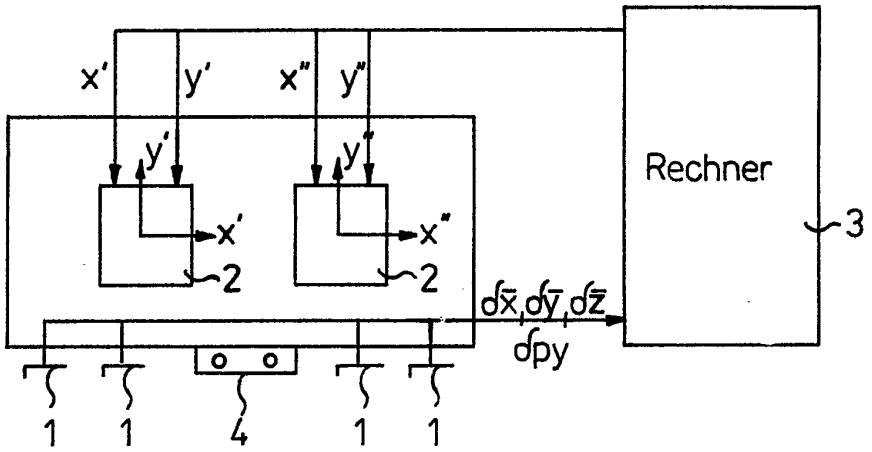
$$k_{01}' = 1 \quad k_{02}' = k_{03}' = k_{04}' = 0 \tag{9}$$

$$K = \begin{pmatrix} a_1 + 2a_3 x_0 + a_4 y_0 + 3a_6 x_0^2 + 2a_7 x_0 y_0 + a_8 y_0^2 & a_2 + a_4 x_0 + 2a_5 y_0 + a_7 x_0^2 + 2a_8 x_0 y_0 + 3a_9 y_0^2 \; 0 \\ b_1 + 2b_3 x_0 + b_4 y_0 + 3b_6 x_0^2 + 2b_7 x_0 y_0 + b_9 y_0^2 & b_2 + b_4 x_0 + 2b_5 y_0 + b_7 x_0^2 + 2b_8 x_0 y_0 + 3b_9 y_0^2 \; 0 \end{pmatrix}$$

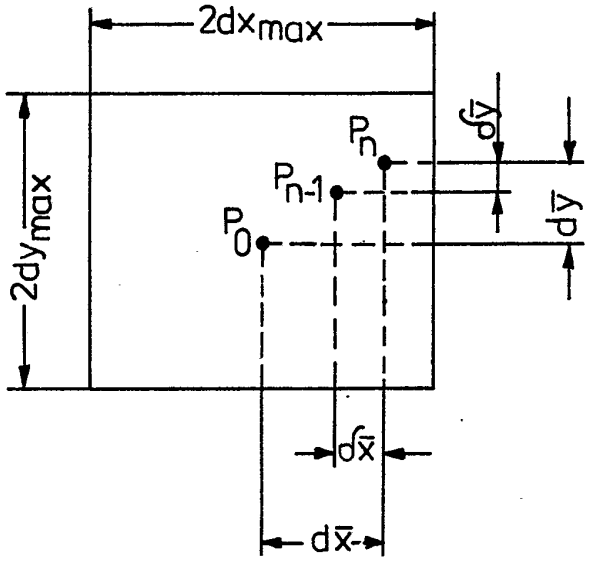
$$R = \begin{pmatrix} 2a_3 + 6a_6 x_0 + 2a_7 y_0 & a_4 + 2a_7 x_0 + 2a_8 y_0 \; 0 \; 2a_5 + 2a_8 x_0 + 6a_9 y_0' \; 0 \; 0 \\ 2b_3 + 6b_6 x_0 + 2b_7 y_0 & b_4 + 2b_7 x_0 + 2b_8 y_0 \; 0 \; 2b_5 + 2b_8 x_0 + 6b_9 y_0 \; 0 \; 0 \end{pmatrix}$$

Nummer: 36 33 714
Int. Cl.4: G 01 C 11/04
Anmeldetag: 3. Oktober 1986
Offenlegungstag: 2. Juli 1987

3633714

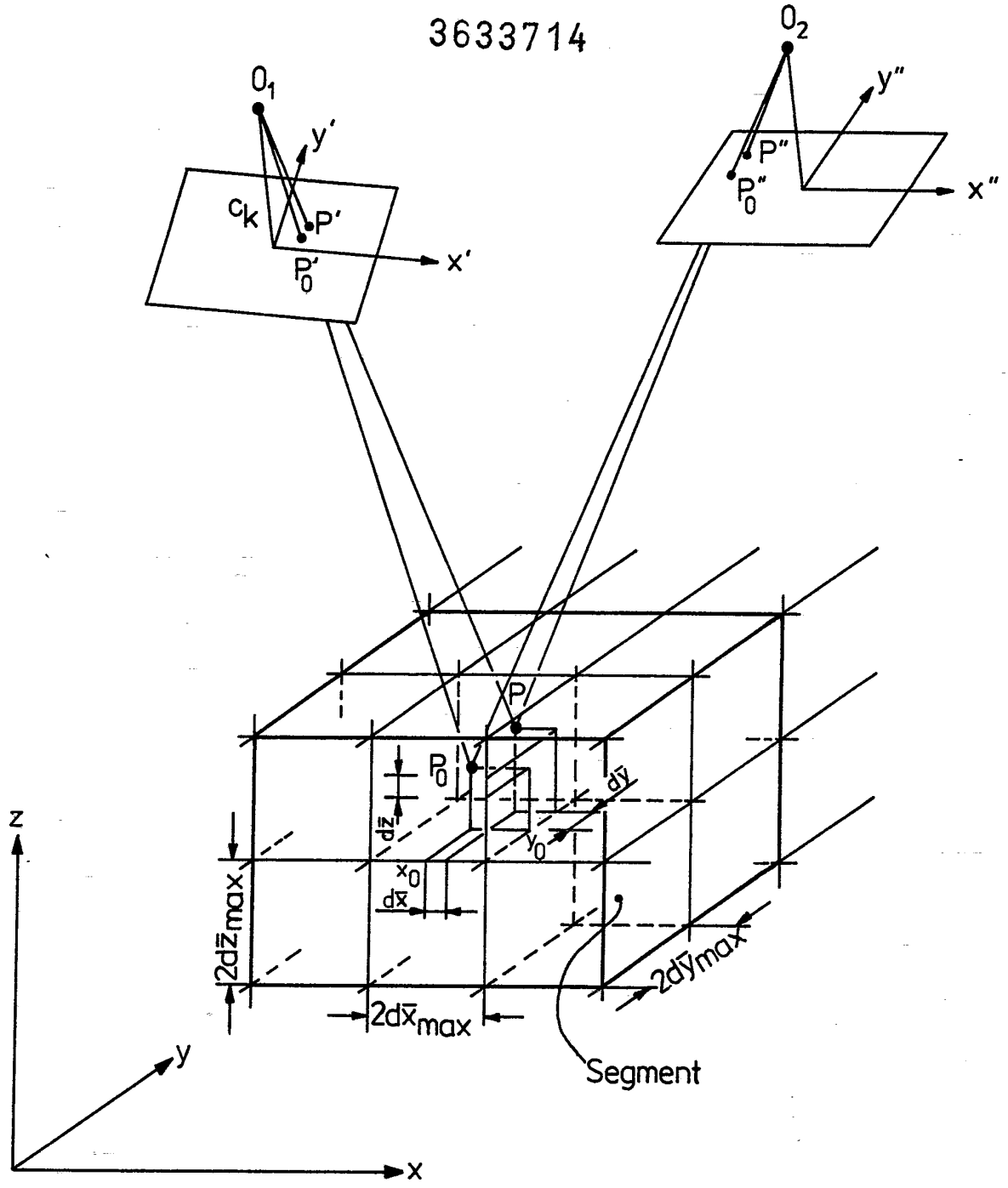


Figur 1



Figur 3

03 20 86



Figur 2

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Patentschrift**

(11) **DE 3633714 C2**

(51) Int. Cl. 4:
G01C 11/04

(21) Aktenzeichen: P 36 33 714.5-52
(22) Anmeldetag: 3. 10. 86
(43) Offenlegungstag: 2. 7. 87
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 7. 12. 89

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
30.12.85 DD WP C 01 C/285 643 1

(73) Patentinhaber:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Mark, Rolf-Peter, Dr., DDR 6900 Jena, DD

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
Bul. 52 (1984), H.3, S.107-114;
Bul. 53 (1985), H.3, S.91-96;

(54) Verfahren zur Echtzeitauswertung von Luftbildern in digital gesteuerten photogrammetrischen Auswertegeräten

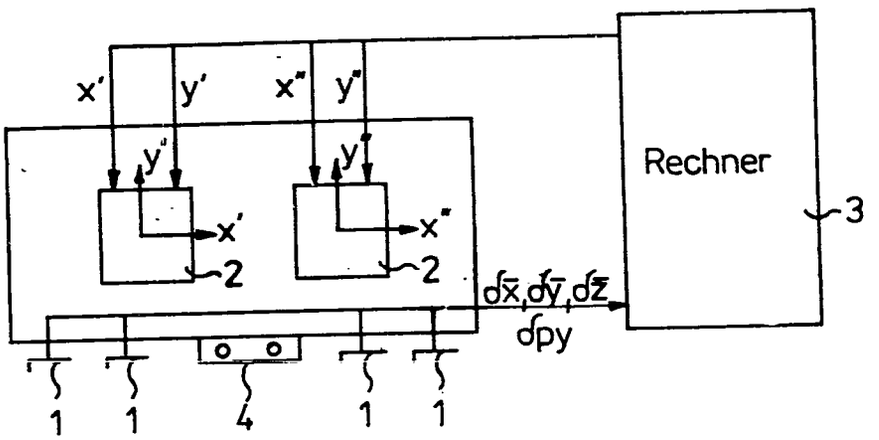
DE 3633714 C2

DE 3633714 C2

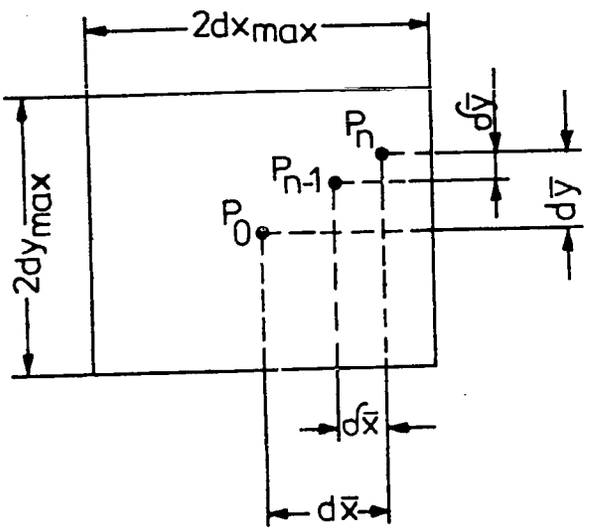
BUNDESDRUCKEREI 10. 89 908 149/303 60

ZEICHNUNGEN BLATT 1

Nummer: 36 33 714
Int. Cl.4: G 01 C 11/04
Veröffentlichungstag: 7. Dezember 1989



Figur 1



Figur 3

PS 36 33 714

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Echtzeitauswertung in digital gesteuerten photogrammetrischen Auswertegeräten, wobei über Eingabeelemente eine Einstellung auf Modellpunkte vorgenommen wird, die den eingestellten Werten entsprechenden Modellkoordinaten $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ einem Rechenwerk übertragen, die berechneten Bildkoordinaten (x', y', x'', y'') an Regelkreise ausgegeben, durch die Regelkreise über motorische Antriebe die Bildträger bewegt und die zu den Modellkoordinaten gehörigen Bildkoordinaten eingestellt werden.

Bekannte analytische Auswertegeräte (PLANICOMP C 100 Opton, BC 1 WILD, DSR 11 KERN) realisieren in Echtzeit ($\leq$ 50 Hz) eine Transformation zwischen einem räumlichen kartesischen Koordinatensystem (Objektkoordinaten, Modellkoordinaten) und zwei ebenen kartesischen Koordinatensystemen (Koordinaten des linken und rechten Bildes nach den Gleichungen:

$$x' = \frac{a_{11}(x - x_{01}) + a_{12}(y - y_{01}) + a_{13}(z - z_{01})}{a_{31}(x - x_{01}) + a_{32}(y - y_{01}) + a_{33}(z - z_{01})} c_k;$$

$$x'' = \frac{b_{11}(x - x_{02}) + b_{12}(y - y_{02}) + b_{13}(z - z_{02})}{b_{31}(x - x_{02}) + b_{32}(y - y_{02}) + b_{33}(z - z_{02})} c_k;$$

$$y' = \frac{a_{21}(x - x_{01}) + a_{22}(y - y_{01}) + a_{33}(z - z_{01})}{a_{31}(x - x_{01}) + a_{32}(y - y_{01}) + a_{33}(z - z_{01})} c_k;$$

$$y'' = \frac{b_{21}(x - x_{02}) + b_{22}(y - y_{02}) + b_{23}(z - z_{02})}{b_{31}(x - x_{02}) + b_{32}(y - y_{02}) + b_{33}(z - z_{02})} c_k.$$

x', y', x'', y'' Bildkoordinaten des linken und rechten Bildes
x, y, z Objekt- bzw. Modellkoordinaten
$x_{01}, y_{01}, z_{01}, x_{02}, y_{02}, z_{02}$ Koordinaten des linken und rechten Projektionszentrums
a_{ij}, b_{ij} Transformationsmatrix des linken bzw. rechten Bildes

Dabei sind die a_{ij}, b_{ij} für ein ganzes Bild konstant. Ferner werden an den Bild- und/oder Modellkoordinaten Korrekturen infolge symmetrischer Fehler (Erdkrümmung, Refraktion, Verzeichnung, Gerätefehler) vorgenommen, wodurch die Geräte für die Auswertung von Luftbildern aus Flugzeugen vollständig und für die Auswertung von Luftbildern aus Satelliten bedingt geeignet sind. Diese Einschränkung ergibt sich daraus, daß bei der Kartenherstellung aus Satellitenbildern noch eine zusätzliche Transformation in die gewünschte Kartenprojektion erforderlich sein kann, die nicht Bestandteil des Echtzeitprozesses (siehe obige Gleichung) ist. Auch bei der Auswertung terrestrischer Bilder gibt es Anwendungen, bei denen die Eingangskoordinaten des Echtzeitprozesses ein nicht-kartesisches Koordinatensystem verkörpern sollen, was mit obiger Gleichung nicht möglich ist.

Zur Überwindung dieser Einschränkungen und zur Auswertung anderen Bildmaterials (fotografische Streifenbilder, Scannerbilder etc.) sind andere Echtzeitalgorithmen erforderlich, die jeweils vom Gerätehersteller erarbeitet, getestet und bereitgestellt werden müssen, weil der Echtzeitprozeß so sehr mit der Gerätesteuerung verbunden ist, daß der Anwender der Geräte diese Programmierung nicht übernehmen kann.

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, das universell für den Echtzeitprozeß eines analytischen Auswertegerätes anwendbar ist.

Aufgabe der Erfindung ist ein Verfahren, das für alle Arten von Bildern (Luftbild, Satellitenbild, Scannerbild) sowie auch für nichtkartesische Modellkoordinatensysteme geeignet ist und bei dem die Spezifik der einzelnen Bilder und Koordinatensysteme in den dem Anwender zugänglichen Orientierungsprogrammen berücksichtigt wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß dem ersten Patentanspruch gelöst. Dabei ist es vorteilhaft, die Abmessungen der Quader kleiner als die verwendete Wortlänge des Rechners zu wählen. Dadurch können Rechnungen mit mehrfacher Wortlänge vermieden werden.

Bei digital gesteuerten Orthophotogeräten wird (bei Abtastung in y-Richtung) dx_{max} gleich der Spaltbreite oder ihrem ganzzahligen Vielfachen gewählt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnungen **Fig.** 1—3 näher erläutert.

In **Fig.** 1 ist das Prinzipschema eines analytischen Auswertegerätes dargestellt.

Es sind Eingabeelemente 1 vorgesehen, die von einer Auswerteperson betätigt werden und die Koordinatenänderungen δ eines Modellkoordinatensystems auf einen Rechner 3 übertragen. Aus diesen Koordinatenänderungen und den in bekannter Weise ermittelten Orientierungselementen berechnet Rechner 3 die Bildkoordinaten (x', y', x'', y'') und gibt diese an Regelkreise aus, die die Bildträger 2 bewegen. Der Auswerter kontrolliert über ein optisches System 4, ob die gewünschten Bildbewegungen erzielt werden.

In **Fig.** 2 ist das Auswerteverfahren schematisch dargestellt.

Die Erfindung geht davon aus, daß sich jede Transformation zwischen einem Objektkoordinatensystem (x, y, z) und den beiden Bildkoordinatensystemen (x', y', x'', y'') in der Form (I) darstellen läßt.

$$x' = f_1(x, y, z); y' = f_2(x, y, z); x'' = f_3(x, y, z); y'' = f_4(x, y, z) \quad (I)$$

Nach der Taylorschen Formel kann aber jede Funktion $u' = f(c, y, z)$ in der Umgebung eines Punktes $P_0(x_0, y_0,$

z_0) entwickelt werden nach

$$u(x, y, z) = u_0'(x_0, y_0, z_0) + f_x(x_0, y_0, z_0)dx + f_y(x_0, y_0, z_0)dy + f_z(x_0, y_0, z_0)dz + R \quad (II)$$

f_x, f_y, f_z sind die partiellen Ableitungen von $f(x, y, z)$ nach x, y, z.

Das Restglied R kann nach (III) abgeschätzt werden

$$R = 1/2(f_{xx}dx^2 + 2f_{xy}dxdy + 2f_{xz} + dxdz + f_{yy}dy^2 + 2f_{yz}dydz + f_{zz}dz^2) \quad (III)$$

mit $f_{xx}(x_0 + \delta dx, y_0 + \delta dy, z_0 + \delta dz), \ldots 0 < \delta < 1$
als den zweiten Ableitungen von $f(x, y, z)$ nach x, y, z.

Das Restglied R kann aber in bestimmten Fällen auch durch Umkehrung von (II) exakt berechnet werden.

Aus dem beschriebenen Algorithmus ergibt sich folgende Arbeitsweise eines analytischen Auswertegerätes.

Das Objektkoordinatensystem x, y, z wird in Quader A_{ijk} mit den Abmessungen $2dx_{max}$, $2dy_{max}$, $2dz_{max}$ geteilt, deren Mittelpunkte die lokalen Nullpunkte P_{0ijk} sind.

Für jeden dieser Quader werden die Parameter x_0, y_0, z_0, x_0', y_0', x_0'', y_0'', $f_{1x}, \ldots f_{4z}$ und die zur Beschreibung des Restgliedes erforderlichen Koeffizienten abgespeichert.

Erfolgt beim Auswerten des Bildes ein Übergang von Quader A_{ijk} zu einem der 26 benachbarten Quader $A_{i+l, j+m, k+n}$ ($l = -1, 0, 1$; $m = -1, 0, 1$; $n = 1, 0, 1$), dann wird jeweils der gesamte Parametersatz ausgetauscht und die auf P_{0ijk} bezogenen dx, dy, dz werden auf $P_{0, i+1, i+m, k+n}$ bezogen.

In Fig. 3 ist der Zusammenhang zwischen den Koordinatenänderungen an den Eingabeelementen $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ und den Koordinatendifferenzen $d\bar{x}, d\bar{y}$ zu den lokalen Nullpunkten P_0 für eine Ebene dargestellt.

Im folgenden wird auf die Anwendung des erfindungsgemäßen Algorithmus anhand einiger Beispiele eingegangen.

Der Ausgangspunkt wird von dem allgemeinen Fall eines Modellkoordinatensystems mit nichtkartesischen Koordinaten $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ gebildet.

Dafür gelten folgende Ausgangsgleichungen:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ -c_k \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda} \cdot A^{-1} \begin{pmatrix} x - x_{01} \\ y - y_{01} \\ z - z_{01} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Aus ihnen ergibt sich die Grundgleichung für ein Bild (für das zweite Bild entsprechend):

$$\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_0' \\ k_0'' \end{pmatrix} + \frac{k_{01}'}{k_{01}' + k_{02}'\,d\bar{x}_i + k_{03}'\,d\bar{y}_i + k_{04}'\,d\bar{z}_i} \cdot \left\{ K^e \begin{pmatrix} d\bar{x}_i \\ d\bar{y}_i \\ d\bar{z}_i \end{pmatrix} + R^e \begin{pmatrix} d\bar{x}_i^2 \\ 2\,d\bar{x}_i\,d\bar{y}_i \\ 2\,d\bar{x}_i\,d\bar{z}_i \\ dy_i^2 \\ 2\,d\bar{y}_i\,d\bar{z}_i \\ d\bar{z}_i \end{pmatrix} \right\} \quad (2)$$

wobei

$d\bar{x}_i = \bar{x}_{i-1} + \delta\bar{x}_i - x_0 \leq |d\bar{x}_{max}|$
$d\bar{y}_i = \bar{y}_{i-1} + \delta\bar{y}_i - y_0 \leq |d\bar{y}_{max}|$

k_0', k_0''	Additionskonstante	
$k_{01}' \ldots k_{04}'$	Faktoren	deren Inhalt vom auszuwertenden Bildmaterial abhängt
K^e, R^e	Matrizen	
x', y',	Bildkoordinaten	
δx_i, δy_i, δz_i	Änderungen der Handradkoordinaten zwischen den Rechenzyklen $i-1$ und i (Punkt P_{i-1} und P_i)	(3)
$\bar{x}_{i-1}, \bar{y}_{i-1}, \bar{z}_{i-1}$	Modellkoordinaten zum Zeitpunkt $i-1$ (Punkt $_{i-1}$)	
$\bar{y}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0$	Koordinaten des lokalen Nullpunktes im Modell (P_0)	
$\lvert dx_{max}\rvert$ $\lvert dy_{max}\rvert$ $\lvert dz_{max}\rvert$	maximal zulässige Koordinatendifferenzen bzgl. x_0, y_0, z_0	

Die Konstanten K, k, R und U ergeben sich wie folgt:

$$k_0^{x\prime} = x_0' = -c_k \frac{a_{11}(x_0 - x_{01}) + a_{21}(y_0 - y_{01}) + a_{31}(z_0 - z_{01})}{a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01})} \quad (4)$$

$$k_0^{y\prime} = y_0' = -c_k \frac{a_{12}(x_0 - x_{01}) + a_{22}(y_0 - y_{01}) + a_{32}(z_0 - z_{01})}{a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01})}$$

mit

$x_0 = u(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$
$y_0 = v(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$
$z_0 = w(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$

$$k_{01}' = a_{13}\,u(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0) + a_{23}\,v(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0) + a_{33}\,w(\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$$

$$(k_{02}'\, k_{03}'\, k_{04}') = (a_{13} a_{23} a_{33}) \cdot U_x$$

$$U_x = \begin{pmatrix} u_{\bar{x}} & u_{\bar{y}} & u_{\bar{z}} \\ v_{\bar{x}} & v_{\bar{y}} & v_{\bar{z}} \\ w_{\bar{x}} & w_{\bar{y}} & w_{\bar{z}} \end{pmatrix}$$ partielle Ableitungen von u, v, w nach $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$

$$K^e = -\frac{1}{k_{01}'} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1} U_x$$

$$R^e = -\frac{1}{2\,k_{01}'} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1} U_{xx}$$

$$U_{xx} = \begin{matrix} u_{\bar{x}\bar{x}} & u_{\bar{x}\bar{y}} & u_{\bar{x}\bar{z}} & u_{\bar{y}\bar{y}} & u_{\bar{y}\bar{z}} & u_{\bar{z}\bar{z}} \\ v_{\bar{x}\bar{x}} & v_{\bar{x}\bar{y}} & v_{\bar{x}\bar{z}} & v_{\bar{y}\bar{y}} & v_{\bar{y}\bar{z}} & v_{\bar{z}\bar{z}} \\ w_{\bar{x}\bar{x}} & w_{\bar{x}\bar{y}} & w_{\bar{x}\bar{z}} & w_{\bar{y}\bar{y}} & w_{\bar{y}\bar{z}} & w_{\bar{z}\bar{z}} \end{matrix}$$

2. Ableitungen

Am Beispiel der Berücksichtigung der Erdkrümmung soll dies gezeigt werden:

$$x = \bar{x}$$
$$y = \bar{y}$$
$$z = \bar{z} - \frac{(\bar{x} - x_{01})^2 + (\bar{y} - y_{01})^2}{2R}$$

$$k_0^{x'} \cdot x_0' = -c_k \frac{a_{11}(\bar{x} - x_{01}) + a_{21}(\bar{y} - y_{01}) + a_{31}(\bar{z} - z_{01} - \frac{(\bar{x} - x_{01})^2 + (\bar{y} - y_{01})^2}{2R}}{a_{13}(\bar{x} - x_{01}) + a_{23}(\bar{y} - y_{01}) + a_{33}(\bar{z} - z_{01} - \frac{(\bar{x} - x_{01})^2 + (\bar{y} - y_{01})^2}{2R}}$$

$$k_0^{y'} = y_0'$$

$$k_{01}' = a_{13}(x - x_{01}) + a_{23}(y - y_{01}) + a_{33}(z - z_{01} - \frac{(\bar{x} - x_{01})^2 + (\bar{y} - y_{01})^2}{2R} \qquad (4.1.)$$

$$U_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\frac{\bar{x}}{R} & -\frac{\bar{y}}{R} & 0 \end{pmatrix} \quad U_{xx} = \begin{pmatrix} 0 & 0\,0 & 0 & 0\,0 \\ 0 & 0\,0 & 0 & 0\,0 \\ -\frac{1}{R} & 0\,0 & -\frac{1}{R} & 0\,0 \end{pmatrix}$$

$$(k_{02}'\, k_{03}'\, k_{04}') = (a_{13} a_{23} a_{33}) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\frac{\bar{x}}{R} & -\frac{\bar{y}}{R} & 0 \end{pmatrix} = \left(a_{13} - a_{33}\frac{\bar{x}}{R} \;\; a_{23} - a_{33}\frac{\bar{y}}{R} \;\; a_{33} \right)$$

K^e und R^e ergeben sich aus (4).

In dem häufig auftretenden Spezialfall, daß das Modellkoordinatensystem ein rechteckiges Koordinatensystem ist, d. h. $\bar{x} = x, \bar{y} = y, \bar{z} = z$, ergeben sich in (2) und (4) für die Grundgleichung und die Konstanten:

$$k_0^{x'} = x_0' = -c_k \frac{a_{11}(x_0 - x_{01}) + a_{21}(y_0 - y_{01}) + a_{31}(z_0 - z_{01})}{a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01})}$$

$$k_0^{y'} = y_0' = -c_k \frac{a_{12}(x_0 - x_{01}) + a_{22}(y_0 - y_{01}) + a_{32}(z_0 - z_{01})}{a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01})}$$

$$k_{01}' = a_{13}(x_0 - x_{01}) + a_{23}(y_0 - y_{01}) + a_{33}(z_0 - z_{01}) \qquad (5)$$

$$k_{02}' = a_{13},\ k_{03}' = a_{23},\ k_{04}' = a_{33}$$

$$K^e = -\frac{1}{k_{01}'} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1}$$

$$R^e = 0$$

c_k: Kammerkonstante.

Es ist ohne weiteres möglich, Bildfehlerkorrekturen in die Grundgleichung (2) zu integrieren:

Beispielsweise soll die Bildfehlerkorrektur nach

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ x'^2 \\ x'y' \\ y'^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1(x', y') \\ g_2(x', y') \end{pmatrix} \qquad (6)$$

mit (1) erfolgen. Auf der linken Seite der Gleichung (6) handelt es sich um die korrigierten Bildkoordinaten, auf der rechten Seite von (6) werden die aus (1) ermittelten Bildkoordinaten eingesetzt.

Für die Konstanten K, k, R und U ergibt sich:

$$k_0^{x'} = a_0 + a_1 x_0' + a_2 y_0' + a_3 x_0'^2 + a_4 x_0' y_0' + a_5 y_0'^2$$

$$k_0^{x'} = b_0 + b_1 x_0' + b_2 y_0' + b_3 x_0'^2 + b_4 x_0' y_0' + b_5 y_0'^2$$

$\begin{pmatrix} x_0', y_0' \text{ aus Gleichung (4)} \\ k_{01}' - k_{04}' \end{pmatrix}$

$$K' = -\frac{1}{k_{01}'} \begin{pmatrix} g_{1x} & g_{1y} \\ g_{2x} & g_{2y} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1} U_x \qquad (7)$$

$$= -\frac{1}{k_{01}'} \begin{pmatrix} a_1 + 2a_3 x_0' + a_4 y_0' & a_2 + a_4 x_0' + 2a_5 y_0' \\ b_1 + 2b_3 x_0' + b_4 y_0' & b_2 + b_4 x_0' + 2b_5 y_0' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1} U_x$$

$$R' = -\frac{1}{2k_{01}'} \begin{pmatrix} c_k & 0 & x_0' \\ 0 & c_k & y_0' \end{pmatrix} A^{-1} U_{..}$$

Zur Auswertung von Scannerbildern werden meist Polynome 2. oder 3. Grades verwendet.
Für ein Polynom 3. Grades lautet die Grundgleichung:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 & a_6 & a_7 & a_8 & a_9 \\ b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 & b_6 & b_7 & b_8 & b_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ x^2 \\ xy \\ y^2 \\ x^3 \\ x^2 y \\ xy^2 \\ y \end{pmatrix} \qquad (8)$$

Daraus ergeben sich die Konstanten K, k, R und U:

$$k_0^{x'} = a_0 + a_1 x_0 + a_2 y_0 + a_3 x_0^2 + a_4 x_0 y_0 + a_5 y_0^2 + a_6 x_0^3 + a_7 x_0^2 y_0 + a_8 x_0 y_0^2 + a_9 y_0^3$$

$$k_0^{y'} = b_0 + b_1 x_0 + b_2 y_0 + b_3 x_0^2 + b_4 x_0 y_0 + b_5 y_0^2 + b_6 x_0^3 + b_7 x_0^2 y_0 + b_8 x_0 y_0^2 + b_9 y_0^3$$

$$k_{01}' = 1 \quad k_{02}' = k_{03}' = k_{04}' = 0 \qquad (9)$$

$$K = \begin{pmatrix} a_1 + 2a_3 x_0 + a_4 y_0 + 3a_6 x_0^2 + 2a_7 x_0 y_0 + a_8 y_0^2 & a_2 + a_4 x_0 + 2a_5 y_0 + a_7 x_0^2 + 2a_8 x_0 y_0 + 3a_9 y_0^2 \; 0 \\ b_1 + 2b_3 x_0 + b_4 y_0 + 3b_6 x_0^2 + 2b_7 x_0 y_0 + b_9 y_0^2 & b_2 + b_4 x_0 + 2b_5 y_0 + b_7 x_0^2 + 2b_8 x_0 y_0 + 3b_9 y_0^2 \; 0 \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} 2a_3 + 6a_6 x_0 + 2a_7 y_0 & a_4 + 2a_7 x_0 + 2a_8 y_0 \; 0 \; 2a_5 + 2a_8 x_0 + 6a_9 y_0' \; 0 \; 0 \\ 2b_3 + 6b_6 x_0 + 2b_7 y_0 & b_4 + 2b_7 x_0 + 2b_8 y_0 \; 0 \; 2b_5 + 2b_8 x_0 + 6b_9 y_0 \; 0 \; 0 \end{pmatrix}$$

Patentansprüche

1. Verfahren zur Echtzeitauswertung von Luftbildern in digital gesteuerten photogrammetrischen Auswertegeräten, wobei
über Eingabeelemente (1) eine Einstellung auf Modellpunkte vorgenommen wird,
die den eingestellten Werten entsprechenden Modellkoordinaten ($\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$) einem Rechenwerk (3) übertragen,
die berechneten Bildkoordinaten (x', y', x'', y'') an Regelkreise ausgegeben,
durch die Regelkreise über motorische Antriebe die Bildträger (2) bewegt
und die zu den Modellkoordinaten gehörigen Bildkoordinaten eingestellt werden,
dadurch gekennzeichnet, daß eine Einteilung des Modells in räumliche Segmente A_{ik} der Abmessungen 2 ($d\bar{x}, d\bar{y}, d\bar{z}$) vorgenommen wird und diesen spezielle Transformationsparameter zugeordnet werden, wobei diese aus den Daten der äußeren Orientierung der Luftbilder und den Mittelpunktkoordinaten der räumli-

chen Segmente im Modell entsprechend der Taylorschen Formel ermittelt werden, wobei zwischen Bild- und Modellkoordinaten der Zusammenhang

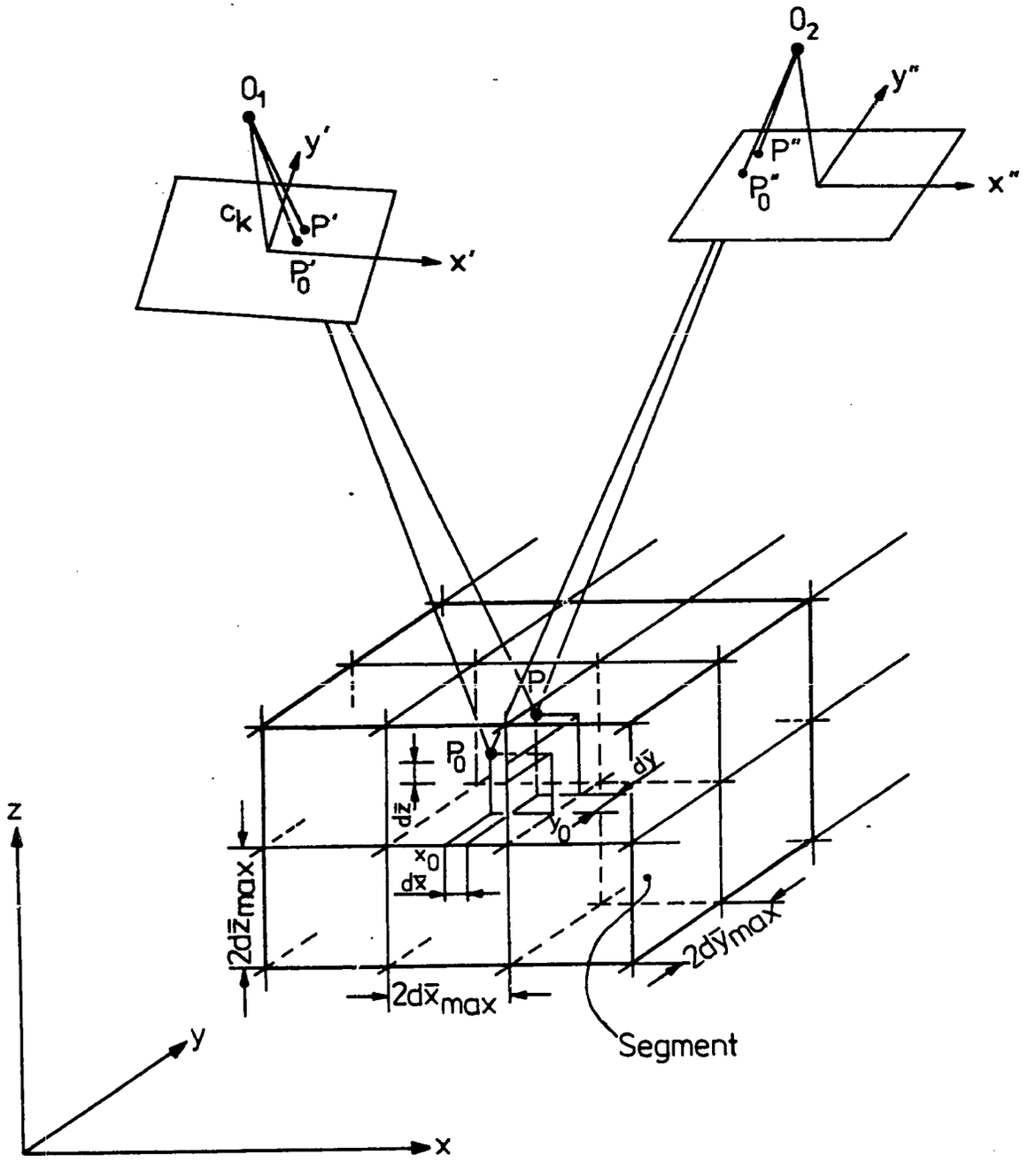
$$\begin{matrix} x_i' \\ y_i' \end{matrix} = \begin{matrix} k_0^{x\prime} \\ k_0^{y\prime} \end{matrix} + \frac{k_{01}'}{k_{01}' + k_{02}'\,d\bar{x}_i + k_{03}'\,d\bar{y}_i + k_{04}\,d\bar{z}_i} \cdot \left\{ K' \begin{pmatrix} d\bar{x}_i \\ d\bar{y}_i \\ d\bar{z}_i \end{pmatrix} + R' \begin{pmatrix} d\bar{x}_i^2 \\ 2\,d\bar{x}_i\,d\bar{z}_i \\ 2\,d\bar{x}_i\,d\bar{y}_i \\ d\bar{y}^2 \\ 2\,d\bar{y}_i\,d\bar{z}_i \\ d\bar{z}_i^2 \end{pmatrix} \right\}$$

besteht und der Speicherbereich des Rechenwerks in Unterbereiche unterteilt wird, wobei jedem räumlichen Segment A_{ik} des Modells ein Speicherbereich zugeordnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen der räumlichen Segmente kleiner als die verwendete Wortlänge des Rechners sind.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Nummer: 36 33 714
Int. Cl.[4]: G 01 C 11/04
Veröffentlichungstag: 7. Dezember 1989



Figur 2

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3633715 A1**

(51) Int. Cl. 4:
G 03 B 1/60
G 03 B 17/36

(21) Aktenzeichen: P 36 33 715.3
(22) Anmeldetag: 3. 10. 86
(43) Offenlegungstag: 25. 6. 87

Behördeneigentum

DE 3633715 A1

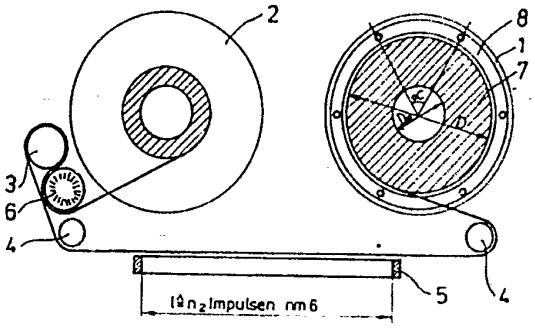
(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
23.12.85 DD WP G 01 C/285 145 1

(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Zeth, Ulrich, DDR 6900 Jena, DD

(54) Verfahren zur Filmvorratsermittlung- und Anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten

Vorrichtung zur Filmvorratsermittlung- und Anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten. Um bei hoher Meßgenauigkeit und verbesserter Anzeigemöglichkeit den noch vorhandenen Filmvorrat zu ermitteln, wird an den Codescheiben (6) der Filmtransporteinrichtung (3) und der Abwickelspule (1) eine Filmschrittimpulszählung durchgeführt, aus der Impulszählung und der pro Filmschritt transportierten Filmlänge l der Umfang der Filmrolle (7) auf der Abwickelspule ermittelt (1), aus diesem die Anzahl der Filmwindungen und, daran anschließend, die Filmlänge sowie die Anzahl der möglichen Aufnahmen bestimmt und an einer Anzeigeeinheit angezeigt.



DE 3633715 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur Filmvorratsermittlung- und Anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten, wobei die Filmtransporteinrichtung der Filmkassette mit einer Codescheibe (6) zur Ermittlung der pro Filmschritt transportierten Filmlänge *l*, die Abwickelspule mit einer Codescheibe (6) zur Kontrolle des erfolgten Filmtransportes versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß an beiden Codescheiben (6) während des Filmschrittes eine Impulszählung durchgeführt wird, aus der Impulszählung und der Filmschrittlänge *l* der Umfang der Filmrolle (7) auf der Abwickelspule (1) ermittelt wird, aus diesem und der Filmdicke die Anzahl der Filmwindungen und, daran anschließend, die Filmlänge sowie die Anzahl der möglichen Aufnahmen bestimmt und an einer Anzeigeeinheit angezeigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ermittlung einer definierten minimalen noch vorhandenen Filmmenge über die Anzeigeeinheit ein Warnsignal ausgelöst wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Filmvorratsermittlung- und Anzeige bei Luftbildaufnahmegeräten, wobei die Filmtransporteinrichtung der Filmkassette mit einer Codescheibe zur Ermittlung der pro Filmschritt transportierten Filmlänge *l*, die Abwickelspule mit einer Codescheibe zur Kontrolle des erfolgten Filmtransport versehen ist.

Bei Luftbildaufnahmegeräten wird die Filmlänge im allgemeinen als Funktion von Filmdicke und Radius bzw. Durchmesser der Filmrolle bestimmt. Als Hilfsmittel hierfür sind Fühlhebel bekannt, die im allgemeinen im Kassettendeckel untergebracht und mit einer Anzeigevorrichtung verbunden sind. Die Anzeige ist entweder in Meter Filmvorrat oder in Anzahl der Aufnahmen unterteilt.

Unterschiedliche Filmdicken werden größenordnungsmäßig durch verschiedene Skalen berücksichtigt.

Nachteile sind die geringe Anzeigegenauigkeit durch nicht ausreichende Berücksichtigung der tatsächlichen Filmdicke und die bedingte Genauigkeit der Hebelübertragung. Die Ablesung ist nur an der Kassette selbst und nicht an einer zentralen Bedieneinheit möglich.

Aus der Magnetbandtechnik (DE-OS 29 18 544) ist es bekannt, aus der Ermittlung der Umlaufperioden von Auf- und Abwickelspule die Restbandlänge zu ermitteln. Zur Ermittlung der notwendigen Ausgangsdaten ist bei diesen Lösungen jedoch ein Meßlauf mit anschließender Rückspulung des Bandes erforderlich. Ein derartiger Meßlauf mit anschließender Rückkopplung ist in der Kassette einer Luftbildmeßkammer nicht möglich. Es ist dort ein Antrieb nur in einer Richtung vorgesehen.

Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur Filmvorratsermittlung, das sich durch höhere Meßgenauigkeit und bessere Anzeigemöglichkeit für den Operateur auszeichnet.

Aufgabe der Erfindung ist ein Verfahren zur Filmvorratsermittlung- und Anzeige, das die genaue Anzeige des vorhandenen Filmvorrates an einer zentralen Bedieneinheit ermöglicht und auf den durch den Aufbau einer herkömmlichen Kassette gegebenen technischen Bedingungen aufbaut.

Die Aufgabe wird bei einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs erfindungsgemäß durch die

kennzeichnenden Merkmale gelöst.

Eine bevorzugte Weiterbildung ist im Unteranspruch beschrieben.

Die Kassette einer Luftbildmeßkammer ist ausgestattet mit einer Filmvorratsspule **1** und einer Filmaufwikkelspule **2** sowie mit einer Filmtransporteinrichtung **3** mit entsprechenden Umlenkrollen **4** zur Führung des Filmes während des Transports. Nach der Belichtung des über dem Filmanlegerahmen **5** liegenden Filmabschnittes wird der Film jeweils um einen Filmschritt weitertransportiert.

Das erfindungsgemäße Meßprinzip zur Bestimmung des auf der Filmvorratsspule **1** noch enthaltenen Filmvorrats beruht auf der Tatsache, daß von der den Filmvorrat verkörpernden Filmrolle **7** pro Filmschritt eine definierte Filmlänge *l* abgewickelt und diese hierdurch um einen bestimmten Winkel gedreht wird. Die Größe dieses Drehwinkels steht in Abhängigkeit vom jeweiligen Umfang der Filmrolle **7** in einem bestimmten Verhältnis zu der noch auf ihr vorhandenen Filmlänge. Die Messung selbst beruht darauf, daß bei Ausführung des Filmschrittes mittels einer codierten Meßwalze **6**, die mit der Filmtransporteinrichtung **3** verbunden ist, eine bestimmte, der Filmschrittlänge zugeordnete Anzahl von n_1 Impulsen gezählt werden. Des weiteren ist die Filmspule **1** mit einer Codescheibe **8** verbunden, auf deren Umfang im Abstand eines Winkels α Löcher oder Schlitze angeordnet sind, die durch einen nicht dargestellten Sensor abgetastet werden. Während des Filmtransportes wird die Anzahl n_3 von Filmschrittimpulsen gezählt, die zwischen zwei Zählimpulsen der Codescheibe **8** liegen. Dieses sind das Maß für die Länge des Filmabschnittes auf dem Anteil des Umfanges der Filmrolle **7**, der durch den Winkel α bestimmt wird. Der zugehörige Gesamtumfang U_{n_1} (n_1 = Anzahl der noch vorhandenen Filmwindungen) berechnet sich nach:

$$U_{n_1} = \frac{360° \cdot n_3}{\alpha° \cdot n_2} \cdot l \qquad (1)$$

Hieraus ergibt sich die Anzahl n_1 der Filmwindungen nach:

$$n_1 = \frac{\frac{U_{n_1}}{\pi} - Do}{2d} \qquad (2)$$

wobei Do der Durchmesser des Spulenkern und d die Filmdicke ist.

Die Filmlänge L_{n_1} berechnet sich nach:

$$L_{n_1} = n_1 \pi[Do + (n_1 + 1)d] \qquad (3)$$

und die Anzahl n_4 der noch möglichen Aufnahmen nach:

$$n_4 = \frac{L_{n_1} - xl}{l},$$

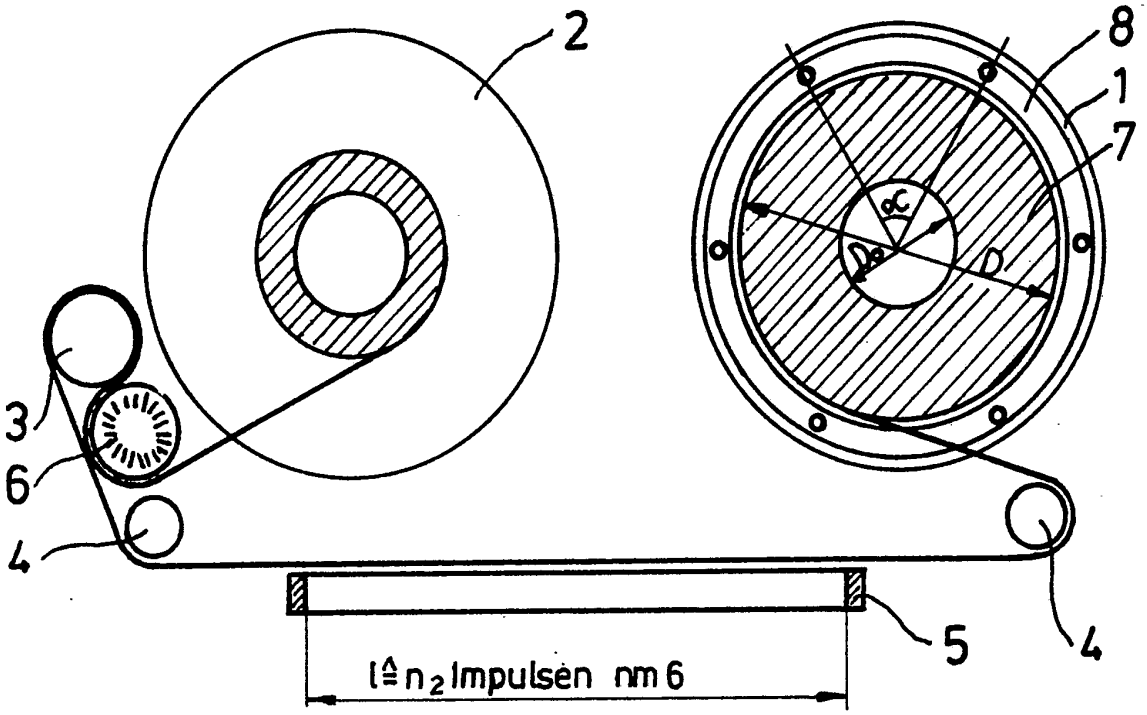
wobei xl eine Sicherheitsvorgabe für das nicht voll nutzbare Filmende (Zuschnitt, Nachspann) ist.

Formel (3), die auf der Basis abgeleitet wurde, daß die Filmwindungen in Form von konzentrischen Kreisen vorliegen, kann auch durch eine Ableitung auf der Basis einer Spirale ersetzt werden.

ORIGINAL INSPECTED

– Leerseite –

Nummer: 36 33 715
Int. Cl.[4]: G 03 B 1/60
Anmeldetag: 3. Oktober 1986
Offenlegungstag: 25. Juni 1987



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 37 18 701 A1**

(51) Int. Cl. 4:
G 03 B 7/08
// G03B 37/00

(21) Aktenzeichen: P 37 18 701.5
(22) Anmeldetag: 4. 6. 87
(43) Offenlegungstag: 14. 4. 88

DE 37 18 701 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
02.10.86 DD WP G 03 B/294938

(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys.; Voß, Günther, Dipl.-Ing.; Zeth, Ulrich, DDR 6900 Jena, DD

(54) Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses von Luftbildaufnahmekameras

Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses von Luftbildaufnahmekameras, die mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung ausgerüstet sind, wobei aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine Belichtungszeit/Blenden-Kombination ermittelt sowie Blende und/oder Belichtungszeit eingestellt wird, wobei der dem Blendenwert entsprechende Lichtwirkungsgrad ermittelt und eine Korrektur der Blende oder der Belichtungszeit durchgeführt wird.

DE 37 18 701 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses von Luftbildaufnahmekameras, die mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung ausgerüstet sind, wobei aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine Belichtungszeit/Blenden-Kombination ermittelt sowie Blende und/oder Belichtungszeit eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet,** daß der dem Blendenwert entsprechende Lichtwirkungsgrad ermittelt und eine Korrektur der Blende oder der Belichtungszeit durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- der ermittelte Blendenwert eingestellt wird,
- aus der durchgeführten Einstellung der Blendendurchmesser ermittelt wird,
- der Wirkungsgrad und aus diesem die zugehörige Belichtungszeit ermittelt wird,
- die zugehörige Verschlußdrehzahl ermittelt und eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- durch Regelung der Verschlußdrehzahl die ermittelte Belichtungszeit eingestellt wird,
- der zugehörige Blendenwert ermittelt und aus diesem Blendenfläche und Blendendurchmesser berechnet werden,
- der Wirkungsgrad berechnet und aus diesem die zugehörige Blendenfläche ermittelt wird,
- der Blendendurchmesser ermittelt und eingestellt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet dadurch, daß das Verfahren wiederholt wird, bis die erzielte Belichtung innerhalb einer vorgegebenen Toleranz mit der vorgegebenen Belichtung übereinstimmt.

Beschreibung

Die Erfindung wird bei der Aufnahme von Luftbildern für Vermessungs- und Interpretationszwecke angewandt.

Bei den bekannten technischen Lösungen wird der mit der Blendenöffnung veränderliche Lichtwirkungsgrad durch die vorhandenen Belichtungsautomatiken nur als mittlerer Lichtwirkungsgrad berücksichtigt. In Abhängigkeit von der Blendenöffnung kann bei modernen Drehscheibenverschlüssen der Lichtwirkungsgrad in Bereichen von 0,65 ... 0,90 variieren. Hierbei wurde bei konventionellen Aufnahmekammern der Lichtwirkungsgrad vor allem unter dem Gesichtspunkt betrachtet und gewertet, daß bei schlechtem Wirkungsgrad sich infolge der Vorwärtsbewegung des Flugzeuges die Bildverwischung gegenüber der aus dem Nominalwert der Belichtungszeit berechneten erhöht. Es bestand die Forderung nach einem möglichst hohen Wirkungsgrad. Diese Fehlerwirkung tritt jedoch bei Aufnahmekammern mit Bildwanderungskompensation nicht mehr auf, da durch die gezielte Bewegung des Films während der Aufnahme praktisch eine Belichtung "im Stand" erreicht wird. Hierdurch kann auch ein ungünstiger Wirkungsgrad diesbezüglich akzeptiert werden. Nicht akzeptiert werden kann der sich aus der Blendenabhängigkeit ergebende Wirkungsgradbereich bezüglich seiner Wirkung auf die Belichtung. Selbst bei Berücksichtigung eines mittleren Wirkungsgrades (s. o.) verbleibt bei dem angegebenen möglichen Bereich ein Restfehler bis zu etwa 15%. Dieser systematische Fehler ist aus zwei wesentlichen Gründen zu hoch:

- die Anforderungen der modernen Bildmeßtechnik an die optimale Ausnutzung des Informationsgehaltes des Luftbildes sind in den letzten Jahren mit der Verbesserung der Aufnahmeobjektive und der Luftbildemulsionen erheblich gestiegen. Diese Anforderungen können nur bei exakter Belichtung erfüllt werden, was in der Luftbildaufnahmetechnik gegenüber der bildmäßigen Photographie wegen der hier auftretenden relativ steilen Entwicklungsgradation wesentlich schwieriger ist.
- mit Hilfe der differentiellen Belichtungsmessung kommt man heute durch die Möglichkeit, auf die Schatten, d. h. die dunkelsten Details, zu belichten, einer optimalen Belichtung wesentlich näher als mit der bisher und heute auch noch anderweitig praktizierten integralen Belichtungsmessung. Hierdurch hat der Fehleranteil von "nur" 15% infolge Vernachlässigung des Lichtwirkungsgrades wesentlich an Gewicht gewonnen.

Ziel der Erfindung ist die Beseitigung der oben angeführten Nachteile.

Aufgabe der Erfindung ist die Verbesserung der Belichtung von Luftbildern im Hinblick auf die Erzielung einer optimalen Schwärzung im gesamten Objekthelligkeitsbereich. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Verfahren zur Einstellung der Aufnahmeparameter des Verschlusses von Luftbildaufnahmekameras, die mit einer automatischen Belichtungszeit- und Blendensteuerung ausgerüstet sind, wobei aus der Helligkeit des Geländes und der Filmempfindlichkeit eine Belichtungszeit/Blenden-Kombination ermittelt sowie Blende und/oder Belichtungszeit eingestellt wird, dadurch gelöst, daß der dem Blendenwert entsprechende Lichtwirkungsgrad ermittelt und eine Korrektur der Blende oder der Belichtungszeit durchgeführt wird.

Eine vorteilhafte Variante des Verfahrens besteht darin, daß

- der ermittelte Blendenwert eingestellt wird
- aus der durchgeführten Einstellung der Blendendurchmesser ermittelt wird
- der Wirkungsgrad und aus diesem die zugehörige Belichtungszeit ermittelt wird
- die zugehörige Verschlußdrehzahl ermittelt und eingestellt wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausführung besteht darin, daß

- durch Regelung der Verschlußdrehzahl die ermittelte Belichtungszeit eingestellt wird
- der zugehörige Blendenwert ermittelt und aus diesem Blendenfläche und Blendendurchmesser berechnet werden
- der Wirkungsgrad berechnet und aus diesem die zugehörige Blendenfläche ermittelt wird
- der Blendendurchmesser ermittelt und eingestellt wird und daß das Verfahren wiederholt wird,

bis die erzielte Belichtung innerhalb einer vorgegebenen Toleranz mit der vorgegebenen Belichtung übereinstimmt. Erfindungswesentlich ist, daß die Wahl von Belichtungszeit oder Blende nicht nach einer Normbelichtungsreihe, sondern unter Berücksichtigung einer dem Lichtwirkungsgrad entsprechenden Korrektur getroffen wird.

Die für eine korrekte Belichtung notwendige effektive Belichtungszeit t_{eff} ist stets geringer als die Gesamtbelichtungszeit t_{ges}. Der Lichtwirkungsgrad ist der Quotient aus beiden.

Der Lichtwirkungsgrad ist eine Funktion der Blendenfläche F_B bzw. linear abhängig von Blendendurchmesser d.

Geht man von einer vorgegebenen Blende aus, für die sich aus dem Blendendurchmesser d der zugehörige Wirkungsgrad η ermitteln läßt, so ergibt sich die korrekte Belichtungszeit zu

$$t_{red} = t_{norm} \cdot \eta_o \cdot \eta^{-1}$$

Hierbei ist t_{norm} die zu der vorgegebenen Blende gehörige Belichtungszeit aus der Normreihe und η_o der Wirkungsgrad für diejenige Blende, für die die Belichtungsformel kalibriert wurde.

Berücksichtigung des Lichtwirkungsgrades durch Reduzierung der Blende: Die Korrektur des Wirkungsgrades soll durch Änderung der wirksamen Blendenfläche bei vorgegebener Belichtungszeit erfolgen. Die Belichtungszeit ergibt sich aus der notwendigen Synchronisierung zur Bildfolgezeit.

Analog ergibt sich

$$F_{Bred} = F_{Bnorm} \cdot \eta_o \cdot \eta^{-1}$$

Da sich mit der Korrektur der Blende von

F_{Bnorm} auf F_{Bred}

der Wirkungsgrad wiederum verändert, kann für genauere Bestimmung dieser Vorgang beliebig iterativ wiederholt werden. Die Vorgabe der Belichtungszeit kann auch aus anderen Gründen als dem angeführten notwendig sein.

Folgende Verfahren sind möglich:

a) — Ausgabe der Blende
— Einstellung der Blende
— Blende eingestellt?
— Berechnung des Blendendurchmessers $d = f(k; f)$
— Berechnung des Wirkungsgrades $\eta = h(d)$
— Berechnung der zugehörigen Belichtungszeit gemäß obiger Formel (und Berechnung der Drehzahl der Verschlußblenden)
— Einstellung der Drehzahl

b) — Einstellen der Belichtungszeit t (Ausgabe der Motorführungsfrequenz)
— Drehzahl eingestellt?
— Ermittlung des zugehörigen Blendenwertes $k = g(t, E, x, c_R)$
— Berechnung der Blendenfläche

$$F_{Bnorm} = f(k, f)$$

— Berechnung des Blendendurchmessers

$$d = i(k, f)$$

— Berechnung des Wirkungsgrades

$$\eta = h(d)$$

— Ermittlung der zugehörigen Blendenfläche gemäß obiger Formel
— Berechnung des Blendendurchmessers

$$d_{red} = f(F_{Bred})$$

— Berechnung der resultierenden Belichtung H'
— Vergleich $H - H' \pm \varepsilon$
— Einstellung des Blendenwertes

Im Falle der Iteration tritt an die Stelle von η_o jeweils das η des vorhergegangenen Iterationsschrittes.

– Leerseite –

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3808406 A1**

(21) Aktenzeichen: P 38 08 406.6
(22) Anmeldetag: 14. 3. 88
(43) Offenlegungstag: 6. 4. 89

(51) Int. Cl. 4:
G 02 B 27/00
G 02 B 27/02
G 03 B 21/28
G 09 F 19/12
A 63 J 13/00
H 04 N 5/74
B 44 F 1/00
// G02B 27/22,
H04N 5/262

Behördeneigentum

DE 3808406 A1

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)
29.09.87 DE 87 13 077.7

(71) Anmelder:
Lettner, Wolfgang, 5376 Nettersheim, DE

(74) Vertreter:
Freischem, I., Dipl.-Ing.; Freischem, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 5000 Köln

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

(54) Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

DE 3808406 A1

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern, **gekennzeichnet durch**
ein Gehäuse (1),
eine am Gehäuse (1) um eine horizontale Achse (3) schwenkbar und feststellbar befestigte transparente und 10 bis 50% reflektierende Scheibe (2) und
einen im Abstand von der Scheibe (2) im Gehäuse (1) angeordneten Bildträger (4, 4', 24) mit einem sich in der Scheibe (2) spiegelnden Bild.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine zwischen Scheibe (2) und Bildträger (4) höheneinstellbar angeordnete Fresnel-Linse (7).

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger ein Bildschirm (4) eines Fernsehgerätes (5) ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger ein Bildschirm (4') eines Projektionsgerätes (14) ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger ein von Scheinwerfern (26) beleuchteter Objektträger (24) ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Bildträger (4, 4', 24) und Fresnel-Linse (7) eine einstellbare Lochblende (8) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger (4, 4', 24) höheneinstellbar und um eine zur Achse (3) parallelen Achse schwenkbar im Gehäuse (1) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zu beiden Seiten des Bildträgers (4, 4', 24) und der Fresnel-Linse (7) eine Vertikalführung (21) angeordnet ist und der Bildträger (4, 4', 24) und die Fresnel-Linse (7) unabhängig voneinander entlang dieser Vertikalführungen (21) einstellbar sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch einen kontinuierlich arbeitenden Verstellantrieb für die Fresnel-Linse (7).

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Fresnel-Linse (7) und Scheibe (2) zwei gegeneinander verstellbare Polarisationsfilter (11) angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Fresnel-Linse (7) und Scheibe (2) ein Kontrastfilter (12) angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Objektträger (24) um eine senkrechte zentrale Achse (26) drehbar ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch einen Drehantrieb (27) für den Objektträger (24).

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, gekennzeichnet durch einen Kippantrieb für den Objektträger (24).

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Fresnel-Linse (7) ein nach Höhe und Neigung einstellbarer Umlenkspiegel (29) und neben dem Umlenkspiegel (29) der Bildträger (4, 4', 24) angeordnet sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Umlenkspiegel (29) und dem auf dem Objektträger (24) befindlichen Objekt (23) eine einstellbare Lochblende (30) angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß am Gehäuse (1) Lautsprecher (17) angeordnet sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, gekennzeichnet durch ein Steuerpult (16) mit einer Tastatur.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit Steckbuchsen zum Anschluß von Kopfhörern (18) versehen ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger ein reflektierender Bildschirm (4') eines Video-Großbildprojektors (14') ist.

21. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 20, gekennzeichnet durch ein im wesentlichen kubisches Gehäuse (31) mit einem Boden (32), einer Decke (33), zwei Seitenwänden (34, 35) und einer Rückwand (36), das an der Vorderseite zumindest im oberen Teil offen ist und das durch eine von der Rückwand (36) bis zum mittleren Bereich des Gehäuses (31) sich erstreckende Zwischenwand (37) in einem unteren Projektionsraum (38) und einen oberen Bühnenraum (39) unterteilt ist, wobei im Projektionsraum (38) mindestens ein Projektor (14) und im Abstand davon ein Bildschirm (4) angeordnet sind und vor dem Projektionsraum (38) ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden (34, 35) verlaufende Achse (40) geneigter Umlenkspiegel (41) und über dem Umlenkspiegel (41) eine gleichsinnig zum Umlenkspiegel (41) geneigte transparente und 15 bis 30% reflektierende Scheibe (2) angeordnet sind.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe (2) und der Umlenkspiegel (41) um parallele Achsen (3, 40) einstellbar und feststellbar sind.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb des oberen Randes der Scheibe (2) ein parallel zu diesem Rand von Seitenwand (34) zur Seitenwand (35) verlaufender Träger (42) angeordnet ist zur Aufnahme von Projektoren (43) und die Rückwand (36) als diffus reflektierende Fläche ausgebildet ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand des Bildschirmes (4) vom Umlenkspiegel (41) einstellbar ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, gekennzeichnet durch mehrere nebeneinander angeordnete und unabhängig voneinander einstellbare Bildschirme (4*a*–4*h*) und dazugehörige Projektoren (14*a*–14*h*).

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildschirme (4*a*–4*h*) je auf einem Wagen (44) angeordnet sind, der verschiebbar und antreibbar am Boden des Projektionsraumes (38) auf Schienen (45) geführt ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der dem Bildschirm (4*a*–4*h*) zugeordnete Projektor (14*a*–14*h*) im Abstand vom Bildschirm auf dem Wagen (44) angeordnet ist.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel (41) ein an der Oberfläche spiegelnder Oberflächenspiegel ist, der mindestens einmal unterteilt ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Teilstücke (41', 41'', 41''', 41'''') des Umlenkspiegels unabhängig voneinander in ihrer Neigung einstellbar sind.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel (41) bezüglich seines Abstandes von der Rückwand (36) einstellbar ist.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel (41 bzw. 41*a*–41*d*) unterhalb einer von Seitenwand (34) zu Seitenwand (35) verlaufenden Sichtblende (47) angeordnet ist.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Sichtblende (47) im Winkel von 40 bis 60° zur Horizontalen geneigt ist und als Abweiser ausgebildet ist.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf der als Bühne dienenden Zwischendecke (37) eine Drehbühne zur Präsentation von Objekten installiert ist.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildschirme (4, 4*a*–4*h*) Rückprojektionsscheiben sind.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Wangen oder Schlitten (44) mittels Schrittmotoren (46) computergesteuert vor- und zurückfahrbar sind.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine derartige Luftbilder erzeugende Vorrichtung nach Art eines Displays auszubilden, so daß sie sowohl den zu zeigenden Bildern und Objekten als auch den örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden kann und auf Ausstellungen und Messen, in Schaufenstern, in Museen und dergleichen als Werbeträger, als Informationsstand und auch zur Unterhaltung Verwendung finden kann.

Die Vorrichtung nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch

ein Gehäuse,

eine am Gehäuse um eine horizontale Achse schwenkbar und feststellbar befestigte transparente und 10 bis 50% reflektierende Scheibe und

einen im Abstand von der Scheibe im Gehäuse angeordneten Bildträger mit einem sich in der Scheibe spiegelnden Bild.

Um eine relativ kompakte Vorrichtung zu erhalten und dennoch große Luftbilder zu erzeugen, ist zwischen dem Bildträger und der Scheibe eine Fresnel-Linse höheneinstellbar angeordnet. Als Bildträger kann ein Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Film- oder Diaprojektors dienen. Auch zweidimensionale Bilder erwecken als Luftbild den Eindruck eines dreidimensionalen Bildes, wenn bei der Video- oder Filmaufnahme nur das Objekt ohne Vordergrund und ohne Hintergrund von allen Seiten aufgenommen wird. Dazu wird das auf dem Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Filmprojektors zu projizierende Objekt vor einem schwarzen Hintergrund als Horizont auf einer Drehbühne aufgebaut.

Das Objekt wird durch Scheinwerfer mit fokussierbaren Optiken und Blendklappen ausgeleuchtet. Diese Einrichtung verhindert, daß Streulicht auf den schwarzen Hintergrund scheint und ermöglicht, daß ausschließlich das Objekt ausgeleuchtet ist. Über ein Lichtstellwerk werden die Scheinwerfer in der für die Ausleuchtung optimalen Intensität eingestellt. Eine Videokamera fährt während der Aufnahme das Objekt auf einem Schlitten von allen Seiten ab. Zusätzlich kann das Objekt während der Aufnahme sich in der Horizontalen und Vertikalen drehen. Nachdem das Objekt von sämtlichen Seiten von Tele bis in den Nah-/Makrobereich gefilmt worden ist, wird das Videoband digital bearbeitet und mit sämtlichen Trickmöglichkeiten der digitalen Bildtechnik versehen, die für eine interessante Luftbildprojektion erforderlich sind. Somit können die Luftbilder z.B. aus dem "Nichts" im Zoom im Raum angeflogen kommen, sich in sämtlichen Richtungen drehen, Gegenstände, als Luftbilder projiziert, werden plötzlich transparent, so daß man in das Innere sehen kann; Einzelteile fliegen heran und setzen sich zu dem Gegenstand zusammen, fliegen wieder auseinander und positionieren sich in verschiedenen Tiefen des Raumes.

Bei Schriften muß das Abbild des Gegenstandes auf dem Bildträger über einen Spiegel umgelenkt werden, da sonst die Schrift als Luftbild spiegelverkehrt erscheinen würde. Alternativ, ohne Spiegelumlenkung, kann die Schrift bei der Bildbearbeitung bereits spiegelverkehrt erstellt werden und projiziert sich dann als Luftbild in normal leserlicher Schrift.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist die Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern als eine relativ große, 3 bis 9 m breite und entsprechend tiefe Bühne ausgebildet, die aus leicht zusammensetzbaren Elementen auf Ausstellungen, Messen oder dergleichen aufgebaut werden kann. Diese Vorrichtung hat ein im wesentlichen kubisches Gehäuse mit einem Boden, einer Decke, zwei Seitenwänden und einer Rückwand, das an der Vorderseite zumindest im oberen Teil offen ist und das durch eine von der Rückwand bis zum mittleren Bereich des Gehäuses sich erstreckende, als Bühne dienende Zwischenwand in einen unteren Projektionsraum und einen oberen Bühnenraum unterteilt ist, wobei im Projektionsraum in Nähe der Rückwand mindestens ein Projektor und im Abstand davon ein durchscheinender Bildschirm angeordnet sind und vor dem Projektionsraum ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden verlaufende Achse geneigter Umlenkspiegel und über dem Umlenkspiegel eine gleichsinnig zum Umlenkspiegel geneigte transparente und 15 bis 30% reflektierende Scheibe angeordnet sind. Der Umlenkspiegel sowie die durchsichtige und vorzugsweise 18 bis 25% reflektierende Scheibe sind etwa im Winkel von 45° zur Horizontalen geneigt. Die Anordnung der transparenten und teilweise reflektierenden Scheibe ist derart, daß sie den Zuschauern den Blick auf die Bühne freigeben. Auf dieser Bühne können im Raum gestaffelt dreidimensionale Gegenstände, Personen und Luftbilder erscheinen, wobei die Personen und dreidimensionale Gegenstände unmittelbar auf der Bühne existieren, während die Luftbilder durch Spiegelung der transparenten Scheibe entstehen. Die Luftbilder werden durch Spiegelung von Video-, Film-, Diapositiv-, Lasergrafik- und Computergrafik-Projektionen im Projektionsraum erzeugt und vom Umlenkspiegel auf die durchsichtige und teilweise reflektierende Scheibe gespiegelt. Ferner können auch die Begrenzungwände der Bühne als diffus reflektierende Projektionsflächen genutzt werden. Durch das Nebeneinander dreidimensionaler Gegenstände sowie zwei- oder dreidimensionaler Spiegelungen und deren räumliche Staffelung erscheinen dem Betrachter auch

die an sich nur zweidimensionalen Luftbilder als dreidimensional. Es hat sich gezeigt, daß eine durchsichtige und etwa 20 bis 25% reflektierende Scheibe die Luftbilder mit großer Schärfenabbildung und Lichtstärke wiedergibt, so daß eine Präsentation der Luftbilder auch in beleuchteten Räumen mit sehr guter Bildqualität möglich ist. Mit Hilfe dieser Vorrichtung ist es beispielsweise möglich, Gegenstände jeglicher Art vergrößert und auch verkleinert dreidimensional auf einer Bühne zu präsentieren. Auch kann beispielsweise das Abbild einer Person mit einem Video-Großbildprojektor auf den durchscheinenden Bildschirm projiziert und dieses Bild über den Umlenkspiegel auf die Bühne gespiegelt werden. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es möglich, Luftbilder in einer Show synchron zu Musik und Text zu projizieren. Es können tonnenschwere Geräte, die sich als Luftbilder im Raum drehen, auf die Bühne projiziert werden. Aufgrund einer speziellen Aufnahmetechnik haben diese Projektionen eine dreidimensionale Wirkung. Durch Computerbildbearbeitung im Aufnahmeverfahren ist es möglich, daß beispielsweise hunderte von winzigen Bildfragmenten scheinbar über die gesamte Bühnentiefe geflogen kommen und sich zu einer Einheit, zum Beispiel einem Ballettänzer, zusammensetzen. Dieser Ballettänzer beginnt dann zur Musik über die Bühne zu tanzen, während um ihn herum räumlich gestaffelte Bühnenbauten sich vielfach wechselnd als Luftbilder aufbauen.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen 5 bis 20, soweit die Vorrichtung nach Art eines Display ausgebildet ist, und aus den Patentansprüchen 21 bis 35, soweit die Vorrichtung als relativ große Bühne ausgebildet ist.

In der folgenden Beschreibung werden mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 eine Seitenschnittansicht einer displayartigen Vorrichtung nach der Erfindung mit Fernseh-Bildschirm,

Fig. 2 eine Vorderschnittansicht der Vorrichtung nach **Fig.** 1,

Fig. 3 eine Ansicht entsprechend **Fig.** 1 einer Vorrichtung mit Diaprojektor,

Fig. 4 eine Ansicht entsprechend **Fig.** 1 einer Vorrichtung mit Objektträger,

Fig. 5 eine Ansicht entsprechend **Fig.** 1 einer Vorrichtung mit Objektträger und Umlenkspiegel,

Fig. 6 eine Ansicht entsprechend **Fig.** 1 einer Vorrichtung mit Großbildprojektor,

Fig. 7 eine Ansicht entsprechend **Fig.** 1 einer Vorrichtung mit parallel zur Scheibe angeordnetem Bildschirm eines Video-Großbildprojektors,

Fig. 8 eine Schnittansicht einer bühnenartig ausgebildeten Vorrichtung nach der Erfindung,

Fig. 9 eine Ansicht nach der Schnittlinie IX-IX in **Fig.** 8,

Fig. 10 eine der **Fig.** 9 entsprechende Ansicht einer Ausführungsform mit mehreren verschiebbaren Bildschirmen und Projektoren,

Fig. 11 die Staffelung der Luftbilder bei einer Einstellung der Bildschirme gemäß **Fig.** 10,

Fig. 12 eine Ansicht entsprechend **Fig.** 10 mit in einer Linie befindlichen Projektoren und Bildschirmen,

Fig. 13 die Stellung des Luftbildes auf der Bühne bei einer Einstellung der Vorrichtung gemäß **Fig.** 12,

Fig. 14 eine Draufsicht auf die Bühne,

Fig. 15 eine Prinzipskizze einer Vorrichtung gemäß der Erfindung mit verkürztem Projektionsraum.

Die nach Art eines Displays ausgebildete Vorrichtung weist ein Gehäuse **1** auf mit einer durchsichtigen, jedoch auch reflektierenden Scheibe **2**, die um eine horizontale Achse **3** schwenkbar ist, um eine optimale Position zwischen einem im Gehäuse **1** untergebrachten Bildträger **4** und dem Betrachter des durch Spiegelung entstehenden Luftbildes **10** einnehmen zu können.

Auf der Scheibe **2** ist eine Spiegelschicht aufgebracht, die eine 10 bis 50 vorzugsweise 20 bis 30prozentige Reflexion bewirkt. Daraus ergibt sich eine Transmission von 50 – 90%.

Für das Auge **9** des Betrachters ist die durchsichtige Scheibe **2** wenig auffallend, so daß er in erster Linie das Luftbild **10** eines Bildes oder Objektes sieht, das auf dem Bildträger **4**, **4'** oder **24** erscheint.

Der Bildträger kann ein Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Projektors sein, er kann durchscheinend oder reflektierend sein und er kann auch von einem beleuchteten Objektträger gebildet sein, so daß das Objekt selbst in der Scheibe **2** als Luftbild **10** gespiegelt wird.

Das Gehäuse **1** ist innen komplett mit matt-schwarzer Farbe, schwarzem Filz oder Samt oder ähnlichem lichtschluckenden Material ausgestattet. Das Gehäuse **1** ist auf Rollen fahrbar und wahlweise über eine Drehbühne um 360° drehbar.

An der Vorderseite des Displays ist ein Steuerpult **16** mit einer digitalen Tastatur angebracht, mit der der Betrachter die einzelnen, auf Videoband oder Bildplatte gespeicherten, Bildinformationen abrufen kann. Diese erscheinen dann als Luftbild. Eine Tonwiedergabeeinrichtung mit Stereoverstärker **19** und mit eingebauten Stereolautsprechern **17** oder als Alternative zu den Lautsprechern, Kopfhörer **18** ermöglichen eine akustische Untermalung synchron nach dem Bild, mit Musik und Text.

Bei der Vorrichtung nach **Fig.** 1 und 2 wird der Bildträger vom Bildschirm **4** eines Fernsehgerätes **5** gebildet, das zusammen mit einem Videorecorder **6** im Gehäuse **1** untergebracht ist. Zwischen dem Bildschirm **4** und der geneigten Scheibe **2** ist eine Fresnel-Linse **7** angeordnet, mit deren Hilfe das auf dem Bildschirm **4** erscheinende Bild vergrößert als Luftbild **10** gespiegelt wird. Die Fresnel-Linse **7** ist in einem Rahmen gehalten, der in einer Vertikalführung **21** verschiebbar ist. Mittels eines Verstellantriebes kann die Fresnel-Linse **7** vom Bildschirm **4** entfernt werden oder zum Bildschirm **4** hinbewegt werden. Dadurch entsteht für den Betrachter **9** der Eindruck, daß sich das Objekt, welches er als Luftbild **10** sieht und das durch die Verstellung der Fresnel-Linse **7** größer wird oder kleiner wird, auf ihn zu bewegt bzw. von ihm entfernt.

Der Verstellantrieb für die Fresnel-Linse **7** kann durch einen Elektromotor bewirkt werden. Wird beispielsweise ein Schrittmotor eingesetzt, so kann die Bewegung der Fresnel-Linse auch programmiert werden.

Zwischen Fresnel-Linse **7** und der Scheibe **2** sind zwei gegeneinander verstellbare Polarisationsfilter **11** angeordnet. Mit Hilfe dieser um eine vertikale Achse drehbaren Polarisationsfilter **11** erreicht man, daß die Lichtintensität bei zu hellen Bildmotiven auf dem Bildträger abgeschwächt werden kann.

Ferner ist zwischen Fresnel-Linse **7** und der Scheibe **2** ein Kontrastfilter **12** angeordnet, welches verhindert, daß sich die Fresnel-Linse **7** in der Scheibe **2** spiegelt. Die von Streulicht bewirkten Lichtreflexe können mit Hilfe dieses Kontrastfilters **12** eliminiert werden. Das Kontrastfilter **12** ist zweckmäßigerweise in bezug auf

den Abstand zur Fresnel-Linse 7 sowie in seiner Neigung einstellbar und feststellbar.

Zwischen dem Bildschirm 4 und der Fresnel-Linse 7 ist noch eine Lochblende 8 angeordnet, die vertikal verstellbar ist.

Zweckmäßigerweise sind der Bildschirm 4, die Lochblende 8, die Fresnel-Linse 7 sowie die Filter 11 und 12 unabhängig voneinander in der Vertikalführung 21 höheneinstellbar. Ferner ist es auch vorteilhaft, wenn die als Display ausgebildete Vorrichtung auch eine in ihrer Höhe einstellbare Scheibe 2 aufweist, so daß die Vorrichtung jeweils den örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden kann.

Zur Kühlung der Wärme abgebenden Einrichtungen ist im Gehäuse 1 ein Luftgebläse 13 angeordnet sowie ein Lufteinlaß 22.

Wie die Fig. 1 zeigt, kann die Scheibe 2 an ihrer unteren Kante verschwenkbar mit dem Gehäuse 1 verbunden sein. Fig. 2 zeigt, daß die Scheibe 2 um eine Mittelachse 3' schwenkbar und feststellbar im Gehäuse 1 gehalten ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist der Bildschirm 4 eines Fernsehgerätes 5 ersetzt durch einen Bildschirm 4', auf den ein Projektor 14 über den einstellbaren Spiegel 15 ein Bild auf den Bildschirm 4' projiziert. Der Bildschirm 4' kann in einem Rahmen gehalten sein, der vertikal verschiebbar in der Vertikalführung 21 gehalten ist. Ein Dia-Überblendsteuergerät 20 kann die Bildfolge des Projektionsgerätes 14 steuern.

Die Vorrichtung nach Fig. 4 dient der Projektion von Objekten 23 als dreidimensionale Luftbilder 10. Anstelle des Bildschirmes 4 bzw. 4' ist ein Objektträger 24 vorgesehen, der ein Objekt 23 aufnimmt, das von mehreren Scheinwerfern 25 beleuchtet wird. Der Objektträger 24 ist um eine vertikale Achse 26 drehbar und mittels einer Hub- und Senkvorrichtung 28 höheneinstellbar. Zur Repräsentation der Objekte 23 ist es vorteilhaft, wenn der Objektträger 24 elektromechanisch oder hydraulisch gehoben, abgesenkt, gedreht oder gekippt werden kann. Der Objektträger 24 ist zweckmäßigerweise mit Befestigungseinrichtungen ausgerüstet, mit denen das Objekt 23 festgehalten werden kann, ohne daß diese Befestigungseinrichtungen sichtbar werden.

Die Scheinwerfer 25 sind rund um das Objekt 23 angeordnet, sie sind verschwenkbar gehalten, so daß sie einzeln ausgerichtet werden können. Die Scheinwerfer 25 können mit optischen Systemen ausgestattet sein, welche den Scheinwerferkegel verkleinern oder vergrößern. Ferner können die Scheinwerfer 25 mit Masken ausgestattet sein, um den Lichtkegel in seiner Form zu verändern. Ferner können die Scheinwerfer mit Blendkappen versehen sein, um störendes Streulicht abzublenden.

Mit Hilfe eines Lichtcomputers können die Lichtintensitätsstufen der Scheinwerfer vorprogrammiert werden und synchron zum Bildprogramm und Tonprogramm abgerufen werden. Zwischen Objektträger 24 und Fresnel-Linse 7 befindet sich eine Lochblende 8, die vertikal einstellbar ist und dafür sorgt, daß nur das Objekt 23 auf der Linse 7 abgebildet wird und kein störendes Umfeldlicht.

Durch Drehen, Kippen oder Höhenverstellung des Objektträgers 24 ist es dem Betrachter möglich, das Objekt 23 als dreidimensionales Luftbild 10 von sämtlichen Seiten zu betrachten. Der Drehantrieb 27 des Objektträgers 24 sowie der Hubantrieb und Kippantrieb des Objektträgers 24 können vom Steuerpult 16 entweder vom Betrachter selbst oder über ein Programm gesteuert werden. Der Betrachter hat die Möglichkeit, durch Veränderung seines Blickwinkels das als Luftbild 10 erscheinende Objekt 23 von links und rechts, von oben und unten zu sehen. Durch Bedienung von Tasten oder eines Steuerknüppels am Steuerpult 16 kann er die Dreh- und Kippbewegungen des Objektträgers 24 und damit auch des Luftbildes 10 selbst steuern.

Die Vorrichtung nach Fig. 5 entspricht weitgehend der Vorrichtung nach Fig. 4, jedoch ist hier unter der Fresnel-Linse 7 ein nach Höhe und Neigung einstellbarer Umlenkspiegel 29 angeordnet und neben dem Umlenkspiegel 29 ein Bildträger bzw. ein Objektträger 24 angeordnet. Der Umlenkspiegel reflektiert das Bild des Objektes 23 durch die Fresnel-Linse 7 auf die Scheibe 2, so daß ein Luftbild 10 für das Auge 9 des Betrachters erscheint.

Bei den Ausführungsformen nach den Fig. 6 und 7 entfällt die Fresnel-Linse 7, weil als Bildträger ein relativ großer, reflektierender Bildschirm 4' eines Video-Großbildprojektors 14' Verwendung findet. Der Großbildprojektor 14' ist im oberen Teil des Gehäuses 1 entweder oberhalb oder unterhalb der Scheibe 2 angeordnet.

Die Vorrichtung zur Erzeugung durch Spiegelung entstehenden Luftbildern gemäß Fig. 8 weist ein im wesentlichen kubisches Gehäuse 31 mit einem Boden 32, einer Decke 33, zwei Seitenwänden 34 und 35 und eine Rückwand 36 auf. An der Vorderseite ist das Gehäuse 31 zumindest im oberen Teil offen, so daß für den Betrachter die Sicht auf den Bühnenraum 39 freibleibt. Das Gehäuse 31 ist durch eine von der Rückwand 36 bis zum mittleren Bereich des Gehäuses 31 sich erstreckende Zwischenwand 37 in den oberen Bühnenraum 39 und den unteren Projektionsraum 38 unterteilt. Im Projektionsraum 38 sind mindestens ein Projektor 14 und im Abstand davon ein durchscheinender Bildschirm 4 angeordnet. Vor dem Projektionsraum 38 ist ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden 34 und 35 verlaufende Achse 40 geneigter Umlenkspiegel 41 angeordnet, der das auf dem Bildschirm 4 erscheinende Bild nach oben spiegelt. Über dem Umlenkspiegel 41 befindet sich eine gleichsinnig zum Umlenkspiegel 41 geneigte durchsichtige Scheibe 2, die so beschichtet ist, daß sie vorzugsweise 15 bis 25% des auffallenden Lichtes zu den Betrachtern hin reflektiert. Das auf den Bildschirm 4 projizierte Bild erscheint für den Betrachter als Luftbild 10 auf der Bühne 37. Damit diese Luftbilder in der Höhe nach genau eingestellt werden können, ist der Umlenkspiegel 41 um die Achse 40 schwenkbar und feststellbar. Dazu dient eine vorzugsweise hydraulisch arbeitende Kolben-Zylinder-Einheit 51. Auch die Neigung der durchsichtigen und teilweise reflektierenden Scheibe 2 ist um die Achse 3 schwenkbar mit Hilfe einer Kolben-Zylinder-Einheit 50.

Am oberen Rand der durchsichtigen Scheibe 2 ist ein parallel zu diesem Rand von Seitenwand 34 zur Seitenwand 35 verlaufender Träger 42 angeordnet, der zur Aufnahme von Projektoren 43 und Lautsprechern 48 dient. Mit Hilfe des oder der Projektoren 43 kann auf die als diffus reflektierende Fläche ausgebildete Rückwand 36 eine Landschaft, eine Stadtsilhouette und entsprechende Bilder projiziert werden, die den Bühnenhintergrund bilden.

Um die Luftbilder 10 in den unterschiedlichen Tiefen im Bühnenraum 39 erscheinen zu lassen, ist der Abstand des Bildschirmes 4 vom Umlenkspiegel 41 veränderbar. Je näher der Bildschirm 4 am Umlenkspiegel 41 steht, umso mehr rückt das Luftbild 10 zur vorderen Kante der Bühne 37 hin und je mehr sich der Bildschirm der

Rückwand 36 nähert, umso tiefer erscheint das Luftbild auf der Bühne 37.

Wie die Fig. 9 und 10 zeigen, sind im Projektionsraum 38 nebeneinander mehrere, unabhängig voneinander einstellbare Bildschirme 4*a* bis 4*h* und dazugehörige Projektoren 14*a* bis 14*h* angeordnet. Die Bildschirme 4*a* bis 4*h* befinden sich auf Wagen 44 bzw. Schlitten, die entlang den Schienen 45 vorund zurückfahrbar sind. Der Antrieb dieser Wagen 44 erfolgt über Schrittmotoren 46, welche beispielsweise mittels eines Zahnriemens 54 die Wagen 44 auf den Schienen 45 vor- und zurückbewegen. Die Schrittmotoren 46 werden in Vor- und Rücklauf sowie in der Drehzahl computergesteuert. Je nach Bedarf kann auf einem oder mehreren der Wagen 44 der Bildschirm 4 entfallen und stattdessen ein von Scheinwerfern beleuchteter Gegenstand auf dem Wagen angeordnet werden, der dann als dreidimensionales Luftbild im Bühnenraum 39 erscheint. Mit Hilfe der computergesteuert verschiebbaren Wagen 44 ist es möglich, durch räumliche Veränderung der Bildträger bzw. der Bildschirme 4*a* bis 4*h* die Luftbilder in jeder Tiefe des Bühnenraumes 39 gestaffelt erscheinen zu lassen. Ferner ist es möglich, diese Luftbilder aus der Tiefe des Raumes in den Vordergrund und zurück fliegen zu lassen. Die Luftbilder 10 können gemäß den Fig. 10 und 11 in der Tiefe des Bühnenraumes 39 gestaffelt erscheinen oder, wie die Fig. 12 und 13 zeigen, in einer Ebene aufgereiht projiziert werden.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 8 und Fig. 9 sind auf den Wagen 44 nur die Bildschirme 4 bzw. 4*a* bis 4*h* installiert, während die Projektoren, wie Diaprojektoren, Filmprojektoren stationär an der Rückwand 36 angeordnet sind. Bei dieser Anordnung müssen die Objektive der Projektoren computergesteuert automatisch nachgestellt werden, sobald sich der Abstand des Bildschirmes vom Projektor verändert. Lediglich bei einem Lasergrafikprojektor wäre eine derartig veränderbare Optik nicht erforderlich, weil dort die Bildgröße automatisch eingestellt wird. Bei einem Video-Großbildprojektor ist es am einfachsten, diesen stationär zum zugehörigen Bildschirm anzuordnen. Wie die Fig. 10 und 12 zeigen, können alle Projektoren 14*a* bis 14*h* im festen Abstand zum zugehörigen Bildschirm 4*a* bis 4*h* auf den Wagen 44 befestigt werden.

Es ist selbstverständlich auch möglich, den Projektionsraum 38 mit Wagen 44 auszurüsten, die teils nur einen Bildschirm tragen und bei denen der zugehörige Projektor in Nähe der Rückwand 36 angeordnet ist und teils einen Bildschirm und den zugehörigen Projektor tragen.

Als Bildträger kommen insbesondere Kunststoff-Rückprojektionsscheiben in Frage, die bei hoher Lichthelligkeit kein verstärktes Lichtfeld in der Mitte des Bildschirmes aufweisen, damit bei Veränderung des Betrachterstandpunktes das Bild in seiner Helligkeit voll erhalten bleibt.

Um eine optimale Bildqualität der Luftbilder 10 zu erzielen, sollte das Reflexionsvermögen der durchsichtigen Scheibe 2 zwischen 15 und 25% liegen. Ist die Reflexion zu stark, ist die Transparenz der Scheibe nicht mehr gewährleistet. Man erreicht zwar damit eine hohe Brillanz des gespiegelten Bildes, jedoch geht dabei der Eindruck verloren, daß der sich spiegelnde Gegenstand im Raum schwebt. Die Neigung der durchsichtigen und teilweise reflektierenden Scheibe beträgt 40 bis 45°. Zwar lassen sich auch Luftbilder präsentieren bei einer Neigung der durchsichtigen Scheibe bei 30° oder auch 50°, bei dieser Neigung schweben die Bilder meist zu hoch an der Decke oder zu tief auf dem Bühnenboden und die Bilder stehen nicht mehr senkrecht, sie kippen nach vorne oder hinten. Für die Feineinstellung ist die durchsichtige Scheibe sowie auch der Umlenkspiegel hydraulisch oder elektromotorisch einstellbar. Auch ist der Umlenkspiegel zum Einstellen einer optimalen Präsentation der Luftbilder vor- und zurückfahrbar. Die Bühne 37 kann zur Repräsentation von Originalprodukten mit einer Drehbühne ausgestattet werden, so daß die Präsentation von Originalprodukten mit der Präsentation von Luftbildern kombiniert werden kann.

Wie die Fig. 14 zeigt, kann der Bühnenraum im Bereich der Rückwand 36 sowie an den Seitenwänden 34 und 35 mit diffus reflektierenden Aufprojektionswänden 55, 56 und 57 versehen sein. Diese Projektionswände können, wie dargestellt, rechtwinklig zueinander stehen, sie können aber auch bogenförmig oder trapezförmig angeordnet sein. Auf diese Projektionswände können mittels Filmprojektor, Diaprojektor, Video-Großbildprojektor oder Lasercomputergrafikprojektor Bilder projiziert werden, die in ihrer Helligkeit hinter den Luftbildern zurücktreten und die nicht nur einen Hintergrund bilden, sondern welche die beim Erzeugen der Luftbilder entstehenden Lichtreflexe eliminieren. Der als Luftbild projizierte Gegenstand erscheint dadurch mit klarer Kontur und Schärfe frei im Raum. Zusätzlich wird zur Beseitigung von störenden Lichtfeldern zwischen Projektionsraum 38 und Umlenkspiegel 41 eine sich über die gesamte Breite des Projektionsschachtes erstreckende Kontrastscheibe 52 eingebaut. Der Projektionsraum 38 ist mit lichtschluckendem Material, beispielsweise schwarzen Filz, ausgekleidet.

Das Gehäuse 31 mit der gesamten technischen Einrichtung ist aus leicht zusammenfügbaren Elementen zusammengesetzt, die im zusammengelegten Zustand einen oder zwei normgerechte Container bilden. Diese Bauelemente können an Ausstellungen oder Messen zusammengesetzt und über Steckdosen und andere Steckverbindungen an das Stromnetz und ggf. an das Wassernetz zur Laserkühlung angeschlossen werden.

Ein Zentralcomputer steuert die komplette Präsentation der Luftbilder nach einem vorher erstellten Programm synchron zu Musik und Text.

Die Ausführungsform nach Fig. 15 zeigt eine Apparatur mit verkürzter Bühne und verkürztem Projektionsraum. Hier ist unterhalb des Umlenkspiegels 41 ein Projektor 60 vorgesehen, der auf eine Aufprojektionswand 61 projiziert, die im Abstand zum Projektor 60 veränderbar ist.

Um den Umlenkspiegel 41 bei großen Bühnenbreiten von beispielsweise 9 m zusammensetzen zu können, muß der Spiegel ein an der Oberfläche reflektierender Oberflächenspiegel sein. In diesem Fall tritt die Fuge zwischen den Spiegeln optisch nicht in Erscheinung.

Bezugszeichenliste:

1 Gehäuse
2 Scheibe
3 Achse
4, 4' Bildschirm
5 Fernsehgerät
6 Videorecorder
7 Fresnel-Linse
8 Lochblende
9 Auge des Betrachters
10 Luftbild
11 Polarisationsfilter

12 Kontrastscheibe
13 Lüftungsgebläse
14, 14' Projektionsgerät
15 Spiegel
16 Steuerpult
17 Lautsprecher
18 Kopfhörer
19 Stereoverstärker
20 Dia-Überblendsteuergerät
21 Vertikalführung
22 Lufteinlaß
23 Objekt
24 Objektträger
25 Scheinwerfer
26 Achse
27 Drehantrieb
28 Hub- und Senkvorrichtung
29 Umlenkspiegel
30 Lochblende
31 Gehäuse
32 Boden
33 Decke
34 Seitenwand
35 Seitenwand
36 Rückwand
37 Zwischendecke, Bühne
38 Projektionsraum
39 Bühnenraum
40 Achse
41 Umlenkspiegel
42 Träger
43 Projektor
44 Wagen, Schlitten
45 Schiene
46 Antrieb, Schrittmotor
47 Sichtblende, Abweiser
48 Lautsprecher
49 Ventilator, Gebläse
50 Kolben-Zylinder-Einheit
51 Kolben-Zylinder-Einheit
52 Kontrastscheibe
53 Video-Großbildprojektor
54 Zahnriemen
55 Aufprojektionswand
56 Aufprojektionswand
57 Aufprojektionswand
58 Projektor
59 Projektor
60 Projektor
61 Aufprojektionswand

– Leerseite –

Nummer: 38 08 406
Int. Cl.[4]: G 02 B 27/00
Anmeldetag: 14. März 1988
Offenlegungstag: 6. April 1989

3808406

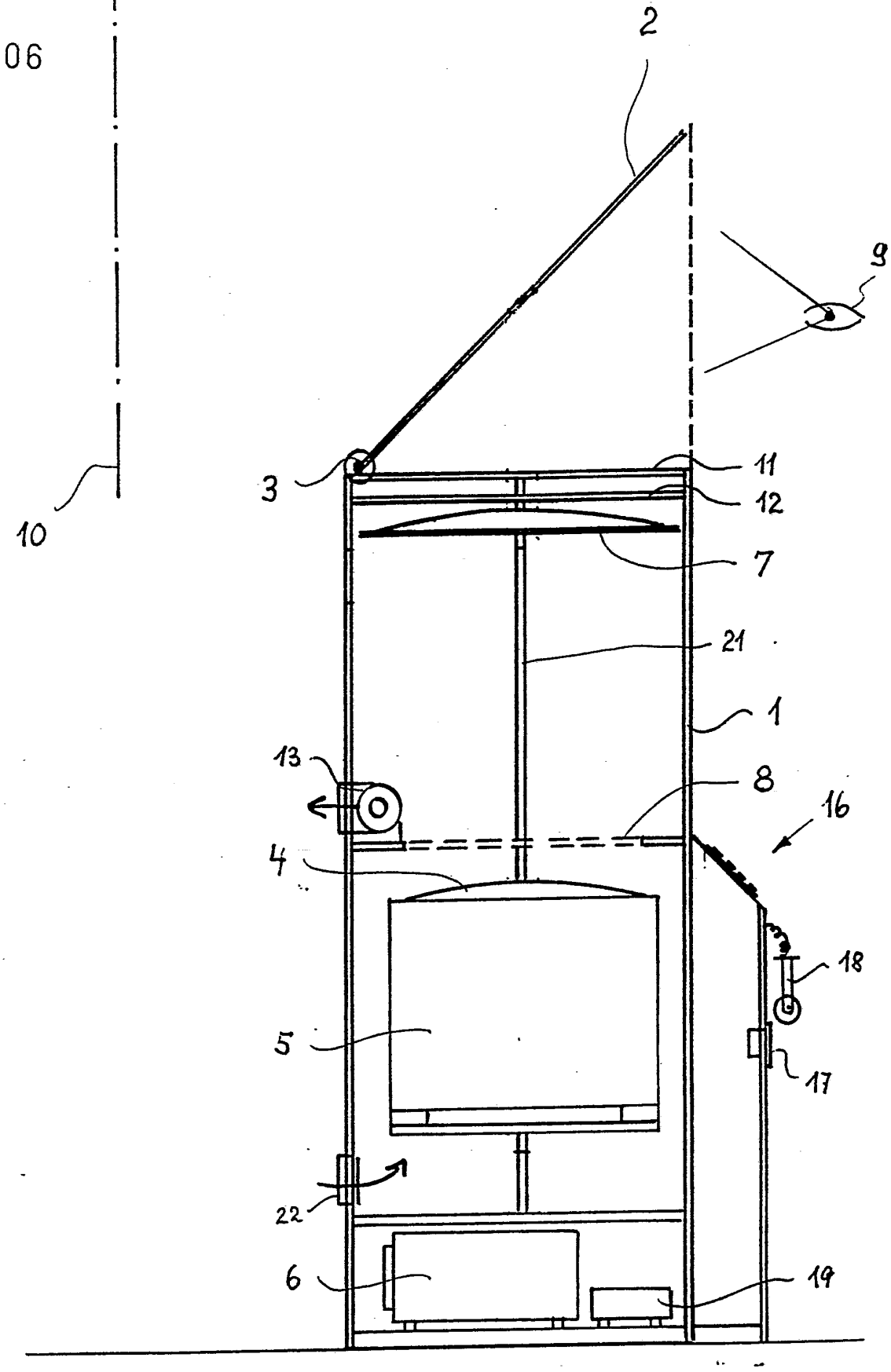


FIG.1

3808406

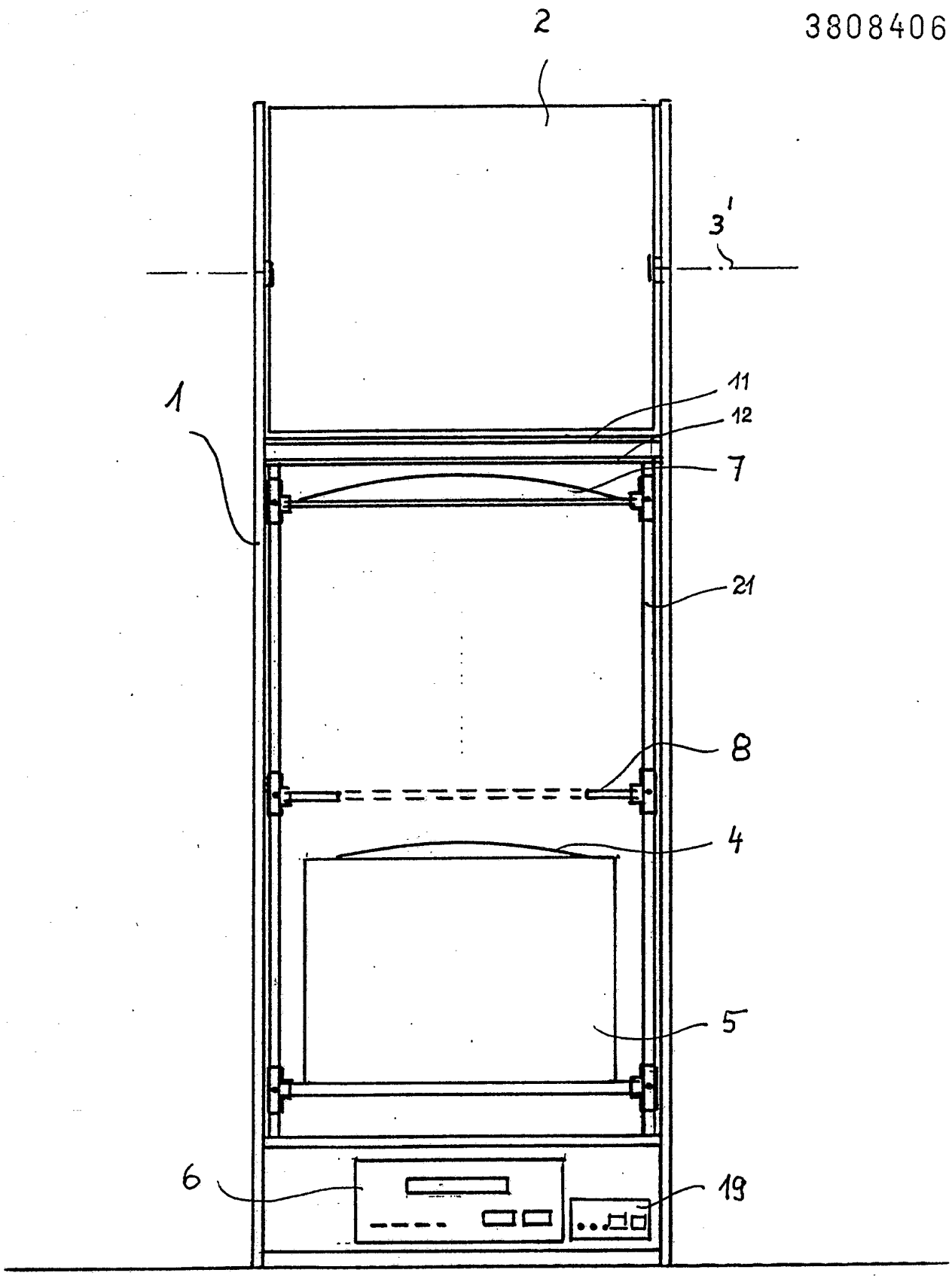


FIG.2

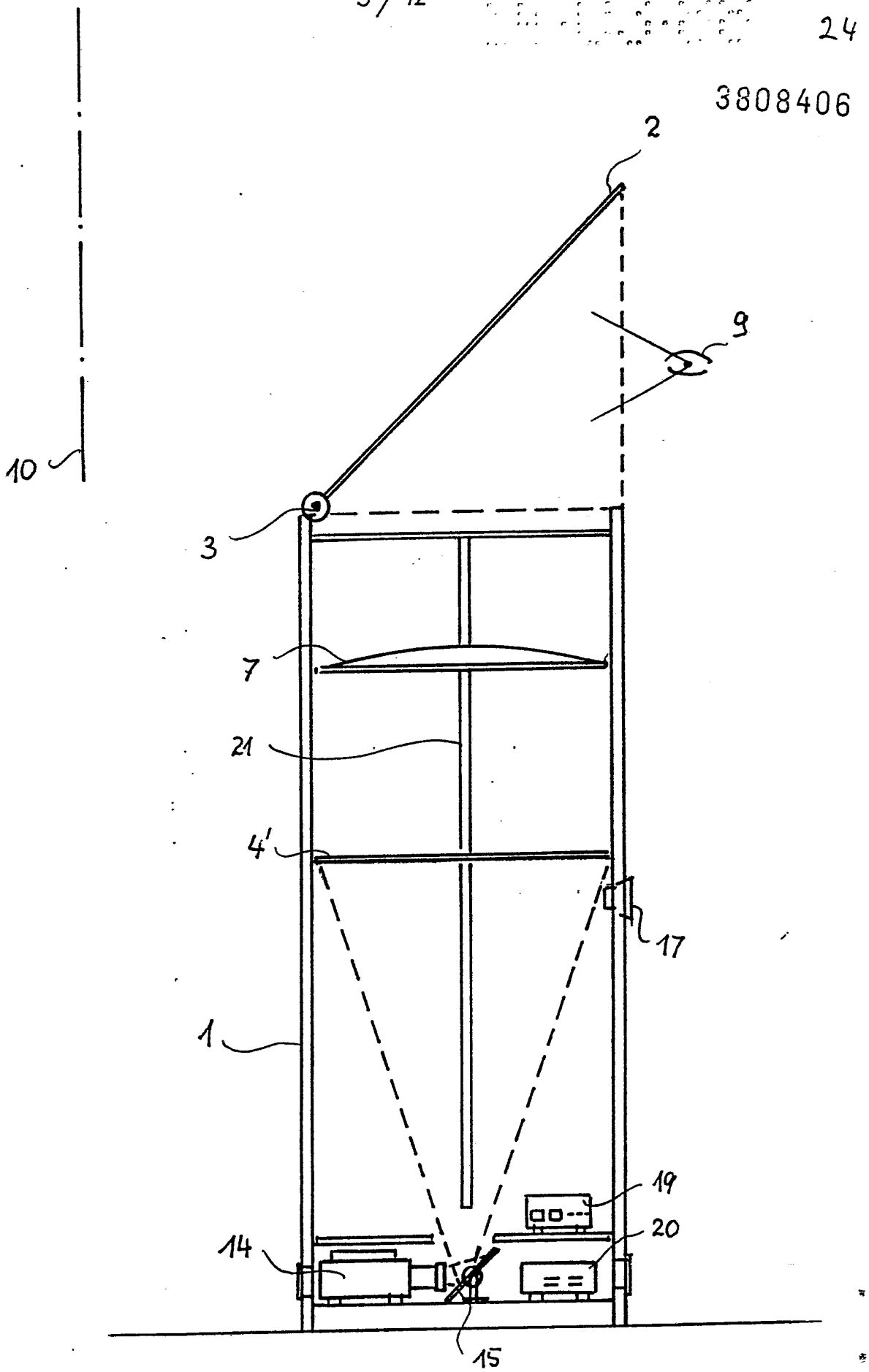


FIG. 3

3808406

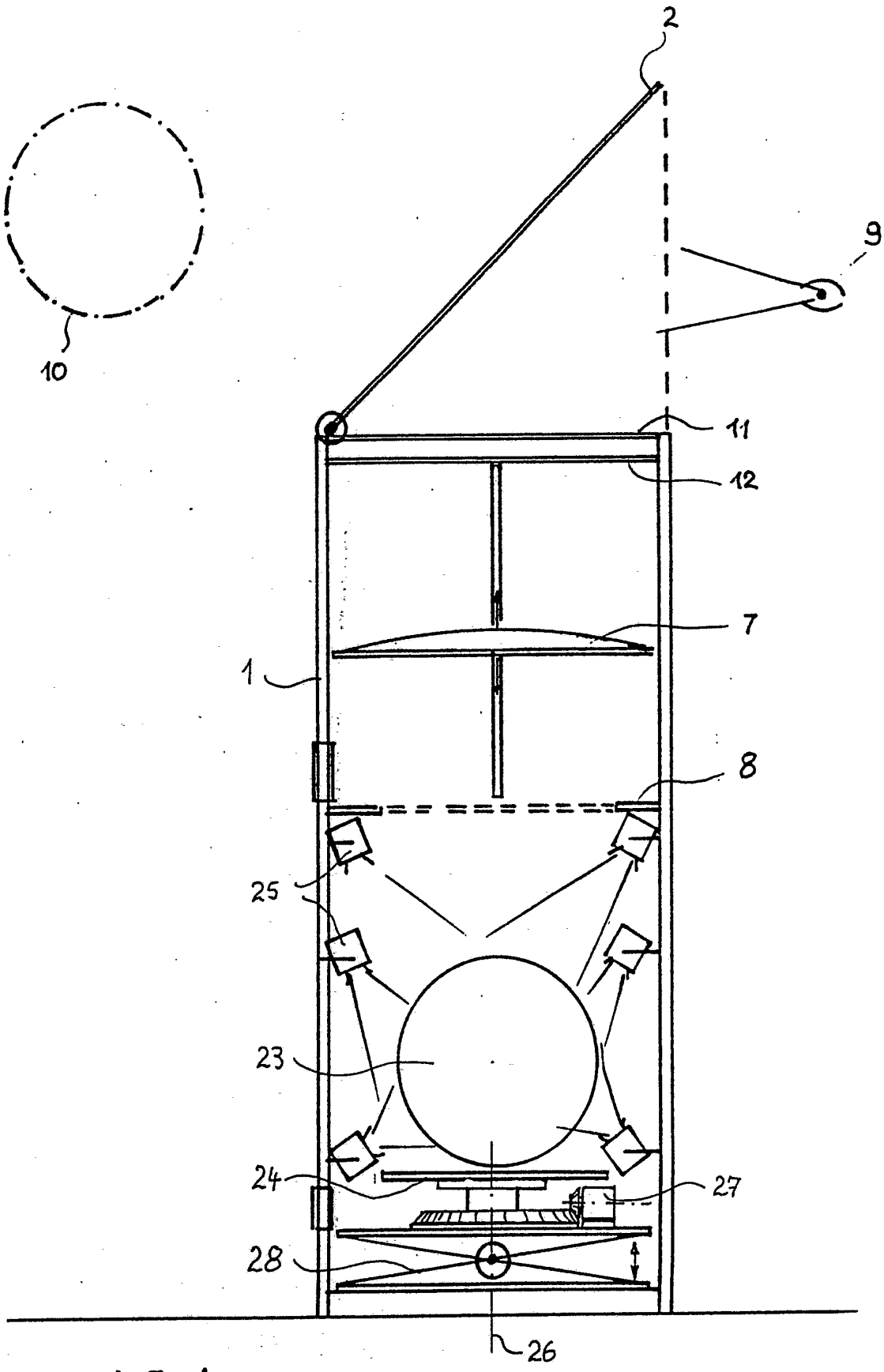


FIG. 4

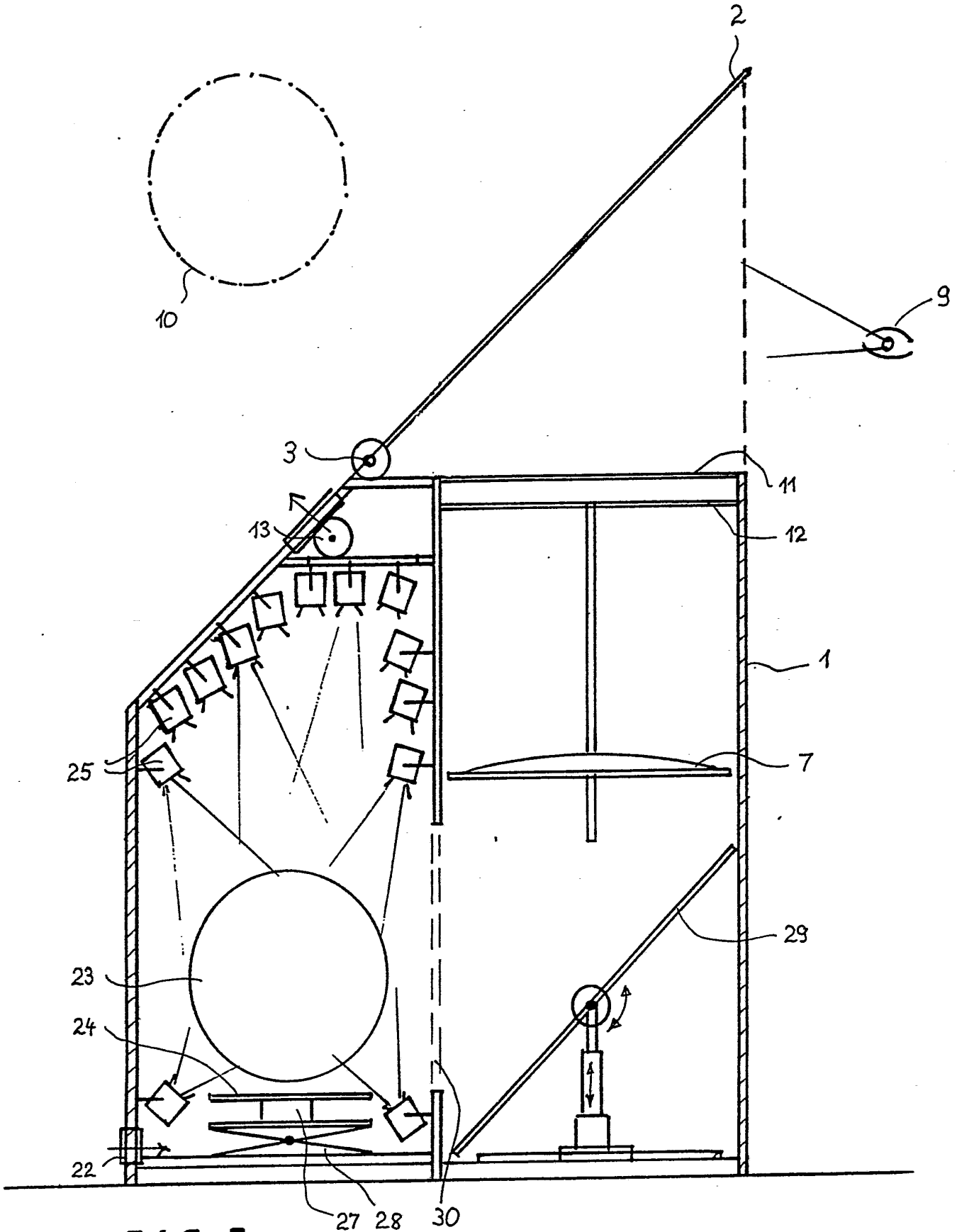


FIG. 5

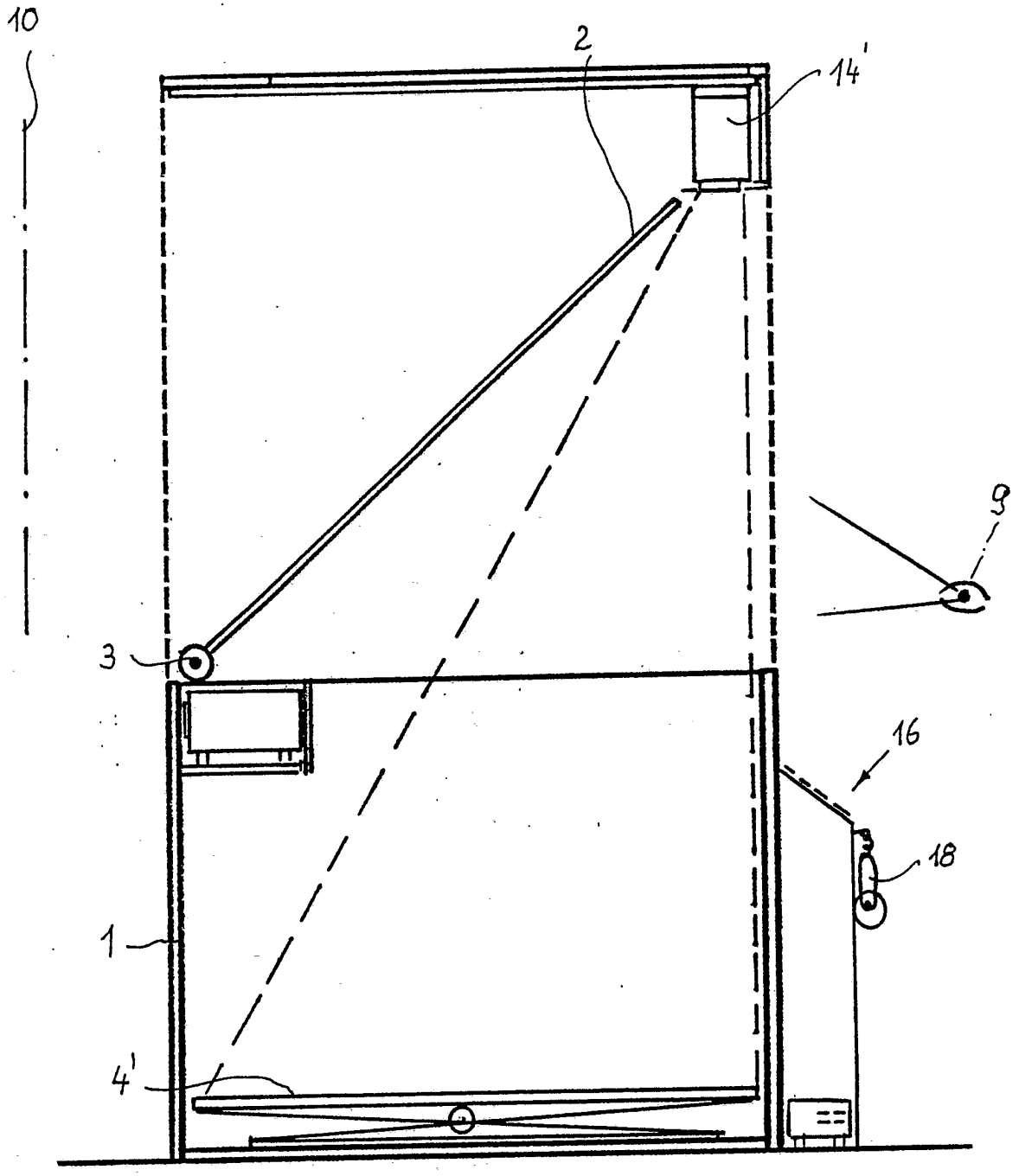


FIG. 6

3808406

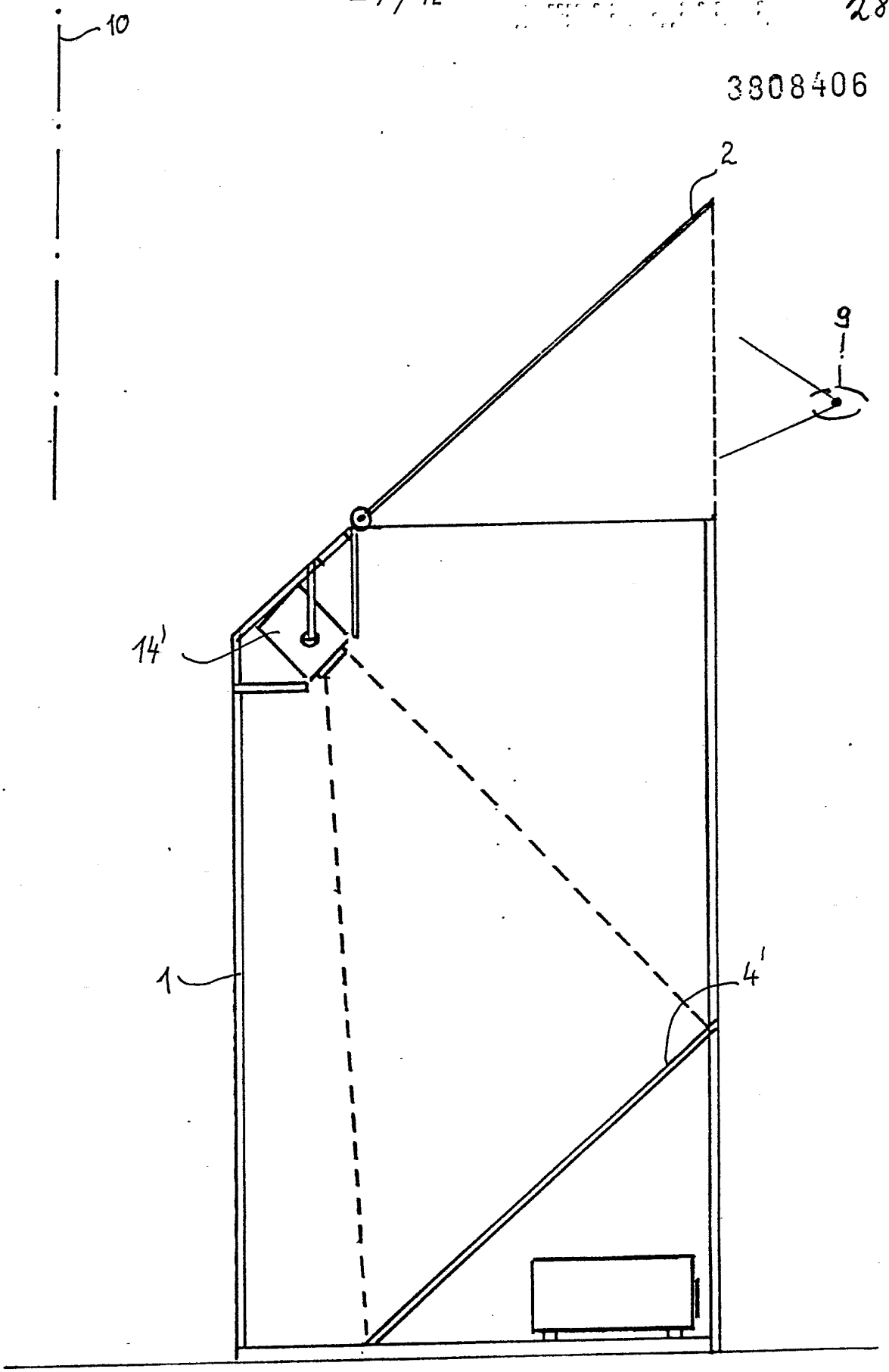


FIG.7

3808406

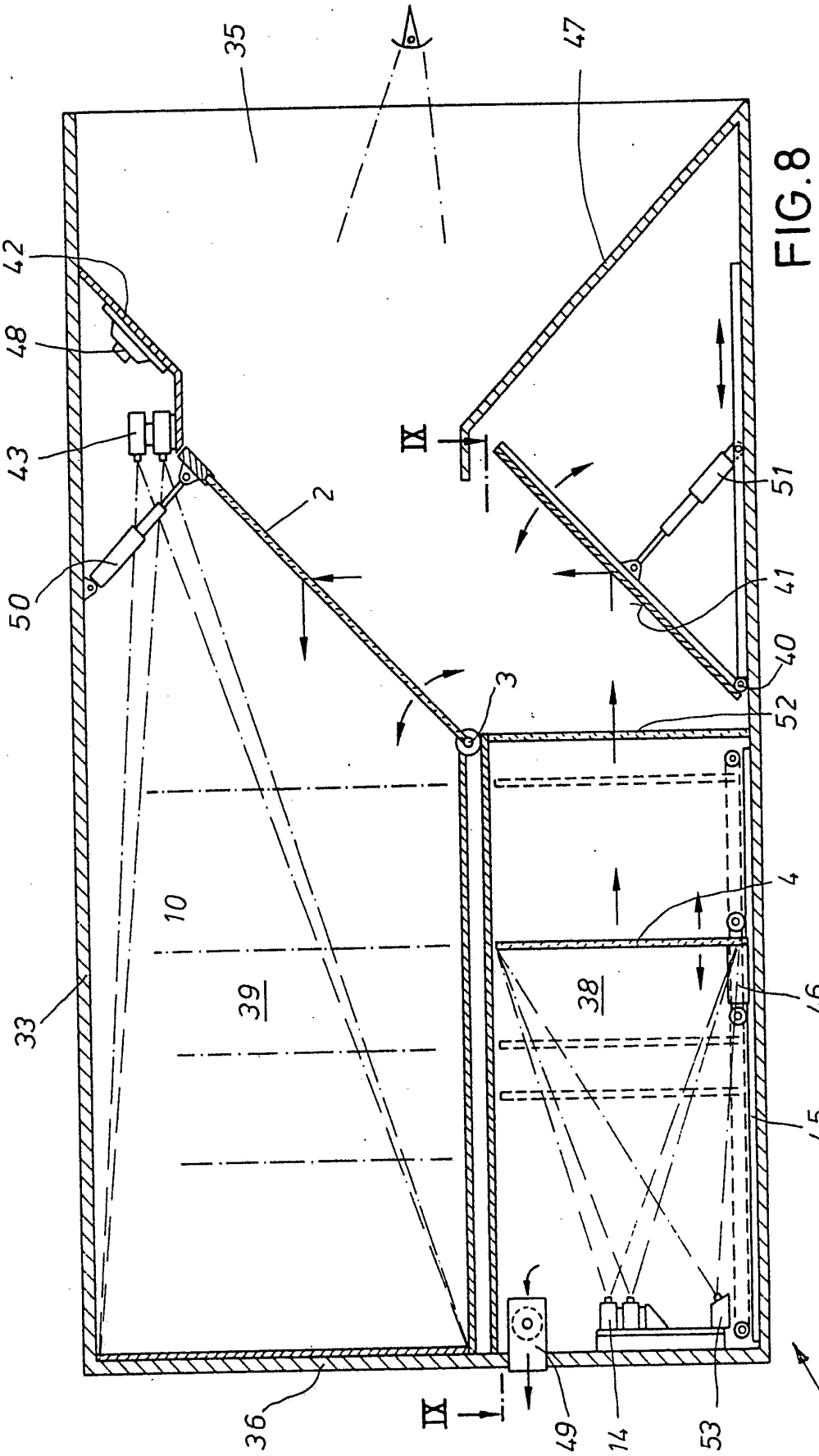


FIG.8

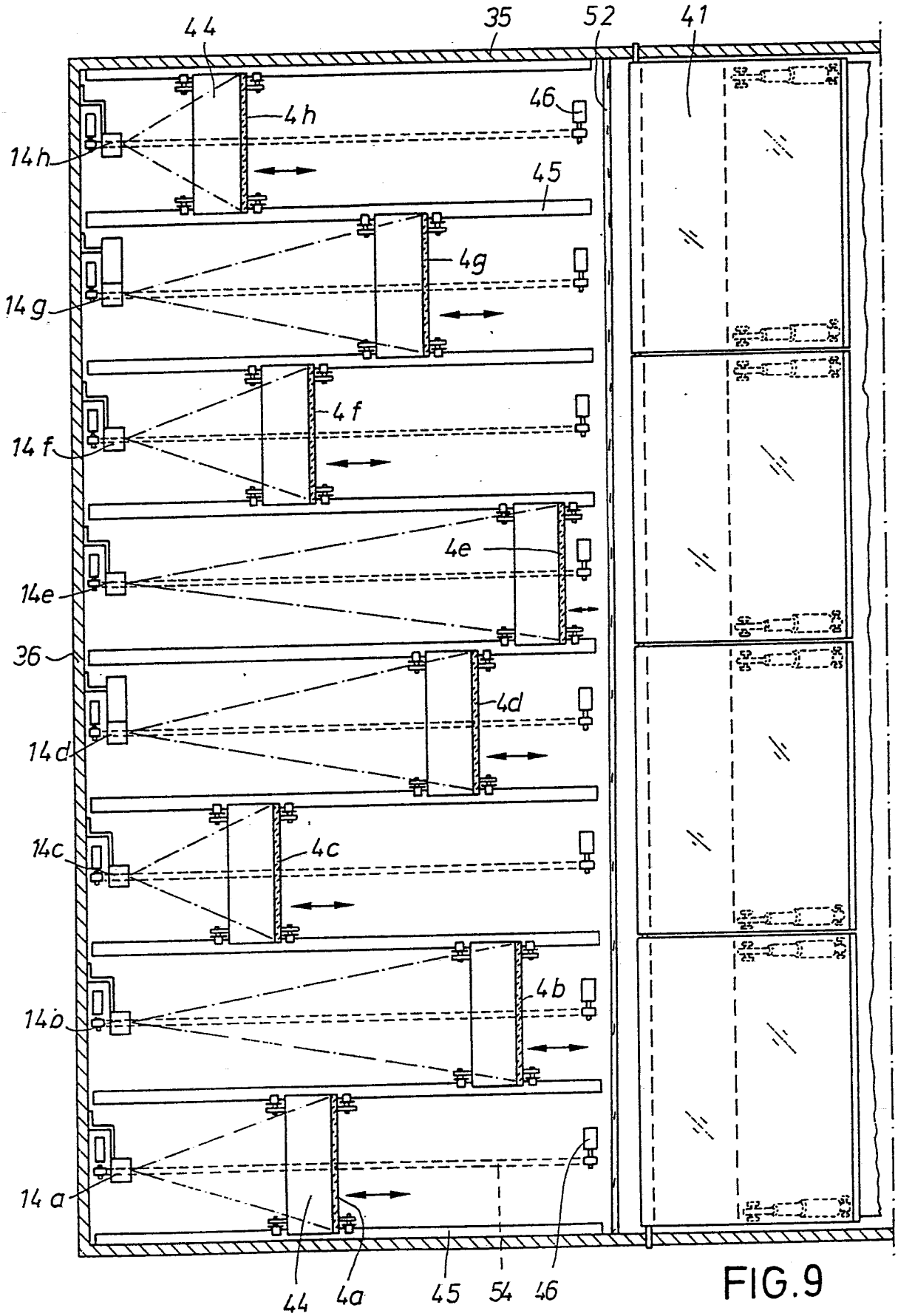

44
35
52
41
46
4h
14h
45
4g
14g
4f
14f
4e
14e
36
4d
14d
14c
4c
4b
14b
14a
44
4a
45
54
46

FIG.9

FIG.10

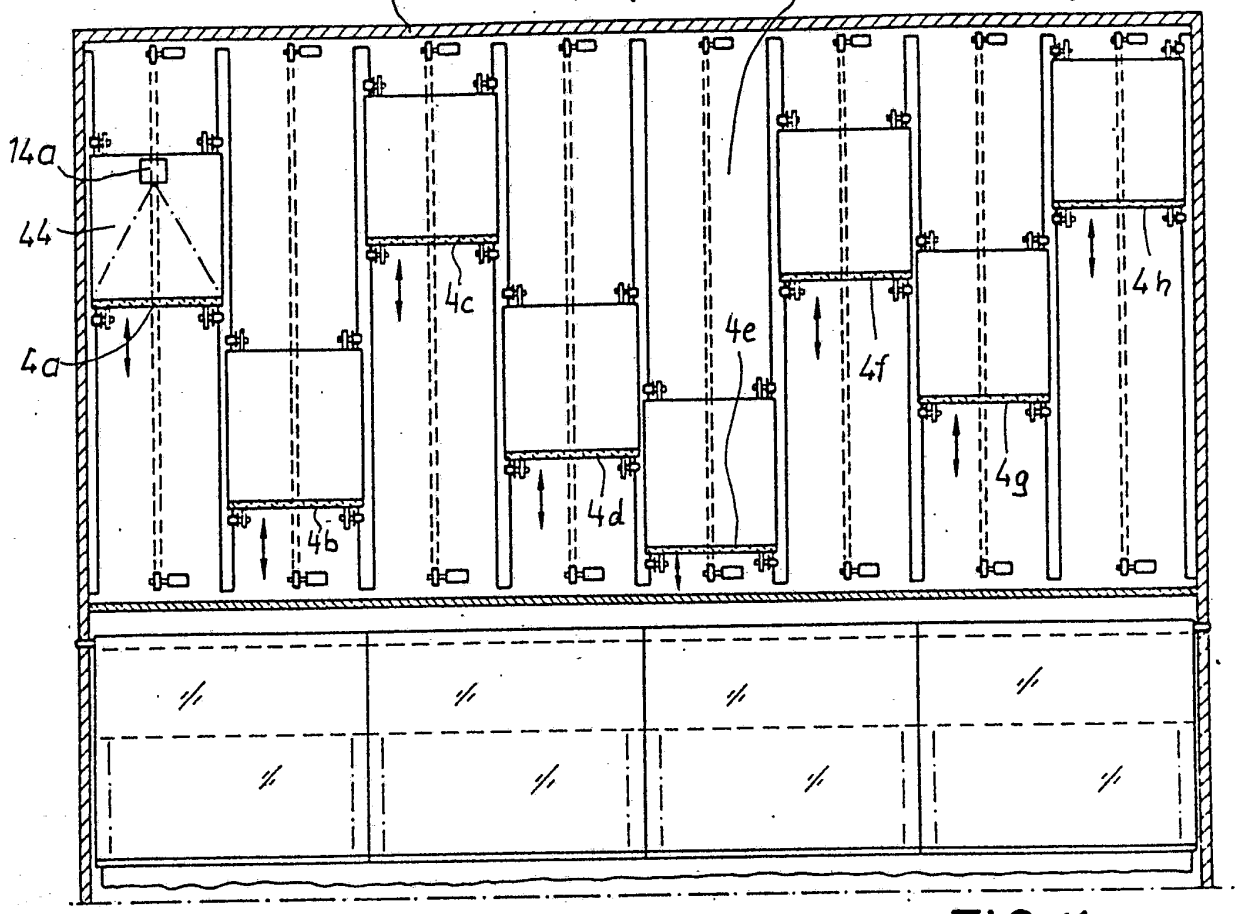
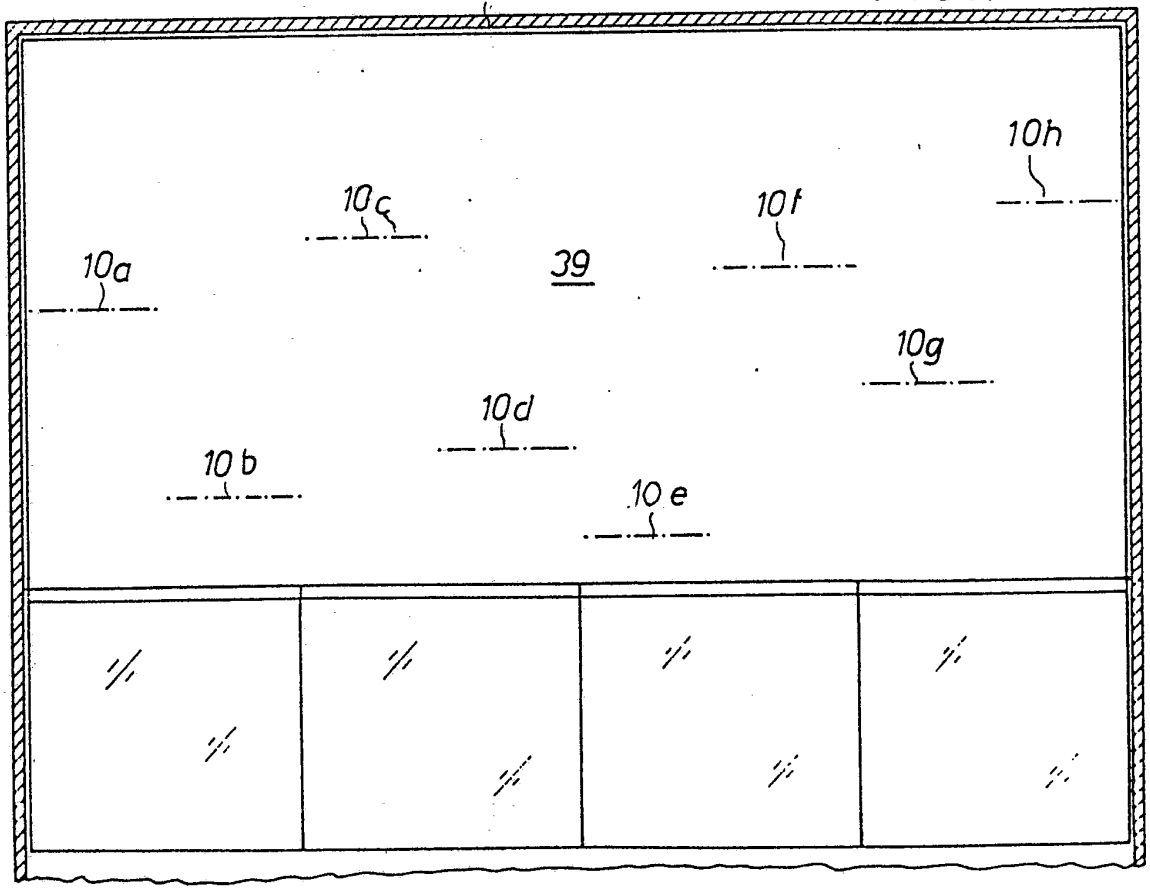

36
38
14a
44
4a
4b
4c
4d
4e
4f
4g
4h

FIG.11


36
10h
10c
10f
10a
39
10g
10d
10b
10e

32
380840

FIG.12

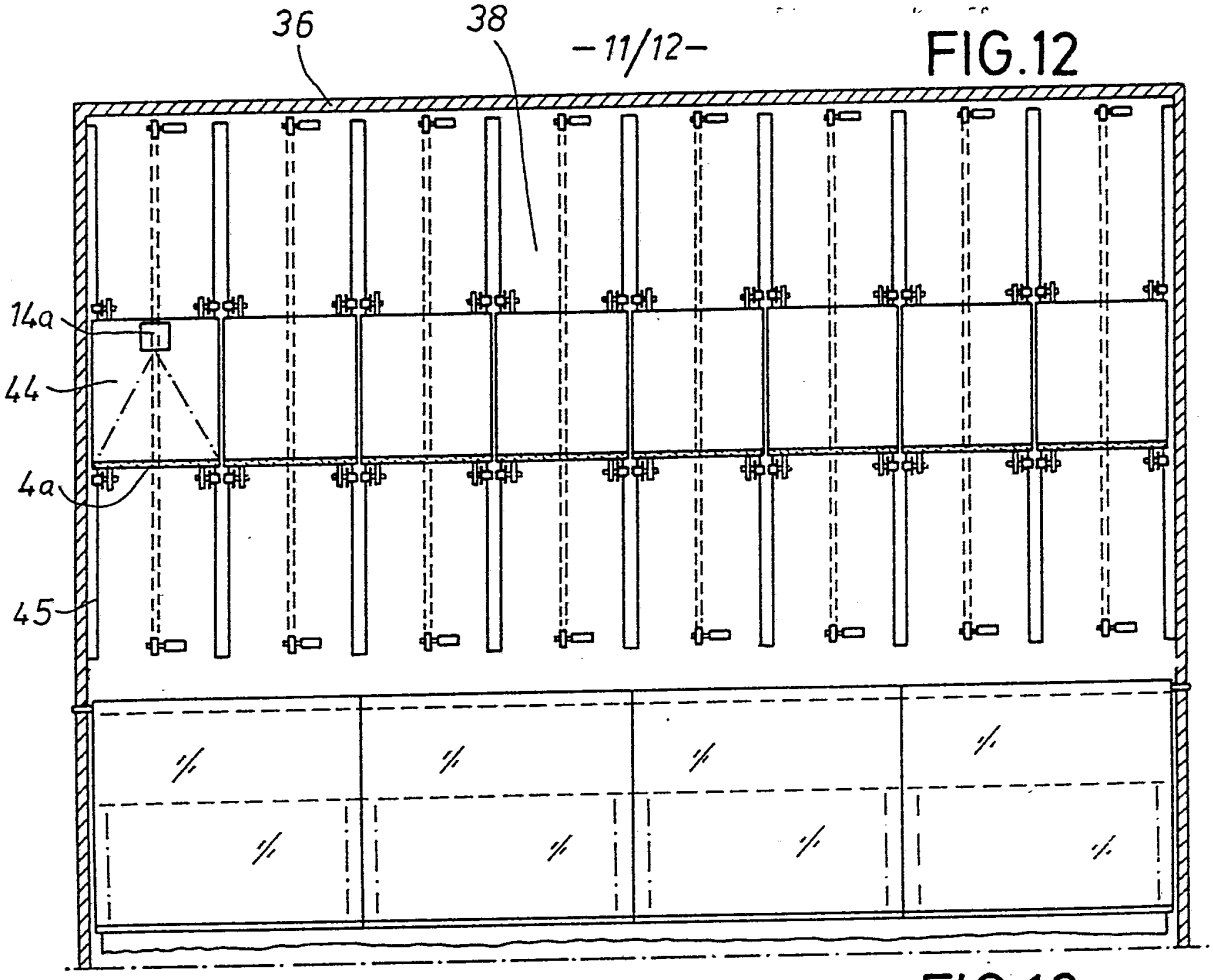
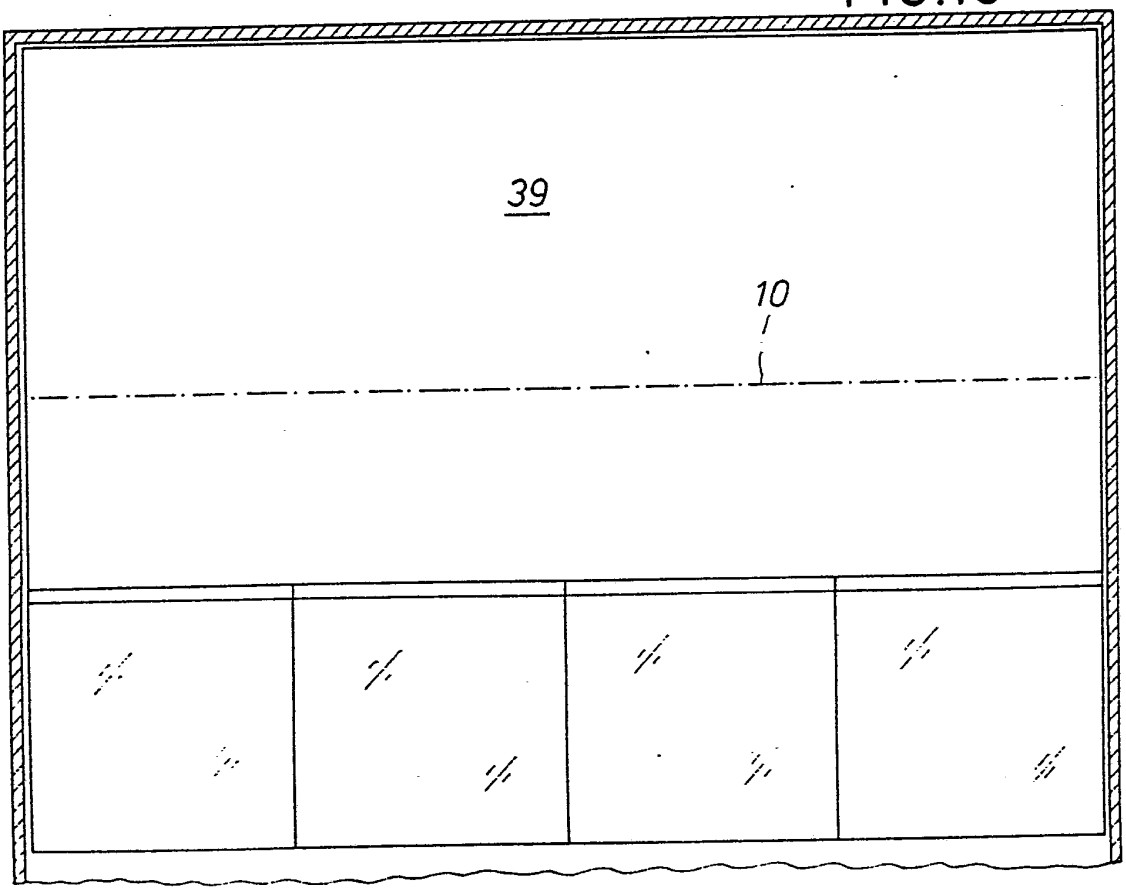


FIG.13



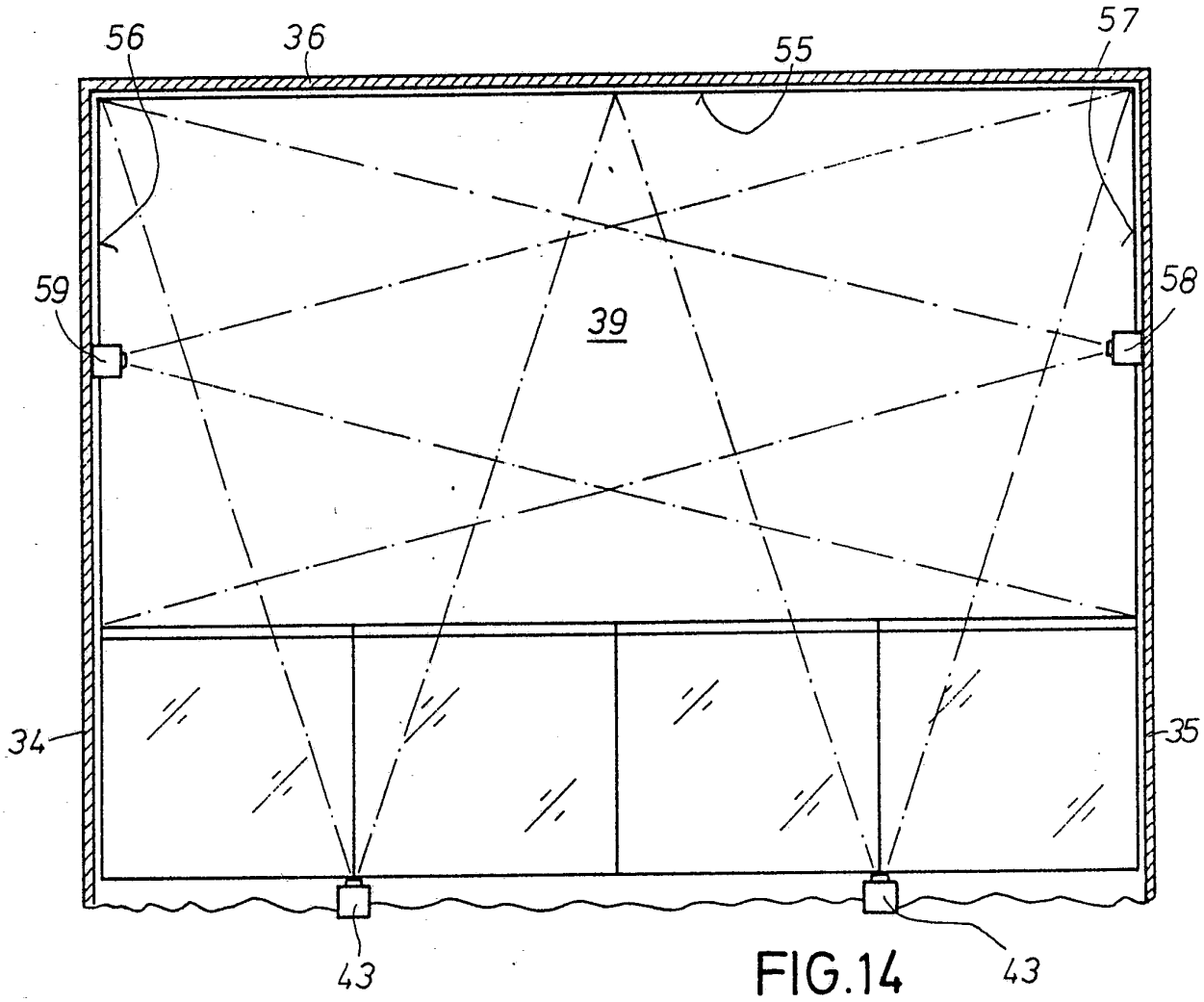


FIG.14

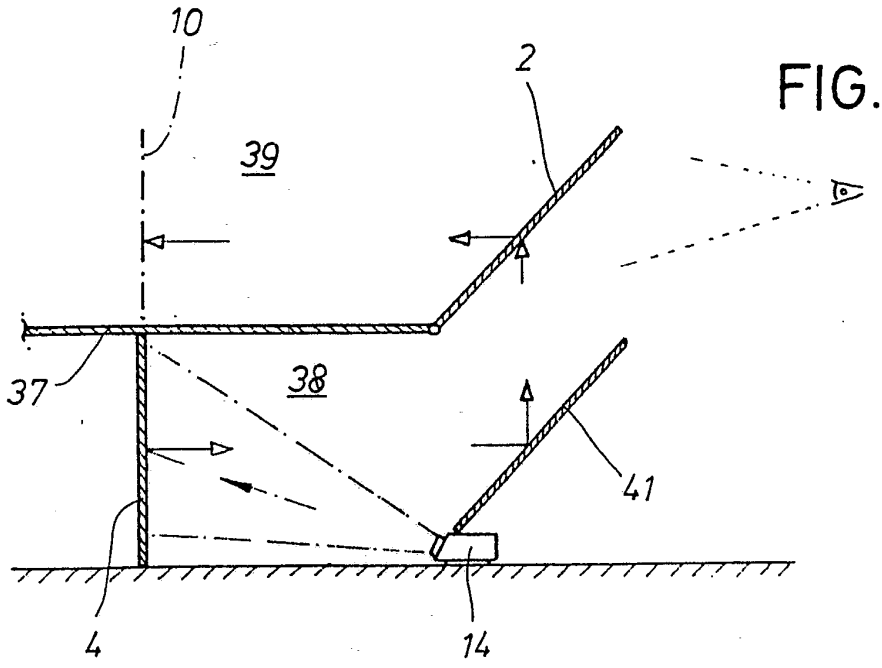


FIG.15

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3910675 A1**

(51) Int. Cl. 4:
G01J 1/06
G 01 C 11/02
G 03 B 7/22

(21) Aktenzeichen: P 39 10 675.6
(22) Anmeldetag: 3. 4. 89
(43) Offenlegungstag: 23. 11. 89

DE 3910675 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
09.05.88 DD WP G 01 C/315528

(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys., DDR 6900 Jena, DD; Diete, Norbert, Dipl.-Phys., DDR 6902 Jena, DD; Voß, Günther, Dipl.-Ing., DDR 6900 Jena, DD

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildkammern

Um auch aus großen Flughöhen die dunklen Objektflächen optimal abzubilden und Informationsverluste in diesen Abbildungen zu vermeiden, wird über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen, wobei die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird, was durch Veränderung der Sensorfläche, Veränderung einer dem Sensor vorgeordneten Blende oder durch Veränderung der Brennweite eines dem Sensor vorgeordneten Objektivs realisiert wird.

DE 3910675 A1

Beschreibung

Die Erfindung findet bei der Luftbildaufnahme durch photogrammetrische Aufnahmesysteme Anwendung.

Es ist bereits bekannt (Aufnahmesystem "LMK", VEB Carl Zeiss JENA), die Objekthelligkeit mittels eines im Objektivstützen untergebrachten schmalwinkligen Sensors zu messen. Unter Verwendung der gemessenen minimalen Geländehelligkeiten erfolgt die Bestimmung der Belichtungsparameter, die von Hand oder automatisch auf Verschluß und Blende übertragen werden, so der im Gegensatz zur integralen Belichtungsmessung, die Unterbelichtung der Schattenpartien des Geländes verhindert wird.

Weiterhin wird unter Verwendung der gemessenen minimalen und maximalen Geländehelligkeiten der Geländekontrast bestimmt und in Abhängigkeit vom gewünschten Dichteumfang des Negativs eine Gradationsempfehlung ermittelt und angezeigt.

Aufgrund der Konstanz des Bildwinkels des Sensorsystems hängt die erfaßte Geländefläche vom Abbildungsmaßstab und damit von der Flughöhe ab. Mit steigender Flughöhe ergibt sich ein zunehmender Integrationseffekt über die im Empfängerfleck stochastisch verteilten Geländehelligkeiten.

Daraus resultiert eine anwachsende Verfälschung der ermittelten Belichtungsparameter und Gradationsempfehlungen.

Ziel der Erfindung ist es, auch aus großen Flughöhen die dunklen Objektflächen optimal abzubilden und Informationsverluste in diesen Abbildungen zu vermeiden.

Die Erfindung geht von der Aufgebe aus, eine korrekte Anzeige des Objektkontrastes unter Vermeidung von Verfälschungen bei dunklen Objektflächen zu realisieren. Die Aufgabe wird mit einem Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildkammern, wobei über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen wird, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird. Erfindungsgemäße Ausführungsformen bestehen darin, daß die Objektfläche durch Veränderung der Sensorfläche konstant gehalten wird, bzw. daß die Objektfläche durch Veränderung einer dem Sensor vorgeordneten Blende konstant gehalten wird, oder daß die Objektfläche durch Veränderung der Brennweite eines dem Sensor vorgeordneten Objektivs konstant gehalten wird.

Durch die Erfindung wird die Bildqualität verbessert, was einen unmittelbaren Einfluß auf die Ökonomie nachfolgender Arbeitsschritte (photogrammetrische und interpretatorische Auswertung) hat. Die automatische Berücksichtigung der Flughöhe entlastet außerdem den Operateur von subjektiven Entscheidungen hinsichtlich bewußter Korrekturen der angezeigten bzw. eingebrachten Belichtungsparameter.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert.

In einem nicht dargestellten Objektivgehäuse ist eine Belichtungsmeßeinrichtung, bestehend aus Sensor **1**, Blende **2** und Objektiv **3**, deren optische Achse parallel zu der des Hauptobjektivs der Kamera verläuft, angeordnet.

Die ermittelte Flughöhe hg wird einem Steuerrechner **6**, der Bestandteil des Aufnahmesystems ist, zugeführt. Dieser ermittelt aus der Flughöhe die notwendige Brennweite des Objektivs **3**. Zur Einstellung der ermittelten Brennweite (Leitung *a*) werden wahlweise aus

Linsen **4** und Graufilter **5** bestehende optische Baugruppen eingeschwenkt. Die abgebildete Objektfläche bleibt damit immer innerhalb bestimmter vorgewählter Grenzen.

Dieser Effekt kann auch durch Veränderung der Blende **2** (Leitung *b*) bzw. durch Veränderung der aktiven Sensorfläche *i*, beispielsweise durch wahlweises Ab- oder Zuschalten von Teilen der Empfängerfläche (über Leitung *c*) erfolgen.

Patentansprüche

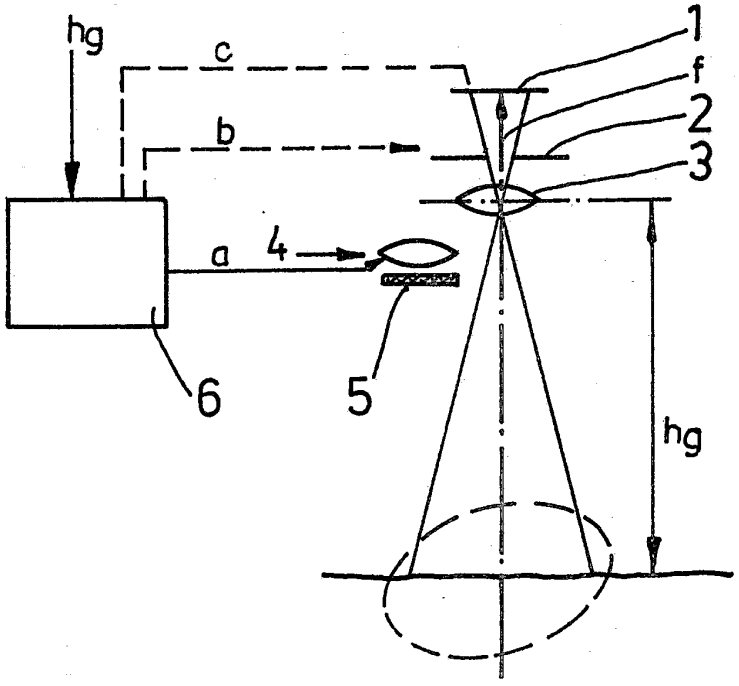
1. Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildkammern, wobei über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet,** daß die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dar die Objektfläche durch Veränderung der Sensorfläche konstant gehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dar die Objektfläche durch Veränderung einer dem Sensor vorgeordneten Blende konstant gehalten wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Objektfläche durch Veränderung der Brennweite eines dem Sensor vorgeordneten Objektivs konstant gehalten wird.

– Leerseite –

Nummer: **39 10 675**
Int. Cl.[4]: **G 01 J 1/06**
Anmeldetag: 3. April 1989
Offenlegungstag: 23. November 1989

3910675

5*



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Patentschrift**

(10) **DE 39 10 675 C 2**

(51) Int. Cl.[6]:
G 01 J 1/06
G 01 C 11/02
G 03 B 7/22

(21) Aktenzeichen: P 39 10 675.6-52
(22) Anmeldetag: 3. 4. 89
(43) Offenlegungstag: 23. 11. 89
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 17. 9. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(30) Unionspriorität:
WP G 01 C/315528 09. 05. 88 DD

(73) Patentinhaber:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Erfinder:
Braunschweig, Thomas, Dipl.-Phys., O-6900 Jena, DE; Diete, Norbert, Dipl.-Phys., O-6902 Jena, DE; Voß, Günther, Dipl.-Ing., O-6900 Jena, DE

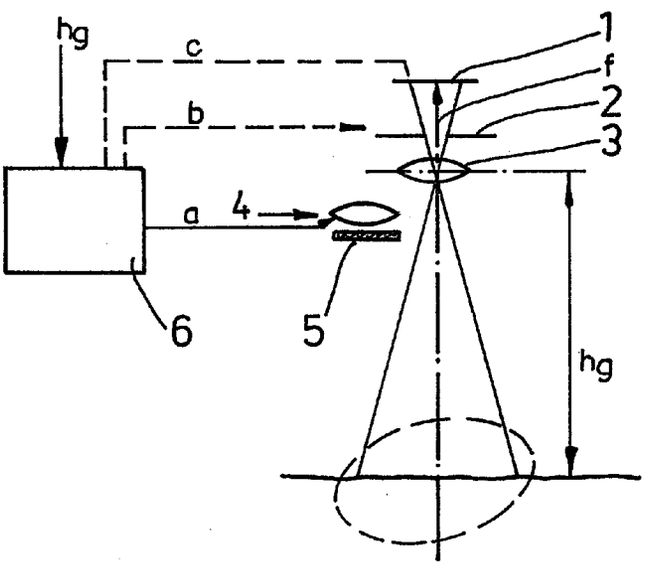
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 35 06 492 A1
DE 33 24 985 A1
DE 32 00 233 A1
US 46 26 686
EP 00 78 278 B1
JP 60-1 602

VEB Carl Zeiss JENA-DDR:"LMK",Produktbeschreibung;

(54) Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildmeßkammern

(57) Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildmeßkammern, wobei über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird.



DE 39 10 675 C 2

DE 39 10 675 C 2

Beschreibung

Die Erfindung findet bei der Luftbildaufnahme durch photogrammetrische Aufnahmesysteme Anwendung.

Aus der EP 00 78 278 B1 ist eine Belichtungsregeleinrichtung für eine Luftbildkamera beschrieben, bei welcher ein Belichtungsregelkreis vorgesehen ist, der mit einer Blenden- und Verschlußsteuereinrichtung verbunden ist. Unter Berücksichtigung einer zulässigen Belichtungszeit und der Helligkeit bei einer optimalen Blendenzahl wird die Verschlußzeit nachgeführt. Es wird eine Blendenverstellung von einer optimalen Blendenzahl nacheinander auf diskrete Blendenwerte vorgenommen und für jeden dieser diskreten Blendenwerte die Regelung der Verschlußzeit durchgeführt.

Es ist auch bereits bekannt (Aufnahmesystem "LMK", VEB Carl Zeiss JENA), die Objekthelligkeit mittels eines im Objektivstutzen unterbrachten schmalwinkligen Sensors zu messen. Unter Verwendung der gemessenen minimalen Geländehelligkeiten erfolgt die Bestimmung der Belichtungsparameter, die von Hand oder automatisch auf Verschluß und Blende übertragen werden, so daß, im Gegensatz zur integralen Belichtungsmessung, die Unterbelichtung der Schattenpartien des Geländes verhindert wird.

Weiterhin wird unter Verwendung der gemessenen minimalen und maximalen Geländehelligkeiten der Geländekontrast bestimmt und in Abhängigkeit vom gewünschten Dichteumfang des Negativs eine Gradationsempfehlung ermittelt und angezeigt.

Aufgrund der Konstanz des Bildwinkels des Sensorsystems hängt die erfaßte Geländefläche vom Abbildungsmaßstab und damit von der Flughöhe ab. Mit steigender Flughöhe ergibt sich ein zunehmender Integrationseffekt über die im Empfängerfleck stochastisch verteilten Geländehelligkeiten.

Daraus resultiert eine anwachsende Verfälschung der ermittelten Belichtungsparameter und Gradationsempfehlungen.

Ziel der Erfindung ist es, auch aus großen Flughöhen die dunklen Objektflächen optimal abzubilden und Informationsverluste in diesen Abbildungen zu vermeiden.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, eine korrekte Anzeige des Objektkontrastes unter Vermeidung von Verfälschungen bei dunklen Objektflächen zu realisieren. Die Aufgabe wird mit einem Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildmeßkammern, wobei über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen wird, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird. Erfindungsgemäße Ausführungsformen bestehen darin, daß die Objektfläche Veränderung der Sensorfläche konstant gehalten wird, bzw. daß die Objektfläche durch Veränderung einer dem Sensor vorgeordneten Blende konstant gehalten wird, oder daß die Objektfläche durch Veränderung der Brennweite eines dem Sensor vorgeordneten Objektivs konstant gehalten wird.

Durch die Erfindung wird die Bildqualität verbessert, was einen unmittelbaren Einfluß auf die Ökonomie nachfolgender Arbeitsschritte (photogrammetrische und interpretatorische Auswertung) hat. Die automatische Berücksichtigung der Flughöhe entlastet außerdem den Operateuer von subjektiven Entscheidungen hinsichtlich bewußter Korrekturen der angezeigten bzw. eingebrachten Belichtungsparameter.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert.

In einem nicht dargestellten Objektivgehäuse ist eine Belichtungsmeßeinrichtung, bestehend aus Sensor **1**, Blende **2** und Objektiv **3**, deren optische Achse parallel zu der des Hauptobjektivs der Kamera verläuft, angeordnet.

Die ermittelte Flughöhe hg wird einem Steuerrechner **6**, der Bestandteil des Aufnahmesysteme ist, zugeführt. Dieser ermittelt aus der Flughöhe die notwendige Brennweite des Objektivs **3**. Zur Einstellung der ermittelten Brennweite (Leitung a)) werden wahlweise aus Linsen **4** und Graufilter **5** bestehende optische Baugruppen eingeschwenkt. Die abgebildete Objektfläche bleibt damit immer innerhalb bestimmter vorgewählter Grenzen.

Dieser Effekt kann auch durch Veränderung der Blende **2** (Leitung b)) bzw. durch Veränderung der aktiven Sensorfläche **1**, beispielsweise durch wahlweises Ab- oder Zuschalten von Teilen der Empfängerfläche (über Leitung c)) erfolgen.

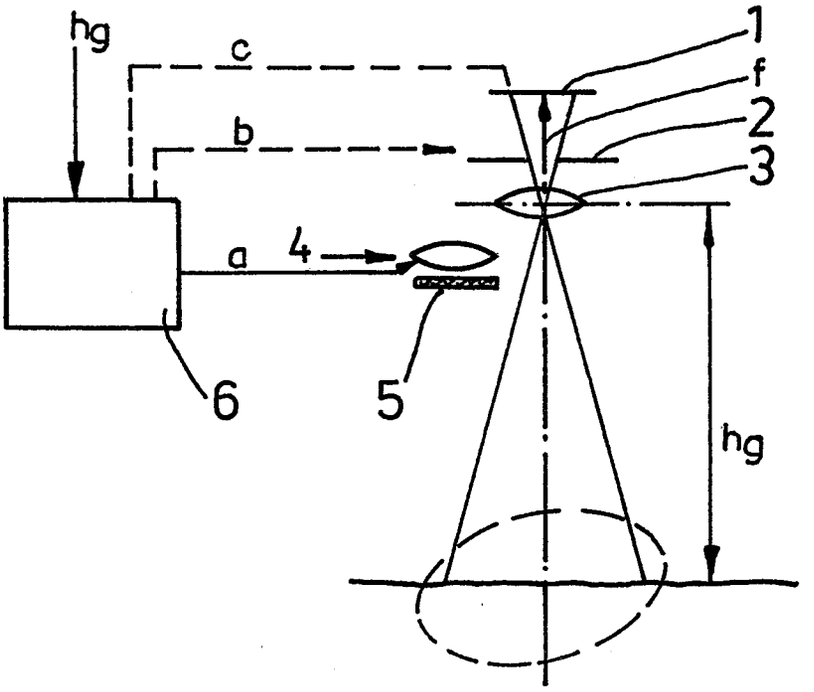
Patentansprüche

1. Verfahren zur differentiellen Belichtungsmessung in Luftbildmeßkammern, wobei über einen Sensor die Objekthelligkeit gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die vom Sensor erfaßte Objektfläche im wesentlichen konstant gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Objektfläche durch Veränderung der Sensorfläche konstant gehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Objektfläche durch Veränderung einer dem Sensor vorgeordneten Blende konstant gehalten wird.
4. Verfahren noch Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Objektfläche durch Veränderung der Brennweite eines dem Sensor vorgeordneten Objektivs konstant gehalten wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Nummer: **DE 39 10 675 C2**
Int. Cl.[6]: **G 01 J 1/06**
Veröffentlichungstag: 17. September 1998



(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 4007713 A1**

(51) Int. Cl. 5:
G 01 C 11/02
G 01 P 3/44
G 05 D 3/12
G 03 B 37/00

(21) Aktenzeichen: P 40 07 713.6
(22) Anmeldetag: 10. 3. 90
(43) Offenlegungstag: 11. 10. 90

DE 4007713 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
05.04.89 DD WP G 01 C/327258

(71) Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

(72) Erfinder:
Klose, Heinrich, DDR 6902 Jena, DD

(54) Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer

Die Erfindung betrifft die Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer. Um die Bildwanderung zu verringern und die Genauigkeit der Luftbildaufnahme zu erhöhen, ist neben einem ersten Regelkreis, der den von einem Steuer- oder Navigationsgerät ermittelten Abdriftwinkel kompensierend auf die Meßkammer überträgt, ein zweiter Regelkreis vorgesehen, der die Abdriftwinkelgeschwindigkeit der Luftbildmeßkammer gegen Null oder auf eine Korrekturwinkelgeschwindigkeit regelt, die von der Regelabweichung des ersten Regelkreises abgeleitet wird. Anwendbar in photogrammetrischen Aufnahmesystemen.

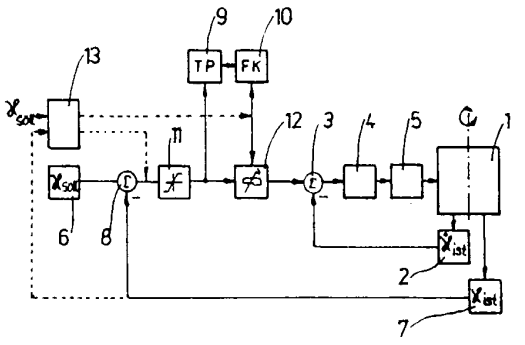


Fig. 2

DE 4007713 A1

Beschreibung

Die Erfindung findet vorzugsweise Anwendung in photogrammetrischen Luftbildmeßkammern, die in horizontstabilisierten Plattformen aufgehängt sind.

Praktische Ergebnisse von Bildflügen unter turbulenten Flugbedingungen zeigen, daß trotz Bildwandungsausgleich und dynamisch stabilisierten Plattformen immer noch unkompensierte Bildwandungskomponenten durch azimutale Drehbewegungen des Flugzeugs vorhanden sind. Unter mittelturbulenten Flugbedingungen werden Winkelgeschwindigkeiten bis 3°/s bei Frequenzen von 0,5 Hz gemessen. Die dadurch resultierenden Bildwanderungen betragen

$$\Delta e'_x = r \cdot \sin(\dot{\vartheta e} \cdot t),$$

wobei

$\Delta e'_x$: Bildwanderungsbetrag
r: Raius des betroffenen Bilddetails vom Bildmittelpunkt
$\dot{\vartheta e}$: azimutale Winkelgeschwindigkeit
t: Belichtungszeit

Das bedeutet beispielsweise bei einer azimutalen Winkelgeschwindigkeit von 2°/s und einer Belichtungszeit von 1/100 s in den Bildecken einer 23 x 23 cm² Meßkammer eine Bildwanderung von 56 µm.

Bekannte stabilisierte Aufhängungen für Luftbildmeßkammern (SU 4 48 422, US 37 03 999) stabilisieren nur die beiden horizontalen Kippachsen, können daher diesen Fehler nicht ausgleichen.

Ziel der Erfindung ist die Verringerung der Bildwanderung und die damit verbundene Genauigkeitserhöhung der Luftbildaufnahme.

Aufgabe der Erfindung ist es, den durch azimutale Drehbewegungen des Flugzeuges verursachten Störfaktor bei der Luftbildaufnahme weitgehend auszugleichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer, die zur Korrektur des Flugzeugabdriftwinkels einen ersten Regelkreis enthält, der den von einem Steuer- oder Navigationsgerät ermittelten Abdriftwinkel kompensierend auf die Meßkammer überträgt, dadurch gelöst, daß ein zweiter Regelkreis vorgesehen ist, der die Abdriftwinkelgeschwindigkeit der Luftbildmeßkammer gegen Null oder auf eine Korrekturwinkelgeschwindigkeit regelt, die von der Regelabweichung des ersten Regelkreises abgeleitet wird. Eine vorteilhafte Ausführung der Erfindung besteht darin, daß über den ersten Regelkreis, bestehend aus einem Winkelaufnehmer, der den Ist-Abdriftwinkel zwischen Luftbildmeßkammer und Flugzeug mißt und einem ersten Summierer, der diesen Istwert mit dem Abdrift-Sollwert des Steuergerätes vergleicht, die sich ergebende Regelabweichung über einen Begrenzerverstärker und einen Pegelsteller einem zweiten Summierer des zweiten Regelkreises als Winkelgeschwindigkeits-Sollwert zugeführt wird, durch diesen mit dem Winkelgeschwindigkeits-Istwert eines mit der Luftbildmeßkammer verbundenen Winkelgeschwindigkeitssensors verglichen wird und die daraus resultierende Differenz als Stellgröße über einen Regler und einen Antrieb auf die Meßkammer einwirkt, bis die Winkelgeschwindigkeit dem Ausgangspegel des Pegelstellers proportionell ist.

Weiterhin ist es günstig, daß der Ausgang des Begrenzerverstärkers über einen Tiefpaß großer Zeitkonstante

mit dem Eingang eines Fensterkomparators verbunden ist, der, falls das Eingangssignal den Fensterbereich verläßt, den Ausgangspegel des Pegelstellers auf einen größeren Wert umschaltet. Das ist der Fall, wenn über einen größeren Zeitraum eine einseitige Regelabweichung des ersten Regelkreises vorliegt, d. h. die absolute Abdriftposition hat eine größere Differenz zwischen Soll- und Istwert (z. B. nach einer geflogenen Kurve). Die Umschaltung des Pegelstellers bewirkt nun eine größere Korrekturgeschwindigkeit des zweiten Regelkreises, wodurch die neue Abdriftposition schneller erreicht wird. Der auf beliebige Art und Weise ermittelte Flugzeugabdriftwinkel kann auch in einem Rechner mit dem Ist-Abdriftwinkel der Luftbildmeßkammer verglichen werden, wobei der Rechner dem Begrenzerverstärker das entsprechende Korrektursignal zuführt und die Pegelumschaltung des Pegelstellers ebenfalls vom Rechner nach beliebigen Kriterien vorgenommen werden kann. Der mit der Luftbildmeßkammer verbundene Winkelgeschwindigkeitssensor kann durch einen ausreichend empfindlichen Winkelbeschleunigungssensor mit nachgeschaltetem Integrator ersetzt werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1: Eine Prinzipdarstellung der Aufhängung der Luftbildmeßkammer.

Fig. 2: Ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung.

Die Kammer **1** ist in einem Abdriftdrehlager **14** gelagert, das im Aufhängungsoberteil **15** angeordnet ist. Das Oberteil **15** ruht über einer Horizontierungseinrichtung auf einem Unterteil **16**. Der Abdriftwinkel zwischen Kammer und Flugzeug wird durch einen Winkelaufnehmer **7** gemessen, der mit dem Oberteil **15** fest verbunden ist.

Der Winkel zwischen Drehlager **14** und Oberteil **15** wird über einen Antrieb **5** eingestellt, der ebenfalls mit dem Oberteil **15** fest verbunden ist. Am Drehlager **14** ist ein Winkelgeschwindigkeitssensor **2** vorgesehen. Wie in **Fig.** 2 dargestellt, bildet der Winkelgeschwindigkeitssensor **2** zusammen mit dem Summierer **3**, dem Regler **4** und dem Antrieb **5** einen Regelkreis, der die azimutale Winkelgeschwindigkeit der Meßkammer **1** auf eine Winkelgeschwindigkeit regelt, die dem Ausgangssignal des Pegelstellers **12** proportional ist (im Normalfall Null). Ist die Meßkammer **1** am Anfang der Flugtrasse entsprechend zu dieser ausgerichtet, bleibt die Meßkammer während der Aufnahme der Luftbilder über der Trasse immer konstant zur Trasse ausgerichtet — unabhängig von dynamischen azimutalen Drehungen des Flugzeugs, die z. B. durch Turbulenzen oder Korrekturmanöver des Piloten hervorgerufen werden.

Da dieser schnelle Regelkreis die Meßkammer in jeder beliebigen azimutalen Position fixiert, wird ihm ein weiterer langsamer Regelkreis überlagert, der die Ausrichtung der Meßkammer zur Flugtrasse wie die herkömmliche Abdriftsteuerung ermöglicht.

Dazu ist ein weiterer Meßwertumformer **7** (Winkelmessung z. B. mit Potentiometer) vorgesehen, der den Winkel zwischen Meßkammeraufhängung **15/16** (identisch mit Flugzeugabdrift) und Meßkammer **1** mißt. Dieser Meßwert (Istwert) wird im Summierer **8** mit dem Sollwert verglichen. Das Ergebnis ist eine Regelabweichung, die über den Begrenzerverstärker **11** und den Pegelsteller **12**, dem Summierer **3** des schnellen Regelkreises als Führungsgröße für die Soll-Winkelgeschwindigkeit zur Abdriftkorrektur zugeführt wird.

Im Normalfall (während der Luftbildaufnahme) ist die

Korrekturwinkelgeschwindigkeit so klein festgelegt (z. B. 0,2°/s), das die dadurch hervorgerufene Bildwanderung in den Luftbildern vernachlässigbar klein bleibt. Das dem Winkelmeßwert des Meßwertumformers **7** überlagerte dynamische azimutale Flugzeugpendeln (Regeln des schnellen Regelkreises) wird dabei durch das wesentlich langsamere Nachführen des langsamen Regelkreises weitestgehend integriert.

Durch eine Veränderung der Abdriftwinkelsollgöße entsteht ein einseitiges Korrektursignal am Ausgang des Begrenzerverstärkers **11**, das solange anliegt, bis die Meßkammer **1** nachgeführt ist und das Signal der Winkeldifferenz nach dem Summierer **8** wieder nullpunktsymmetrisch pendelt. Für die Korrektur größerer Winkelbeträge, wie das z. B. nach einer geflogenen Wende erforderlich ist, würde die neue Positionierung der Meßkammer mit der langsamen Korrekturwinkelgeschwindigkeit zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Zu diesem Zweck wird das Korrektursignal nach dem Begrenzerverstärker **11** über einen Tiefpaß **9** (mit relativ großer Zeitkonstante) dem Fensterdiskriminator **10** zugeführt. Läuft nach einer definierten Zeit (z. B. 20 s) der Tiefpaß-Ausgang aus dem Fenster des Fensterdiskriminators hinaus, schaltet dieser den Pegelsteller **12** um. Der Summierer **3** wird um mit einer wesentlich größeren Führungsgröße beaufschlagt, so daß die Korrektur der Abdrift-Position mit einer wesentlich größeren Winkelgeschwindigkeit erfolgt. Ist die vorgesehene Abdriftposition erreicht, wird das Signal am Tiefpaß-Ausgang wieder kleiner und der Fensterdiskriminator schalter den Pegelsteller wieder auf Normal- (langsam) Korrekturwinkelgeschwindigkeit zurück.

Der Abdrift-Sollwert wird wie bei klassischen unstabilisierten Systemen manuell durch ein Steuergerät **6** gemessen und durch einen Meßwertumformer (Potentiometer) elektrisch zur Meßkammer-Abdriftsteuerung übertragen oder ein Mikro-Prozessor **13** übernimmt den Abdrift-Sollwert von einem beliebigen System (z. B. einem Steuergerät **6** oder einem Navigationssystem), dem Abdrift-Istwert von dem Meßwertgeber **7** und liefert ein entsprechendes Korrektursignal (nach Soll-Ist-Wert-Vergleich) an den Begrenzerverstärker **11**. Ein Mikroprozessor **13** kann auch in den Pegelsteller **12** eingreifen und nach anderen Kriterien die Schnell-Abdrift-Positionierung ein- und ausschalten.

Patentansprüche

1. Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkamer, die zur Korrektur des Flugzeugabdriftwinkels einen ersten Regelkreis enthält, der den von einem Steuer- oder Navigationsgerät ermittelten Abdriftwinkel kompensierend auf die Meßkammer überträgt, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein zweiter Regelkreis vorgesehen ist, der die Abdriftwinkelgeschwindigkeit der Luftbildmeßkammer gegen Null oder auf eine Korrekturwinkelgeschwindigkeit regelt, die von der Regelabweichung des ersten Regelkreises abgeleitet wird.

2. Aufhängung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß über den ersten Regelkreis, bestehend aus einem Winkelaufnehmer, der den Ist-Abdriftwinkel zwischen Luftbildmeßkammer und Flugzeug mißt und einem ersten Summierer, der diesen Istwert mit dem Abdrift-Sollwert des Steuergerätes vergleicht, die sich ergebende Regelabweichung über einen Begrenzungsverstärker und einen Pegelsteller, einem zweiten Summierer des zweiten Regelkreises als Winkelgeschwindigkeits-Sollwert zugeführt wird, durch diesen mit dem Winkelgeschwindigkeits-Istwert eines mit der Luftbildmeßkammer verbundenen Winkelgeschwindigkeitssensors verglichen wird und die daraus resultierende Differenz als Stellgröße über einen Regler und einen Antrieb auf die Meßkammer einwirkt, bis die Winkelgeschwindigkeit dem Ausgangspegel des Pegelstellers proportional ist.

3. Aufhängung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Begrenzerverstärkers weiterhin über eine Tiefpaß großer Zeitkonstante mit dem Eingang eines Fensterkomparators verbunden ist, der, falls das Eingangssignal den Fensterbereich verläßt, den Ausgangspegel des Pegelstellers auf einen größeren Wert umschaltet.

4. Aufhängung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der auf beliebige Art und Weise ermittelte Flugzeugabdriftwinkel in einem Rechner mit dem Ist-Abdriftwinkel der Luftbildmeßkammer verglichen wird wobei der Rechner dem Begrenzungsverstärker ein Korrektursignal zuführt und die Pegelumschaltung des Pegelstellers vornimmt.

5. Aufhängung nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß der mit der Luftbildmeßkammer verbundene Winkelgeschwindigkeitssensor durch einen Winkelbeschleunigungssensor mit nachgeschaltetem Integrator ersetzt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: DE 40 07 713 A1
Int. Cl.[5]: G 01 C 11/02
Offenlegungstag: 11. Oktober 1990

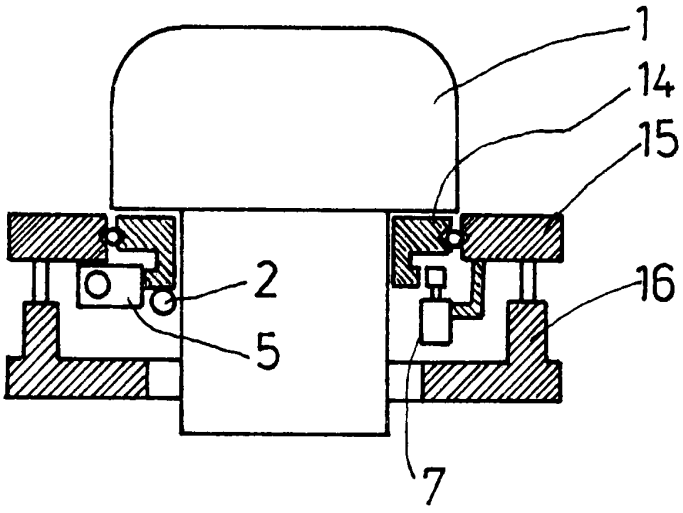


Fig. 1

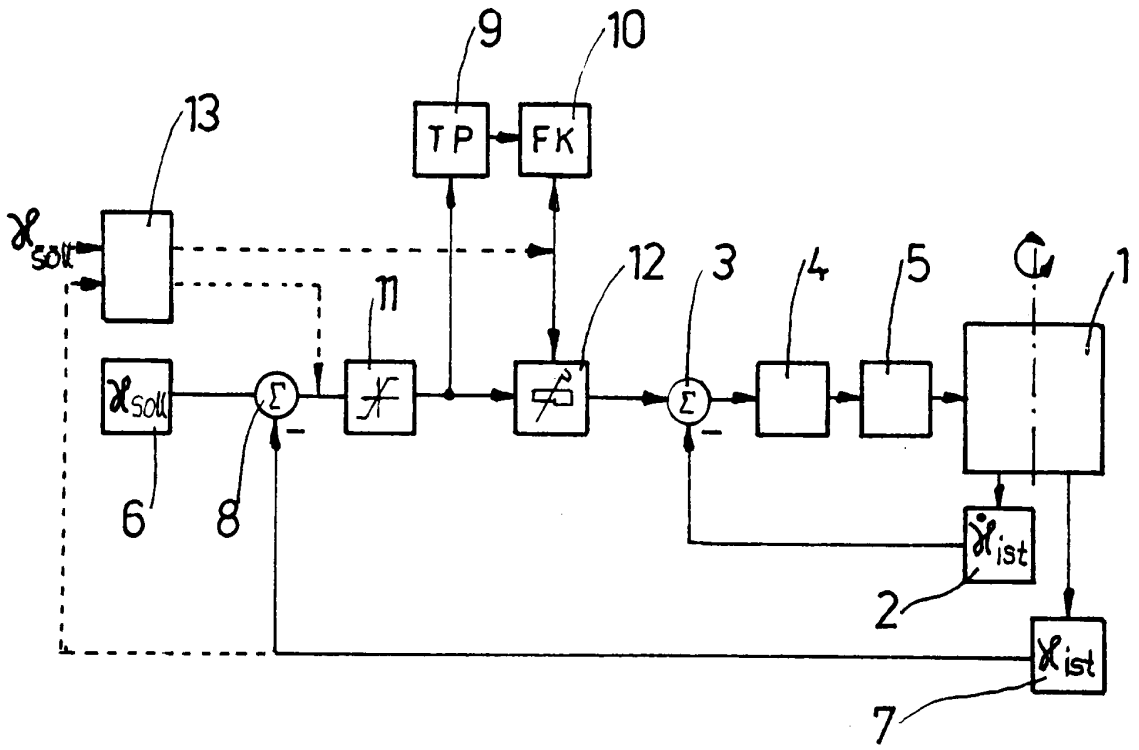


Fig. 2

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Patentschrift**

(10) **DE 40 07 713 C 2**

(51) Int. Cl.[5]:
G 01 C 11/02
G 01 P 3/44
G 05 D 3/12
G 03 B 37/00

(21) Aktenzeichen: P 40 07 713.6-52
(22) Anmeldetag: 10. 3. 90
(43) Offenlegungstag: 11. 10. 90
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 21. 7. 94

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
05.04.89 DD WP G 01 C/327258

(73) Patentinhaber:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Erfinder:
Klose, Heinrich, 07747 Jena, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 36 21 897 A1

(54) Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer

DE 40 07 713 C 2

DE 40 07 713 C 2

Beschreibung

Die Erfindung findet vorzugsweise Anwendung in photogrammetrischen Luftbildmeßkammern, die in horizontstabilisierten Plattformen aufgehängt sind.

Praktische Ergebnisse von Bildflügen unter turbulenten Flugbedingungen zeigen, daß trotz Bildwanderungsausgleich und dynamisch stabilisierten Plattformen immer noch unkompensierte Bildwanderungskomponenten durch azimutale Drehbewegungen des Flugzeugs vorhanden sind. Unter mittelturbulenten Flugbedingungen werden Winkelgeschwindigkeiten bis 3°/s bei Frequenzen von 0,5 Hz gemessen. Die dadurch resultierenden Bildwanderungen betragen

$$\Delta e'_K = r \cdot \sin(\dot{æ} \cdot t),$$

wobei

$\Delta e'_K$: Bildwanderungsbetrag

r: Radius des betroffenen Bilddetails vom Bildmittelpunkt

$\dot{æ}$: azimutale Winkelgeschwindigkeit

t: Belichtungszeit

Das bedeutet beispielsweise bei einer azimutalen Winkelgeschwindigkeit von 2°/s und einer Belichtungszeit von 1/100 s in den Bildecken einer 23 × 23 cm^2 Meßkammer einer Bildwanderung 56 µm.

Bekannte stabilisierte Aufhängungen für Luftbildmeßkammern (SU 4 48 422, US 37 03 999) stabilisieren nur die beiden horizontalen Kippachsen, können daher diesen Fehler nicht ausgleichen.

Aus der DE 36 21 897 A1 ist eine Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer allseitig schwenkbar aufgehängten Luftbildmeßkammer bekannt. Dabei ist mit der Luftbildmeßkammer mindestens ein Winkelgeschwindigkeitssensor fest verbunden, wobei es besonders vorteilhaft ist, wenn zur Erfassung der Längs- und Querneigung der Meßkammer je ein Sensor vorgesehen ist. Diese Winkelgeschwindigkeitssensoren arbeiten vorzugsweise auf der Grundlage von Kreiseln und sprechen nur auf rotatorische Bewegungen an. Die Ausgangssignale der Sensoren werden jeweils einem Motor zugeführt, der mit den Sensoren einen Regelkreis bildet und die vom Flugzeug auf die Meßkammer einwirkenden rotatorischen Bewegungen eliminiert.

Ziel der Erfindung ist die Verringerung der Bildwanderung und die damit verbundene Genauigkeitserhöhung der Luftbildaufnahme.

Aufgabe der Erfindung ist es, den durch azimutale Drehbewegungen des Flugzeuges verursachten Störfaktor bei der Luftbildaufnahme weitgehend auszugleichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer, die zur Korrektur des Flugzeugabdriftwinkels einen ersten Regelkreis enthält, der den von einem Steuer- oder Navigationsgerät ermittelten Abdriftwinkel kompensierend auf die Meßkammer überträgt, dadurch gelöst, daß ein zweiter Regelkreis vorgesehen ist, der die Abdriftwinkelgeschwindigkeit der Luftbildmeßkammer gegen Null oder auf eine Korrekturwinkelgeschwindigkeit regelt, die von der Regelabweichung des ersten Regelkreises abgeleitet wird. Eine vorteilhafte Ausführung der Erfindung besteht darin, daß über den ersten Regelkreis, bestehend aus einem Winkelaufnehmer, der den Ist-Abdriftwinkel zwischen Luftbildmeßkammer und Flugzeug mißt, und einen ersten Summierer, der diesen Istwert mit dem Abdrift-Sollwert des Steuergerätes vergleicht, die sich ergebenden Regelabweichungen über einen Begrenzerverstärker und einen Pegelsteller einem zweiten Summierer des zweiten Regelkreises als Winkelgeschwindigkeits-Sollwert zugeführt wird, durch diesen mit dem Winkelgeschwindigkeits-Istwert eines mit der Luftbildmeßkammer verbundenen Winkelgeschwindigkeitssensors verglichen wird und die daraus resultierende Differenz als Stellgröße über einen Regler und einen Antrieb auf die Meßkammer einwirkt, bis die Winkelgeschwindigkeit dem Ausgangspegel des Pegelstellers proportional ist.

Weiterhin ist es günstig, daß der Ausgang des Begrenzerverstärkers über einen Tiefpaß großer Zeitkonstante mit einem Eingang eines Fensterkompensators verbunden ist, der, falls das Eingangssignal den Fensterbereich verläßt, den Ausgangspegel des Pegelstellers auf einen größeren Wert umschaltet. Das ist der Fall, wenn über einen größeren Zeitraum eine einseitige Regelabweichung des ersten Regelkreises vorliegt, d. h. die absolute Abdriftposition hat eine größere Differenz zwischen Soll- und Istwert (z. B. nach einer geflogenen Kurve). Die Umschaltung des Pegelstellers bewirkt nun eine größere Korrekturgeschwindigkeit des zweiten Regelkreises, wodurch die neue Abdriftposition schneller erreicht wird. Der auf beliebige Art und Weise ermittelte Flugzeugabdriftwinkel kann auch in einem Rechner mit dem Ist-Abdriftwinkel der Luftbildmeßkammer verglichen werden, wobei der Rechner dem Begrenzerverstärker das entsprechende Korrektursignal zuführt und die Pegelumschaltung des Pegelstellers ebenfalls vom Rechner nach beliebigen Kriterien vorgenommen werden kann. Der mit der Luftbildmeßkammer verbundene Winkelgeschwindigkeitssensor kann durch einen ausreichend empfindlichen Winkelbeschleunigungssensor mit nachgeschaltetem Integrator ersetzt werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung der Aufhängung der Luftbildmeßkammer.

Fig. 2 ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung.

Die Kammer **1** ist in einem Abdriftdrehlager **14** gelagert, das im Aufhängungsoberteil **15** angeordnet ist. Das Oberteil **15** ruht über einer Horizontierungseinrichtung auf einem Unterteil **16**. Der Abdriftwinkel zwischen Kammer und Flugzeug wird durch einen Winkelaufnehmer **7** gemessen, der mit dem Oberteil **15** fest verbunden ist.

Der Winkel zwischen Drehlager **14** und Oberteil **15** wird über einen Antrieb **5** eingestellt, der ebenfalls mit dem Oberteil **15** fest verbunden ist. Am Drehlager **14** ist ein Winkelgeschwindigkeitssensor **2** vorgesehen. Wie in **Fig.** 2 dargestellt, bildet der Winkelgeschwindigkeitssensor **2** zusammen mit dem Summierer **3**, dem Regler **4** und dem Antrieb **5** einen Regelkreis, der die azimutale Winkelgeschwindigkeit der Meßkammer **1** auf eine Winkelgeschwindigkeit regelt, die dem Ausgangssignal des Pegelstellers **12** proportional ist (im Normalfall Null). Ist die Meßkammer **1** am Anfang der Flugtrasse entsprechend zu dieser ausgerichtet, bleibt die Meßkammer während der Aufnahme der Luftbilder über der Trasse konstant zur Trasse ausgerichtet — unabhängig von dynamischen azimutalen Drehungen des Flugzeugs, die z. B. durch Turbulenzen oder Korrekturmanöver des Piloten hervorgerufen werden.

Da dieser schnelle Regelkreis die Meßkammer in jeder beliebigen azimutalen Position fixiert, wird ihm ein weiterer langsamer Regelkreis überlagert, der die Ausrichtung der Meßkammer zur Flugtrasse wie die herkömmliche Abdriftsteuerung ermöglicht.

Dazu ist ein weiterer Meßwertumformer **7** (Winkelmessung z. B. mit Potentiometer) vorgesehen, der den Winkel zwischen Meßkammeraufhängung **15/16** (identisch mit Flugzeugabdrift) und Meßkammer **1** mißt. Dieser Meßwert (Istwert) wird im Summierer **8** mit dem Sollwert verglichen. Das Ergebnis ist eine Regelabweichung, die über den Begrenzerverstärker **11** und den Pegelsteller **12**, dem Summierer **3** des schnellen Regelkreises als Führungsgröße für die Soll-Winkelgeschwindigkeit zur Abdriftkorrektur zugeführt wird.

Im Normalfall (während der Luftbildaufnahme) ist die Korrekturwinkelgeschwindigkeit so klein festgelegt (z. B. 0,2°/s), das die dadurch hervorgerufene Bildwanderung in den Luftbildern vernachlässigbar klein bleibt. Das dem Winkelmeßwert des Meßwertumformers **7** überlagerte dynamische azimutale Flugzeugpendeln (Regeln des schnellen Regelkreises) wird dabei durch das wesentlich langsamere Nachführen des langsamen Regelkreises weitestgehend integriert.

Durch eine Veränderung der Abdriftwinkelsollgröße entsteht ein einseitiges Korrektursignal am Ausgang des Begrenzerverstärkers **11**, das solange anliegt, bis die Meßkammer **1** nachgeführt ist und das Signal der Winkeldifferenz nach dem Summierer **8** wieder nullpunktsymmetrisch pendelt. Für die Korrektur größerer Winkelbeträge, wie das z. B. nach einer geflogenen Wende erforderlich ist, würde die neue Positionierung der Meßkammer mit der langsamen Korrekturwinkelgeschwindigkeit zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Zu diesem Zweck wird das Korrektursignal nach dem Begrenzerverstärker **11** über einen Tiefpaß **9** (mit relativ großer Zeitkonstante) dem Fensterdiskriminator **10** zugeführt. Läuft nach einer definierten Zeit (z. B. 20 s) der Tiefpaß-Ausgang aus dem Fenster des Fensterdiskriminators hinaus, schaltet dieser den Pegelsteller **12** um. Der Summierer **3** wird nun mit einer wesentlich größeren Führungsgröße beaufschlagt, so daß die Korrektur der Abdrift-Position mit einer wesentlich größeren Winkelgeschwindigkeit erfolgt. Ist die vorgesehene Abdriftposition erreicht, wird das Signal am Tiefpaß-Ausgang wieder kleiner und der Fensterdiskriminator schaltet den Pegelsteller wieder auf Normal-(langsam) Korrekturwinkelgeschwindigkeit zurück.

Der Abdrift-Sollwert wird wie bei klassischen unstabilisierten Systemen manuell durch ein Steuergerät **6** gemessen und durch einen Meßwertumformer (Potentiometer) elektrisch zur Meßkammer-Abdriftsteuerung übertragen oder ein Mikroprozessor **13** übernimmt den Abdrift-Sollwert von einem beliebigen System (z. B. einem Steuergerät **6** oder einem Navigationssystem), dem Abdrift-Istwert von dem Meßwertgeber **7** und liefert ein entsprechendes Korrektursignal (nach Soll-Ist-Wert-Vergleich) an den Begrenzerverstärker **11**. Ein Mikroprozessor **13** kann auch in den Pegelsteller **12** eingreifen und nach anderen Kriterien die Schnell-Abdrift-Positionierung ein- und ausschalten.

Patentansprüche

1. Aufhängung einer photogrammetrischen Luftbildmeßkammer, die zur Korrektur des Flugzeugabdriftwinkels einen ersten Regelkreis enthält, der den von einem Steuer- oder Navigationsgerät ermittelten Abdriftwinkel kompensierend auf die Meßkammer überträgt, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein zweiter Regelkreis vorgesehen ist, der die Abdriftwinkelgeschwindigkeit der Luftbildmeßkammer gegen Null oder auf eine Korrekturwinkelgeschwindigkeit regelt die von der Regelabweichung des ersten Regelkreises abgeleitet wird.

2. Aufhängung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß über den ersten Regelkreis, bestehend aus einem Winkelaufnehmer, der den Ist-Abdriftwinkel zwischen Luftbildmeßkammer und Flugzeug mißt und einem ersten Summierer, der diesen Istwert mit dem Abdrift-Sollwert des Steuergerätes vergleicht, die sich ergebende Regelabweichung über einen Begrenzungsverstärker und einen Pegelsteller, einem zweiten Summierer des zweiten Regelkreises als Winkelgeschwindigkeits-Sollwert zugeführt wird, durch diesen mit dem Winkelgeschwindigkeits-Istwert eines mit der Luftbildmeßkammer verbundenen Winkelgeschwindigkeitssensors verglichen wird und die daraus resultierende Differenz als Stellgröße über einen Regler und einen Antrieb auf die Meßkammer einwirkt, bis die Winkelgeschwindigkeit dem Ausgangspegel des Pegelstellers proportional ist.

3. Aufhängung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Begrenzerverstärkers weiterhin über einen Tiefpaß großer Zeitkonstante mit dem Eingang eines Fensterkomparators verbunden ist, der, falls das Eingangssignal den Fensterbereich verläßt, den Ausgangspegel des Pegelstellers auf einen größeren Wert umschaltet.

4. Aufhängung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der auf beliebige Art und Weise

ermittelte Flugzeugabdriftwinkel in einem Rechner mit dem Ist-Abdriftwinkel der Luftbildmeßkammer verglichen wird, wobei der Rechner dem Begrenzungsverstärker ein Korrektursignal zuführt und die Pegelumschaltung des Pegelstellers vornimmt.

5. Aufhängung nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß der mit der Luftbildmeßkammer verbundene Winkelgeschwindigkeitssensor durch einen Winkelbeschleunigungssensor mit nachgeschaltetem Integrator ersetzt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

– Leerseite –

Nummer: DE 40 07 713 C2
Int. Cl.[5]: G 01 C 11/02
Veröffentlichungstag: 21. Juli 1994

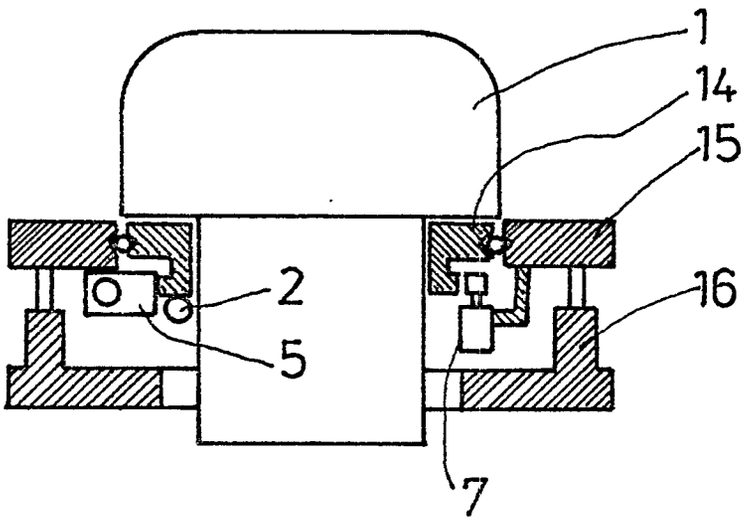


Fig. 1

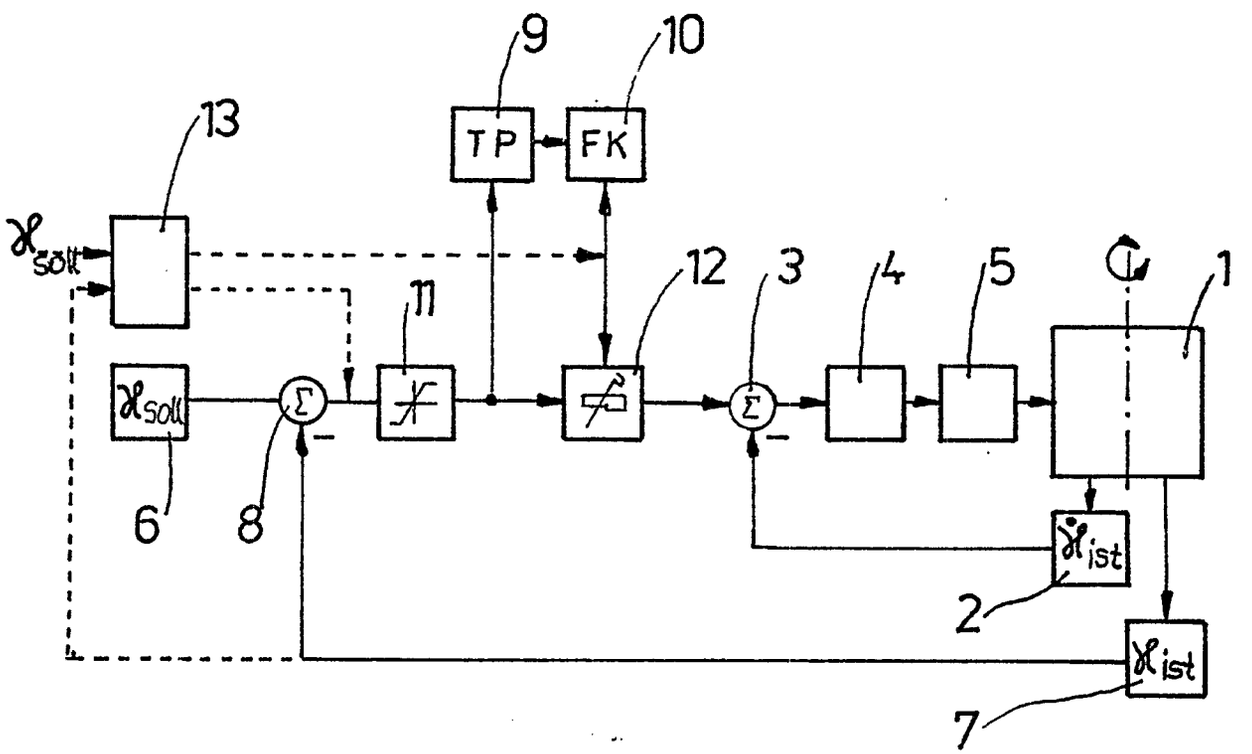


Fig. 2

DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
23. DEZEMBER 1925

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

— № 423201 —

KLASSE 57a GRUPPE 7

(L 61633 VI/57 a[1])

Dr.-Ing. Wilhelm Ludowici in München.

Antrieb für Luftbildkameras.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 7. November 1924 ab.

Bei photographischen Kameras, die zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen dienen, ist es wesentlich, für die Aufnahmen wahlweise einen motorischen und einen Handantrieb zur Beeinflussung der Kamera zur Verfügung zu haben. Dabei kommt es darauf an, mit einem Mindestmaß von Schaltungen auszukommen und Gefahrquellen für die Kamera bei etwaigen irrtümlichen Schaltungen zu vermeiden.

Nach der Erfindung wird dies dadurch erreicht, daß sowohl zwischen der Handantriebswelle und der mit der Kamera selbst verbundenen Welle, der Kamerawelle, als auch zwischen der motorischen Antriebswelle und der besagten Kamerawelle je eine Freilaufkupplung zwischengeschaltet ist. Dadurch ist jede der beiden Antriebsarten nur in der einen (für beide Arten gleichen) Richtung die Kamerawelle zu drehen imstande. Läuft der Handantrieb, so bleibt der motorische Antrieb davon ganz unberührt, und umgekehrt, indem der gerade beeinflußte Antrieb dem ruhenden gewissermaßen voreilt. Diese Vorrichtung gestattet nicht nur jederzeit die wahlweise Verwendung von beiden Antriebsarten, ohne die nichtbenutzte Antriebsart vorher ausschalten zu müssen, sondern macht jede Beeinflussung der Antriebe in der falschen Drehrichtung unschädlich hinsichtlich irgendwelcher nachteiligen Wirkung auf das Bildgerät.

In der Zeichnung gibt Abb. 1 eine schematische und perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispieles des Antriebes und Abb. 2 ein perspektivisches Bild einer nur in einer Richtung wirkenden Kupplung.

Auf der Kameraantriebswelle w_2 sitzen zwei Freilaufkupplungen r_2 und r_3. Auf der Welle w_2 sitzt damit fest verbunden je ein Sperrad p (Abb. 2), während die zugehörigen Übertragungsräder r_2, r_3 dabei lose auf der Welle sitzen und mit je einer Sperrklinke s versehen sind, die in der einen Drehrichtung die Kupplung vermittelt, in der entgegengesetzten Richtung aber die Räder r_2 und r_3 sich drehen läßt, ohne daß die Welle w_2 und die beiden Sperräder mitgenommen werden.

Der Handantrieb H wird mittels der Welle w_1, der Scheibe r_1 und der Kette oder Riemens k_1 auf die Freilaufkupplungsscheibe r_2 übertragen; in entsprechender Weise geschieht diese Übertragung von dem Motor M aus mittels Welle w_3, Scheibe r_4 und Kette oder Riemen k_2 auf die Freilaufkupplungsscheibe r_3.

Es ist zweckmäßig, sowohl den motorischen, als auch den Handantrieb an der Bordwand des Fahrzeugs anzubringen.

Patent-Ansprüche:

1. Antrieb für Luftbildkameras zur wahlweisen Benutzung von Hand- und motorischen Antrieb, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl zwischen der Handantriebswelle (w_1) und der Kamerawelle (w_2) als auch zwischen der motorischen Antriebswelle (w_3) und der Kamerawelle (w_2) je eine Freilaufkupplungsscheibe (r_2, r_3), die nur in der einen, und zwar beide Male in der gleichen Richtung wirken, zwischengeschaltet sind.

2. Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Freilaufkupplungen (r_2, r_3) auf der gleichen Welle, und zwar auf der mit dem Gerät verbundenen Antriebswelle (w_2) angebracht sind.

Abb. 1.

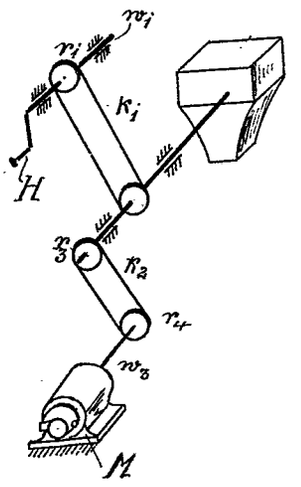
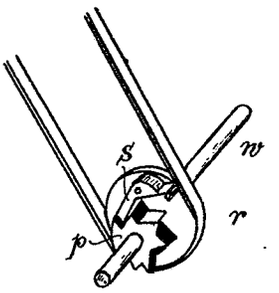


Abb. 2.



BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI.

DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
8. DEZEMBER 1926

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

— № 438207 —

KLASSE 57a GRUPPE 7

(L 61632 IX/57a)

Dr.-Ing. Wilhelm Ludowici in München.

Kamera, insbesondere für Luftbildaufnahmen.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 7. November 1924 ab.

Die Erfindung betrifft eine Verbesserung besonders an solchen Kameras, die zu Lichtbildaufnahmen aus Flugzeugen bestimmt sind. Bei derartigen Aufnahmen kommt es auf große Schärfe des Bildes an. Zu diesem Zwecke hat man bereits zwischen Objektiv und Plattenrahmen einen mit dem Objektiv verbundenen, verschiebbaren Abstandsrahmen angebracht, welcher die der Brennweite des Objektivs entsprechende Entfernung zwischen letzterem und dem lichtempfindlichen Schichtträger (Platte, Film) unmittelbar festlegt.

Da aber die Kassette vor der Benutzung der Kamera geschlossen ist und nach der Benutzung auch wieder geschlossen werden muß und außerdem für jeden Plattenwechsel die Platte vom Abstandsrahmen freigegeben werden muß, so ist in beiden Fällen eine Verschiebung des Rahmens in Richtung der Objektivachse erforderlich.

Nach der Erfindung wird zwecks raschen Plattenwechsels dem Abstandsrahmen in beiden Fällen nur eben die Verschiebung erteilt, die für den jeweiligen Zweck erforderlich ist. Zur Erreichung verschiedener Hublängen, und zwar eines kleineren Hubes für den jedesmaligen Plattenwechsel und eines größeren Hubes für das Öffnen und Schließen der Kassette, ist die Drehachse einer an dem Abstandsrahmen zwischen Objektiv und Plattenrahmen angebrachten Kurbel in einer kleinen, in der Kamerawand drehbar angebrachten Kreisscheibe exzentrisch gelagert. Diese Kreisscheibe wird durch eine zweite Kurbel so gedreht, daß die erstere Kurbelachse da-

durch in Richtung der Objektivachse verschoben wird. Die zweite Kurbel kann so unter Federzug oder Gewichtswirkung stehen, daß dadurch der Rahmen stets gegen die Bildschicht gedrückt wird. Die kleinere Hubbewegung ist der größeren überlagert und der innere Kurbelarm beiden gemeinsam.

Die Kamera kann auch so ausgebildet sein, daß der Kopf des Kameragehäuses die Kassette trägt und gegen den Kamerakörper verschiebbar ist, der seinerseits mit dem Objektiv und dem Abstandsrahmen fest verbunden ist. Die Verschiebung beider wird wiederum durch die überlagerte Hubbewegung bewirkt.

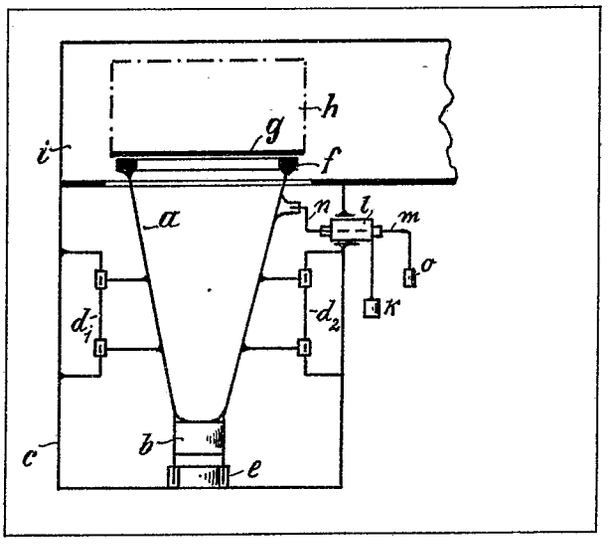
Die Zeichnung gibt ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes in einem schematischen Längsriß wieder. Der Abstandsrahmen *a* mit Objektiv *b* ist gegenüber dem Kamerakörper *c* beweglich und kann in Führungen d_1, d_2 parallel zur Objektivachse auf und ab bewegt werden. Der Rahmen liegt im Innern des Kamerakörpers und ist beim Objektiv nach außen durch einen in einen U-förmigen Ring eingreifenden Ansatz *e* lichtsicher abgedichtet. Mit seinem oberen Ende, das von einem die Bildfläche freilassenden, viereckigen Abstützrahmen *f* gebildet wird, legt sich der Abstandsrahmen *a* gegen die Bildschicht der vordersten Platte *g* des Plattenstapels *h* der Kassette *i*.

Zur Verschiebung des Abstandsrahmens *a* dient folgende Einrichtung. In die Kamerawand ist eine mit einem Dreharm *k* verbundene Scheibe oder Walze *l* drehbar eingelagert. In dieser Scheibe *l* ist eine Kurbelachse *m* exzentrisch und drehbar gelagert. Die Achse ist innen mittels einer Kurbel *n* gelenkig mit Abstandsrahmen *a* verbunden und trägt auf der anderen, außenliegenden Seite eine Bedienungskurbel *o*. Die exzentrische Verlagerung der Achse *m* in der Scheibe *l* kann gering sein, da die Bewegung, für die sie bestimmt ist, nur in einem leichten Anheben des Rahmens *a* von der auszuwechselnden Platte besteht.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Kamera, insbesondere für Luftbildaufnahmen, mit einem zwischen Platte und Objektiv angebrachten und gleichzeitig mit dem Objektiv verschiebbaren Abstandsrahmen, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erreichung verschiedener Hublängen des Abstandsrahmens von dem lichtempfindlichen Schichtträger zwei Abhebevorrichtungen angebracht sind, von denen der kleinere Hub des Rahmens nur den Plattenwechsel, der größere dagegen auch das Öffnen und Schließen der Kassette gestattet.

2. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachse (*m*) einer an dem Abstandsrahmen (*a*) zwischen Objektiv und Plattenrahmen angebrachten Kurbel (*n*) exzentrisch in einer Kreisscheibe (*l*) gelagert ist, so daß beim Drehen dieser Scheibe oder der Achse (*m*) der Abstandsrahmen (*a*) um verschiedene Weglängen verschiebbar ist.



BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI.

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 44 36 419 A 1**

(51) Int. Cl.[6]:
G 03 B 37/00
G 01 C 11/02

(21) Aktenzeichen: P 44 36 419.9
(22) Anmeldetag: 12. 10. 94
(43) Offenlegungstag: 18. 4. 96

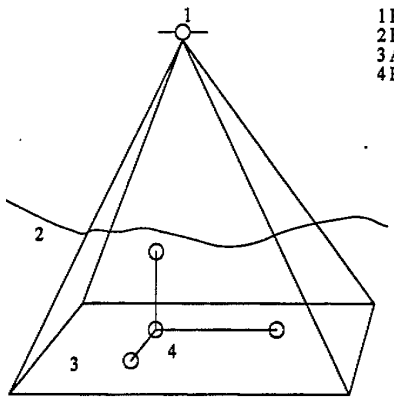
DE 44 36 419 A 1

(71) Anmelder:
Kapfenberger, Mirko, 04207 Leipzig, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

(54) Verfahren zur Herstellung von Luftbildaufnahmen

(57) Der Anmeldegegenstand beschreibt das Verfahren zur Herstellung von Foto- oder Videoaufnahmen aus der Luft in technischer Höhe von 0 Meter bis 500 Meter insbesondere für fotogrammetrische Vermessungen, land- und forstwirtschaftliche Begutachtungen, kumulativregionale Zustandsfeststellungen, Beweissicherungen bei Großschadensereignissen und sicherheitsrelevante Umfeld- oder Raumaufzeichnungen, wobei die Aufnahmekamera in einem funkferngesteuerten Modellsegelflugzeug (Zeichnung, Erklärungsnummer 1) installiert ist.
Das vorbenannte, maximal vier Kilogramm schwere, Modellsegelflugzeug wird ausschließlich mittels elektronisch gesteuertem Elektromotor angetrieben, mit dessen Hilfe die Aufnahmen in der nachgerade erschütterungsfreien Segelphase bei einer Geschwindigkeit von etwa 20 Kilometer pro Stunde aus vorzugsweiser und sonstig nicht bedienbarer Höhe von 20 Meter bis 150 Meter gefertigt werden.
Die Aufnahmen von der relevanten Fläche (Zeichnung, Erklärungsnummern 3 und 4) stehen spätestens sofort nach der Landung des Modellsegelflugzeugs zur Verfügung.



1 Kameramodellflugzeug
2 Erdoberfläche
3 Aufnahmefläche
4 Paßpunktesystem

DE 44 36 419 A 1

Beschreibung

1. Verfahrensbeschreibung

Schutzgut des erbetenen patentrechtlichen Verfahrens soll eine Methode zur Herstellung von Fotografien aus der Luft unter Zuhilfenahme eines Modellflugzeugs sein.

Die Herstellung von Abbildungen des Bodens, damit verbundener Teile und darauf befindlicher Gegenstände, Tiere und Personen erfolgt mittels optischer oder elektronischer Kamera (Normalbildkamera oder Videokamera, vorzugsweise mittels Still-Video-Kamera), welche in einem funkferngesteuerten Modellflugzeug installiert ist. Das Modellflugzeug, dessen Spannweite ca. 2500 mm beträgt und dessen Gewicht vier Kilogramm nicht überschreitet, wird ausschließlich mittels Elektromotor angetrieben.

Die Foto-Abbildungen werden aus technischer Höhe von 0 m bis 500 m, vorzugsweise aus Höhen von 20 m bis 150 m gefertigt.

Die beigefügte Zeichnung 1 zeigt mit Erklärungsnummer **1** das Modellsegelflugzeug, in dem die Aufnahmekamera installiert ist. Mit Erklärungsnummer **3** ist jene Fläche der Erdoberfläche (Erklärungsnummer **2**) gekennzeichnet, die abbildungsgegenständlich ist.

2. Nutzungsverlauf

Bei vorbeschriebener Methode können sowohl mehrere Abbildungen eines Objektes aus verschiedenen Höhen und Perspektiven, gleichwohl auch mit wahlweise verschiedenen Kameraeinstellungen, unter Registrierung fototechnischer Daten hergestellt werden, als auch mehrere hundert Meter breite Geländestreifen auf einer Länge von mindestens drei Kilometern aufgenommen werden. Mittels dieses Verfahrens können gleichermaßen kleinere Territorien (Biotope, Anpflanzungen, Gebäudeansiedlungen u. dgl.) komplett abgebildet werden. Durch den Einsatz digitalisierter Foto-/Videoaufnahmetechnik und zeitlich unmittelbar folgender Verwendung des computergestützten Entzerrungsverfahrens ist noch am Aufnahmeort unter Ausnutzung objekt-integrierter Paßpunkte in kürzestmöglicher Frist eine exakte Vermessung des Aufnahmeobjektes (Grundstücke, Gebäude, Anlagen, Verkehrswege, Baustellen, Schadensorte) möglich. Die hohe Qualität der gefertigten Fotoaufnahmen ergibt sich aus dem Umstand, daß das verwendete Modellflugzeug im Aufnahmezeitpunkt ohne Antrieb und mithin erschütterungsfrei (Segelphase) fliegt. Der zeitliche Aufwand für die Herstellung auswertbarer, digitalisierter, Farbfotoaufnahmen beläuft sich daher auf etwa zwei Stunden ab Auftragserteilung.

Die beigefügte Zeichnung 1 zeigt mit Erklärungsnummer **4** das Paßpunktesystem, das für das computergestützte Entzerrungsverfahren bei Verarbeitung der Aufnahmen zur exakten Vermessung des Aufnahmeobjektes oder Teilen davon erforderlich ist.

3. Neuartigkeit

Auf Grund sehr geringer Flughöhe sind Luftbildaufnahmen selbst bei geschlossener Wolkendecke möglich. Es wird hierbei ein Luftraum genutzt, in dem keine zivile, gewerbliche oder militärische Luftfahrt stattfindet. Es können Luftbilder aus Höhen gefertigt werden, die ein

sonst eingesetztes Kleinflugzeug normalhin nicht nutzen darf.

Die Anwendung von Modellflugzeugen ist umweltfreundlich (keine Luftschadstoffe, keine Geräuschbelastung ab einer Entfernung von 30 Metern, keine Rückstände). Der Einsatz des vorgestellten Verfahrens führt zu einer immensen Einsparung an Kosten, die bei üblichen Vermessungsflügen und Einmessungen von Grundstücken u. dgl. entstehen und trägt zu erheblicher Verringerung der Schadstoffbelastung der Luft bei. Auf die gleichfalls erhebliche Minderung zeitlichen Aufwands bei der Fertigung von Luftbildern aus o. g. Höhe wird verwiesen.

4. Anwendungsfälle

Das Verfahren dürfte Anwendung finden in der Vermessungstechnik insgesamt, bei der Flächennutzungsplanung der Gemeinden, bei land- und fortwirtschaftlichen Begutachtungen, bei Forschungstätigkeiten (Tierzählung, Wasserspeicherkontrolle, Erosionskontrolle u. dgl.), bei kumulativer Bautenstandfeststellung zu größeren Vorhaben, Beweissicherung bei Großschadensereignissen, bei Restmunitionsprüfungen zu bebauender Gelände und bei sicherheitsrelevanten Maßnahmen (Personenschutz: kumulative Umfeldaufzeichnung).

Die beigefügte Zeichnung 2 dient als Prinzipdarstellung für diejenigen Anwendungsfälle, bei denen kein Paßpunktesystem erforderlich ist.

Patentansprüche

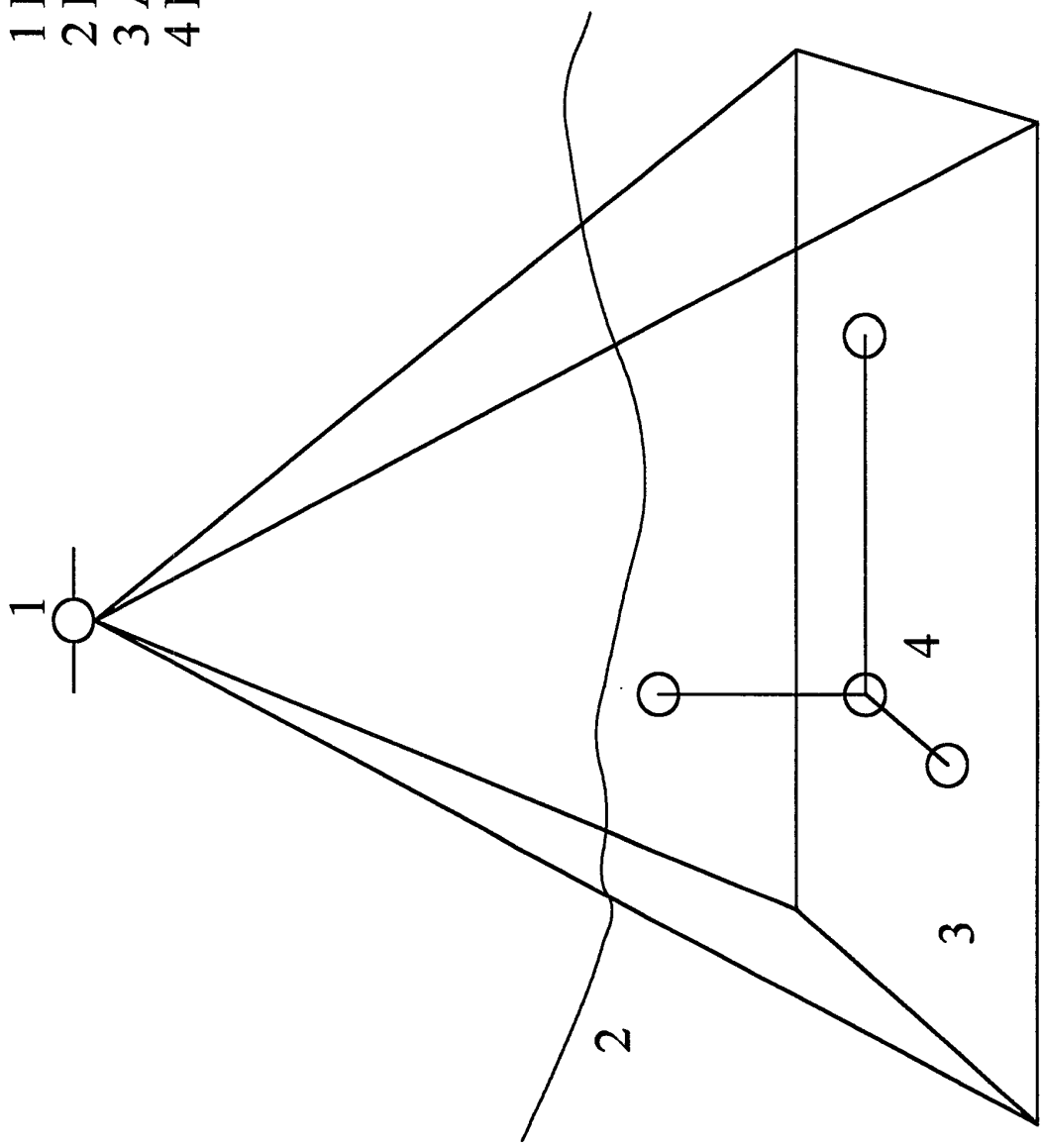
1. Verfahren zur Herstellung von Foto- oder Videoaufnahmen aus der Luft in Höhe von 0 Meter bis 500 Meter insbesondere für fotogrammetrische Vermessungen, land- und forstwirtschaftliche Begutachtungen, kumulativ-regionale Zustandsfeststellungen, Beweissicherungen bei Großschadensereignissen und sicherheitsrelevante Umfeld- oder Raumaufzeichnungen, wobei die Aufnahmekamera in einem funkferngesteuerten Modellsegelflugzeug installiert ist.

2. Das nach Anspruch 1 zum Einsatz gelangende, maximal vier Kilogramm schwere, Modellsegelflugzeug wird ausschließlich mittels elektronisch gesteuertem Elektromotor angetrieben, mit dessen Hilfe die spätestens nach Landung sofort verfügbaren Aufnahmen in der nachgerade erschütterungsfreien Segelphase bei einer Geschwindigkeit von etwa 20 Kilometer pro Stunde aus vorzugsweiser und sonstig nicht bedienbarer Höhe von 20 Metern bis 150 Meter gefertigt werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: DE 44 36 419 A1
Int. Cl.[6]: G 03 B 37/00
Offenlegungstag: 18. April 1996

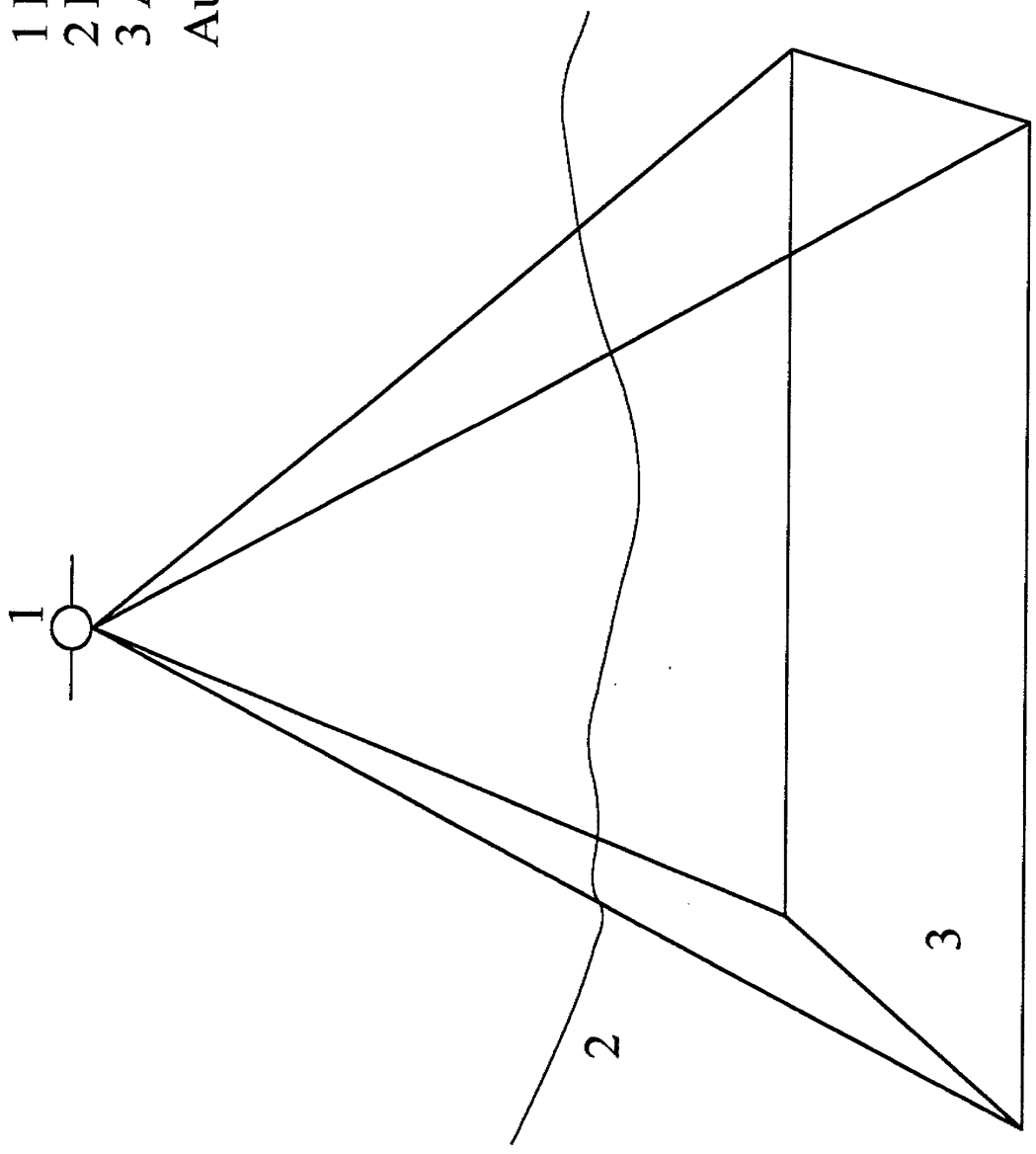
1 Kameramodellflugzeug
2 Erdoberfläche
3 Aufnahmefläche
4 Paßpunktesystem



Zeichnung 1

Nummer: DE 44 36 419 A1
Int. Cl.[6]: G 03 B 37/00
Offenlegungstag: 18. April 1996

1 Kameramodellflugzeug
2 Erdoberfläche
3 Aufnahmefläche = Auswertungsregion



Zeichnung 2

DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
28. JANUAR 1928

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 447602

KLASSE 54h GRUPPE 3

T 32272 IX/54h

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 7. Juli 1927.

Otto Twele in Berlin.

Vorrichtung zur Vorführung von Luftbildern, insbesondere für Reklamezwecke, bei welcher mittels Plan- und Hohlspiegel Luftbilder in einer zweckmäßig konisch geformten Öffnung zum Erscheinen gebracht werden.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 25. August 1926 ab.

Es sind Vorrichtungen zur Vorführung von Luftbildern für Reklamezwecke bekannt, bei welchen die Luftbilder in der Öffnung einer zwischen Zuschauer und Vorführungsapparat befindlichen Trennwand erscheinen. Bei einer solchen Anordnung wirken die Ränder der in der Trennwand befindlichen Öffnung sowie die Trennwand selbst störend auf das Luftbild ein. Um diesem Übelstand abzuhelfen, ist bereits in Vorschlag gebracht, die Trennwand in der Nähe der Öffnung zu bemalen oder die Öffnung mit einem Bild zu umgeben. Es hat sich aber gezeigt, daß diese Mittel noch nicht genügen, um die Ränder der Öffnung für das Luftbild zu verdecken oder unsichtbar zu machen, vielmehr erscheinen dieselben immer noch als harte Linien, durch die das Luftbild eingefaßt wird. Außerdem erscheint bei Aufhören des Luftbildes die Öffnung für dasselbe als dunkler Fleck, was auf den Zuschauer ebenfalls störend wirkt und die durch das Luftbild gewonnenen Eindrücke wieder verwischt.

Den geschilderten Nachteilen hilft die Erfindung ab, und zwar insbesondere durch die Anbringung eines transparenten Bildes sowohl vor als auch neben der Öffnung für das Luftbild. Gleichzeitig ist Vorsorge getroffen, daß die Öffnung für das Luftbild nach dessen Vorführung nicht mehr sichtbar ist.

Die Erfindung ist in der Zeichnung beispielsweise veranschaulicht, und es stellt dar:

Abb. 1 eine Seitenansicht einer Vorrichtung zum Vorführen von Luftbildern nach der Erfindung,

Abb. 2 eine Vorderansicht derselben,

Abb. 3 eine schematische Darstellung von Einzelteilen der Vorrichtung nach Abb. 1 und 2,

Abb. 4 eine Seitenansicht des Erfindungsgegenstandes in der Nichtgebrauchsstellung,

Abb. 5 eine Vorderansicht eines Einzelteiles nach einer etwas anderen Ausführungsform,

Abb. 6 einen teilweisen Schnitt durch einen Einzelteil in vergrößertem Maßstabe.

Die Erfindung besteht im wesentlichen aus einem Gestell mit Unterteil *a* und Oberteil *b*, in dem Gestell verstellbar gelagerten Planspiegeln *c*, *d*, einem Hohlspiegel *e* und einem Vorbau *f* zur Wiedergabe des Luftbildes. Die von einem nicht dargestellten Objekt ausgehenden Lichtstrahlen sind durch eine punktierte Linie *g* dargestellt. Wie die Zeichnung zeigt, kann der Oberteil *b* auf dem Unterteil *a* verschoben werden. Dies ist sehr wesentlich, da die Vorrichtung hauptsächlich in Schaufenstern aufgestellt wird und letztere nicht immer die gleiche Höhe haben. Bisher waren die Spiegel meist in Kästen untergebracht, deren Form nicht verändert werden konnte. Zu Vorführungszwecken

wurden diese Kästen aufeinandergesetzt, und es kam vor, daß die Vorrichtung wegen ihrer Höhe nicht in jedem Raum aufgestellt werden konnte. Diesem Übelstand wird durch die Erfindung in sehr zweckmäßiger Weise abgeholfen, indem die Vorrichtung in der beschriebenen Weise auf verschiedene Höhen eingestellt werden kann.

Die bei einer solchen Verstellung der Vorrichtung erforderliche Spiegeleinstellung ist ebenfalls sehr einfach. Wie Abb. 3 zeigt, ist der Hohlspiegel *e* verschwenkbar aufgehängt und kann in verschiedenen Stellungen an einem Feststellstück *h* festgestellt werden. Für den Planspiegel *d* sind zwei Einstellstücke *i* und *k* vorgesehen, welche nicht nur ein Verschwenken dieses Spiegels, sondern auch ein Verstellen desselben in lotrechter Richtung sowie ein Verstellen in einer Richtung senkrecht oder annähernd senkrecht dazu gestatten. Dieselben Einstellmöglichkeiten sind auch bei dem Planspiegel *c* vorhanden, welcher ebenfalls mit zwei Einstellstücken *l* und *m* ausgerüstet ist.

Infolge einer solchen Anordnung ist es möglich, die einzelnen Spiegel für Transportzwecke derart lotrecht aufzustellen oder zu hängen, daß der Oberteil *b* vollkommen über den Unterteil *a* geschoben werden kann (vgl. Abb. 4).

Besonders wesentlich ist aber die Anordnung eines transparenten Bildes vor und in der Nähe der Öffnung, in welcher das Luftbild erscheint. Die Öffnung für das Luftbild wird zweckmäßig durch ein konisch geformtes Stück *o* gebildet. Dieses Stück *o* ist in dem Vorbau *f* angeordnet, welcher gleichzeitig zur Aufnahme des transparenten Bildes *p* dient. Hierzu wird der Vorbau an seiner Vorderseite durch zwei Glasscheiben *q* und *r* abgeschlossen, zwischen welche das transparente Bild *p* eingelegt ist. Das Innere des Vorbaues wird erleuchtet, wobei darauf zu achten ist, daß das Licht möglichst gleichmäßig über seine ganze Ausdehnung und damit die Ausdehnung des Bildes verteilt ist. Wesentlich ist ferner, daß das konische undurchsichtige Stück *o* mit seinem einen Rand vollkommen dicht an der Glasscheibe *q* anliegt, damit kein Licht aus dem Vorbau in die Öffnung für das Luftbild gelangt. Dadurch wird außerdem erreicht, daß die aus dem Vorbau und der Öffnung für das Luftbild kommenden Lichtstrahlen in den Glasscheiben vollkommen ineinander übergehen und der vordere Rand des Stückes *o* vollkommen verschwindet.

Es ist infolgedessen nicht nötig, daß bei der Anfertigung des transparenten Bildes besondere Rücksicht auf den Rand der Luftbildöffnung genommen wird, indem dieser z. B. durch irgendwelche Malerei verdeckt wird. Wie in Abb. 2 und 5 veranschaulicht, kann vielmehr ein Luftbild *s* auf Bildflächen erscheinen, die keineswegs der Luftbildöffnung angepaßt sind. Während die Luftbildöffnung rund ausgebildet ist, kann die Fläche des Bildes, auf der das Luftbild erscheinen soll, dreieckförmig oder gar nicht begrenzt sein. Erst durch eine solche, durch keinerlei Randlinien gestörte Vorführung des Luftbildes im Verein mit einem tatsächlich zu dem Luftbild passenden transparenten Bild wird die erstrebte Reklamewirkung erreicht, so daß selbst bei Verschwinden des Luftbildes die Eindrücke des Zuschauers nicht wieder verwischt werden.

Bei einer besonderen Ausführungsform ist die Glasscheibe *r* durch einen Trickspiegel, d. h. einen Spiegel mit ganz dünnem Belag, ersetzt, welcher bei Beleuchtung oder Vorführung eines Luftbildes dieses sowie das transparente Bild durchscheinen läßt, dagegen bei Ausschaltung der Beleuchtung das transparente Bild verdeckt, d. h. als Spiegel wirkt.

Bei der Darstellung nach Abb. 5 ist das transparente Bild mit einem Phantasierahmen versehen, welcher für manche Zwecke besonders wirksam ist.

Es ist auch ohne weiteres möglich, das transparente Bild an Stelle zwischen zwei Glasscheiben zwischen zwei Scheiben aus anderem Material als Glas oder nur auf einer Scheibe oder schließlich ohne jegliche Scheibe vor der Luftbildöffnung anzuordnen.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Vorführung von Luftbildern, insbesondere für Reklamezwecke, bei welcher mittels Plan- und Hohlspiegel Luftbilder in einer zweckmäßig konisch geformten Öffnung zum Erscheinen gebracht werden, dadurch gekennzeichnet, daß vor und in der Umgebung dieser Öffnung ein transparentes Bild mit zweckmäßig eigener Beleuchtung angebracht ist, durch welches die Wirkung des Luftbildes erhöht und die Öffnung für dasselbe sowie die Randlinien der Öffnung unsichtbar gemacht werden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das transparente Bild zwischen Glasscheiben oder ähnlichem Material oder unmittelbar auf einer Scheibe angeordnet ist, wobei die eine der Glasscheiben oder das transparente Bild ohne Zwischenraum lichtdicht auf dem äußeren Rand der Luftbildöffnung aufliegt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vordere

Glasscheibe mit einem dünnen Spiegelbelag versehen ist, welcher bei Ausschaltung der Beleuchtung das Bild verdeckt und die Glasscheibe als Spiegel wirken läßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das transparente Bild und die Beleuchtung für dasselbe an bzw. in einem kastenförmigen Vorbau angeordnet sind, welcher an einem gegenüber einem Unterteil (*a*) der Vorrichtung verstellbaren Oberteil (*b*) lösbar befestigt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Oberteil zwecks Verpackung ohne Herausnahme der Spiegel vollkommen über den Unterteil aufschiebbar ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Einstellen der Spiegel leistenförmige, mit Stelllöchern versehene Einstellstücke vorgesehen sind, welche nicht nur ein Verschwenken, sondern auch eine beliebige Verstellung der Aufhängungspunkte der Spiegel ermöglichen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen.

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

Zu der Patentschrift **447 602**
Kl. 54h Gr. 3

Abb. 1.

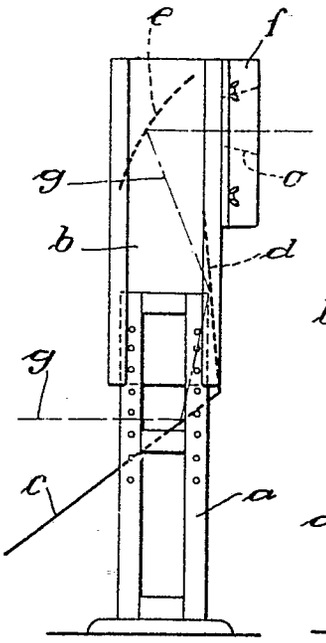


Abb. 2.

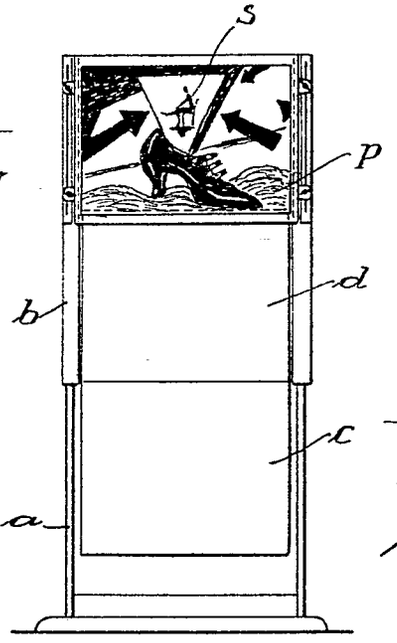


Abb. 3.

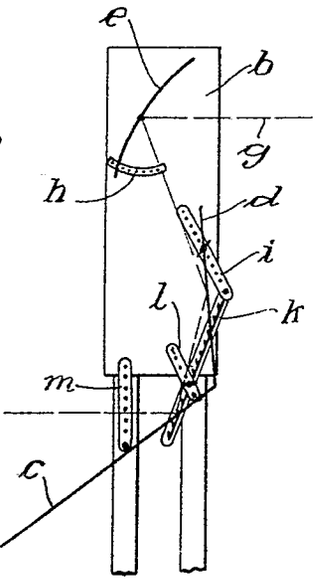


Abb. 4.

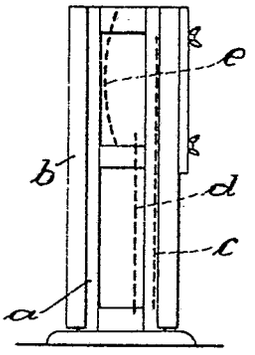


Abb. 5.

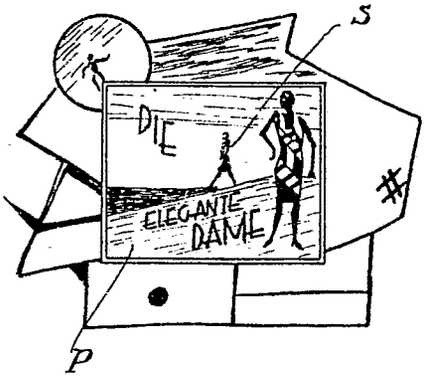
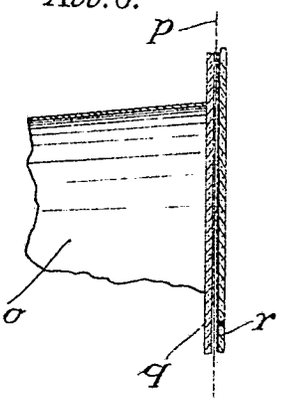


Abb. 6.



DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
17. SEPTEMBER 1929

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 482602

KLASSE 54h GRUPPE 3

T 35849 IX/54h

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 29. August 1929

Otto Twele in Berlin

Reklamevorrichtung zur Vorführung von Luftbildern

Patentiert im Deutschen Reiche vom 23. Oktober 1928 ab

Es sind Reklamevorrichtungen zur Vorführung von Luftbildern bekannt, welche in ihren Hauptteilen aus zwei Planspiegeln und einem Hohlspiegel bestehen. Die Anordnung der Spiegel ist dabei so getroffen, daß die beiden Planspiegel zusammenstoßen oder zum mindesten in unmittelbarer Nähe liegen, während der Hohlspiegel ziemlich weit von den Planspiegeln entfernt angebracht ist. Eine solche Spiegelanordnung hat den Nachteil, daß infolge des großen Abstandes des Hohlspiegels von den Planspiegeln das Luftbild im Hohlspiegel stark verkleinert erscheint. Die Wirkung der Reklame erhöht sich, wenn der Reklamegegenstand, im vorliegenden Fall das Luftbild, groß und deutlich genug sichtbar gemacht wird.

Bei den bekannten Reklamevorrichtungen besteht ferner der Übelstand, daß das Luftbild im Hohlspiegel aus beliebiger Entfernung gesehen werden kann. Die Beschauer des Luftbildes stellen sich infolgedessen hintereinander auf, wobei sie nicht nur den Bürgersteig, sondern auch die Fahrstraße versperren. Zur Vermeidung von Verkehrsstörungen sind der Hohlspiegel und ein Planspiegel beieinanderliegend, zweckmäßig zusammenstoßend und die Planspiegel entfernt voneinander angeordnet, so daß nicht nur ein großes und deutliches Luftbild unter vollständiger Ausnutzung des Hohlspiegels erzeugt wird, sondern das Luftbild im Hohlspiegel auch nur aus unmittelbarer Nähe der Vorrichtung wahrgenommen werden kann.

Der Erfindungsgegenstand ist in der Zeichnung beispielsweise und schematisch veranschaulicht und besteht in seinen Hauptteilen aus einem Gehäuse *a*, einem größeren Planspiegel *b*, einem kleineren Planspiegel *c* und einem Hohlspiegel *d*.

Nach der Erfindung ist der Hohlspiegel *d* in unmittelbarer Nähe des Planspiegels *c* angeordnet, beim gezeichneten Ausführungsbeispiel stößt er mit dem Planspiegel *c* zusammen. Dadurch wird der Vorteil erzielt, daß die Spiegelfläche des Planspiegels *c* auf der ganzen Spiegelfläche des Hohlspiegels erscheint und das Luftbild im Hohlspiegel groß und deutlich sichtbar wird, während bisher infolge des großen Abstandes des Hohlspiegels von dem mit ihm zusammenarbeitenden Planspiegel das vorgeführte Objekt durch den Hohlspiegel stark verkleinert wurde.

Durch eine Anordnung des Hohlspiegels unterhalb der Kopfhöhe des Beschauers und die besondere Stellung des Hohlspiegels wird ferner das Luftbild schräg nach oben sichtbar gemacht, so daß es nicht mehr aus jeder beliebigen Entfernung, sondern nur von einem Standpunkt unmittelbar vor der Vorrichtung gesehen werden kann. In der Zeichnung ist die Stelle, von der das Luftbild gesehen werden kann, mit dem Punkt *A* bezeichnet.

Beim Erfindungsgegenstand bildet ferner der Zwischenraum *e* zwischen den beiden Planspiegeln eine Schauöffnung zum Betrachten des Luftbildes im Hohlspiegel.

Mit *B* ist ein Objekt und mit *f* der Verlauf eines Lichtstrahles angedeutet.

Die Vorder- und Rückseite des Gehäuses *a* wird bei Nichtgebrauch der Vorrichtung durch Wände abgeschlossen. Mit *g* ist eine Schaufensterscheibe bezeichnet, hinter welcher die Vorrichtung aufgestellt ist.

Zweckmäßig werden die Seitenwände zwischen dem Planspiegel *b* und der Planspiegel-Hohlspiegel-Verbindung *c, d* ebenfalls mit Spiegeln bekleidet, wie bei *i* angedeutet.

Der die einzelnen Spiegel lagernde Kasten kann auch möglichst klein gehalten sein, wie durch die Linien *k* und *l* veranschaulicht, so daß gerade der Hauptteil der Spiegel nur von dem Gehäuse umfaßt wird.

Es ist für verschiedene Zwecke auch vorteilhaft, die Spiegeleinrichtung nicht wie beim gezeichneten Ausführungsbeispiel unmittelbar an die Schaufensterscheibe *g* zu stellen, sondern in einigem Abstand davon anzuordnen, um dazwischen Waren zur Auslage niederzulegen.

Durch die unmittelbare Reflexion aus dem Planspiegel *c* in den Hohlspiegel *d* wird das Luftbild im Hohlspiegel erheblich lichtstärker, als dies bisher der Fall war.

Patentansprüche:

1. Reklamevorrichtung zur Vorführung von Luftbildern unter Benutzung zweier Planspiegel und eines Hohlspiegels, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlspiegel (*d*) und ein Planspiegel (*c*) beieinanderliegend, zweckmäßig zusammenstoßend, und die Planspiegel (*b, c*) entfernt voneinander angeordnet sind, wodurch eine Ausnutzung der gesamten Spiegelfläche des Hohlspiegels zur Wiedergabe des Luftbildes möglich wird.

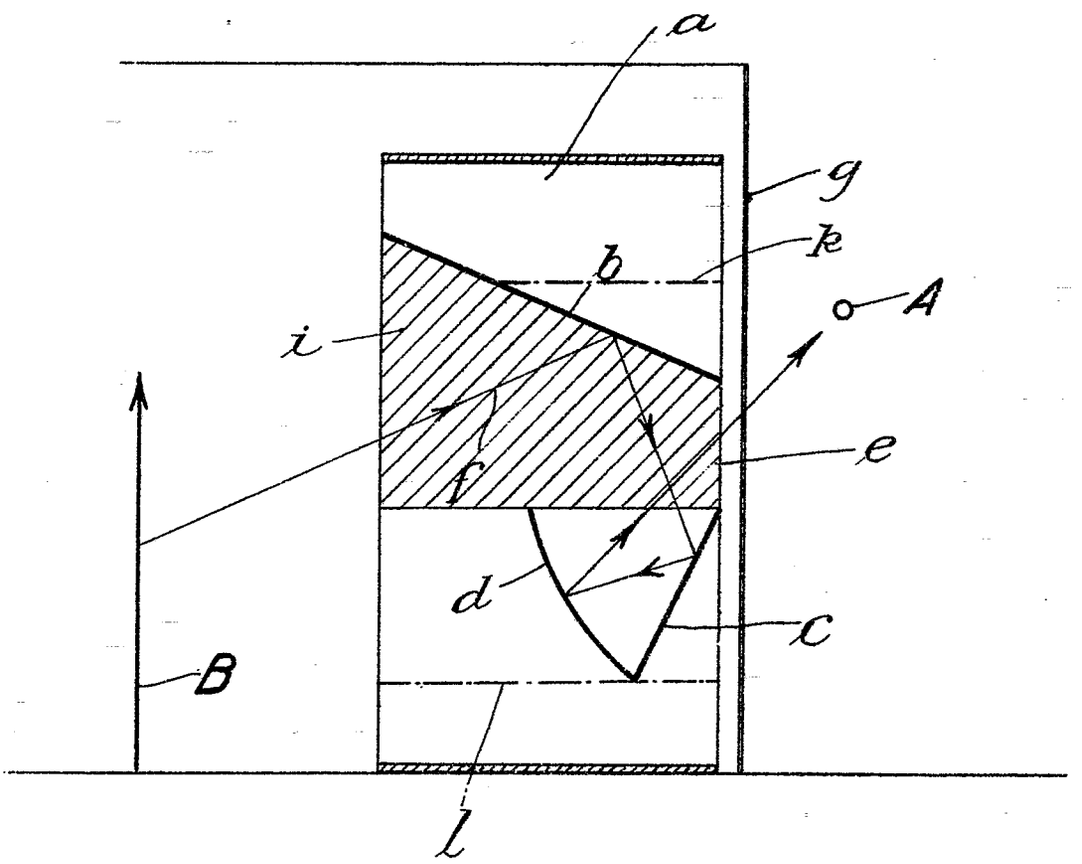
2. Reklamevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Luftbild im Hohlspiegel durch tiefe Anordnung desselben schräg nach oben sichtbar gemacht wird, so daß es nur aus unmittelbarer Nähe der Reklamevorrichtung gesehen werden kann.

3. Reklamevorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum zwischen den Planspiegeln die Schauöffnung zum Betrachten des Luftbildes im Hohlspiegel bildet.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI.

Zu der Patentschrift **482602**
Kl. 54h Gr. 3



DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
13. NOVEMBER 1935

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 621333

KLASSE 57a GRUPPE 20

S 114202 IX/57a

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 17. Oktober 1935

Ermenegildo Santoni in Florenz, Italien

Luftbildkamera mit einem sich schrittweise weiterbewegenden Plattenmagazin

Patentiert im Deutschen Reiche vom 5. Juni 1934 ab

Die Priorität der Anmeldung in Italien vom 4. Juli 1933 ist in Anspruch genommen.

Es sind verschiedene Arten von automatischen Luftbildkammern bekannt, in welchen durch eine zentrale Steuervorrichtung, die gewöhnlich um eine Achse drehbar ist, die in einem Magazin enthaltenen Platten nacheinander belichtet werden. Nachdem die Platten belichtet sind, gehen sie in ein anderes Magazin über oder kehren in das erstere zurück, um wieder ihren Platz einzunehmen. In diesem letzteren Falle erfährt das Magazin, nachdem es die belichtete Platte aufgenommen hat, eine zu der Oberfläche der Platte normale Bewegung, um der Fördervorrichtung die nächste Platte zu bieten. In jedem Falle ist jede Platte gewöhnlich in einem metallischen Rahmen montiert, der mit Haken (Aussparungen, Vorsprüngen o. dgl.) versehen ist, welche zum Angreifen an dem Fördermittel nötig sind. Außerdem sind die Platten in dem Magazin parallel angeordnet.

In der den Gegenstand vorliegender Erfindung bildenden Vorrichtung werden die Platten aus dem Magazin gefördert, in die Kammer gebracht und nach erfolgtem Belichten in dasselbe Magazin zurückgebracht (auf denselben Platz), wie in dem zweiten oben angeführten Falle angegeben ist, jedoch ist ein an sich bekanntes, um eine waagerechte Achse drehbares Trommelmagazin mit radial angeordneten rahmenlosen Platten verwendet. Bei Photographierautomaten, wo diese Magazine bisher verwendet wurden, ließ man die Platten durch ihre eigene Schwere herausfallen, ohne sie ins Magazin zurückzubringen. Da dies bei Luftbildkammern nicht angängig ist, ist erfindungsgemäß zur Plattenförderung ein Greifer verwendet, der die belichtete Platte mit einer Nase ins Magazin schiebt und gleichzeitig mit einer zweiten Nase die nächste unbelichtete Platte am Rand hinterfaßt, um sie nach Weiterdrehung des Magazins in die Bildebene zu ziehen.

Die aus einer solchen Anordnung sich ergebenden Vorteile sind folgende:

Schnellere Ladung der Magazine durch Ersparnis der Zeit, die man braucht, um jede Platte mit ihrem eigenen Rahmen zu versehen, wie dies bei anderen Typen nötig ist.

Größerer Rauminhalt der Kamera durch Vermeidung der Stärke der Rahmen.

Mildere und besser ausgeglichene Bewegung für den Übergang von einer Platte zur folgenden, da man eine Rotation anstatt Verschiebung des Magazins hat.

Auf den Zeichnungen ist ein Beispiel einer praktischen Ausführungsform der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Abb. 1 einen senkrechten Schnitt der Aufnahmekammer und die Ansicht des ringförmigen Magazins,

Abb. 1a eine Einzelheit der äußeren Trennflügel für die Platten,

Abb. 2 einen waagerechten Schnitt der Kammer nach der Linie *M-N* der Abb. 1,

Abb. 3 eine Einzelheit des Erweiterungskeiles für die Trennflügel,

Abb. 4 eine schaubildliche Ansicht der Bewegungsorgane,

Abb. 5 die verschiedenen Bewegungsstufen des Fördermittels und des Magazins,

Abb. 6 entsprechend den Bewegungsstufen der Abb. 5 das Diagramm der Exzenter, welche das Fördermittel und die Drehvorrichtung des Magazins steuern,

Abb. 7 und 8 in Stirnansicht und in waagerechtem Schnitt die Vereinigung von zwei Kammern und zwei Magazinen in einer einzigen Kamera.

Die Kamera (Abb. 1 und 2) besteht aus einem Kasten 1, der das Triebwerk mit der Hauptwelle 2 enthält, welches die verschiedenen zur automatischen Wirkung nötigen Bewegungen ausführt. Der Kasten 1 enthält außerdem noch die Aufnahmekammer 3, welche mit ihrem Ende vorspringt und das Objektiv 4 trägt. Das Objektiv 4 ist mit einem Verschluß versehen, der durch mechanische, von der Welle 2 bewegte Mittel gesteuert wird. Diese Mittel werden als in bekannter Weise ausgeführt angenommen und sind infolgedessen in der Zeichnung nicht angegeben, da sie keine Neuheit der Erfindung bilden.

Die Kammer 1 enthält eine Achse 5, welche bei 5′ nach außen verlängert ist. Auf dem äußeren Teil 5′ dieser Achse ist das ringförmige Magazin 6 gelagert, welches gegen die Kammer 1 durch eine bei 5′ eingezapfte Zugstange 7 gehalten wird.

Das Magazin befindet sich in einem zylindrischen Gehäuse 6 mit einem inneren konzentrischen Zylinder 8. Der Zylinder 8 trägt zwei Kugelkränze, welche das aus den mit dem Boden 9′ verbundenen zylindrischen Wänden 9, 9″ bestehende ringförmige Magazin 9, 9′ 9″ stützen.

Eine Reihe von kleinen Stahlzungen 10 entsprechend dem Plattenfassungsvermögen ist an der inneren zylindrischen Wand 9 nach den Erzeugenden des Zylinders angelötet oder anderswie befestigt und dient als Stütze und Trennungsmittel für die Platten. Eine Reihe von gleichen Zungen 11, jedoch in doppelter Anzahl der vorgenannten, ist auf der äußeren zylindrischen Wand 9″ angelötet oder in anderer Weise befestigt. Das eine Ende der Zungen 11 (die gegen den Kasten 1 gerichtete Seite) ist zurückgebogen, wie in der Abb. 1a im Schnitt dargestellt ist, so daß nicht nur die Lager für die Platten gebildet werden, sondern auch eine die Rückkehr der Platten in das Magazin erleichternde Bahn erzeugt wird. Eine solche Führung würde hingegen bei den Zungen 10 fehlen. Es sei bemerkt, daß in Wirklichkeit der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zungen 10 bestehende Zwischenraum kaum größer als die Stärke der Platte ist. Die Zungen 10 sind mit einem Ansatz 28 versehen, auf den eine besondere Erweiterungsvorrichtung wirkt, wie in der Folge beschrieben wird.

Das Einführen der Platten in das Magazin erfolgt durch einen Schlitz 12, welcher, sobald das Magazin mit der Kamera verbunden wird, sich in Übereinstimmung mit einem gleichen Schlitz im Kasten 1 befindet. Ein von einem äußeren Hebel 13 gesteuerter Absperrschieber ist auf dem Magazin derart angebracht, daß, sobald man mit diesem Absperrschieber die Öffnung 12 geschlossen hat, das Magazin selbst bei vollem Licht mit der Kamera verbunden werden kann. Dies gestattet, auch im Flug ein mit belichteten Platten gefülltes Magazin durch ein anderes Magazin zu ersetzen.

Durch den Schlitz 12 vollzieht sich die aufeinanderfolgende Überführung der einzelnen Platten aus dem Magazin in die Bildkammer 3 und umgekehrt. Der innere Ring 9 des Magazins trägt eine äußere Zahnung 14 und eine innere Zahnung 15. Die Anzahl der Zähne beider Zahnungen entspricht der Anzahl der Platten. Die innere Zahnung 15 dient zum Aufhalten der Drehung des Magazins mittels einer Klinke oder Knagge 16. Die Achse der Knagge 16 ist mit einer Vierkantbohrung versehen, und in diesen Ausschnitt greift ein Zapfen mit entsprechendem Querschnitt ein, der durch den Kasten 1 getragen und von innen mittels des Hebels 17 gesteuert wird. Dieser Hebel bewirkt durch eine von dem Haupttriebwerk ausgehende Bewegung, je nach der entsprechenden Stufe des Arbeitsganges, das Aushaken der Knagge 16 für die Zeitdauer, in welcher die Drehung des ringförmigen Magazins 9, 9′, 9″ für die Förderung der Platten stattfindet. In normalem Zustande hält eine in der Zeichnung nicht dargestellte Feder des Teiles 16 die Knagge in der Zahnung eingehakt.

Zum Drehen des Magazins dient der Teil 19, der mit den Büchsen 20, 21 (Abb. 4) dreh- und schiebbar auf der Achse 5 gelagert ist. Ein Zahn 18 des Teiles 19 wirkt auf die Stirnzahnung 14 durch denselben Schlitz 12, aus welchem die Platte herausgeführt wird. Nachdem der Zahn 18 mit einem der Zähne 14 in Eingriff gekommen ist, schwenkt der Teil 19 nach links um die Achse 5 und dreht auf diese Weise das Magazin. Der Teil 19 trägt außerdem noch einen Erweiterungskeil 22, der zwischen zwei nebeneinanderliegende Ansätze 28 dringt und diese sowie den Anfangsteil der kleinen Zungen 10 auseinander-

spreizt. Man erhält so auch für diese Zungen ein dem durch die Zurückbiegung der Flügel 11 des äußeren Zylinders (Abb. 1a) gleichgestaltetes Mundstück, mit dem Unterschied, daß das Mundstück für die äußeren Flügel 11 konstant bleibt, da man für dieselben über den nötigen Raum verfügt, während für die Flügel 10 das Mundstück jeweils durch den Erweiterungskeil 22 für den Durchgang der einzelnen Platte geschaffen wird, welche von der Kammer zum Magazin gebracht werden soll.

Das Ausziehorgan 25 wird von einer Muffe 23 (Abb. 2 und 4) getragen, welche längs der Achse 5 gleitet und von einem Hebel 24 gesteuert wird. Es besteht aus einer Zunge 25, z. B. aus Stahl, welche einen unteren Flügel 26 und an seinem Ende einen Zahn 27 trägt. Der Zahn 27 dient zum Anhaken der Platte an ihrem rückwärtigen Rand, um sie in die Bildkammer zu ziehen, während der Flügel 26 dazu dient, die belichtete Platte in das Magazin zurückzuschieben.

Die vier Hauptstufen der Bewegung sind in Abb. 5 dargestellt, welche teilweise die Kammer 3 mit den Führungsschienen 29, auf denen die Platte gleitet, drei aufeinanderfolgende Platten des Magazins (*a, b, c*) und den Greifer 25, 26, 27 zeigt. Die Bewegungsstufen sind die aufeinanderfolgenden Stellungen I, II, III, IV.

In der Stellung I ist angenommen, daß der Greifer sich zwischen die Platten *b* und *c* geschoben hat. Da das Ende des Greifers elastisch ist und nach unten drückt, wird der Zahn 27, nachdem er die obere Fläche (Glasseite) der Platte *b* berührt hat, nach unten schnappen und sich am Ende seines Laufes an dem Rand der Platte *b* anhaken.

In der ersten Bewegungsstufe (I, II) nimmt der Greifer 25, 26, 27, der sich von dem Magazin zur Kammer bewegt, die Platte *b* mit in die Kammer, um sich in die Stellung II zu begeben. In der zweiten Stufe (II, III) erfolgt die Pressung der Platte gegen die Brennebene (durch die Kontaktfläche zwischen den Führungsschienen 29 und der empfindlichen Seite der Platte gebildet) und die Öffnung des Objektivverschlusses 4. Dies wird mit nicht dargestellten Mitteln auf eine der bekannten Weisen bewirkt. In dieser selben Stufe hebt sich der Greifer, sich nach rechts um die Achse 5 drehend, um ebensoviel, als der Zwischenraum zwischen einer Platte und der darauffolgenden beträgt, um sich so in die Stellung III zu begeben.

In der dritten Stufe (III, IV) kehrt der Greifer gegen das Magazin zurück und schiebt mit dem Ansatz 26 die Platte *b* in ihr früheres Lager ins Magazin zurück, während der Zahn 27, nachdem er über die Oberfläche der Platte *c* geglitten ist, sich am Ende seines Laufes hinter diese Platte hakt.

In dem ersten Teil der vorgenannten Phase, und zwar bevor die Platte sich zwischen die Flügel des Magazins einzuschieben beginnt, hat sich der Teil 18, 19 dem Magazin so weit genähert, daß der Zahn 18 in die Zahnung 14 eingegriffen hat und der Keil 22 zwischen die Ansätze 28 eines Flügelpaares 10 eingetreten ist, wodurch dieses auseinandergespreizt wird. Dies erfolgt, wie gesagt, zu dem Zwecke, den Übergang der Platte in das Magazin zu erleichtern.

In der vierten Stufe (IV, I) dreht sich der Teil 19 (Abb. 1 und 2) nach rechts um einen dem Zwischenraum zwischen einer und der darauffolgenden Platte entsprechenden Winkel und nimmt bei der Bewegung den Greifer und das Magazin mit. Auf diese Weise kehrt man zur Stellung I zurück, mit dem Unterschied, daß sich an Stelle der Platte *b* jetzt die Platte *c* befindet. Was die Bewegung der Knagge 16 betrifft, so wird diese vom Triebwerk ausgehakt während des zweiten Teiles der dritten Stufe und eingehakt während des ersten Teiles der ersten Stufe. In dem zweiten Teile der ersten Stufe verläßt der Teil 18, 19, 20 das Magazin. In Abb. 6 sind die Diagramme des Exzenters *M*, welcher den Greifer bewegt, und des Exzenters *R*, welcher die Drehung des Magazins bewirkt, angegeben.

Der Erweiterungskeil 22 ist nicht starr mit dem Zahn 18 verbunden (wie das der Einfachheit halber in Abb. 2 und 4 angegeben ist), sondern er wird von einem kleinen abgefederten Hebel getragen, der an diesem Teil angelenkt ist. Die Einzelheiten dieser Vorrichtung sind in Abb. 3 dargestellt, wobei mit *m* die Vorderansicht und mit m^1 die Draufsicht bezeichnet ist.

Der Arm 30 des den Keil 22 tragenden Hebels stößt am Ende der Bewegung des Teils 18 gegen einen an dem Kasten 1 angebrachten Anschlag 31, welcher den Hebel verschwenkt und dadurch den Keil zwischen die beiden Ansätze 28 zwängt, die er erweitern soll. Während der Drehung des Zahnes 18 um die Achse 5 gleitet der Hebelarm 30 von dem Anschlag 31 ab.

So wird die in der Vorderansicht und Draufsicht durch *n* und n^1 bezeichnete Stellung erreicht, in der durch die Wirkung der Feder 32 der Hebel 22, 30 sich gedreht und den Keil 22 gegenüber dem Magazin zurückbewegt hat. Dies gestattet den Flügeln 10, in Geradestellung zurückzukehren, wodurch das Herausziehen der nächsten Platte ermöglicht wird.

Die Vorrichtung zur Erweiterung der Flügelenden 10 hat also den Zweck, eine

sichere Wirkungsweise der Kamera zu gewährleisten, trotzdem sie die Platten so nahe als möglich aneinanderhält, um die Aufnahmefähigkeit des Magazins zu vergrößern.

Abb. 4 zeigt eine schaubildliche Ansicht des Triebwerks. In dieser Abbildung ist der Kasten 1 der Abb. 1 und 2 durch den Rahmen 1′ und das Magazin durch den Zylinder 9″ angedeutet. Die Triebwelle 2 steuert in einer vollständigen Drehung einen ganzen Arbeitsgang. Zu diesem Zweck trägt die Welle 2 eine Trommel 33 mit einer eingeschnittenen Steuerkurve 34, in der eine mit dem Hebel 24 verbundene Rolle 35 gelagert ist. Hebel 24 steuert die Greiferverschiebung. Der Greifer ist außer auf der Achse 5 auf dem den Zahn 18 tragenden Teil 19 geführt. Dieser Teil ist mit den Büchsen 20, 21 auf der Achse 5 getragen; die Büchse 20 trägt einen Ansatz 36 mit einem Zapfen 37, der von einer im Umfang der Trommel 33 eingeschnittenen Kurve 38 gesteuert wird. Das Diagramm der beiden Aussparungen 34, 38 ist in Abb. 6 angegeben. Hiermit wird die Verstellung des Greifers und seine Drehung zusammen mit dem Zahn 18 und dem Magazin bewirkt. Die Verschiebung des Teiles 18, 19, 20, 21 wird durch ein Exzenter 39 besorgt, das die Hebel 40, 41 steuert, deren letzterer mittels einer Endgabel in eine Erweiterung der Büchse 21 eingreift. Die Auslösung der Knagge 16 wird vom Exzenter 42 bewirkt, das mittels des Hebels 43 und der Kupplungsstange 44 die Bewegung auf die schon genannten Hebel 17, 16 überträgt. Die Form der Exzenter und deren Phasen sind derart, daß die Knagge 16 nicht ausgelöst wird, bevor der Zahn 18 nicht vollkommen in die Zahnung 14 eingegriffen hat und umgekehrt.

Auf derselben Welle 2 können die den Druck der Platte gegen die Brennebene und das Ausschnappen der Blende und ihre Wiederladung in irgendeiner bekannten Weise steuernden Exzenter montiert sein.

Die Abb. 7 und 8 zeigen, wie in einem einzigen Kasten oder Gehäuse 1 zwei Kammern 3, 3′ mit konvergierenden Achsen vereinigt sein können, um das Aufnahmefeld vergrößern zu können. Diese Anordnung gestattet es, nur eine Kurventrommel 33 für die Steuerung der Greifer 25, 25′ zu benutzen.

Die Führungsachsen 5, 5″ der Greifer sind mittels der Flügel 45, 45′ auf der gemeinsamen Achse *c* schwenkbar und verschiebbar. Die Zähne 22, 18 und 22′, 18′ sind bei dieser Ausführung an den Achsen 5, 5″ angebracht. Die beiden Magazine 6, 6′ (eines für jede Kammer) sind symmetrisch mit den gegenüberliegenden Wänden der Kammer 1 verbunden, um auf diese Weise dem Ganzen ein ästhetisches Aussehen zu gewähren und den Raum auf die beste Weise auszunutzen.

Patentansprüche:

1. Luftbildkamera mit einem sich schrittweise weiterbewegenden Plattenmagazin, dessen Platten von einem Greifer durch waagerechtes Verschieben in Aufnahmestellung gebracht und wieder an denselben Platz im Magazin zurückbefördert werden, gekennzeichnet durch ein an sich bekanntes, um eine waagerechte Achse drehbares Trommelmagazin mit radial angeordneten rahmenlosen Platten und einem Greifer (25), der mit einer Nase (26) die belichtete Platte ins Magazin schiebt und gleichzeitig mit einer Nase (27) die nächste unbelichtete Platte am Rand hinterfaßt, um sie nach Weiterdrehung des Magazins in die Bildebene zu ziehen.

2. Luftbildkamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gegen die Kammer gewendete Ende (28) der inneren Trennflügel (10) für die Platten elastisch ist und ein von dem Triebwerk gesteuerter Keil (22) bei der Rückführung der belichteten Platte die beiden Flügel, zwischen welche die Platte geschoben wird, auseinanderdrängt.

3. Luftbildkamera nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Aufnahmekammern mit konvergierenden Achsen in einem einzigen Gehäuse angeordnet und von demselben Triebwerk gesteuert sind, während die beiden Magazine, deren ein jedes eine Kammer bedient, auf den beiden Seiten des Gehäuses angeordnet sind.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

Zu der Patentschrift **621 333**
Kl. 57a Gr. 20

Abb. 1

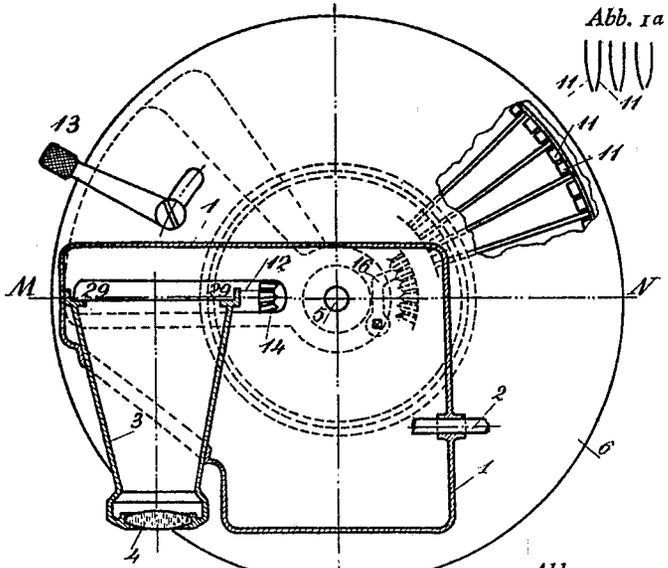


Abb. 1a

Abb. 2

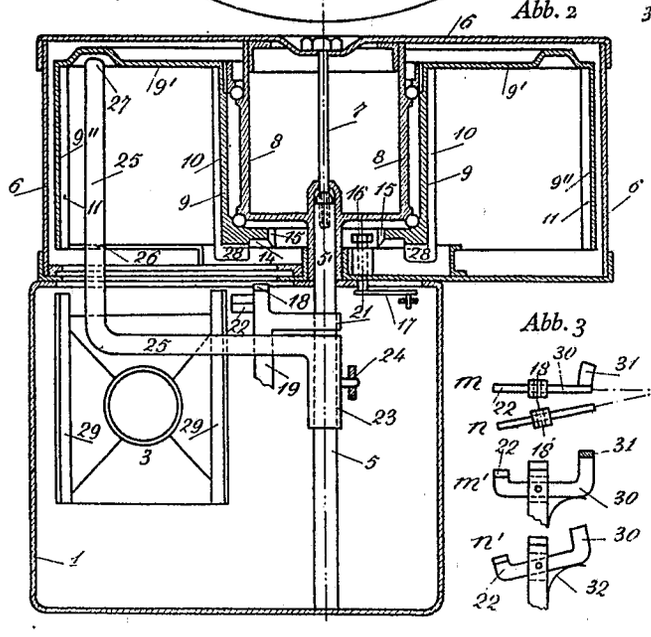
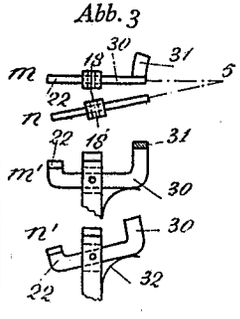
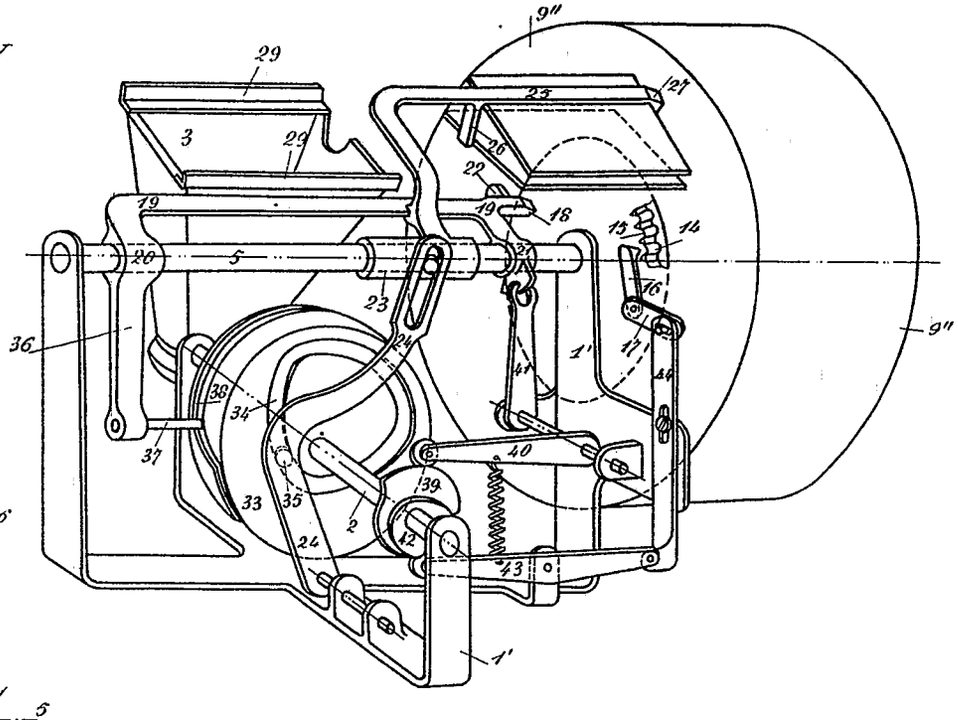


Abb. 3



Zu der Patentschrift **621 333**
Kl. 57a Gr. 20
Blatt I.

Abb. 4



Zu der Patentschrift **621 333**

Kl. **57a** Gr. 20

Abb. 1

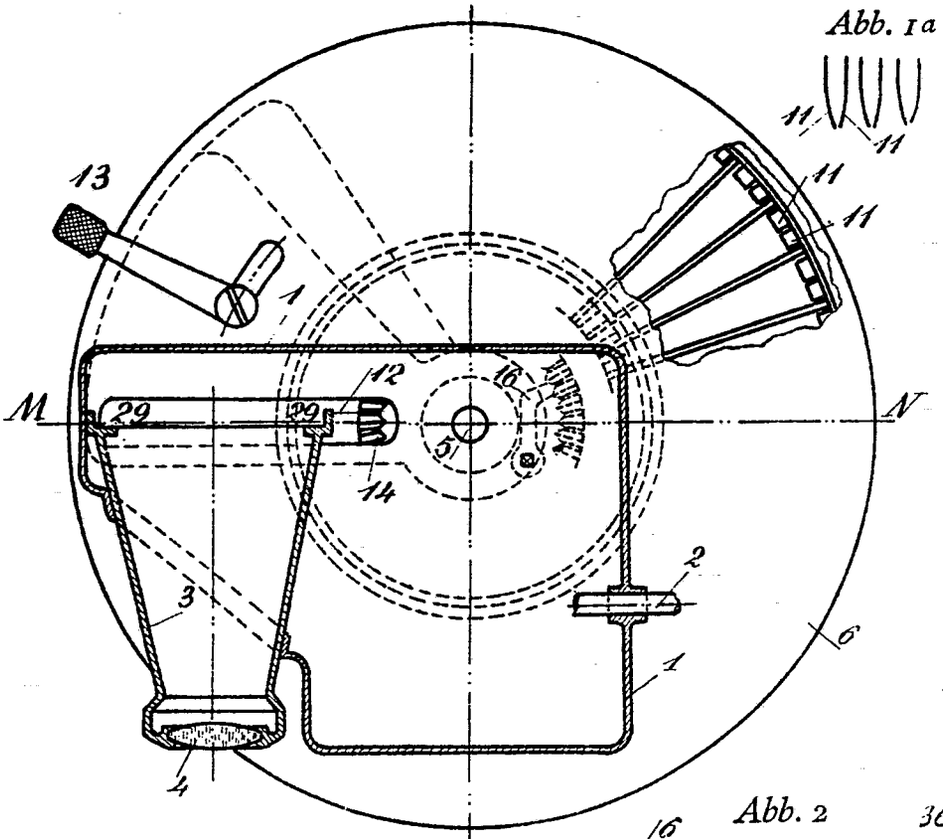


Abb. 1a

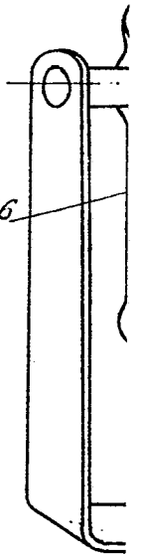


Abb. 2

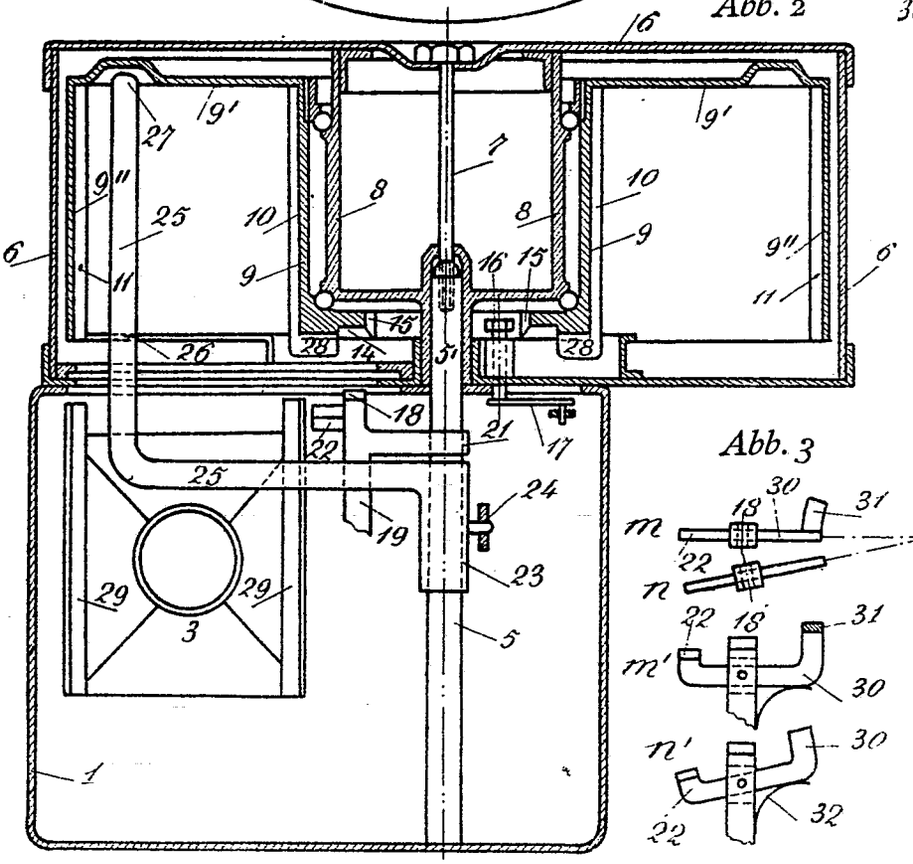
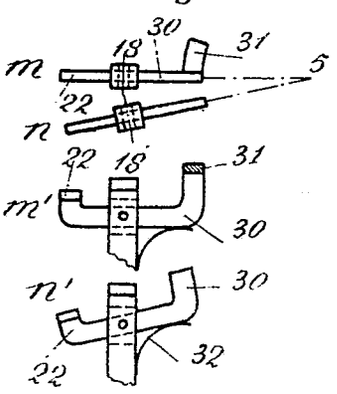
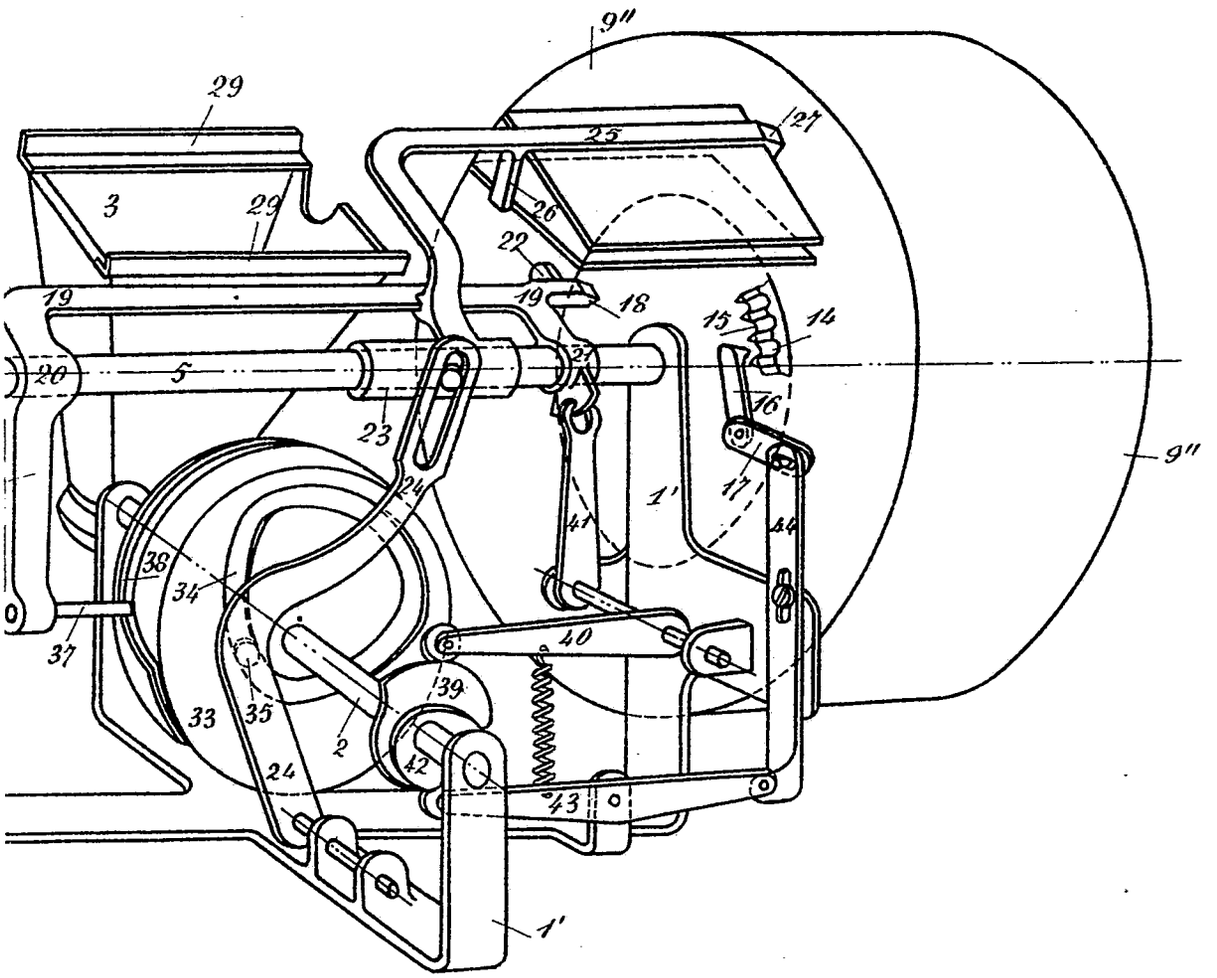


Abb. 3



Zu der Patentschrift **621 333**
Kl. **57a** Gr. 20
Blatt I.

Abb. 4



Zu der Patentschrift **621 333**
Kl. **57a** Gr. 20

Abb. 5

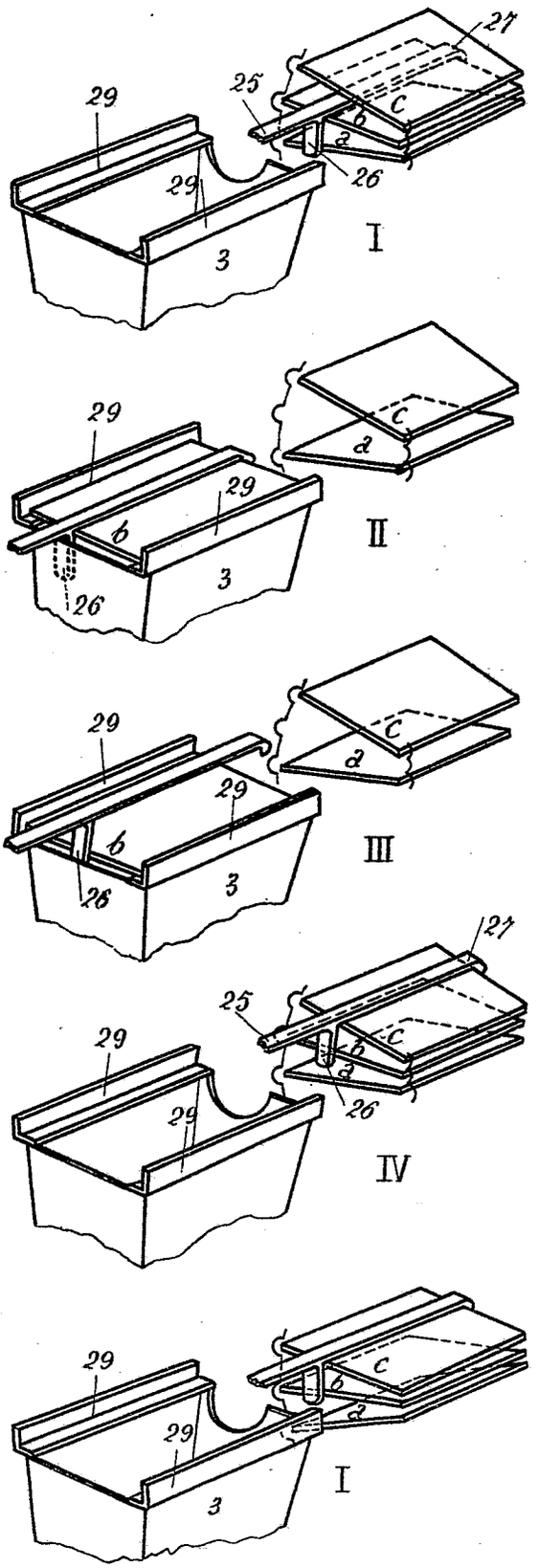
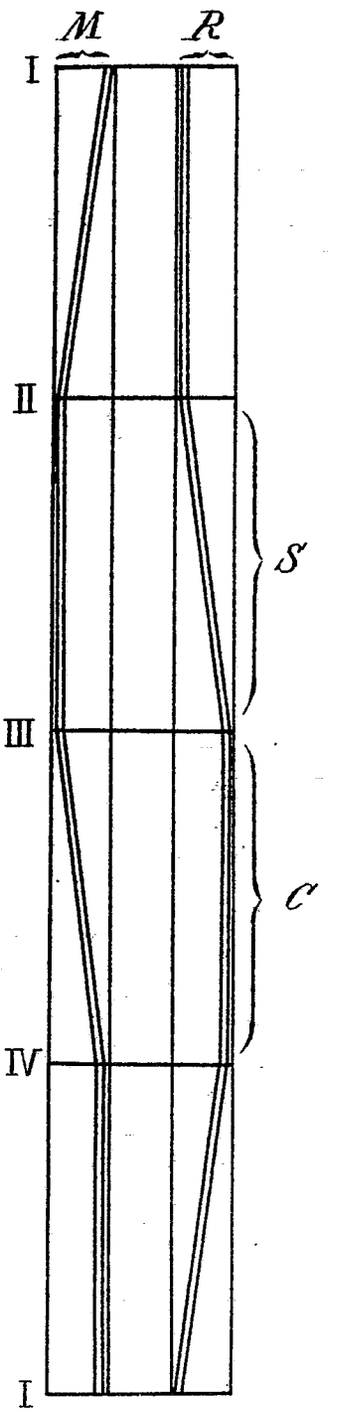


Abb. 6



Zu der Patentschrift **621 333**
Kl. 57a Gr. 20
Blatt II.

Abb. 7

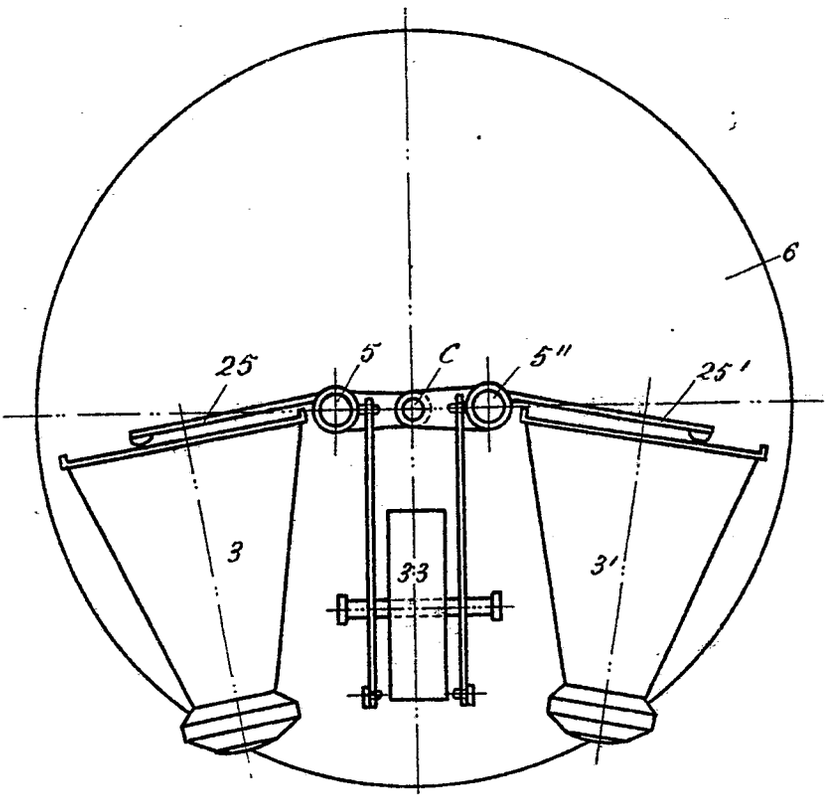
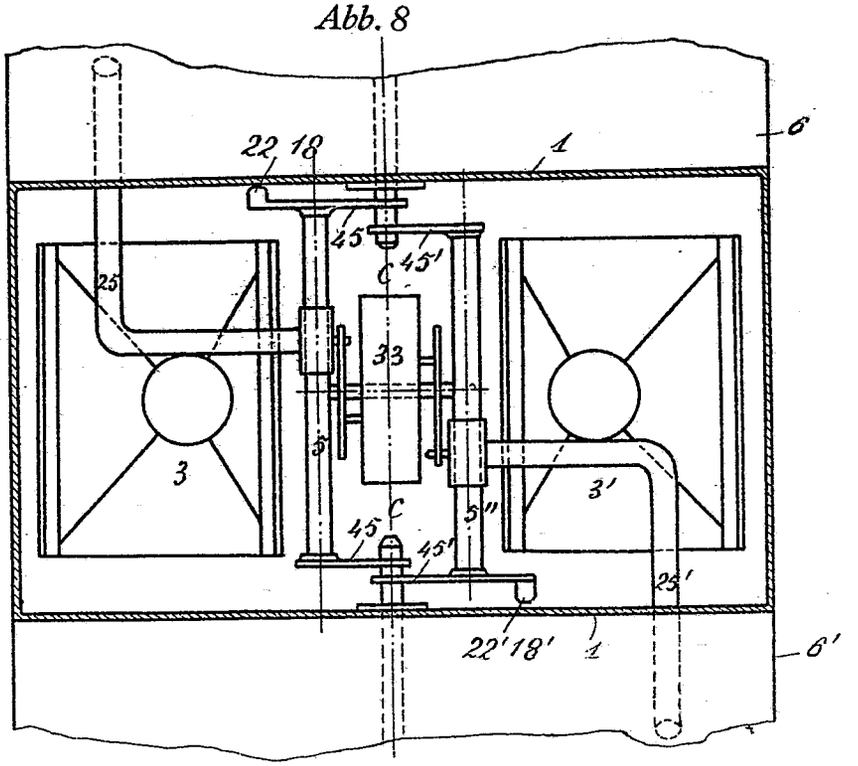


Abb. 8



DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
27. FEBRUAR 1939

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 672261

KLASSE 42c GRUPPE 1002

A 72251 IX/42c

L'Aérotopographie S.-A. in Courbevoie, Seine, Frankreich

Vorrichtung zum Herstellen von Luftbildplänen eines unebenen Geländes

Patentiert im Deutschen Reiche vom 13. Januar 1934 ab

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 9. Februar 1939

Die Priorität der Anmeldung in Frankreich vom 25. Januar 1933 ist in Anspruch genommen

Senkrechtaufnahmen aus Luftfahrzeugen zeigen bei ebenem Aufnahmegelände bekanntlich eine kartenmäßig richtige Lagedarstellung und stellen mithin eine photographische Parallelprojektion des betreffenden Geländeabschnitts dar. Bei ebenem Aufnahmegelände können auch nach Schrägaufnahmen entsprechende photographische Karten durch einfaches Umprojizieren des ganzen Bildes mittels eines Entzerrungsgeräts hergestellt und, da Maßstabsunterschiede am Entzerrungsgerät ausgeglichen werden, eine größere Anzahl von Luftbildern zu einheitlichen Luftbildplänen mosaikartig zusammengestellt werden.

Bei unebenem Aufnahmegelände bilden sich die einzelnen Geländeteile je nach ihrer Höhe auf den Bildern in verschiedenem Maßstabe ab, so daß eine Entzerrung nur zonenweise, also unter Ausgleich der durch die Höhenunterschiede verursachten Maßstabsunterschiede, erfolgen kann. Für solche Arbeiten sind Bildwerfer bekannt, die unter Innehaltung ihrer übrigen den Aufnahmeverhältnissen entsprechenden Einstellung gegenüber der mit dem lichtempfindlichen Papier bedeckten waagerechten Auffangebene der Höhe nach, jeder zu bearbeitenden Höhenschicht entsprechend, verschieden eingestellt werden. Eine dem Objektiv der Bildwurfkammer vorgeschaltete selbstfokussierende Optik richtet die Bildwurfstrahlen auf einen mit einer Blendenöffnung versehenen Wagen und bewirkt gleichzeitig, daß die Scharfeinstellung trotz der sich ändernden Höheneinstellung der Bildwurfkammer stets selbsttätig herbeigeführt wird. Die Blende wird bei diesem bekannten Gerät durch Lenker so gesteuert, daß unabhängig von der durch die verschiedene Höheneinstellung bewirkten wechselnden Vergrößerung Belichtungsunterschiede in dem Luftbildplan vermieden werden.

Das Gerät kann bekanntlich entweder mit einem beliebigen Auswertegerät, Zweibildgerät mit Doppelbetrachtungsglas, Doppelbildwerfer o. dgl., getrieblich verbunden sein, oder die Bewegung der Blende und der Höheneinstellung des Bildwerfers erfolgt an Hand einer bereits hergestellten Relief- oder Schichtlinienkarte.

Bei dem bekannten Gerät ist die Blende eine Rundloch- oder Irisblende. Durch die runde Form läßt sich der durch ihre Öffnung auf das lichtempfindliche Papier projizierte Geländeabschnitt mit seinen Begrenzungen schwierig einem durch Schichtlinien begrenzten Geländestreifen, dessen Begrenzungslinien oft gradlinig sind, anpassen. Ein wesentlich besseres Einstellen der Blendenöffnung auf einen solchen Streifen und ein leichteres Ent-

langführen der Blendenöffnung längs solchen Streifens wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die Blendenöffnung die Form eines veränderlichen Parallelogramms hat und von vier in ihrem gegenseitigen Abstande paarweise zueinander verstellbaren Blendenstücken begrenzt ist, von denen zwei einander gegenüberliegende Stücke Halbkreisscheiben bilden und je um ihren Kreismittelpunkt drehbar sind.

Des weiteren betrifft die Erfindung die Verbindung einer solchen Blende mit dem über einer Schichtlinienkarte entlang führbaren Zeiger und eine Vorrichtung zum Einstellen der Halbkreisscheiben dieser Blende.

Die Zeichnung zeigt in

Fig. 1 eine schaubildliche Darstellung eines Bildwerfers mit Einrichtung zum Herstellen von Luftbildplänen eines unebenen Geländes schematisch,

Fig. 2 eine schaubildliche Darstellung der Führung des Blendenwagens für ein Gerät nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäß ausgebildete Blende,

Fig. 4 eine auf eine Trommel aufgespannte Schichtlinienkarte und die Zeigervorrichtungen, teilweise mit Antriebsgliedern,

Fig. 5 die getriebliche Verbindung der Halbkreisscheiben mit ihren Antriebsmitteln und dem auf der Schichtlinienkarte entlang führbaren Zeiger und

Fig. 6 eine Einzelheit des in Fig. 5 dargestellten Getriebes in Seitenansicht.

In Fig. 1 bezeichnet 1 die Bildwurfkammer, die gegenüber der Auffangebene 8 in die Stellung gebracht wird, welche den Aufnahmeverhältnissen entspricht. Ein zusätzliches optisches System 2 mit veränderlicher Brennweite, dessen optische Achse stets durch den Mittelpunkt des Objektivs der Bildwurfkammer 1 und durch den Mittelpunkt der in einem über der mit dem lichtempfindlichen Papier versehenen Auffangebene 8 verschiebbaren Rahmen 4 gelagerten Blende hindurchgeht, bewirkt die selbsttätige Scharfeinstellung bei sich ändernder Höheneinstellung des Bildwerfers 1 gegenüber der Auffangebene. Um dieses optische System zwangsläufig auf die Blendenmitte zu richten, ist eine Führung vorgesehen. Diese besteht, wie Fig. 1 zeigt, im wesentlichen aus einer Stange 3, auf welcher ein einstellbares, über eine Stange mit dem optischen System 2 verbundenes Rohr 3′ gleitet.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 2, die nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, hat der die Blende tragende Rahmen die Form eines Wagens 4, dessen Boden durch eine lichtundurchlässige Abdeckplatte 9 gebildet ist, in deren Mitte sich die Blendenöffnung 10 befindet. Der Wagen 4 ist über der Ebene 8, auf der das lichtempfindliche Papier befestigt wird, mittels eines bekannten Kreuzschlittensystems bewegbar. Der Wagen 4 läßt sich auf Schienen 5 eines zweiten Wagens 6 mittels einer in einen Ansatz 12 greifenden Spindel 11 einstellen. Der zweite Wagen kann auf den Schienen 7 mittels der in einen Ansatz 14 greifenden Spindel 13 verschoben werden. Mittels der Spindel 13 und der Welle 15 und Spindel 11 läßt sich der die Blende tragende Wagen 4 an jede beliebige Stelle der Platte 8 bringen.

Gemäß der Erfindung besteht, wie Fig. 3 zeigt, die Blende aus zwei lichtundurchlässigen Streifen 16 und 17, welche in einer gemeinsamen Ebene liegen und gegeneinander verschoben werden können. Die inneren Kanten 18 und 19 der Streifen 16 und 17 bilden ein Paar paralleler Kanten der Blende, während die inneren Kanten zweier Halbscheiben 20 und 21 ein zweites Paar solcher Kanten bilden. Die beiden Halbscheiben sind auf kreisförmigen Führungen 22 und 23 um ihre im Abstand d voneinander liegende Mittelpunkte drehbar. Der Abstand d kann durch entsprechende Einstellung der Führungen 22 und 23 verändert werden. Die Blendenöffnung wird demnach durch die Kanten der Halbscheiben 20 und 21 und die Kanten der Streifen 16 und 17 begrenzt. Sämtliche Teile der Blende sind auf einer an der Abdeckplatte 9 befestigten, um ihren Mittelpunkt drehbaren Scheibe 24 angeordnet. Hierdurch kann die Blende beliebig gegenüber dem Wagen 4 ausgerichtet werden, und zwar derart, daß die Kanten 18 und 19 der Blende zu ihrer Bewegungsrichtung parallel verbleiben. Die Blende wird also durch ein Parallelogramm begrenzt, dessen einer Abstand d gleich der Breite eines zu projizierenden Streifens ist und von einem Streifen zum folgenden geändert werden kann, während der andere Abstand e entsprechend der Bewegungsgeschwindigkeit der Blende und der jeweiligen Höheneinstellung der Bildwurfkammer über der Auffangebene 8 so eingestellt wird, daß dem durch diese Werte bedingten Helligkeitswert des Bildwurfs Rechnung getragen wird.

Das Blatt, auf das vorher die Schichtlinien eingezeichnet worden sind, kann auf einer Platte 8 oder, wie Fig. 4 zeigt, auf einer Trommel 25 befestigt sein. Die Trommel 25 wird derart gedreht, daß einer Vorwärtsbewegung des Wagens 6 um die Strecke a eine Drehung $\frac{a \cdot 360^\circ}{D \cdot \pi}$ der Trommel 25 entspricht, worin D den Durchmesser der Trommel bedeutet. Parallel zur Trommel 25 ist

eine Spindel 26 angeordnet, welche in ein Gewinde 27 eingreift, welches mittels eines Armes mit einem Schieber 28 verbunden ist, der zur Verschiebung des Zeigers 29 dient. Die Spindel 26 wird in Verbindung mit der Welle 15 (Fig. 2) derart gedreht, daß eine Bewegung der Blende parallel zu den Schienen 5 (Fig. 2) einer Bewegung des Zeigers 29 in der Längsrichtung der Trommel 25 entspricht.

Das mit Schichtlinien versehene Blatt wird auf der Trommel derart angebracht, daß der Punkt, an dem sich der Zeiger 29 befindet, dem im Mittelpunkt der Blende 10 projizierten Geländepunkt entspricht.

Die Welle 15 und die Spindel 13 sind miteinander durch ein geeignetes Übersetzungsgetriebe, beispielsweise mittels Zahnräder, derart verbunden, daß die Drehung, die man der Welle und Spindel mittels eines Elektromotors oder von Hand gleichzeitig erteilt, eine Bewegung der Blende in einer bestimmten Richtung hervorruft.

Bei der Bewegung des Zeigers vor der Trommel muß die Höheneinstellung des Bildwerfers 1 über der Auffangebene 8 entsprechend den Höhenwerten der einzelnen Schichtlinien geändert werden. Um diese Höheneinstellung der Bildwurfkammer jeweils in der Nähe der Trommel 25 ablesen zu können, ist, wie Fig. 4 zeigt, eine Anzeigevorrichtung 54 vorgesehen, deren Zifferblatt eine Teilung hat, welche für den betreffenden Maßstab dem Höhenabstande der Schichtlinien entspricht. Da die Teilung dieses Zifferblattes von dem Maßstab abhängt, werden auswechselbare Zifferblätter benutzt. Am Zeiger 29 ist ein drehbares Einstellglied in Form eines kleinen Lineals 30 vorgesehen, das man während seiner Bewegung längs der Trommel genau parallel bzw. tangential zu den Schichtlinien halten kann.

Das Lineal 30 kann mit den beiden Halbscheiben 20 und 21 (Fig. 3) der Blende derart verbunden sein, daß diese den verschiedenen Drehungen des Lineals folgen. Auf diese Weise kann die Blende während ihrer ganzen Bewegung längs einer Tangente zu den nacheinander abgefahrenen Schichtlinien ausgerichtet werden.

Nach Aufzeichnung eines ersten Streifens von der Breite h läßt man bekanntlich die Blende einen angrenzenden Streifen von der Breite h' durchlaufen, indem die Abdeckplatte 9 um eine Strecke gleich $\frac{h+h'}{2}$ zur Seite bewegt wird, was sich durch Drehung der Spindel 13 und der Welle 15 erreichen läßt. Auf diese Weise kann man alle Punkte des Geländes längs der durch die Schichtlinien bestimmten Streifen durchlaufen.

Fig. 5 und 6 zeigen eine Vorrichtung, die gleichzeitig die erforderlichen Drehbewegungen der beiden Halbscheiben 20, 21 der Blende und die Übereinstimmung zwischen der Drehung der Blende und der des Lineals 30 bewirkt. Zur Steuerung der Drehung der beiden Halbscheiben 20 und 21 in den Führungen 22 und 23 dienen zwei Sternräder 31 und 32, welche mit beweglichen, in der Felge eines Rades 34 versenkbaren Stiften 33 zusammenarbeiten. Das Versenken der Stifte 33 in das Innere des Rades erfolgt durch einen festen Anschlag 35, der in der in Fig. 5 durch Pfeil bezeichneten Drehrichtung des Rades 34 hinter den Rädern 31 und 32 angeordnet ist, während die Auswärtsbewegung der Stifte 33 je nach Bedarf mittels eines im Inneren des Rades 34 in dessen Drehrichtung vor den Rädern 31 und 32 drehbar gelagerten Nokkens 36 zustande kommt. Um eine Drehung des Blendenschlitzes 10 (Fig. 2), also der Halbscheiben 20, 21 (Fig. 3 und 6), zu bewirken, wird der Nocken 36 je nach Bedarf längere oder kürzere Zeit in seine Wirkungsstellung eingerückt, so daß er eine größere oder kleinere Anzahl von Stiften aus dem Rade 34 heraustreten läßt. Die Stifte drehen dann zuerst das Rad 31 und hierauf das Rad 32 so lange im gleichen Drehsinn, als Stifte durch den Nocken 36 bei der Drehung des Rades 34 aus diesem herausgeschoben werden. Der Nocken 36 wird also so betätigt, daß die Drehung der Halbscheiben 20, 21 in gewünschter Weise erfolgt. An den Halbscheiben 20 und 21 ist je ein Arm 37 bzw. 38 (Fig. 6) angebracht, an denen je eine Stange 39 bzw. 40 angelenkt ist. Die Gelenkpunkte liegen dabei in Verlängerung der geraden Kanten der Scheiben. Die Stangen 39 und 40 sind an ihrem anderen Ende an um die Punkte A und A' drehbare Hebel 41 bzw. 42 angelenkt, welche Schneckenradsegmente 43 und 44 tragen. Die Schneckenradsegmente 43 und 44 werden durch Schnecken 45 und 46 bewegt, die sich auf den Achsen der Räder 31 und 32 (Fig. 5) befinden. Bezeichnet man mit O und O' die Mittelpunkte der Halbscheiben 20 und 21, mit B und B' die Gelenkpunkte zwischen den Stangen 39 und 40 und den Stangen 41 und 42 und mit C und C' die Gelenkpunkte der genannten Stangen mit den Armen 37 und 38, dann ist $O\,C$ parallel zu $A\,B$, $O'\,C'$ parallel zu $A'\,B'$. Ferner ist $O\,C$ gleich $A\,B$ und $O'\,C'$ gleich $A'\,B'$. Endlich liegt $O\,C$ in der Ruhestellung parallel zu $O'\,C'$. Das Rad 34 wird durch die Verschiebung des Wagens 4 durch ein nicht dargestelltes Zwischengetriebe, Zahnstangengetriebe o. dgl., angetrieben. Das Rad 34 dreht sich demnach gleichmäßig in der durch den Pfeil angegebenen Richtung und nimmt dabei die

Räder 31 und 32 so lange mit, als durch den Nocken 36 Stifte 33 aus dem Rade 34 herausgeschoben werden, was sich je nach Bedarf regeln läßt. Um die Blende in die Grundstellung zurückzuführen oder in der anderen Richtung zu drehen, kann die Verbindung zwischen den Rädern 31 und 32 einerseits und den Schnecken 45, 46 andererseits lösbar ausgebildet sein und dafür ein Getriebe eingeschaltet werden, das die Drehrichtung der angetriebenen Glieder umkehrt. Die Schnecke 45 kann mittels einer biegsamen Welle 47 mit einer Schnecke 48 gekuppelt sein, die ein um einen Punkt *D* schwingendes Zahnradsegment 49 betätigt. Das Zahnradsegment trägt einen Arm 50, an dessen Ende *E* eine Stange 51 angelenkt ist, deren anderes Ende *G* an einen Hebel 52 angreift. Letzterer schwingt um einen Punkt *F* und nimmt dabei das Lineal 30 mit. Die Teile 48, 49, 50, 51 und 52 sind an der Stütze befestigt, die den sich gegen die Trommel 25 abstützenden Zeiger trägt, welcher aus einer an dem Lineal 30 angebrachten kleinen Marke 53 besteht. Sind die Hebel *F G* und *D E* gleich lang und parallel zueinander angeordnet und die Übersetzungen zwischen den verschiedenen Schnecken- und Zahnrädern passend gewählt, so kann man erreichen, daß die Drehung des Lineals 30 jeweils mit der Drehung der Blende übereinstimmt.

Der Bedienende kann also mittels des Nokkens 36 und durch geeignetes Schalten des zwischen den Gliedern 31, 32 und 45, 46 vorgesehenen, nicht dargestellten Umschaltgetriebes eine Drehung des Blendenschlitzes 10 bewirken. Die Richtung, in der sich jeweils die Kanten der Halbscheiben 20, 21 befinden, kann man dann an der hierbei zwangsläufig erfolgenden Einstellung des Lineals 30 erkennen. Stimmt diese Einstellung des Lineals 30 nicht mit der Richtung der Schichtlinien überein, so muß man durch entsprechende Betätigung der vorgenannten Einstellmittel die Winkeleinstellung der Halbscheiben 20, 21 der Blende und damit diejenige des Lineal 30 so lange ändern, bis diese Übereinstimmung herbeigeführt ist.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Herstellen von Luftbildplänen (photographischen Parallelprojektionen) eines unebenen Geländes mit einem allseitig einstellbaren und in seinem Höhenabstande gegenüber der Auffangebene verstellbaren Bildwerfer, dem eine selbstfokussierende Optik vorgeschaltet ist, und mit einem über der Auffangebene bewegbaren, eine einstellbare Blende tragenden Wagen, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenöffnung die Form eines veränderlichen Parallelogramms in der Art hat, daß die Blende aus vier paarweise in ihrem gegenseitigen Abstande zueinander verstellbaren Blendenstücken (16 bis 21) besteht, von denen zwei einander gegenüberliegende (20, 21) drehbar gelagert sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1 mit einem längs Höhenlinien entlang führbaren Zeiger, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Zeiger (29) ein drehbares Einstellglied, Lineal (30) o. dgl., angeordnet ist, dessen Drehbewegung mittels eines Getriebes (37, 39, 41, 45, 47 bis 52) in Übereinstimmung mit der Drehbewegung der beiden drehbaren Blendenstücke (20, 21) gehalten wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet durch ein mit verschiebbaren Stiften (33) versehenes Rad (34), dessen Stifte (33) mittels Zwischengetriebe (31, 32, 37 bis 46) die drehbaren Blendenstücke, Halbscheiben (20, 21) o. dgl., derart bewegen, daß ihre einander gegenüberliegenden Kanten die jeweils nötigen Winkelstellungen einnehmen können.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

Zu der Patentschrift 672261
Kl. 42c Gr. 1002

Fig. 1

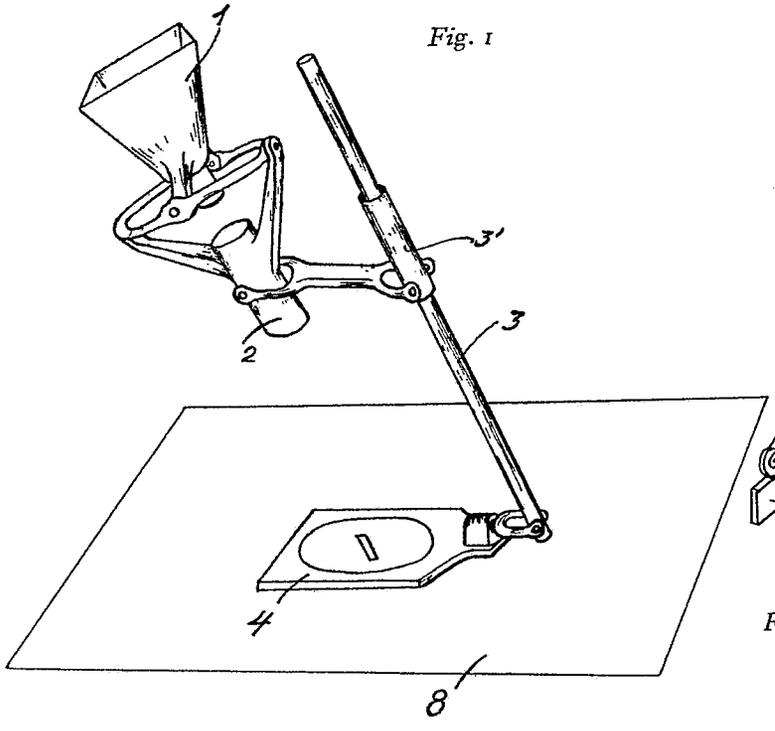


Fig. 2

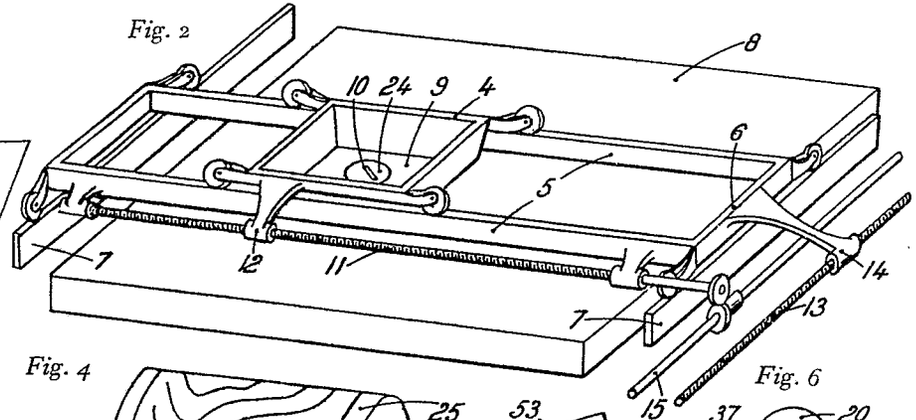


Fig. 4

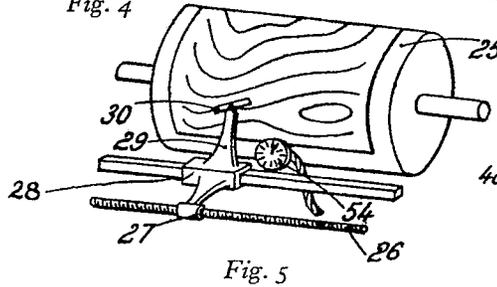


Fig. 6

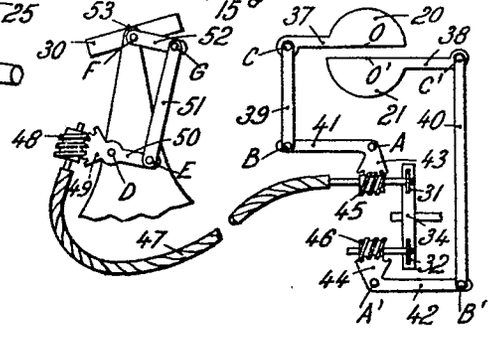


Fig. 3

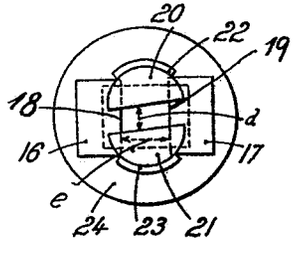
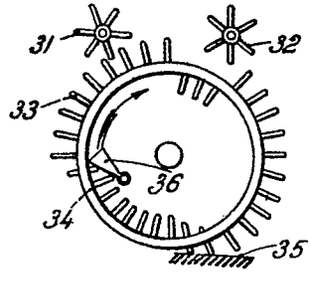


Fig. 5



Zu der Patentschrift 672261
Kl. 42c Gr. 10 02

Zu der Patentschrift 672261
Kl. 42c Gr. 10 02

Fig. 1

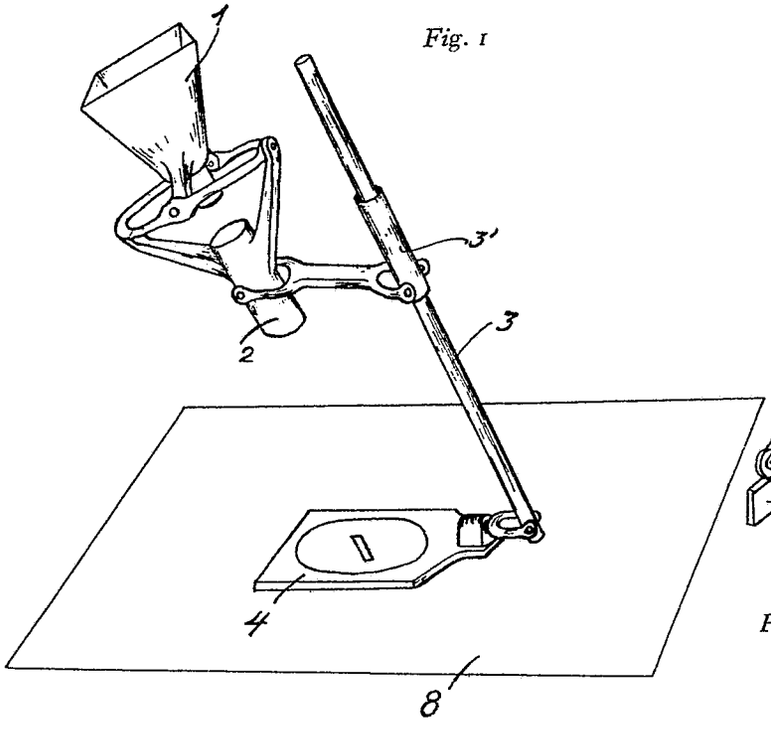


Fig. 2

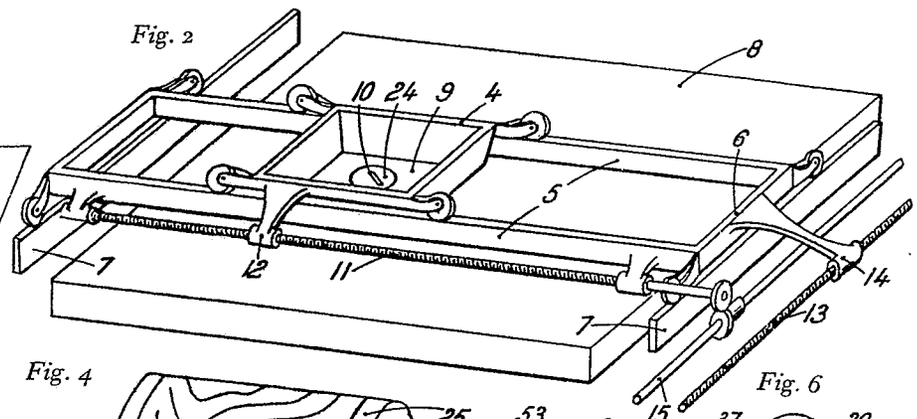


Fig. 4

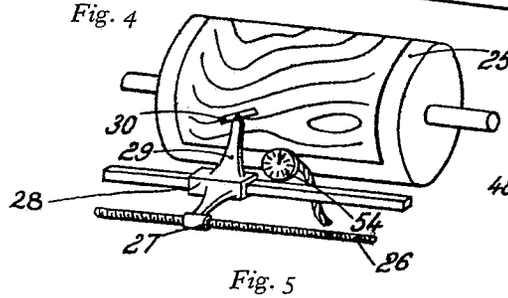


Fig. 6

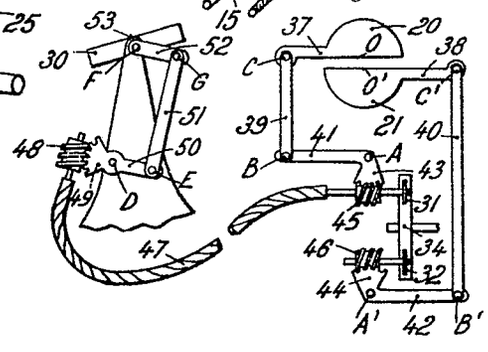


Fig. 3

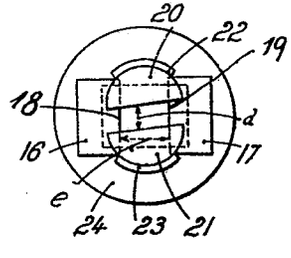
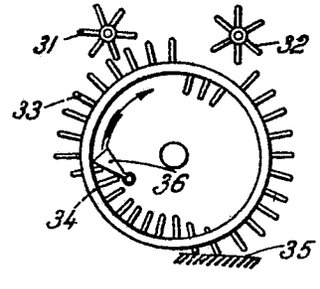
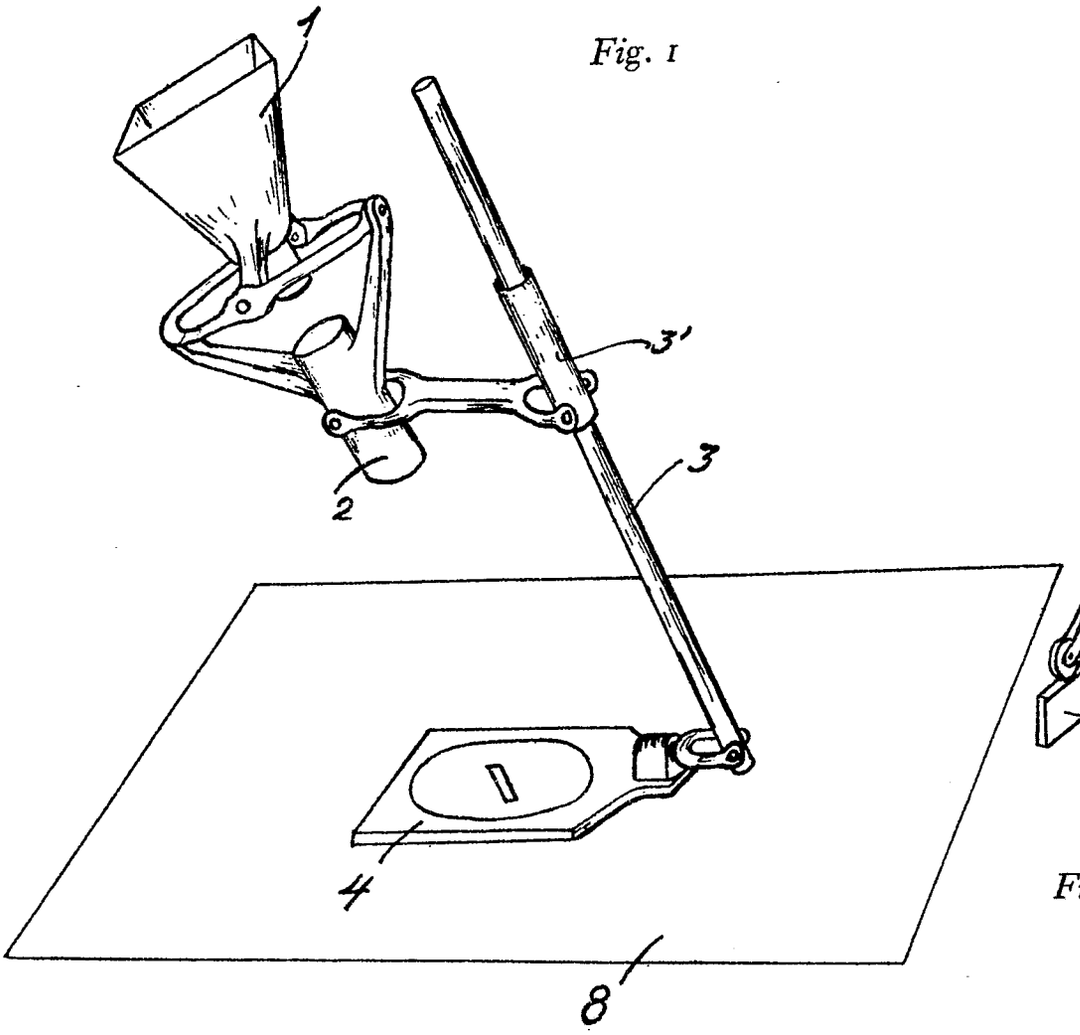


Fig. 5



Zu der Patentschrift 672261
Kl. 42c Gr. 1002

Fig. 1



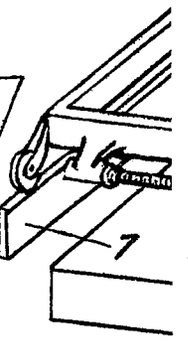


Fig. 4

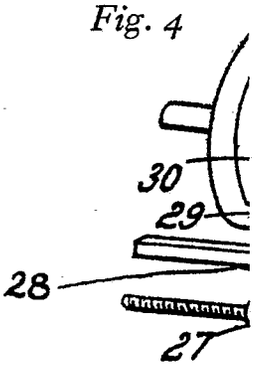
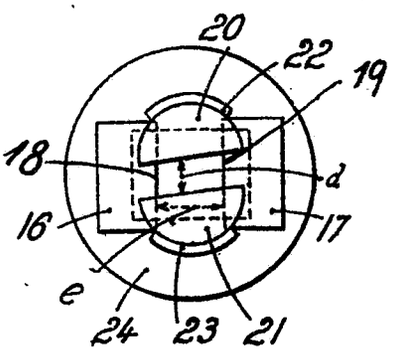
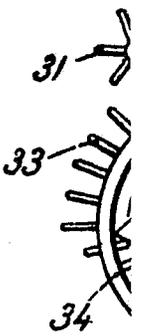


Fig. 3





Zu der Patentschrift 672261
Kl. 42c Gr. 1002

Fig. 2

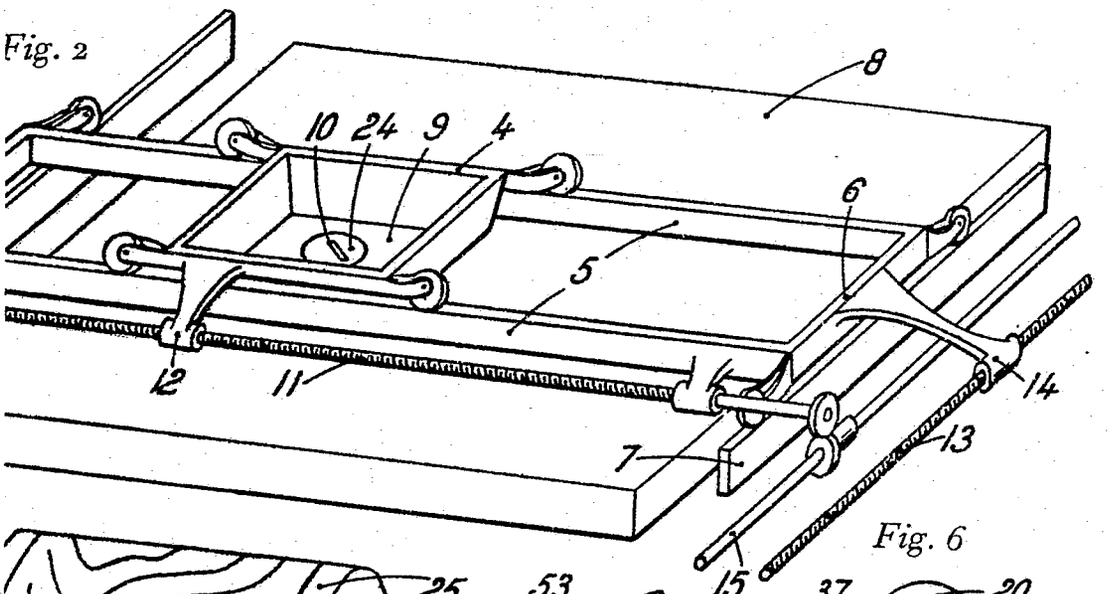


Fig. 6

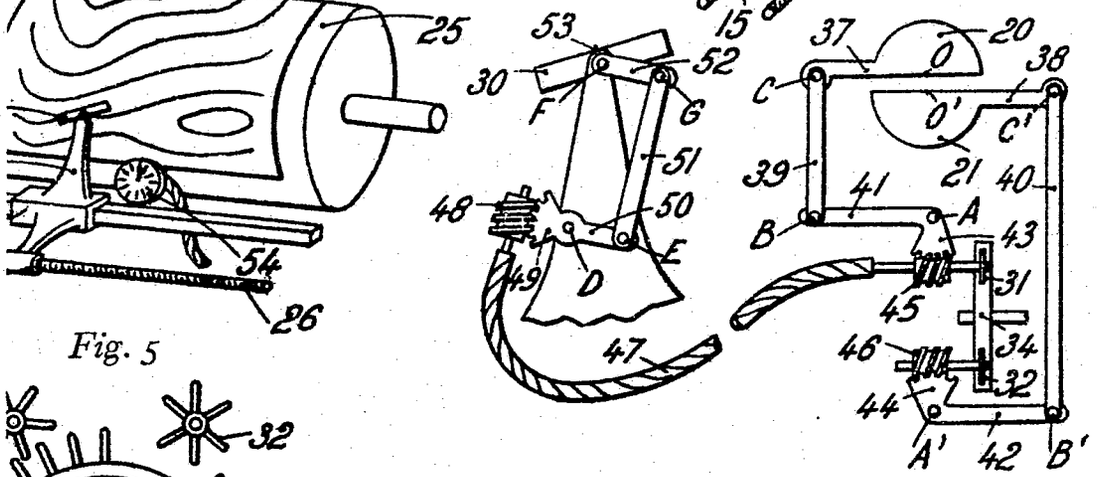
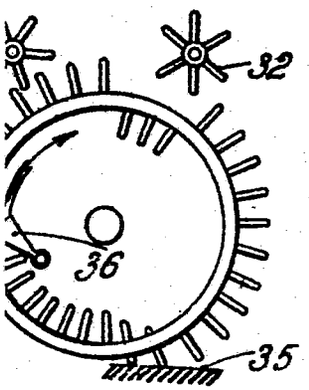


Fig. 5



DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
29. OKTOBER 1941

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 712968

KLASSE 42c GRUPPE 10 01

D 77367 IX b/42 c

✻ **Ing. Dr. Hans Dock in Wiener Neustadt und Ing. Karl Killian in Wien** ✻

sind als Erfinder genannt worden.

Ing. Dr. Hans Dock in Wiener Neustadt und Ing. Karl Killian in Wien

Einrichtung und Verfahren zur Bestimmung der Abweichung der angenäherten Parallelstellung und zur Auffindung der Nadirpunkte von Luftbildern

Patentiert im Deutschen Reich vom 25. Februar 1938 an

Patenterteilung bekanntgemacht am 2. Oktober 1941

Zur Zeit gehört es zu den wichtigsten Aufgaben der Luftbildmessung, festpunktlose Räume zu überbrücken, d. h. Gebiete, in denen keine geodätisch festgelegten Punkte vorhanden sind, mittels Luftbildern zu vermessen. Diese Aufgabe ist bekanntlich dann gelöst, wenn es gelingt, die Lage und Anordnung der Luftbilder zueinander und zum Lot, das sind die Elemente der sog. äußeren Orientierung, anzugeben. Zwecks Lösung dieser Aufgabe sind bekanntlich im wesentlichen geometrische und physikalische Wege beschritten worden.

Die letzteren Wege, zu welchen auch der Erfindungsgegenstand gehört, befassen sich damit, die Elemente der äußeren Orientierung lediglich durch physikalische Vorgänge im Flugzeug zu finden. Dazu gehören bekanntlich die Bestimmung des Nadirpunktes mit Hilfe von pendelnden Zeigern, Libellen, Hg-Horizonten bzw. Kreiseln, nach deren Anzeigevorrichtung bzw. Umlaufachsenlage die Einstellung der Kammerhauptachse z. B. mittels Beobachtungsfernrohren erfolgt oder deren Abweichungen von der Richtung der Kammerhauptachse photographisch registriert werden. Es sind auch Einrichtungen bekannt, durch die bei erfolgter Einstellung der Kammerhauptachse nach der Anzeigevorrichtung bzw. Umlaufachsenlage des Stabilisierungskreisels der Kammerverschluß mechanisch oder elektrisch ausgelöst wird. Ebenso ist auch bereits eine photoelektrische Auslösung des Kammerverschlusses vorgeschlagen worden, die dann erfolgen soll, wenn die Kammerhauptachse parallel zu den Sonnenstrahlen gerichtet ist.

Obwohl bei Vermessungsflügen ein geradliniger, horizontaler Flug mit gleichförmiger

Geschwindigkeit angestrebt wird, führen die Flugzeuge selbst bei günstigstem Wetter unausgesetzt veränderliche beschleunigte Bewegungen und Schwingungen aus, die so groß sind, daß die genannten Einrichtungen zur Bestimmung des Nadirpunktes Fehler ergeben, die bekanntlich gegenüber der stereoskopischen Meßgenauigkeit weitaus zu groß sind. Systeme von verhältnismäßig kurzer Schwingungsdauer zeigen nämlich, abgesehen von den Wirkungen der Schwingungen des Flugzeuges, in jedem Augenblick die Resultierende aus Erdbeschleunigung und negativer Flugzeugbeschleunigung an. Systeme von verhältnismäßig langer Schwingungsdauer, zu denen in erster Linie die Kreiselpendel gehören, werden ebenfalls von den Beschleunigungen und Schwingungen des Flugzeuges beeinflußt. Durch erstere entstehen im Schwerpunkt des Kreiselpendels angreifende Trägheitskräfte, durch letztere entstehen Reibungskräfte in der Kreisellagerung. Trotz der Tatsache, daß Kreiselpendel von verhältnismäßig langer Schwingungsdauer (Präzessionsdauer) die Wirkungen der Beschleunigungen und Schwingungen des Flugzeuges über einen bestimmten Zeitraum integrieren und trotz der Versuche, die Reibungskräfte, z. B. durch Lagerung des Kreiselpendels in Flüssigkeiten, möglichst herabzudrücken, zeigen Kreiselpendel mit der Zeit Abweichungen von der Lotrichtung, die so groß sind, daß sie weder für ein Parallelrichten der Kammerhauptachsen von aufeinanderfolgenden Luftbildern und noch weniger zur Bestimmung ihrer Nadirpunkte geeignet sind. Die astatischen Kreisel sind ebenfalls ungeeignet. Auf diese wirken zwar nur die Reibungskräfte in der Kreisellagerung, dafür haben sie aber kein Vermögen, nach einmal erfolgter Abweichung aus der Vertikalen wieder in die Vertikale zurückzukehren.

Die Erfindung bezweckt eine Einrichtung und ein Verfahren zu schaffen, durch die es gelingt, die Bewegung der Kreiselumlaufachse gegenüber der Lotrichtung festzustellen und zu registrieren.

Die Einrichtung gemäß der Erfindung besteht in bekannter Weise aus einer Aufnahmekammer, die der Richtung der Kreiselumlaufachse nachgesteuert wird, wobei sowohl der Kreisel in einem mit der Kamera fest verbundenen Rahmen kardanisch oder in einer anderen bekannten, dasselbe bewirkenden Art gelagert als auch der mit der Kamera fest verbundene Rahmen kardanisch gelagert ist. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Umlaufachsenträger des Kreisels eine Dosenlibelle bzw. eine andere Einrichtung zur Kennzeichnung der Lotrichtung fest verbunden und daß eine Registriervorrichtung für die Einrichtung zur Kennzeichnung der Lotrichtung, z. B. eine photographische Kamera, vorgesehen ist.

Bevor auf das Verfahren näher eingegangen wird, sei eine beispielsweise Einrichtung zum Zwecke der Durchführung des Verfahrens beschrieben. Die Abbildung zeigt eine Aufnahmekammer A und einen damit fest verbundenen Aufsatz A_1.

In diesem Aufsatz A_1 ist ein Kreisel K mittels der Ringe R_1 und R_2 kardanisch gelagert. Der Aufsatz A_1 selbst ist wieder gegenüber dem Flugzeug mittels der Ringe R_3 und R_4 kardanisch gelagert.

In der Kammerhauptachse xx liegen:

1. die Mittelpunkte beider kardanischer Systeme,
2. der Mittelpunkt einer Blende, die einer Lichtquelle Q vorgesetzt ist,
3. die optische Achse einer Sammellinse L_1, deren Brennpunkt in den Blendenebene liegt,
4. die optische Achse einer Sammellinse L_2, deren Brennpunkt in einer den Aufsatz A_1 abschließenden Mattscheibe M liegt,
5. der Schnittpunkt m eines Strichkreuzes.

Die Kreiselumlaufachse a ist durchbohrt.

Hat die Kreiselachse a eine beliebige Richtung, so ist es mit Hilfe der Kardanringe R_3 und R_4 immer möglich, die Achse xx mit der Kreiselachse a zur Koinzidenz zu bringen. Das wird mit Hilfe der Lupe L an dem Zusammenfallen des von der Linse L_2 auf der Mattscheibe M gesammelten Lichtbündels mit dem Mittelpunkt m des Strichkreuzes erkannt.

In dieser Stellung soll die Aufnahme erfolgen. Um den persönlichen Fehler der genannten Einstellung auszuschalten, wird ein Teil des durch die Achse a gehenden Lichtbündels durch ein Prisma p_1 auf eine Photozelle Z abgelenkt. Mittels dieser Photozelle Z wird die Auslösung des Verschlusses der Aufnahmekammer A bewirkt.

Auf dem Kardanring R_1 befindet sich eine Dosenlibelle D, deren Tangentialebene in der Marke normal zur Kreiselachse a liegt. Die Stellung der Libellenblase kann auf dem Bild der Aufnahmekammer A durch das mit dieser fest verbundene Prismensystem p_2, p_3, p_4, p_5 und die Linse L_3 abgebildet werden. Oder die Stellung der Libellenblase wird mit Hilfe einer anderen Kamera auch in den Zwischenzeiten aufgenommen. Außerdem wird eine Uhr mitphotographiert.

Das Verfahren beruht auf folgendem Grundgedanken: Die Normale auf die Tangentialebene in der Marke der Dosenlibelle soll Achse der Dosenlibelle heißen. Diese Achse ist nach der beschriebenen Einrichtung mit der Kreiselumlaufachse fest verbunden und zu dieser parallel. Die Kammerhauptachse

wird bei jeder Geländeaufnahme parallel zur Kreiselachse und daher auch parallel zur Achse der Dosenlibelle gerichtet. Da die Dosenlibelle mit den Lagern der Kreiselumlaufachse fest verbunden ist, macht sie die Schwingungen des Flugzeuges nicht mit. Die Stellung der Libellenblase in bezug auf ein mit der Dosenlibelle festes Koordinatensystem wird daher nur von der Richtung der Kreiselumlaufachse sowie von den Richtungen und Größen der Erdbeschleunigung und der jeweiligen Beschleunigung des Flugzeuges abhängig sein. Um die Vorgänge leichter zu durchschauen, seien zunächst zwei Annahmen gemacht:

a) die Richtung der Kreiselumlaufachse bleibe während unserer Betrachtung unverändert;

b) die Beschleunigung des Flugzeuges sei während unserer Betrachtung Null.

Zu a: Die Stellung der Libellenblase wird daher nur von den Richtungen und Größen der Erdbeschleunigung und der jeweiligen Beschleunigung des Flugzeuges abhängig sein. Die Erdbeschleunigung und die jeweilige Beschleunigung des Flugzeuges ergeben in jedem Augenblick eine Resultierende: Das Scheinlot. Ist die Beschleunigung des Flugzeuges konstant und nicht Null, was bei Start, Landung und Kurvenflug und näherungsweise, jedoch nur während einer kurzen Zeitdauer, auch im Geradflug möglich ist, so bleibt während dieser Zeit die Libellenblase in Ruhe. Die Scheinlotanzeige bleibt während dieser Zeit unverändert. Sind jedoch, wie dies allgemein der Fall ist, die Beschleunigungen des Flugzeuges zufällige, so werden sich im Laufe der Zeit die Stellungen der Libellenblase um einen Punkt gruppieren, der, mit dem Krümmungsmittelpunkt der Dosenlibelle verbunden, eine Gerade, die wahre Lotrichtung, liefert. Da dieser Punkt um so sicherer erkannt werden kann, je mehr Stellungen der Libellenblase zur Verfügung stehen, würde sich die ermittelbare wahrscheinliche Lotrichtung um so mehr der wahren nähern, je länger die Zeitdauer des Vermessungsfluges ist.

Zu b: Die Stellung der Libellenblase ist sodann nur von den Richtungen der Kreiselumlaufachse und der Erdbeschleunigung abhängig. Denkt man sich um den Stützpunkt des Kreisels eine Kugel gelegt, deren Radius gleich ist dem Krümmungsradius der Dosenlibelle, und bezeichnet man die Schnittpunkte der Kreiselumlaufachse mit der Kugel als Durchstoßungspunkte, so wird, falls der untere Durchstoßungspunkt eine beliebige Bahn beschreibt, die Libellenblase eine kongruente Bahn beschreiben. Die Stellungen der Libellenblase würden also den Weg der Durchstoßungspunkte ergeben.

Diese beiden Annahmen sind jedoch nicht zutreffend. Im allgemeinen werden vielmehr zufällige Beschleunigungen des Flugzeuges und eine kontinuierliche, ansonsten aber unbekannte Richtungsänderung der Kreiselumlaufachse vorliegen. Die Stellungen der Libellenblase werden sich sodann nicht um einen Punkt, sondern um eine Kurve, welche mit der Bahn der unteren Durchstoßungspunkte kongruent ist, gruppieren. Um diese Kurve näherungsweise zu bestimmen, wird man mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Stellungen der Libellenblase zusammenfassen und etwa deren Schwerpunkte ermitteln und die Schwerpunkte durch eine kontinuierliche Kurve verbinden. Da jeder Stellung der Libellenblase ein Zeitpunkt zugeordnet ist, kann auch jedem Kurvenpunkt ein Zeitpunkt zugeordnet werden. Die Bewegung der Kreiselumlaufachse gegenüber der wahren Lotrichtung kann daher zu einem bestimmten Zeitpunkt und für ein bestimmtes Zeitintervall unmittelbar aus der gewonnenen Kurve entnommen werden. Da die Kammerhauptachse bei der Aufnahme immer parallel zur Kreiselachse gerichtet wird, kann die Abweichung der angenähert parallel gestellten Aufnahmerichtung, die bei großer Präzessionsdauer des Kreisels praktisch Null wird, ermittelt werden.

Patentansprüche:

1. Einrichtung zur Bestimmung der angenäherten Parallelstellung und zur Auffindung der Nadirpunkte von Luftbildern mittels einer Aufnahmekammer, die der Richtung der Kreiselumlaufachse nachgesteuert wird, wobei sowohl der Kreisel in einem mit der Kamera fest verbundenen Rahmen kardanisch oder in einer anderen bekannten, dasselbe bewirkenden Art gelagert als auch der mit der Kamera fest verbundene Rahmen kardanisch gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Umlaufachsenträger des Kreisels eine Dosenlibelle bzw. eine andere Einrichtung zur Kennzeichnung der Lotrichtung fest verbunden und daß eine Registriervorrichtung für die Einrichtung zur Kennzeichnung der Lotrichtung, z. B. eine photographische Kamera, vorgesehen ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1 mit selbsttätiger Auslösung des Kammerverschlusses mittels Photozelle und optischen Mitteln, dadurch gekennzeichnet, daß die selbsttätige Auslösung des Kammerverschlusses beim Eintritt der Parallelstellung der Kammerhauptachse mit der Kreiselumlaufachse eintritt.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet durch die Anordnung einer mit der Aufnahmekamera fest verbundenen

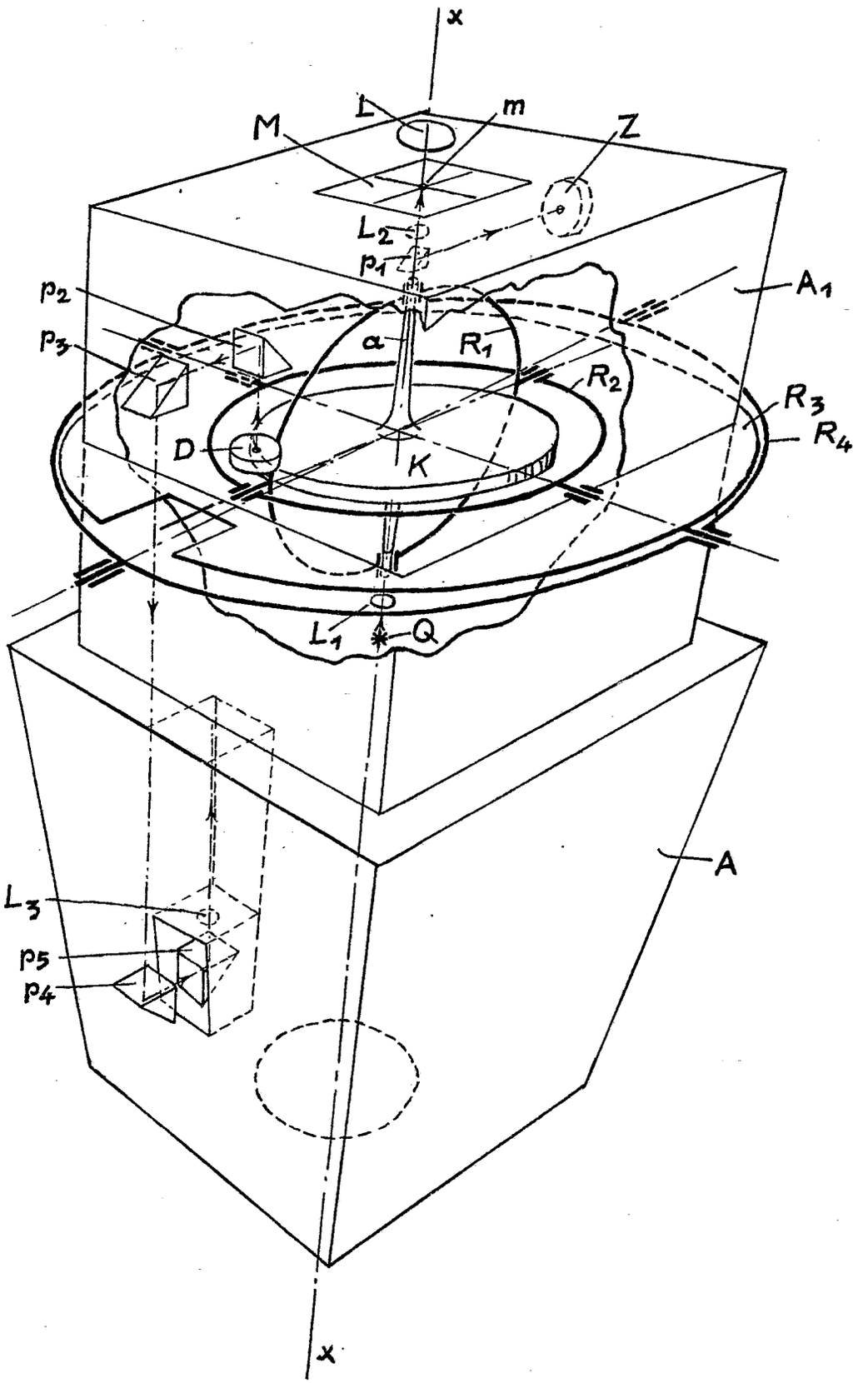
Hilfskamera, durch die die Libellenblase und eine Uhr mitphotographiert werden.

4. Verfahren zur Bestimmung der Abweichung der angenäherten Parallelstellung und zur Auffindung der Nadirpunkte von Luftbildern unter Verwendung der Vorrichtung nach Abb. 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei jeder Geländeaufnahme die Kammerhauptachse oder eine in bezug auf ein System von mehreren Kammern feste Achse von Hand aus parallel zur Kreiselumlaufachse gerichtet wird, bis die Aufnahmevorrichtung selbsttätig ausgelöst wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

Zu der Patentschrift 712968
Kl. 42c Gr. 1001



Erteilt auf Grund der Verordnung vom 12. Mai 1943
(RGBl. II S. 150)

AUSGEGEBEN AM
26. FEBRUAR 1944

DEUTSCHES REICH

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 745 101

KLASSE 42 c, GRUPPE 10 01

S 137325 IX b/42 c

Dr.-Ing. Paul Simon in Berlin-Grunewald

ist als Erfinder genannt worden

Dr.-Ing. Paul Simon in Berlin-Grunewald

Vorrichtung zur selbsttätigen Auslösung des Verschlusses eines Bildaufnahmegerätes für Luftbildaufnahmen

Patentiert im Deutschen Reich vom 6. Juni 1939 an

Patenterteilung bekanntgemacht am 2. Dezember 1943

Es sind Luftbildgeräte bekannt, bei denen der Verschluß des Bildgerätes selbsttätig erst dann ausgelöst wird, wenn die optische Achse des Bildgerätes parallel zur Umlaufachse eines Kreisels steht. Da dann die Aufnahmen nicht mehr in festen Zeitabständen erfolgen, wird die gegenseitige Überdeckung der Bilder ungleich oder ganz in Frage gestellt. Vorliegende Einrichtung sichert nun auch bei einem solchen Aufnahmeverfahren bestimmte Höchst- und Mindestüberdeckungsverhältnisse, wie sie die Bildauswertung erfordert.

Abb. 1 zeigt zunächst die Beziehungen zwischen Bildüberdeckung und Aufnahmebedingungen. Die Höchstüberdeckung ist einfach, die Mindestüberdeckung kreuzweise schraffiert. Es bedeuten:

H = Flughöhe,
f = Brennweite der Optik,
B = Bildlänge,
L = zugehörige Geländestrecke,
s = Flugstrecke, innerhalb der eine Aufnahme erfolgen soll,
r = Flugstrecke, innerhalb der keine Aufnahme erfolgen soll,
u = Mindestüberdeckungsfaktor,
v = Fluggeschwindigkeit über Grund,
w = Höchstüberdeckungsfaktor,
T = Zeit, während der s zurückgelegt wird,
Z = Zeit, während der r zurückgelegt wird.

Es ist:

$$de = u \cdot L$$

$$cg = w \cdot L$$

$$cg - de = w \cdot L - u \cdot L = cd + eg$$

$$cd + eg = 2s$$

$$2s = w \cdot L - u \cdot L$$

$$s = v \cdot T$$

$$T = \frac{w - u}{2} \cdot \frac{L}{v}$$

Die Aufnahmezeit verdoppelt sich, wenn die Zwischenzeit sofort nach der Aufnahme beginnt. Punkt e in Abb. 1 fällt dann mit Punkt g zusammen, so daß bei gleichbleiben-

der Mindestüberdeckung auch der Punkt d um die Strecke cg nach rechts rückt. Also:

$$cd = s = w \cdot L - u \cdot L$$

$$s = v \cdot T$$

$$T = (w - u) \cdot \frac{L}{v}$$

oder, da $L = \frac{B \cdot H}{f}$

$$T = (w - u) \cdot \frac{B \cdot H}{v \cdot f}$$

und

$$bg = L$$

$$cg = w \cdot L$$

$$bg - cg = L - w \cdot L = bc$$

$$bc = r$$

$$r = L - w \cdot L$$

$$r = v \cdot Z$$

$$Z = (1 - w) \cdot \frac{L}{v}$$

$$Z = (1 - w) \cdot \frac{B \cdot H}{v \cdot f}.$$

Abb. 2 zeigt die Arbeitsweise der Einrichtung. Teil 1 stellt das Kreiselgerät dar, das bei Parallelstellung der optischen Achse des Bildgerätes mit der Kreiselumlaufachse den Stromkreis der Batterie 2 und dadurch das Relais 3 schließt, das im Hauptstromkreis liegt, den die Batterie 4 speist. Der Hauptstrom fließt nach dem schraffierten Ringsegment CD und, falls der Schleifkontakt 5 auf diesem Ringsegment anliegt, über 5 nach dem Elektromagneten 6, der den Verschluß des Bildgerätes 7 auslöst.

Die Kreisscheibe 8 dreht sich im Uhrzeigersinn mit konstanter Winkelgeschwindigkeit und nimmt den Schleifkontakt 5 über eine Kupplung mit. Im Augenblick der Aufnahme löst der Stromstoß, der den Verschluß des Bildgerätes betätigt, auch diese Kupplung, worauf eine Drehfeder den Schleifkontakt 5 nach dem Anschluß A zurückschnellt. Nach Berühren des Anschlages setzt die Kupplung wieder ein, und der Schleifbügel beginnt erneut umzulaufen.

Das nichtschraffierte Ringsegment besteht aus nichtleitendem Material, Der Anschlag 9 ist im Uhrzeigersinn und der Anschlag F entgegen dem Uhrzeigersinn nach C zu verschiebbar. Diese Anschläge werden jeweils so eingestellt, wie es die Zeiten T und Z erfordern. Wird während der Zeit T keine Aufnahme erzielt, so berührt der Schleifkontakt 5 den Anschlag F, schließt dadurch unmittelbar den Hauptstrom und tätigt unter allen Umständen eine Aufnahme.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur selbsttätigen Auslösung des Verschlusses eines Bildaufnahmegerätes für Luftbildaufnahmen, bei der die Auslösung erst dann erfolgt, wenn die optische Achse des Bildgerätes parallel zur Umlaufachse eines Kreisels steht, gekennzeichnet durch eine Kontakteinrichtung, bei der ein entsprechend der Zeit bewegliches Kontaktglied (5) über Kontaktbahnabschnitte aus nichtleitendem und leitendem Material läuft, so daß die Auslösung des Verschlusses nur innerhalb bestimmter Zeitabschnitte erfolgen kann, die den Aufnahmebedingungen angepaßt sind und bestimmte Höchst- oder Mindestüberdeckungsverhältnisse der Bilder sichern.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegliche Kontaktglied (5) über eine Kuppelung mit dem Antriebsglied verbunden ist, die durch den Stromstoß, der den Verschluß des Bildgerätes betätigt, ausgelöst wird, so daß das Kontaktglied unter der Wirkung einer Rückstellkraft in die Ausgangsstellung (Anschlag A) zurückgeht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet durch ein am Ende der letzten Kontaktbahn angeordnetes Kontaktglied (F) in einer den Kontakt des Kreiselgerätes überbrückenden Leitung, so daß nach Ablauf einer bestimmten Zeit unter allen Umständen der Verschluß des Bildgerätes ausgelöst wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontakteinrichtung mit Anzeigemitteln für die den Kontaktbahnabschnitten entsprechenden Zeitabschnitte versehen ist.

Zur Abgrenzung des Anmeldungsgegenstandes vom Stand der Technik sind im Erteilungsverfahren folgende Druckschriften in Betracht gezogen worden.

Allgemeine Vermessungsnachrichten, 51. Jahrg. Nr. 2 vom 11. 1. 1939, S. 21—29;
Prospekt »Fliegerkammern und photogrammetrische Aufnahmegeräte« der Firma Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. in Jena, ZA 42, S. 17.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

Zu der Patentschrift **745 101**
Kl. 42c Gr. 10 01

Abb. 1

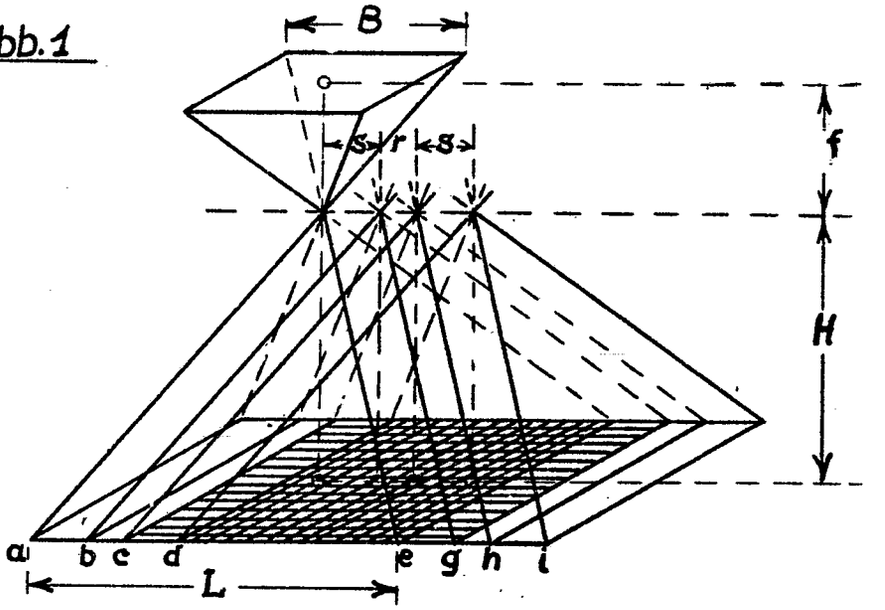
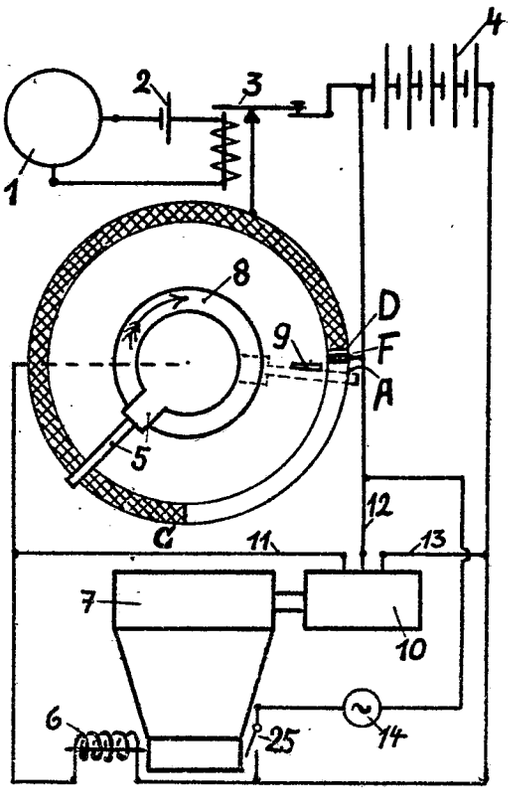


Abb. 2



Erteilt auf Grund der Verordnung vom 12. Mai 1943
(RGBl. II S. 150)

AUSGEGEBEN AM
31. MÄRZ 1944

DEUTSCHES REICH

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 745 352

KLASSE 57a GRUPPE 7 07

Sch 124854 IX a/57 a

✻ **Albrecht Wilhelm Tronnier in Göttingen** ✻

ist als Erfinder genannt worden

Jos. Schneider Optische Werke G. m. b. H. in Göttingen

Einrichtung an Luftbildkammern

Patentiert im Deutschen Reich vom 14. Mai 1942 an

Patenterteilung bekanntgemacht am 2. Dezember 1943

Die Erfindung betrifft eine neue Einrichtung an Luftbildkammern, insbesondere solche mit langbrennweitiger optischer Ausrüstung, wodurch dieselben für den Einsatz in großen Höhen besonders geeignet werden.

Die vorbekannten Bildgeräte für derartige Einsatzzwecke besitzen erhebliche Abmessungen, deren Feinmaße jedoch auf das Genaueste abgestimmt sein müssen, da die auf extreme Auflösungsleistungen hochgezüchteten Einbauoptiken eine ebenfalls extrem hochgetriebene Genauigkeit des Einbaues und vor allem der Fokussierung erfordern. Gleichzeitig sind aber solche großen Metall-, insbesondere Leichtmetallkonstruktionsteile in ihren Feinmaßen weitgehend temperaturabhängig, wodurch im Einsatzfalle die Geräteleistung starken Schwankungen unterworfen ist, da die vorherrschenden Arbeitstemperaturen jeden beliebigen Wert zwischen etwa 0 und —60° C besitzen können.

Es ist schon vorgeschlagen worden, die Geräte mit Wärmeschutz und/oder Heizeinrichtungen zu versehen, ohne aber damit eine volle Realisierung der Sollauflösungsleistung der Geräte sicherstellen zu können. Durch Wärmestauungen, Temperatursprünge innerhalb der Geräte usw. sind dabei weitere Faktoren einer Leistungsherabsetzung gegeben.

Nach den der Erfindung zugrundeliegenden Untersuchungen wird die Geräteleistung vor allem dadurch herabgesetzt, daß die genaue Fokussierung der Aufnahmeoptik in dem genannten Bereich der effektiven Arbeitstemperaturen solchen Schwankungen unter-

worfen ist, daß die für die Sollauflösungsleistung zulässigen Toleranzgrenzen weit überschritten werden. Es wurde bei diesen Untersuchungen weiter festgestellt, daß außer der so bedingten Fokussierungsänderung an sich bei der Verwendung von Teleobjektiven durch ebenfalls temperaturbedingte innere Abstandsänderungen zwischen den Systemelementen noch zusätzliche Fokussierungsänderungen entstehen, die größenordnungsmäßig bis zum hundertfachen der zulässigen Werte der Einstelltoleranzen ausmachen können, dabei nicht nur rein temperaturbedingt, sondern auch weitgehend vom konstruktiven Aufbau des optischen Systems abhängig sind.

Zur Ausschaltung dieser Mängel wird erfindungsgemäß die nachstehend beschriebene Einrichtung an Luftbildkammern zur Anwendung gebracht, die es gestattet, für jede beliebige oder speziell ausgewählte Arbeitstemperatur mit einem ausreichenden Feinwert der Fokussierung zu arbeiten und damit die notwendige Auflösungsleistung auch im betriebsmäßigen Arbeitseinsatz sicherzustellen. In Übereinstimmung mit der anspruchsmäßigen Kennzeichnung der Erfindungsmerkmale besteht die neue Einrichtung aus einer Einstellvorrichtung, mittels deren die Objektivfokussierung des Bildgerätes in Abhängigkeit von der jeweiligen Betriebstemperatur verstellt und insbesondere auf den Sollwert gebracht werden kann.

Die Zeichnung veranschaulicht schematisch den Erfindungsgegenstand beispielsweise in einer Ausführung, wobei darstellen:

Abb. 1 eine erfindungsgemäß ausgerüstete Luftbildkammer in Seitenansicht, teilweise im Schnitt,

Abb. 2 eine zur Erfindung gehörende Temperaturmeßvorrichtung in Vorderansicht,

Abb. 3 eine andere Ausführungsform einer solchen.

In Abb. 1 bedeuten 1 das Aufnahmeobjektiv, welches in dem Hauptkörper 2 gelagert und mittels des Mutterkörpers 3 mit dem Kammermutterteil 4, in dem die Bildebene *B* bis *E* angeordnet ist, verbunden ist. Weiter ist eine Temperaturmeßeinrichtung 5 beispielsweise im Hauptkörper 2 eingebaut, an deren Ablesestelle 6 während des Betriebes fortlaufend die jeweilige Arbeitstemperatur ersichtlich ist. Auf Grund des aus 6 entnommenen Anzeigewertes wird nunmehr mittels eines an sich bekannten Feinstellmechanismus 7 die genaue Fokussierung des Objektives 1 abgeglichen und einjustiert. Hierzu ist 7 mit einer Einstellskala 8 versehen, die in Millimeterbruchteile oder andere, beispielsweise willkürliche Einheiten geteilt ist. Für die jeweils vorliegende Arbeitstemperatur und dem damit aus 6 ersichtlichen Anzeigewert wird über eine dem Gerät beigegebene Eichtafel oder graphische Darstellung, welche die Einstellwerte für 8 in Abhängigkeit von Gerätekonstante und Arbeitstemperatur angibt, der korrespondierende Abgleichwert entnommen und durch die zugehörige Einstellung von 8 damit die Feinfokussierung durchgeführt.

Abb. 2 zeigt eine besondere Ausgestaltung der Ablesestelle 6 des Temperaturmeßgerätes 5, durch welche die Verwendung einer separaten Eichtafel eingespart werden kann. Hierzu ist die Ablesestelle 6, in der ein Zeiger 9 über der Skala 10 sichtbar ausschlägt, von einem Bogenstück 11 umgeben, welches eine den genannten Eichtafelwerten korrespondierende Teilung 12 trägt, die unmittelbar die Solleinstellwerte zu 8 gibt. Sofern das gleiche Temperaturmeßgerät für verschiedene Bildgeräte, die sich entweder durch ihren konstruktiven Aufbau oder durch ihre optische Ausrüstung oder allgemein durch ihre spezifische Gerätekonstante voneinander unterscheiden, verwendet werden soll, wird das Bogenstück 11 mit Teilung 12 zweckmäßig auswechselbar vorgesehen und dementsprechend angeordnet.

Eine solche spezielle Weiterentwicklung ist in Abb. 3 dargestellt. Am Gehäuse des Temperaturmeßgerätes 5 sind zwei Schaftflachkopfschrauben 13 und 14 angebracht, von denen 13 in Draufsicht und 14 im Schnitt durch den Schaftteil gezeichnet ist. Das Bogenstück 11 ist zu beiden Seiten der Teilung 12 mit bajonettlochähnlichen Ausbrüchen 15 und 16 versehen und in seiner Dicke so abgefaßt, daß es in der Arbeitsstellung von den Köpfen der beiden Schaftflachkopfschrauben 13, 14 an das Gerätegehäuse angepreßt und somit gehalten wird. Außer der Teilung 12 ist das Bogenstück in diesem Falle noch mit einer Kenngravur 17 zu versehen, welche dem Benutzer eindeutig angibt, zu welcher Geräte- oder Optiktype, oder allgemein, zu welcher spezifischen Gerätekonstante die aufgetragene Teilung 12 bestimmt ist.

Patentansprüche:

1. Einrichtung an Luftbildkammern, insbesondere mit langbrennweitiger optischer Ausrüstung für den Einsatz in großen Höhen, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung zur sollwertmäßigen Objektivfokussierung des Bildgerätes in Abhängigkeit von der jeweiligen Betriebstemperatur.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Feinstellmechanismus (7) mit Skalenscheibe (8) für die Fokussierung des Objektives (1) ent-

sprechend einem die jeweilige Betriebstemperatur anzeigenden Meßgerät (5).

3. Einrichtung nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Temperaturmeßgerät (5) an geeigneter Stelle des Bildgerätes (2 bis 4) fest oder auswechselbar angeordnet ist.

4. Einrichtung nach Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Temperaturmeßgerät (5) außer der die jeweilige Betriebstemperatur anzeigenden Skala (6) eine weitere Teilung (12) trägt, die die Solleinstellwerte für die Skalenscheibe (8) des Feinstellmechanismus (7) aufweist.

5. Einrichtung nach Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein die Teilung (12) tragendes Bogenstück (11) o. dgl. auswechselbar angeordnet ist.

Zur Abgrenzung des Anmeldungsgegenstandes vom Stand der Technik sind im Erteilungsverfahren keine Druckschriften in Betracht gezogen worden.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

Zu der Patentschrift **745 352**
Kl. 57a Gr. 7 07

Abb. 1.

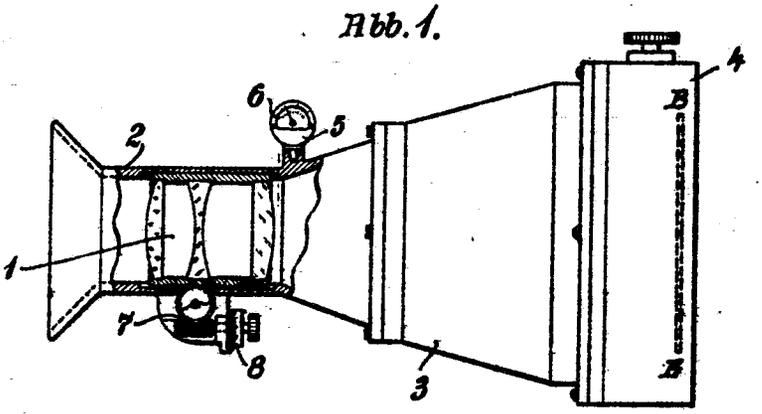


Abb. 2.

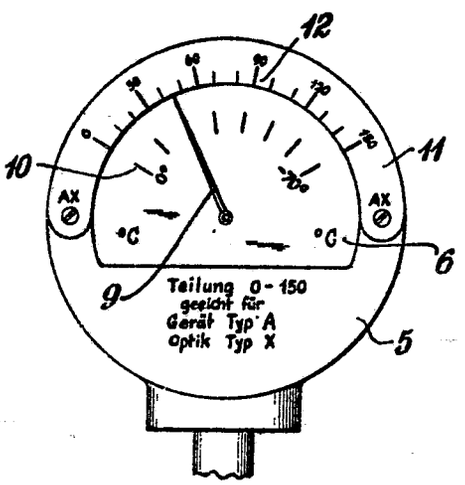
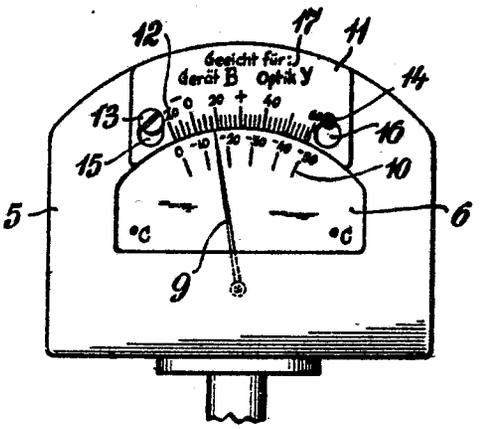


Abb. 3.



(12) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) Gebrauchsmuster U1

(11)

(11) Rollennummer G 87 13 077.7

(51) Hauptklasse G02B 27/02

(22) Anmeldetag 29.09.87

(47) Eintragungstag 21.01.88

(43) Bekanntmachung im Patentblatt 03.03.88

(54) Bezeichnung des Gegenstandes
Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

(71) Name und Wohnsitz des Inhabers
Lettner, Wolfgang, 5376 Nettersheim, DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters
Freischem, I., Dipl.-Ing.; Freischem, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 5000 Köln

Rechercheantrag gemäß § 7 Abs. 1 GbmG gestellt

30.09.87

Anmelderin: Cinetics-Performance
W. Lettner GmbH

Bezeichnung: Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine derartige Luftbilder erzeugende Vorrichtung nach Art eines Displays auszubilden, so daß sie sowohl den zu zeigenden Bildern und Objekten als auch den örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden kann und auf Ausstellungen und Messen, in Schaufenstern, in Museen und dergleichen als Werbeträger, als Informationsstand und auch zur Unterhaltung Verwendung finden kann.

Die Vorrichtung nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch
ein Gehäuse,
eine am Gehäuse um eine horizontale Achse schwenkbar und feststellbar befestigte transparente und 10 bis 50 % reflektierende Scheibe und
einen im Abstand von der Scheibe im Gehäuse angeordneten Bildträger mit einem sich in der Scheibe spiegelnden Bild.

Um eine relativ kompakte Vorrichtung zu erhalten und dennoch große Luftbilder zu erzeugen, ist zwischen dem Bildträger und der Scheibe eine Fresnel-Linse höheneinstellbar angeordnet. Als Bildträger kann ein Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Film- oder Diaprojektors dienen. Auch zweidimensionale Bilder erwecken als Luftbild den Eindruck eines dreidimensionalen Bildes, wenn bei der Video- oder Filmaufnahme nur das Objekt ohne Vordergrund und ohne Hintergrund von allen Seiten aufgenommen wird. Dazu wird das auf dem Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Filmprojektors zu projizierende Objekt vor einem schwarzen Hintergrund als Horizont auf einer Drehbühne aufgebaut.

30.09.87

Das Objekt wird durch Scheinwerfer mit folussierbaren Optiken und Blendklappen ausgeleuchtet. Diese Einrichtung verhindert, daß Streulicht auf den schwarzen Hintergrund scheint und ermöglicht, daß ausschließlich das Objekt ausgeleuchtet ist. Über ein Lichtstellwerk werden die Scheinwerfer in der für die Ausleuchtung optimalen Intensität eingestellt. Eine Videokamera fährt während der Aufnahme das Objekt auf einem Schlitten von allen Seiten ab. Zusätzlich kann das Objekt während der Aufnahme sich in der Horizontalen und Vertikalen drehen. Nachdem das Objekt von sämtlichen Seiten von Tele bis in den Nah-/Makrobereich gefilmt worden ist, wird das Videoband digital bearbeitet und mit sämtlichen Trickmöglichkeiten der digitalen Bidltechnik versehen, die für eine interessante Luftbildprojektion erforderlich sind. Somit können die Luftbilder z.B. aus dem "Nichts" im Zoom im Raum angeflogen kommen, sich in sämtlichen Richtungen drehen, Gegenstände, als Luftbilder projiziert, werden plötzlich transparent, so daß man in das Innere sehen kann; Einzelteile fliegen heran und setzen sich zu dem Gegenstand zusammen, fliegen wieder auseinander und positionieren sich in verschiedenen Tiefen des Raumes.

Bei Schriften muß das Abbild des Gegenstandes auf dem Bildträger über einen Spiegel umgelenkt werden, da sonst die Schrift als Luftbild spiegelverkehrt erscheinen würde. Alternativ, ohne Spiegelumlenkung, kann die Schrift bei der Bildbearbeitung bereits spiegelverkehrt erstellt werden und projiziert sich dann als Luftbild in normal leserlicher Schrift.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Schutzansprüchen 5 bis 20.

In der folgenden Beschreibung werden sechs Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in:

Fig. 1 eine Seitenschnittansicht einer displayartigen Vorrichtung nach der Erfindung mit Fernseh-Bildschirm,
Fig. 2 eine Vorderschnittansicht der Vorrichtung nach Fig. 1,
Fig. 3 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit Diaprojektor,
Fig. 4 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit Objektträger,
Fig. 5 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit Objektträger und Umlenkspiegel,
Fig. 6 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit Großbildprojektor,
Fig. 7 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit parallel zur Scheibe angeordnetem Bildschirm eines Video-Großbildprojektors.

Die nach Art eines Displays ausgebildete Vorrichtung weist ein Gehäuse 1 auf mit einer durchsichtigen, jedoch auch reflektierenden Scheibe 2, die um eine horizontale Achse 3 schwenkbar ist, um eine optimale Position zwischen einem im Gehäuse 1 untergebrachten Bildträger 4 und dem Betrachter des durch Spiegelung entstehenden Luftbildes 10 einnehmen zu können.

Auf der Scheibe 2 ist eine Spiegelschicht aufgebracht, die eine 10 bis 50 vorzugsweise 20 bis 30 prozentige Reflexion bewirkt. Daraus ergibt sich eine Transmission von 50 - 90 %.

Für das Auge 9 des Betrachters ist die durchsichtige Scheibe 2 nicht erkennbar, so daß er lediglich das Luftbild 10 eines Bildes oder Objektes sieht, das auf dem Bildträger 4,4' oder 24 erscheint.
Der Bildträger kann ein Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Projektors sein, er kann durchscheinend oder reflektierend sein und er kann auch von einem beleuchteten Objektträger gebildet sein, so daß das Objekt selbst in der Scheibe 2 als Luftbild 10 gespiegelt wird.

Das Gehäuse 1 ist innen komplett mit matt-schwarzer Farbe, schwarzem Filz oder Samt oder ähnlichem lichtschluckenden Material ausgestattet. Das Gehäuse 1 ist auf Rollen fahrbar und wahlweise über eine Drehbühne um 360° drehbar.

An der Vorderseite des Displays ist ein Steuerpult 16 mit einer digitalen Tastatur angebracht, mit der der Betrachter die einzelnen, auf Videoband oder Bildplatte gespeicherten, Bildinformationen abrufen kann. Diese erscheinen dann als Luftbild. Eine Tonwiedergabeeinrichtung mit Stereoverstärker 19 und mit eingebauten Stereolautsprechern 17 oder als Alternative zu den Lautsprechern, Kopfhörer 18 ermöglichen eine akustische Untermalung synchron nach dem Bild, mit Musik und Text.

Bei der Vorrichtung nach Fig. 1 und 2 wird der Bildträger vom Bildschirm 4 eines Fernsehgerätes 5 gebildet, das zusammen mit einem Videorecorder 6 im Gehäuse 1 untergebracht ist. Zwischen dem Bildschirm 4 und der geneigten Scheibe 2 ist eine Fresnel-Linse 7 angeordnet, mit deren Hilfe das auf dem Bildschirm 4 erscheinende Bild vergrößert als Luftbild 10 gespiegelt wird. Die Fresnel-Linse 7 ist in einem Rahmen gehalten, der in einer Vertikalführung 21 verschiebbar ist. Mittels eines Verstellantriebes kann die Fresnel-Linse 7 vom Bildschirm 4 entfernt werden oder zum Bildschirm 4 hinbewegt werden. Dadurch entsteht für den Betrachter 9 der Eindruck, daß sich das Objekt, welches er als Luftbild 10 sieht und das durch die Verstellung der Fresnel-Linse 7 größer wird oder kleiner wird, auf ihn zu bewegt bzw. von ihm entfernt.

Der Verstellantrieb für die Fresnel-Linse 7 kann durch einen Elektromotor bewirkt werden. Wird beispielsweise ein Schrittmotor eingesetzt, so kann die Bewegung der Fresnel-Linse auch programmiert werden.

Zwischen Fresnel-Linse 7 und der Scheibe 2 sind zwei gegeneinander verstellbare Polarisationsfilter 11 angeordnet. Mit Hilfe dieser um eine vertikale Achse drehbaren Polarisationsfilter 11 erreicht man, daß die Lichtintensität bei zu hellen Bildmotiven auf dem Bildträger abgeschwächt werden kann.

Ferner ist zwischen Fresnel-Linse 7 und der Scheibe 2 ein Kontrastfilter 12 angeordnet, welches verhindert, daß sich die Fresnel-Linse 7 in der Scheibe 2 spiegelt. Die von Streulicht bewirkten Lichtreflexe können mit Hilfe dieses Kontrastfilters 12 eliminiert werden. Das Kontrastfilter 12 ist zweckmäßigerweise in bezug auf den Abstand zur Fresnel-Linse 7 sowie in seiner Neigung einstellbar und feststellbar.

Zwischen dem Bildschirm 4 und der Fresnel-Linse 7 ist noch eine Lochblende 8 angeordnet, die vertikal verstellbar ist.

Zweckmäßigerweise sind der Bildschirm 4, die Lochblende 8, die Fresnel-Linse 7 sowie die Filter 11 und 12 unabhängig voneinander in der Vertikalführung 21 höheneinstellbar. Ferner ist es auch vorteilhaft, wenn die als Display ausgebildete Vorrichtung auch eine in ihrer Höhe einstellbare Scheibe 2 aufweist, so daß die Vorrichtung jeweils den örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden kann.

Zur Kühlung der Wärme abgebenden Einrichtungen ist im Gehäuse 1 ein Luftgebläse 13 angeordnet sowie ein Lufteinlaß 22.

Wie die Fig. 1 zeigt, kann die Scheibe 2 an ihrer unteren Kante verschwenkbar mit dem Gehäuse 1 verbunden sein. Fig. 2 zeigt, daß die Scheibe 2 um eine Mittelachse 3' schwenkbar und feststellbar im Gehäuse 1 gehalten ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist der Bildschirm 4 eines Fernsehgerätes 5 ersetzt durch einen Bildschirm 4', auf den ein Projektor 14 über den einstellbaren Spiegel 15 ein Bild auf den Bildschirm 4' projiziert. Der Bildschirm 4' kann in einem Rahmen gehalten sein, der vertikal verschiebbar in der Vertikalführung 21 gehalten ist. Ein Dia-Überblendsteuergerät 20 kann die Bildfolge des Projektionsgerätes 14 steuern.

Die Vorrichtung nach Fig. 4 dient der Projektion von Objekten 23 als dreidimensionale Luftbilder 10. Anstelle des Bildschirmes 4 bzw. 4' ist ein Objektträger 24 vorgesehen, der ein Objekt 23 aufnimmt, das von mehreren Scheinwerfern 25 beleuchtet wird. Der Objektträger 24 ist um eine vertikale Achse 26 drehbar und mittels einer Hub- und Senkvorrichtung 28 höheneinstellbar. Zur Repräsentation der Objekte 23 ist es vorteilhaft, wenn der Objektträger 24 elektromechanisch oder hydraulisch gehoben, abgesenkt, gedreht oder gekippt werden kann Der Objektträger 24 ist zweckmäßigerweise mit Befestigungseinrichtungen ausgerüstet, mit denen das Objekt 23 festgehalten werden kann, ohne daß diese Befestigungseinrichtungen sichtbar werden.

Die Scheinwerfer 25 sind rund um das Objekt 23 angeordnet, sie sind verschwenkbar gehalten, so daß sie einzeln ausgerichtet werden können. Die Scheinwerfer 25 können mit optischen Systemen ausgestattet sein, welche den Scheinwerferkegel verkleinern oder vergrößern. Ferner können die Scheinwerfer 25 mit Masken ausgestattet sein, um den Lichtkegel in seiner Form zu verändern. Ferner können die Scheinwerfer mit Blendkappen versehen sein, um störendes Streulicht abzublenden.

Mit Hilfe eines Lichtcomputers können die Lichtintensitätsstufen der Scheinwerfer vorprogrammiert werden und synchron zum Bildprogramm und Tonprogramm abgerufen werden. Zwischen

Objektträger 24 und Fresnel-Linse 7 befindet sich eine Lochblende 8, die vertikal einstellbar ist und dafür sorgt, daß nur das Objekt 23 auf der Linse 7 abgebildet wird und kein störendes Umfeldlicht.

Durch Drehen, Kippen oder Höhenverstellung des Objektträgers 24 ist es dem Betrachter möglich, das Objekt 23 als dreidimensionales Luftbild 10 von sämtlichen Seiten zu betrachten. Der Drehantrieb 27 des Objektträgers 24 sowie der Hubantrieb und Kippantrieb des Objektträgers 24 können vom Steuerpult 16 entweder vom Betrachter selbst oder über ein Programm gesteuert werden. Der Betrachter hat die Möglichkeit, durch Veränderung seines Blickwinkels das als Luftbild 10 erscheinende Objekt 23 von links und rechts, von oben und unten zu sehen. Durch Bedienung von Tasten oder eines Steuerknüppels am Steuerpult 16 kann er die Dreh- und Kippbewegungen des Objektträgers 24 und damit auch des Luftbildes 10 selbst steuern.

Die Vorrichtung nach Fig. 5 entspricht weitgehend der Vorrichtung nach Fig. 4, jedoch ist hier unter der Fresnel-Linse 7 ein nach Höhe und Neigung einstellbarer Umlenkspiegel 29 angeordnet und neben dem Umlenkspiegel 29 ein Bildträger bzw. ein Objektträger 24 angeordnet. Der Umlenkspiegel reflektiert das Bild des Objektes 23 durch die Fresnel-Linse 7 auf die Scheibe 2, so daß ein Luftbild 10 für das Auge 9 des Betrachters erscheint.

Bei den Ausführungsformen nach den Fig. 6 und 7 entfällt die Fresnel-Linse 7, weil als Bildträger ein relativ großer, reflektierender Bildschirm 4' eines Video-Großbildprojektors 14' Verwendung findet. Der Großbildprojektor 14' ist im oberen Teil des Gehäuses 1 entweder oberhalb oder unterhalb der Scheibe 2 angeordnet.

Bezugszeichenliste:

1 Gehäuse
2 Scheibe
3 Achse
4,4' Bildschirm
5 Fernsehgerät
6 Videorecorder
7 Fresnel-Linse
8 Lochblende
9 Auge des Betrachters
10 Luftbild
11 Polarisationsfilter
12 Kontrastscheibe
13 Lüftungsgebläse
14,14' Projektionsgerät
15 Spiegel
16 Steuerpult
17 Lautsprecher
18 Kopfhörer
19 Stereoverstärker
20 Dia-Überblendsteuergerät
21 Vertikalführung
22 Lufteinlaß
23 Objekt
24 Objektträger
25 Scheinwerfer
26 Achse
27 Drehantrieb
28 Hub- und Senkvorrichtung
29 Umlenkspiegel
30 Lochblende

30.09.87

SCHUTZANSPRÜCHE:

1. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern, gekennzeichnet durch
ein Gehäuse (1),
eine am Gehäuse (1) um eine horizontale Achse (3) schwenkbar und feststellbar befestigte transparente und 10 bis 50 % reflektierende Scheibe (2) und
einen im Abstand von der Scheibe (2) im Gehäuse (1) angeordneten Bildträger (4,4', 24) mit einem sich in der Scheibe (2) spiegelnden Bild.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine zwischen Scheibe (2) und Bildträger (4) höheneinstellbar angeordnete Fresnel-Linse (7).

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger ein Bildschirm (4) eines Fernsehgerätes (5) ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger ein Bildschirm (4') eines Projektionsgerätes (14) ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger ein von Scheinwerfern (26) beleuchteter Objektträger (24) ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Bildträger (4,4',24) und Fresnel-Linse (7) eine einstellbare Lochblende (8) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger (4,4',24) höheneinstellbar und um eine zur Achse (3) parallelen Achse schwenkbar im Gehäuse (1) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zu beiden Seiten des Bildträgers (4,4',24) und der Fresnel-Linse (7) eine Vertikalführung (21) angeordnet ist und der Bildträger (4,4',24) und die Fresnel-Linse (7) unabhängig voneinander entlang dieser Vertikalführungen (21) einstellbar sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch einen kontinuierlich arbeitenden Verstellantrieb für die Fresnel-Linse (7).

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Fresnel-Linse (7) und Scheibe (2) zwei gegeneinander verstellbare Polarisationsfilter (11) angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Fresnel-Linse (7) und Scheibe (2) ein Kontrastfilter (12) angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Objektträger (24) um eine senkrechte zentrale Achse (26) drehbar ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch einen Drehantrieb (27) für den Objektträger (24).

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, gekennzeichnet durch einen Kippantrieb für den Objektträger (24).

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Fresnel-Linse (7) ein nach Höhe und Neigung einstellbarer Umlenkspiegel (29) und neben dem Umlenkspiegel (29) der Bildträger (4,4',24) angeordnet sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Umlenkspiegel (29) und dem auf dem Objektträger (24) befindlichen Objekt (23) eine einstellbare Lochblende (30) angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß am Gehäuse (1) Lautsprecher (17) angeordnet sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, gekennzeichnet durch ein Steuerpult (16) mit einer Tastatur.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit Steckbuchsen zum Anschluß von Kopfhörern (18) versehen ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger ein reflektierender Bildschirm (4') eines Video-Großbildprojektors (14') ist.

30-09-87

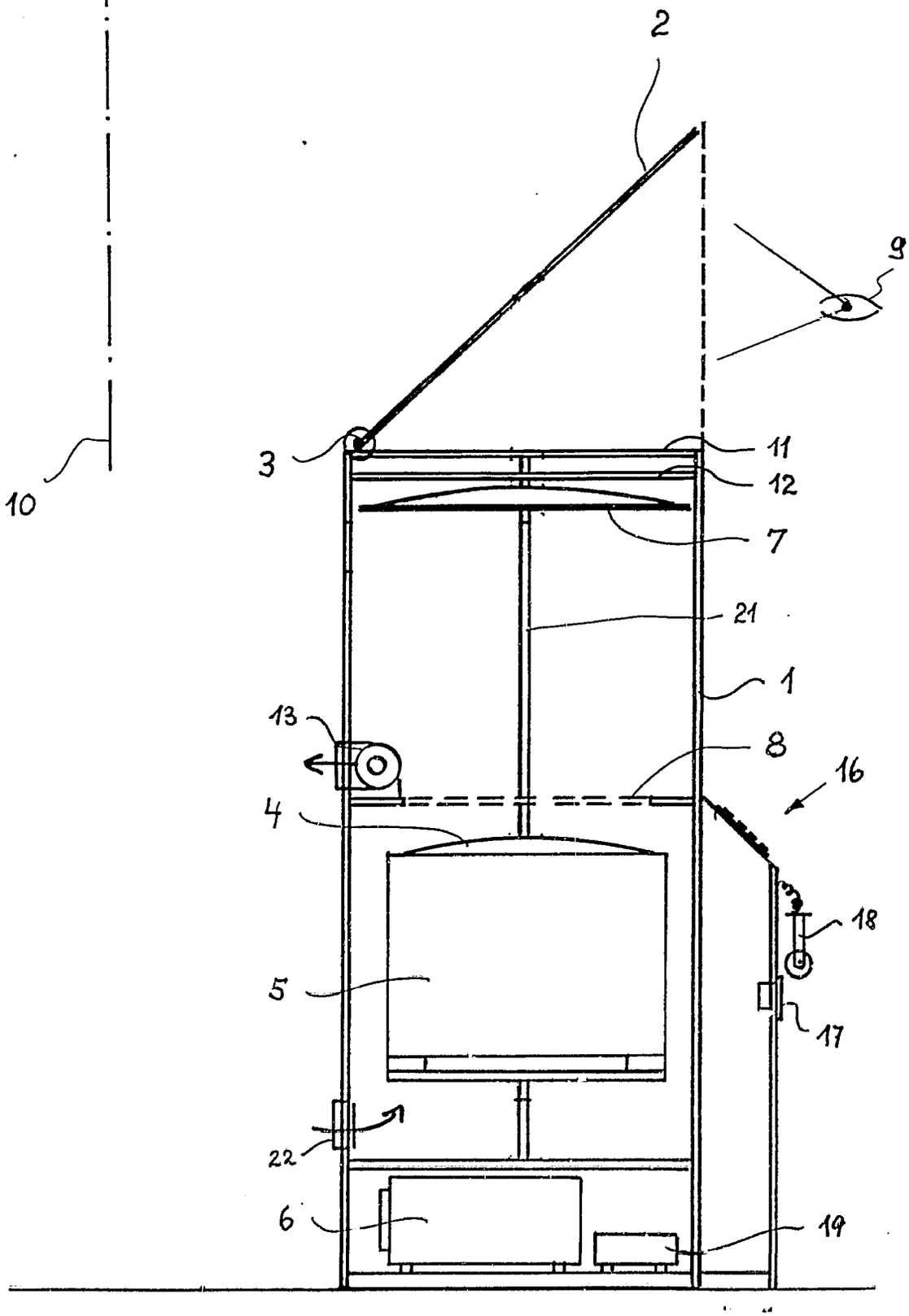


FIG.1

30.09.87

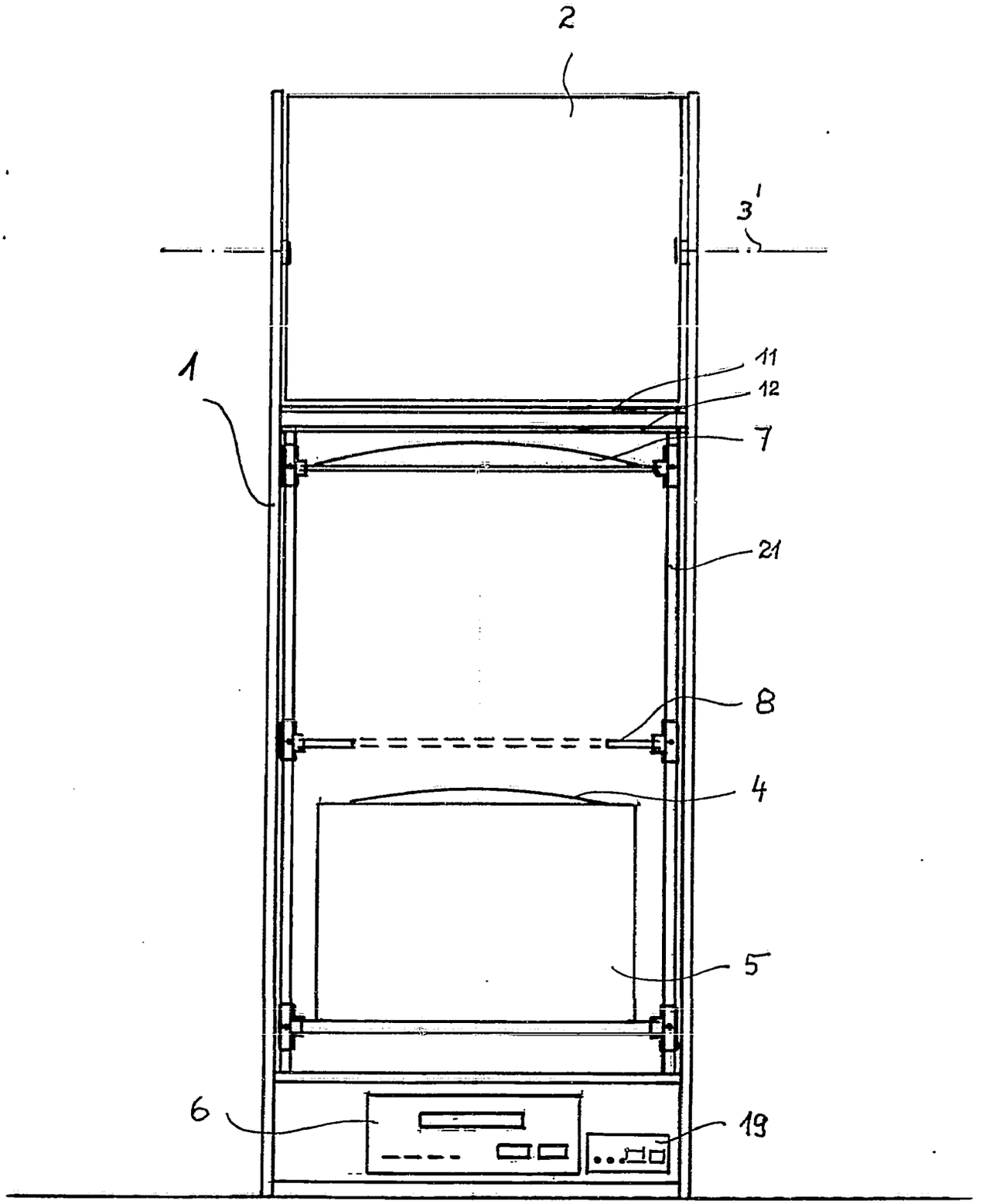


FIG.2

30.09.87

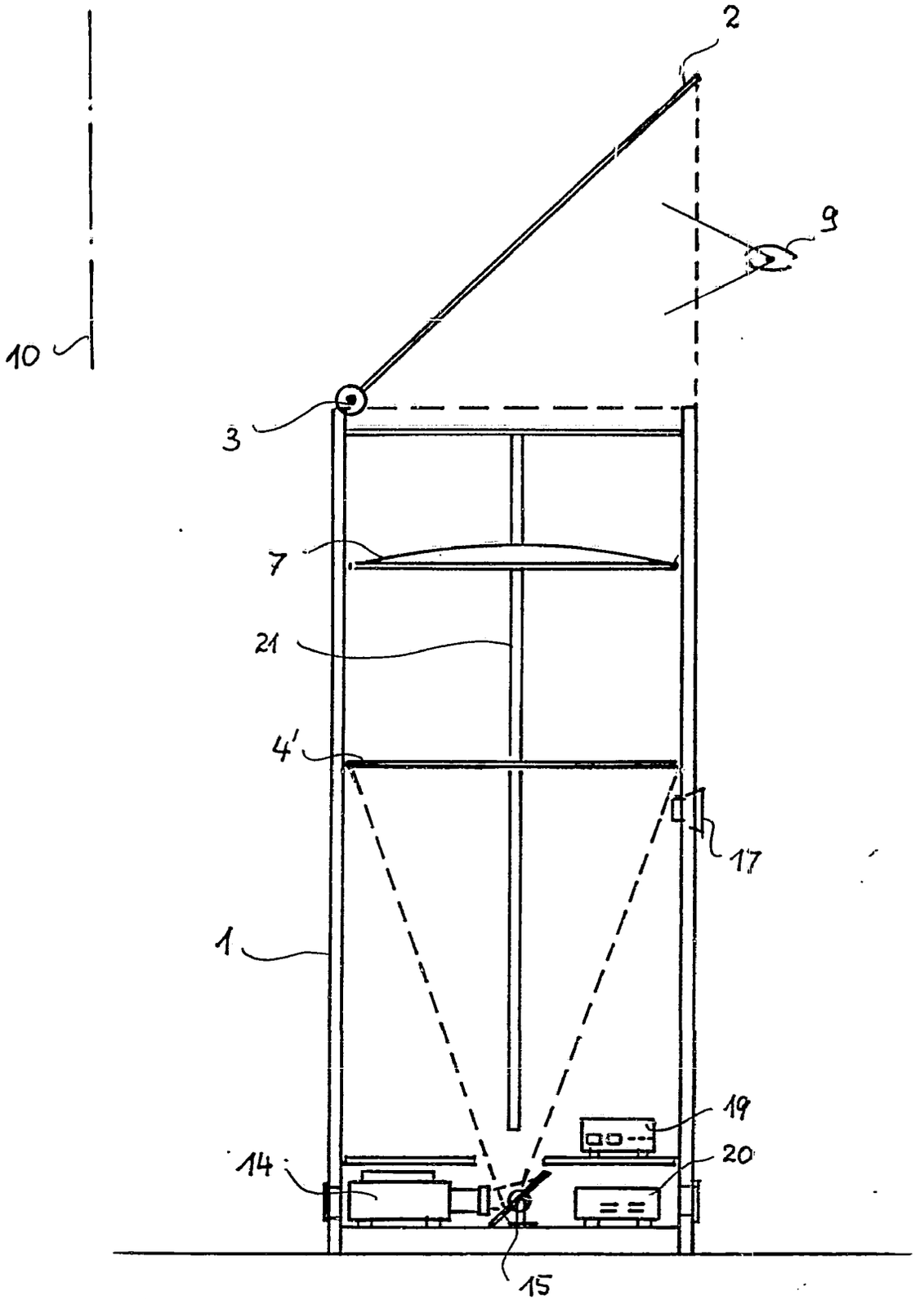


FIG. 3

30-09-87

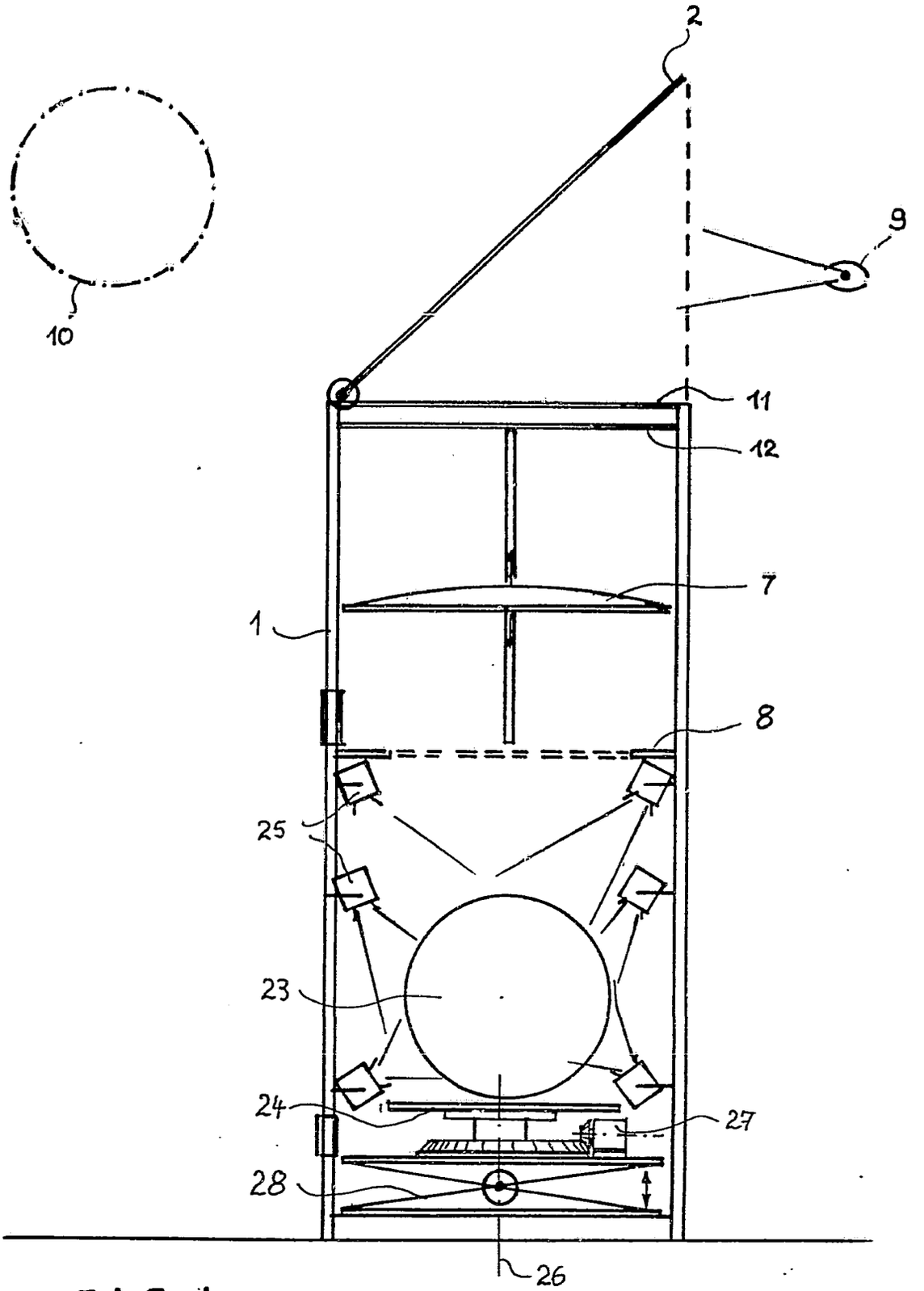


FIG. 4

30-09-87

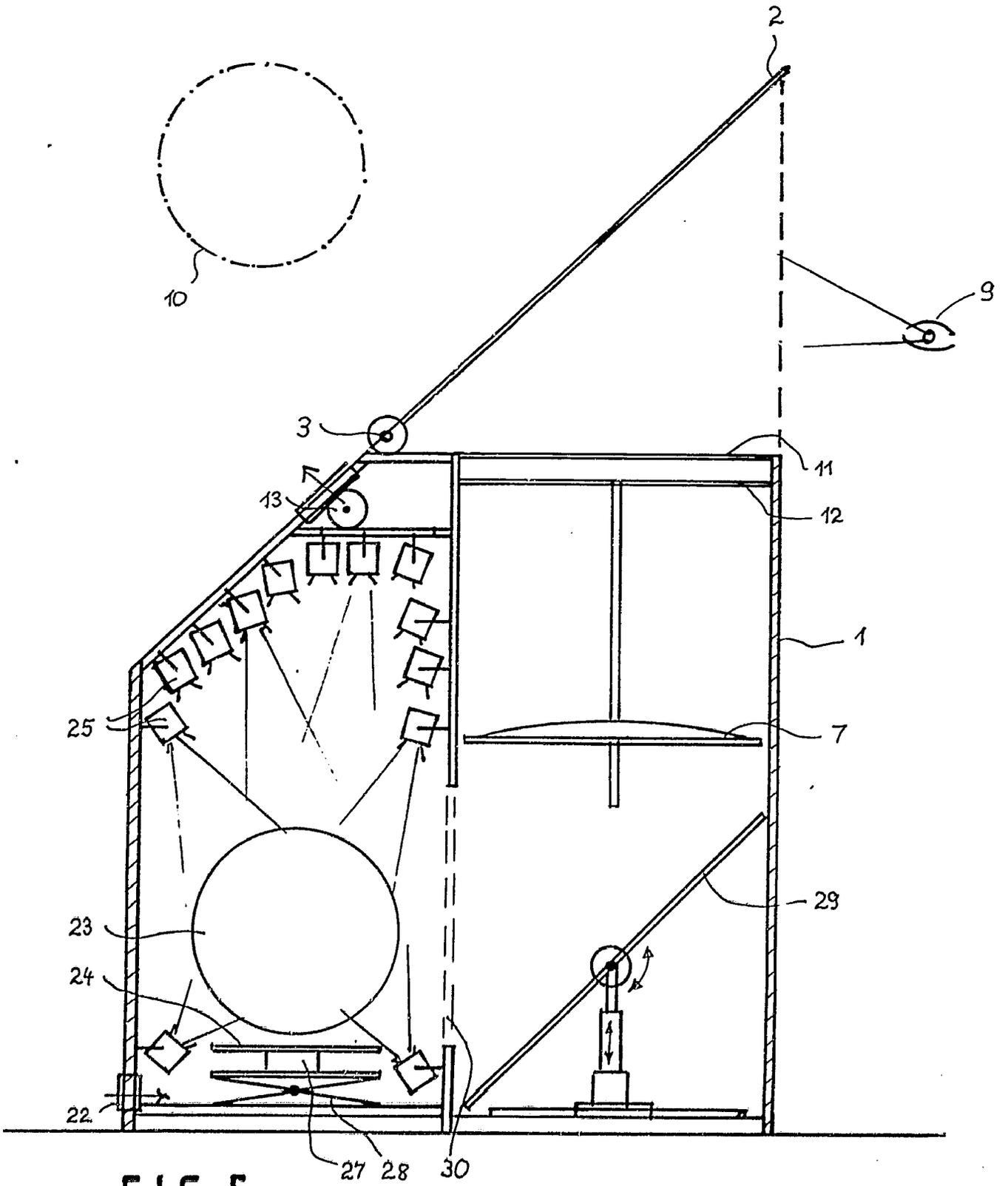


FIG. 5

30-09-87

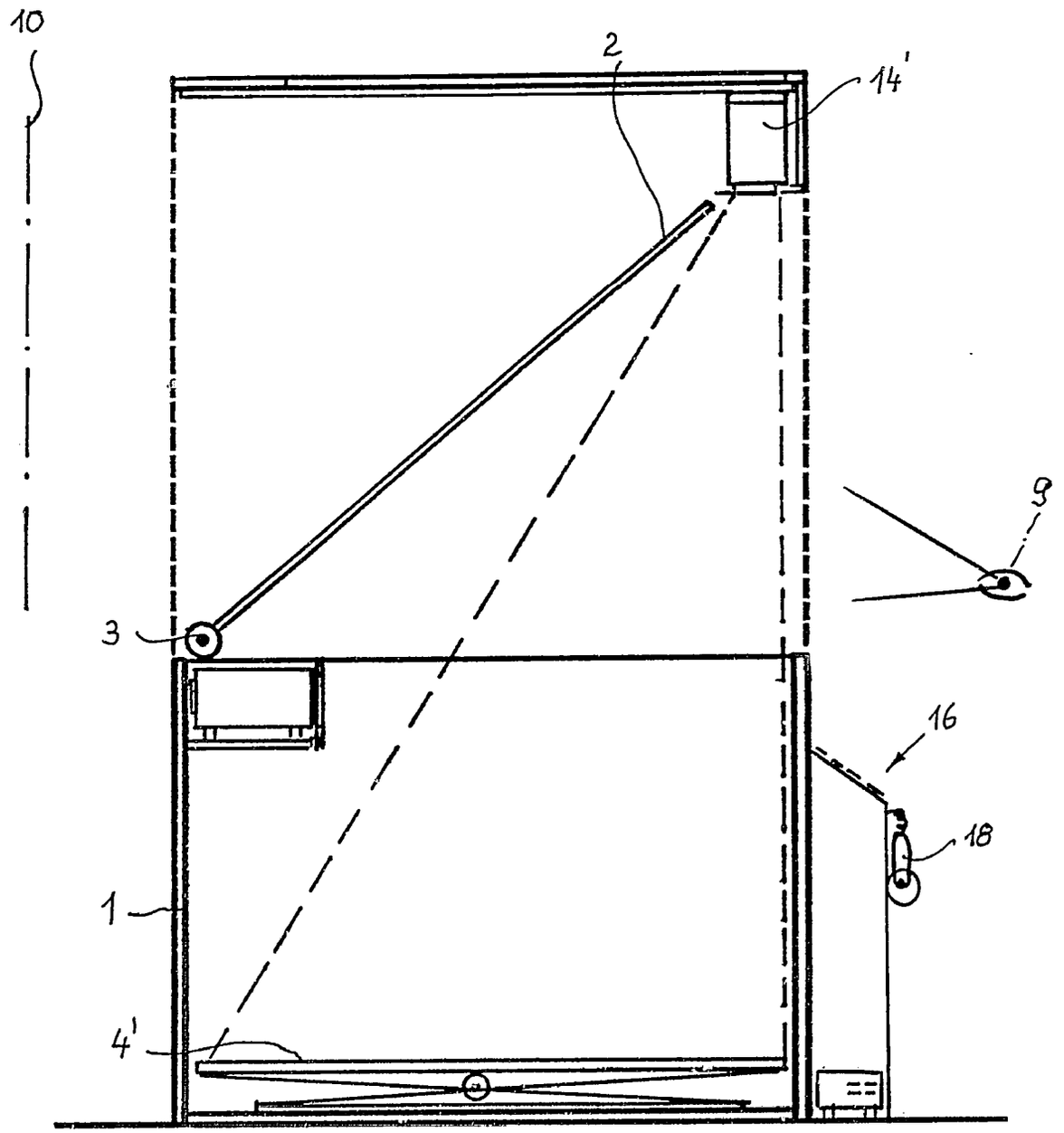


FIG. 6

30-09-87

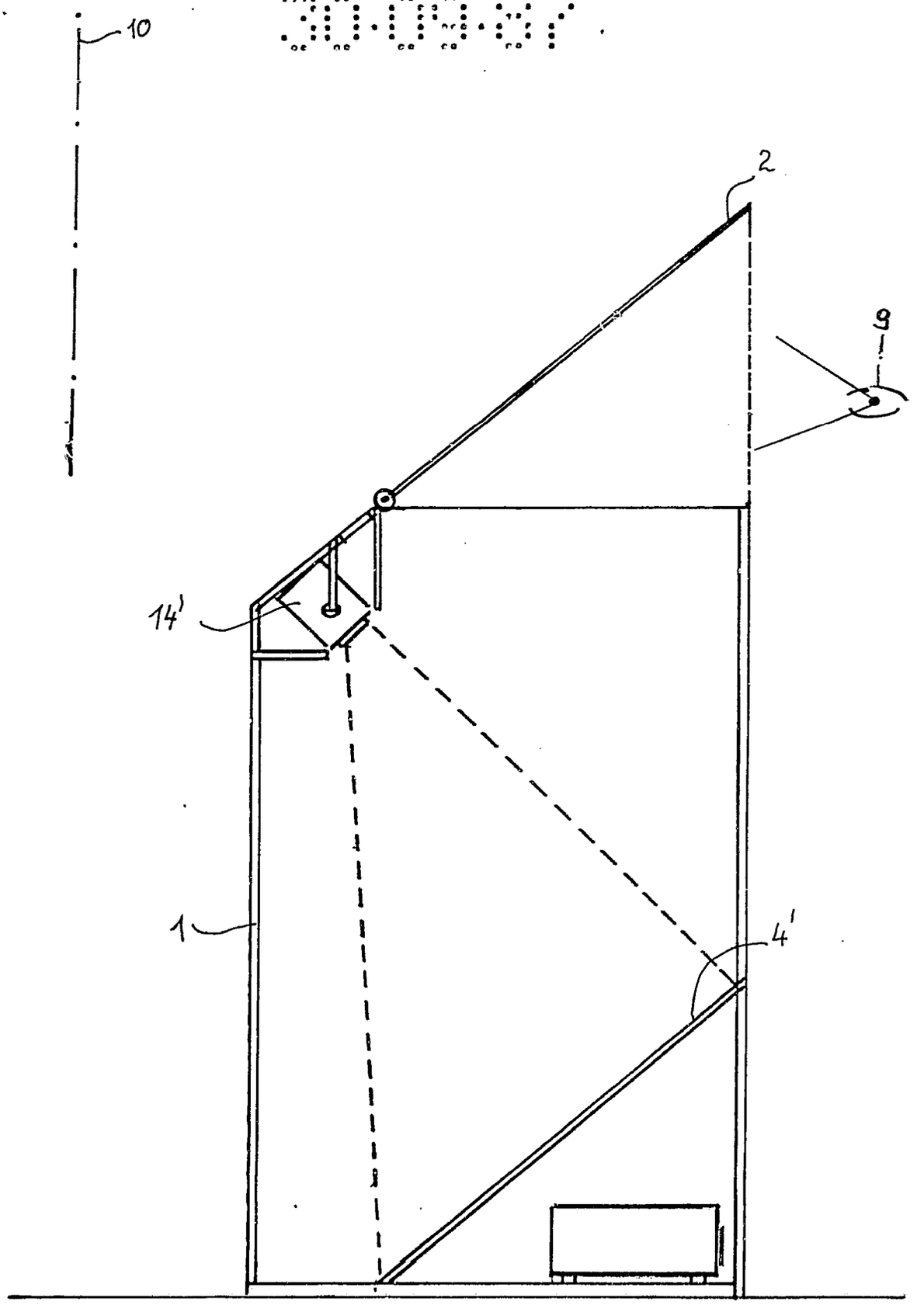


FIG.7

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

AUSGEGEBEN AM
11. OKTOBER 1956

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT

Nr. 950 500

KLASSE 42a GRUPPE 20

INTERNAT. KLASSE B 43h

Z 3823 IX/42a

Kurt Wolf, Oberkochen (Württ.)
ist als Erfinder genannt worden

Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz

Zeichenvorrichtung, insbesondere für Auswertegeräte von Luftbildern

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 29. November 1953 an
Patentanmeldung bekanntgemacht am 12. April 1956
Patenterteilung bekanntgemacht am 20. September 1956

Die Erfindung betrifft eine Zeichenvorrichtung, insbesondere für Auswertegeräte von Luftbildern, um beispielsweise Höhenschichtlinien oder auch einzelne Punkte auf einem Zeichenblatt festlegen zu können. Zu diesem Zweck wird die Zeichenvorrichtung vom Auswertegerät aus gesteuert. Insbesondere wird bei den bekannten Geräten dieser Art zu Beginn des Zeichenvorganges durch einen Mechanismus, beispielsweise einen Elektromagneten, der Zeichenstift in senkrechter Richtung auf das Zeichenblatt fallengelassen oder gezogen. Dabei tritt der Nachteil auf, daß in fast allen Fällen der Zeichenstift zu kräftig aufsetzt, so daß die Bleiminenspitze abbricht. Um dem zu begegnen, wurde bereits versucht, in die Zeichenvorrichtungen Dämpfungen einzubauen. Diese bewirkten jedoch ein zu langsames oder zu weiches Aufsetzen des Zeichenstiftes, so daß die Kartierung einzelner Punkte mit den für die sonstige Kartenzeichnung erforderlichen harten Bleiminen nicht mehr zuverlässig erfolgte. Zur Beseitigung dieses Mangels wurde auch schon in bekannten Zeichenvorrichtungen eine Führungskurve vorgesehen, auf der ein Stift od. dgl. bei der axialen Bewegung des Zeichenstiftes glitt, so daß der Zeichenstift eine zusätzlich drehende Bewegung erhielt. Auch diese Ausführung konnte

nicht befriedigen, weil sich durch das Aufsetzen des Zeichenstiftes bedingt die Kurve rasch abnutzte, so daß es vorkam, daß beispielsweise im Auswertegerät Höhenlinien ermittelt wurden, ohne daß der Stift diese aufzeichnete, weil er sich auf der Kurve verklemmt hatte.

Alle diese Nachteile werden erfindungsgemäß durch die Kombination der Elemente beseitigt, daß der Zeichenstift auf einem drehbar und axial verschiebbar angeordneten Träger von diesem abhebbar gelagert ist und daß der Träger in schräg zu seiner Achse angeordneten Kugellagern geführt ist. Dadurch wird erreicht, daß sich der Zeichenstift schon bei leisestem Berühren der Zeichenfläche vom Träger abheben kann und nicht noch weiter durch den sich in Abwärtsbewegung befindlichen Träger auf das Papier gepreßt wird, und die schräg zur Achse des Trägers angeordneten Kugellager bewirken, daß sich der Träger und damit auch der Zeichenstift bei der Abwärtsbewegung dreht. Nach Abheben des Zeichenstiftes vom Träger führt dann der Zeichenstift noch einige nachlaufende Umdrehungen aus, so daß auch beim Kartieren von Punkten trotz leisen Aufsetzens des Zeichenstiftes auf die Zeichenfläche ein deutlicher Punkt gezeichnet wird.

Vorteilhaft sind drei schräg zur Achse des Trägers an dessen Umfang wirkende Kugellager vorgesehen, von denen zwei fest angeordnet sind und eines durch die Kraft einer Feder in Richtung der Trägerachse verschiebbar ist. Dadurch wird der Vorteil erzielt, daß auch nach sehr langem Gebrauch der Zeichenvorrichtung immer eine drehende Abwärtsbewegung des Trägers und des Zeichenstiftes gewährleistet ist, weil jede Abnutzung der schräg angeordneten Kugellager durch Nachrücken des federnd gelagerten Kugellagers selbsttätig ausgeglichen wird. Dies ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn als Mittel für die Auslösung der Abwärtsbewegung des Zeichenstiftes ein Elektromagnet benutzt wird, weil bei solchen Magneten stets ein seitliches Anzugsmoment auftritt, wodurch eine einseitige Abnutzung der Führung des Trägers für den Zeichenstift bedingt ist, was sich insbesondere bei den bekannten Geräten, welche für den Träger eine Gleitführung vorgesehen hatten, unangenehm bemerkbar machte, indem häufig Klemmungen auftraten und der Zeichenstift nicht seine Zeichenstellung erreichte. Zweckmäßig bestehen die Kugellager je aus einem am Umfang des Trägers anliegenden Ring, welcher seinerseits auf Kugeln läuft.

Der Zeichenstift liegt vorteilhaft in einer axialen Bohrung des Trägers, und es ist wenigstens ein ringförmiges Kugellager zu dessen Führung vorgesehen. Dadurch wird gewährleistet, daß sich der Zeichenstift trotz der bekanntlich auftretenden Verschmutzungen seiner Führung durch Graphitstaub stets leicht vom Träger abhebt und nachlaufend dreht. Der Zeichenstift liegt in weiterer Ausgestaltung der Erfindung zweckmäßig mit einer Scheibe auf dem Träger, damit er bei Drehung des Trägers durch die auftretende Reibung einen genügenden Schwung zum Weiterdrehen nach dem Abheben vom Träger erhält.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 einen Schnitt durch die Zeichenvorrichtung,

Fig. 2 einen Schnitt nach der Linie II-II der Fig. 1,

Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie III-III der Fig. 1,

Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie IV-IV der Fig. 3.

In Fig. 1 ist in einem Gehäuse 1 ein Elektromagnet 2 angeordnet, welcher über eine Leitung 3 mit einer nicht gezeichneten Stromquelle verbunden ist und der bei Einschalten des Stromes einen Träger 4 nach unten zieht. Der Träger 4 wird nach Ausschalten des Stromes durch eine Feder 5, welche zwischen dem Gehäuse 1 und einer den oberen Abschluß des Trägers 4 bildenden Schraube 6 in die in der Fig. 1 gezeichnete Lage gedrückt. Der Träger 4 weist eine Bohrung 7 auf, in welcher ein Minenhalter 8 angeordnet ist. Der Minenhalter 8 liegt mit einer an ihm befestigten Scheibe 9 auf dem Träger 4, so daß er abgehoben werden kann. Der Träger 4 weist ferner zwei ringförmig angeordnete Kugellager 10 und 11 zur Führung des Minenhalters 8 auf. In den Minenhalter 8 ist eine Bleistiftmine 12 eingesetzt, welche sich bei Senken des Minenhalters 8 auf ein Zeichenblatt 13 setzt. Im Gehäuse 1 sind drei Kugellager 14, 15 und 16 (Fig. 2) angeordnet, welche als Führung für den Träger 4 dienen. Die Kugellager bestehen, wie in Fig. 4 dargestellt, aus einem Ring 17, welcher auf Kugeln 18 läuft, und sie sind mittels Schrauben 19 auf schrägen Körpern 20, 21 und 22, wie in Fig. 3 für das Kugellager 14 dargestellt, befestigt. Der Körper 22 ist durch eine Schraube 23 mit dem Gehäuse 1 um die Achse der Schraube 23 drehbar verbunden. Eine Feder 24 drückt ständig gegen einen Stift 25 des Körpers 22 und preßt diesen und damit das Kugellager 16 ständig gegen den Träger 4.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt: Bei Einschalten eines Stromes zieht der Elektromagnet 2 den Träger 4 nach unten. Dabei führt dieser eine Drehbewegung aus, welche ihm durch die schräg zu seiner Achse angeordneten Kugellager 14, 15 und 16 vermittelt wird. Das federnd ausgebildete Kugellager 16 sorgt dabei dafür, daß alle drei Kugellager 14, 15 und 16 stets am Träger 4 anliegen. Der Minenhalter 8 führt auf Grund der auf ihn wirkenden Schwerkraft und des dadurch bewirkten Reibungsschlusses der Scheibe 9 und der Schraube 6 dieselbe Bewegung aus, und zwar so lange, bis die Minenspitze 12 auf das Zeichenblatt 13 aufsetzt. Bei weiterer Abwärtsbewegung des Trägers 4 bleibt der Minenhalter 8 stehen, die Scheibe 9 löst sich von der Schraube 6, und der Minenhalter kann unabhängig von der weiteren Bewegung des Trägers 4 eine nachlaufende Drehung ausführen, so daß ein scharfer Punkt auf das Zeichenblatt 13 gezeichnet wird. Diese nachlaufende Drehbewegung wird durch die Kugellager 10 und 11 gefördert. Wird der Stromkreis unterbrochen,

so drückt die Feder 5 den Träger 4 in die in Fig. 1 gezeichnete Stellung zurück, wobei der Träger 4 den Minenhalter 8 vom Zeichenblatt abhebt.

Patentansprüche:

1. Zeichenvorrichtung, insbesondere für Auswertegeräte von Luftbildern, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeichenstift auf einem drehbar und axial verschiebbar angeordneten Träger von diesem abhebbar gelagert ist und daß der Träger in schräg zu seiner Achse angeordneten Kugellagern geführt ist.

2. Zeichenvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei schräg zur Achse des Trägers an dessen Umfang wirkende Kugellager vorgesehen sind, von denen zwei fest angeordnet sind und eines durch die Kraft einer Feder in Richtung der Trägerachse verschiebbar ist.

3. Zeichenvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugellager je aus einem am Umfang des Trägers anliegenden Ring bestehen, welcher seinerseits auf Kugeln läuft.

4. Zeichenvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeichenstift in einer axialen Bohrung des Trägers liegt und wenigstens ein ringförmiges Kugellager zu dessen Führung vorgesehen ist.

5. Zeichenvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeichenstift mit einer Scheibe auf dem Träger liegt.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

509 704/23 4.56
(609 644 10.56)

Zu der Patentschrift **950 500**
Kl. **42 a** Gr. 20
Internat. Kl. **B 43 h** ——

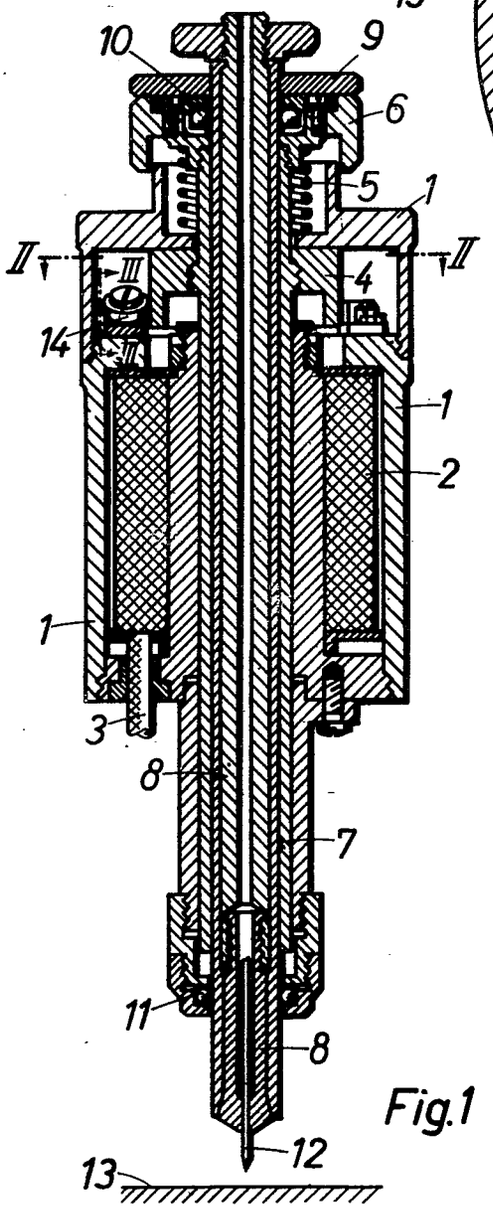


Fig.1

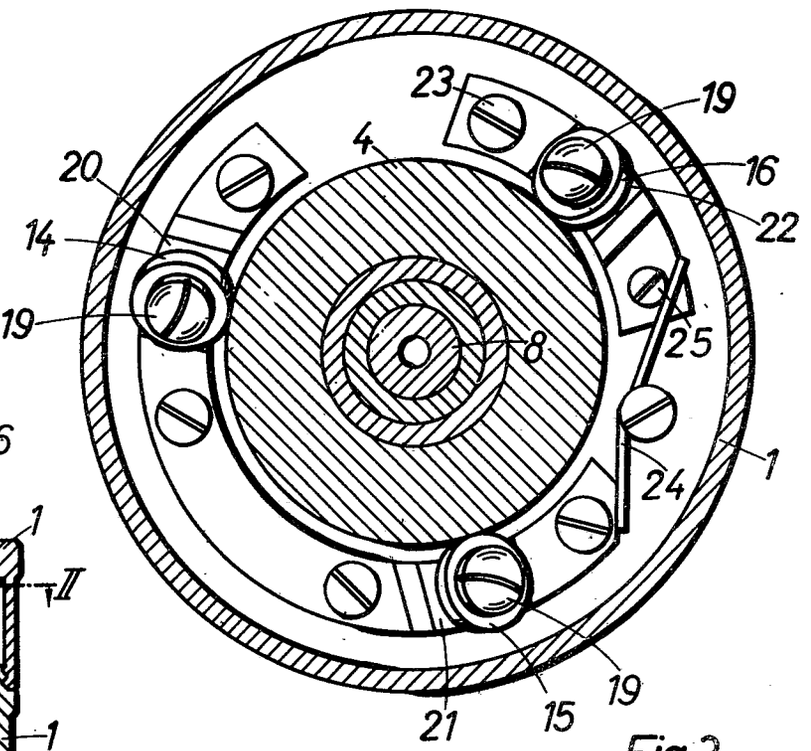


Fig.2

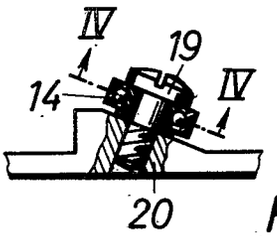


Fig.3

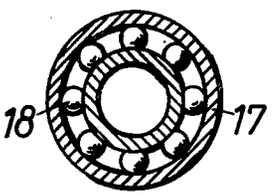


Fig.4

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

AUSGEGEBEN AM
21. MÄRZ 1957

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT

Nr. 960 603

KLASSE 57a GRUPPE 22 05

INTERNAT. KLASSE G 03b

Z 4696 IX / 57a

Heinrich Sonnberger, Heidenheim/Brenz
ist als Erfinder genannt worden

Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz

Filmtransportvorrichtung für Reihenbildkameras, insbesondere für Luftbildkameras

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 3. Februar 1955 an
Patentanmeldung bekanntgemacht am 4. Oktober 1956
Patenterteilung bekanntgemacht am 7. März 1957

Die Erfindung betrifft eine Filmtransportvorrichtung für Reihenbildkameras, insbesondere für Luftbildkameras. Bei derartigen Kameras wird der Film nach jeder Aufnahme schnell um eine Bildbreite weitertransportiert, damit die Kamera so bald wie möglich wieder aufnahmebereit ist. Um dabei das Weiterlaufen der Vorratsrolle nach beendetem Filmtransport zu vermeiden, ist es bekannt, die Vorratsrolle durch eine dauernd auf sie wirkende Bremse zu bremsen. Diese Ausbildung hat bei den heute notwendigen Vorratslängen des Films den Nachteil, daß bei jedem Transport, durch die Massenträgheit und die Bremsung der Vorratsrolle bedingt, der Film stark beansprucht wird und schließlich einreißt. Man hat deshalb bereits eine Einrichtung geschaffen, welche diesen Nachteil vermeiden sollte. Die Einrichtung bestand aus einem unter der Wirkung einer Feder stehenden Hebel, um den eine Filmschleife gelegt war. Diese Filmschleife entstand in der Zeit zwischen zwei nacheinanderfolgenden Aufnahmen in der für einen Filmwechsel nötigen Länge durch kontinuierliches

Abspulen von Film von der Vorratsrolle. Beim Transport wurde dann nur der Filmvorrat der Schleife verbraucht und nach beendetem Transport begann die Bildung einer neuen Schleife durch kontinuierlichen Abzug von Film von der Vorratsrolle. Diese Einrichtung hatte einmal den Nachteil, daß sie sehr viel Platz verbrauchte, was für die Verwendung in einer Luftbildkamera sehr nachteilig ist. Ferner hatte die letztgenannte Einrichtung den Nachteil, daß während der mit größter Präzision vorzunehmenden Luftbildaufnahme in dem den Film tragenden Teil der Kamera mechanische Teile in Bewegung waren, wodurch die ruhige Lage der Kamera während der Aufnahme in Frage gestellt wurde.

Wegen der gesteigerten Fluggeschwindigkeit der Bildflugmaschinen ist es nun erwünscht, die Bildfolgezeiten auf die Hälfte bis ein Drittel des bisherigen Kleinstwertes zu reduzieren und gleichzeitig den Filmvorrat auf das Doppelte zu steigern. Dies wird aus den genannten Gründen mit den bekannten Transportvorrichtungen nicht erreicht.

Die Erfindung schlägt nun eine Filmtransportvorrichtung vor, welche sich dadurch auszeichnet, daß der Film hinter der Abwickelrolle eine Filmschleife bildet und Mittel vorgesehen sind, welche die Abwickelrolle in Abhängigkeit von der jeweiligen Größe der Filmschleife bremsen. Dadurch wird erreicht, daß die Vorratsrolle gegenüber den bekannten Ausführungen in ungebremstem Zustand anläuft und der Film weniger beansprucht wird. Außerdem kann die Filmschleife nicht zu groß werden, weil die Filmvorratsrolle entsprechend der Größe der Filmschleife gebremst wird. Zweckmäßig besteht die Einrichtung nach der Erfindung aus einem Hebel, um dessen einen Arm die Filmschleife gelegt ist und dessen anderer Arm durch an sich bekannte Mittel die Vorratsrolle bremst. An Stelle des zweiarmigen Hebels kann natürlich auch ein einarmiger Hebel mit auf die Bremsmittel wirkenden geeigneten Übertragungselementen vorgesehen sein. Die natürliche Federung der verwendeten Bauelemente bewirkt dabei in bekannter Weise ein sanftes Greifen der Bremse.

In der Zeichnung sind zwei Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel.

Auf einer Vorratsrolle 1 ist ein Film 2 aufgewickelt. Der Film 2 läuft von der Vorratsrolle 1 über Rollen 3 und 4 an dem Bildfenster 5 einer Luftbildkamera vorbei zu einer Aufwickelrolle 6. Der Transport des Films wird durch Antriebsrollen 7 und 8 bewirkt, zwischen denen er hindurchläuft. Zwischen der Vorratsrolle 1 und der Rolle 4 bildet der Film eine Schleife. Die Rolle 3 ist an einem um einen Zapfen 9 zwischen Anschlägen 23 und 24 drehbaren Hebel 10 befestigt. An einem um den Zapfen 9 drehbaren weiteren Hebel 11 ist ein Bremsklotz 18 befestigt, welcher auf eine Bremstrommel 20 wirkt. Die Bremstrommel 20 weist Rillen 14 auf, um die Bremswirkung zu erhöhen. Der Hebel 11 ist mit einem Anschlag 12 versehen. Trifft der Hebel 10 auf den Anschlag 12, so hebt sich der Bremsklotz 18 von der Bremstrommel 20 ab. Die Bremstrommel 20 ist mit der Vorratsrolle 1 starr verbunden. Eine Feder 13 zieht den Hebel 11 gegen die Bremstrommel 20. Der Hebel 10 steht unter der Wirkung einer Feder 22, so daß die um die Rolle 3 gelegte Filmschleife stets gespannt ist.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist wie folgt: In der in der Fig. 1 gezeichneten Stellung befindet sich der Film in Ruhe. Der Hebel 10 hat den Anschlag 12 freigegeben, so daß die Feder 13 den Bremsklotz 18 an die Bremstrommel 20 drückt und die Vorratsrolle bremst. Ziehen die Rollen 7 und 8 den Film 2 um eine Bildbreite weiter, so wird zunächst der durch die Filmschleife um die Rolle 3 gegebene Filmvorrat verbraucht. Der Hebel 10 bewegt sich dabei in Richtung auf den Anschlag 24 zu. Dabei drückt der Hebel 10 vorher auf den Stift 12 des Hebels 11, und der Bremsklotz 18 gibt die Bremstrommel 20 und damit die Vorratsrolle 1 frei, so daß der noch benötigte Film von der Vorratsrolle abgezogen werden kann. Ist der Filmtransport beendet, so wickelt sich von der Vorratsrolle vermöge der Trägheit dieser Rolle noch ein Stück Film ab. Der Hebel 10 wird dabei durch die Feder 22 wieder in die gezeichnete Stellung gezogen und gibt den Anschlagstift 12 und den Hebel 11 frei, so daß die Feder 13 die Trommel 20 und damit die Vorratsrolle 1 bremst. Die Anordnung ist dabei so getroffen, daß der Stift 12 vom Hebel 10 freigegeben wird, bevor dieser an dem Anschlag 23 anliegt, wie es die Zeichnung zeigt. Der Anschlag 24 ist nur ein Sicherungsanschlag, der normalerweise nicht in Funktion tritt, weil die Feder 22 so gewählt ist, daß bei abgehobenem Bremsklotz 18 die Vorratsrolle 1 unter der Wirkung der über die Feder 22 vermittelten Abzugskraft in eine Abwickelbewegung gerät, bevor vom Hebel 10 der Anschlag 24 erreicht ist. Auf diese Weise wird auch bei ruckweisem Transport des Films 2 durch die Rollen 7 und 8 ein ruckfreies Anlaufen der Vorratsrolle erreicht.

Fig. 2 zeigt eine geänderte Ausführungsform. Die Teile, welche aus der Fig. 1 übernommen sind, tragen die gleichen Bezugszeichen. Der Hebel 10 ist als zweiarmiger Hebel ausgebildet, dessen einer Arm wieder die Rolle 3 trägt und dessen anderer eine Feder 15 trägt, welche die Bremsung auf der Bremstrommel bewirkt. Durch die Elastizität der Feder 15 wird das weiche Anlaufen und Bremsen der Vorratsrolle erhöht.

Patentansprüche:

1. Filmtransportvorrichtung für Reihenbildkameras, insbesondere für Luftbildkameras, dadurch gekennzeichnet, daß der Film hinter der Abwickelrolle eine Filmschleife bildet und Mittel vorgesehen sind, welche die Abwickelrolle in Abhängigkeit von der jeweiligen Größe der Filmschleife bremsen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremsmittel aus einem

Hebel bestehen, um dessen einen Arm die Filmschleife gelegt ist und dessen anderer Arm durch elastische Mittel die Vorratsrolle bremst.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Hebel ein einarmiger Hebel ist, welcher auf einen weiteren Hebel wirkt, der seinerseits die Bremsmittel trägt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, welche die Bremswirkung bei gegebenem Bremsdruck erhöhen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

© 609 656/288 9.56
(609 843 3.57)

Zu der Patentschrift 960 603
Kl. 57a Gr. 22 05
Internat. Kl. G 03b ——

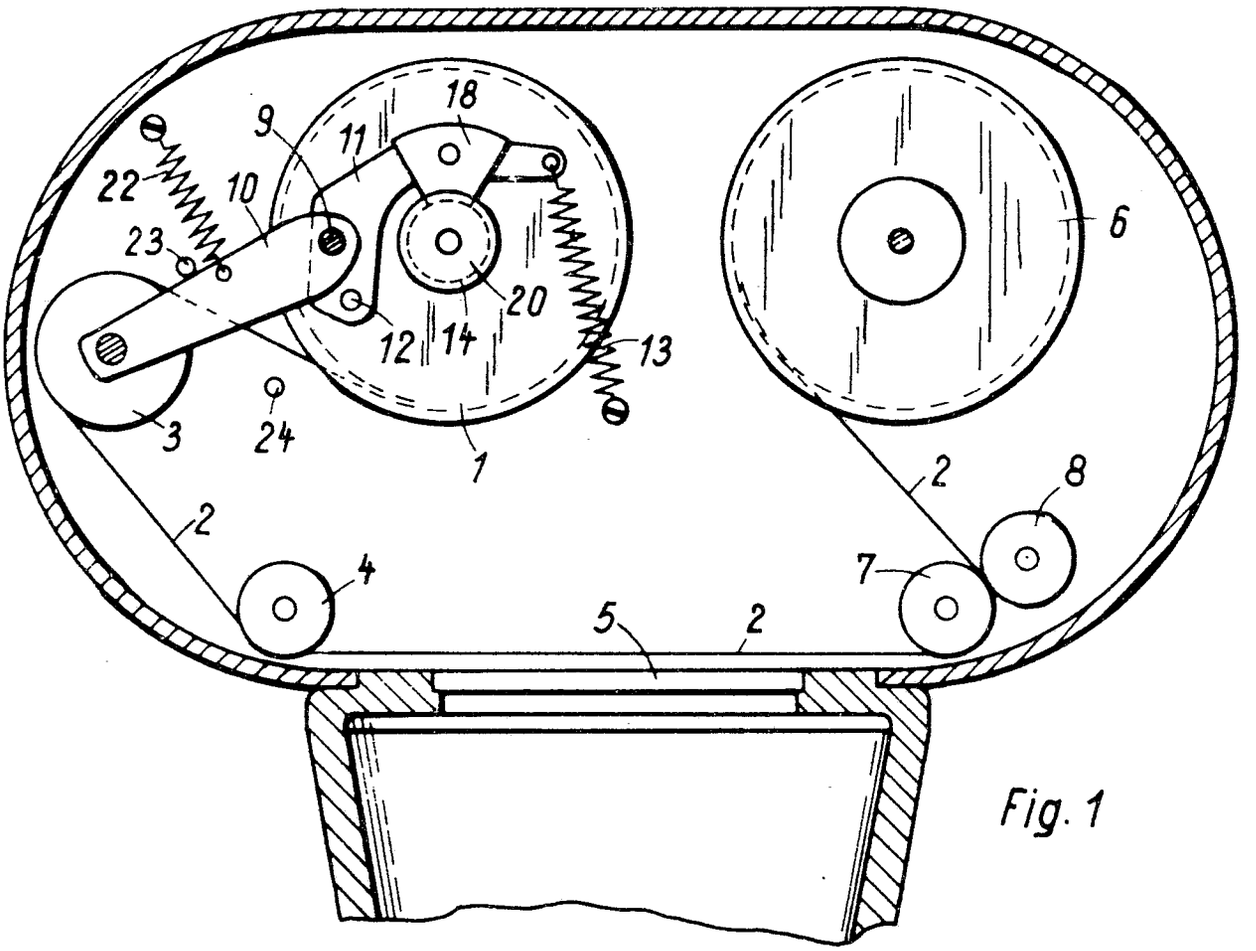


Fig. 1

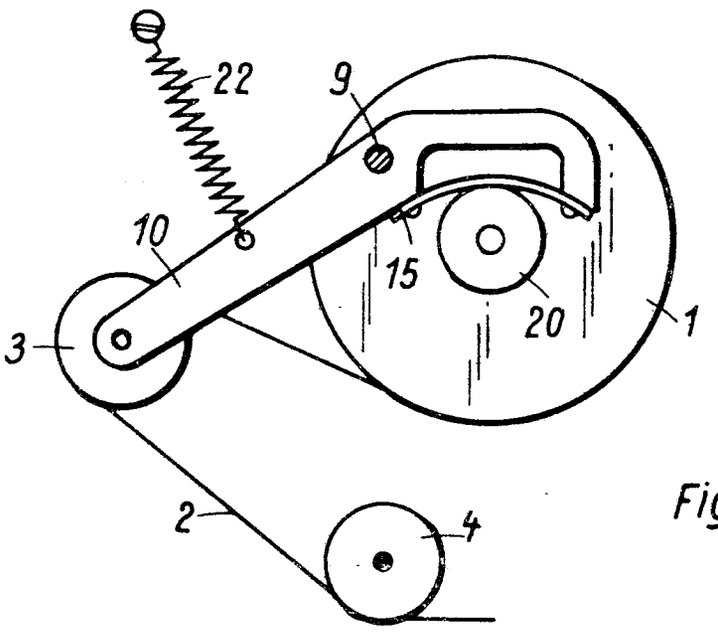


Fig. 2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

AUSGEGEBEN AM
28. MÄRZ 1957

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 960 690

KLASSE 57a GRUPPE 22 09

INTERNAT. KLASSE G 03b

Z 4388 IX / 57a

Heinrich Sonnberger, Heidenheim/Brenz
ist als Erfinder genannt worden

Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz

Rollfilmkamera, insbesondere für die Aufnahme von Luftbildern

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 27. August 1954 an
Patentanmeldung bekanntgemacht am 4. Oktober 1956
Patenterteilung bekanntgemacht am 7. März 1957

Die Erfindung betrifft eine Rollfilmkamera, insbesondere für die Aufnahme von Luftbildern, bei der der Film kurz vor der Aufnahme durch eine senkrecht und parallel zur Filmebene verschiebbare Platte gegen einen Rahmen gedrückt wird. Bei diesem Andrücken muß der Film, welcher üblicherweise zwischen einer Transportwalze, einer Umlenkrolle und einer Vorratsrolle gespannt ist, noch eine Kleinigkeit von der Vorratsrolle abwickeln, um den Anlagerahmen zu erreichen, weil die Druckplatte den Film, bevor sie ihre Endstellung erreicht hat, bereits erfaßt. Hierbei ist es unvermeidbar, daß der Film über die Kanten der Andruckplatte hinwegschabt, was zu Beschädigungen des Films führen kann. Um diesen Schaden zu verringern, hat man bereits Ausgleichsschleifen in der Filmbahn vorgesehen und diese entsprechend gesteuert. Abgesehen davon, daß dieses Verfahren verhältnismäßig kompliziert war, konnte das Schaben des Films an den Kanten der Platte nicht immer vermieden werden.

Erfindungsgemäß wird dieser Nachteil gänzlich dadurch vermieden, daß die Platte während des Andruckvorganges längs einer Evolvente geführt ist, welche in Richtung des Filmtransports verläuft. Es hat sich gezeigt, daß, da die Evolventenbahn sehr kurz ist, diese durch eine Gerade approximiert werden kann. Zweckmäßig ist die Platte an einer geknickten Blattfeder aufgehängt, wobei der Knick eine derartige Lage zur Platte hat, daß bei einem Druck auf die Platte in Richtung der optischen Achse des Aufnahmeobjektivs die Platte die gewünschte Bewegung ausführt. Die Wirkungsweise der Erfindung ist aus der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnung ersichtlich.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigt

Fig. 1 eine schematische Skizze zur Erläuterung der Wirkungsweise des Erfindungsgegenstandes,

Fig. 2 die Draufsicht auf eine Andruckplatte,

Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie III-III der Fig. 2.

In Fig. 1 ist mit 1 die Aufnahmekamera bezeichnet, welche einen Rahmen 2 aufweist, an den durch eine Platte 3 der Film 4 während der Aufnahme gedrückt wird. Der Film läuft von einer Vorratsrolle 5 über eine Umlenkrolle 6 zwischen zwei Antriebsrollen 7 hindurch und wird auf einer weiteren Rolle 8 aufgewickelt. Die Antriebsrollen 7 sind nur in Richtung der eingezeichneten Pfeile drehbar, so daß beim Vorrücken der Platte 3 in die punktiert gezeichnete Lage ein Filmpunkt *A* längs einer Evolvente nach *B* wandert. Dabei wird ein Stück des Films von der Vorratsrolle 5 abgewickelt und ein Stück *a* ist über die Platte 3 gerutscht. Um diese relative Bewegung des Films zur Andruckplatte zu vermeiden, wird nach der Erfindung die Platte 3 während des Vorrückens ebenfalls auf einer Evolvente geführt, so daß sie nicht in die punktiert gezeichnete Lage gelangt, sondern in die strichpunktiert gezeichnete Lage.

Eine Steuerung der Plattenbewegung, wobei das Evolventenstück *A* 8 *B* durch eine die Punkte *A* und *B* verbindende Gerade ersetzt ist, zeigen die Fig. 2 und 3. Die Andruckplatte 3 hängt an einer Blattfeder 9, welche bei 10 und 11 geknickt ist. In Richtung der optischen Achse des Aufnahmeobjektivs wirkt eine Stange 12 auf die Andruckplatte. Die Stange 12 ist beweglich in einer Ausnehmung 13 der Platte 3 gelagert.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, schließen die Knickachsen 10 und 11 einen Winkel miteinander ein. Dadurch wird erreicht, daß sich, wenn die Stange 12 auf die Platte 3 drückt, die Platte einmal senkt und sich zum andern in Richtung des Pfeiles *C* um das in Fig. 1 mit *a* bezeichnete Stück verschiebt.

Patentansprüche:

1. Rollfilmkamera, insbesondere für die Aufnahme von Luftbildern, bei der der Film kurz vor der Aufnahme durch eine senkrecht und parallel zur Filmebene verschiebbare Platte gegen einen Rahmen gedrückt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte während des Andruckvorganges längs einer in Richtung des Filmtransports verlaufenden Evolvente geführt ist.

2. Rollfilmkamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Evolvente durch eine Gerade approximiert ist.

3. Rollfilmkamera nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte an einer geknickten Blattfeder aufgehängt ist, wobei der Knick eine derartige Lage zur Platte hat, daß bei einem Druck auf die Platte in Richtung der optischen Achse des Kameraobjektivs die Platte die gewünschte Bewegung ausführt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschrift Nr. 832 242.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

609 656/290 9.56
(609 845 3. 57)

Zu der Patentschrift 960 690
Kl. 57a Gr. 22 09
Internat. Kl. G 03b ——

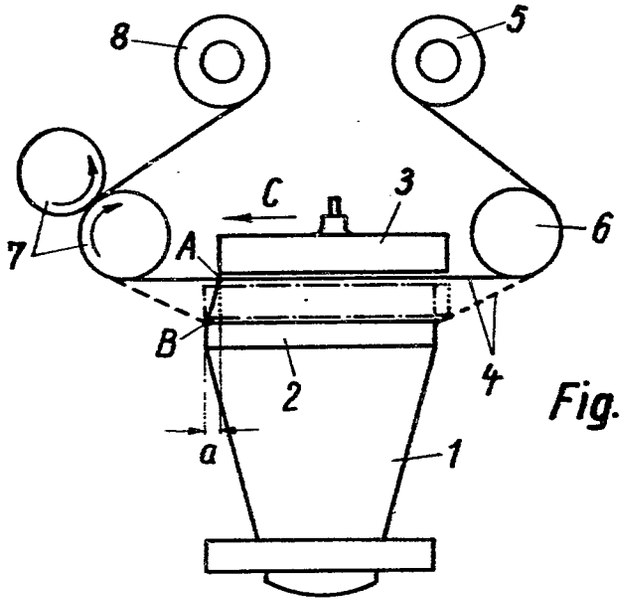


Fig. 1

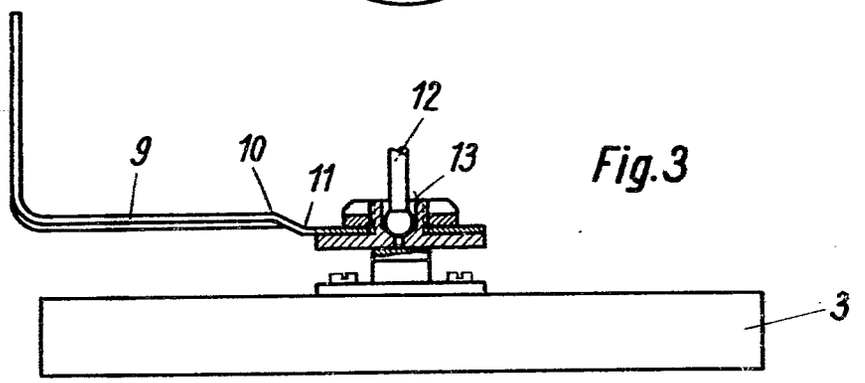


Fig. 3

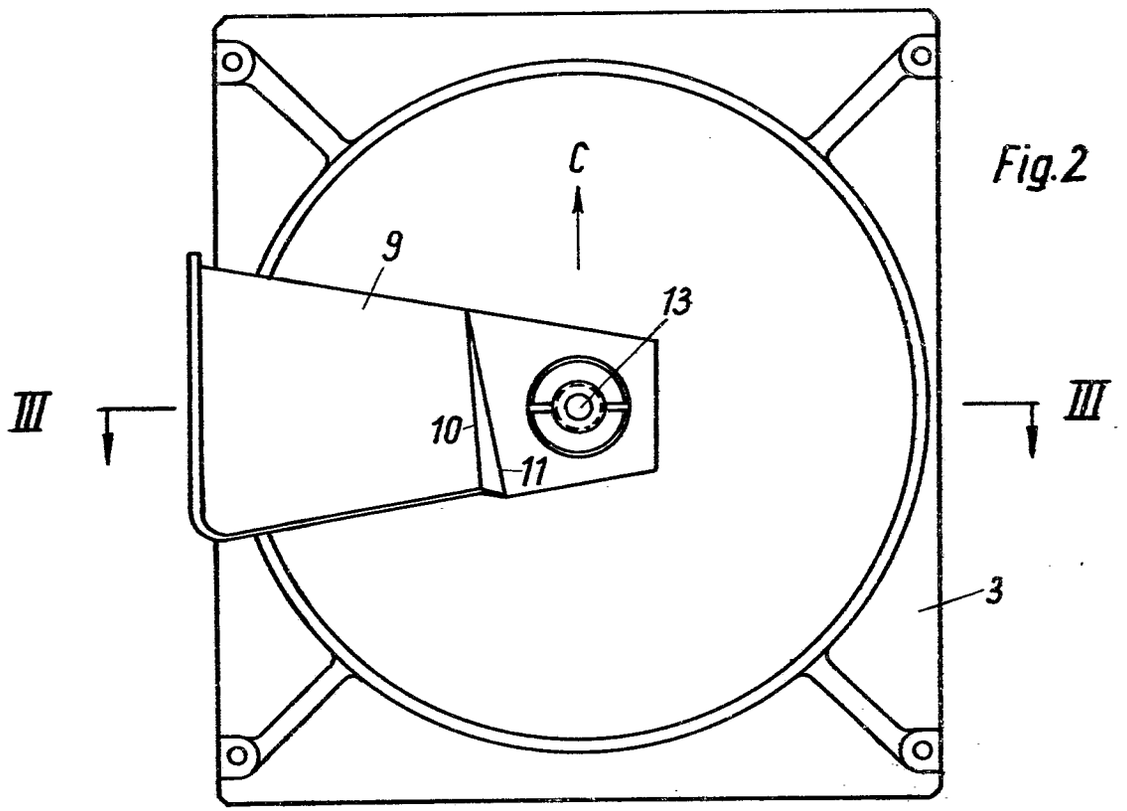


Fig. 2

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 093 017 A2

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
18.04.2001 Bulletin 2001/16

(51) Int. Cl.[7]: **G03F 1/00**, G03F 7/20

(21) Application number: **00122146.4**

(22) Date of filing: **12.10.2000**

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: **13.10.1999 US 417518**

(71) Applicant:
Applied Materials, Inc.
Santa Clara, California 95052 (US)

(72) Inventors:
- **Kenan, Boaz**
  Rehovot (IL)
- **Eran, Yair**
  Rehovot (IL)
- **Karpol, Avner**
  Nes Ziona (IL)
- **Elyasaf, Emanuel**
  Rehovot (IL)
- **Tirosh, Ehud**
  Jerusalem (IL)

(74) Representative:
Zimmermann, Gerd Heinrich et al
Zimmermann & Partner,
P.O. Box 33 09 20
80069 München (DE)

(54) Method and apparatus for reticle inspection using aerial imaging

(57) A reticle inspection system for inspecting reticles can be used as an incoming inspection tool, and as a periodic and pre-exposure inspection tool. Mask shops can use it as an inspection tool compatible to their customers, and as a printable error detection tool. The inventive system detects two kinds of defects: (1) line width errors in the printed image; (2) surface defects. The line width errors are detected on the die area. The detection is performed by acquiring the image of the reticle under the same optical conditions as the exposure conditions, (i.e. wavelength, numerical aperture, sigma, and illumination aperture type) and by comparing multiple dies to find errors in the line width. Surface defects are detected all over the reticle. The detection of surface defects is performed by acquiring transmission and dark-field reflection images of the reticle and using the combined information to detect particles, and other surface defects.

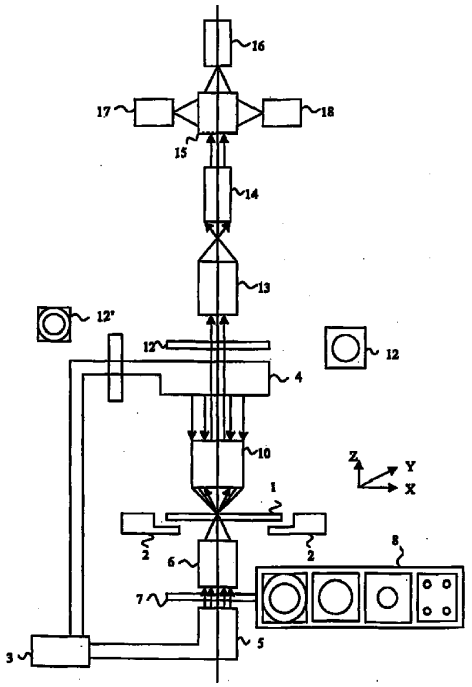


FIG. 1

EP 1 093 017 A2

Description

[0001] This invention relates to techniques for inspecting reticles that are used in fabricating microelectronic devices through a microphotolithographic process. Particularly, the present invention relates to a method and an apparatus for detecting variations in line width and other defects that would be printed on the wafer using such reticles by emulating the operation of a specific photolithography tool in which this reticle is to be used. The invention is embodied in a method and an apparatus that can readily be used for inspecting reticles in the industrial environment.

[0002] Modern microelectronic devices are commonly produced using a photolithographic process. In this process, a semiconductor wafer is first coated with a layer of photoresist. This photoresist layer is then exposed to illuminating light using a photomask (for simplicity, the terms photomask, mask, and reticle will be used here interchangeably) and subsequently developed. After the development, non-exposed photoresist is removed, and the exposed photoresist produces the image of the mask on the wafer. Thereafter, the uppermost layer of the wafer is etched. Thereafter, the remaining photoresist is stripped. For multilayer wafers, the above procedure is then repeated to produce subsequent patterned layers.

[0003] Increasing the number of components in microelectronic circuits produced using the above photolithographic process requires the use of very high resolution images in photoresist exposure. The major limitations on the resolution of the image that can be projected on the photoresist are created by the illuminating light diffraction effects on the features of the mask and the limitations on the quality of the mask itself. The diffraction effects become important when the wavelength of the electromagnetic radiation used in the exposure of the photoresist becomes significant with respect to the size of the features of the mask being reproduced during the exposure. Increasing the resolution and decreasing the size of the reproducible features of the projected images may be achieved by decreasing the wavelength of the light that is being used in the photoresist exposure. For this reason, it is advantageous to use the electromagnetic radiation in the ultraviolet region of the spectrum, which corresponds to the shorter wavelength. Particularly, ultraviolet i-line (365nm) and deep UV (248nm) wavelengths have been used.

[0004] Another method for increasing the resolution of the image is the use of RET (Resolution Enhancement Techniques) which include: off axis illumination, OPC (Optical Proximity Correction) reticles, and PSM (Phase Shift Mask) reticles.

[0005] Looking more closely at the OPC method, the layout of the design of the mask is altered in such a way that the mask produces a higher resolution image on the photoresist. The optical proximity corrections introduced into the mask design compensate for the optical proximity effects caused by the limited resolution of the optical exposure system used in the photolithographic process. An optical stepper is one example of the optical exposure system. Other types of optical exposure systems include optical scanners and step-and-scan exposure systems. Most common optical proximity effects include corner rounding, line end shortening, and line width non-linearity. Processing of the mask including mask etching also contributes to the proximity effects. To correct for the proximity effects, such as corner rounding, reentrant and outside serifs are added to the mask design, and to correct for the line width variations, so called sub-resolution features are used.

[0006] It should be appreciated by those skilled in the art that to produce an operational microelectronic circuit, a mask must be as defect-free as possible, preferably completely defect-free. Therefore, mask inspection tools are needed to detect various defects in the masks that can potentially reduce the microelectronic circuit fabrication yields. Smaller feature sizes of the masks used in the microphotolithographic process, as well as the use of the phase shift and OPC masks, require more sophisticated tools for mask inspection. For instance, the inspection of the phase shift masks requires not only finding "conventional" defects, such as particles, but also detecting errors in the thickness of various regions of the mask. Numerous systems for mask inspection have been developed in response to the growing demands of the electronic industry.

[0007] Early mask inspection tools used actual photoresist exposure to study the quality of the mask. According to this method, the mask is placed on the optical exposure system and used to actually expose the photoresist. The image obtained in this way is then studied to determine if the mask performs to the specifications. Because this method is expensive, time-consuming, and often inaccurate, it is uneconomical and inefficient.

[0008] Certain kinds of mask defects (called "surface" defects, for example, a particle on the surface of a mask) can be detected by inspecting the mask using the image of the mask produced by the light transmitted through the mask and the light reflected by one face of the mask. The mask inspection tool that uses this method acquires both images and analyzes them. The results of the analysis of the two images yield the information on the condition of the mask. The image analysis may use die-to-die comparison, die-to-database comparison, or reflected image to transmitted image comparison. In the die-to-die comparison method, the acquired images of a die of the mask are compared to the images of another die from the same mask. In the die-to-database method, the acquired images are compared to images that are simulated using the design specifications.

[0009] Such an inspection system can detect

defects that may or may not print on the photoresist during the actual photolithographic process. The major drawback of this method is that it studies the physical structure of the mask independently of the optical image actually produced by the mask on the wafer. For instance, variations in the line width of the image that the mask produces frequently are higher than the corresponding variation in the line width of the mask itself .This phenomenon is called MEEF (Mask Error Enhancement Factor). Another example is PSM, in which there is no visible relation between phase error and the printed image. It is desirable, therefore, to relate the physical structure of the mask to the actual image that the mask creates on the photoresist, and to study directly the image that the mask actually produces.

[0010] In order to facilitate the evaluation of the mask performance during the mask development stage, IBM has recently developed a microscope called the Aerial Image Measurement System (AIMS™) that uses an aerial imaging method for mask evaluation. The Zeiss MSM100, a mask development tool, implementing AIMS™ technology, is available commercially from Carl Zeiss, GmbH of Germany. The MSM100 system can be used to evaluate the printability properties of newly developed masks.

[0011] An aerial imaging method is described in European Patent Application No. 0628806. According to this method, the inspection system simulates an optical exposure system that is used to expose the photoresist during semiconductor device fabrication. The optical system of the mask inspection device uses a set of the exposure conditions, that are used in the actual microphotolithographic process to create an image that would be produced on the photoresist during actual device fabrication. In particular, the system matches the wavelength, the partial coherence of the exposure light, illumination aperture and the imaging numerical aperture NA of the optical exposure system. The created aerial image is magnified and detected using a CCD camera that is sensitive to ultraviolet radiation.

[0012] In addition to evaluation of the mask design, the use of the aerial imaging method permits the detection of the mask defects that would print during the actual microphotolithographic process. Almost any kind of defect on the reticle, including a particle on the transparent region, a pin-hole, a pin-dot, an edge truncation, etc. causes line width variation in the printed image. The term "line width" used herein describes a set of parameters of the image produced by the reticle on the photoresist, such as wire-to-wire distances, that determine whether the reticle is to be rejected as defective. The acquired aerial images are analyzed using the AIMS™ software also developed by IBM. Despite all the above advantages, the Zeiss/IBM system has limited application as a printability review station for a set of detected defects by other inspection systems.

[0013] U.S. Patent No. 5,481,624 describes a system that uses aerial imaging for die-to-database inspection of phase shift masks. According to the described inspection method, an aerial image produced by a phase-shift mask is verified against the original circuit pattern that was used in manufacturing of the mask.

[0014] U.S. Patent No. 5,795,688 discloses a system that uses an aerial imaging method for inspection of microphotolithographic masks having optical proximity corrections using a die-to-database comparison. In this system, an aerial image of a mask manufactured using the aforementioned optical proximity corrections is compared to an aerial image of the same mask obtained by simulation. Various defects in the mask, such as missing chrome, contamination, glass damage, phase defects, and transmission errors are identified as discrepancies between the two images. The simulation process takes into account optical proximity effects due to the limited resolution of the optical exposure system and the proximity effects due to the photoresist etching during the mask manufacturing process. The simulated aerial image can be obtained using the original mask design or, alternatively, using the mask design corrected for optical proximity effects.

[0015] Despite the above advances in the mask inspection technology, at the present time there is no inspection tool that would fulfill the demands of the industry. The IBM system is designed for mask development labs, and not for production stage mask inspection, and therefore does not possess adequate automation.

[0016] Also, the inspection methods based on die-to-database comparison that are used by the existing aerial imaging systems are not always effective, especially for highly complicated mask designs. The die-to-database comparison method uses models describing the behavior of an optical exposure system, as well as the effects of the etching used in the mask manufacturing process to produce the simulated image used in the mask inspection. However, the actual mask is different from the mask design due to limitations of the mask writing tool. As a result, there are limitations in the accuracy of the transformation from DB to aerial image. Inadequate simulation can lead to a significant numbers of "nuisance" defects - the discrepancies between the acquired aerial image and the simulated image caused not by the presence of actual defects in the mask, but by inadequacies in the simulation model. Nuisance defects can greatly complicate the mask inspection. For all the foregoing reasons, the limitations on the quality of the simulated images limit the performance of the aerial imaging inspection techniques that use the die-to-database comparison.

[0017] Accordingly, there is a need for a mask inspection system that would make it possible to detect errors in the line width of the image that the mask would actually produce on the photoresist.

[0018] The system also must be capable of detecting the presence of surface defects such as particles, contaminations, coating defects, and the like.

[0019] It also isdesirable for the mask inspection system to provide speedy and reliable identification of the above mask defects. Such a system would be able to work efficiently in a clean manufacturing environment such as fabs and mask shops and increase the productivity thereof.

[0020] The present invention intends to overcome the above problems. The object is solved by the method and apparatus for inspecting according to independent claim 1.

[0021] Further advantages, features, aspects and details of the invention are evident from the dependent claims, the description and the accompanying drawings.

[0022] In view of the foregoing, it is one feature of the present invention to provide an inspection system that provides more complete information on the properties of the photolithographic mask. Particularly, it is a feature of the present invention to provide a mask inspection system capable of detecting errors in the image that the mask would actually print on the photoresist during exposure.

[0023] It is another feature of the present invention to provide a mask inspection system capable of detecting the presence of other mask defects, particularly surface defects.

[0024] It is yet another feature of the present invention to provide a mask inspection system that provides speedy and reliable identification of the above mask defects.

[0025] According to one aspect of the present invention, there is provided a method for inspecting a multiple die reticle that is used with an optical exposure system under a set of exposure conditions, the multiple die reticle including at least a first and a second die. In accordance with the inventive method, a plurality of images of the reticle are acquired using transmitted light under the indicated exposure conditions. The plurality of images of the reticle includes images of the first die and images of the second die. Each of the plurality of images of the reticle corresponds to a different focal condition. The images of the first die and the second die are used to detect variations in line width in the first die.

[0026] According to a further aspect of the invention, an apparatus is provided which can be used to practice the inventive method. In one embodiment, the apparatus includes a scanner for acquiring a plurality of images of the multiple die reticle under the set of exposure conditions. The plurality of images includes images of the first die and images of the second die. The apparatus also includes an image processing module for detecting variations in line width of the first die by comparing the images of the first die and the images of the second die.

[0027] According to a still further aspect of the invention, an apparatus is provided including: a laser light source; a homogenizer and a transmission light illumination means for illuminating the reticle; and an optical system for producing a plurality of magnified images of the reticle under the set of exposure conditions, the optical system having variable illuminating and imaging apertures for reproducing the indicated set of exposure conditions. The plurality of acquired images of the reticle includes images of the first die and images of the second die. The inventive apparatus also includes an image acquisition module for acquiring the plurality of magnified images of the reticle; and an image processing module for analyzing a condition of the reticle by comparing the images of the first die and the images of the second die. The apparatus also includes an optical system for acquiring dark field reflection images.

[0028] According to another aspect, there is provided a reticle inspection system for inspecting reticles which can be used as an incoming inspection tool, and as a periodic and pre-exposure inspection tool. Mask shops can use it as an inspection tool compatible to their customers, and as a printable error detection tool. The inventive system detects two kinds of defects: (1) line width errors in the printed image; (2) surface defects. The line width errors are detected on the die area. The detection is performed by acquiring the image of the reticle under the same optical conditions as the exposure conditions, (i.e. wavelength, numerical aperture, sigma, and illumination aperture type) and by comparing multiple dies to find errors in the line width. Surface defects are detected all over the reticle. The detection of surface defects is performed by acquiring transmission and dark-field reflection images of the reticle and using the combined information to detect particles, and other surface defects.

[0029] The above features and advantages of the present invention will become more apparent from the following detailed description of preferred embodiments thereof with reference to the attached drawings in which:

Fig. 1 shows a schematic diagram of the scanner unit of the reticle inspection system according to an embodiment of the present invention.

Fig. 2 shows a schematic diagram of the scanner unit of the reticle inspection system according to another embodiment of the present invention.

Fig. 3 shows a block diagram of the reticle inspection system according to an embodiment of the present invention.

Fig. 4 illustrates a method for acquiring transmission and reflection images in an interlace mode.

[0030] Embodiments of the invention will now be described, by way of example only, with reference to the attached drawings.

[0031] The system for defect detection according to the present invention is composed of three main modules: (1) a scanner module; (2) a defect detection image processing hardware module; and (3) a post process and review station. The scanner module scans the reti-

cle and acquires aerial images of the reticle in transmitted light at a plurality of focal planes, preferably three, and dark field images of the reticle in reflected light at one focal plane. By properly adjusting the apertures of the illuminating and imaging parts of the optical system, the NA and the coherence factor are adjusted. The optical system of the scanner module simulates the behavior of an optical exposure system and, as a result, the acquired transmission light aerial images are optically equivalent to those produced on the photoresist under a given set of exposure conditions. The image processing module then uses the acquired images to detect the defects in the reticle.

[0032] The system detects reticle defects, such as line width errors, by using die-to-die comparison of the aerial images of multiple dies. In addition, "surface" defects in the reticle are detected by comparing the transmission images of the reticle to the dark field reflection images of the reticle. The reflection to transmission image comparison procedure operates on the entire scanned area of the reticle regardless of the dies. The scanning of the reflection images is separated in time from scanning of the transmission images. Such separation can be accomplished by using a separate scan for each particular type of image. For instance, during the first scan the system acquires the reflection image, and during the second scan the system acquires the transmission image. The time separation may also be achieved by acquiring both types of images in an interlace mode, as shown in Fig. 4. In Fig. 4, a table holding the reticle is moved in such a way, that the camera frame 201 moves continuously relative to the surface of the reticle. Light pulses 202 and 203 are generated alternatingly using the transmission and the reflection light illumination systems, respectively. Therefore, the camera acquires images of the reticle alternatingly in transmitted and reflected light. The camera window is arranged is such a way, that the camera simultaneously acquires images of two rectangular spots of the reticle, which provides for continuity of image acquisition. The imaging resolution need not be the same for the two detection modes. A software-based post process and review station reviews and analyzes the images of the detected defects through the focus range of the exposure system.

[0033] There now follows a detailed description of the three modules of the inventive reticle inspection apparatus and their methods of operation.

Scanner unit

[0034] Preferably, the scanner unit scans the entire active area of the reticle and acquires sequentially three or four digital images: two or three transmission aerial images at different focal planes, and a dark field reflection image. The scanner unit supplies the scanned images of the detected defects acquired during scanning for off-line review. The scanner unit is also capable of acquiring additional aerial images of the detected defects at additional focal planes during the review stage.

[0035] Fig. 1 illustrates the internal organization of the scanner unit. The scanner unit includes many of the components of an optical microscope column. With reference to Fig. 1, the scanner scans a reticle 1 fixed on a moving stage 2. Laser light from a light source 3 is used to illuminate the reticle 1. The light source 3 preferably is a pulsed laser source, but the light source 3 could also operate continuously. The radiation provided by the light source 3 preferably has the exact wavelength of the exposure system, with which the reticle is designed to be exposed, for example deep UV (248nm) or 193nm.

[0036] When the scanner module acquires the aerial images of the reticle in the transmitted light, the bottom surface of the reticle is illuminated using a transmission light illumination system which includes a homogenizer and illumination optics 5, an illumination aperture 7, and a condenser 6, The homogenizer has a function, among others, of reducing speckle resulting from the use of a coherent illumination source. The structure of the homogenizer is not critical, so long as the homogenizer reduces speckle appropriately. The aerial images of the reticle 1 acquired by the scanner module simulate the images that would be produced by the reticle 1 on the photoresist, when the reticle 1 is placed on an optical exposure system. In this mode, the radiation from the illuminating light source 3 passes through the homogenizer and illumination optics 5 and the condenser 6. The condenser 6 reduces the diameter of the illuminating beam of light in the reticle plane to just a little more than the size of the field of view of the imaging system. Between the condenser 6 and the homogenizer and illumination optics 5 there is an illumination numerical aperture 7 (NA_{ill}), the size and the shape of which can be changed by an illumination aperture changer 8. Adjusting the size and the shape of the illumination aperture 7 permits reproduction of the illumination and the coherence conditions of the photoresist exposure tool. In particular, the aperture 7 is selected to set the proper coherence ratio sigma and to choose between on axis and off axis illumination such as a quadrupole or an annular mode of illumination, as described below.

[0037] The objective 10 collects the light transmitted by the reticle 1 in the transmission light illumination operating mode and the light reflected by the reticle in the dark field illumination operating mode. After passing through the objective 10, the light passes through the collecting adjustable numerical aperture diaphragm 12, which is situated in the optically designed aperture stop surface or a conjugate surface. The size of the collecting numerical aperture diaphragm 12 is selected to reproduce the operating conditions of the exposure system used in the microphotolithographic process. Therefore, the aerial image of the reticle 1 created by the optical system of the reticle inspection apparatus

according to the invention is equivalent to the image produced on the photoresist by the optical exposure system during the microphotolithographic process.

[0038] The light emerging from the numerical aperture 12 is then focused by a lens, such as tube lens 13 to produce an image of the reticle 1, This image is then magnified by a zoom magnification lens 14. After passing through the zoom magnification lens 14, the light beam is being split by a beam splitter 15 to produce three images of the reticle in the three CCD cameras of the reticle inspection apparatus: a first focus/dark field reflection camera 16, a second focus camera 17, and a third focus camera 18. It should be noted that while the use of three CCD cameras presently is preferred, the invention is not limited to the use of this number of CCD cameras. Any camera configuration or combination that produces the desired three images of the reticle may be used

[0039] When the scanner acquires images of the reticle in the reflected light, the reticle is being illuminated by a dark field illumination system 4. In this mode, the dark field illumination system 4 directs a beam of illuminating light from the laser source 3 at the top face of the reticle 1. The light from laser source 3 directed at the top face of the reticle 1 by the dark field illumination system passes through a annular numerical aperture (NA_{ann}) diaphragm 12'. In one embodiment of the invention the aperture 12' is ring-shaped so that the light, after passing through the aperture 12', goes around objective 10 and illuminates reticle 1. In another embodiment, the illuminating light emerging from the dark field illumination system 4 passes through the objective 10 and again illuminates reticle 1. A portion of this illuminating light is reflected by the reticle 1 and travels in the opposite direction, passing through the objective 10 and then through the collecting numerical aperture (NA_{coll}) diaphragm 12, before being detected as described above. In another embodiment of the invention, as shown in Fig. 2, the dark field illumination system 4 is placed to the side of the objective 10 so as to illuminate the top face of the reticle 1 from the side. In this configuration, the illuminating light from the dark field illumination system 4 need not pass through the NA diaphragm 12 and objective 10.

[0040] In another embodiment of the invention the system is equipped with a suitable auto-focusing system (not specifically shown) aimed at maintaining the inspection plane of the reticle in the focal plane of the objective 10. This is generally done by providing motion of the stage 2 or the objective 10 in the Z direction.

[0041] When the reticle inspection apparatus according to the invention operates in the dark field illumination mode, the top face of the reticle 1 is illuminated by the dark field illumination system 4 and the first focus/dark field reflection camera 16 acquires the image of the reticle 1 in the reflected light.

[0042] On the other hand, when the reticle inspection apparatus operates in the transmission light illumination mode, the reticle 1 is illuminated by the transmission light illumination system 5 and the three images of the reticle in the transmitted light are simultaneously acquired by the first focus/dark field reflection camera 16, the second focus camera 17, and the third focus camera 18. During this operating mode, the first focus camera 16 is in focus, while the second and the third focus cameras 17 and 18 are at the edges of the simulated process window of the exposure system. The term "process window" refers to the acceptable range of the focus and the exposure dose that can be used in the exposure of the reticle by the exposure system to achieve the image on the photoresist, which satisfies the requirements of the wafer specification. The second focus camera 17 is at one edge of the process window, while the third focus camera 18 is at the other edge. It should be noted that the aerial images of the reticle created in the cameras 16-18 are significantly magnified (typically x50-x200). On the other hand, in the exposure system, the image of the reticle is demagnified (typically x1/4-x1/5). For this reason, the process window for creating the aerial image (the distance between marginal allowed focal planes) is so magnified, as to allow a large variation in the positions of the focal planes of the cameras. The positions of these focal planes can be adjusted by conventional mechanical means.

[0043] It will be readily appreciated that the images of the reticle acquired by cameras 16-18 can be used to determine the process window of the reticle exposure system. This can be done through comparison of the aerial images of the reticle, acquired under different exposure and focal conditions, with the corresponding design specifications of the wafer. The focal position of the system can be further finely adjusted by displacing the reticle in z-direction, as shown in figure 1.

[0044] The method of operation of the inventive reticle inspection apparatus is described below. The stage 2 moves the reticle 1, in such a way that the scanner unit scans the reticle, slice-by-slice in a serpentine manner. The width of a slice is preferably the width of the optical field of view of the system. The CCD cameras 16, 17, and 18 can be line CCD devices capable of simultaneously acquiring an image of the entire slice of the reticle 1. Alternatively, CCD cameras 16, 17, and 18 can be of a shift-delay type. Preferably, the cameras 16-18 are sensitive in the ultraviolet range, particularly in the deep UV range.

[0045] In one embodiment of the invention, the moving stage 2 and the reticle 1 move in a continuous manner. The CCD cameras 16, 17, and 18 are triggered by the stage 2 to acquire the image of the slice of the reticle 1 every time the stage has passed one field of view. Preferably, the image of the reticle is acquired by shooting a laser pulse from laser source 3 through the illumination optics 4 or 5 of the system and acquiring the images with digital area cameras 16-18 through the imaging optics. It will be appreciated that if the pulsed laser source is used to illuminate the reticle, the reticle

need not be stationary at the time of the image capture and, for this reason, the reticle can be moved continuously. The same result can be achieved through using a short exposure time for the cameras 16-18. In another embodiment of the invention, the stage 2 and the reticle 1 move in a stepwise manner.

[0046] As can be appreciated, when the apertures 7 and 12 are inserted into the beam's path during the transmission light illumination mode, the optics of the scanner unit emulates the optics of an exposure tool. Particularly, the illumination aperture 7 selectively alters the effective illuminating NA_{ill} of the condenser 6, while the aperture 12 changes the collection numerical aperture NA_{coll} of the objective 10. A ratio of the NA_{ill} to the NA_{coll} is called a pupil filling ratio of the objective and is responsible for the coherence of the reticle illumination. The smaller the value of the pupil filling ratio, the higher the coherence of the reticle illumination.. Note that the numerical aperture 7 can have more complex configuration, for example four small apertures displaced with respect to the axis of the beam. Other illumination aperture configurations can be used to emulate different exposure systems and their interaction with the reticle.

[0047] In addition to determining the coherence of the illuminating light, the illumination numerical aperture 7 can be used to shape the light beam to more closely resemble the exposure tool. To that end, the illumination aperture 7 may be a diffractive optical element or a proper apodization aperture affecting also the shape of the incident beam. The aperture 7 can provide a flat-top beam, i.e. a beam with uniform intensity distribution over the cross-section of the beam. Accordingly, by adjusting the shape and the size of the numerical apertures 7 and 12, the inspection tool emulates the illuminating conditions of the exposure tool, including its effective NA, the coherence of the illumination, and the shape of the illuminating beam. For every field of view, three or four images are acquired: two or three transmission aerial images at different focal planes and a high resolution dark field reflection image. By properly adjusting the size of the numerical apertures 7 and 12, the system simulates the behavior of an optical exposure system and, as the result, the acquired aerial images are optically equivalent to those produced on the photoresist under a given set of exposure conditions.

[0048] In the transmission light illumination mode, the different focus images of the reticle 1 are acquired with three CCD cameras 16-18 at different focal conditions. Camera 16 is also used to acquire the image of the reticle in the reflected light in the reflected light illumination mode. In another embodiment, a separate camera is used to acquire the dark field reflection image in the dark field illumination mode. The acquisition of the transmission and the dark field reflection images is sequential. In one embodiment of the invention it is accomplished by interlacing the fields of views. This can be done if the same pixel size is used in both imaging modes. In another embodiment, two separate scans are used. Preferably, the digital data from each camera is compensated for distortion, registration error, illumination non-uniformity, and the camera's pixel non-uniformity. The corrected data is sent with the synchronization signal to the image processing module. The scanner is controlled by a main controller computer (not shown).

[0049] Preferably, the scanner unit also includes a hardware synchronization module (not shown) which synchronizes the system, and creates dummy signals for diagnostics purposes. The movement of the stage 2 is monitored by a laser interferometer (not shown) that generates a clock for the system. The synchronization module uses this clock to synchronize the laser pulses from the illuminating laser source 3 and the exposures of the cameras 16-18. The compensation cards (not shown) compensate for optical image distortions, registration errors, variations of the camera pixels' sensitivity, and variations of the laser pulses' intensity. The conditions of the scan are set by the operator through the main control computer (not shown) to match the exposure conditions (NA, sigma, aperture type) and the detection sensitivity (magnification).

[0050] The scanner transmits digital images, synchronization and clock signals to the image processing module. The image data transmission lines can be made sufficiently long to permit the scanner unit and the image processing module to be in different locations. Preferably, the scanner can be used by the post process and review station through the main computer to grab images of the defects at various focus positions.

Image Processing Module

[0051] Preferably, the image-processing module is a real-time image-processor that finds defects in the imaged pattern generated using the scanner unit. There are two kinds of defects that need to be detected: (1) surface defects, such as particles, damaged antireflection coating, photoresist residuals, etc.; and (2 errors in the printed pattern. In some cases, surface defects can cause errors in the printed image. Preferably, the image processing module can process in parallel three to four digital images of the reticle, received from the scanner: two to three aerial images from different focal points, and a dark field reflection image. Errors in line width are detected by comparing die to die images from the same focal plane. Surface defects are detected by comparing the dark field reflection image of the reticle to the transmission image of the same reticle. Because the die-to-die and the transmission-to-reflection comparison do not occur at the same time, they may be carried out by the same image processing module. The image processing module grabs and saves images of the detected defects and the corresponding good dies for review in the post process and review station.

[0052] Preferably, the three streams of the image data from the three focal cameras 16, 17, and 18, are

transferred to three different image processing modules for processing. Camera 16 is also used as the dark field camera in the dark field imaging mode. The dark field image is transferred to an additional image processing module.

[0053] There are two modes of processing - D2D (die-to-die) and T&R (transmitted & reflected). In both operating modes, D2D and T&R, the image processing module spools the data from the entire slice before starting processing. Since the D2D and the T&R image processing operations do not occur at the same time, they can be run on the same image processing hardware, but it should be noted that each mode may require different image processing components such as image detectors.

[0054] The D2D comparison procedure operates in the following way. Initially, the image processing unit spools the entire slice of the reticle 1 into its buffers. After the image data of the full slice of the reticle 1 is spooled, each image processing channel of this image processing unit retrieves two streams of image data, each stream corresponding to a separate die, registers one stream to the other and then compares the image data contained in the two streams. One of the two streams of image data is delayed by L lines (L being the die's repeat frequency), so that the two image streams correspond to two different dies. During this processing stage, the processing is limited only to the die area of the reticle. In another embodiment, any one die can be compared to the average of all the other dies in the buffer.

[0055] In the T&R operating mode, the image processing functions in the following way. After the image data representing a full slice of the reticle is spooled in the buffers, each image processing channel retrieves two streams of image data, registers one to the other and then runs the detection algorithm on their combined image. In this operating mode, the processing is not limited to the die area, and can be done on the entire mask.

Post process and review station

[0056] The post process and review station is used to automatically analyze the image data. It also enables the user to review the suspected defects detected with the image processing module. Preferably, the post process and review station is software-based and operates on a computer workstation. Particularly, the defects in the reticle detected using die-to-die comparison of aerial images, or using the comparison of the aerial images to the acquired dark field reflection image, can be further studied and classified by comparing the acquired aerial images to the simulated aerial images, which can be obtained using simulation software. For example, one of the widely available simulation software packages (AIMS™, VSS™, Sigma C, Finley™) can be adapted for this purpose. The AIMS™ software was designed by IBM Corporation to be used on the MSM100 tool and can simulate the aerial images of the phase shift masks, as well as the masks having optical proximity corrections. The VSS™ and Finley™ software packages can run on a general purpose computer. These packages input the exposure conditions, such as the exposure system's NA, and produce the simulated image by emulating the behavior of the reticles as well as that of the photoresist. This simulated image is used to conduct additional, more accurate study and classification of the detected defects.

[0057] Preferably, the post process and review station is operated using a user-friendly graphical user interface. The post process and review station has several modes of operation.

[0058] The post process and review station reviews and classifies the detected defects at the user control. According to an embodiment of the invention, the user can select a defect from the defect list created by the image processing module. In response, the system displays the detected defects and the corresponding good die aerial images at the focal points of the scan on the monitor screen. In this embodiment, the line width measurements of the defective and good features (at the wafer plane) can be calculated according to the user's request. The system is also capable of performing a calculation on the probability of the defect printability.

[0059] According to an embodiment of the invention, the processor of the post process and review station tries to build an overlapping process window for all the defective and the corresponding good dies. The window's graph is presented to the user. Defects that cannot be included in a reasonable process window are excluded from the common process window during the automatic calculation. The calculation of the process window makes it possible to offset the exposure system's working point accordingly.

[0060] In another embodiment, more accurate analysis of the process window is accomplished using online review of the defects. According to this embodiment, images at a larger number of focal points are grabbed at the user's request and processed immediately by a more accurate overlapping process window. In this embodiment, high NA, high-resolution images of the defects, especially the out of window defects, are acquired. This enables one to visualize the actual defects on the reticle, especially those defects that cause the line width variations on the wafer. If the defect is a particle on the chrome of the reticle, a reflection image thereof is also acquired and used in the defect analysis.

[0061] In another embodiment of the invention, the system uses the results of the line width measurements for individual dies of the reticle 1 to generate a map of the line width variations for the entire reticle. The generated map is then displayed to the user in a graphical format. For instance, different areas of the reticle having

different values of the line width variations may be drawn in different colors. Such a map provides a very useful method for visualizing how the amount of variation in line width changes from die-to-die on the reticle. For example, it is important to see how the amount of variation in line width is different for the peripheral dies, as compared to the central dies.

[0062] Fig. 3 shows a block diagram illustrating the operation of the reticle inspection system according to an embodiment of the invention. With reference to Fig. 3, the scanner unit 101 acquires images of the reticle and transmits the image data 104 to the image processing unit 102 for processing. The image processing unit 102 performs processing of the image data and detects defects in the reticle. After that, the image processing unit 102 transmits the processed image data 105 of the defective and good dies to the post process and review station 103 for subsequent analysis and display. The post process and review station can send control signals 106 and 107 to the image processing unit and the scanner unit. If in the process of image analysis in the post process and review station additional images are needed, such as images from additional focus surfaces, the post process and review sends request 107 to the scanner unit 101 to grab additional images and request 106 to the image processing unit to process those additional images.

[0063] While the invention has been described herein using preferred embodiments thereof it will be readily appreciated by those skilled in the art that various modifications in form and detail may be made therein without departing from the scope and spirit of the invention.

Claims

1. A method for inspecting a multiple die reticle that is used with an optical exposure system under a set of exposure conditions, said multiple die reticle including at least a first die and a second die, said method comprising:

   acquiring a plurality of aerial images of said reticle using a transmitted light, said plurality of aerial images being acquired within a process window of said exposure system and using said set of exposure conditions; said plurality of aerial images including a first plurality of aerial images of said first die and a second plurality of aerial images of said second die; and
   comparing said first plurality of aerial images of said first die and said second plurality of aerial images of said second die to detect variations in line width in said first die.

2. The method of claim 1, wherein prior to said comparison step, said aerial images of said first and said second dies are transformed to simulate a behavior of a exposure system and the photoresist.

3. The method of any of claims 1 to 2, wherein said acquired aerial images of said reticle are magnified in relation to corresponding images created on photoresist by said optical exposure system using said reticle.

4. The method of any of claims 1to 3, wherein each of said first plurality of aerial images of said first die corresponds to a different focal condition; and each of said second plurality of aerial images of said second die corresponds to a different focal condition.

5. The method of claim 4, wherein different focal conditions represented in said first and second pluralities of aerial images expands the focus dimension of the process window of the exposure system.

6. The method of any of claims 1 to 5, wherein there are three aerial images in said first plurality of aerial images, and three aerial images in said second plurality of aerial images.

7. The method of any of claims 1 to 6, wherein:

   a first aerial image of said first plurality of aerial images of said first die is in focus;
   a second aerial image of said first plurality of aerial images of said first die is out of focus in a positive direction; and
   a third aerial image of said first plurality of aerial images of said first die is out of focus in a negative direction.

8. The method of any of claims 1 to 7, wherein:

   a first aerial image of said second plurality of aerial images of said second die is in focus;
   a second aerial image of said second plurality of aerial images of said second die is out of focus in a positive direction; and
   a third aerial image of said second plurality of aerial images of said second die is out of focus in a negative direction.

9. The method of any of claims 1 to 8, further comprising:

   acquiring an image of said reticle using a reflected light; and
   using said acquired image of said reticle and said plurality of aerial images of said reticle to detect defects in said reticle.

10. The method of claim 9, wherein said reflected light is produced by illuminating said reticle using a dark field illumination system.

11. The method of any of claims 1 to 10, further comprising displaying results of said comparison in a graphic form.

12. The method of any of claims 1 to 11, further comprising using results of said comparison to produce a map of said variations in said line width of said first die.

13. The method of any of claims 1 to 12, wherein said transmitted light is provided using a pulsating light source.

14. The method of claim 13, wherein said pulsating light source is a pulsating laser.

15. The method of any of claims 9 to 14, wherein said reflected light is provided using a pulsating light source.

16. The method of claim 15, wherein said pulsating light source is a pulsating laser.

17. The method of any of claims 1 to 16, wherein said acquiring said plurality of aerial images comprises placing said reticle on a stage and moving said stage in a continuous manner.

18. A method for inspecting a reticle that is used with an optical exposure system under a set of exposure conditions, said method comprising:

acquiring a plurality of aerial images of said reticle using a transmitted light, said plurality of aerial images being acquired within a process window of said exposure system and using said set of exposure conditions;
acquiring an image of said reticle using a reflected light; and
using said acquired image of said reticle and said plurality of aerial images of said reticle to detect defects in said reticle.

19. The method of claim 18, wherein said acquired images of said reticle are magnified in relation to corresponding images created on photoresist by said optical exposure system using said reticle.

20. The method of any of claims 18 to 19, wherein each of said plurality of aerial images of said reticle corresponds to a different focal condition.

21. The method of any of claims 18 to 20, wherein said transmitted and said reflected light are provided using a pulsating light source.

22. The method of claim 21, wherein said pulsating light source is a pulsating laser.

23. The method of any of claims 18 to 22, wherein said acquiring said plurality of aerial images comprises placing said reticle on a stage and moving said stage in a continuous manner.

24. An apparatus for inspecting a multiple die reticle 1 that is used with an optical exposure system under a set of exposure conditions, said multiple die reticle 1 including at least a first die and a second die, said apparatus comprising:

a scanner 101 for acquiring a plurality of aerial images of said multiple die reticle under said set of exposure conditions; said plurality of aerial images of said reticle comprising a first plurality of aerial images of said first die and a second plurality of aerial images of said second die; and
an image processing module 102 for detecting variations in line width of said first die of said reticle using said first plurality of aerial images of said first die and said second plurality of aerial images of said second die of said multiple die reticle.

25. The apparatus according to claim 24, wherein said scanner 101 comprises a plurality of cameras for acquiring said plurality of aerial images of said multiple die reticle.

26. The apparatus according to claim 25, wherein said plurality of cameras comprises:

a first camera 16 for acquiring a first image of said plurality of aerial images of said multiple die reticle;
a second camera 17 for acquiring a second image of said plurality of aerial images of said multiple die reticle; and
a third camera 18 for acquiring a third image of said plurality of aerial images of said multiple die reticle.

27. The apparatus according to claim 26, wherein:

said first camera is in focus;
said second camera is out of focus in a positive direction; and
said third camera is out of focus in a negative direction.

28. The apparatus according to any of claims 25 to 27, wherein:

said scanner further comprises a light source 3 for illuminating said reticle with an illuminating light; and
said plurality of cameras are sensitive to said

illuminating light.

29. The apparatus according to claim 28, wherein said light source is a pulsating light source.

30. The apparatus according to claim 29, wherein said pulsating light source is a pulsating laser.

31. The apparatus according to any of claims 24 to 30, further comprising a stage on which said reticle is placed, and means for moving said stage in a continuous manner.

32. The apparatus according to any of claims 24 to 31, wherein said scanner further comprises:

a transmission light illumination system for illuminating said reticle;
a dark field illumination system for illuminating said reticle; and
an optical system for collecting light emerging from said reticle and creating aerial images of said reticle in said first, said second, and said third cameras.

33. The apparatus according to claim 32, wherein said optical system of said scanner further comprises a numerical aperture diaphragm for reproducing said set of exposure conditions.

34. The apparatus according to claim 32, wherein said dark field illumination system is positioned adjacent to said optical system.

35. The apparatus according to claim 32, wherein said dark field illumination system is coaxial with said optical system.

36. The apparatus according to claim 32, wherein said dark field illumination system and said transmission light illumination system are positioned on opposite sides of said reticle.

37. An apparatus for inspecting a reticle 1 that is used with an optical exposure system under a set of exposure conditions, said apparatus comprising:

a scanner 101 for acquiring a first plurality of aerial images of said reticle in a transmitted light under said set of exposure conditions and a second plurality of aerial images of said reticle in a reflected light; and
an image processing module 102 for detecting defects in said reticle using said first plurality of aerial images of said reticle and said second plurality of aerial images of said reticle.

38. The apparatus according to claim 37, wherein said scanner further comprises:

a transmission light illumination system for illuminating a first face of said reticle;
a dark field illumination system for illuminating a second face of said reticle;
and
an optical system for collecting light emerging from said reticle and acquiring said first and said second pluralities of aerial images of said reticle.

39. An apparatus for inspecting a multiple die reticle that is used with an optical exposure system under a set of exposure conditions, said multiple die reticle including at least a first die and a second die, said apparatus comprising:

a light source 3;
transmission light illumination means for illuminating said reticle;
optical means for producing a plurality of magnified aerial images of said reticle under said set of exposure conditions, said optical means having a numerical aperture diaphragm for reproducing said set of exposure conditions;
imaging means for acquiring said plurality of magnified aerial images of said reticle; said plurality of magnified aerial images of said reticle comprising a first plurality of aerial images of said first die and a second plurality of aerial images of said second die; and
image processing means for analyzing a condition of said reticle using said first plurality of aerial images of said first die and said second plurality of aerial images of said second die.

40. The apparatus according to claim 39, wherein said light source 3 is a pulsating light source.

41. The apparatus according to claim 40, wherein said pulsating light source is a pulsating laser.

42. The apparatus according to any of claims 39 to 41, further comprising a stage on which said reticle is placed, and means for moving said stage in a continuous manner.

43. The apparatus according to any of claims 39 to 42, further comprising a dark field illumination means for illuminating said reticle.

44. The apparatus according to claim 43, wherein said transmission light illumination means and said dark field illumination means are positioned on opposite sides of said reticle.

45. The apparatus according to any of claims 39 to 44,

wherein said imaging means further comprises a plurality of cameras for acquiring said plurality of magnified aerial images of said reticle when the reticle is illuminated by said transmission light illumination means.

46. The apparatus according to claim 45, wherein said plurality of cameras comprises:

a first camera 16 for acquiring a first image of said plurality of magnified aerial images of said reticle;
a second camera 17 for acquiring a second image of said plurality of magnified aerial images of said reticle; and
a third camera 18 for acquiring a third image of said plurality of magnified aerial images of said reticle; said first, said second and said third aerial images of said reticle being respectively acquired by said first, said second and said third cameras when the reticle is illuminated by said transmission light illumination means.

47. The apparatus according to claim 46, wherein:

said first camera is in focus;
said second camera is out of focus in a positive direction; and
said third camera is out of focus in a negative direction.

48. The apparatus according to claims 46 to 47, wherein:

said first camera acquires a fourth image of said plurality of magnified aerial images of said reticle, said fourth image being acquired when said reticle is illuminated by said dark field illumination system.

49. The apparatus according to claim 48, wherein said image processing means uses said fourth image to identify defects in said reticle.

50. The apparatus according to any of claims 39 to 49, further comprising a post process and review means for displaying said condition of said reticle in a graphical form.

51. The apparatus according to any of claims 46 to 50, wherein:

a wavelength of the light source is identical to the wavelength of the exposure system; and
said first, said second, and said third cameras are sensitive to said spectrum of said laser light source.

52. The apparatus according to any of claims 39 to 51, further comprising a homogenizer disposed in the vicinity of said transmission light illumination means for reducing speckle resulting from use of said light source;

53. A method for determining a process window for exposure of a multiple die reticle by an optical exposure system, said reticle to be exposed by said optical exposure system under a set of exposure conditions, said method comprising steps of:

acquiring a plurality of aerial images of said reticle using a transmitted light under said set of exposure conditions; and
using said acquired aerial images to determine said process window of said optical exposure system.

54. The method of claim 53, wherein:

a first image of said plurality of aerial images of said reticle is in focus;
a second image of said plurality of aerial images of said reticle is out of focus in a positive direction; and
a third image of said plurality of aerial images of said reticle is out of focus in a negative direction.

55. The method of claims 53 to 54, wherein said plurality of aerial images of said reticle and said image of said reticle are acquired using a pulsating light source.

56. The method of claim 55, wherein said pulsating light source is a pulsating laser.

57. The method of any of claims 53 to 56, wherein said acquiring said plurality of aerial images comprises placing said reticle on a stage and moving said stage in a continuous manner.

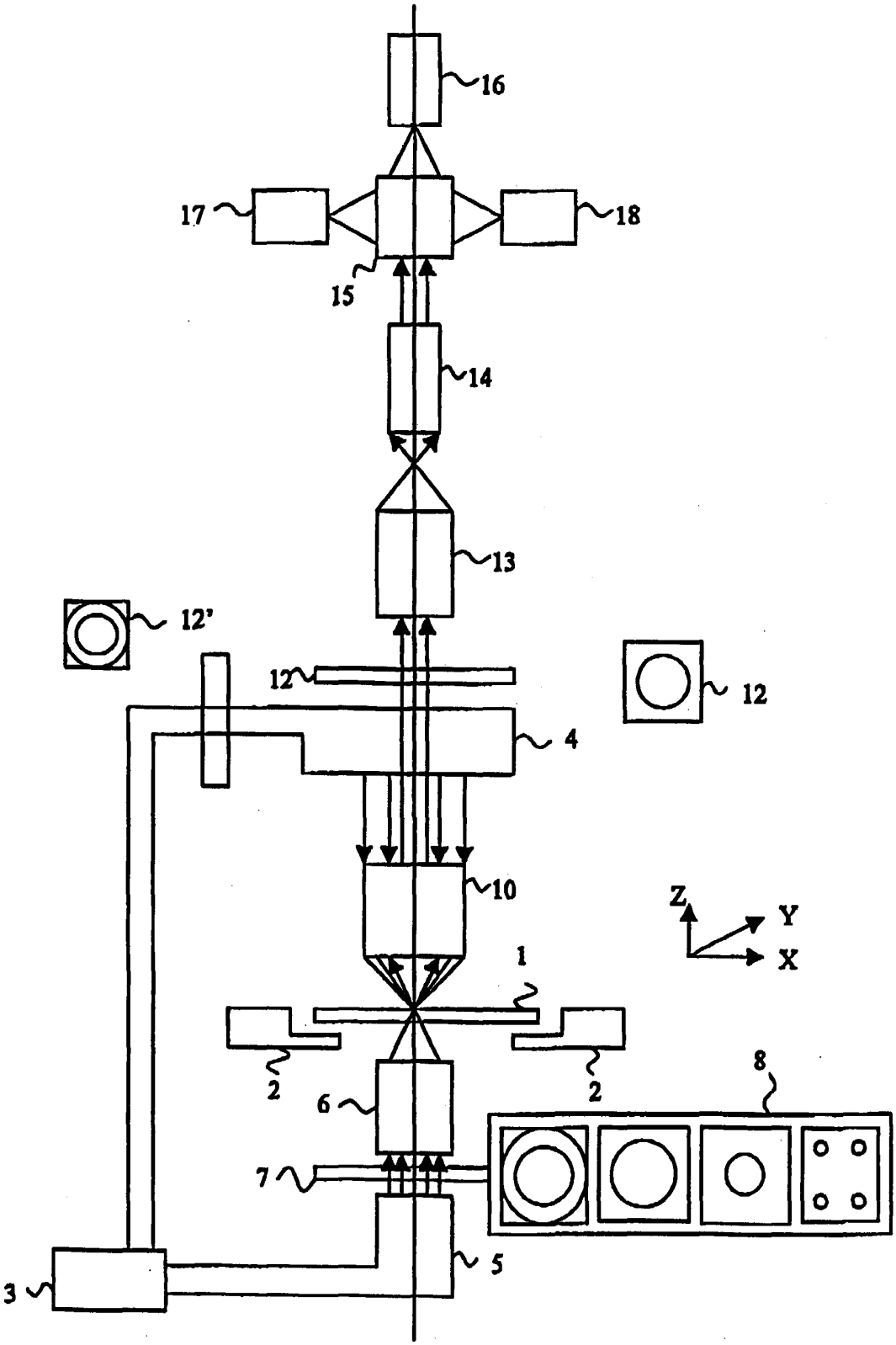


FIG. 1

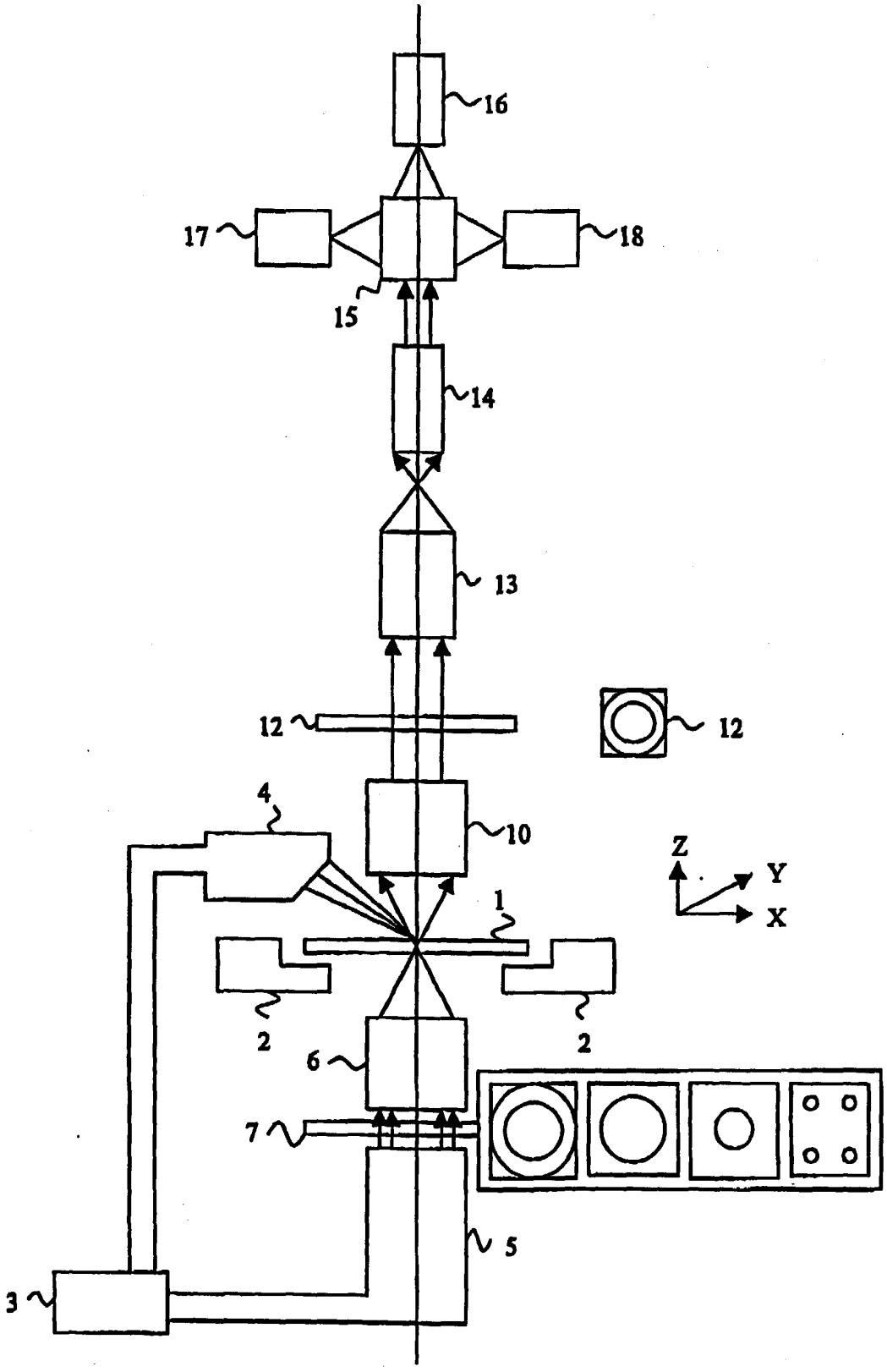


FIG. 2

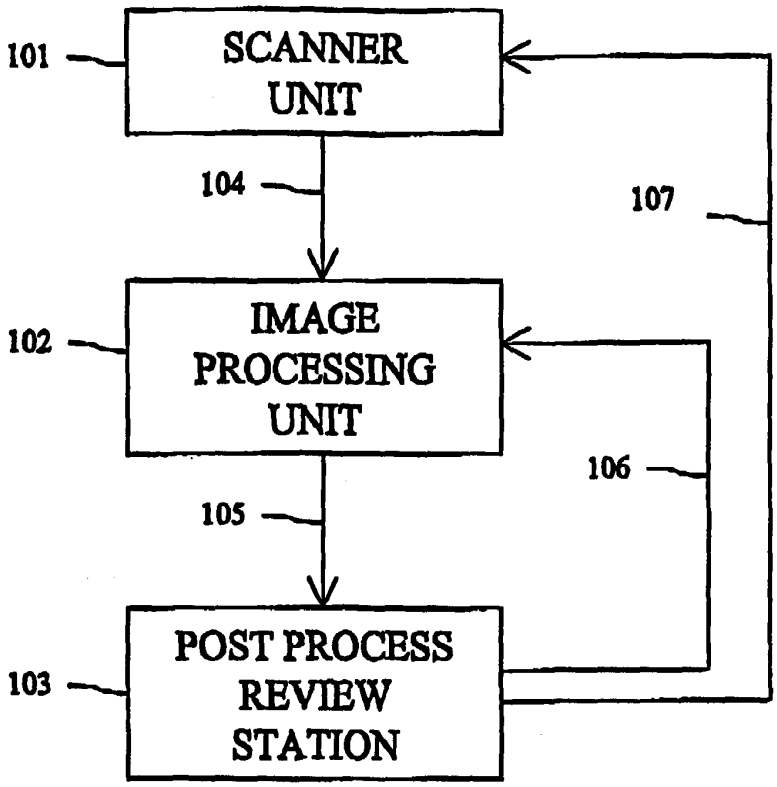

101
SCANNER UNIT
104
107
102
IMAGE PROCESSING UNIT
106
105
103
POST PROCESS REVIEW STATION

FIG. 3

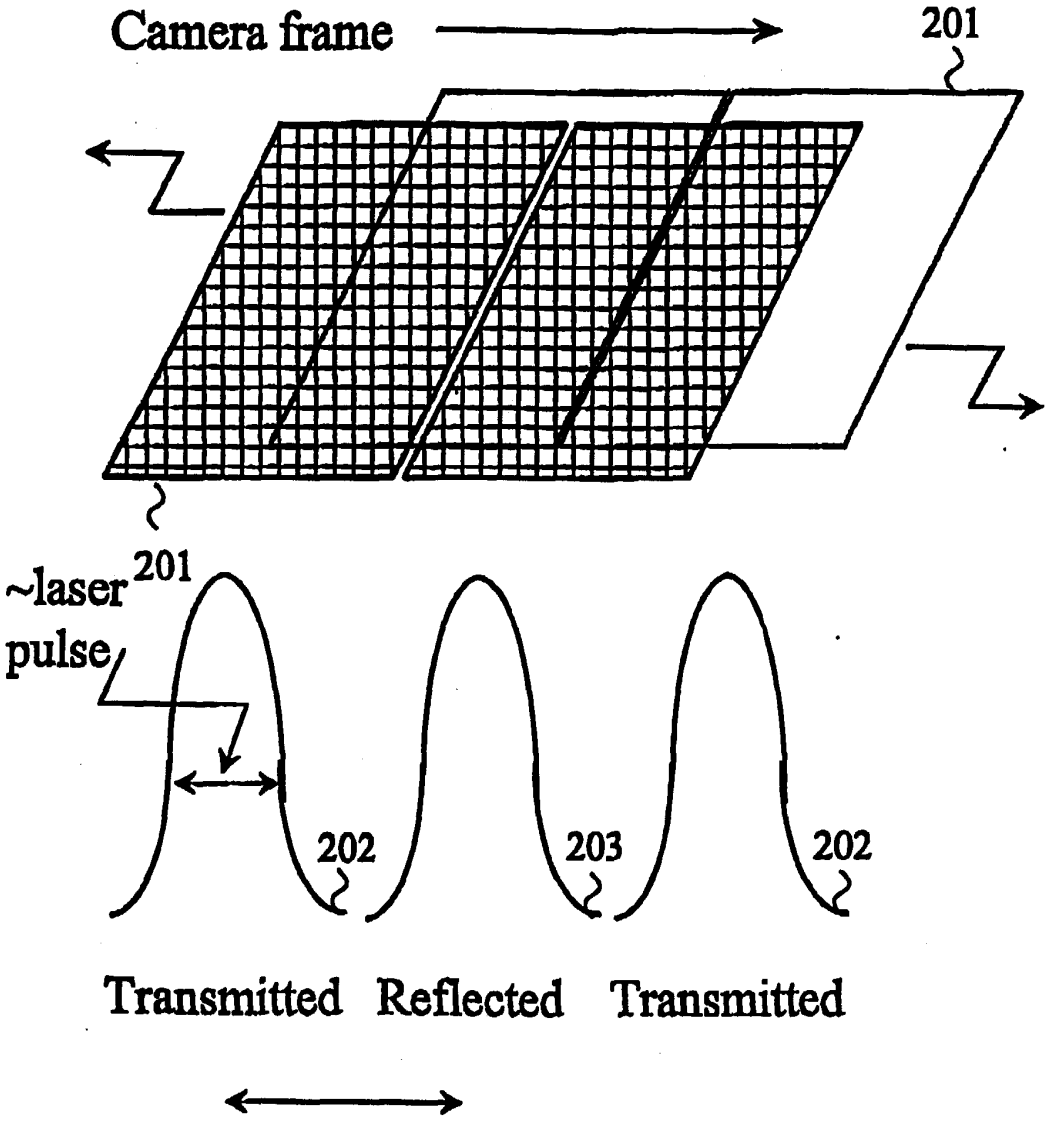

Camera frame
201
~laser pulse
201
202
203
202
Transmitted
Reflected
Transmitted

FIG. 4

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 093 017 A3

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(88) Date of publication A3:
04.08.2004 Bulletin 2004/32

(43) Date of publication A2:
18.04.2001 Bulletin 2001/16

(21) Application number: **00122146.4**

(22) Date of filing: **12.10.2000**

(51) Int Cl.[7]: **G03F 7/20**, G03F 1/00

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: **13.10.1999 US 417518**

(71) Applicant: **Applied Materials, Inc.**
Santa Clara, California 95052 (US)

(72) Inventors:
- **Kenan, Boaz**
  Rehovot (IL)
- **Eran, Yair**
  Rehovot (IL)
- **Karpol, Avner**
  Nes Ziona (IL)
- **Elyasaf, Emanuel**
  Rehovot (IL)
- **Tirosh, Ehud**
  Jerusalem (IL)

(74) Representative: **Zimmermann, Gerd Heinrich et al**
Zimmermann & Partner,
P.O. Box 33 09 20
80069 München (DE)

(54) Method and apparatus for reticle inspection using aerial imaging

(57) A reticle inspection system for inspecting reticles can be used as an incoming inspection tool, and as a periodic and pre-exposure inspection tool. Mask shops can use it as an inspection tool compatible to their customers, and as a printable error detection tool. The inventive system detects two kinds of defects: (1) line width errors in the printed image; (2) surface defects. The line width errors are detected on the die area. The detection is performed by acquiring the image of the reticle under the same optical conditions as the exposure conditions, (i.e. wavelength, numerical aperture, sigma, and illumination aperture type) and by comparing multiple dies to find errors in the line width. Surface defects are detected all over the reticle. The detection of surface defects is performed by acquiring transmission and dark-field reflection images of the reticle and using the combined information to detect particles, and other surface defects.

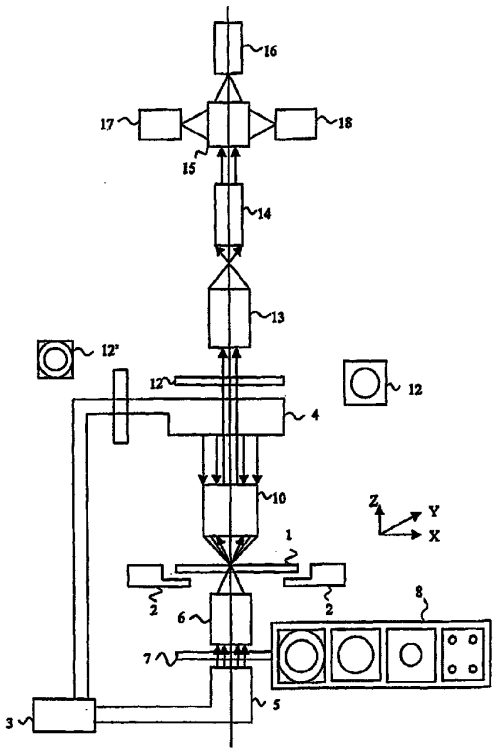


FIG. 1

EP 1 093 017 A3

European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 00 12 2146

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
Y	US 4 247 203 A (SANDLAND PAUL ET AL) 27 January 1981 (1981-01-27) * abstract * * figure 2 * * column 7, line 44-51 *	1-4,6-8, 11,13, 14, 25-36, 38,40, 41, 43-47, 50-52, 55,56	G03F7/20 G03F1/00
D,X	EP 0 628 806 A (IBM) 14 December 1994 (1994-12-14)	24,39	
Y	* abstract; figure 2 * * column 1, line 7-12 * * column 4, line 6-8 * * column 4, line 24-29 * * column 5, line 10-16 * * column 5, line 30-43 * * column 5, line 50 - column 6, line 5 * * column 7, line 50 - column 8, line 3 * * column 8, line 13-18 * * column 8, line 54 - column 9, line 3 * * column 9, line 26-47 * -/--	1-4,6-8, 11,13, 14, 25-31, 37,40, 41, 45-47, 50-52, 55,56	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7) G03F

The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
THE HAGUE	17 May 2004	Menck, A

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 00 12 2146

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
X	BUDD R A ET AL: "Development and application of a new tool for lithographic mask evaluation, the stepper equivalent Aerial Image Measurement System, AIMS" IBM JOURNAL OF RESEARCH AND DEVELOPMENT, JAN.-MARCH 1997, IBM, USA, vol. 41, no. 1-2, pages 119-129, XP002279986 ISSN: 0018-8646	53,54	
Y	* figures 2,6,7,10 * * page 120, right-hand column, line 23-26 * * page 123, right-hand column, line 26-31 * * page 125, right-hand column * * abstract *	32-36, 38,43,44	
Y	KAMON K ET AL: "EXPERIMENTAL AND SIMULATED ESTIMATION OF NEW SUPER RESOLUTION TECHNIQUE" JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART B, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 14, no. 6, 1 November 1996 (1996-11-01), pages 4171-4174, XP000721146 ISSN: 1071-1023 * paragraph '00IV!; figures 5-8 *	37	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)

The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
THE HAGUE	17 May 2004	Menck, A

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO. EP 00 12 2146

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

17-05-2004

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4247203 A	27-01-1981	JP 1050844 B	31-10-1989
		JP 55500510 T	14-08-1980
		US 4347001 A	31-08-1982
		WO 7900876 A1	01-11-1979
EP 0628806 A	14-12-1994	EP 0628806 A2	14-12-1994
		JP 7028226 A	31-01-1995

EPO FORM P0459

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 143 293 A2

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
10.10.2001 Bulletin 2001/41

(51) Int Cl.[7]: **G03C 7/30**

(21) Application number: **01201128.4**

(22) Date of filing: **26.03.2001**

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: **07.04.2000 US 544928**

(71) Applicant: **EASTMAN KODAK COMPANY**
Rochester, New York 14650 (US)

(72) Inventors:
- **Larkin, Thomas P., Eastman Kodak Company**
  Rochester, New York 14650-2201 (US)
- **Mango, Steven A., Eastman Kodak Company**
  Rochester, New York 14650-2201 (US)
- **Leith, Charles F., Eastman Kodak Company**
  Rochester, New York 14650-2201 (US)
- **Kennelly, Daniel T., Eastman Kodak Company**
  Rochester, New York 14650-2201 (US)

(74) Representative:
Nunney, Ronald Frederick Adolphe et al
Kodak Limited,
Patents, W92-3A,
Headstone Drive
Harrow, Middlesex HA1 4TY (GB)

(54) Rapid processing of high contrast aerial color negative film

(57) High contrast color images can be obtained from aerial color photography by rapidly processing certain color photographic silver halide films with a color developing composition under certain conditions. The color developing composition can have a pH of from 10.2 to 10.6 and a color developing agent at a concentration of least 0.015 mol/l. Color development is carried out for less than 180 seconds at from 40 to 42°C. The resulting color images have a contrast greater than 0.83, low D_{min}, low granularity and high sharpness and resolution.

EP 1 143 293 A2

Description

[0001] This invention is directed to a method of providing a high contrast color image in color negative films. In particular, it is directed to rapidly processing high contrast, unmasked aerial color negative films. This invention is directed to the photographic industry.

[0002] Aerial photography is almost as old as photography itself. As soon as people were able to rise above the earth using man made conveyances, the usefulness of imaging various features on the ground was immediately evident. Aerial photography using color photographic films is more recent, but still decades old. The particular characteristics required for such films are high contrast, low minimum density (D_{min}) and high resolution (ability to reproduce fine detail) and sharpness. Achieving all of these features at the same time requires specific film formulation and processing conditions especially color development. Not just any conventional color negative film or color developing composition can be used in this manner.

[0003] Improved visual contrast may be provided by enhancing film sensitivity in certain regions of the electromagnetic spectrum. For example, US-A-5,807,666 (Adin et al) describes aerial films that are sensitized in the infrared region to better display tonal separation, provide better haze penetration and improve sensitivity under low visible light conditions.

[0004] Specific color negative films designed for aerial photography have been commercialized for many years, for example as KODAK AEROCOLOR Negative Films (Eastman Kodak Company). Such films generally have compositions and structures that are common to multi-color negative films that are processed using conventional Process C-41 processing conditions and chemistry, except that what is known as "color correcting chemistry" is typically omitted from the films. Such chemistry is common for conventional general consumer products where color enhancement and reproduction are essential.

[0005] Users of aerial films prefer to obtain images that depict the features on the ground as accurately as possible in what is known as "direct negative interpretation". In addition, the color negative images should be high in contrast and resolution.

[0006] Some conventional high-speed color negative films can be used for aerial photography, achieving the desired high contrast and resolution, if they are exposed to lengthy color development. However, there is a need in the photographic industry for a means to achieve high contrast and sharp color images in shorter times without having to make significant and costly changes to processing equipment and chemistry.

[0007] The present invention provides a first method of providing a color negative image having a contrast of at least 0.83, a D_{min} less than 0.45, an rms granularity of less than 17, a modulation transfer function greater than 39 DMT, a resolving power greater than 80 at 1000:1 high contrast test target and a resolving power greater than 63 at 1.6:1 low contrast test target, the method comprising:

A) contacting an "unmasked" color negative silver halide photographic film with a color developing composition having a pH of from 10.2 to 10.6 and comprising at least 0.006 mol/l of a color developing agent,

the contacting being carried out for less than 180 seconds at a temperature of from 40 to 42°C.

[0008] This invention also provides a second method of providing a color negative image having a contrast of at least 0.8, a D_{min} less than 0.41, an rms granularity of less than 16, a modulation transfer function greater than 39 DMT, a resolving power greater than 100 at 1000:1 high contrast test target and a resolving power greater than 63 at 1.6:1 low contrast test target, the method comprising:

A) contacting an "unmasked" color negative silver halide photographic film with a color developing composition having a pH of from 9.8 to 10.2 and comprising at least 0.01 mol/l of a color developing agent,

the contacting being carried out for at least 240 seconds at a temperature of from 37 to 39°C.

[0009] The inventor also provides a photographic processing kit comprising:

an "unmasked" color negative silver halide photographic film that is capable of providing a color negative image having a contrast of at least 0.83, a D_{min} less than 0.45, an rms granularity of less than 17, a modulation transfer function greater than 39 DMT, a resolving power greater than 80 at 1000:1 high contrast test target and a resolving power greater than 63 at 1.6:1 low contrast test target, and

a photographic color developing composition that, in aqueous form, has a pH of from 10.2 to 10.6 and comprises at least 0.006 mol/l of a color developing agent.

[0010] We have found that the first method of the present invention provides a high contrast color image with low minimum density, very high resolution and low granularity. This type of color image is obtained from an unmasked color negative silver halide photographic film that is color developed for less than 180 seconds at from 40 to 42 °C with a color developing composition having a pH of from 10.2 to 10.6 and comprising at least 0.006 mol/l of a color developing agent. This invention is particularly useful for providing high contrast, high resolution color images from medium to high altitude aerial photography.

[0011] The second method of the present invention is similar to the first method, but it more useful for providing the same high quality images using slightly different color development conditions, namely for at least 240 seconds (a so-called "push" process) at from 37 to 39 °C using a color developing composition having a pH of from 9.8 to 12.1 and comprising at least 0.01 mol/l of a color developing agent.

[0012] The method of this invention is useful for providing a high contrast color negative image in a single- or multicolor negative photographic silver halide film. Such films generally have an aerial film speed (EAFS or ISO A equivalent) of at least 64, and preferably of at least 100. The speed or sensitivity of color negative films is inversely proportional to the exposure required to enable the attainment of a specified density above fog after processing. This film speed should not be confused with conventional film speeds designed for roll and sheet films employed in consumer photography. Different film speed parameters are used to relate aerial scene characteristics to practical exposure recommendations. Aerial film speeds can be determined as described in KODAK Aerial Exposure Computer, KODAK Publication AS-10 (February 1994).

[0013] The color negative films useful in the practice of this invention generally have an exposure latitude of at least 2 log E, and preferably of at least 2.3 log E. As is well understood in the art, exposure latitude defines the useful range of exposure conditions that may be recorded on a light sensitive element.

[0014] The photographic films used in the practice of this invention are preferably multilayer color elements having three color records. Such color records (or dye image-forming units) are sensitive to different regions of the visible spectrum (for example the primary regions). Each color record can include one or more silver halide emulsion layers sensitive to the same given region of the spectrum. The layers can be arranged in any of the various orders known in the art. The films can also contain other conventional layers such as filter layers, interlayers, subbing layers, overcoats and others readily apparent to one skilled in the art. A magnetic backing layer can be used as well as conventional transparent film supports that are also well known in the art (such as cellulose acetate and conventional film-forming polyesters).

[0015] Considerable details of film structure and composition are outlined in *Research Disclosure* publication 38957, published September 1996, and in the hundreds of publications noted therein. *Research Disclosure* is a publication of Kenneth Mason Publications, Ltd. Dudley House, 12 North Street, Emsworth, Hampshire PO10 7DQ English (also from Emsworth Design Inc, 121 West 19th Street, New York, 10011). Included within such teaching are the various useful classes of cyan, magenta and yellow dye forming couplers that can be used in the red, green and blue color records of the color negative films. Particular classes of dye forming couplers useful in the practice of this invention are the substituted phenol and α-naphthol cyan dye forming couplers, the aryl-pyrazolinone and pyrazolotriazole magenta dye forming couplers, and the β-ketocarboxyamide (specifically the benzoylacetanilides and pivaloylacetanilides) yellow dye forming couplers. The films generally have spectral sensitivities that provide a peak sensitivity in the red color record of from 580 to 700 nm, a peak: sensitivity in the green color record of from 500 to 600 nm, and a peak sensitivity in the blue color record of from 400 to 500 nm.

[0016] The various color records of the films can include any suitable silver halide, or mixture thereof, that will provide the desired sensitometric properties described herein. Generally, such emulsions include predominantly silver bromoiodide grains wherein the iodide content is from 0.5 to 40 mol% based on the total silver content. Preferably, the iodide content is from 0.5 to 10 mol%. While the reminder of halide in the emulsions is generally bromide, there may be small amounts (less than 2 mol%) of chloride.

[0017] The silver halide grains in any of the color records can by of any desired morphology, such as cubic, octahedral, cubooctahedral, tabular or other morphologies readily apparent to one skilled in the art.

[0018] The various layers of the films can include one or more suitable binder materials or vehicles that are known in the art, including various types of gelatin and other hydrophilic colloidal materials.

[0019] It is essential that the color negative films used in this invention be "unmasked", meaning that they are substantially free of any color correcting chemistry that "masks" or "corrects" the colors (unwanted absorptions) provided by the incorporated dye fonming couplers. Such unwanted absorptions result in desaturation of the desired color image reproduction. Many conventional color negative films contain yellow-colored magenta dye forming masking couplers and/or magenta-colored cyan dye forming masking couplers to contribute to blue D_{min} and green D_{min}, respectively. Color correction is a well known technique in the photographic industry (see for example, Kapecki and Rogers, "Color Photography" in the Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 4th Ed., Volume 6, 1993)

[0020] Thus the films useful in this invention are substantially free of color masking couplers. By "substantially free" means the film contains such compounds at no more than 0.05 mmol/m^2, and preferably no more than 0.01 mmol/m^2 of any component that modifies the color in the noted manner.

[0021] The color negative films useful in this invention also exhibit several critical sensitometric properties when processed as described herein. First of all, they exhibit a contrast of at least 0.83, and preferably of at least 0.85. As one skilled in the art would understand, "contrast" is defined as the slope of a conventional characteristic sensitometric density vs. log (exposure) curve (i.e. D vs. log E).

[0022] In addition, for the first method of this invention, the film exhibits a minimum density (D_{min}) of generally less

than 0.45, and preferably less than 0.43. For the second method of this invention, the film exhibits a minimum density (D_{min}) of generally less than 0.41, and preferably less than 0.40. This density is readily determined from the characteristic sensitometric curve described above.

[0023] Microscopic examination of a color photographic image reveals dye "clouds" suspended in gelatin binder. The subjective evaluation of this granular pattern is known as "graininess" and the measure of the density variations is the "granularity".

[0024] Measurement of granularity begins with density readings using a microdensitometer (for example, a densitometer having a 48-μm diameter aperture) at a net diffuse density of 1.0 above base density. The small aperture measures fluctuations in density and the standard deviation from average is called the root-mean-square (rms) granularity and is expressed in terms of diffuse granularity. Since standard deviation numbers are very small, they are multiplied by 1000, yielding a small whole number, typically between 5 and 50. Diffuse rms granularity numbers are used to classify graininess. The procedure for measuring graininess is similar to the industrial standard known as ANSI PH2.40-1985. The films useful in this invention exhibit a rms granularity of less than 17 and preferably less than 16.

[0025] The sharpness of photographic films is a subjective perception of good edge distinction between details in an image. However, the boundary between dark and light details is not a perfectly sharp line. The dark areas in a negative film tend to bleed over into the light areas because of light scattering (or diffusion) within the silver halide emulsion. This effect varies with different types of silver halide emulsions, thickness of films, DIR and DIAR chemistry, antihalation properties of the film support and any backside layers.

[0026] In the photographic industry, sharpness if measured using a parameter known as "modulation transfer function" (MTF) that involves the use of sine-wave targets. A sine-wave target is a test target of alternating back and white lines (similar to test targets used to measure resolution, described below), except that it has continuously changing values instead of constant values. The frequency of a given test target is noted in cycles per millimeter, and a cycle is one complete sine wave. Thus, MTF shows the loss of sharpness caused primarily by light scattering within the silver halide emulsion during exposure.

[0027] The films useful in this invention have MTF values measured using a method similar to that of ANSI Standard PH2.39-1977 (R1986). The films are exposed with the specified illuminant to spatially varying sinusoidal test patterns having an aerial image modulation of a nominal 35% at the image plane, with processing as indicated. The films useful in the present invention exhibit a modulation transfer function greater than 39 DMT, and preferably greater than 40 DMT.

[0028] Resolving power is another term for "resolution". This photographic parameter refers to the ability of a film to reproduce fine detail. Resolution can be measured by photographing resolution targets or charts under specific test conditions. Typical resolution targets have several groups of parallel lines or bars. The spaces between the bars are the same as the width of the bars themselves. Each group of bars differs in size from adjacent groups by a mathematical factor [such as the square root of 2 (1.414)]. These targets are photographed at a great reduction. After processing, the film image is examined through a microscope to determine the smallest group of bars that are discernible. This group of bars defines the resolution of the film. This measurement is expressed in line pairs (a bar and a space) per millimeter (mm). The method of determining resolution just described is the standard for the industry described in International Standard ISO 6328-1982.

[0029] For the films useful in the present invention, the resolution is evaluated at the high contrast test target wherein the lighting ratio (between bars and spaces) are 1000:1, and a low contrast test target wherein the lighting ratio is 1.6:1. As the image contrast is higher, the film is able to resolve finer detail. When used in the first method of this invention, it is essential that the films described herein exhibit a resolving power greater than 80 at the 1000:1 high contrast test target and a resolving power greater than 63 at the 1.6:1 low contrast test target.

[0030] Some of the commercially available color negative films that can be processed using the second method according to the present invention to achieve the desired image features include, but are not limited to, KODAK GOLD 100 and KODAK ROYAL GOLD 100 Color Negative Films.

[0031] Other useful color photographic silver halide films can be readily prepared to achieve the desired image properties by omitting the color masking chemistry (for example, color masking couplers as described above), adjusting silver and dye-forming color coupler amounts to maximize contrast, adjusting preformed image dyes to control D_{min}, and adjusting absorber dyes to balance film speeds. These formulation procedures would be readily apparent to one skilled in the art and would require only routine experimentation to find the desired combination of photochemistry components and silver and dye forming coupler coating coverages, especially in view of the known composition of the commercial color negative films described above.

[0032] The films described herein are processed using a color developing composition that can be provided as a single- or multi-part color developing kit. In this application, the terms "part" and "multi-part" are well understood in the photographic industry to refer to a "solution" or "multiple solutions", respectively. Generally, multi-part kits require two or more individual solutions to be mixed in a suitable fashion to provide the desired photoprocessing composition. Mixing can occur prior to or during use in the processing apparatus.

[0033] Thus, color developing compositions include one or more color developing agents that are well known in the

art that, in oxidized form, will react with dye forming color couplers in the processed materials. Such color developing agents include, but are not limited to, aminophenols, *p*-phenylenediamines (especially N,N-dialkyl-p-phenylenediamines) and others which are well known in the art, such as EP 0 434 097A1 (published June 26, 1991) and EP 0 530 921A1 (published March 10, 1993). It may be useful for the color developing agents to have one or more water-solubilizing groups as are known in the art. Further details of such materials are provided in *Research Disclosure,* publication 38957 (noted above).

[0034] Preferred color developing agents include, but are not limited to, N,N-diethyl *p*-phenylenediamine sulfate (KODAK Color Developing Agent CD-2), 4-amino-3-methyl-N-(2-methane sulfonamidoethyl)aniline sulfate, 4-(N-ethyl-N-β-hydroxyethylamino)-2-methylaniline sulfate (KODAK Color Developing Agent CD-4), *p*-hydroxyethylethylaminoaniline sulfate, 4-(N-ethyl-N-2-methanesulfonylaminoethyl)-2-methylphenylenediamine sesquisulfate (KODAK Color Developing Agent CD-3), 4-(N-ethyl-N-2-methanesulfonylaminoethyl)-2-methylphenylenediamine sesquisulfate, and others readily apparent to one skilled in the art. KODAK Color Developing Agent CD-4 is preferred in the practice of this invention.

[0035] In order to protect the color developing agents from oxidation, one or more antioxidants are generally included. Either inorganic or organic antioxidants can be used. Many classes of useful antioxidants are known, including but not limited to, sulfites (such as sodium sulfite, potassium sulfite, sodium bisulfite and potassium metabisulfite), hydroxylamine (and salts and derivatives thereof), hydrazines, hydrazides, amino acids, ascorbic acid (and derivatives thereof), hydroxamic acids, aminoketones, mono- and polysaccharides, mono- and polyamines, quaternary ammonium salts, nitroxy radicals, alcohols, and oximes. Mixtures of compounds from the same or different classes of antioxidants can also be used if desired. One particularly useful antioxidant is hydroxylamine sulfate.

[0036] In some embodiments, useful antioxidants are hydroxylamine derivatives as described for example, in US-A-US-A-4,892,804 (Vincent et al), US-A-4,876,174 (Ishikawa et al), US-A-5,354,646 (Kobayashi et al) and US-A-5,660,974 (Marrese et al), and US-A-5,646,327 (Burns et al), with respect to antioxidants. Many of these antioxidants are mono- and dialkylhydroxylamines having one or more substituents on one or both alkyl groups. Particularly useful alkyl substituents include sulfo, carboxy, amino, sulfonamido, carbonamido, hydroxy and other solubilizing substituents. One useful hydroxylamine antioxidant is N,N-diethylhydroxylamine.

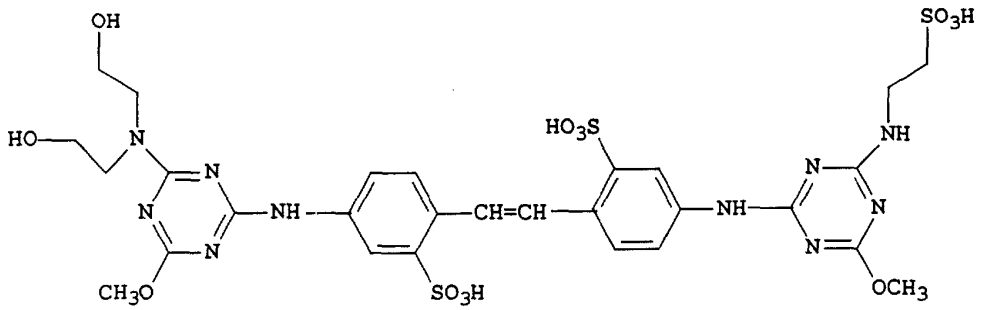
[0037] In other embodiments, the noted hydroxylamine derivatives can be mono- or dialkylhydroxylamines having one or more hydroxy substituents on the one or more alkyl groups. Representative compounds of this type are described for example in US-A-5,709,982 (Marrese et al).

[0038] Specific di-substituted hydroxylamine antioxidants include, but are not limited to: N,N-bis(2,3-dihydroxypropyl) hydroxylamine, N,N-bis(2-methyl-2,3-dihydroxypropyl)hydroxylamine and N,N-bis(1-hydroxymethyl-2-hydroxy-3-phenylpropyl)hydroxylamine.

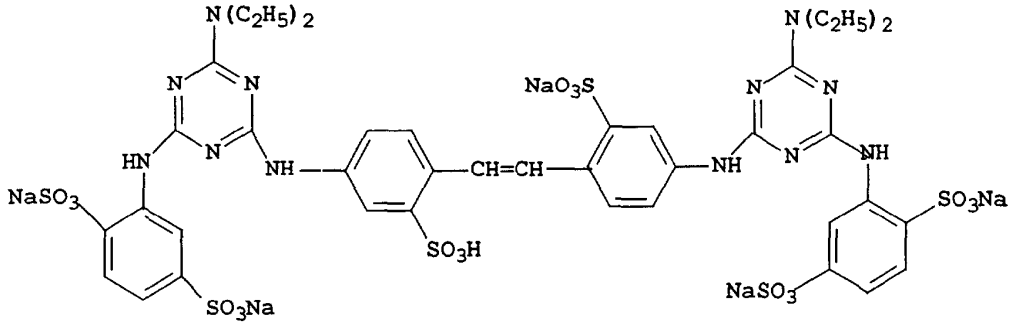
[0039] It may be desirable to include a chemical base in the color developing composition. Particularly useful chemical bases include inorganic bases such as alkali metal or ammonium hydroxides (for example sodium hydroxide or potassium hydroxide). Other useful chemical bases are alcoholamines (such as triethanolamine, and diethanolamine).

[0040] Water-soluble or water-miscible organic solvents may also be present. Such compounds include, but are not limited to, polyols including glycols (such as ethylene glycol, diethylene glycol and triethylene glycol), polyhydroxyamines (including polyalcoholamines), and alcohols (such as ethanol and benzyl alcohol).

[0041] Another component of the color developing composition is one or more triazinylstilbene optical brightening agents in amounts readily apparent to one skilled in the art. In some publications, triazinylstilbenes are identified as "triazylstilbenes". Preferably, the useful triazinylstilbenes are water-soluble or water-dispersible. Representative compounds are shown in US-A-4,232,112 (Kuse), US-A-4,587,195 (Ishikawa et al), US-A-4,900,651 (Ishikawa et al) and US-A-5,043,253 (Ishakawa), with respect to such compounds. It is to be understood that at least some of these compounds can exist in various isomeric forms. Single isomers or mixtures thereof can also been used in the practice of this invention. The most preferred triazinylstilbene compounds (and isomers thereof) include the following Compounds A and B:



A



B

[0042] The color developing composition can also includes one or more buffering agents to provide or maintain desired alkaline pH. These buffering agents preferably have a pKa of from 9 to 13 and include, but are not limited to carbonates, borates, tetraborates, glycine salts, leucine salts, valine salts, proline salts, triethanolamine, diethanolamine, phosphates, hydroxybenzoates and other buffer known in the art for this purpose. Alkali metal carbonates (such as sodium carbonate, sodium bicarbonate and potassium carbonate) are preferred. Mixtures of buffering agents can be used if desired.

[0043] The pH of the color developing composition used in the first method of this invention is generally from 10.2 to 10.6, and preferably from 10.35 to 10.45. The pH of the color developing composition used in the second method of this invention is generally from 9 to 12, and preferably from 9.5 to 10.5.

[0044] Various metal ion sequestering agents can also be used in the color developing compositions to minimize the adverse effects of metal ions. Polycarboxylic acid, polyaminocarboxylic acids and phosphonic acid metal ion sequestering agents useful in the present invention are well known in the art, and are described for example in US-A-4,596,765 (Kurematsu et al) and *Research Disclosure* publications 13410 (June, 1975), 18837 (December, 1979) and 20405 (April, 1981). Useful sequestering agents are readily available from a number of commercial sources. Particularly useful phosphonic acids are the diphosphonic acids (and salts thereof) and polyaminopolyphosphonic acids (and salts thereof). It is preferable to use one or more compounds of these classes in combination. Useful diphosphonic acids include hydroxyalkylidene diphosphonic acids, aminodiphosphonic acids, amino-N,N-dimethylenephosphonic acids, and N-acyl aminodiphosphonic acids.

[0045] Representative sequestering agents of this class include, but are not limited to, 1-hydroxyethylidene-1,1-diphosphonic acid, 1-hydroxy-*n*-propylidene-1,1 -diphosphonic acid, I -hydroxy-2,2-dimethylpropylidene- 1,1-diphosphonic acid and others that would be readily apparent to one skilled in the art (and alkali metal and ammonium salts thereof). The first compound is most preferred and is available as DEQUEST™ 2010. Its tetrasodium salt is available as DEQUEST™ 2016D. Both materials are available from Solutia Co. Another useful disphosphonic acid is morpholinomethanediphosphonic acid or a salt thereof. Still another useful sequestering agent is diethylenetriaminepentamethylene-phosphosphonic acid or an alkali metal salt thereof (available as DEQUEST™ 2066 from Solutia Co.).

[0046] The color developing composition can also include one or more of a variety of other addenda commonly used in photographic color developing compositions. Such addenda include alkali metal halides (such as potassium chloride, potassium bromide, sodium bromide and sodium iodide), auxiliary co-developing agents (such as phenidone type compounds particularly for black and white developing compositions), antifoggants, development accelerators, wetting agents, fragrances, stain reducing agents, surfactants, defoaming agents, water-soluble polymers (such as sulfonated polystyrene) and water-soluble or water-dispersible color dye forming couplers, as would be readily understood by one skilled in the art [see for example, the *Research Disclosure* publications noted above]. The amounts of such additives would be well known to a skilled artisan in view of their usual concentrations in working strength compositions.

[0047] For the second method of this invention, the concentration of bromide ions is important. The bromide ion concentration is at least 0.013 mol/l, and preferably from 0.018 to 0.2 mol/l. Bromide ions can be supplied as one or more alkali metal or ammonium salts. Sodium bromide is preferred.

[0048] The following TABLE I lists the general and preferred amounts of color developing agents for both methods of this invention. The preferred ranges are listed in parentheses ( ).

TABLE I

COMPONENT	AMOUNT(S)
Color developing agent(s) (first method)	0.006 - 0.024 mol/l (0.012 - 0.018 mol/l)
Color developing agent(s) (second method)	0.01 - 0.028 mol/l (0.016 - 0.022 mol/l)

[0049] Color development of an imagewise exposed photographic silver halide film is carried out by contacting the element with a color developing composition prepared according to this invention under suitable time and temperature conditions, in suitable processing equipment, to produce the desired color image. The color developing agent reduces developable silver halide and is oxidized in the process. Oxidized color developing agent in turn reacts with the dye forming color couplers in the film to yield the desired dyes.

[0050] Additional processing steps can then be carried out using conventional procedures, including but not limited to, one or more development stop, bleaching, fixing, bleach/fixing, washing (or rinsing), stabilizing and drying steps, in any particular desired order as would be known in the art. Useful processing steps, conditions (times and temperature), replenishment rates, and processing compositions useful therefor are well known for the various processing protocols including the conventional Process C-41 processing of color negative films, but with the modifications described herein. In addition, with the exception of the novel color developing step described herein, the films can be processed using conventional KODAK EA-5 Chemicals and KODAK AN-5 Chemicals using Process AN-5, as described in "Aerial Data", Kodak Publication AS-70 (revised May, 1999).

[0051] Processing according to the present invention can be carried out using any suitable processing machine including those having deep tanks for holding processing solutions and using roller transport for conveying the films through the various tanks. Useful commercial processing machines include, but are not limited to, KODAK Aerial Color Processor, Model 1611 and KODAK EKTACHROME RT Processor, Model 1811 (with Quick-Change). Alternatively, it can be carried out using what is known in the art as "low volume thin tank" processing systems, or LVTT, which have either a rack and tank or automatic tray design. These processors are sometimes known as "minilab" processing machines. Such processing methods and equipment are described, for example, in US-A-5,436,118 (Carli et al) and publications noted therein.

[0052] Color development is generally followed by desilvering using separate bleaching and fixing steps, or a combined bleach/fixing step using suitable silver bleaching and fixing agents. Numerous bleaching agents are known in the art, including hydrogen peroxide and other peracid compounds, persulfates, periodates and ferric ion salts or complexes with polycarboxylic acid chelating ligands. Particularly useful chelating ligands include conventional polyaminopolycarboxylic acids including ethylenediaminetetraacetic acid and others described in *Research Disclosure* publication 38957 noted above, US-A-5,582,958 (Buchanan et al) and US-A-5,753,423 (Buongiorne et al). Biodegradable chelating ligands are also desirable because the impact on the environment is reduced. Useful biodegradable chelating ligands include, but are not limited to, iminodiacetic acid or an alkyliminodiacetic acid (such as methyliminodiacetic acid), ethylenediaminedisuccinic acid and similar compounds as described in EP-A-0 532,003, and ethylenediamine monosuccinic acid and similar compounds as described in US-A-5,691,120 (Wilson et al). Useful fixing agents are also well known in the art and include various thiosulfates and thiocyanates or mixtures thereof.

[0053] The processing time and temperature used for each processing step of the present invention following color development are generally those conventionally used in the art (for example, Process C-41 and Process AN-5).

[0054] The photographic processing compositions necessary for the practice of this invention (such as color devel-

oping, bleaching, fixing or bleach/fixing compositions) can be provided in any suitable form, including dry tablets, granules or powders, or as concentrated or diluted aqueous solutions. Such compositions (such as the color developing composition used in the first method) and samples of the "unmasked" films described herein can be provided individually or as part of a "kit" containing the combination of the film and one or more photographic processing compositions (such as the color developing composition described above) in dry or wet form. If such compositions are in wet form, they can be provided at any suitable volume and in any suitable container (for example "cubitainers", bottles, pouches, packets, vials or drums).

[0055] Color development, on the other hand, is generally carried out at specific conditions for each method of this invention.

[0056] For the first method of this invention, the film is color developed at a temperature of from 40 to 42°C for less than 180 seconds, and preferably for from 170 to 175 seconds.

[0057] For the second method of this invention, the film is color developed at a temperature of from 37 to 39 °C for at least 240 seconds, and preferably for from 240 to 285 seconds.

[0058] The following examples are included to illustrate the practice of the present invention, but the scope of the invention is not to be interpreted as being so limited.

Example 1: Processing of Color Negative Films

[0059] Samples of KODAK GOLD 100 Color Negative Film were imagewise exposed and processed using the following protocol and processing compositions in a commercially available KODAK Aerial Color Processor, Model 1611. The film samples were run through the processor at about 0.4 m/min and the color developing composition replenishment rate was about 1350 ml/m^2. All other processing compositions used in this example were replenished using the conventional rates for the noted processing machine.

Processing Protocol

Processing Step	Processing Composition	Temperature (°C)	Processing Time (sec)
Color Development	See below	41.1 ± 0.3	175
Stop Bath	KODAK EA-5 First & Second Stop Bath & Replenisher	49 ± 3	58.9
Washing	Water	49 ± 3	58.9
Bleaching	KODAK EA-5 Bleach & Replenisher	49 ± 3	58.9
Fixing	KODAK Aerial Color Fixer & Replenisher	46 ± 3	58.9
Final Washing	Water + KODAK EA-5 Stabilizer & Replenisher added to tank at 50 ml/min	49 ± 3	176
Drying		63 ± 3	88.7

[0060] The color developing composition used in the noted method had the following composition of major components and pH:

Component	Amount (per liter)
KODAK Color Developing Agent 4	5.5 g
Hydroxylamine sulfate	2.2 g
Sodium bromide	1.2 g
Sodium sulfite	4.0
pH	10.4

[0061] The desired color images were obtained having a contrast of 0.83, the rms granularity was less than 17, the modulation transfer function was about 44 DMT, the resolving power was greater than 80 at 1000:1 high contrast test target, and the resolving power was greater than 63 at 1.6:1 low contrast target.

[0062] Because these film samples contain masking couplers, the D_{min} is 1.0 or outside the scope of the present invention. However, we are confident that if the masking couplers are removed from such films (that is, films having the exact composition and construction but without masking couplers), and the exposed films are processed according to the present invention, the excellent results in contrast, granularity, resolution and sharpness desirable for color aerial photography would be obtained.

Example 2: Prospective Processing of Color Negative Films

[0063] This is a paper example. Samples of a color negative film like that processed in Example 1 except that all color chemistry is omitted, can be imagewise exposed and processed using the following protocol and processing compositions in a commercially available KODAK Aerial Color Processor, Model 1611. The film samples would be run through the processor at about 0.4 m/min and the color developing composition replenishment rate would be about 1350 ml/m^2. All other processing compositions used in this example would be replenished using the conventional rates for the noted processing machine.

Processing Protocol

Processing Step	Processing Composition	Temperature (°C)	Processing Time (sec)
Color Development	See below	41.1 ± 0.3	175
Stop Bath	KODAK EA-5 First & Second Stop Bath & Replenisher	49 ± 3	58.9
Washing	Water	49 ± 3	58.9
Bleaching	KODAK EA-5 Bleach & Replenisher	49 ± 3	58.9
Fixing	KODAK Aerial Color Fixer & Replenisher	46 ± 3	58.9
Final Washing	Water + KODAK EA-5 Stabilizer & Replenisher added to tank at 50 ml/min	49 ± 3	176
Drying		63 ± 3	88.7

[0064] The color developing composition to be used would have the following composition of major components and pH:

Component	Amount (per liter)
KODAK Color Developing Agent 4	5.5 g
Hydroxylamine sulfate	2.2 g
Sodium bromide	1.2 g
Sodium sulfite	4.0
pH	10.4

[0065] The desired color images obtained in this manner would have a D_{min} of less than 0.45, a contrast of at least 0.83, an rms granularity of less than 17, a desired resolution greater than 39 DMT, a resolving power greater than 80 at 1000:1 high contrast test target, and a resolving power greater than 63 at 1.6:1 low contrast test target.

Claims

1. A method of providing a color negative image having a contrast of at least 0.83, a D_{min} less than 0.45, an rms granularity of less than 17, a modulation transfer function greater than 39 DMT, a resolving power greater than 80 at 1000:1 high contrast test target and a resolving power greater than 63 at 1.6:1 low contrast test target, the method comprising:

A) contacting an "unmasked" color negative silver halide photographic film with a color developing composition having a pH of from 10.2 to 10.6 and comprising at least 0.006 mol/l of a color developing agent,

the contacting being carried out for less than 180 seconds at a temperature of from 40 to 42°C.

2. The method of claim 1 that provides a color negative image having a contrast of at least 0.85.

3. The method of claim 1 or 2 that provides a color negative image having a D_{min} of less than 0.43.

4. The method of any of claims 1 to 3 wherein the color developing composition has a pH of from 10.35 to 10.45.

5. The method of any of claims 1 to 4 wherein the color developing composition comprises said color developing agent at a concentration of from 0.006 to 0.024 mol/l.

6. The method of any of claims 1 to 5 wherein the contacting is carried out for from 170 to 175 seconds.

7. The method of any of claims 1 to 6 wherein the color negative silver halide photographic film has an aerial film speed of at least 64.

8. The method of any of claims 1 to 7 wherein the color negative silver halide photographic film is a multicolor film having red color record having a peak sensitivity of from 580 to 700 nm, a green color record having a peak sensitivity of from 500 to 600 nm, and a blue color record having a peak sensitivity of from 400 to 500 nm.

9. The method of any of claims 1 to 8 wherein color negative silver halide photographic film has no more than 0.05 mmol/m^2 of color correcting chemistry.

10. A method of providing a color negative image having a contrast of at least 0.8, a D_{min} less than 0.41, as rms granularity of less than 16, a modulation transfer function greater than 39 DMT, a resolving power greater than 100 at 1000:1 high contrast test target and a resolving power greater than 63 at 1.6:1 low contrast test target, the method comprising:

A) contacting an "unmasked" color negative silver halide photographic film with a color developing composition having a pH of from 9 to 12 and comprising at least 0.01 mol/l of a color developing agent,

the contacting being carried out for at least 240 seconds at a temperature of from 37 to 39°C.

11. The method of claim 10 wherein the color developing composition comprises bromide ions at a concentration of at least 0.013 mol/l

12. The method of claim 11 wherein the color developing composition comprises bromide ions at a concentration of from 0.013 to 0.2 mol/l.

13. The method of any of claims 10 to 12 wherein the color developing agent is present in said color developing composition in an amount of from 0.016 to 0.022 mol/l

14. A photographic processing kit comprising:

an "unmasked" color negative silver halide photographic film that is capable of providing a color negative image having a contrast of at least 0.83, a D_{min} less than 0.45, an rms granularity of less than 17, a modulation transfer function greater than 39 DMT, a resolving power greater than 80 at 1000:1 high contrast test target and a resolving power greater than 63 at 1.6:1 low contrast test target, and

a photographic color developing composition that, in aqueous form, has a pH of from 10.2 to 10.6 and comprises at least 0.006 mol/l of a color developing agent.

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 143 293 A3

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(88) Date of publication A3:
17.07.2002 Bulletin 2002/29

(43) Date of publication A2:
10.10.2001 Bulletin 2001/41

(21) Application number: **01201128.4**

(22) Date of filing: **26.03.2001**

(51) Int Cl.[7]: **G03C 7/30**, G03C 7/407

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: **07.04.2000 US 544928**

(71) Applicant: **EASTMAN KODAK COMPANY**
Rochester, New York 14650 (US)

(72) Inventors:
- **Larkin, Thomas P., Eastman Kodak Company**
  Rochester, New York 14650-2201 (US)
- **Mango, Steven A., Eastman Kodak Company**
  Rochester, New York 14650-2201 (US)
- **Leith, Charles F., Eastman Kodak Company**
  Rochester, New York 14650-2201 (US)
- **Kennelly, Daniel T., Eastman Kodak Company**
  Rochester, New York 14650-2201 (US)

(74) Representative:
Nunney, Ronald Frederick Adolphe et al
Kodak Limited,
Patents, W92-3A,
Headstone Drive
Harrow, Middlesex HA1 4TY (GB)

(54) Rapid processing of high contrast aerial color negative film

(57) High contrast color images can be obtained from aerial color photography by rapidly processing certain color photographic silver halide films with a color developing composition under certain conditions. The color developing composition can have a pH of from 10.2 to 10.6 and a color developing agent at a concentration of least 0.015 mol/l. Color development is carried out for less than 180 seconds at from 40 to 42°C. The resulting color images have a contrast greater than 0.83, low D_{min}, low granularity and high sharpness and resolution.

EP 1 143 293 A3

European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 01 20 1128

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
X	US 5 840 470 A (SZAJEWSKI RICHARD P ET AL) 24 November 1998 (1998-11-24) * column 1, line 9 - line 15 * * column 4, line 66 - column 6, line 16 * * column 27, line 58 - column 30, line 14 * * claims 1-14 *	1-14	G03C7/30 G03C7/407
X	US 5 830 627 A (NAKAI YASUFUMI ET AL) 3 November 1998 (1998-11-03) * column 1, line 7 - line 16 * * column 79, line 9 - column 81, line 13 * * claims 17,18 *	1-14	

TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)

G03C

The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
MUNICH	23 May 2002	West, N

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO. EP 01 20 1128

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

23-05-2002

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5840470 A	24-11-1998	US 5698379 A	16-12-1997
		JP 10153843 A	09-06-1998
US 5830627 A	03-11-1998	JP 9269572 A	14-10-1997

EPO FORM P0459

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 154 232 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.11.2001 Patentblatt 2001/46

(51) Int Cl.[7]: **G01C 11/02**

(21) Anmeldenummer: **01106075.3**

(22) Anmeldetag: **13.03.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **07.04.2000 DE 10017415**

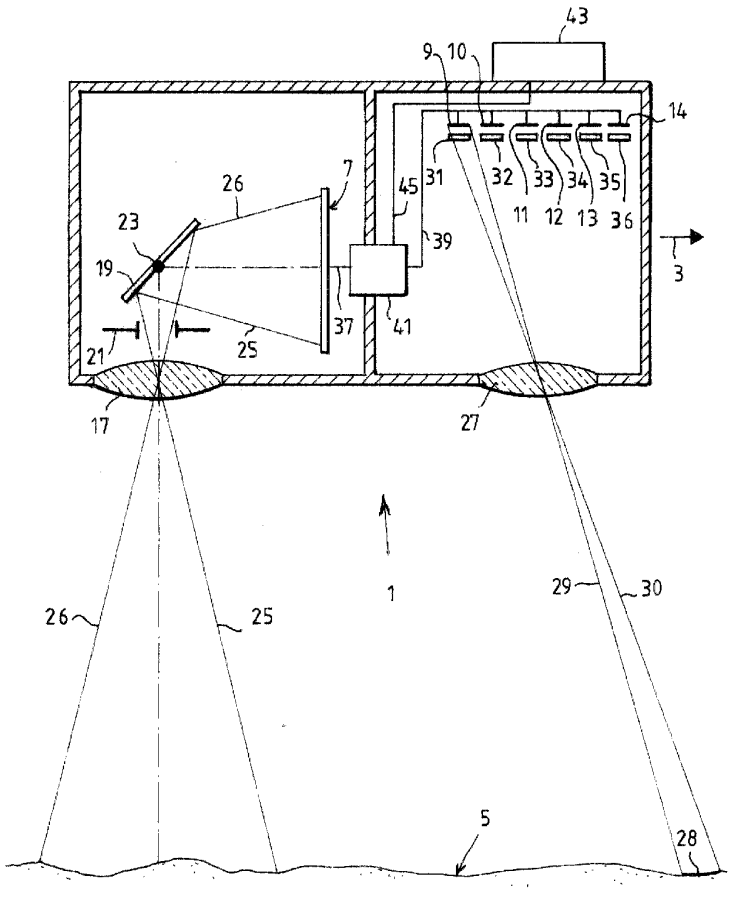
(71) Anmelder: **Z/I Imaging GmbH**
73447 Oberkochen (DE)

(72) Erfinder:
- **Teuchert, Wolf-Dieter, Dr.**
  89551 Königsbronn (DE)
- **Hinz, Alexander, Dr.**
  89551 Königsbronn (DE)

(74) Vertreter: **Gnatzig, Klaus**
Carl Zeiss
Patentabteilung
73446 Oberkochen (DE)

(54) Kamera, insbesondere Luftbildkamera

(57) Bei einer Kamera (1) mit mindestens einem flächigen Bildsensor (7) und mit mindestens einem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) sind dem flächigen Bildsensor (7) und dem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) jeweils ein gesondertes Objektiv (17, 27) zugeordnet.



EP 1 154 232 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kamera nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 und ein Bilderzeugungsverfahren mittels einer derartigen Kamera.

[0002] Eine gattungsgemäße Kamera ist z.B. aus der DE 3802219 A1 bekannt. Diese bekannte Kamera umfaßt drei als CCD-Zeilendetektoren ausgebildete linienhafte Bildsensoren und vier flächige Bildsensoren. Dabei sollen mittels der von den flächigen Bildsensoren erzeugten Flächenbildern die jeweilige Lage und Orientierung der linienhaften Bildsensoren bestimmt werden.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, die gattungsgemäße Kamera so zu verbessern, daß ihr Anwendungsbereich erweitert wird.

[0004] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale in Anspruch 1 gelöst. Denn durch das dem flächigen Bildsensor bzw. dem linienhaften Bildsensor jeweils zugeordnete, gesonderte Objektiv kann die Belichtungssteuerung für den flächigen Bildsensor unabhängig von der Belichtungssteuerung für den oder die linienhaften Bildsensoren erfolgen. Dadurch kann z.B. die Belichtungssteuerung des flächigen Bildsensors über einen Verschluß erfolgen und die Belichtung der linienhaften Bildsensoren gleichzeitig derart gesteuert werden, daß diese das Aufnahmeobjekt lückenlos erfassen.

[0005] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist dem flächigen Bildsensor eine Einrichtung zur Bildwanderungskompensation zugeordnet, welche das vom flächigen Bildsensor erfaßte Bild bei einer geradlinigen Kamerabewegung während der Belichtung des flächigen Bildsensors konstant hält. Diese Ausführungsform ist insbesondere für den Einsatz der erfindungsgemäßen Kamera als Luftbildkamera für die Photogrammetrie und/oder Fernerkundung vorteilhaft.

[0006] Falls dem flächigen Bildsensor ein Kreiselsystem zugeordnet ist, welches eine Gierbewegung der Kamera erfaßt, wird die Zuordnung der von dem mindestens einem linienhaften Bildsensor aufgenommenen Zeilenbilder zu den von dem flächigen Bildsensor aufgenommenen Flächenbildern erleichtert. Dadurch kann der Rechenaufwand bei der Korrelation von Flächen- und Zeilenbildern erheblich reduziert werden, da das Gieren des Kameraträgers, z.B. eines quer zur Längsrichtung des linienhaften Bildsensors fliegenden Flugzeugs, zu einer Verdrehung der Zeilenbilder führt. Eine derartige Verdrehung ist bei der Korrelation der zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommenen Flächen- und Zeilenbilder durch reinen Bildvergleich erheblich schwieriger zu beherrschen als die durch Rollen und/oder Nicken des Kameraträgers hervorgerufenen Zeilenabweichungen (Rollen äußert sich in einer Verschiebung der Zeilenbilder entlang der Zeilenrichtung; Nikken führt zu einer vertauschten Abfolge der Zeilenbilder).

[0007] Durch die Kombination des Kreiselsystems mit dem flächigen Bildsensor kann zudem eine Kreiseldrift durch die Flächenbilder ermittelt werden, wodurch eine hohe Stabilität und Meßgenauigkeit des Kreiselsystems nur für den Zeitraum zwischen den Aufnahmeintervallen der Flächenbilder notwendig ist und deshalb der Aufwand für das Kreiselsystem erheblich reduziert werden kann.

[0008] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kamera umfaßt eine Mehrzahl von linienhaften Bildsensoren, wobei jedem der linienhaften Bildsensoren ein Farbfilter vorgeschaltet ist und die Farbfilter vorzugsweise unterschiedlich sind. Bei dieser Ausführungsform sind die linienhaften Bildsensoren also multispektral und können zum Einfärben panchromatischer Flächenbilder verwendet werden. Somit kann durch die Erfindung eine multispektrale digitale Luftbildkamera geschaffen werden, ohne die Nachteile bekannter multispektraler CCD-Flächenkameras hinnehmen zu müssen. Denn bei multispektralen CCD-Flächenkameras müssen entweder zeitlich nacheinander verschiedene Farbauszüge belichtet werden oder der CCD-Chip mit einem Farbmosaik bedruckt werden, wobei im allgemeinen jeweils vier spektral unterschiedlich empfindliche Pixel unter Inkaufnahme einer Auflösungsreduzierung zusammengefaßt werden müssen.

[0009] Bei dem erfindungsgemäßen Bilderzeugungsverfahren werden die mit einer erfindungsgemäßen Kamera aufgenommenen Zeilenbilder mit den Flächenbildern derart kombiniert, daß ein Bild mit erhöhtem Informationsgehalt entsteht.

[0010] Falls mit spektral unterschiedlich empfindlichen linienhaften Bildsensoren aufgenommene multispektrale Zeilenbilder mit den Flächenbildern kombiniert werden, kann durch die erfindungsgemäße Kamera insbesondere eine multispektrale Stereokamera realisiert werden, wobei der oder die flächigen Bildsensoren lediglich ein panchromatisches Bild liefern müssen.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform werden vor der Korrelation mit den Flächenbildern die multispektralen Zeilenbilder zu einem Überlagerungszeilenbild überlagert, welches dann mit den Flächenbildern korreliert wird. Dabei sind natürlich bei der Kombination von Zeilen- und Flächenbildern zu einem einheitlichen Bild die unterschiedlichen Informationsgehalte der einzelnen Zeilenbilder wieder gesondert auswertbar.

[0012] Die Erfindung wird anhand der beiliegenden schematischen Darstellung einer erfindungsgemäßen Kamera erläutert.

[0013] In der beiliegenden Figur ist eine als multispektrale Stereo-Luftbildkamera ausgebildete erfindungsgemäße Kamera 1 in einer schematischen Schnittdarstellung gezeigt. Die Kamera 1 ist an einem nicht dargestellten Fluggerät, z.B. Satellit, Flugzeug, Hubschrauber oder Drohne, angebracht und überfliegt in Richtung des Pfeils 3 ein das Aufnahmeobjekt bildendes Gelände 5.

[0014] Die Kamera 1 umfaßt einen z.B. als zweidimensionales CCD-Array ausgebildeten flächigen Bildsensor 7 und eine Mehrzahl von z.B. als CCD-Zeilendetektoren ausgebildeten linienhaften Bildsensoren 9,

10, 11, 12, 13 und 14. Die linienhaften Bildsensoren 9, 10, 11, 12, 13 und 14 sind mit ihrer Längsrichtung quer zur Flugrichtung 3 angeordnet.

[0015] Dem flächigen Bildsensor 7 ist ein Objektiv 17 zugeordnet, welches jeweils einen Abschnitt des überflogenen Geländes 5 mit Hilfe eines schwenkbaren Umlenkspiegels 19 auf den flächigen Bildsensor 7 abbildet. Ein einen derartigen Geländeabschnitt während der Belichtungszeit auf den Flächensensor 7 abbildendes Lichtbündel ist schematisch durch seine Randstrahlen 25 und 26 dargestellt.

[0016] Ein dem flächigen Bildsensor 7 zugeordneter Verschluß 21 steuert die Belichtung des flächigen Bildsensor 7 derart, daß die zeitlich aufeinanderfolgend aufgenommenen Flächenbilder einander jeweils überlappen. Der Überlappungsgrad wird dabei vorteilhafterweise ca. 50 % - ca. 66 % oder mehr betragen. Diese sich überlappenden Flächenbilder ermöglichen eine stereoskopische Auswertung des überflogenen Geländebereichs 5 mit photogrammetrischer Präzision.

[0017] Der Umlenkspiegel 19 ist um eine zur Flugrichtung 3 orthogonale Achse 23 derart verschwenkbar, daß trotz einer Bewegung der Kamera 1 der während der Belichtungszeit auf den Bildsensor 7 abgebildete Geländeabschnitt konstant bleibt. Der um seine Schwenkachse 23 verschwenkbare Umlenkspiegel 19 bildet also eine Einrichtung zur Bildwanderungskompensation, welche es erlaubt, die Belichtungszeit und damit die Empfindlichkeit des flächigen Bildsensors 7 zu erhöhen.

[0018] Den linienhaften Bildsensoren 9, 10, 11, 12, 13, 14 ist ein Objektiv 27 zugeordnet, welches jeweils einen sich quer zur Flugrichtung 3 erstreckenden Geländestreifen auf jeden der linienhaften Bildsensoren 9, 10, 11, 12, 13, 14 abbildet. Beispielhaft ist die Abbildung des sich in seiner Längserstreckung orthogonal zur Zeichenebene ausdehnenden Geländestreifens 28 auf den linienhaften Bildsensor 9 durch die Randstrahlen 29 und 30 des abbildenden Lichtbüschels dargestellt.

[0019] Dabei durchsetzt das Lichtbüschel 29, 30 vor seinem Auftreffen auf dem Zeilensensor 9 ein Farbfilter 31. Da auch den Zeilensensoren 10, 11, 12, 13 und 14 im Abbildungsstrahlengang jeweils ein Farbfilter 32, 33, 34, 35 und 36 vorgeschaltet ist und die Farbfilter 31, 32, 33, 34, 35, 36 eine jeweils unterschiedliche Spektralcharakteristik aufweisen, ermöglicht die Kamera 1 eine multispektrale Erfassung des überflogenen Geländebereichs 5.

[0020] Wenn die Aufnahmerate der Zeilensensoren 9, 10, 11, 12, 13, 14 dem Verhältnis zwischen Fluggeschwindigkeit und Flughöhe entspricht, ist zudem eine lückenlose Erfassung des überflogenen Geländebereichs 5 durch die Zeilensensoren 9, 10, 11, 12, 13, 14 möglich.

[0021] In einer über eine Datenleitung 37 mit dem Flächensensor 7 und über eine Datenleitung 39 mit den Zeilensensoren 9, 10, 11, 12, 13, 14 verbundenen Kombinationseinheit 41 wird aus den Flächen- und Zeilenbildern ein Gesamtbild erzeugt. Dazu werden die Flächenbilder mit den Zeilenbildern korreliert, d.h. die Zeilenbilder werden relativ zu den Flächenbildern derart gedreht und/oder verschoben, daß bei einer Überlagerung von Flächen- und Zeilenbildern die jeweiligen Objektdetails der Zeilenbilder über identischen Objektdetails der Flächenbilder liegen.

[0022] Ein Kreiselsystem 43 erfaßt Gierbewegungen der Kamera 1 bzw. des in der Figur nicht dargestellten Kameraträgers und ist über eine Datenleitung 45 mit der Kombinationseinheit 41 verbunden, um die Korrelation zwischen Flächen- und Zeilenbildern durch die über die Datenleitung 45 übermittelte Gierwinkelinformation zu erleichtern.

Patentansprüche

1. Kamera (1) mit mindestens einem flächigen Bildsensor (7) und mit mindestens einem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14),
   dadurch gekennzeichnet, daß
   dem flächigen Bildsensor (7) und dem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) jeweils ein gesondertes Objektiv (17, 27) zugeordnet ist.

2. Kamera (1) nach Anspruch 1, wobei dem flächigen Bildsensor (7) ein seine Belichtung steuernder Verschluß (21) zugeordnet ist.

3. Kamera (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei dem flächigen Bildsensor (7) eine Einrichtung (19) zur Bildwanderungskompensation zugeordnet ist, welche das vom flächigen Bildsensor (7) erfaßte Bild bei einer geradlinigen Kamerabewegung während der Belichtung des flächigen Bildsensors (7) konstant hält.

4. Kamera (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Kamera (1) ein Kreiselsystem (43) aufweist, welches eine Gierbewegung der Kamera (1) erfaßt, um die Zuordnung der von dem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) aufgenommenen Zeilenbilder zu den von dem flächigen Bildsensor (7) aufgenommenen Flächenbildern zu erleichtern.

5. Kamera (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einer Mehrzahl linienhafter Bildsensoren (9, 10, 11, 12, 13, 14), wobei jedem der linienhaften Bildsensoren (9, 10, 11, 12, 13, 14) ein Farbfilter (31, 32, 33, 34, 35, 36) vorgeschaltet ist.

6. Kamera (1) nach Anspruch 5, wobei die Farbfilter (31, 32, 33, 34, 35, 36) unterschiedlich sind.

7. Kamera (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Bildkombinationseinheit (41) mit dem flächigen Bildsensor (7) und mit dem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) verbunden ist.

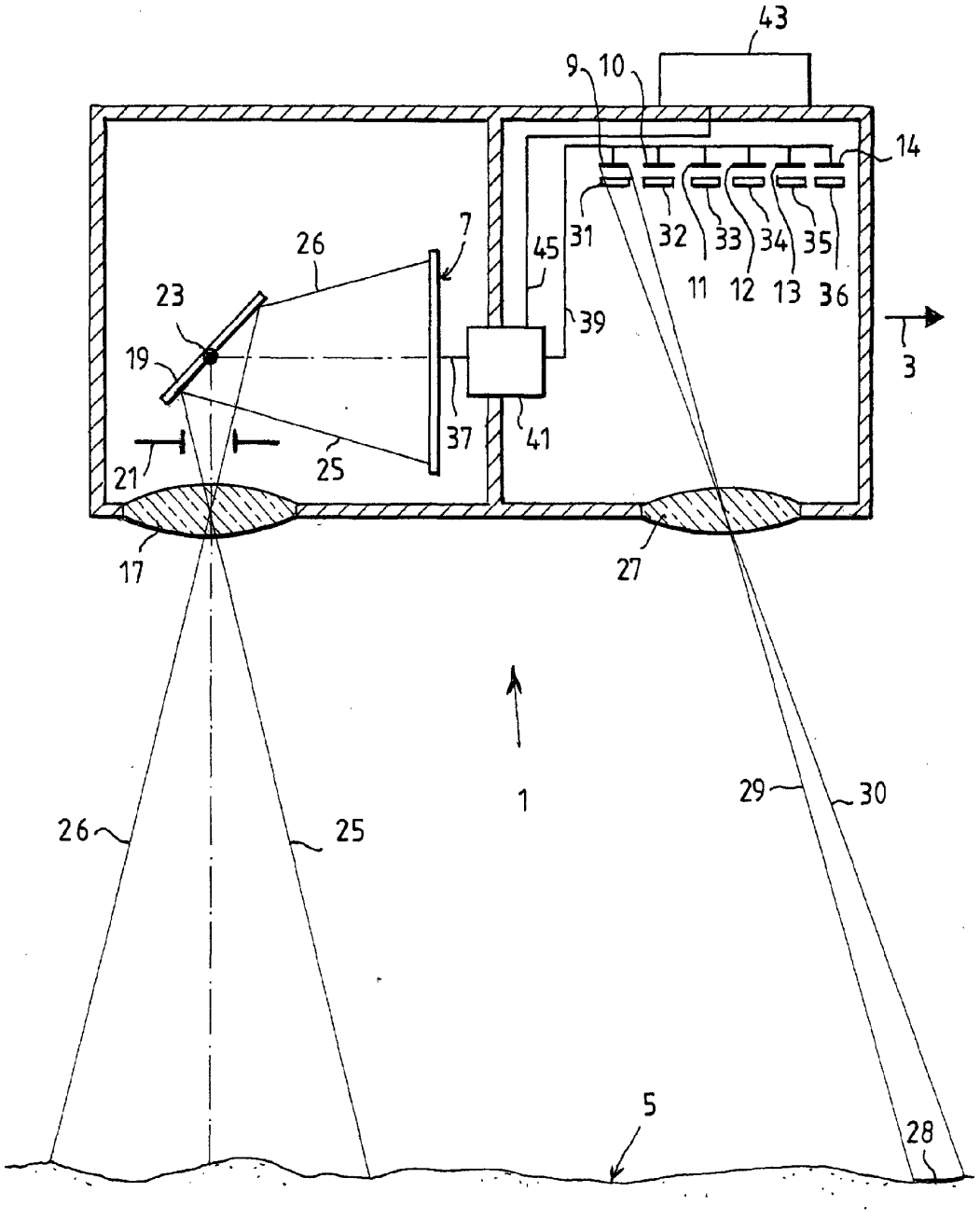
8. Bilderzeugungsverfahren mit einer Kamera (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei von dem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) aufgenommene Zeilenbilder mit Flächenbildern, welche von dem flächigen Bildsensor (7) aufgenommen worden sind, korreliert werden und die Zeilenbilder mit den Flächenbildern zu einem einheitlichen Bild kombiniert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei mit spektral unterschiedlich empfindlichen linienhaften Bildsensoren (9, 10, 11, 12, 13, 14) aufgenommene, multispektrale Zeilenbilder mit den Flächenbildern kombiniert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei vor der Korrelation mit den Flächenbildern die multispektralen Zeilenbilder zu einem Überlagerungszeilenbild überlagert werden und das Überlagungszeilenbild mit den Flächenbildern korreliert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10 mit einer Kamera (1) nach Anspruch 4, wobei die Korrelation mit Hilfe der durch das Kreiselsystem (43) gelieferten Gierbewegungsinformation durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei die Kamera (1) an einem ein Aufnahmeobjekt (5) überfliegenden Kameraträger angeordnet ist und die Aufnahmerate des mindestens einen linienhaften Bildsensors (9, 10, 11, 12, 13, 14) dem Verhältnis aus Fluggeschwindigkeit und Flughöhe über dem Aufnahmeobjekt (5) entspricht.


43
9
10
14
31
32
33
34
35
11
12
13
36
45
39
3
7
26
23
19
37
41
21
25
17
27
1
29
30
26
25
5
28

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 154 232 A3

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:
21.08.2002 Patentblatt 2002/34

(43) Veröffentlichungstag A2:
14.11.2001 Patentblatt 2001/46

(21) Anmeldenummer: **01106075.3**

(22) Anmeldetag: **13.03.2001**

(51) Int Cl.[7]: **G01C 11/02**, G03B 15/00

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **07.04.2000 DE 10017415**

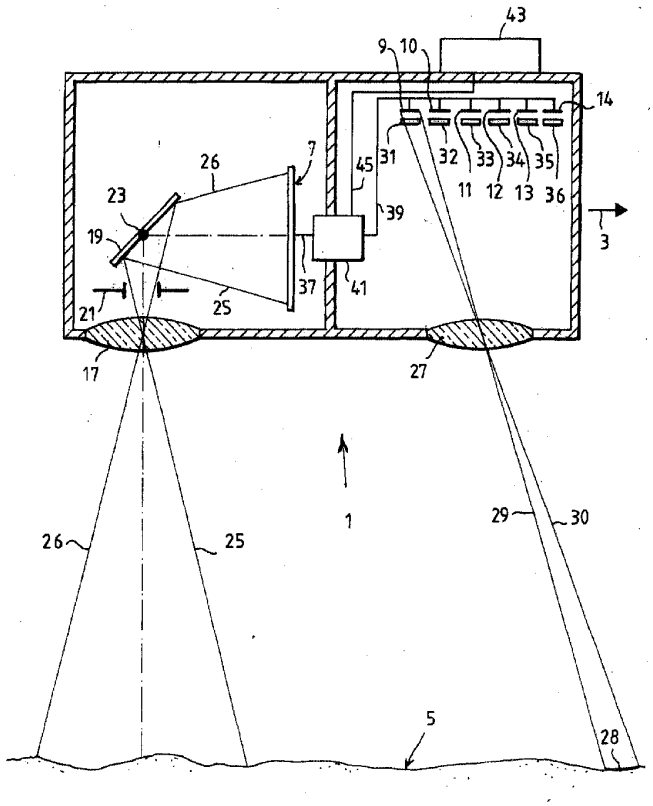
(71) Anmelder: **Z/I Imaging GmbH**
73447 Oberkochen (DE)

(72) Erfinder:
- **Teuchert, Wolf-Dieter, Dr.**
  89551 Königsbronn (DE)
- **Hinz, Alexander, Dr.**
  89551 Königsbronn (DE)

(74) Vertreter: **Gnatzig, Klaus**
Carl Zeiss
Patentabteilung
73446 Oberkochen (DE)

(54) Kamera, insbesondere Luftbildkamera

(57) Bei einer Kamera (1) mit mindestens einem flächigen Bildsensor (7) und mit mindestens einem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) sind dem flächigen Bildsensor (7) und dem linienhaften Bildsensor (9, 10, 11, 12, 13, 14) jeweils ein gesondertes Objektiv (17, 27) zugeordnet.



EP 1 154 232 A3

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 10 6075

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X,D	DE 38 02 219 A (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT ;INGBUERO BURKHARD BRAEUMER (DE)) 3. August 1989 (1989-08-03)	1,2,7	G01C11/02 G03B15/00
Y	* Spalte 2, Zeile 11 - Zeile 22 *	3	
A		5,6,8	
X	US 4 802 757 A (PLEITNER PETER K ET AL) 7. Februar 1989 (1989-02-07)	1	
Y	* Spalte 4, Zeile 58 - Spalte 4, Zeile 64 *	3	
A	* Spalte 7, Zeile 30 - Zeile 33 * * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 *	5,6	
X	US 5 371 358 A (CHANG SHENG-HUEI ET AL) 6. Dezember 1994 (1994-12-06)	1,4,7	
Y	* Spalte 9, Zeile 55 - Zeile 57 *	3	
A	* Spalte 15, Zeile 54 - Zeile 68; Abbildung 17 *	5,6,8	
Y	DE 197 14 396 A (ZEISS CARL FA) 15. Oktober 1998 (1998-10-15) * Abbildung 2 *	3	
A	US 4 747 155 A (DOTSON CHARLES R) 24. Mai 1988 (1988-05-24) * Zusammenfassung; Abbildungen 2,3,7 *	1,8	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 03, 29. März 1996 (1996-03-29) -& JP 07 294279 A (NEC CORP), 10. November 1995 (1995-11-10) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,11 *	1,8	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)

G01C
G03B
H04N

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
MÜNCHEN	26. Juni 2002	Passier, M

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie,übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 01 10 6075

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-06-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3802219 A	03-08-1989	DE 3802219 A1	03-08-1989
		CA 1331798 A1	30-08-1994
		DE 58907312 D1	05-05-1994
		EP 0326128 A2	02-08-1989
		JP 2110314 A	23-04-1990
		US 4951136 A	21-08-1990
US 4802757 A	07-02-1989	DE 3708683 A1	01-10-1987
		FR 2595817 A1	18-09-1987
		JP 62284214 A	10-12-1987
		US 5104217 A	14-04-1992
US 5371358 A	06-12-1994	US 5276321 A	04-01-1994
		US 5149959 A	22-09-1992
		EP 0659269 A1	28-06-1995
		JP 8501876 T	27-02-1996
		WO 9407117 A2	31-03-1994
		AT 128547 T	15-10-1995
		DE 69205046 D1	02-11-1995
		DE 69205046 T2	07-03-1996
		DK 509770 T3	05-02-1996
		EP 0509770 A2	21-10-1992
		JP 5248955 A	28-09-1993
DE 19714396 A	15-10-1998	DE 19714396 A1	15-10-1998
US 4747155 A	24-05-1988	KEINE	
JP 07294279 A	10-11-1995	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 178 283 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
06.02.2002 Bulletin 2002/06

(51) Int Cl.[7]: **G01C 11/02**

(21) Application number: **00830541.9**

(22) Date of filing: **31.07.2000**

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(71) Applicant: **CO.RI.AL. Consorzio Ricerche Alimentari S.C.p.A.**
71100 Foggia (IT)

(72) Inventors:
- **Ranieri, Roberto**
  43052 Colorno (Parma) (IT)
- **Ronchi, Cesare**
  00135 Roma (IT)
- **Valentini, Riccardo**
  01100 Viterbo (IT)

(74) Representative: **Botti, Mario et al**
Botti & Ferrari S.r.l. Via Locatelli, 5
20124 Milano (IT)

(54) Airborne spectroscopic digital camera imaging system

(57) The invention relates to a method and an apparatus (1) for obtaining very high resolution spectroscopic aerial photography images, the apparatus comprising at least a pair of cameras mounted on an aircraft (18) which is intended for flying over intensively cultivated (19) land (20), and comprising an electronic control means of the cameras shutter release. Advantageously, each camera includes digital detection optics (2) brought to operate by means (12)for simultaneously obtaining images and for immediately making available the images in a digital format. The digital format images are stored into the memory of an electronic processor for later ground-based processing in order to have them compared with previously acquired reference images.

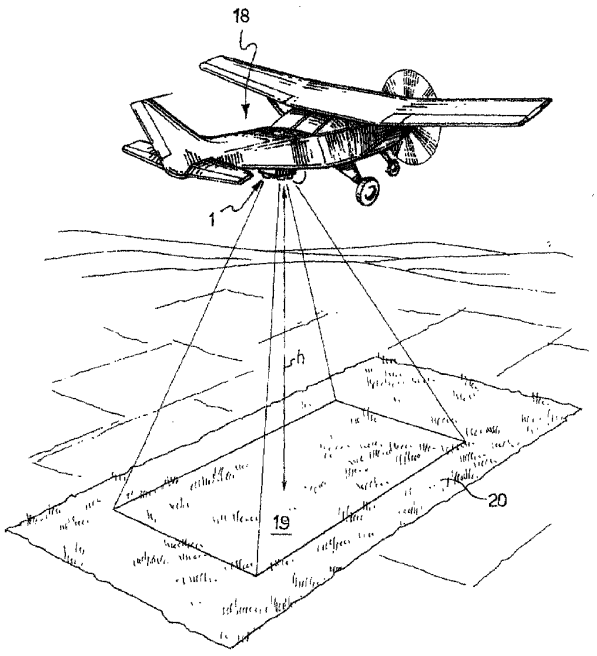


FIG.2

EP 1 178 283 A1

Description

Field of the Invention

[0001] This invention relates to a method and an apparatus for obtaining very high resolution spectroscopic aerial photography images.

[0002] The invention relates in particular to an apparatus for obtaining very high resolution spectroscopic aerial photography images comprising at least a pair of cameras mounted on an aircraft which is intended for flying over intensively cultivated land, and electronic means for controlling the shutters of said cameras.

[0003] As it is well known in the pertinent art, during some periods of the year it is necessary to exercise a precise control over the state of some cultivation, e.g. the state of large plots of wheat or corn cultivated land.

[0004] This derives from the need of periodically checking the rate of growth of certain cultivation, in order to take preventive or curative steps in case possible problems arise.

[0005] Such is the case with the possible effects of long periods of drought, which can lead to the water stressing of cultivation or vegetation in general, as well as with the problems related to parasite attacks or diseases which may adversely affect the cultivation growth and/or impair crops.

[0006] Any time critical situations occur, it would be therefore desirable providing timely information on the cultivation state so that any possible remedy can be set before it is too late. Furthermore, this information should be as objective as possible and on scientific bases, so that they are free of any assessment mistake due to the background experience of the operators.

Prior Art

[0007] Airborne systems for fire prevention and survey are known. An example of such systems is disclosed in the European Patent Application No. 0 811 400.

[0008] The system described in that Application is designed to survey the inflammability of a portion of the overflown. area.

[0009] Fire risk depends on several factors, including structure and denseness of vegetation, plant variety, soil water deficit, and possible elevated-temperature spots.

[0010] The system described in that Application is essentially based on three spectral images, respectively in the red, near-infrared, and infrared bands. Imaging is made possible by three separate airborne TV cameras.

[0011] An image processing apparatus allows the three different images of the same area to be combined with each other, in order to detect different features of or injuries to the vegetation, which reveal the danger for or the presence of fire.

[0012] While being in several ways advantageous and substantially achieving its objective, this detecting system is not suitable to take images in applications other than fire prevention.

[0013] Another solution deriving from the prior art is a system known as MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer), which consists of a complex detecting apparatus for obtaining spectroscopic images in over one hundred bands of the spectrum.

[0014] The latter system comprises: a power supply unit, a computer-controlled video recorder, a computer-controlled monitor with oscilloscope, a digitalizer, and a spectroscopic scanner. These components are interconnected with each other by bundled wires.

[0015] The scanner comprises specific optical elements, including a telescope, a rotating scan mirror, a power-driven encoder, and heat and infrared sensors.

[0016] The light amount of the taken image is picked up by the scan mirror and focused onto a paraboloid to be directed towards a spectrometer, which allows to take images in the visible band (20 channels), in the near-infrared band (8 channels), in the middle of the infrared band (64 channels), and in the thermal region of the infrared band (10 channels).

[0017] The digitalizer allows to perform the conversion from analog to digital images and to forward data to the video recorder.

[0018] The MIVIS system is extremely complicated and expensive, and almost exclusively suitable for use by important research institutes and governmental agencies for monitoring critical geographic areas as volcanic regions, sea coasts, dumping sites, archeological sites, and urban areas. The MIVIS system for cultivation monitoring, additionally to being uneconomical, does not allow to take adequately flexible images, especially as flight conditions vary.

[0019] The underlying technical problem of this invention is to provide a method and a related apparatus for obtaining very high resolution aerial spectroscopic images, which method and apparatus have functional and structural features whereby spectroscopic images of the same overflown area or region can be taken in succession by altering, from the aircraft itself, some imaging parameters as exposure time, imaging speed, and spectral band selection. These features should be all provided by a uniquely simple, compact and cost-effective apparatus capable of overcoming the drawbacks of the aforementioned prior art apparatus.

Summary of the Invention

[0020] The principle at the basis of the present invention is that of simultaneously obtaining spectroscopic images, which are at once made available in a digital format by virtue of an A/D conversion performed within the photographic apparatus.

[0021] This is made possible by an A/D converter having a CDS programmable at an amplification gain of at least 256.

[0022] Based on this principle, the technical problem

is solved by an apparatus as previously indicated and defined in the characterizing portion of Claim 1.

[0023] The invention further relates to a method as defined in Claim 9.

[0024] The features and advantages of the method and the apparatus of this invention will be more clearly apparent from the following description of non-limitative embodiments thereof, given with reference to the accompanying drawings.

In the drawings:

Brief Description of the Drawings

[0025]

- Figure 1 shows a perspective and schematic view of an apparatus prototype for implementing the method of this invention.
- Figure 2 shows a schematic view of an application example of the apparatus shown in Figure 1.
- Figure 3 shows a block diagram view of the apparatus shown in Figure 1.

Detailed Description

[0026] With reference to the drawings, and in particular to the example of Figure 1, an apparatus for obtaining very high resolution spectroscopic aerial photographic images is generally shown at 1 in a schematic form.

[0027] The apparatus 1 is part of an airborne spectroscopic photography system and embodies this invention for taking very high radiometric resolution digital spectral photographs.

[0028] The apparatus 1 is detachably mounted on an aircraft 18 which is intended to fly over areas 20, cultivated zones or regions 19, and intensive cultivated areas with the purpose of obtaining photographic images of such areas.

[0029] For this purpose, the apparatus 1 includes a plurality of digital detection optics 2 which are structurally independent from one another and all of them have sensitivity in the visible-near infrared range, e.g. in the wavelength range of 0.4 to 1.1 micrometers.

[0030] In a preferred embodiment, four such optics 2 are provided. However, the apparatus 1 could include another number of optics, or optics having a different type of sensitivity.

[0031] As an example and for the sake of completeness, it should be mentioned that each of the optics 2 comprises a digital CCD camera equipped with a reflex objective lens 3, e.g. a 35 mm lens, a pair of electromechanical shutters, e.g. from 1 to 9999 s, and CCD sensors 5 having a resolution of at least 768x512 pixels.

[0032] In addition, a 14-bit A/D converter with CDS programmable at at least 256 amplification gain is provided within each camera.

[0033] Also provided is a microcontroller electronic means to control the shutters of said cameras. This mean will be described in greater detail hereinafter, in connection with the electronic portion of the apparatus 1.

[0034] The optics 2 exhibit high quantum efficiency, close to 90%, and allow to obtain a sufficient amount of light even at exposure times of a fraction of a millisecond in normal conditions of use, that is, daylight and spectral widths of a few tens of nanometers.

[0035] These CCD sensors 5 preferably have a dynamic sensitivity of at least fourteen bits allowing, in the selected band, a conversion of the reflectance values into 16384 shades of grey, so that even very small variations of the different images can be detected. Advantageously, chromatic filters 4 can be removably interposed between each objective lens 3 and the related sensor 5. Specifically, the filters 4 are mounted on an eight-position electromechanical filter holding wheel 6, as schematically shown in Figure 3. In this way, the spectral bands of the obtained spectroscopic images can be selected. By using chromatic filters 4 with bandwidths in the 2 to 40 μm range, suitable images can be obtained for an itemized appraisal of the vegetation characteristics, such as coverage, biomass and chlorophyll content, it being possible to extend the investigation to even take notice of specific pigments and tissue structural elements.

[0036] Each electromechanical wheel 6 is interposed between each objective lens 3 and the corresponding sensor 5. The wheels are rotatably mounted inside a protective shroud 8, shown in Figure 1, and are rotatively driven by electric motors, not shown because conventional.

[0037] The apparatus 1 is self-powered by a battery and by a suitable voltage regulator.

[0038] Each filter holding wheel is activated to rotate, and precisely set in position, by electric signals emitted from a microcontroller 12 included in the apparatus 1.

[0039] Alternatively, an electronic processor 10 incorporating the microcontroller 12 may be connected to the apparatus 1 by means of an external connector 16.

[0040] Associated with the microcontroller 12 is a PCI-standard interface 11 whereto all the digital sensors 5 are led. Such microcontroller is associated with a non-volatile memory of at least 20-Gbyte capacity.

[0041] The microcontroller controls the electromechanical shutters of each optic 2 via the interface 11.

[0042] Furthermore, a conventional GPS sensor 17, e.g. a Garmin Ultrasonic type, is connected to the microcontroller 12 to acquire georeference data useful for the images geometrical correction.

[0043] Also provided is a gyroscopic sensor, of the vertical type having a continuous elevation, for recording variations in the aircraft trim about the axes x, z. This sensor has a roll (x) recording range of ±90° and a dive

(z) recording range of ±60°.

[0044] The gyroscopic sensor is connected to the microcontroller through another PCI interface, not shown because conventional.

[0045] An airborne monitor 14 simultaneously displays the images taken by the cameras, and appropriate dedicated algorithms enable control of the digital cameras, the GPS sensor, and the gyroscope.

[0046] Advantageously, imaging parameters as exposure time, imaging speed, and the selection of spectral bands can be changed in flight through the choice of filters.

[0047] In essence, the method of this invention allows the areas being overflown to be imaged or simultaneously photographed by means of the digital detection optics 2, and the digital format images to be stored into the memory associated with the microcontroller 12. Ground-based processing may later be carried out for comparison with previously acquired reference images.

[0048] The ground-based geometric resolution of the images so taken will be a function of such flight parameters as altitude and speed.

[0049] Optionally, a digital panchro TV camera 15 is connected to the interface 11, and hence to the microcontroller 12, for displaying and concurrently recording images already and simultaneously taken by the spectral cameras 2. This TV camera 15 is equipped with zoom and autofocus facilities, and allows to take scenes with a field of view wider than that of the spectral images, thereby enabling the aircraft course over predetermined areas to be checked thanks to some ground landmarks.

[0050] The geometric resolution, fourteen-bit radiometric, temporal and spectroscopic features make the apparatus of this invention an effective tool for monitoring and conning agricultural and forestal resources. In normal conditions of use, that is at an altitude in the 50 to 500 m range, images with a ground-based resolution on the order of 20-70x20-70 cm per pixel can be obtained in accordance with the following table, built upon a cruising speed of 110 km/h of the aircraft.

Altitude	Area shot	Geometric	resolution
(meters)	(meters)	Height	Length
50	35x35	5	7
100	67x67	9	13
200	135x135	18	27
500	350x350	50	70
1000	670x670	90	130

Altitude is schematically indicated as height h in Figure 2.

[0051] The apparatus and method of this invention do solve the technical problem and provide spectroscopic photographic images, useful to evaluate factors of major interest in the cultivation treatment, at a reasonable cost.

[0052] Also noteworthy is the flexibility inherent to the system -- or rather the system suitability for use in different kinds of surveys -- as flight conditions vary with consequent variations of the overall resolution features.

Claims

1. An apparatus (1) for obtaining very high resolution spectroscopic aerial photography images, comprising at least a pair of cameras mounted on an aircraft (18) which is intended for flying over areas (20) interested by intensive cultivation (19), **characterized in that** each camera includes digital detection optics (2) brought into operation by said electronic means (12) for simultaneously controlling the shutters of said cameras.

2. An apparatus according to Claim 1, **characterized in that** said images are at once made available in a digital format by an A/D converter incorporated to each still camera.

3. An apparatus according to Claim 1, **characterized in that** said A/D converter is a 14-bit converter with CDS programmable at a gain of at least 256.

4. An apparatus according to Claim 1, **characterized in that** each still camera includes digital CCD sensors (5) having high resolution.

5. An apparatus according to Claim 4, **characterized in that** said CCD sensors (5) have a dynamic sensitiveness of at least fourteen bits.

6. An apparatus according to Claim 4, **characterized in that** it comprises chromatic filters (4) removably interposed between each optic (2) and the related sensors (5).

7. An apparatus according to Claim 1, **characterized in that** said optics (2) have sensitivity in the visible-near infrared range.

8. An apparatus according to Claim 4, **characterized in that** it comprises a microcontroller (12) connected to said sensors (5) and said optics (2) through an interface (11), and comprises a vertical gyroscopic sensor for recording variations in the aircraft trim through a second interface.

9. An apparatus according to Claim 8, **characterized in that** a GPS sensor (17) is also connected to said microcontroller (12) for acquiring georeference data useful for geometric correction of the images.

10. An airborne spectroscopic photography system, **characterized in that** it includes at least one appa-

ratus as claimed in Claims 1 to 9.

11. A method of obtaining very high resolution spectroscopic aerial photography images, **characterized in that** said images are simultaneously obtained or taken photographically through related digital detection optics (2) so as to have the images available at once in a digital format, a storage of the images in the digital format, and a subsequent comparative processing of said images with previously obtained reference images.

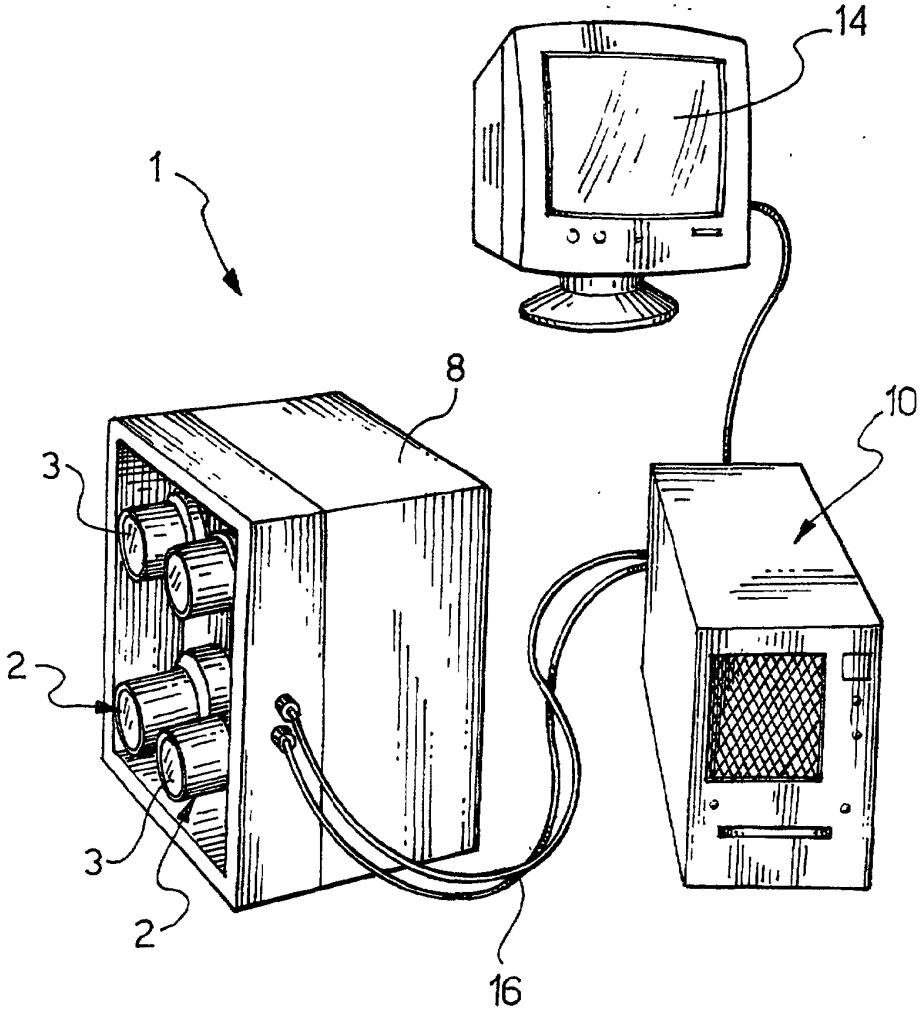


FIG.1

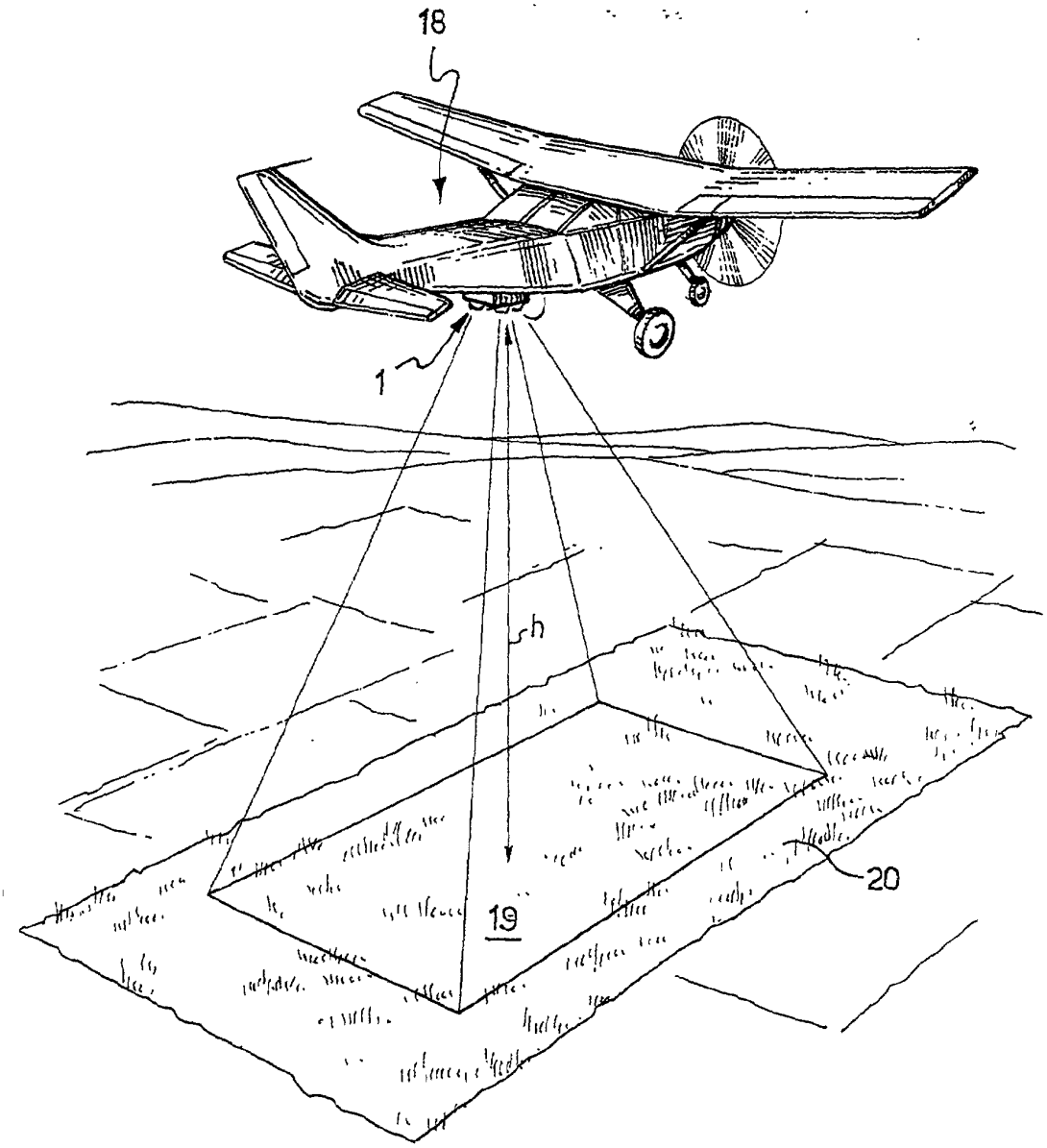


FIG.2

ASPIS block scheme

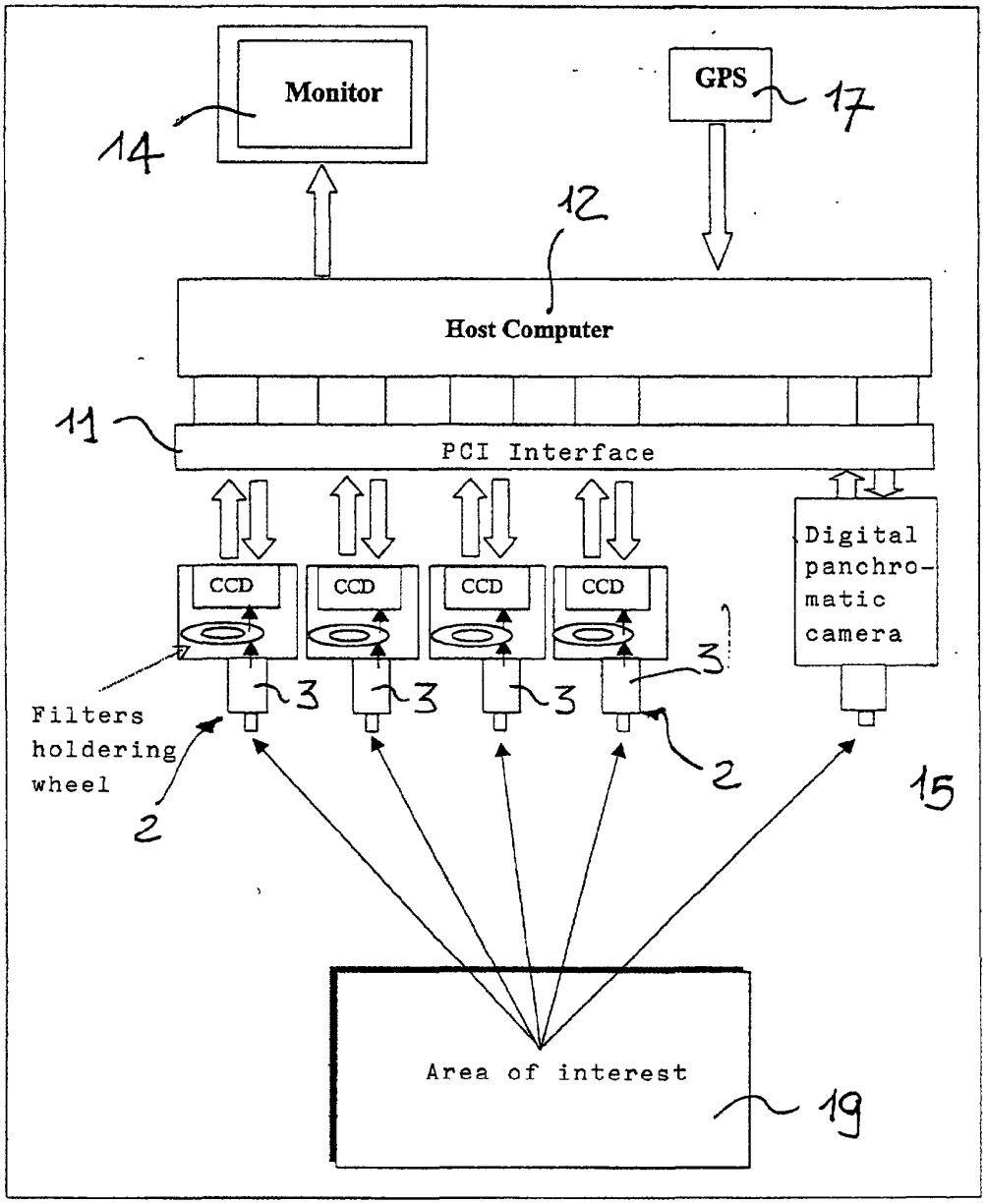


FIG. 3

European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 00 83 0541

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
X Y	US 4 134 683 A (GOETZ ALEXANDER F H ET AL) 16 January 1979 (1979-01-16) * the whole document *	1-7,10, 11 8,9	G01C11/02
Y	US 5 604 534 A (HEDGES THOMAS M ET AL) 18 February 1997 (1997-02-18) * column 8, line 10 - line 48 * * column 13, line 39 - column 57 * * figures 1-8,18 *	8,9	
A,D	US 5 936 245 A (RENOT ANDRE ET AL) 10 August 1999 (1999-08-10) * figure 2 *		
A	US 5 166 789 A (MYRICK E L) 24 November 1992 (1992-11-24) * figures 1,2 *		

TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)

G01C

The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
MUNICH	11 January 2001	Aratari, R

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO. EP 00 83 0541

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

11-01-2001

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4134683 A	16-01-1979	NONE	
US 5604534 A	18-02-1997	AU 708105 B	29-07-1999
		AU 5744096 A	11-12-1996
		CA 2221683 A	28-11-1996
		EP 0829168 A	18-03-1998
		WO 9638003 A	28-11-1996
		US 5999211 A	07-12-1999
US 5936245 A	10-08-1999	FR 2749177 A	05-12-1997
		CA 2208185 A	03-12-1997
		EP 0811400 A	10-12-1997
US 5166789 A	24-11-1992	US 5045937 A	03-09-1991

EPO FORM P0459

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 202 119 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
02.05.2002 Bulletin 2002/18

(51) Int Cl.[7]: **G03F 7/20**

(21) Application number: **01307653.4**

(22) Date of filing: **10.09.2001**

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: **12.09.2000 US 231953 P**

(71) Applicant: **ASML Masktools Netherlands B.V.**
5503 LA Veldhoven (NL)

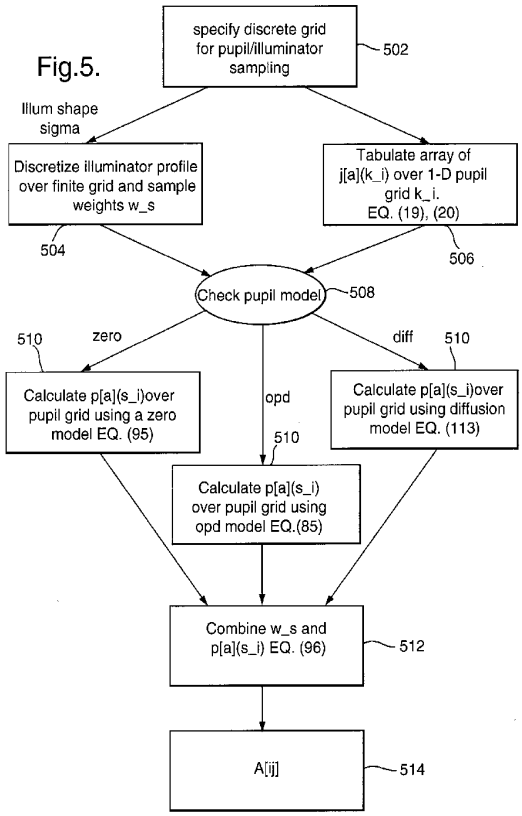
(72) Inventor: **Liebchen, Armin**
Hayward, California 94542 (US)

(74) Representative: **Leeming, John Gerard**
J.A. Kemp & Co.,
14 South Square,
Gray's Inn
London WC1R 5LX (GB)

(54) Method and apparatus for fast aerial image simulation

(57) The present invention provides a method and apparatus for simulating an aerial image projected from an optical system, wherein the optical system includes a pupil and a mask. In general, the method comprises the steps of obtaining parameters for the optical system, calculating a kernel based on an orthogonal pupil projection of the parameters of the optical system onto a basis set, obtaining parameters of the mask, calculating a vector based on an orthogonal mask projection of the parameters of the mask onto a basis set, calculating a field intensity distribution using the kernel and the vector, and obtaining aerial image data from the field intensity distribution.

Fig.5.



EP 1 202 119 A1

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] In lithography, an exposure energy, such as ultraviolet light that is generated in an optical system, is passed from an aperture of the system through a mask (or reticle) and onto a target such as a silicon substrate. The mask typically may contain opaque and transparent regions formed in a predetermined pattern. The exposure energy exposes the mask pattern, thereby forming an aerial image of the mask. The aerial image is then used to form an image onto a layer of resist formed on the target. The resist is then developed for removing either the exposed portions of resist for a positive resist or the unexposed portions of resist for a negative resist. This forms a patterned substrate. A mask typically may comprise a transparent plate such as fused silica having opaque (chrome) elements on the plate used to define a pattern. A radiation source illuminates the mask according to well-known methods. The radiation transmitted through the mask and exposure tool projection optics forms a diffraction-limited latent image of the mask features on the photoresist. The patterned substrate can then be used in subsequent fabrication processes. In semiconductor manufacturing, such a patterned substrate can be used in deposition, etching, or ion implantation processes, to form integrated circuits having very small features.

[0002] In a manufacturing process using a lithographic projection apparatus, a pattern in a mask is imaged onto a substrate, which is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material (resist). Generally, lithographic patterning processes are understood by those who practice the profession. Information regarding exemplary processes may be obtained, for example, from the book "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing", Third Edition, by Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997 ISBN 0-07-067250-4.

[0003] As the size of lithographically fabricated structures decreases, and the density of the structures increases, the cost and complexity of designing masks additionally increases. One method of reducing costs of lithographic fabrication is by optimizing the lithographic design with a lithographic simulation step prior to the actual manufacturing step. One specific method of lithographic simulation is drawn to simulating the aerial image of the mask. The aerial image is defined as an intensity distribution of light just prior to reaching the resist on a surface of a substrate, when the substrate is exposed via the mask in an exposure apparatus. In order to simulate the aerial image, a layout of a mask and exposure conditions (non-limiting examples include NA: Numerical Aperture, σ (sigma): Partial Coherence Factor) of the lithographic apparatus are typically required as input parameters.

[0004] Lithographic apparatus may employ various types of projection radiation, non-limiting examples of which include light, ultra-violet ("UV") radiation (including extreme UV ("EUV"), deep UV ("DUV"), and vacuum UV ("VUV")), X-rays, ion beams or electron beams. The following have been considered exemplary exposure sources. Light may generally refer to certain mercury emissions, i.e., wavelengths of 550 nm for the f-line, 436 nm for the g-line, and 405 nm for the h-line. Near-UV or UV generally typically refer to other mercury emissions, i.e., 365 nm for the i-line. DUV generally refers to excimer laser emissions, such as KrF (248nm) and ArF (193nm). VUV may refer to excimer laser F_2, i.e., 157nm, Ar_2, i.e., 126nm, etc. EUV may refer to 10-15 nm. This last portion of the electromagnetic spectrum is very close to "soft X-rays" but has been named as "EUV", possibly to avoid the bad reputation of X-ray patterning. Soft X-rays may refer to 1- 15 nm, which may typically be used in X-ray lithography.

[0005] Depending on the type of radiation used and the particular design requirements of the apparatus, the projection system may be for example, refractive, reflective or catadioptric, and may comprise vitreous components, grazing-incidence mirrors, selective multi-layer coatings, magnetic and/or electrostatic field lenses, etc; for simplicity, such components may be loosely referred to in this text, either singly or collectively, as a "lens".

[0006] When the resist is exposed by the aerial image, there is an additional variable in that some of the exposure light is reflected back by the surface of the substrate, and then absorbed by the resist. Accordingly, not only the resist characteristics (regarding, for example, refractive index: Dill's A,B,C) but also parameters regarding the characteristics of the substrate (e.g., refractive index) should be included as input parameters for simulating the latent image.

[0007] The so-called Hopkins model treats the electric field forming the image typically as a scalar and assumes the object being imaged is sufficiently thin so that its effect on the incident field is represented by a multiplicative function. It is advantageous to perform the image formation analysis in the Fourier domain (frequency space) in order to deal with the pupil function of the imaging system rather than the amplitude response function, and with the angular distribution or "effective source" rather than with the mutual intensity.

[0008] There are several computer programs commercially available that calculate aerial images based on the Hopkins model. For example, the University of California at Berkeley, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Berkeley, Calif., 94720, offers a program called SPLAT.

[0009] The Hopkins model is used to model the imaging of drawn design features under partially coherent illumination. A major problem in modeling aerial images under partially coherent illumination is the necessity to superimpose and add the effect of each individual illumination source that makes up the partially coherent source. In the Hopkins model, a two-dimensional by two-dimensional transmission cross-coefficient function ("TCC") is pre-calculated, which captures

all the effects of the lithographic projection apparatus, including NA, sigma, etc. As taught, for example in Born & Wolf, p. 603, once a TCC is known, systems with partially coherent illumination can be modeled by integrating the TCC over the Fourier transform of the transmission function for the geometrical layout feature under illumination.

[0010] Fundamentally, the TCC is a two-dimensional by two-dimensional correlation function with a continuous set of arguments. In practice, an assumption can be made that the feature patterns to be imaged are periodic in space. For such periodic patterns, the TCC has a large, but discrete, set of arguments. The TCC can then be represented as a matrix, with discrete columns and rows. For typical features interesting to the lithographer the size of this matrix is tremendous and restricts the scale and size of features that can be simulated. It is a purpose of any simulation algorithm based on the Hopkins model to reduce the size of this matrix by approximation, while retaining a reasonable degree of accuracy.

[0011] An exemplary projection lithography system is illustrated in **FIGS. 1A** and **1B**. In **FIG. 1A**, light from illumination source **102** is focussed by condenser **104.** The condensed light passes through the mask **106,** then through the pupil **108** and onto the substrate **110.** As shown in **FIG. 1B**, substrate **110** may comprise a top anti-reflective coating **112,** a resist **118,** a bottom anti-reflective coating **117**, a top substrate layer **114** and a plurality of other substrate layers. As indicated in **FIG. 1B**, the focal plane may lie within the resist **118**.

[0012] In the past, several numerical techniques have been applied to reduce the size of the TCC to reasonable scales. In one instance singular value decomposition has been applied to decompose the TCC into its eigenspectrum, sort the resulting eigenvectors in decreasing magnitude of their eigenvalues, and only retain a finite number of eigenvectors in order to approximate the TCC. An exemplary method for optical simulation for the system of **FIG. 1A**, that uses the Hopkins model, is illustrated in **FIG. 2.** As illustrated in **FIG. 2,** at step **S202**, the lithographic projection apparatus and mask parameters are input in the system. At step **S204**, the TCC is approximated by an eigenvector diagonalization. At step **S206**, a two-dimensional table of convolution integrals of the eigenfunctions with a discrete set of normalized rectangles is calculated and tabulated. The article, "Fast, Low-Complexity Mask Design", by N. Cobb et al., SPIE Vol. 2440, pgs. 313-326, the entire disclosure of which is incorporated by reference, teaches an exemplary method for completing step **S206.** Since the resulting table is on a discrete grid of possible layout-features, to attain an acceptable resolution, the table must be large. At step **S208**, since the TCC has been approximated, the illumination system can be modeled, i.e. the aerial image can be simulated by combining each two-dimensional convolution integral corresponding to each respective rectangle in a given proximity window.

[0013] This method has two drawbacks. First, an eigenvector diagonalization is a numerically expensive operation. Thus, for a user to change lithographic projection apparatus conditions, such as NA, sigma, illumination type or lens-aberration, an expensive recalculation of the TCC approximation that limits the use of the simulation tool is required. Second, the eigenspectrum of the TCC is a two-dimensional function. Representing the associated field vectors of the geometrical pattern under illumination requires a two-dimensional lookup table that limits the speed of the field calculation in the Hopkins algorithm. Specifically, since the field vectors are a two-dimensional table, two pointers are needed to access any respective address of data, which increases access time. Further, since the field vectors are a two-dimensional table, they are stored in a portion of the cache. Using a look-up table from a DRAM in a present day CPU is more expensive than performing multiplication because the cache miss penalty is larger than the time to perform the multiplication.

[0014] Accordingly, there is needed a method and apparatus for simulating a projection lithography system using the Hopkins model, that does not use a numerically expensive eigenvector diagonalization operation. What is further needed is a method and apparatus for simulating a projection lithography system using the Hopkins model that permits a user to change lithographic projection apparatus conditions, such as NA, sigma, illumination type or lens-aberration without requiring an expensive recalculation of the TCC approximation.

BRIEF DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0015] It is an object of the present invention to provide a method and apparatus for simulating a projection lithography system using the Hopkins model that does not use a numerically expensive eigenvector diagonalization operation.

[0016] It is another object of the present invention to provide a method and apparatus for simulating a projection lithography system using the Hopkins model that permits a user to change lithographic projection apparatus conditions without requiring an expensive recalculation of the TCC approximation.

[0017] It is still another object of the present invention to provide a method and apparatus for predicting the intensity field distribution ("aerial image") at the surface and throughout the resist film of a substrate being irradiated in a lithographic imaging process.

[0018] In accordance with the foregoing objectives, the present invention writes the TCC as T(q'q), where q and q' each are continuous frequencies in two-dimensional Fourier space, $q=(q_x, q_y)$, $q'=(q'_x, q'_y)$. The present invention approximates the TCC extremely well as a bilinear form of a basis function with kernel A[ij]. Furthermore, the present invention utilizes a set of orthogonal polynomials. The kernel A[ij] represents a small matrix that efficiently approximates

the TCC for a broad range of illumination conditions used in modem lithographic processing. The present invention uses a lower number of arithmetic operations as a result of the use of a one-dimensional look-up table as opposed to the two-dimensional look-up table in the prior art. Furthermore, the one-dimensional look-up table achieves a higher cache hit ratio than a two-dimensional look-up table of the same resolution, thereby providing a more efficient system.

[0019] In general, in one embodiment, the invention features a method of simulating an aerial image projected from an optical system, the optical system including a pupil and a mask plane, the method comprising the steps of providing a mask to the mask plane, obtaining parameters for the optical system, calculating a kernel based on an orthogonal pupil projection of the parameters of the optical system onto a basis set, obtaining parameters of the mask, calculating a vector based on an orthogonal mask projection of the parameters of the mask onto a basis set, calculating a field intensity distribution using the kernel and the vector, and obtaining an aerial image from the field intensity distribution.

[0020] In one embodiment of the invention, the parameters for the optical system include aberrations.

[0021] In another embodiment of the invention, the step of calculating a kernel corresponding to the parameters of the optical system includes the step of generating a table of indefinite integrals based on a recurrence over a seed array of incomplete gamma functions.

[0022] In yet another embodiment of the invention, the step of calculating a kernel corresponding to the parameters of the optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system is in-focus. More particularly, it further comprises the step of combining sample weights of an illuminator profile of the optical system with the array of orthogonal pupil projection coefficients.

[0023] In still another embodiment of the invention, the step of calculating a kernel corresponding to the parameters of the optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system is either not in-focus or has aberrations. More particularly, it further comprises the step of combining sample weights of an illuminator profile of the optical system with the array of orthogonal pupil projection coefficients.

[0024] In still yet another embodiment of the invention, the step of calculating a kernel corresponding to the parameters of the optical system further includes the step of: tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system accounts for effects of diffusion of photoactive compounds in the resist. More particularly, it further comprises the step of combining sample weights of an illuminator profile of the optical system with the array of orthogonal pupil projection coefficients.

[0025] In a further embodiment of the invention, the step of calculating a vector corresponding to the parameters of the mask further includes the step of specifying a proximity window within the mask for geometric sampling.

[0026] In still a further embodiment of the invention, the step of calculating a vector corresponding to the parameters of the mask further includes the step of decomposing a geometric pattern of the mask into a disjoint set of rectangles and tabulating an array of projections of the rectangles within a proximity window. More particularly, the step of calculating a vector corresponding to the parameters of the mask further includes the step of correcting the array of projections of the rectangles based on the type of mask.

[0027] In general, in another aspect, the invention features a method for simulating an aerial image projected from an optical system, the optical system including a pupil and a mask plane, the method comprising the steps of: providing a mask to the mask plane, obtaining parameters for the optical system, obtaining parameters of the mask, projecting the components of electric field vectors to an orthogonal polynomial basis as described in further detail below, the polynomials including polynomials associated with the parameters of the optical system, and approximating the transmission cross-correlation function associated with the optical system based on the orthogonal projection of polynomials.

[0028] In general, in still another aspect, the invention features a simulation device operable to simulate an aerial image projected from an optical system, the optical system including a pupil and a mask plane, the simulation device comprising a first parameter obtainer for obtaining parameters of the optical system, a first calculator for calculating a kernel based on an orthogonal pupil projection of the parameters of the optical system onto a basis set, a second parameter obtainer for obtaining parameters of a mask provided to the mask plane, a second calculator for calculating a vector based on an orthogonal mask projection of the parameters of the mask onto a basis set, a third calculator for calculating a field intensity distribution using the kernel and the vector, and an aerial image obtainer for obtaining aerial image data from the field intensity distribution.

[0029] In one embodiment of the invention, the first, second, and third calculators are the same calculator.

[0030] In another embodiment of the invention, the parameters for the optical system include aberrations.

[0031] In yet another embodiment of the invention, the first calculator is operable to generate a table of indefinite integrals based on a fast recurrence over a seed array of incomplete gamma functions.

[0032] In still another embodiment of the invention, the first calculator is operable to tabulate an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system is in-focus.

[0033] In still yet another embodiment of the invention, the first calculator is operable to tabulate an array of orthogonal

pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system is either not in-focus or has aberrations.

[0034] In a further embodiment of the invention, the first calculator is operable to tabulate an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system accounts for effects of photoactive compound diffusion in the resist.

[0035] In still a further embodiment of the invention, the second calculator is operable to specify a proximity window within the mask for geometric sampling.

[0036] In yet a further embodiment of the invention, the second calculator is operable to decompose a geometric pattern of the mask into a disjoint set of rectangles and tabulate an array of projections of the rectangles within a proximity window. More particularly the second calculator is operable to correct the array of projections of the rectangles based on the type of mask.

[0037] In general, in yet another aspect, the invention features a simulation device operable to simulate an aerial image projected from an optical system, the optical system including a pupil and a mask plane, the simulation device comprising a first parameter obtainer for obtaining parameters of the optical system, a second parameter obtainer for obtaining parameters of a mask provided to the mask plane, a first calculator for orthogonally projecting polynomials, the polynomials including polynomials associated with the parameters of the optical system, and a second calculator for approximating the transmission cross-coefficient associated with the optical system based on the orthogonal projection of polynomials.

[0038] Additional advantages of the present invention will become apparent to those skilled in the art from the following detailed description of exemplary embodiments of the present invention. The invention itself, together with further objects and advantages, can be better understood by reference to the following detailed description and the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0039] The accompanying drawings, which are incorporated in and form a part of the specification, illustrate embodiments of the present invention and, together with the description, serve to explain the principles of the invention.

In the drawings:

[0040] FIGS. 1A and 1B illustrate a conventional optical lithographic system.

[0041] FIG. 2 illustrates a conventional method for simulating an aerial image projected from an optical system.

[0042] FIG. 3 illustrates a conventional method for dividing a pupil area into a discrete areas.

[0043] FIG. 4 illustrates the method for simulating an aerial image projected from an optical system in accordance with an exemplary embodiment of the present invention.

[0044] FIG. 5 illustrates an exemplary method for generating a kernel in accordance with the present invention.

[0045] FIG. 6 illustrates an exemplary method for generating a vector in accordance with the present invention.

[0046] FIG. 7 illustrates an exemplary method for generating a table of indefinite integrals based on a fast recurrence over a seed array of incomplete gamma functions in accordance with the present invention.

[0047] FIG. 8 illustrates an exemplary mask plane used in conjunction with the present invention.

[0048] FIG. 9 illustrates an exemplary method for calculating an intensity profile and intensity gradient in accordance with the present invention.

[0049] FIG. 10 illustrates an efficient algorithm in accordance with the present invention.

[0050] FIG. 11A illustrates the coefficient matrix A_{ij} in accordance with the present invention. FIG. 11B illustrates an exemplary representation of the coefficient matrix A_{ij} in accordance with the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0051] In the following description, for the purposes of explanation, numerous specific details are set forth in order to provide a more thorough understanding of the present invention. It will be apparent, however, to one skilled in the art that the present invention may be practiced without these specific details.

[0052] The present invention circumvents the above-described problems of the prior art systems by applying a fundamentally different technique for the approximation of the TCC. Specifically, the present invention closely and efficiently approximates the TCC as a bilinear form of a basis function with kernel A[ij].

[0053] A general overview of the operation of the simulation system in accordance with the exemplary embodiment of the present invention is illustrated in **FIG. 4.** As illustrated in **FIG. 4** of the present invention, in step **S402**, the lithographic projection apparatus parameters are entered. In step **S404**, a kernel A[ij] is calculated. In step **S406**, the mask parameters are entered. In step **S408**, vectors corresponding to mask parameters are calculated. In step **S410**

the intensity profile of the pupil is calculated using the kernel A[ij] and the vectors corresponding to the mask parameters. In step **S412,** a simulated aerial image of the mask is produced.

[0054] Prior to discussing the operation of a simulation system in accordance with the exemplary embodiment of the present invention in further detail, a brief but concise discussion of the mathematical underpinnings will be provided. Specifically, the spectral basis, including its analytical representation, its basic properties, and its application with regards to an indefinite integral will be discussed. Further, the Fourier transform ("FT") of the basis, including its analytical representation, and its application with regards to an indefinite integral will be discussed. Still further, miscellaneous provisions including orthogonality under a FT will be discussed.

SPECTRAL BASIS

Analytical Representation

[0055] A mathematical function provides a mapping of a continuous set of input values to a continuous set of output values. This mapping may be generated in a number of ways. One way is the use of an analytical expression, such as sin(x), or log(x). Another way is by tabulation and interpolation of intermediate values. Yet another way is to represent a function in terms of a linear superposition of a set of known basis functions. For an orthogonal set of basis functions such a representation is called a spectral representation.

[0056] The spectral basis considered in the following discussion is represented as:

$$\langle \eta_{[a]} | r \rangle = (\alpha/\sqrt{\pi})(-\frac{1}{2})^{\lambda a} \exp[\bar{r}^2 / 2] \partial \frac{a_x}{r_x} \partial \frac{a_y}{r_y} \exp[-\bar{r}^2] \quad (1)$$

which may be factored into one-dimensional contributions. In equation (1), $r = \alpha (r-r_0)$ for sampling at a point r_0, and $\lambda_a = a_x + ay$ The one-dimensional basis along the x-dimension follows as:

$$\langle \eta_{[a_x]} | x \rangle = (\alpha/\sqrt{\pi})^{\frac{1}{2}} (-\frac{1}{2})^{a^x} \exp[\bar{x}^2 / 2] \partial \frac{a_x}{r_x} \exp[-\bar{x}^2] \quad (2)$$

Basic Properties

[0057]

1. Recurrence

$$\langle \eta_{[a+1_i]} | r \rangle = \bar{r} \langle \eta_{[a]} | r \rangle - \frac{1}{2} a_i \langle \eta_{[a-1_i]} | r \rangle \quad (3)$$

2. Derivative

$$\partial_{\bar{r}} \langle \eta_{[a]} | r \rangle = \frac{1}{2} a_i \langle \eta_{[a-1_i]} | r \rangle - \langle \eta_{[a+1_i]} | r \rangle \quad (4)$$

3. Normalization

The basis is orthogonal with normalization constants:

$$(\eta_a(r) \bullet \eta_a(r)) = \frac{a_x! \bullet a_y!}{2^{a_x + a_y}} \qquad \text{with } a=(a_x, a_y) \quad (5)$$

Indefinite Integral

[0058] The indefinite integral over the spectral basis may be related to an incomplete Gamma function. For Manhattan-style layout designs, the integration boundaries are along the Cartesian coordinate axes and permit a factorization

into independent one-dimensional integrations. The following definition of the incomplete Gamma-function $\gamma(a,x)$ is used:

$$\gamma(a,x) := \int_0^x t^{a-1} e^{-t} dt \tag{6}$$

Let

$$I_{[a_x]}(x_0,x_1) := \int_{x_0}^{x_1} dx \left\langle \eta_{[a_x]} \mid x \right\rangle \tag{7}$$

[0059] Recurrence

Let $x = \alpha \bar{x}$ and

$$J_{[a_x,m]}(\bar{x}) := \left(\frac{1}{\alpha\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \left(-\frac{1}{2}\right)^a \int_0^{\bar{x}} dt\ t^m\ exp\left[t^2/2\right] \partial_t^a\ exp\left[-t^2\right] \tag{8}$$

[0060] Note that $J_{[ax,m]}(-\bar{x}) = (-1)^{m+a} J_{[ax,m]}(\bar{x})$. The above integral may then be evaluated as

$$I_{[a]}(x_0,x_1) = J_{[a,0]}(\bar{x}_1) - J_{[a,0]}(\bar{x}_0) \tag{9}$$

$$J_{[a+1,m]} = \frac{1}{2}\left[J_{[a_x,m+1]} + m J_{[a_x,m-1]} - \frac{\bar{x}^m}{\alpha}\left\langle \eta_{[a_x]} \mid x \right\rangle + \delta_{m,0}\frac{1}{\alpha}\left\langle \eta_{[a_x]} \mid 0 \right\rangle \right] \tag{10}$$

$$J_{[0,m]} = \left(\frac{2^{m-1}}{a\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \gamma\left(\frac{m+1}{2}, \frac{\bar{x}^2}{2}\right) \tag{11}$$

[0061] The Fourier transform of the spectral basis may be expressed as:

$$\langle \eta_{[a]} \mid \bar{q} \rangle = \frac{1}{a\sqrt{\pi}}\left(\frac{i}{2}\right)^{\lambda_a} \exp[\bar{q}^2/2] \partial_{q_x}^{a_x} \partial_{q_y}^{a_y} \exp[-\bar{q}^2] \tag{12}$$

Indefinite Integral

[0062] Similar to equation (3), the indefinite integral over the FT of the spectral basis may also be related to an incomplete Gamma function. Due to the circular aperture of the pupil however the two-dimensional integration cannot be simply factorized into one-dimensional products. The present invention uses a hybrid approach, whereby the one-dimensional integration along one axis, for example the x-axis, is performed analytically similar to equation (3). On the other hand, the integration along the other axis, for example the y-axis, is performed numerically. The following considers the one-dimensional analytical integration of the FT of the spectral basis. Let

$$I^k_{[a]}(k_0,k_1) := \int_{k_0}^{k_1} dq \langle \eta_{[a]} | q \rangle \quad (13)$$

$$= \alpha \int_{\frac{k_0}{\alpha}}^{\frac{k_1}{\alpha}} d\bar{q} \langle \eta_{[a]} | q \rangle \quad (14)$$

$$= \alpha \int_0^{\bar{k}_1} d\bar{q} \langle \eta_{[a]} | q \rangle - \alpha \int_0^{\bar{k}_0} d\bar{q} \langle \eta_{[a]} | q \rangle \quad (15)$$

Recurrence

[0063] Let $\bar{k} = k/\alpha$ and

$$J^k_{[a,m]}(k) := \left(\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{i}{2}\right)^a \int_0^{\bar{k}} dt\, t^m \exp\left[t^2/2\right] \partial_t^a \exp\left[-t^2\right] \quad (16)$$

then the above integral may be evaluated as

$$I^k_{[a]}(k_0,k_1) = J^k_{[a,0]}(k_1) - J^k_{[a,0]}(k_0) \quad (17)$$

A recurrence for $J^k_{[a,m]}(k)$ follows via

$$J^k_{[a+1,m]} := \left(\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{i}{2}\right)^{a+1} \int_0^{\bar{k}} dt\,(t)^m \exp\left[t^2/2\right] \partial_t \partial_t^a \exp\left[-t^2\right] \quad (18)$$

as:

$$J^k_{[a+1,m]} = (-i)\frac{1}{2}[J^k_{[a,m+1]} + mJ^k_{[a,m-1]} - \beta \bar{k}^m \langle \eta_{[a]} | k \rangle + \delta_{m,0} \beta \langle \eta_{[a]} | 0 \rangle] \quad (19)$$

[0064] This relation is identical to equation (10), with $\beta = 1/\alpha$ and an additional factor of $(-i)$ per recurrence step.

Initialization

[0065] The above seed-elements $J^k_{[0,m]}$ are similar to the previous section and may be evaluated similar to equation (11):

$$J^k_{[0,m]} = \left(\frac{2^{m-1} a}{\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \gamma\left(\frac{m+1}{2}, \frac{\bar{k}^2}{2}\right) = \alpha J_{[0,m]} \quad (20)$$

[0066] With the above refreshing review, the operation of a simulation system in accordance with the exemplary embodiment of the present invention will now be provided in further detail. Table 1, below, provides notations for symbols and their respective descriptions that are used throughout the description of the present invention.

Symbol	Description
$r = (x,y)$	2-D position vector fixed z-plane
$k = (k_x,k_y)$	2-D wave vector fixed z-plane
$\phi^{m,i}_{[S]}$	plane wave entering mask
$\phi^{m,x}_{[p]}$	scalar field at mask exit plane at normal incidence, $\vartheta = 0$
$\phi^{p,i}_{[S]}$	scalar field at pupil entrance plane, general incidence angle
$\phi^{p,x}_{[S]}$	scalar field at pupil exit plane, general incidence angle
$\phi^{w,i}_{[S]}$	scalar field at wafer entrance plane, general incidence angle
T	Mask transfer matrix
P	Pupil transfer matrix
M	Magnification factor (0.2, 0.25, etc)
$\hat{r}_w$	Scaled coordinate system at wafer plane
$\hat{S}$	Scaled coordinate system at pupil plane
σ	Partial Coherence

[0067] The following discussion uses Dirac notation for a basis-independent representation of field vectors. In this notation, scalar fields in their dual spaces are written as $\langle\phi|$, $|\phi\rangle$. The following are useful identities:

$$\langle\phi|r\rangle = \phi(r) \tag{21}$$

$$\langle\phi|k\rangle = \phi(k) \tag{22}$$

$$\langle r|k\rangle = \frac{1}{2\pi}e^{-ikr} \tag{23}$$

$$\langle k|r\rangle = \langle r|k\rangle^{*} \tag{24}$$

$$\langle r|k\rangle^{*} = \langle r|-k\rangle \tag{25}$$

$$\langle r|k-k'\rangle = \langle k'|r\rangle\langle r|k\rangle \tag{26}$$

[0068] Completeness of an orthogonal normalized basis ξ implies

$$\int d\xi|\xi\rangle\langle\xi| = 1 \tag{27}$$

[0069] Spectral expansions used in the following satisfy the above completeness relation.

Lens Model

[0070] When modeling a lens, monochromatic illumination at wavelength λ is assumed. In the following the refractive index in vacuum $\eta_i = 1$ is assumed. The wave-vector may be defined as:

$$k_0 := \frac{2\pi}{\lambda} \tag{28}$$

[0071] Further, the apertures may be defined as (w= substrate, s = Source):

$$NA_w = n_i \sin \alpha_w \simeq \sin \alpha_w \tag{29}$$

$$NA_s = n_i \sin \alpha_s \simeq \sin \alpha_s \tag{30}$$

$$\sigma := \frac{NA_s}{NA_w} \tag{31}$$

[0072] The maximum wave-vector transmitted by a pupil of aperture NA thus follows as

$$k^{NA} = d_1 \sin \alpha_w = d_1 NA \tag{32}$$

[0073] A magnification factor M may be defined as the ratio of the back- vs. the front-focal length of the objective lens:

$$M := \frac{d_1}{d_0} \tag{33}$$

[0074] where d_0 and d_1 correspond to the focal lengths identified in Fig. 1A. The substrate plane d_1 may be adjusted such that it lies in the focal plane of the lens, thereby providing:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_1} \tag{34}$$

[0075] The mathematical model is expressed in terms of coordinates k_s, r, k, r_w. The numerical model however utilizes re-scaled coordinates indicated by "hat" notation. The scaled coordinates relate to the normalized coordinates via

$$\hat{r}_m := -Mr_m \qquad \textit{Mask plane} \tag{35}$$

$$\hat{s}_p := k_0 \sin \vartheta = \frac{K_0}{d_1} s_p \qquad \textit{Pupil plane} \tag{36}$$

$$\hat{k}^{NA} = k_0 NA \tag{37}$$

$$\hat{s}_s := -\frac{k_s}{M} = -\frac{k_0 \sin \theta_s}{M} \quad \textit{Source plane} \tag{38}$$

The current lens model in accordance with the present invention assumes $d_s = d_0$.

Diffractive Elements and Lenses

[0076] The propagation of light from the exit plane of a diffraction element, such as for example a mask, $\langle \phi^x | r \rangle$ to a subsequent input plane $\langle \phi^i | k \rangle$ at distance d_z may be expressed in terms of the free-space Greens function of the Helmholtz equation $\langle \underline{r} | \underline{G} | \underline{r}' \rangle$ ($\underline{r} = (x,y,z)$ in three dimensions) as

$$\langle \underline{r}|\phi'^{,i}\rangle = ik_0 \int d\underline{r}'\langle \underline{r}|G|\underline{r}'\rangle\langle \underline{r}'|\phi'^{,x}\rangle = ik_0\langle \underline{r}|G|\phi'^{,x}\rangle \tag{39}$$

with

$$\langle \underline{r}|G|\underline{r}'\rangle = \frac{e^{-ik_0|\underline{r}-\underline{r}'|}}{4\pi|\underline{r}-\underline{r}'|} \tag{40}$$

[0077] Let z and z' be on fixed planes separated by a distance d_i and r = (x,y) a two-dimensional position vector on each respective plane. A two dimensional approximation follows via

$$k_0|\underline{r}-\underline{r}'| = k_0\sqrt{d_i^2+(r-r')^2} \tag{41}$$

[0078] Assume a far-field approximation |r - r' | « d_i and approximate by keeping to first order of a Taylor expansion

$$k_0|\underline{r}-\underline{r}'| \simeq k_0 d_i\left[1+\frac{1}{2}\left(\frac{r-r'}{d_i}\right)^2\right] \tag{42}$$

[0079] The first term yields an irrelevant constant phase shift and will be ignored in the following. The two-dimensional field propagator in the far-field regime then follows as

$$\langle r|G|r'\rangle = \frac{e^{-i\frac{k_0}{2d_i}(r-r')^2}}{4\pi d_i} \tag{43}$$

Lens Element

[0080] The propagation of light from the input plane to the exit plane of a lens element may be expressed in terms of the lens propagator *L* as

$$\langle r|\phi'^{,i}\rangle = \int dr'\langle r|L|r'\rangle\langle r'|\phi'^{,x}\rangle = \langle r|L|\phi'^{,x}\rangle \tag{44}$$

where the lens-propagator in the paraxial approximation may be expressed as:

$$\langle r|L|r'\rangle \simeq e^{i\frac{k_0}{2f}r^2}\,\delta(r-r')P'(r) \tag{45}$$

[0081] Returning back to **FIG. 4**, the simulation method of the present invention may be implemented using any processor or dedicated circuit that is operable to manipulate data. Non-limiting examples include programmable logic arrays, microprocessors used in conjunction with a memory, or computers. Step **S402** may be performed by any device operable to input lithographic projection apparatus parameters. Non-limiting examples include stepper/scanners, mask inspection tools, and external memories containing the appropriate data. Step **S406** may be performed by any device operable to input the mask parameters. Similar to step **S402**, non-limiting examples include stepper/scanners, mask inspection tools, and external memories containing the appropriate data. Further, a single device may be used to input both the lithographic projection apparatus parameters of step **S402** and the mask parameters of step **S406**. Still further, steps **S402** and **S406** may be performed at the same time. Similarly, steps **S404** and **S408** may be performed at the same time.

[0082] Step **S404** will now be further described with respect to **FIG. 5.** At step **S502**, an area of the pupil of the illuminator is sampled and broken up into a discrete grid. At step **S504**, the illumination profile of each discrete point

corresponding to the sample area is determined, and given a numerical weight according to the relative intensity of the source at the sampled location. At step **S506**, an array of seed-elements for the semi-indefinite integrals calculated in equation (16) of each discrete point within a pupil grid corresponding to the sample area is tabulated. Each seed-element is an incomplete gamma function $J_{[0,m]}$, such as is described above with respect to equation (19) and equation (20). At step **S508**, the pupil model is determined for the simulation method. If the pupil model is for a zero defocus pupil, i.e., for a lens having no aberration, is perfectly in focus, and/or has no phase distortion in the pupil plane, then step **S510$_{zero}$** may be performed. If the pupil model has optical path differences, has aberrations, is not perfectly in focus, and/or has phase distortion in the pupil plane, then step **S510$_{opd}$** may be performed. Further, if the pupil model accounts for diffusion of the photoactive compound in the resist after image exposure, then step **S510$_{diff}$** may be performed. In each one of steps **S510$_{zero}$**, **S510$_{opd}$**, and **S510$_{diff}$**, an array in '*i*', shifted by s_i, of $p_a(s_i)$ is calculated, wherein each entry is the value of orthogonal projection of the pupil onto the basis set indexed by 'a'. At step **S512**, the weights of each respective discrete point in the illuminator profile from step **S504** are combined with the corresponding orthogonal projection on the basis set as calculated in any one of steps **S510$_{zero}$**, **S510$_{opd}$**, and **S510$_{diff}$**. The solution to the combination performed at step **S512** renders the kernel A[ij] at step **S514**.

[0083] The imaging of a simulation system in accordance with the exemplary embodiment of the present invention will now be described with respect to coherent imaging, incoherent imaging with the Hopkins model, and with respect to the basis set decomposition.

COHERENT IMAGING

Pupil Plane

[0084] The field at the mask exit plane $\phi^{m,x}_{[s]}$ is given as the modulation of the incident field $\phi^{m,i}_{[s]}$ by the mask transfer matrix *T*. For an infinitesimally thin mask layer, *T* is effectively diagonal (For a basis that satisfies $\langle r \mid -\eta\rangle = \langle\eta|r\rangle$ a diagonal matrix $\langle r|T|r\rangle$ implies that $\langle\eta|T|\eta'\rangle = f(\eta-\eta')$):

$$\langle\phi^{m,x}_{[s]}\,|r\rangle = \int dr'\,\langle\phi^{m,i}_{[s]}\,|r'\rangle\langle r'\,|\,T\,|r\rangle\delta(r, r') = \langle\phi^{m,i}_{[s]}\,|\,T|r\rangle \tag{46}$$

The field at the pupil entrance plane follows via equation (39) as

$$\langle\phi^{p,i}_{[s]}|s_p\rangle = ik_0\langle\phi^{m,x}_{[s]}|G^0|s_p\rangle \tag{47}$$

$$= ik_0\langle\phi^{m,i}_{[s]}\,|\,TG^0\,|s_p\rangle \tag{48}$$

Substrate Plane

[0085] The propagated image at the substrate plane follows according to equation (44) as the field propagated through vacuum segment 1 from the pupil-plane exit field $\phi^{p,x}_{[s]}$:

$$\langle\phi^{w,i}_{[s]}|r_w\rangle = ik_0\langle\phi^{p,x}_{[s]}|G^1|r_w\rangle \tag{49}$$

[0086] The pupil-plane exit field itself is the pupil plane entrance field $\phi^{p,i}_{[s]}$ propagated by the lens transfer matrix $\langle k\,|\,L^1\,|\,k'\rangle$. The substrate plane field thus follows as

$$\langle\phi^{w,i}_{[s]}|r_w\rangle = ik_0\langle\phi^{p,i}_{[s]}\,|L^1G^1\,|r_w\rangle \tag{50}$$

[0087] The lens transfer matrix is assumed to be diagonal in Fourier space, $\langle k|L^1\,|k'\rangle = \langle k|L^1\,|k\rangle\delta(k,k')$. Using equation (47) the substrate plane field may be expressed as a function of the field at the mask input plane as

$$\phi^{w,i}_{[s]}|r_w = -k_0^2\langle\phi^{m,i}_{[s]}|TG^0L^1G^1|r_w\rangle \tag{51}$$

Source Plane

[0088] Coherent imaging assumes a plane wave incident at the mask at incidence angle ϑ_s. Illumination at this angle is equivalent to illumination at normal incidence with a phase modulation of the mask plane amplitude by $k_s = k_0 \sin \vartheta_s = k_0 \hat{s}_s$. The scalar field at the mask exit plane for arbitrary incidence angle can thus be expressed in terms of normal incidence as:

$$\langle \phi_{[s]}^{m,i} | r \rangle = \langle \phi_{[0]}^{m,i} | r \rangle e^{ik_s r} \tag{52}$$

[0089] Under Köhler illumination the field $\langle \phi_{[0]}^{m,i} | r \rangle$ reflects a plane wave of normal incidence. The imaginary part of such a plane wave is a globally uniform phase factor and may be factored out. What remains is the real part of $\langle \phi_{[0]}^{m,i} | r \rangle$ reflecting the weight of the originating source point in the illumination aperture:

$$\langle \phi_{[0]}^{m,i} | r \rangle = w(\vartheta_s), \tag{53}$$

[0090] Using the above illumination, the substrate plane field for point source located at k_s then follows as:

$$\langle \phi_{[s]}^{w,i} | r_w \rangle = -w(\vartheta_s) k_0^2 \int dr_m e^{ik_s r_m} \langle r_m | T G^0 L^{-1} G^1 | r_w \rangle \tag{54}$$

Fraunhofer approximation

[0091] The above model expresses a Fresnel approximation of the lens system and is nonlinear. Several approximations follow to linearize the above imaging system. Expanding equation (54) into its spectral components yields

$$(\phi_{[s]}^{w,i} | r_w) = -w(\vartheta_s) k_0^2 \int dr_m ds_p e^{ik_s r_m} \langle r_m | T | r_m \rangle \langle r_m | G^0 | s_p \rangle \langle s_p | L^{-1} | s_p \rangle \langle s_p | G^1 | r_w \rangle \tag{55}$$

$$= -\frac{w(\vartheta) k_0^2}{(4\pi)^2 d_0 d_1} \int dr_m ds_p \; exp[ik_s r_m] \langle r_m | T | r_m \rangle P'(s_p) \tag{56}$$

$$x \; \exp\left[-ik_0 \left(\frac{(r_m - s_p)^2}{2d_0} - \frac{s_p^2}{2f_1} + \frac{(s_p - r_w)^2}{2d_1} \right) \right] \tag{57}$$

[0092] The argument of the exponential may be evaluated via:

$$\ln A = ik_0 s_p \left(\frac{r_m}{d_0} + \frac{r_w}{d_1} \right) - ik_0 \frac{s_p^2}{2} \left(\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f} \right) - ik_0 \frac{1}{2} \left(\frac{r_m^2}{d_0} + \frac{r_w^2}{d_1} \right) \tag{58}$$

[0093] In the last term, the sub-term associated with $k_0 \frac{r_w^2}{2d_1}$ will fall out when squaring the field to obtain the intensity of the field at the substrate plane. Under the assumption that the image at the substrate plane approximately mirrors the image at the mask plane, $r_w \sim -M r_m$, the sub-term $k_0 \frac{r_m}{2d_0}$ can be eliminated for the same argument.

Defocus Term

[0094] The center term in the above described exponential relates to the focus condition of the system. For a perfectly focused system, this term disappears according to equation (34). For a system under small defocus of magnitude ζ, a Taylor expansion yields:

$$\frac{1}{d_1+\varsigma} \cong \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_1^2}\varsigma \tag{59}$$

wherein a phase term accounting for defocus thus follows as:

$$\phi^{def} = k_0 \frac{s_p^2}{2d_1^2}\varsigma \tag{60}$$

[0095] A more accurate defocus model follows by calculating the true optical path difference ("OPD") of the Gaussian reference sphere:

$$\phi^{def}(\varsigma) = k_0 \varsigma\,(1-\sigma_x) \tag{61}$$

$$= \varsigma\sqrt{k_0^2 - \hat{s}_p^2} \tag{62}$$

Rest of Terms

[0096] The first term in equation (58) contains the main imaging information and corresponds to a Fourier transformation of the system. Introducing the scaled coordinates equation (35) this term follows as:

$$X = ik_0 s_p\left(\frac{r_w}{d_1} + \frac{r_m}{d_0}\right) \tag{63}$$

$$= ik_0 s_p\left(\frac{r_w}{d_1} - \frac{\hat{r}_m}{d_1}\right) \tag{64}$$

$$= i\hat{s}_p\left(r_w - \hat{r}_m\right) \tag{65}$$

[0097] Defining

$$P(s_p) := P'(s_p)\exp\left[\frac{ik_0 s_p^2}{2d_1^2}\right]\varsigma = P'(s_p)\exp\left[\frac{i\hat{s}_p^2}{2k_0}\right]\varsigma \tag{66}$$

the lens system equation (55) then follows as

$$\left\langle \phi^{w,i}_{[s]} \middle| r_w \right\rangle = -\frac{w(\vartheta_s)k_0^2}{d_0 d_1} \int dr_m\, ds_p\, ds'_p \exp\left[ik_s r_m\right] \left\langle r_m \middle| T \middle| r_m \right\rangle \left\langle \hat{r}_m \middle| \hat{s}'_p \right\rangle \left\langle s'_p \middle| P \middle| s_p \right\rangle \left\langle \hat{s}_p \middle| r_w \right\rangle \delta(s_p - s'_p) \tag{67}$$

Define $\langle \hat{r}_m | \hat{T} | \hat{r}_{m'} \rangle := \langle r_m | T | r_{m'} \rangle, \langle \hat{s}_p | \hat{P} | \hat{s}_{p'} \rangle := \langle s_p | P | s_{p'} \rangle$, then

$$\left\langle \phi^{w,i}_{[s]} \middle| r_w \right\rangle = w(\vartheta_s) \left\langle \hat{s}_s \middle| \hat{T}\,\hat{P} \middle| r_w \right\rangle \tag{68}$$

INCOHERENT IMAGING: HOPKINS MODEL

[0098] In the following, the "hat" notation is dropped and scaled coordinates according to equation (35) are assumed throughout. For incoherent imaging the intensity at the substrate plane follows as a weighted summation over all independent point sources $\hat{s}_s$:

$$I(r_w) = \int dk_s \left| \left\langle \phi^{w,i}_{[s]} \middle| r_w \right\rangle \right|^2 \tag{69}$$

$$= \int dk_s \left\langle r_w \middle| PT \middle| \hat{s}_s \right\rangle w(\hat{s}_s)^2 \left\langle \hat{s}_s \middle| TP \middle| r_w \right\rangle \tag{70}$$

$$= \int dk_s \left\langle r_w \middle| P \middle| k' \right\rangle \left\langle k' \middle| T \middle| \hat{s}_s \right\rangle w(\hat{s}_s)^2 \left\langle \hat{s}_s \middle| T \middle| k \right\rangle \left\langle k \middle| P \middle| r_w \right\rangle dk\, dk' \tag{71}$$

Let

$$t(k'-k) = \langle k' | T | k \rangle \quad q' = k' - \hat{s}_s \quad q = k - \hat{s}_s \tag{72}$$

then

$$I(r_w) = \int dq dq' dk_s \, \langle r_w | P | q' + \hat{s}_s \rangle t(q') w(\hat{s}_s)^2 t^*(q) \langle q + \hat{s} | P | r_w \rangle \tag{73}$$

$$= \int dq dq' t(q') t^*(q) \int dk_s \langle r_w | P | q' + \hat{s}_s \rangle w(\hat{s}_s)^2 \langle q + s_s | P | r_w \rangle \tag{74}$$

since $\langle k'|P|k \rangle$ is diagonal define $P(k) := \langle k|P|k \rangle$:

$$I(r_w) = \int dq\, dq' t(q') t^*(q) \int dk_s \left\langle r_w \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle P^*(q' + \hat{s}_s) w(\hat{s}_s)^2 \left\langle q + \hat{s}_s \middle| r_w \right\rangle P(q + \hat{s}_s) \tag{75}$$

$$= \int dq dq' t(q') t^*(q) \left\langle r_w \middle| q' - q \right\rangle \int dk_s P^*(q' + \hat{s}_s) w(\hat{s}_s)^2 P(q + \hat{s}_s) \tag{76}$$

Define the *Transmission Cross Coefficient* (TCC) function $T(q',q)$

$$T(q',q)= \int dk_s P^*(q'+\hat{s}_s)w(\hat{s}_s)^2 P(q+\hat{s}_s) \quad (77)$$

then

$$I\left(r_w\right)= \int dq dq' \left\langle r_w \mid q' \right\rangle t\left(q'\right) C(q',q)\, t^*\left(q\right) \left\langle q \mid r_w \right\rangle \quad (78)$$

Assume a factorization exists such that

$$T(q',q) = \sum_{ij} \eta_i^*(q') A_{ij} \eta_j(q) \quad (79)$$

where $\eta_i(q)$ forms an orthogonal basis. Combine equation (77) and equation (79):

$$\sum_{ij} \eta_i^*(q') A_{ij} \eta_j(q) = \int dk_s P^*\left(q'+\hat{s}_s\right) w\left(\hat{s}_s\right)^2 P\left(q+\hat{s}_s\right) \quad (80)$$

[0099] Let $N_i = (\eta_i \eta_i)$ be L^2-norm of η_i. Left- and right multiply equation (80) with the orthogonal basis $\eta_{i,j}$ followed by an integration over the arguments:

$$A_{ij}=\frac{1}{N_i N_j} \int dq\, dq' dk_s \eta_i(q') P^*(q'+\hat{s}_s) w(\hat{s}_s)^2 P(q+\hat{s}_s) \eta_j^*(q) \quad (81)$$

[0100] An *orthogonal pupil projection coefficient* $p_i(k)$ may then be defined as:

$$Pi(\vec{k}) := \frac{1}{N_i} \int d\vec{q} P(\vec{q}+\vec{k}) \eta_i^*(\vec{q}) \quad (82)$$

$$\frac{1}{N_i} \int d\vec{q}' P(\vec{q}') \eta_i^*(\vec{q}' - \vec{k}) \quad (83)$$

[0101] In accordance with the present invention, $p_i(k)$ may be pre-calculated for any possible pupil configuration, i. e., considering non-limiting parameters such as NA, focus, aberration, etc. The radial part of the *P(k)* is typically a circular aperture. The phase part describes aberrations of the lens field.

[0102] Using the orthogonal pupil projection, the coefficient matrix, or kernel, A_{ij} of equation (82) follows as:

$$A_{ij} = \int dk\, w(k) p_i^*(k) p_j(k) \quad (84)$$

Note that A_{ij} is Hermitean.

[0103] Step **S506** may be performed in accordance with above-described equations (20) and (19), and as illustrated with respect to **FIG. 7.** In a first step **S702**, the column a = 0 is initialized in accordance with equations (11) or (20), wherein each entry in the column is seeded with an incomplete gamma function. In the next step **S704**, the values of column a = 0 are propagated to the column to the right in accordance with equations (10) or (19), wherein each entry in the column is filled according to recurrence. After repeating step **S704** until row m = 0 is full, the resulting indefinite

integrals, values for J[*a*](k_j) or J[*a*](x_j), may be determined. As such, the present invention generates a table of indefinite integrals based on a recurrence over a seed array of incomplete gamma functions.

[0104] Steps **S508** - **S514** will now be described in more detail.

Algorithms: Aerial Image

a. Pupil

[0105] Combining equation (82) and equation (66), the orthogonal pupil projection coefficient follows as

$$p_a(\hat{s}_s) = \frac{1}{N_i}\int d\hat{q}\, P'(\hat{q}) \exp\left[i\frac{\hat{q}^2}{2k_0}\varsigma \right] \eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \qquad (85)$$

Approximation 1: Aberration Model

[0106] An aberration model is obtained by modulating the phase distortion over the pupil opening. Normalize the pupil coordinates with respect to NA=1:

$$f := \frac{\hat{q}}{k_0} \qquad (86)$$

using $Z_4 = 2f^2 - 1$ the phase error K caused by defocus can be expressed as:

$$\Phi_4(f,\varsigma) := \frac{\hat{q}^2}{2k_0}\varsigma = \frac{1}{4}k_0\varsigma(Z_4 + Z_1) \qquad (87)$$

[0107] The constant phase term Z_1 may be ignored. Higher order terms of the phase error may be loaded externally from a lens aberration map via a coefficient set a_n. ($\Phi_n := a_n Z_n$). Define

$$\Phi(f,\varsigma) := \sum_{i=4}^{N} \Phi_i \qquad (88)$$

[0108] The orthogonal pupil projection coefficient then follows by numerical integration of

$$p_a(\hat{s}_s,\varsigma) = \frac{1}{N_i}\int_0 d\hat{q}\, \exp\left[i\Phi(f,\varsigma)\right] \eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \qquad (89)$$

[0109] For terms that have only radial dependence ($q := |\hat{q}|$) the integration may be simplified as:

$$p_a(\hat{s}_s,\varsigma) = \frac{1}{N_i}\int_0^{k^{NA}} q\, dq \exp\left[i\Phi(f,\varsigma)\right] \int_0^{2\pi} d\phi\, \eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \qquad (90)$$

Approximation 2: Zero Defocus

[0110] For lenses without aberrations, the pupil function is one over the domain of the aperture and zero outside. The pupil aperture may then be expressed as a finite circular integration:

$$p_a(\hat{s}_s,\varsigma) = \frac{1}{N_i}\int d\hat{q}\exp\left[i\frac{\hat{q}^2}{2k_0}\varsigma\right]\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \quad (91)$$

[0111] For a lens system that is in-focus ($\zeta = 0$) equation (85) reduces to a convolution of the pupil aperture with the spectral basis and $p_i^0(\hat{q}_i,\hat{s}_s)$

$$p_a(\hat{s}_s) = \frac{1}{N_i}\int_0 d\hat{q}\,\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \quad (92)$$

[0112] The circular aperture may be approximated by a superposition of rectangular domains *B*, as illustrated in **FIG. 3. FIG. 10,** on the other hand, illustrates the improved method of the present invention, wherein for each domain *B*, the pupil convolution evaluates to

$$p_a^B(\hat{s}_s) = p_{a_x}^{B_x}(\hat{s}_{s,x})p_{a_y}^{B_y}(\hat{s}_{s,y}) \quad (93)$$

$$p_{a_x}^{B_x}(\hat{s}_{s,x}) = \frac{1}{N_{a_x}}\int_{0_{x0}}^{0_{x1}} d\hat{q}_x\,\eta^{1D^*}a_x(\hat{q}_x-\hat{s}_{s,x}) \quad (94)$$

[0113] An efficient method for evaluating the above one-dimensional integral, will now be described with respect to **FIG. 11.**

[0114] From equation (17) the zero defocus case may be expressed as

$$p_a(\hat{s}_s) = I_{a_x}^k(dq_x^o,dq_x^1)\cdot I_{a_y}^k(dq_y^0,dq_y^1) \quad (95)$$

[0115] Sampling over a finite grid k_s, a finite approximation to A_{ij} follows as:

$$A_{ij} = \Delta^2\hat{s}_s\sum_s w(\hat{s}_s)p_i^*(\hat{s}_s)p_j(\hat{s}_s) \quad (96)$$

[0116] Note that $\eta^*_i(k)$, and thus $p_i^0(\hat{s}_s)$, are purely real for even indices and purely imaginary for odd indices. The image amplitude is evaluated using only the terms 2Re $\{A_{ij}\}$. Thus, for in-focus conditions all entries in A_{ij} that are purely imaginary may be disregarded, as illustrated in **FIG. 11A**, as sub-block 'D'. The remaining diagonal A and sub-blocks B and C may be organized in software as illustrated in **FIG. 11B**.

Approximation 3: First Order Defocus

[0117] A first order approximation towards defocus aberration follows by calculating a series expansion of $Pa(\hat{s}_s)$ around $\zeta = 0$ up to the first order term:

$$p_a(\hat{s}_s,\varsigma) \simeq p_a(\hat{s}_s,0)+\varsigma\left.\frac{\partial p_a(\hat{s}_s,\varsigma)}{\partial\varsigma}\right|_{\varsigma=0} \quad (97)$$

[0118] The first term is given in equation (95). The second term may be evaluated as:

$$\partial\varsigma\, p_a(\hat{s}_s,\varsigma) = \frac{i}{2k_0 N_i}\int_o d\hat{q}\,\hat{q}^2 \exp\left[i\frac{\hat{q}^2}{2k_0}\varsigma\right]\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \quad (98)$$

[0119] For $\zeta = 0$ this term follows as:

$$\partial\varsigma\, p_a(\hat{s}_s,\varsigma=0) = \frac{i}{2k_0 N_i}\int_o d\hat{q}\,\hat{q}^2\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \quad (99)$$

[0120] A first and second order correction to the image kernel follow as

$$A_{ij}^{(1)} = \Delta^2\hat{s}_s\sum_s w(\hat{s}_s)\left[P_i^*(\hat{s}_s)\partial_\zeta P_j(\hat{s}_s)+\left(\partial_\zeta P_i^*(\hat{s}_s)\right)P_j(\hat{s}_s)\right] \quad (100)$$

$$A_{ij}^{(2)} = \Delta^2\hat{s}_s\sum_s w(\hat{s}_s)\partial_\zeta p_i^*(\hat{s}_s)\partial_\zeta p_j(\hat{s}_s) \quad (101)$$

[0121] Note that $A^{(1)}_{ij}$ is Hermitean with even-even and odd-odd elements purely imaginary entries while $A^{(2)}_{ij}$ is Hermitean with even-odd elements purely imaginary. Calculation of the image intensity yields a bilinear form with a coherent vector g. For binary, as well as 180° phase shift masks, all entries $g_i \in g$ are real. For $A^{(1)}_{ij}$ thus only the even-odd and odd-even elements are of relevance while for $A^{(2)}_{ij}$ only the even-even and odd-odd elements contribute to the image intensity.

[0122] The first order correction to the image intensity then takes the form:

$$I(r,\zeta) \simeq \sum_{nm}\langle r\,|\,g_n\rangle A_{nm}\langle g_m\,|\,r\rangle + \langle r\,|\,g_n\rangle A_{nm}^{(1+2)}\langle g_m\,|\,r\rangle\zeta \quad (102)$$

[0123] The first order defocus model can be utilized to rapidly calculate a number of image planes throughout the thickness of the resist profile. As long as the focus deviation over the resist thickness is small (comparing the phase distortion in the outer pupil ring vs 2π), the first order approximation gives a sufficiently accurate model of the defocus behavior through a resist film of finite thickness.

Algorithm 4: Improved OPD integration scheme

[0124] For a general solution of equation (91), the following steps may be used:

1. Discretize the domain of the pupil over a finite grid with indices k_x, k_y, s_x, s_y.
2. Build a matrix of OPD values in the pupil plane $M_P(k_x,k_y,\zeta) := circ(k)\exp[i\Phi(k_x,k_y,\zeta)]$
3. Build vector of basis function values in first dimension: $A(a_x, q_x) := \eta^*_{a_x}(q_x)$
4. Calculate the following vector:

$$C\left(k_x, a_y\right)\left[s_y\right] = \sum_{k_y} M_P\left(k_x, k_y, \zeta\right) A\left(k_y - s_y, a_y\right) \tag{103}$$

5. Use the above matrix of vectors to combine all calculations in the second dimension:

$$Pa\left(s_x, s_y, a_x, a_y\right) = \frac{1}{N_i} \sum_{k_n} A\left(k_x - s_x, a_x\right) C\left(k_x, a_y\right)\left[s_y\right] \tag{104}$$

Incoherent Imaging: Hopkins Model with Diffusion

[0125] In the discussion immediately below, the Hopkins model is modified to include the effects of photoactive compound diffusion in the resist. An isotropic Gaussian diffusion model is assumed. Diffusion is modeled as convolution with a Gaussian kernel:

$$\langle r|Z^2|r'\rangle := \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(r-r')^2}{2\sigma^2}} \tag{105}$$

with

$$\sigma = \sqrt{2Dt} \tag{106}$$

[0126] Assuming the photoactive compound concentration is linear in $I(r)$, diffusion may be approximated by replacing equation (73) with:

$$\langle r_\omega | \rightarrow \langle r_\omega | Z | \tag{107}$$

[0127] Comparing the above to equation (70), this is equivalent to substitute

$$P \rightarrow ZP \tag{108}$$

[0128] The intensity in equation (74) then follows as:

$$I(r_w) = \int dqdq' t(q') t^*(q) \int dk_s \langle r_w | ZP | q' + \hat{s}_s \rangle w(\hat{s}_s)^2 \langle q + \hat{s}_s | PZ | r_w \rangle \tag{109}$$

[0129] The bracketed term inside evaluates to:

$$\left\langle r_w \middle| Z\,P \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle = \int dk\, dk' \left\langle r_w \middle| k \right\rangle \left\langle k \middle| Z \middle| k' \right\rangle \left\langle k' \middle| P \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle \quad (110)$$

$$= \int dk \left\langle r_w \middle| k \right\rangle \left\langle k \middle| Z \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle P\left(q' + \hat{s}_s\right) \quad (111)$$

[0130] If $\langle r|Z|r'\rangle = f(r - r')$, then z is diagonal in k-space. Thus:

$$\langle r_w|ZP|q'+\hat{s}_s\rangle = \langle r_w|q'+\hat{s}_s\rangle Z(q'+\hat{s}_s)P(q'+\hat{s}_s) \quad (112)$$

[0131] Therefore, diffusion can be modeled by including the Fourier transform of the Gaussian kernel equation (105) into the calculation of the orthogonal pupil projection coefficient (c.f. equation (82)):

$$P_i(\vec{k}) = \frac{1}{N_i}\int d\vec{q} Z(\vec{q}+\vec{k})P(\vec{q}+\vec{k})\eta_i^*(\vec{q}) \quad (113)$$

[0132] As relating to **FIG. 6:**

Point Decomposition

[0133] Define:

$$\langle r_w|g_i\rangle = \int dk \langle r_w|k\rangle\langle t|k\rangle\langle k|\eta_i\rangle \quad (114)$$

[0134] Then equation (78) can be expressed as:

$$I(r_w) = \sum_{ij} A_{ij}\left\langle r_w \middle| g_i \right\rangle\left\langle g_j \middle| r_w \right\rangle \quad (115)$$

$\langle g_i | r_w\rangle$ amounts to a convolution integral in real space:

$$\langle g_i | r\rangle = \int dr' \eta_i | r-r'\rangle\langle t|r')^* \quad (116)$$

[0135] Decompose the mask transmission function into a disjoint set

$$\left\langle t \middle| r \right\rangle = \sum_p t_p 1_p(r) \quad (117)$$

[0136] Where t_p is the complex transmission of the layout structure indicated *by p* and 1_p an indicator function of unit value over the support of *p*. For Manhattan geometry's 1_p is rectangular and may be factored as

$$1_p = 1_{P_x} \bullet 1_{P_y} \quad (118)$$

and thus

$$\langle g_i \mid r \rangle = \sum_p t_p^* \int dr' \langle \eta_i \mid r - r' \rangle 1_p(r) \qquad (119)$$

Reduction of Field Integral

[0137] The above expressions reduce the mask transmission function to a summation over an indicator function 1_p. Furthermore, for Manhattan geometry's, this indicator function factors into the cartesian product $1_P = 1_{Px} \bullet 1_{Py}$. The next step is to simplify the integration in equation (117) utilizing the above reduction of the mask transmission function.

[0138] Factorization of the indicator function is matched by the choice of the spectral representation as discussed above with respect to basis set decomposition. The basis η_i itself also factors into a Cartesian product $\eta_n = \eta^x_{nx} \cdot \eta^y_{ny}$ · This permits decomposition of the two-dimensional field integral of equation (117) into a product of two one-dimensional field integrals. Define:

$$I_{n_x}(dp_x^0, dp_x^1) := \int dx' \langle \eta^x_{n_x} \mid x - x' \rangle \langle 1_{p_x} \mid x' \rangle \qquad (120)$$

$$= \int_{p_{x,0}}^{p_{x,1}} dx' \langle \eta^x_{n_x} \mid x - x' \rangle \qquad (121)$$

$$= \int_{x-p_{x,0}}^{x-p_{x,1}} dx'' \langle \eta^x_{n_x} \mid x'' \rangle \qquad (122)$$

[0139] Where

$$dp_x^0 := x - p_{x,0} \quad \text{lower boundary} \qquad (123)$$

$$dp_x^1 := x - p_{x,1} \quad \text{upper boundary} \qquad (124)$$

[0140] Using the Gamma-function factorization as discussed above with respect to the spectral basis, the above integration may be reduced to a recurrence over the semi-indefinite integrals $J_a(x)$ via equations (4), (9) and (10).

[0141] The above expression equation (117) then simplifies to:

$$\langle g_n \mid r \rangle = \sum_p t_p^* I_{n_x}(dp_x^0, dp_x^1) \cdot I_{n_y}(dp_y^0, dp_y^1) \qquad (125)$$

[0142] A particular advantage of this representation follows when several layout features line up along a Cartesian dimension. Assume for example $q \in \Omega_i$ to be a subset of features that are vertically stacked up and have identical transmission $t_{\Omega i}$. Then for all q the values of $q_{x,0} = c_0$ and $q_{x,1} = c_1$ are constant. The above expression then reduces to:

$$\langle g_n^{\Omega_i} \mid r \rangle = t^*_{\Omega_i} I_{n_x}(dc_x^0, dc_x^1) \sum_{q \in \Omega_i} I_{n_y}(dq_y^0, dq_y^1) \qquad (126)$$

Intensity Calibration

[0143] For a fully transparent mask, $\Sigma_p 1_p(r) = 1$, $t_p = 1$ and equation (117) yields:

$$\langle g_i^{\infty} \mid r \rangle = \int dr' \langle \eta_i \mid r\text{-}r' \rangle \tag{127}$$

$$= {}^{x}_{n_x}(-\infty,\infty)\mid {}^{y}_{n_y}(-\infty,\infty) \tag{128}$$

Dark Field Reticle (binary)

[0144] A binary darkfield mask has no background transmission while features have a transmission of 1. For Manhattan geometry features factor according to:

$$1_P = 1_{P_x} \bullet 1_{P_y} \tag{129}$$

Clear Field Reticle (binary)

[0145] For a binary clear field mask features have zero transmission (0_p) while the background has unit transmission. Note that

$$\sum_p 1_p + \sum_{p'} 0_{p'} = 1 \tag{130}$$

[0146] Thus:

$$\langle g_i^{clear} \mid r \rangle = \langle g_i^{\infty} \mid r \rangle \text{-} \langle g_i^{dark} \mid r \rangle \tag{131}$$

Clear Field Mask (binary attenuated phase shift)

[0147] For an attenuated phase shift mask with 180° phase shift and attenuation factor *a*, the transmission of features is (-*a*) while the background transmission is +1. Thus

$$\langle t \mid r \rangle = \sum_p 1_p^+(r) - a\sum_{p'} 1_{p'}^- \tag{132}$$

[0148] Note again that 1^+_p and 1^-_p completely cover the simulation domain:

$$\sum_p 1_p^+ + \sum_{p'} 1_{p'}^- = 1 \tag{133}$$

[0149] Thus

$$\langle t \mid r \rangle = 1 - \sum_{p'} 1_{p'}^- - a\sum_{p'} 1_{p'}^- \tag{134}$$

$$= 1 - (a+1)\sum_{p'} 1_{p'}^- \tag{135}$$

Clear Field Reticle (ternary attenuated phase shift)

[0150] A ternary attPSM clear field reticle consists of three transmission domains: a 0° phase fully transmissive clear field region 1_p^+, a 180° phase shifted region 1_p^- with transmission a, and a chrome blocking region 0_p. A full partition of the mask area follows by the disjoint union of all three domains:

$$\sum_p 1_p^+ + \sum_{p'} 1_{p'}^- + \sum_q 0_q = 1 \tag{136}$$

[0151] The mask transmission function can be expressed as

$$\langle t \mid r \rangle = \sum_p 1_p^+(r) - a\sum_{p'} 1_{p'}^- \tag{137}$$

$$= 1 - \sum_{p'} 1_{p'}^- - a\sum_{p'} 1_{p'}^- - \sum_q 0_q \tag{138}$$

$$= 1 - (a+1)\sum_{p'} 1_{p'}^- - \sum_q 0_q \tag{139}$$

[0152] The coherent field vector follows as

$$\langle g_i^{cattpsm} \mid r \rangle = \langle g_i^{\infty} \mid r \rangle - (a+1)\langle g_i^{psm} \mid r - \langle g_i^{chrome} \mid r \rangle \tag{140}$$

Dark Field Reticle (ternary attenuated phase shift)

[0153] The domain partition of a ternary attPSM darkfield mask is identical to the domain partition of a ternary attPSM clearfield mask. The mask transmission function however is expressed in terms of 1^+_p and 1^-_p:

$$\langle t \mid r \rangle = \sum_p 1_p^+(r) - a\sum_{p'} 1_{p'}^- \tag{141}$$

and thus the coherent field vectors follows as:

$$\langle g_i^{dattpsm/c} \mid r \rangle = \langle g_i^+ \mid r \rangle - a\langle g_i^- \mid r \rangle \tag{142}$$

[0154] For an attPSM contact mask, the number of rectangles can be reduced through a different linear combination of 1^+ and 1^-. For a contact at index p define an 'outer frame region' 1^f that includes both the 0° and the 180° region as:

$$1_p^f = 1_p^+ + 1_p^- \tag{143}$$

the mask transmission function then follows as

$$\langle t \mid r \rangle = \sum_p 1_p^+(r) - a1_p^- \quad (144)$$

$$= \sum_p 1_p^+(r) - a\left(1_p^f - 1_p^+\right) \quad (145)$$

$$= \sum_p (1+a)1_p^+(r) - a1_p^f \quad (146)$$

the coherent field vector can then be expressed as

$$\langle g_i^{dattpsm} | r \rangle = (1+a)\langle g_i^+ | r \rangle - a\langle g_i^f | r \rangle \quad (147)$$

Fast Implementation of Zero and OPD Model

[0155] The present invention provides an efficient method for calculating orthogonal pupil projections in the zero-defocused models, as illustrated in **FIG. 10.** Equation (92) is used to calculate an integral over the circular pupil aperture in (x,y) space. As illustrated in **FIG. 10,** the center of the aperture is shifted by $S_{_s}$. The method for performing the algorithm as illustrated in **FIG. 10** is as follows. First is an angular step-size of 45°, wherein the point at the circle arc intersecting a ray emanating from the center is located. Next is to find the three mirror points, across the center and across the x and y axis through the center of the circle. These points are connected to form the rectangle B_0. Then the contribution of B_0 to p[a] according to the equations (95) and (17) is determined.

[0156] The following steps are then performed until the resulting rectangle becomes smaller than a discrete increment of the pupil grid. The angular step-size is reduced by half. Again, the point at the circle arc intersecting a ray emanating from the center at the current angle is determined. Again the symmetrical point is determined and the new set of rectangles is determined. Then the contribution of the new rectangles to p[a] according to the equations (95) and (17) is determined.

[0157] The method of calculating the area within the pupil as described with reference to **FIG. 10**, is much more efficient than the prior art system of **FIG. 3**. This is because in the method of **FIG. 10**, every discrete portion of the pupil is not calculated, thus a large amount of calculation time is saved. Specifically, the method of **FIG. 10** uses a smaller number of rectangles to approximate a circular pupil shape.

[0158] Step **S408** will now be further described with respect to **FIG. 6.** The initialization step **S602** comprises three steps, **S604**, **S606**, and **S608**. At step **S604** a discrete grid of the mask is specified for the geometric sampling. Methods for performing this step are known in the art. Step **S606**, however, is performed contrary to that of the prior art.

[0159] As opposed to arranging the data of the geometry for discrete sampling points on the grid of the mask as in the prior art systems, the present invention tabulates a one-dimensional array. In other words, the prior art method uses a one-dimensional array for the spectral indices and a two-dimensional array for the geometrical indices, thereby resulting in an array of two-dimensional tables. On the other hand, the method of the present invention uses a one-dimensional array for the spectral indices and a one-dimensional array for the geometrical indices, thereby resulting in an array of one-dimensional tables.

[0160] Specifically, an array of seed-elements for the spectral basis of each discrete point within a mask grid corresponding to the sample area is tabulated. Each seed-element is an incomplete gamma function J[a], such as is described above with respect to equation (11) and equation (10). The final initialization step **S608** calculates the clear-field exposure reference and saves the value for subsequent exposure dose calibration with equation (128) and equation (9).

[0161] Step **S610** will now be described in more detail. In order for an aerial image of a mask pattern to be simulated, the geometry of the respective mask must be decomposed into non-overlapping rectangles. As further illustrated in **FIG. 8,** item **800** is a predetermined proximity window containing an image of item **802,** a sample mask comprising a plurality of sample features **804-808.** Each feature is decomposed into non-overlapping rectangles. For example, feature **804** is decomposed into non-overlapping rectangles **810** and **812.**

[0162] A circular proximity window of radius $r_{1,prox}$ may be defined as the domain for which the normalized edge variation of the zero-order basis $\langle g_0 | r \rangle$ remains larger than or equal to $\in_{acc}$. The boundary of this domain follows as:

$$\varepsilon_{acc}(r_{1,prox}) := \frac{\langle \eta_0^x | r_{1,prox} \rangle}{\langle \eta_0^x | r=0 \rangle} = e^{-\alpha^2 r_{1,prox}^2/2} \tag{148}$$

Thus

$$r_{1,\ prox} = \frac{\sqrt{-2 \ln \varepsilon_{acc}}}{\alpha} \tag{149}$$

[0163] In essence, the proximity window defines the set of all rectangles that affect the sampled area. Specifically, in this example, as illustrated in **FIG. 8,** features **814-818** do not have an affect on the aerial image of features **804-808.** Therefore, features **814-818** are not within the proximity window.

[0164] Step **S612** will now be described in more detail. Once the features within the sampling window have been decomposed into non-overlapping rectangles, the corresponding orthogonal projections of the features of the mask onto the basis set are calculated in accordance with equation (125) and equation (9).

[0165] Step **S614** will now be described in more detail. Once the orthogonal projections have been calculated in step **S612,** corrections may need to be applied, for example, depending on the mask. If the mask is a clear field mask, then equation (131) may be used to correct the orthogonal projections. Further, if the mask is an attenuated phase-shift mask, then equation (140) may be used to correct the orthogonal projections. Finally, if the mask is a ternary attenuated phase-shift mask, then equation (142) may be used to correct the orthogonal projections. Once the corrections have been applied in step **S614,** the final corrected orthogonal projection of the mask transmission function g[*i*] is attained.

Intensity Summation

[0166] Returning back to **FIG. 4,** once steps **S404** and **S408** have been performed, the image intensity distribution may be calculated at step **S410.** Step **S410** will now be further explained with respect to **FIG. 9.** As illustrated in FIG. 9, at step **S906**, the A[ij] from step **S902** is multiplied with the g[*r*] from step **S904**, in a bilinear form. This calculation provides the image intensity *I*(*r*) at point r. Furthermore, the intensity gradient at point *r* may be calculated at step **S908**. As illustrated in step **S912**, the intensity gradient may be measured with respect to the gradient in either the x or y coordinate axis.

[0167] Specifically, the image intensity *I*(*r*) at a particular sampling point, such as in step **S906**, can then be calculated as

$$I(r) = \sum_{nm} \langle r \mid g_n \rangle A_{nm} \langle g_m \mid r \rangle \tag{150}$$

$$\partial_i I(r) = 2\,\mathrm{Re} \sum_{nm} A_{nm} \langle r \mid g_n \rangle \left(\frac{m_i}{2} \langle g_{[m_i - 1_i]} \mid r \rangle - \langle g_{[m_i + 1_i]} \mid r \rangle \right) \tag{151}$$

[0168] A numerical implementation may take advantage of the hermiticity of A_{nm}. The basis $\eta_i(r)$ is real. For binary masks, as well as 180° phase shift masks, t_p is additionally real. Thus, the number of summation terms may be cut approximately in half:

$$\mathrm{I}^{\infty} = \sum_{ij} A_{ij} \left\langle \mathrm{r} \middle| \mathrm{g}^{\infty}_{\mathrm{i}} \right\rangle \left\langle g^{\infty}_{\mathrm{j}} \middle| r \right\rangle \tag{153}$$

Dose Calibration

[0169] For a computational implementation, a calibration may be used against a clear field area for absolute exposure calculations. For example, using equation (128), the intensity of the clear-field exposed area then follows according to equation (150) as:

$$I^{\infty} = \sum_{ij} A_{ij} \left\langle r \middle| g_i^{\infty} \right\rangle \left\langle g_j^{\infty} \middle| r \right\rangle \qquad (153)$$

[0170] Therefore, given an exposure dose *D*, the local intensity sampled at point *r* can then be calculated as:

$$D(r) = \frac{D}{I^{\infty}} \sum_{ij} A_{ij} \langle r | g_i \rangle \langle g_j | r \rangle \qquad (154)$$

Equation (150) calculates *I*, which is the intensity calculated by the non-normalized algorithm for 100% exposure. Therefore, in order to calibrate the systems to give an exposure dose value *D* as specified by the user, a prefactor of D/I^{∞} is applied in step **S906**.

[0171] The system and method of the present invention may be incorporated into many applications. Non-limiting examples include: core simulation engine as part of an Model OPC calculation; simulation engine for predicting and optimizing fabrication parameters, such as NA, illumination, etc., for drawn layout features; simulation engine for predicting and optimizing geometric assist features, such as serifs, scattering bars, etc, to enhance the printability and yield of drawn layout features; simulation engine to predict the printing of defects on a mask for a specified fabrication process; and simulation engine to predict and optimize the balance of lens aberration components to optimize the printability and yield of drawn layout features.

[0172] Although specific reference may be made in the text to the use of lithographic projection apparatus in the manufacture of integrated circuits, it should be explicitly understood that such apparatus has many other possible applications. For example, it may be employed in the manufacture of integrated optical systems, guidance and detection patterns for magnetic domain memories, liquid-crystal display panels, thin-film magnetic heads, etc. The skilled artisan will appreciated that, in the context of such alternative applications, any use of the terms "reticle" or "wafer" in this text should be considered as being replaced by the more general terms "mask" or "substrate", respectively.

[0173] Furthermore, although this text has concentrated on lithographic apparatus and methods whereby a mask is used to pattern the radiation beam entering the projection system, it should be noted that the invention presented here should be seen in the broader context of lithographic apparatus and methods employing generic "patterning means" to pattern the said radiation beam. The term "patterning means" as here employed refers broadly to means that can be used to endow an incoming radiation beam with a patterned cross-section, corresponding to a pattern that is to be created in a target portion of the substrate; the term "light valve" has also been used in this context. Generally, the said pattern will correspond to a particular functional layer in a device being created in the target portion, such as an 39 integrated circuit or other device. Besides a mask (whether transmissive or reflective) on a mask table, such patterning means include the following exemplary embodiments:

(1) A programmable mirror array. One example of such a device is a matrix-addressable surface having a viscoelastic control layer and a reflective surface. The basic principle behind such an apparatus is that (for example) addressed areas of the reflective surface reflect incident light as diffracted light, whereas unaddressed areas reflect incident light as undiffracted light. Using an appropriate filter, the said undiffracted light can be filtered out of the reflected beam, leaving only the diffracted light behind; in this manner, the beam becomes patterned according to the addressing pattern of the matrix-adressable surface. An alternative embodiment of a programmable mirror array employs a matrix arrangement of tiny mirrors, each of which can be individually tilted about an axis by applying a suitable localized electric field or by employing piezoelectric means. Once again, the mirrors are matrix-addressable, such that addressed mirrors will reflect an incoming radiation beam in a different direction to unaddressed mirrors; in this manner, the reflected beam is patterned according to the addressing pattern of the matrix-adressable mirrors. The required matrix addressing can be performed using suitable electronic/computer means. More information on mirror arrays as here referred to can be gleaned, for example, from United States Patents US 5,296,891 and US 5,523,193, and PCT patent applications WO 98/38597 and WO 98/33096, which are incorporated herein by reference.

(2) A programmable LCD array. An example of such a construction is given in United States Patent US 5,229,872, which is incorporated herein by reference.

[0174] Any reference to the term "mask" in the Claims and/or Description should be interpreted as encompassing

the term "patterning means" as hereabove described.

[0175] In summary, although certain specific embodiments of the present invention have been disclosed, the present invention may be embodied in other forms without departing from the spirit or essential characteristics thereof. The present embodiments are therefor to be considered in all respects as illustrative and not restrictive, the scope of the invention being indicated by the appended claims, and all changes that come within the meaning and range of equivalency of the claims are therefore intended to be embraced therein.

Claims

1. A method for simulating an aerial image projected from an optical system, said optical system including a pupil and a mask plane, the method comprising the steps of:

   providing a mask to the mask plane;
   obtaining parameters for said optical system;
   calculating a kernel based on an orthogonal pupil projection of said parameters of said optical system onto a basis set;
   obtaining parameters of said mask;
   calculating a vector based on an orthogonal mask projection of said parameters of said mask onto a basis set;
   calculating a field intensity distribution using said kernel and said vector, and
   obtaining aerial image data from said field intensity distribution.

2. The method of claim 1, wherein said parameters for said optical system include aberrations.

3. The method of claim 1 or 2, wherein said step of calculating a kernel corresponding to said parameters of said optical system includes the step of tabulating an array of incomplete gamma functions corresponding to respective points in said pupil of said optical system.

4. The method of claim 1 or 2, wherein said step of calculating a kernel corresponding to said parameters of said optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in said pupil of said optical system,
   wherein said optical system is in-focus.

5. The method of claim 1 or 2, wherein said step of calculating a kernel corresponding to said parameters of said optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in said pupil of said optical system,
   wherein said optical system is either not in-focus or has aberrations.

6. The method of claim 1 or 2, wherein said step of calculating a kernel corresponding to said parameters of said optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in said pupil of said optical system,
   wherein said optical system accounts for effects of photoactive compound diffusion in a resist layer present on a substrate onto which an image of the mask is to be projected.

7. The method of claim 4, 5 or 6, further comprising the step of combining sample weights of an illuminator profile of said optical system with said array of orthogonal pupil projection coefficients.

8. The method of claim 1, wherein said step of calculating a vector corresponding to said parameters of said mask further includes the step of specifying a proximity window within said mask for geometric sampling.

9. The method of claim 1, wherein said step of calculating a vector corresponding to said parameters of said mask further includes the step of decomposing a geometric pattern of said mask into a disjoint set of rectangles and tabulating an array of projections of the rectangles within a proximity window.

10. The method of claim 9, wherein said step of calculating a vector corresponding to said parameters of said mask further includes the step of correcting the array of projections of the rectangles based on the type of mask.

11. A method for simulating an aerial image projected from an optical system, said optical system including a pupil

and a mask plane, the method comprising the steps of:

providing a mask to the mask plane;
obtaining parameters for said optical system;
obtaining parameters of said mask;
orthogonally projecting polynomials, said polynomials including polynomials associated with said parameters of said optical system, and
approximating the transmission cross-correlation function associated with said optical system based on said orthogonal projection of polynomials.

12. A processing device operable to simulate an aerial image projected from an optical system, said optical system including a pupil and a mask plane, said processing device comprising:

a first parameter obtainer for obtaining parameters of said optical system;
a first calculator for calculating a kernel based on an orthogonal pupil projection of said parameters of said optical system onto a basis set;
a second parameter obtainer for obtaining parameters of a mask provided to said mask plane;
a second calculator for calculating a vector based on an orthogonal mask projection of said parameters of said mask onto a basis set;
a third calculator for calculating a field intensity distribution using said kernel and said vector, and
an aerial image obtainer for obtaining aerial image data from said field intensity distribution.

13. The processing device of claim 12, wherein the first, second, and third calculators are the same calculator.

14. A processing device operable to simulate an aerial image projected from an optical system, said optical system including a pupil and a mask plane, said processing device comprising:

a mask within said mask plane;
a first parameter obtainer for obtaining parameters of said optical system;
a second parameter obtainer for obtaining parameters of said mask;
a first calculator for orthogonally projecting polynomials, said polynomials including polynomials associated with said parameters of said optical system and polynomials associated with parameters of said optical system, and
a second calculator for approximating the transmission cross-correlation function associated with said optical system based on said orthogonal projection of polynomials.

15. A device manufacturing method comprising the steps of:

(a) providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material;
(b) providing a mask that contains a pattern;
(c) using a projection beam of radiation and an optical system to project an image of at least part of the mask onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,
whereby, prior to performing step (c), an aerial image to be projected from said optical system is simulated using a method comprising the steps of:

obtaining parameters for said optical system, which comprises a pupil and a mask plane;
calculating a kernel based on an orthogonal pupil projection of said parameters of said optical system onto a basis set;
obtaining parameters of said mask, provided at said mask plane;
calculating a vector based on an orthogonal mask projection of said parameters of said mask onto a basis set;
calculating a field intensity distribution using said kernel and said vector, and
obtaining aerial image data from said field intensity distribution.

16. A method of creating a data set representing a mask image, the method comprising the steps of:

providing a data set representing a proposed mask image;
simulating the aerial image of said proposed mask image using the method of any one of claims 1 to 11 or the

processing device of any one of claims 12 to 14; and
adjusting or verifying said data set using the results of said step of simulating.

17. A method of manufacturing a mask comprising manufacturing a mask using a data set created by the method of claim 16.

18. A computer program comprising code means for causing a computer to operate to perform the steps of the method of any one of claims 1 to 11.

Fig.1A.

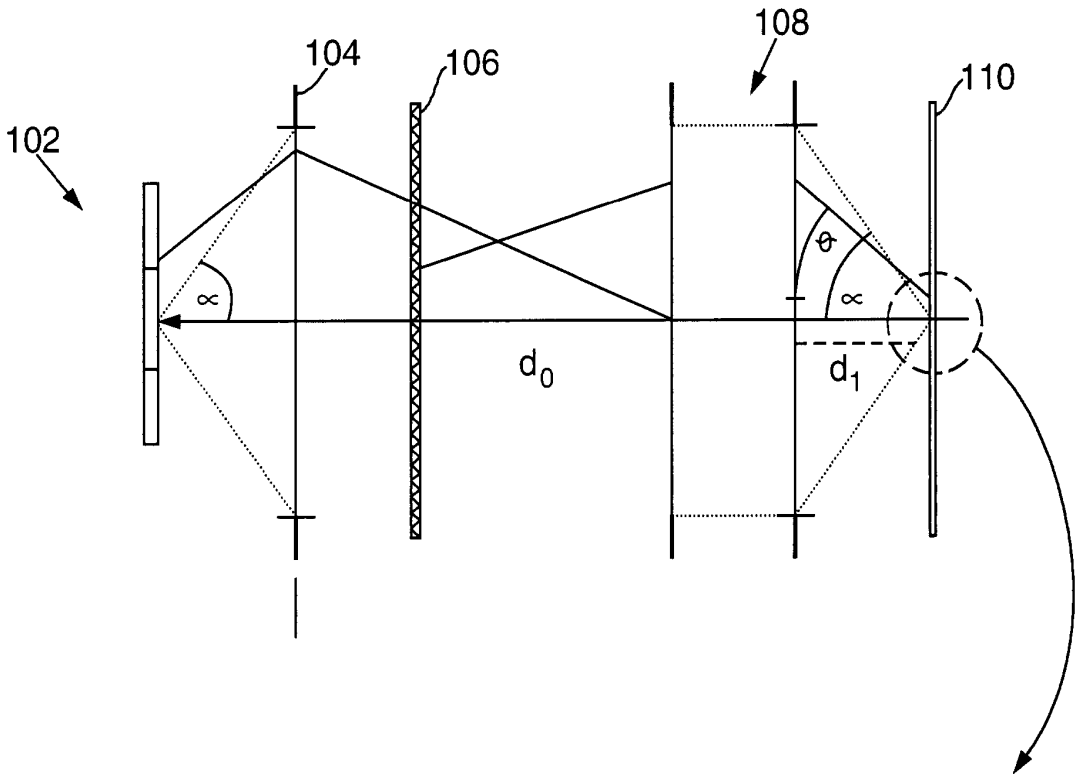


Fig.1B.

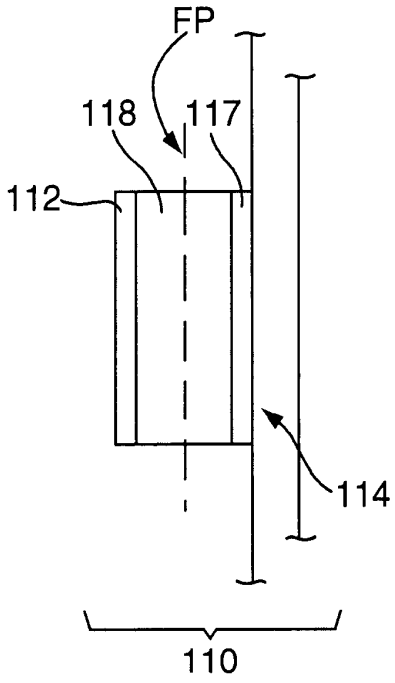


Fig.2.

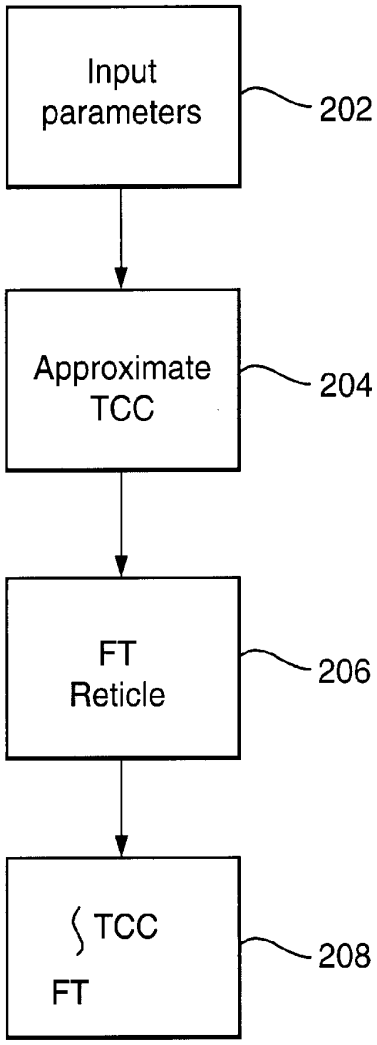

Input parameters
202
Approximate TCC
204
FT Reticle
206
TCC
FT
208

Fig.3.

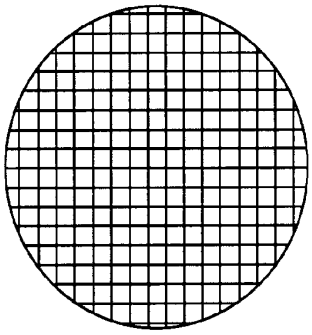


Fig.4.

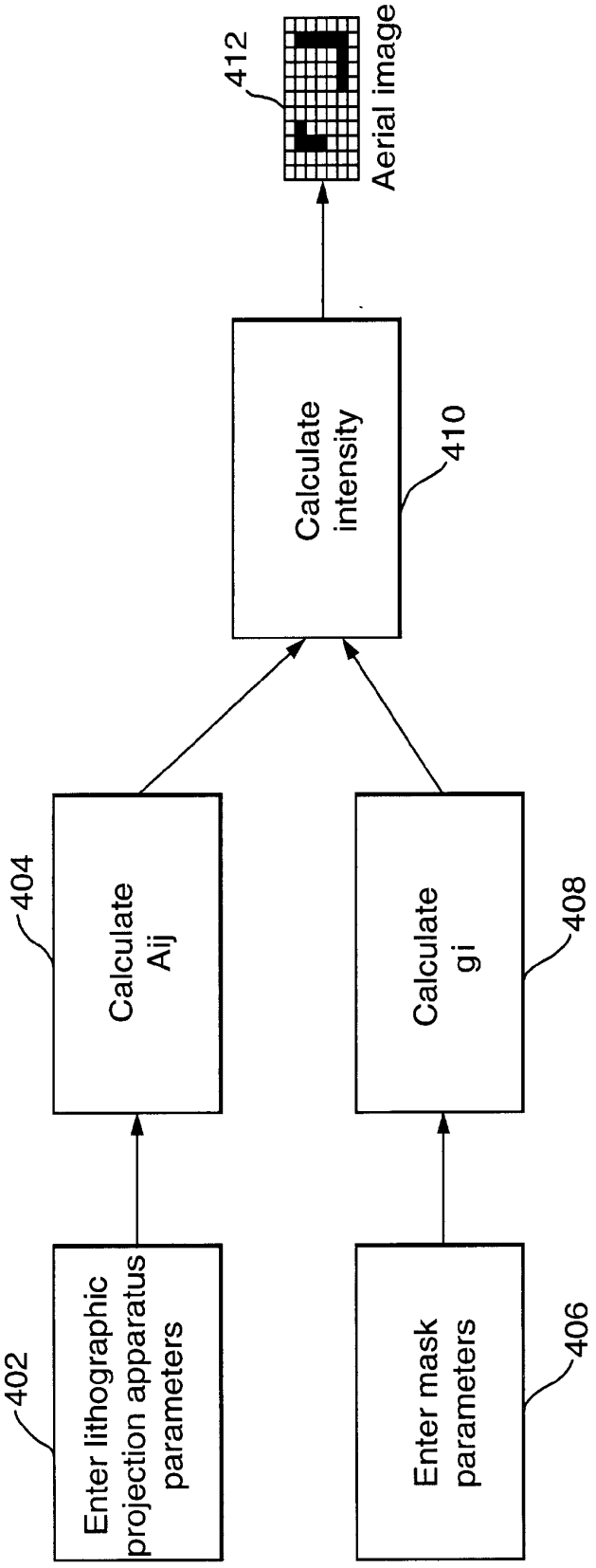

Enter lithographic projection apparatus parameters
402
Calculate Aij
404
Enter mask parameters
406
Calculate gi
408
Calculate intensity
410
412
Aerial image

Fig.5.

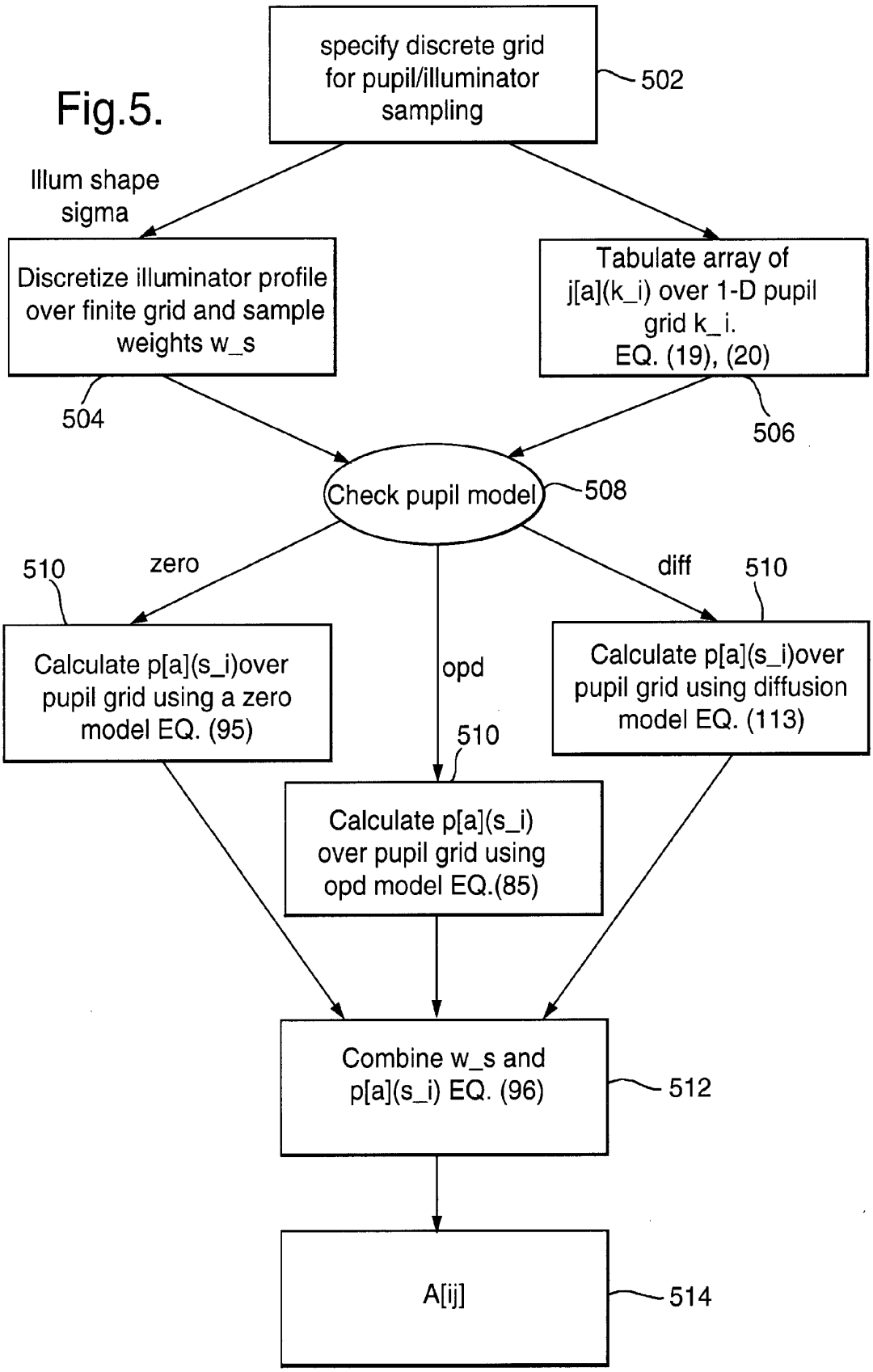

specify discrete grid for pupil/illuminator sampling
502
Illum shape sigma
Discretize illuminator profile over finite grid and sample weights w_s
504
Tabulate array of j[a](k_i) over 1-D pupil grid k_i. EQ. (19), (20)
506
Check pupil model
508
510
zero
Calculate p[a](s_i)over pupil grid using a zero model EQ. (95)
opd
510
Calculate p[a](s_i) over pupil grid using opd model EQ.(85)
diff
510
Calculate p[a](s_i)over pupil grid using diffusion model EQ. (113)
Combine w_s and p[a](s_i) EQ. (96)
512
A[ij]
514

Fig.6.

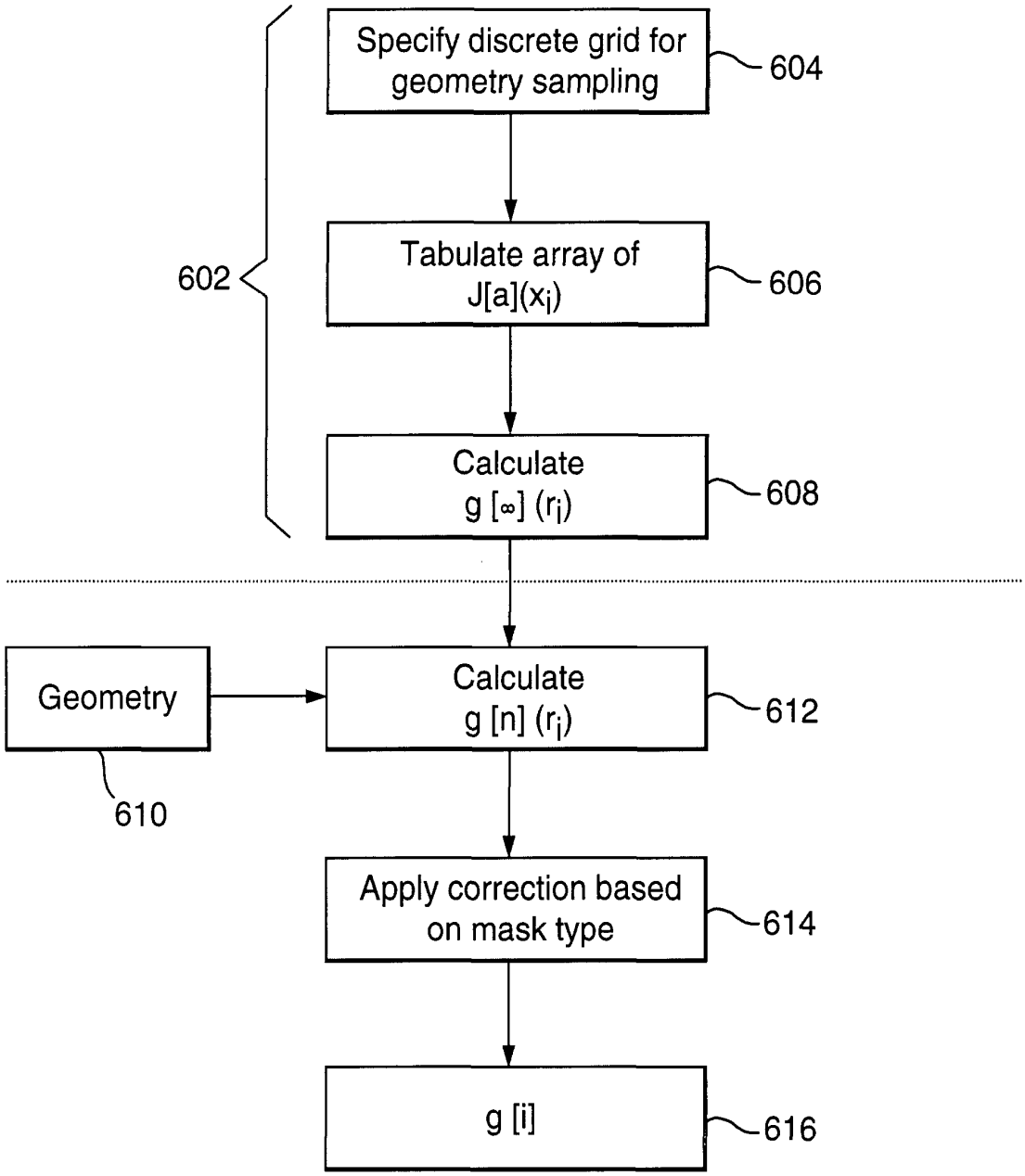

Specify discrete grid for geometry sampling
604
Tabulate array of J[a](x_j)
606
602
Calculate g [∞] (r_j)
608
Geometry
610
Calculate g [n] (r_j)
612
Apply correction based on mask type
614
g [i]
616

Fig.7.

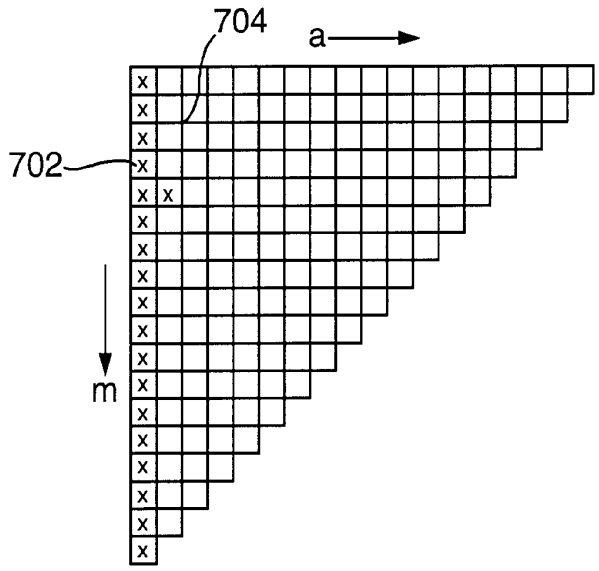


Fig.8.

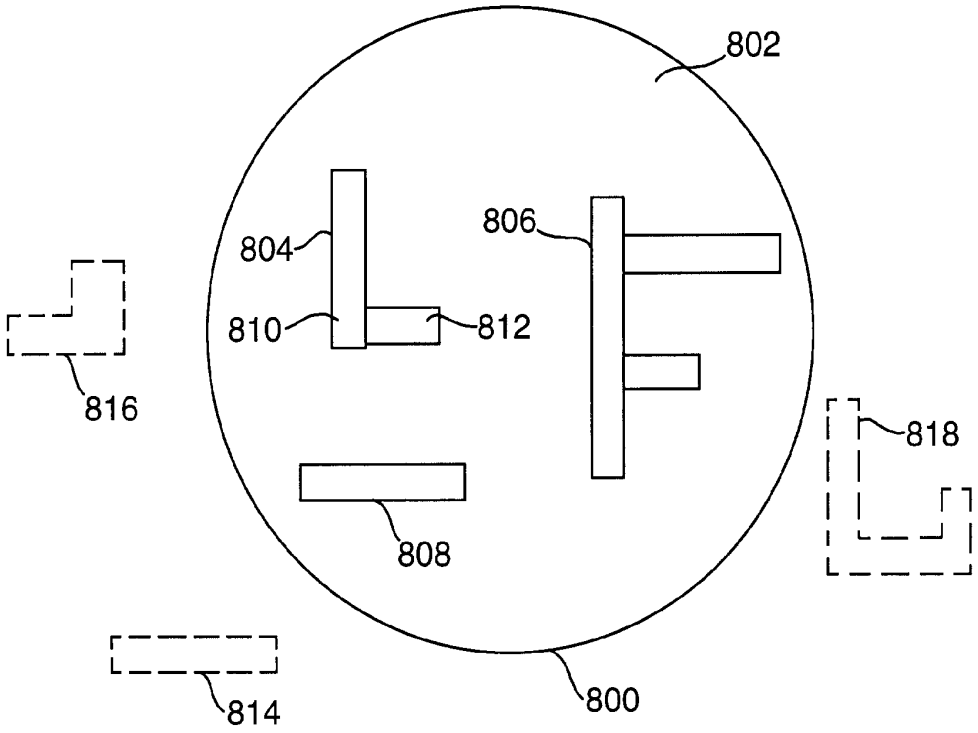


Fig.9.

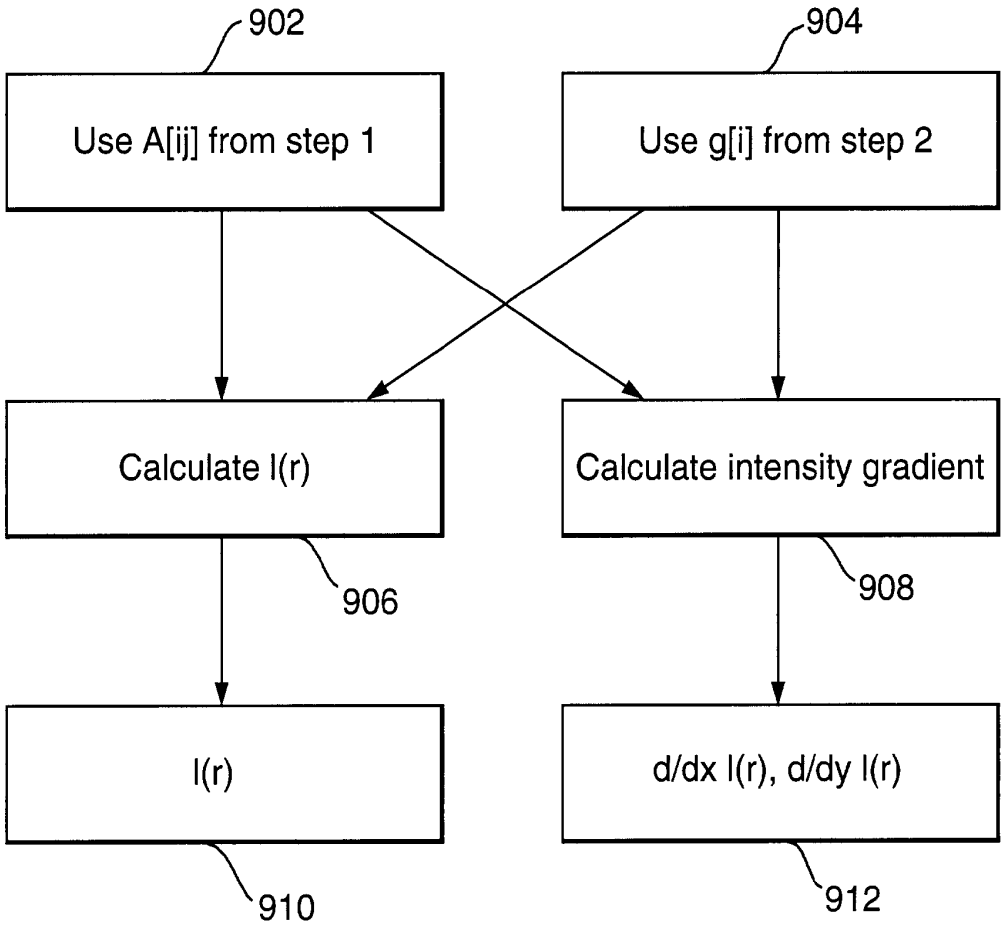

902
904
Use A[ij] from step 1
Use g[i] from step 2
Calculate I(r)
Calculate intensity gradient
906
908
I(r)
d/dx I(r), d/dy I(r)
910
912

Fig.10.

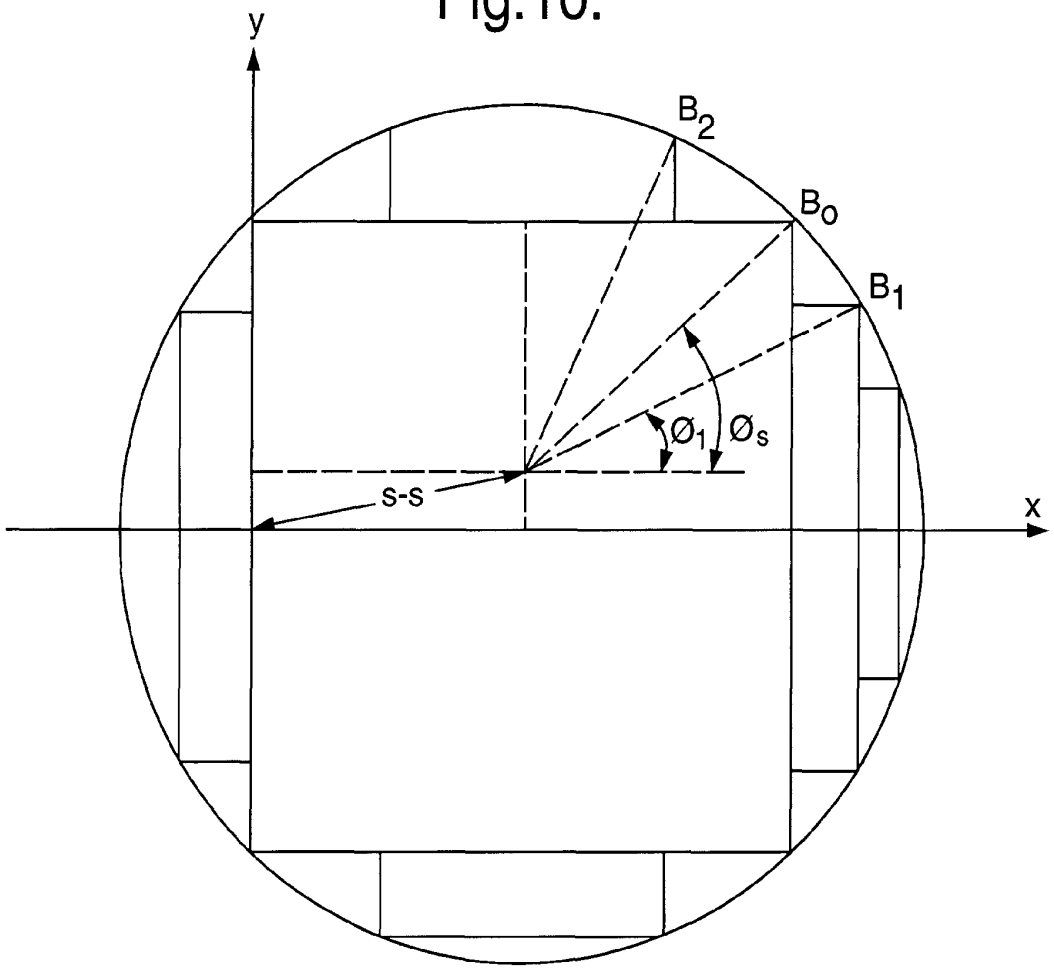


Fig.11A.

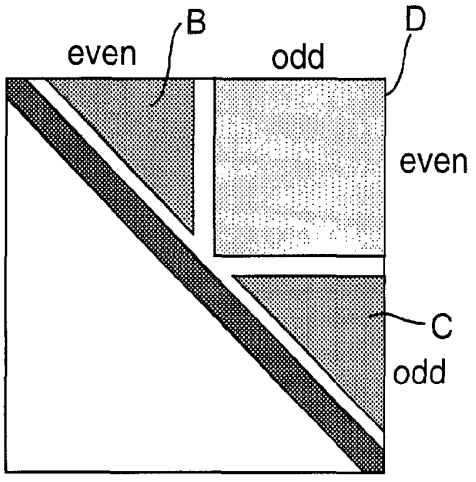
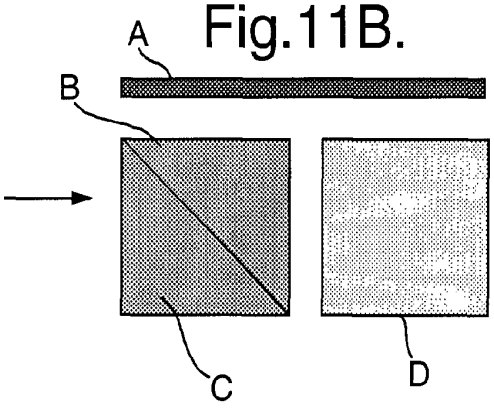


Fig.11B.



European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 01 30 7653

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
X	US 6 052 626 A (INUI HIROTOMO) 18 April 2000 (2000-04-18) * column 1, line 5 - column 7, line 47 * * figures 1,5,6 *	1-18	G03F7/20
A	US 5 644 390 A (YASUZATO TADAO) 1 July 1997 (1997-07-01) * column 2, line 42 - column 5, line 61 * * column 8, line 47 - column 10, line 32 * * figures 1-4,8-10 *	1,11,12, 14,15, 17,18	
A	US 5 922 513 A (CHO BAE DOO ET AL) 13 July 1999 (1999-07-13) * column 3, line 50 - column 7, line 11 *	1,11,12, 14,15, 17,18	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 12, 3 January 2001 (2001-01-03) -& JP 2000 243690 A (NEC CORP), 8 September 2000 (2000-09-08) * abstract *	1,11,12, 14,15, 17,18	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7) G03F
A	EP 0 965 823 A (NIPPON ELECTRIC CO) 22 December 1999 (1999-12-22) * abstract; figures *	1,11,12, 14,15, 17,18	
P,A	US 6 223 139 B1 (WONG ALFRED K ET AL) 24 April 2001 (2001-04-24) * abstract; figures *	1,11,12, 14,15, 17,18	

The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
THE HAGUE	24 January 2002	Heryet, C

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO. EP 01 30 7653

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

24-01-2002

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6052626 A	18-04-2000	JP 2910716 B2	23-06-1999
		JP 10208993 A	07-08-1998
US 5644390 A	01-07-1997	JP 2715895 B2	18-02-1998
		JP 7220995 A	18-08-1995
US 5922513 A	13-07-1999	KR 171947 B1	20-03-1999
		CN 1160228 A	24-09-1997
		DE 19650722 A1	12-06-1997
		GB 2307992 A ,B	11-06-1997
		JP 2914927 B2	05-07-1999
		JP 9213627 A	15-08-1997
JP 2000243690 A	08-09-2000	NONE	
EP 0965823 A	22-12-1999	JP 3080072 B2	21-08-2000
		JP 2000003848 A	07-01-2000
		EP 0965823 A2	22-12-1999
US 6223139 B1	24-04-2001	NONE	

EPO FORM P0459

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 202 119 B1

(12) **EUROPEAN PATENT SPECIFICATION**

(45) Date of publication and mention of the grant of the patent:
25.05.2005 Bulletin 2005/21

(51) Int Cl.[7]: **G03F 7/20**

(21) Application number: **01307653.4**

(22) Date of filing: **10.09.2001**

(54) **Method and apparatus for fast aerial image simulation**

Verfahren und Vorrichtung zur schnellen Simulation eines Luftbildes

Méthode et appareil pour simulation rapide d'une image aérienne

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB IT NL

(30) Priority: **12.09.2000 US 231953 P**

(43) Date of publication of application:
02.05.2002 Bulletin 2002/18

(73) Proprietor: **ASML MaskTools B.V.**
5504 DR Veldhoven (NL)

(72) Inventor: **Liebchen, Armin**
Hayward, California 94542 (US)

(74) Representative: **Leeming, John Gerard**
J.A. Kemp & Co.,
14 South Square,
Gray's Inn
London WC1R 5LX (GB)

(56) References cited:
EP-A- 0 965 823
US-A- 5 644 390
US-A- 5 922 513
US-A- 6 052 626
US-B1- 6 223 139

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 12, 3 January 2001 (2001-01-03) -& JP 2000 243690 A (NEC CORP), 8 September 2000 (2000-09-08)**

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

EP 1 202 119 B1

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] In lithography, an exposure energy, such as ultraviolet light that is generated in an optical system, is passed from an aperture of the system through a mask (or reticle) and onto a target such as a silicon substrate. The mask typically may contain opaque and transparent regions formed in a predetermined pattern. The exposure energy exposes the mask pattern, thereby forming an aerial image of the mask. The aerial image is then used to form an image onto a layer of resist formed on the target. The resist is then developed for removing either the exposed portions of resist for a positive resist or the unexposed portions of resist for a negative resist. This forms a patterned substrate. A mask typically may comprise a transparent plate such as fused silica having opaque (chrome) elements on the plate used to define a pattern. A radiation source illuminates the mask according to well-known methods. The radiation transmitted through the mask and exposure tool projection optics forms a diffraction-limited latent image of the mask features on the photoresist. The patterned substrate can then be used in subsequent fabrication processes. In semiconductor manufacturing, such a patterned substrate can be used in deposition, etching, or ion implantation processes, to form integrated circuits having very small features.

[0002] In a manufacturing process using a lithographic projection apparatus, a pattern in a mask is imaged onto a substrate, which is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material (resist). Generally, lithographic patterning processes are understood by those who practice the profession. Information regarding exemplary processes may be obtained, for example, from the book "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing", Third Edition, by Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997 ISBN 0-07-067250-4.

[0003] As the size of lithographically fabricated structures decreases, and the density of the structures increases, the cost and complexity of designing masks additionally increases. One method of reducing costs of lithographic fabrication is by optimizing the lithographic design with a lithographic simulation step prior to the actual manufacturing step. One specific method of lithographic simulation is drawn to simulating the aerial image of the mask. The aerial image is defined as an intensity distribution of light just prior to reaching the resist on a surface of a substrate, when the substrate is exposed via the mask in an exposure apparatus. In order to simulate the aerial image, a layout of a mask and exposure conditions (non-limiting examples include NA: Numerical Aperture, σ (sigma): Partial Coherence Factor) of the lithographic apparatus are typically required as input parameters.

[0004] Lithographic apparatus may employ various types of projection radiation, non-limiting examples of which include light, ultra-violet ("UV") radiation (including extreme UV ("EUV"), deep UV ("DUV"), and vacuum UV ("VUV")), X-rays, ion beams or electron beams. The following have been considered exemplary exposure sources. Light may generally refer to certain mercury emissions, i.e., wavelengths of 550 nm for the f-line, 436 nm for the g-line, and 405 nm for the h-line. Near-UV or UV generally typically refer to other mercury emissions, i.e., 365 nm for the i-line. DUV generally refers to excimer laser emissions, such as KrF (248nm) and ArF (193nm). VUV may refer to excimer laser F_2, i.e., 157nm, Ar_2, i.e., 126nm, etc. EUV may refer to 10-15 nm. This last portion of the electromagnetic spectrum is very close to "soft X-rays" but has been named as "EUV", possibly to avoid the bad reputation of X-ray patterning. Soft X-rays may refer to 1- 15 nm, which may typically be used in X-ray lithography.

[0005] Depending on the type of radiation used and the particular design requirements of the apparatus, the projection system may be for example, refractive, reflective or catadioptric, and may comprise vitreous components, grazing-incidence mirrors, selective multi-layer coatings, magnetic and/or electrostatic field lenses, etc; for simplicity, such components may be loosely referred to in this text, either singly or collectively, as a "lens".

[0006] When the resist is exposed by the aerial image, there is an additional variable in that some of the exposure light is reflected back by the surface of the substrate, and then absorbed by the resist. Accordingly, not only the resist characteristics (regarding, for example, refractive index: Dill's A,B,C) but also parameters regarding the characteristics of the substrate (e.g., refractive index) should be included as input parameters for simulating the latent image.

[0007] The so-called Hopkins model treats the electric field forming the image typically as a scalar and assumes the object being imaged is sufficiently thin so that its effect on the incident field is represented by a multiplicative function. It is advantageous to perform the image formation analysis in the Fourier domain (frequency space) in order to deal with the pupil function of the imaging system rather than the amplitude response function, and with the angular distribution or "effective source" rather than with the mutual intensity.

[0008] There are several computer programs commercially available that calculate aerial images based on the Hopkins model. For example, the University of California at Berkeley, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Berkeley, Calif., 94720, offers a program called SPLAT.

[0009] The Hopkins model is used to model the imaging of drawn design features under partially coherent illumination. A major problem in modeling aerial images under partially coherent illumination is the necessity to superimpose and add the effect of each individual illumination source that makes up the partially coherent source. In the Hopkins model, a two-dimensional by two-dimensional transmission cross-coefficient function ("TCC") is pre-calculated, which captures

all the effects of the lithographic projection apparatus, including NA, sigma, etc. As taught, for example in Born & Wolf, p. 603, once a TCC is known, systems with partially coherent illumination can be modeled by integrating the TCC over the Fourier transform of the transmission function for the geometrical layout feature under illumination.

[0010] Fundamentally, the TCC is a two-dimensional by two-dimensional correlation function with a continuous set of arguments. In practice, an assumption can be made that the feature patterns to be imaged are periodic in space. For such periodic patterns, the TCC has a large, but discrete, set of arguments. The TCC can then be represented as a matrix, with discrete columns and rows. For typical features interesting to the lithographer the size of this matrix is tremendous and restricts the scale and size of features that can be simulated. It is a purpose of any simulation algorithm based on the Hopkins model to reduce the size of this matrix by approximation, while retaining a reasonable degree of accuracy.

[0011] An exemplary projection lithography system is illustrated in **FIGS. 1A** and **1B**. In FIG. **1A**, light from illumination source **102** is focussed by condenser **104.** The condensed light passes through the mask **106,** then through the pupil **108** and onto the substrate **110.** As shown in **FIG. 1B**, substrate **110** may comprise a top anti-reflective coating **112,** a resist **118,** a bottom anti-reflective coating **117**, a top substrate layer **114** and a plurality of other substrate layers. As indicated in **FIG. 1B**, the focal plane may lie within the resist **118**.

[0012] In the past, several numerical techniques have been applied to reduce the size of the TCC to reasonable scales. In one instance singular value decomposition has been applied to decompose the TCC into its eigenspectrum, sort the resulting eigenvectors in decreasing magnitude of their eigenvalues, and only retain a finite number of eigenvectors in order to approximate the TCC. An exemplary method for optical simulation for the system of **FIG. 1A**, that uses the Hopkins model, is illustrated in **FIG. 2.** As illustrated in **FIG. 2,** at step **S202**, the lithographic projection apparatus and mask parameters are input in the system. At step **S204**, the TCC is approximated by an eigenvector diagonalization. At step **S206**, a two-dimensional table of convolution integrals of the eigenfunctions with a discrete set of normalized rectangles is calculated and tabulated. The article, "Fast, Low-Complexity Mask Design", by N. Cobb et al., SPIE Vol. 2440, pgs. 313-326, teaches an exemplary method for completing step **S206.** Since the resulting table is on a discrete grid of possible layout-features, to attain an acceptable resolution, the table must be large. At step **S208**, since the TCC has been approximated, the illumination system can be modeled, i.e. the aerial image can be simulated by combining each two-dimensional convolution integral corresponding to each respective rectangle in a given proximity window.

[0013] This method has two drawbacks. First, an eigenvector diagonalization is a numerically expensive operation. Thus, for a user to change lithographic projection apparatus conditions, such as NA, sigma, illumination type or lens-aberration, an expensive recalculation of the TCC approximation that limits the use of the simulation tool is required. Second, the eigenspectrum of the TCC is a two-dimensional function. Representing the associated field vectors of the geometrical pattern under illumination requires a two-dimensional lookup table that limits the speed of the field calculation in the Hopkins algorithm. Specifically, since the field vectors are a two-dimensional table, two pointers are needed to access any respective address of data, which increases access time. Further, since the field vectors are a two-dimensional table, they are stored in a portion of the cache. Using a look-up table from a DRAM in a present day CPU is more expensive than performing multiplication because the cache miss penalty is larger than the time to perform the multiplication.

[0014] Accordingly, there is needed a method and apparatus for simulating a projection lithography system using the Hopkins model, that does not use a numerically expensive eigenvector diagonalization operation. What is further needed is a method and apparatus for simulating a projection lithography system using the Hopkins model that permits a user to change lithographic projection apparatus conditions, such as NA, sigma, illumination type or lens-aberration without requiring an expensive recalculation of the TCC approximation.

BRIEF DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0015] The invention is defined by the claims. It is an object of the present invention to provide a method and apparatus for simulating a projection lithography system using the Hopkins model that does not use a numerically expensive eigenvector diagonalization operation.

[0016] It is another object of the present invention to provide a method and apparatus for simulating a projection lithography system using the Hopkins model that permits a user to change lithographic projection apparatus conditions without requiring an expensive recalculation of the TCC approximation.

[0017] It is still another object of the present invention to provide a method and apparatus for predicting the intensity field distribution ("aerial image") at the surface and throughout the resist film of a substrate being irradiated in a lithographic imaging process.

[0018] In accordance with the foregoing objectives, the present invention may write the TCC as T(q'q), where q and q' each are continuous frequencies in two-dimensional Fourier space, $q=(q_x, q_y)$, $q'=(q'_x, q'_y)$. The present invention may approximate the TCC extremely well as a bilinear form of a basis function with kernel A[ij]. Furthermore, the present

invention may utilize a set of orthogonal polynomials. The kernel A[ij] represents a small matrix that efficiently approximates the TCC for a broad range of illumination conditions used in modern lithographic processing. The present invention may use a lower number of arithmetic operations as a result of the use of a one-dimensional look-up table as opposed to the two-dimensional look-up table in the prior art. Furthermore, the one-dimensional look-up table achieves a higher cache hit ratio than a two-dimensional look-up table of the same resolution, thereby providing a more efficient system.

[0019] In one embodiment of the invention, the parameters for the optical system include aberrations.

[0020] In another embodiment of the invention, the step of calculating a kernel corresponding to the parameters of the optical system includes the step of generating a table of indefinite integrals based on a recurrence over a seed array of incomplete gamma functions.

[0021] In yet another embodiment of the invention, the step of calculating a kernel corresponding to the parameters of the optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system is in-focus. More particularly, it further comprises the step of combining sample weights of an illuminator profile of the optical system with the array of orthogonal pupil projection coefficients.

[0022] In still another embodiment of the invention, the step of calculating a kernel corresponding to the parameters of the optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system is either not in-focus or has aberrations. More particularly, it further comprises the step of combining sample weights of an illuminator profile of the optical system with the array of orthogonal pupil projection coefficients.

[0023] In still yet another embodiment of the invention, the step of calculating a kernel corresponding to the parameters of the optical system further includes the step of: tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system accounts for effects of diffusion of photoactive compounds in the resist. More particularly, it further comprises the step of combining sample weights of an illuminator profile of the optical system with the array of orthogonal pupil projection coefficients.

[0024] In a further embodiment of the invention, the step of calculating a vector corresponding to the parameters of the mask further includes the step of specifying a proximity window within the mask for geometric sampling.

[0025] In still a further embodiment of the invention, the step of calculating a vector corresponding to the parameters of the mask further includes the step of decomposing a geometric pattern of the mask into a disjoint set of rectangles and tabulating an array of projections of the rectangles within a proximity window. More particularly, the step of calculating a vector corresponding to the parameters of the mask further includes the step of correcting the array of projections of the rectangles based on the type of mask.

[0026] In one embodiment of the invention, the first, second, and third calculators are the same calculator.

[0027] in another embodiment of the invention, the parameters for the optical system include aberrations.

[0028] In yet another embodiment of the invention, the first calculator is operable to generate a table of indefinite integrals based on a fast recurrence over a seed array of incomplete gamma functions.

[0029] In still another embodiment of the invention, the first calculator is operable to tabulate an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system is in-focus.

[0030] In still yet another embodiment of the invention, the first calculator is operable to tabulate an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system is either not in-focus or has aberrations.

[0031] In a further embodiment of the invention, the first calculator is operable to tabulate an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in the pupil of the optical system, wherein the optical system accounts for effects of photoactive compound diffusion in the resist.

[0032] In still a further embodiment of the invention, the second calculator is operable to specify a proximity window within the mask for geometric sampling.

[0033] In yet a further embodiment of the invention, the second calculator is operable to decompose a geometric pattern of the mask into a disjoint set of rectangles and tabulate an array of projections of the rectangles within a proximity window. More particularly the second calculator is operable to correct the array of projections of the rectangles based on the type of mask.

[0034] The invention may feature a simulation device operable to simulate an aerial image projected from an optical system, the optical system including a pupil and a mask plane, the simulation device comprising a first parameter obtainer for obtaining parameters of the optical system, a second parameter obtainer for obtaining parameters of a mask provided to the mask plane, a first calculator for orthogonally projecting polynomials, the polynomials including polynomials associated with the parameters of the optical system, and a second calculator for approximating the transmission cross-coefficient associated with the optical system based on the orthogonal projection of polynomials.

[0035] Additional advantages of the present invention will become apparent to those skilled in the art from the fol-

lowing detailed description of exemplary embodiments of the present invention. The invention itself, together with further objects and advantages, can be better understood by reference to the following detailed description and the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0036] The accompanying drawings, which are incorporated in and form a part of the specification, illustrate embodiments of the present invention and, together with the description, serve to explain the principles of the invention.

In the drawings:

[0037]

FIGS. 1A and 1B illustrate a conventional optical lithographic system.

FIG. 2 illustrates a conventional method for simulating an aerial image projected from an optical system.

FIG. 3 illustrates a conventional method for dividing a pupil area into a discrete areas.

FIG. 4 illustrates the method for simulating an aerial image projected from an optical system in accordance with an exemplary embodiment of the present invention.

FIG. 5 illustrates an exemplary method for generating a kernel in accordance with the present invention.

FIG. 6 illustrates an exemplary method for generating a vector in accordance with the present invention.

FIG. 7 illustrates an exemplary method for generating a table of indefinite integrals based on a fast recurrence over a seed array of incomplete gamma functions in accordance with the present invention.

FIG. 8 illustrates an exemplary mask plane used in conjunction with the present invention.

FIG. 9 illustrates an exemplary method for calculating an intensity profile and intensity gradient in accordance with the present invention.

FIG. 10 illustrates an efficient algorithm in accordance with the present invention.

FIG. 11A illustrates the coefficient matrix A_{ij} in accordance with the present invention. FIG. 11B illustrates an exemplary representation of the coefficient matrix A_{ij} in accordance with the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF EMBODIMENTS OF THE INVENTION

[0038] In the following description, for the purposes of explanation, numerous specific details are set forth in order to provide a more thorough understanding of the present invention. It will be apparent, however, to one skilled in the art that the present invention may be practiced without these specific details.

[0039] The present invention may circumvent the above-described problems of the prior art systems by applying a fundamentally different technique for the approximation of the TCC. Specifically, the present invention may closely and efficiently approximate the TCC as a bilinear form of a basis function with kernel A[ij].

[0040] A general overview of the operation of the simulation system in accordance with the exemplary embodiment of the present invention is illustrated in **FIG. 4.** As illustrated in **FIG. 4**, in step **S402**, the lithographic projection apparatus parameters are entered. In step **S404**, a kernel A[ij] is calculated. In step **S406**, the mask parameters are entered. In step **S408**, vectors corresponding to mask parameters are calculated. In step **S410** the intensity profile of the pupil is calculated using the kernel A[ij] and the vectors corresponding to the mask parameters. In step **S412,** a simulated aerial image of the mask is produced.

[0041] Prior to discussing the operation of a simulation system in accordance with the exemplary embodiment of the present invention in further detail, a brief but concise discussion of the mathematical underpinnings will be provided. Specifically, the spectral basis, including its analytical representation, its basic properties, and its application with regards to an indefinite integral will be discussed. Further, the Fourier transform ("FT") of the basis, including its analytical representation, and its application with regards to an indefinite integral will be discussed. Still further, miscellaneous

provisions including orthogonality under a FT will be discussed.

SPECTRAL BASIS

Analytical Representation

[0042] A mathematical function provides a mapping of a continuous set of input values to a continuous set of output values. This mapping may be generated in a number of ways. One way is the use of an analytical expression, such as sin(x), or log(x). Another way is by tabulation and interpolation of intermediate values. Yet another way is to represent a function in terms of a linear superposition of a set of known basis functions. For an orthogonal set of basis functions such a representation is called a spectral representation.

[0043] The spectral basis considered in the following discussion is represented as:

$$\langle \eta_{[a]} | r \rangle = (\alpha/\sqrt{\pi})\left(-\tfrac{1}{2}\right)^{\lambda_a} \exp[\bar{r}^2/2]\,\partial^{a_x}_{\bar{r}_x}\,\partial^{a_y}_{\bar{r}_y}\exp[-\bar{r}^2] \qquad (1)$$

which may be factored into one-dimensional contributions. In equation (1), $\bar{r} = \alpha\,(r\text{-}r_0)$ for sampling at a point r_0, and $\lambda_a = a_x + a_y$ The one-dimensional basis along the x-dimension follows as:

$$\langle \eta_{[a_x]} | x \rangle = (\alpha/\sqrt{\pi})^{\frac{1}{2}}\left(-\tfrac{1}{2}\right)^{a_x} \exp[\bar{x}^2/2]\,\partial^{a_x}_{\bar{x}}\exp[-\bar{x}^2] \qquad (2)$$

Basic Properties

[0044]

1. Recurrence

$$\langle \eta_{[a+1_i]} | r \rangle = \bar{r}\langle \eta_{[a]} | r \rangle - \tfrac{1}{2} a_i \langle \eta_{[a-1_i]} | r \rangle \qquad (3)$$

2. Derivative

$$\hat{\partial}_{\bar{r}} \langle \eta_{[a]} | r \rangle = \tfrac{1}{2} a_i \langle \eta_{[a-1_i]} | r \rangle - \langle \eta_{[a+1_i]} | r \rangle \qquad (4)$$

3. Normalization

[0045] The basis is orthogonal with normalization constants:

$$(\eta_a(r) \bullet \eta_a(r)) = \frac{a_x! \bullet a_y!}{2^{a_x+a_y}} \qquad \text{with } a=(a_x, a_y) \qquad (5)$$

Indefinite Integral

[0046] The indefinite integral over the spectral basis may be related to an incomplete Gamma function. For Manhattan-style layout designs, the integration boundaries are along the Cartesian coordinate axes and permit a factorization into independent one-dimensional integrations. The following definition of the incomplete Gamma-function $\gamma(a,x)$ is used:

$$\gamma(a,x) := \int_0^x t^{a-1} e^{-t} dt \tag{6}$$

Let

$$I_{[a_x]}(x_0,x_1) := \int_{x_0}^{x_1} dx \left\langle \eta_{[a_x]} \mid x \right\rangle \tag{7}$$

Recurrence

[0047] Let $x = \alpha\bar{x}$ and

$$J_{[a_x,m]}(\bar{x}) := \left(\frac{1}{\alpha\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \left(-\frac{1}{2}\right)^a \int_0^{\bar{x}} dt\ t^m\ exp\left[t^2/2\right] \partial_t^a\ exp\left[-t^2\right] \tag{8}$$

[0048] Note that $J_{[aX,m]}(-\bar{x}) = (-1)^{m+a} J_{[aX,m]}(\bar{x})$. The above integral may then be evaluated as

$$I_{[a]}(x_0,x_1) = J_{[a,0]}(\bar{x}_1) - J_{[a,0]}(\bar{x}_0) \tag{9}$$

$$J_{[a+1,m]} = \frac{1}{2}\left[J_{[a,m+1]} + m J_{[a,m-1]} - \frac{\bar{x}^m}{\alpha}\left\langle \eta_{[a_x]} \mid x \right\rangle + \delta_{m,0}\frac{1}{\alpha}\left\langle \eta_{[a_x]} \mid 0 \right\rangle \right] \tag{10}$$

$$J_{[0,m]} = \left(\frac{2^{m-1}}{\alpha\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \gamma\left(\frac{m+1}{2}, \frac{\bar{x}^2}{2}\right) \tag{11}$$

[0049] The Fourier transform of the spectral basis may be expressed as:

$$\left\langle \eta_{[a_x]} \mid \bar{q} \right\rangle = \frac{1}{\alpha\sqrt{\pi}}\left(\frac{i}{2}\right)^{\lambda_a} \exp\left[\bar{q}^2/2\right] \partial_{\bar{q}_x}^{a_x} \partial_{\bar{q}_y}^{a_y} \exp\left[-\bar{q}^2\right] \tag{12}$$

Indefinite Integral

[0050] Similar to equation (3), the indefinite integral over the FT of the spectral basis may also be related to an incomplete Gamma function. Due to the circular aperture of the pupil however the two-dimensional integration cannot

be simply factorized into one-dimensional products. The present invention may use a hybrid approach, whereby the one-dimensional integration along one axis, for example the x-axis, is performed analytically similar to equation (3). On the other hand, the integration along the other axis, for example the y-axis, is performed numerically. The following considers the one-dimensional analytical integration of the FT of the spectral basis. Let

$$I^k_{[a]}(k_0,k_1) := \int_{k_0}^{k_1} dq \langle \eta_{[a]} | q \rangle \tag{13}$$

$$= \alpha \int_{\frac{k_0}{\alpha}}^{\frac{k_1}{\alpha}} d\bar{q} \langle \eta_{[a]} | q \rangle \tag{14}$$

$$= \alpha \int_0^{\bar{k}_1} d\bar{q} \langle \eta_{[a]} | q \rangle - \alpha \int_0^{\bar{k}_0} d\bar{q} \langle \eta_{[a]} | q \rangle \tag{15}$$

Recurrence

[0051] Let $\bar{k} = k / \alpha$ and

$$J^k_{[a,m]}(k) := \left(\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{i}{2}\right)^a \int_0^{\bar{k}} dt\, t^m \exp\left[t^2/2\right] \partial_t^a \exp\left[-t^2\right] \tag{16}$$

then the above integral may be evaluated as

$$I^k_{[a]}(k_0,k_1) = J^k_{[a,0]}(k_1) - J^k_{[a,0]}(k_0) \tag{17}$$

A recurrence for $J^k_{[a,m]}(k)$ follows via

$$J^k_{[a+1,m]} := \left(\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{i}{2}\right)^{a+1} \int_0^{\bar{k}} dt\, (t)^m \exp\left[t^2/2\right] \partial_t \partial_t^a \exp\left[-t^2\right] \tag{18}$$

as:

$$J^k_{[a+1,m]} = (-i)\frac{1}{2}\left[J^k_{[a,m+1]} + mJ^k_{[a,m-1]} - \beta \bar{k}^m \langle \eta_{[a]} | k \rangle + \delta_{m,0} \beta \langle \eta_{[a]} | 0 \rangle\right] \tag{19}$$

[0052] This relation is identical to equation (10), with $\beta = 1/\alpha$ and an additional factor of $(-i)$ per recurrence step.

Initialization

[0053] The above seed-elements $J^k_{[0,m]}$ are similar to the previous section and may be evaluated similar to equation

(11):

$$J^{k}_{[0,m]} = \left(\frac{2^{m-1}\alpha}{\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \gamma\left(\frac{m+1}{2}, \frac{\bar{k}^2}{2}\right) = \alpha J_{[0,m]} \tag{20}$$

[0054] With the above refreshing review, the operation of a simulation system in accordance with the exemplary embodiment of the present invention will now be provided in further detail. Table 1, below, provides notations for symbols and their respective descriptions that are used throughout the description of embodiments of the present invention.

Symbol	Description
$r = (x,y)$	2-D position vector fixed z-plane
$k = (k_x,k_y)$	2-D wave vector fixed z-plane
$\phi^{m,i}_{[S]}$	plane wave entering mask
$\phi^{m,x}_{[0]}$	scalar field at mask exit plane at normal incidence, $\vartheta = 0$
$\phi^{p,i}_{[S]}$	scalar field at pupil entrance plane, general incidence angle
$\phi^{p,x}_{[S]}$	scalar field at pupil exit plane, general incidence angle
$\phi^{p,i}_{[S]}$	scalar field at wafer entrance plane, general incidence angle
T	Mask transfer matrix
P	Pupil transfer matrix
M	Magnification factor (0.2, 0.25, etc)
$\hat{r}_w$	Scaled coordinate system at wafer plane
$\hat{S}$	Scaled coordinate system at pupil plane
σ	Partial Coherence

[0055] The following discussion uses Dirac notation for a basis-independent representation of field vectors. In this notation, scalar fields in their dual spaces are written as $\langle\phi|$, $|\phi\rangle$. The following are useful identities:

$$\langle\phi|r\rangle = \phi(r) \tag{21}$$

$$\langle\phi|k\rangle = \phi(k) \tag{22}$$

$$\langle r|k\rangle = \frac{1}{2\pi} e^{-ikr} \tag{23}$$

$$\langle k|r\rangle = \langle r|k\rangle^{*} \tag{24}$$

$$\langle r|k\rangle^{*} = \langle r|-k\rangle \tag{25}$$

$$\langle r|k\text{-}k'\rangle = \langle k'|r\rangle\ \langle r|k\rangle \tag{26}$$

[0056] Completeness of an orthogonal normalized basis ξ implies

$$\int d\xi |\xi\rangle\ \langle\xi| = 1 \tag{27}$$

[0057] Spectral expansions used in the following satisfy the above completeness relation.

Lens Model

[0058] When modeling a lens, monochromatic illumination at wavelength λ is assumed. In the following the refractive index in vacuum $\eta_i = 1$ is assumed. The wave-vector may be defined as:

$$k_0 := \frac{2\pi}{\lambda} \tag{28}$$

[0059] Further, the apertures may be defined as (w= substrate, s = Source):

$$NA_w = n_i \sin \alpha_w \simeq \sin \alpha_w \tag{29}$$

$$NA_s = n_i \sin \alpha_s \simeq \sin \alpha_s \tag{30}$$

$$\sigma := \frac{NA_s}{NA_w} \tag{31}$$

[0060] The maximum wave-vector transmitted by a pupil of aperture NA thus follows as

$$k^{NA} = d_1 \sin \alpha_w = d_1 NA \tag{32}$$

[0061] A magnification factor *M* may be defined as the ratio of the back- vs. the front-focal length of the objective lens:

$$M := \frac{d_1}{d_0} \tag{33}$$

where d_0 and d_1 correspond to the focal lengths identified in Fig. 1A. The substrate plane d_1 may be adjusted such that it lies in the focal plane of the lens, thereby providing:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_1} \tag{34}$$

[0062] The mathematical model is expressed in terms of coordinates k_s, r, k, r_w. The numerical model however utilizes re-scaled coordinates indicated by "hat" notation. The scaled coordinates relate to the normalized coordinates via

$$\hat{r}_m := -Mr_m \qquad \textit{Mask plane} \tag{35}$$

$$\hat{s}_p := k_0 \sin \vartheta = \frac{k_0}{d_1} s_p \qquad \textit{Pupil Plane} \tag{36}$$

$$\hat{k}^{NA} \simeq k_0 NA \tag{37}$$

$$\hat{s}_s := -\frac{k_s}{M} = -\frac{k_0 \sin \theta_s}{M} \qquad \textit{Source plane} \tag{38}$$

The current lens model in accordance with the present invention assumes $d_s = d_0$.

Diffractive Elements and Lenses

[0063] The propagation of light from the exit plane of a diffraction element, such as for example a mask, $\langle \phi^x | r \rangle$ to a subsequent input plane $\langle \phi^i | k \rangle$ at distance d_z may be expressed in terms of the free-space Green's function of the Helmholtz equation $\langle \underline{r} | G | \underline{r}' \rangle$ ($\underline{r} = (x,y,z)$ in three dimensions) as

$$\left\langle \underline{r} \mid \phi^{i} \right\rangle = ik_0 \int d\underline{r}' \left\langle \underline{r} \mid G \mid \underline{r}' \right\rangle \left\langle \underline{r}' \mid \phi^{x} \right\rangle = ik_0 \left\langle \underline{r} \mid G \mid \phi^{x} \right\rangle \tag{39}$$

with

$$\langle \underline{r} | G | \underline{r}' \rangle = \frac{e^{-ik_0 |\underline{r}-\underline{r}'|}}{4\pi |\underline{r}-\underline{r}'|} \tag{40}$$

[0064] Let z and z' be on fixed planes separated by a distance d_i and $r = (x,y)$ a two-dimensional position vector on each respective plane. A two dimensional approximation follows via

$$k_0 |\underline{r} - \underline{r}'| = k_0 \sqrt{d_i^2 + (r-r')^2} \tag{41}$$

[0065] Assume a far-field approximation $|r - r'| << d_i$ and approximate by keeping to first order of a Taylor expansion

$$k_0 |\underline{r} - \underline{r}'| \simeq k_0 d_i \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{r - r'}{d_i} \right)^2 \right] \tag{42}$$

[0066] The first term yields an irrelevant constant phase shift and will be ignored in the following. The two-dimensional field propagator in the far-field regime then follows as

$$\langle r | G | r' \rangle = \frac{e^{-i \frac{k_0}{2 d_i} (r-r')^2}}{4\pi d_i} \tag{43}$$

Lens Element

[0067] The propagation of light from the input plane to the exit plane of a lens element may be expressed in terms of the lens propagator L as

$$\left\langle r \mid \phi^{i} \right\rangle = \int dr' \left\langle r \mid L \mid r' \right\rangle \left\langle r' \mid \phi^{x} \right\rangle = \left\langle r \mid L \mid \phi^{x} \right\rangle \tag{44}$$

where the lens-propagator in the paraxial approximation may be expressed as:

$$\langle r \mid L \mid r' \rangle \simeq e^{i\frac{k_0}{2f}r^2} \delta(r - r')P'(r) \qquad (45)$$

[0068] Returning back to **FIG. 4,** the simulation method of the present invention may be implemented using any processor or dedicated circuit that is operable to manipulate data. Non-limiting examples include programmable logic arrays, microprocessors used in conjunction with a memory, or computers. Step **S402** may be performed by any device operable to input lithographic projection apparatus parameters. Non-limiting examples include stepper/scanners, mask inspection tools, and external memories containing the appropriate data. Step **S406** may be performed by any device operable to input the mask parameters. Similar to step **S402**, non-limiting examples include stepper/scanners, mask inspection tools, and external memories containing the appropriate data. Further, a single device may be used to input both the lithographic projection apparatus parameters of step **S402** and the mask parameters of step **S406**. Still further, steps **S402** and **S406** may be performed at the same time. Similarly, steps **S404** and **S408** may be performed at the same time.

[0069] Step **S404** will now be further described with respect to **FIG. 5.** At step **S502**, an area of the pupil of the illuminator is sampled and broken up into a discrete grid. At step **S504**, the illumination profile of each discrete point corresponding to the sample area is determined, and given a numerical weight according to the relative intensity of the source at the sampled location. At step **S506**, an array of seed-elements for the semi-indefinite integrals calculated in equation (16) of each discrete point within a pupil grid corresponding to the sample area is tabulated. Each seed-element is an incomplete gamma function $J_{[0,m]}$, such as is described above with respect to equation (19) and equation (20). At step **S508**, the pupil model is determined for the simulation method. If the pupil model is for a zero defocus pupil, i.e., for a lens having no aberration, is perfectly in focus, and/or has no phase distortion in the pupil plane, then step **S510$_{zero}$** may be performed. If the pupil model has optical path differences, has aberrations, is not perfectly in focus, and/or has phase distortion in the pupil plane, then step **S510$_{opd}$** may be performed. Further, if the pupil model accounts for diffusion of the photoactive compound in the resist after image exposure, then step **S510$_{diff}$** may be performed. In each one of steps **S510$_{zero}$**, **S510$_{opd}$**, and **S510$_{diff}$**, an array in '*i*', shifted by s_i, of $p_a(s_i)$ is calculated, wherein each entry is the value of orthogonal projection of the pupil onto the basis set indexed by 'a'. At step **S512**, the weights of each respective discrete point in the illuminator profile from step **S504** are combined with the corresponding orthogonal projection on the basis set as calculated in any one of steps **S510$_{zero}$**, **S510$_{opd}$**, and **S510$_{diff}$**. The solution to the combination performed at step **S512** renders the kernel A[ij] at step **S514**.

[0070] The imaging of a simulation system in accordance with the exemplary embodiment of the present invention will now be described with respect to coherent imaging, incoherent imaging with the Hopkins model, and with respect to the basis set decomposition.

COHERENT IMAGING

Pupil Plane

[0071] The field at the mask exit plane $\phi_{[s]}^{m,x}$ is given as the modulation of the incident field $\phi_{[s]}^{m,i}$ by the mask transfer matrix *T*. For an infinitesimally thin mask layer, *T* is effectively diagonal (For a basis that satisfies $\langle r \mid -\eta \rangle = \langle \eta \mid r \rangle$ a diagonal matrix $\langle r \mid T \mid r \rangle$ implies that $\langle \eta \mid T \mid \eta' \rangle = f(\eta - \eta')$):

$$\left\langle \phi_{[s]}^{m,x} \mid r \right\rangle = \int dr' \left\langle \phi_{[s]}^{m,i} \mid r' \right\rangle \left\langle r' \mid T \mid r \right\rangle \delta(r, r') = \left\langle \phi_{[s]}^{m,i} \mid T \mid r \right\rangle \qquad (46)$$

The field at the pupil entrance plane follows via equation (39) as

$$\left\langle \phi_{[s]}^{p,i} \mid s_p \right\rangle = ik_0 \left\langle \phi_{[s]}^{m,x} \mid G^c \mid s_p \right\rangle \qquad (47)$$

$$= ik_0 \left\langle \phi^{m,i}_{[sj]} \middle| TG^0 \middle| s_p \right\rangle \qquad (48)$$

Substrate Plane

[0072] The propagated image at the substrate plane follows according to equation (44) as the field propagated through vacuum segment 1 from the pupil-plane exit field $\phi^{p,x}_{[s]}$:

$$\left\langle \phi^{w,i}_{[sj]} \middle| r_w \right\rangle = ik_0 \left\langle \phi^{p,x}_{[sj]} \middle| G^1 \middle| r_w \right\rangle \qquad (49)$$

[0073] The pupil-plane exit field itself is the pupil plane entrance field $\phi^{p,i}_{[s]}$ propagated by the lens transfer matrix $\langle k|L^1|k'\rangle$. The substrate plane field thus follows as

$$\left\langle \phi^{w,i}_{[sj]} \middle| r_w \right\rangle = ik_0 \left\langle \phi^{p,i}_{[sj]} \middle| L^1 G^1 \middle| r_w \right\rangle \qquad (50)$$

[0074] The lens transfer matrix is assumed to be diagonal in Fourier space, $\langle k|L^1|k'\rangle = \langle k|L^1|k\rangle\delta(k,k')$. Using equation (47) the substrate plane field may be expressed as a function of the field at the mask input plane as

$$\left\langle \phi^{w,i}_{[sj]} \middle| r_w \right\rangle = -k_0^2 \left\langle \phi^{m,i}_{[sj]} \middle| TG^0 L^1 G^1 \middle| r_w \right\rangle \qquad (51)$$

Source Plane

[0075] Coherent imaging assumes a plane wave incident at the mask at incidence angle ϑ_s. Illumination at this angle is equivalent to illumination at normal incidence with a phase modulation of the mask plane amplitude by $k_s = k_0 \sin \vartheta_s = k_0 \hat{s}_s$. The scalar field at the mask exit plane for arbitrary incidence angle can thus be expressed in terms of normal incidence as:

$$\left\langle \phi^{m,i}_{[sj]} \middle| r \right\rangle = \left\langle \phi^{m,i}_{[0]} \middle| r \right\rangle e^{ik_s r} \qquad (52)$$

[0076] Under Köhler illumination the field

$$\left\langle \phi^{m,i}_{[0]} \middle| r \right\rangle$$

reflects a plane wave of normal incidence. The imaginary part of such a plane wave is a globally uniform phase factor and may be factored out. What remains is the real part of

$$\left\langle \phi^{m,i}_{[0]} \middle| r \right\rangle$$

reflecting the weight of the originating source point in the illumination aperture:

$$\left\langle \phi_{[0]}^{m,i} \middle| r \right\rangle = w(\vartheta_s), \tag{53}$$

[0077] Using the above illumination, the substrate plane field for point source located at k_s then follows as:

$$\left\langle \phi_{[s]}^{w,i} \middle| r_w \right\rangle = -w(\vartheta_s) k_0^2 \int dr_m e^{ik_s r_m} \left\langle r_m \middle| TG^0 L^1 G^1 \middle| r_w \right\rangle \tag{54}$$

Fraunhofer approximation

[0078] The above model expresses a Fresnel approximation of the lens system and is nonlinear. Several approximations follow to linearize the above imaging system. Expanding equation (54) into its spectral components yields

$$\left\langle \phi_{[s]}^{w,i} \middle| r_w \right\rangle = -w(\vartheta_s) k_0^2 \int dr_m ds_p e^{ik_s r_m} \left\langle r_m \middle| T \middle| r_m \right\rangle \left\langle r_m \middle| G^0 \middle| s_p \right\rangle \left\langle s_p \middle| L^1 \middle| s_p \right\rangle \left\langle s_p \middle| G^1 \middle| r_w \right\rangle \tag{55}$$

$$= -\frac{w(\vartheta_s) k_0^2}{(4\pi)^2 d_0 d_1} \int dr_m ds_p \, exp[ik_s r_m] \left\langle r_m \middle| T \middle| r_m \right\rangle P^*(s_p) \tag{56}$$

$$x \exp\left[-ik_0 \left(\frac{(r_m - s_p)^2}{2d_0} - \frac{s_p^2}{2f_1} + \frac{(s_p - r_w)^2}{2d_1} \right) \right] \tag{57}$$

[0079] The argument of the exponential may be evaluated via:

$$\ln A = ik_0 s_p \left(\frac{r_m}{d_0} + \frac{r_w}{d_1} \right) - ik_0 \frac{s_p^2}{2} \left(\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f} \right) - ik_0 \frac{1}{2} \left(\frac{r_m^2}{d_0} + \frac{r_w^2}{d_1} \right) \tag{58}$$

[0080] In the last term, the sub-term associated with

$$k_0 \frac{r_w^2}{2d_1}$$

will fall out when squaring the field to obtain the intensity of the field at the substrate plane. Under the assumption that the image at the substrate plane approximately mirrors the image at the mask plane, $r_w \sim -Mr_m$, the sub-term

$$k_0 \frac{r_m^2}{2d_0}$$

can be eliminated for the same argument.

Defocus Term

[0081] The center term in the above described exponential relates to the focus condition of the system. For a perfectly focused system, this term disappears according to equation (34). For a system under small defocus of magnitude ζ, a Taylor expansion yields:

$$\frac{1}{d_1 + \zeta} \cong \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_1^2}\zeta \tag{59}$$

wherein a phase term accounting for defocus thus follows as:

$$\phi^{def} = k_0 \frac{s_p^2}{2d_1^2}\zeta \tag{60}$$

[0082] A more accurate defocus model follows by calculating the true optical path difference ("OPD") of the Gaussian reference sphere:

$$\phi^{def}(\zeta) = k_0\,\zeta\,(1-\sigma_x) \tag{61}$$

$$= \zeta\sqrt{k_0^2 - \hat{s}_p^2} \tag{62}$$

Rest of Terms

[0083] The first term in equation (58) contains the main imaging information and corresponds to a Fourier transformation of the system. Introducing the scaled coordinates equation (35) this term follows as:

$$X = ik_0 s_p\left(\frac{r_w}{d_1} + \frac{r_m}{d_0}\right) \tag{63}$$

$$= ik_0 s_p\left(\frac{r_w}{d_1} - \frac{\hat{r}_m}{d_1}\right) \tag{64}$$

$$= i\hat{s}_p\left(r_w - \hat{r}_m\right) \tag{65}$$

Defining

[0084]

$$P(s_p) := P'(s_p)\exp\left[\frac{ik_0 s_p^2}{2d_1^2}\right]\varsigma = P'(s_p)\exp\left[\frac{i\hat{s}_p^2}{2k_0}\right]\varsigma \tag{66}$$

the lens system equation (55) then follows as

$$\left\langle \phi^{w,i}_{[s]} \middle| r_w \right\rangle = -\frac{w(\vartheta_s)k_0^2}{d_0 d_1} \int dr_m\, ds_p\, ds'_p \exp\left[ik_s r_m\right] \left\langle r_m \middle| T \middle| r_m \right\rangle \left\langle \hat{r}_m \middle| \hat{s}'_p \right\rangle \left\langle s'_p \middle| P \middle| s_p \right\rangle \left\langle \hat{s}_p \middle| r_w \right\rangle \delta(s_p - s'_p) \tag{67}$$

Define

$$\left\langle \hat{r}_m \middle| \hat{T} \middle| \hat{r}_m \right\rangle := \left\langle r_m \middle| T \middle| r_m \right\rangle, \left\langle \hat{s}_p \middle| \hat{P} \middle| \hat{s}_p \right\rangle := \left\langle s_p \middle| P \middle| s_p \right\rangle,$$

then

$$\left\langle \phi^{w,i}_{[s]} \middle| r_w \right\rangle = w(\vartheta_s) \left\langle \hat{s}_s \middle| \hat{T}\hat{P} \middle| r_w \right\rangle \tag{68}$$

INCOHERENT IMAGING: HOPKINS MODEL

[0085] In the following, the "hat" notation is dropped and scaled coordinates according to equation (35) are assumed throughout. For incoherent imaging the intensity at the substrate plane follows as a weighted summation over all independent point sources $\hat{s}_s$:

$$I(r_w) = \int dk_s \left| \left\langle \phi^{w,i}_{[s]} \middle| r_w \right\rangle \right|^2 \tag{69}$$

$$= \int dk_s \left\langle r_w \middle| PT \middle| \hat{s}_s \right\rangle w(\hat{s}_s)^2 \left\langle \hat{s}_s \middle| TP \middle| r_w \right\rangle \tag{70}$$

$$= \int dk_s \left\langle r_w \middle| P \middle| k' \right\rangle \left\langle k' \middle| T \middle| \hat{s}_s \right\rangle w(\hat{s}_s)^2 \left\langle \hat{s}_s \middle| T \middle| k \right\rangle \left\langle k \middle| P \middle| r_w \right\rangle dk\, dk' \tag{71}$$

Let

$$t(k'-k) = \langle k' | T | k \rangle \quad q' = k' - \hat{s}_s \quad q = k - \hat{s}_s \tag{72}$$

then

$$I(r_w) = \int dq dq' dk_s \left\langle r_w \middle| P \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle t(q') w(\hat{s}_s)^2 t^*(q) \left\langle q + \hat{s}_s \middle| P \middle| r_w \right\rangle \tag{73}$$

$$= \int dq dq' t(q') t^*(q) \int dk_s \langle r_w | P | q' + \hat{s}_s \rangle w(\hat{s}_s)^2 \langle q + \hat{s}_s | P | r_w \rangle \quad (74)$$

since $\langle k|P|k\rangle$ is diagonal define $P(k) := \langle k|P|k\rangle$:

$$I(r_w) = \int dq\, dq' t(q') t^*(q) \int dk_s \langle r_w | q' + \hat{s}_s \rangle P^*(q' + \hat{s}_s) w(\hat{s}_s)^2 \langle q + \hat{s}_s | r_w \rangle P(q + \hat{s}_s) \quad (75)$$

$$= \int dq dq' t(q') t^*(q) \langle r_w | q' - q \rangle \int dk_s P^*(q' + \hat{s}_s) w(\hat{s}_s)^2 P(q + \hat{s}_s) \quad (76)$$

Define the *Transmission Cross Coefficient* (TCC) function *T(q',q)*

$$T(q', q) = \int dk_s P^*(q' + \hat{s}_s) w(\hat{s}_s)^2 P(q + \hat{s}_s) \quad (77)$$

then

$$I(r_w) = \int dq dq' \langle r_w | q' \rangle t(q') C(q', q) t^*(q) \langle q | r_w \rangle \quad (78)$$

Assume a factorization exists such that

$$T(q', q) = \sum_{ij} \eta_i^*(q') A_{ij} \eta_j(q) \quad (79)$$

where $\eta_i(q)$ forms an orthogonal basis. Combine equation (77) and equation (79):

$$\sum_{ij} \eta_i^*(q') A_{ij} \eta_j(q) = \int dk_s P^*(q' + \hat{s}_s) w(\hat{s}_s)^2 P(q + \hat{s}_s) \quad (80)$$

[0086] Let $N_i = (\eta_i \eta_i)$ be L^2-norm of n_i. Left- and right multiply equation (80) with the orthogonal basis $\eta_{i,j}$ followed by an integration over the arguments:

$$A_{ij} = \frac{1}{N_i N_j} \int dq\, dq' dk_s \eta_i(q') P^*(q' + \hat{s}_s) w(\hat{s}_s)^2 P(q + \hat{s}_s) \eta_j^*(q) \quad (81)$$

[0087] An *orthogonal pupil projection coefficient* $p_i(k)$ may then be defined as:

$$Pi(\vec{k}) := \frac{1}{N_i} \int d\vec{q} P(\vec{q} + \vec{k}) \eta_i^*(\vec{q}) \quad (82)$$

$$\frac{1}{N_i}\int d\bar{q}'\,P(\bar{q}')\eta_i^*(\bar{q}'-\bar{k}) \tag{83}$$

[0088] In accordance with the present invention, $p_i(k)$ may be pre-calculated for any possible pupil configuration, i. e., considering non-limiting parameters such as NA, focus, aberration, etc. The radial part of the $P(k)$ is typically a circular aperture. The phase part describes aberrations of the lens field.

[0089] Using the orthogonal pupil projection, the coefficient matrix, or kernel, A_{ij} of equation (82) follows as:

$$A_{ij} = \int dk\, w(k) p_i^*(k) P_j(k) \tag{84}$$

Note that A_{ij} is Hermitian.

[0090] Step **S506** may he performed in accordance with above-described equations (20) and (19), and as illustrated with respect to **FIG. 7.** In a first step **S702**, the column a = 0 is initialized in accordance with equations (11) or (20), wherein each entry in the column is seeded with an incomplete gamma function. In the next step **S704**, the values of column a = 0 are propagated to the column to the right in accordance with equations (10) or (19), wherein each entry in the column is filled according to recurrence. After repeating step **S704** until row m = 0 is full, the resulting indefinite integrals, values for $J[a](k_j)$ or $J[a](x_j)$, may be determined. As such, the present invention may generate a table of indefinite integrals based on a recurrence over a seed array of incomplete gamma functions.

[0091] Steps **S508** - **S514** will now be described in more detail.

Algorithms: Aerial Image

a. Pupil

[0092] Combining equation (82) and equation (66), the orthogonal pupil projection coefficient follows as

$$p_a(\hat{s}_s) = \frac{1}{N_i}\int d\hat{q}\; P'(\hat{q}) \exp\left[i\frac{\hat{q}^2}{2k_0}\varsigma\right]\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \tag{85}$$

Approximation 1: Aberration Model

[0093] An aberration model is obtained by modulating the phase distortion over the pupil opening. Normalize the pupil coordinates with respect to NA=1:

$$f := \frac{\hat{q}}{k_0} \tag{86}$$

using $Z_4 = 2f^2 - 1$ the phase error K caused by defocus can be expressed as:

$$\Phi_4(f,\varsigma) := \frac{\hat{q}^2}{2k_0}\varsigma = \frac{1}{4}k_0\varsigma\left(Z_4 + Z_1\right) \tag{87}$$

[0094] The constant phase term Z_1 may be ignored. Higher order terms of the phase error may be loaded externally from a lens aberration map via a coefficient set a_n. ($\Phi_n := a_n Z_n$). Define

$$\Phi(f,\varsigma) := \sum_{i=4}^{N}\Phi_i \tag{88}$$

[0095] The orthogonal pupil projection coefficient then follows by numerical integration of

$$p_a(\hat{s}_s,\varsigma) = \frac{1}{N_i}\int_0 d\hat{q}\ \exp\left[i\Phi(f,\varsigma)\right]\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \qquad (89)$$

[0096] For terms that have only radial dependence ($q := |\hat{q}|$) the integration may be simplified as:

$$p_a(\hat{s}_s,\varsigma) = \frac{1}{N_i}\int_0^{k^{NA}} q\,dq\,\exp\left[i\Phi(f,\varsigma)\right]\int_0^{2\pi} d\phi\,\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \qquad (90)$$

Approximation 2: Zero Defocus

[0097] For lenses without aberrations, the pupil function is one over the domain of the aperture and zero outside. The pupil aperture may then be expressed as a finite circular integration:

$$p_a(\hat{s}_s,\varsigma) = \frac{1}{N_i}\int_0 d\hat{q}\exp\left[i\frac{\hat{q}^2}{2k_0}\varsigma\right]\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \qquad (91)$$

[0098] For a lens system that is in-focus ($\zeta = 0$) equation (85) reduces to a convolution of the pupli aperture with the spectral basis and $p_i^0(\hat{q}_1,\hat{q}_s)$

$$p_a(\hat{s}_s) = \frac{1}{N_i}\int_0 d\hat{q}\,\eta_a^*(\hat{q}-\hat{s}_s) \qquad (92)$$

[0099] The circular aperture may be approximated by a superposition of rectangular domains *B*, as illustrated in **FIG. 3. FIG. 10,** on the other hand, illustrates the improved method of the present invention, wherein for each domain *B*, the pupil convolution evaluates to

$$p_a^B(\hat{s}_s) = p_{a_x}^{B_x}(\hat{s}_{s,x})\,p_{a_y}^{B_y}(\hat{s}_{s,y}) \qquad (93)$$

$$p_{a_x}^{B_x}(\hat{s}_{s,x}) = \frac{1}{N_{a_x}}\int_{b_{x0}}^{b_{x1}} d\hat{q}_x\,\eta^{1D^*}a_x(\hat{q}_x-\hat{s}_{s,x}) \qquad (94)$$

[0100] An efficient method for evaluating the above one-dimensional integral, will now be described with respect to **FIG. 11**.

[0101] From equation (17) the zero defocus case may be expressed as

$$p_a(\hat{s}_s) = I_{a_x}^k(dq_x^0,dq_x^1)\cdot I_{a_y}^k(dq_y^0,dq_y^1) \qquad (95)$$

[0102] Sampling over a finite grid k_s, a finite approximation to A_{ij} follows as:

$$A_{ij} = \Delta^2 \hat{s}_s \sum_s w(\hat{s}_s) p_i^*(\hat{s}_s) p_j(\hat{s}_s) \quad (96)$$

[0103] Note that $\eta_i^*(k)$, and thus $p_i^0(\hat{s}_s)$, are purely real for even indices and purely imaginary for odd indices. The image amplitude is evaluated using only the terms $2\mathrm{Re}\{A_{ij}\}$. Thus, for in-focus conditions all entries in A_{ij} that are purely imaginary may be disregarded, as illustrated in **FIG. 11A**, as sub-block 'D'. The remaining diagonal A and sub-blocks B and C may be organized in software as illustrated in **FIG. 11B**.

Approximation 3: First Order Defocus

[0104] A first order approximation towards defocus aberration follows by calculating a series expansion of $Pa(\hat{s}_s)$ around $\zeta = 0$ up to the first order term:

$$p_a(\hat{s}_s, \zeta) \approx p_a(\hat{s}_s, 0) + \zeta \frac{\partial p_a(\hat{s}_s, \zeta)}{\partial \zeta}\Big|_{\zeta=0} \quad (97)$$

[0105] The first term is given in equation (95). The second term may be evaluated as:

$$\partial_\zeta p_a(\hat{s}_s, \zeta) = \frac{i}{2k_0 N_i} \int_0 d\hat{q}\, \hat{q}^2 \exp\left[i \frac{\hat{q}^2}{2k_0} \zeta \right] \eta_a^*(\hat{q} - \hat{s}_s) \quad (98)$$

[0106] For $\zeta = 0$ this term follows as:

$$\partial_\zeta p_a(\hat{s}_s, \zeta = 0) = \frac{i}{2k_0 N_i} \int_0 d\hat{q}\, \hat{q}^2 \eta_a^*(\hat{q} - \hat{s}_s) \quad (99)$$

[0107] A first and second order correction to the image kernel follow as

$$A_{ij}^{(1)} = \Delta^2 \hat{s}_s \sum_s w(\hat{s}_s) \left[P_i^*(\hat{s}_s) \partial_\zeta P_j(\hat{s}_s) + (\partial_\zeta P_i^*(\hat{s}_s)) P_j(\hat{s}_s) \right] \quad (100)$$

$$A_{ij}^{(2)} = \Delta^2 \hat{s}_s \sum_s w(\hat{s}_s) \partial_\zeta p_i^*(\hat{s}_s) \partial_\zeta p_j(\hat{s}_s) \quad (101)$$

[0108] Note that $A_{ij}^{(1)}$ is Hermitian with even-even and odd-odd elements purely imaginary entries while $A_{ij}^{(2)}$ is Hermitian with even-odd elements purely imaginary. Calculation of the image intensity yields a bilinear form with a coherent vector g. For binary, as well as 180° phase shift masks, all entries $g_i \in g$ are real. For $A_{ij}^{(1)}$ thus only the even-odd and odd-even elements are of relevance while for $A_{ij}^{(2)}$ only the even-even and odd-odd elements contribute to the image intensity.

[0109] The first order correction to the image intensity then takes the form:

$$I(r,\zeta) \simeq \sum_{nm} \langle r \mid g_n \rangle A_{nm} \langle g_m \mid r \rangle + \langle r \mid g_n \rangle A_{nm}^{(1+2)} \langle g_m \mid r \rangle \zeta \qquad (102)$$

[0110] The first order defocus model can be utilized to rapidly calculate a number of image planes throughout the thickness of the resist profile. As long as the focus deviation over the resist thickness is small (comparing the phase distortion in the outer pupil ring vs 2π), the first order approximation gives a sufficiently accurate model of the defocus behavior through a resist film of finite thickness.

Algorithm 4: Improved OPD integration scheme

[0111] For a general solution of equation (91), the following steps may be used:

1. Discretize the domain of the pupil over a finite grid with indices k_x, k_y, s_x, s_y.

2. Build a matrix of OPD values in the pupil plane $M_P(k_x,k_y,\zeta) := circ(k)\exp[i\Phi(k_x,k_y,\zeta)]$

3. Build vector of basis function values in first dimension: $A(a_x, q_x) := \eta^*_{a_x}(q_x)$

4. Calculate the following vector:

$$C(k_x, a_y)[s_y] = \sum_{k_y} M_P(k_x, k_y, \zeta) A(k_y - s_y, a_y) \qquad (103)$$

5. Use the above matrix of vectors to combine all calculations in the second dimension:

$$Pa(s_x, s_y, a_x, a_y) = \frac{1}{N_t} \sum_{k_n} A(k_x - s_x, a_x) C(k_x, a_y)[s_y] \qquad (104)$$

Incoherent Imaging: Hopkins Model with Diffusion

[0112] In the discussion immediately below, the Hopkins model is modified to include the effects of photoactive compound diffusion in the resist. An isotropic Gaussian diffusion model is assumed. Diffusion is modeled as convolution with a Gaussian kernel:

$$\langle r \mid Z^2 \mid r' \rangle := \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(r-r')^2}{2\sigma^2}} \qquad (105)$$

with

$$\sigma = \sqrt{2Dt} \qquad (106)$$

[0113] Assuming the photoactive compound concentration is linear in $I(r)$. diffusion may be approximated by replacing equation (73) with:

$$\langle r_\omega | \rightarrow \langle r_\omega | Z | \tag{107}$$

[0114] Comparing the above to equation (70), this is equivalent to substitute

$$P \rightarrow ZP \tag{108}$$

[0115] The intensity in equation (74) then follows as:

$$I(r_w) = \int dq dq' t(q') t^*(q) \int dk_s \left\langle r_w \middle| ZP \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle w(\hat{s}_s)^2 \left\langle q + \hat{s}_s \middle| PZ \middle| r_w \right\rangle \tag{109}$$

[0116] The bracketed term inside evaluates to:

$$\left\langle r_w \middle| ZP \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle = \int dk\, dk' \left\langle r_w \middle| k \right\rangle \left\langle k \middle| Z \middle| k' \right\rangle \left\langle k' \middle| P \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle \tag{110}$$

$$= \int dk \left\langle r_w \middle| k \right\rangle \left\langle k \middle| Z \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle P(q' + \hat{s}_s) \tag{111}$$

[0117] If $\langle r|Z|r' \rangle = f(r-r')$, then z is diagonal in k-space. Thus:

$$\left\langle r_w \middle| ZP \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle = \left\langle r_w \middle| q' + \hat{s}_s \right\rangle Z(q' + \hat{s}_s) P(q' + \hat{s}_s) \tag{112}$$

[0118] Therefore, diffusion can be modeled by including the Fourier transform of the Gaussian kernel equation (105) into the calculation of the orthogonal pupil projection coefficient (c.f. equation (82)):

$$P_i(\bar{k}) = \frac{1}{N_1} \int d\bar{q}\, Z(\bar{q} + \bar{k}) P(\bar{q} + \bar{k}) \eta_i^*(\bar{q}) \tag{113}$$

[0119] As relating to **FIG. 6**:

Point Decomposition

[0120] Define:

$$\left\langle r_w \middle| g_i \right\rangle = \int dk \left\langle r_w \middle| k \right\rangle \left\langle t \middle| k \right\rangle \left\langle k \middle| \eta_i \right\rangle \tag{114}$$

Then equation (78) can be expressed as:

$$I(r_w) = \sum_{ij} A_{ij} \langle r_w \mid g_i \rangle \langle g_j \mid r_w \rangle \tag{115}$$

$\langle g_1 | r_w \rangle$ amounts to a convolution integral in real space:

$$\langle g_i \mid r \rangle = \int dr' \langle \eta_i \mid r - r' \rangle \langle t \mid r' \rangle^* \tag{116}$$

Decompose the mask transmission function into a disjoint set

$$\langle t \mid r \rangle = \sum_p t_p 1_p(r) \tag{117}$$

[0121] Where t_p is the complex transmission of the layout structure indicated by p and 1_p an indicator function of unit value over the support of p. For Manhattan geometries 1_p is rectangular and may be factored as

$$1_p = 1_{P_x} \bullet 1_{P_y} \tag{118}$$

and thus

$$\langle g_i \mid r \rangle = \sum_p t_p^* \int dr' \langle \eta_i \mid r - r' \rangle 1_p(r) \tag{119}$$

Reduction of Field Integral

[0122] The above expressions reduce the mask transmission function to a summation over an indicator function 1_p. Furthermore, for Manhattan geometries, this indicator function factors into the cartesian product $1_P = 1_{P_x} \bullet 1_{P_y}$. The next step is to simplify the integration in equation (117) utilizing the above reduction of the mask transmission function.

[0123] Factorization of the indicator function is matched by the choice of the spectral representation as discussed above with respect to basis set decomposition. The basis η_i itself also factors into a Cartesian product $\eta_{in} = \eta^x_{n_x} \cdot \eta^y_{n_y}$. This permits decomposition of the two-dimensional field integral of equation (117) into a product of two one-dimensional field integrals. Define:

$$I_{n_x}(dp_x^0, dp_x^1) := \int dx' \langle \eta^x_{n_x} \mid x - x' \rangle \langle 1_{p_x} \mid x' \rangle \tag{120}$$

$$= \int_{p_x^0}^{p_x^1} dx' \langle \eta^x_{n_x} \mid x - x' \rangle \tag{121}$$

$$= \int_{x-p_{x,0}}^{x-p_{x,1}} dx'' \left\langle \eta_{n_x}^{x} \mid x'' \right\rangle \qquad (122)$$

[0124] Where

$$dp_x^0 := x - p_{x,0} \qquad \text{lower boundary} \qquad (123)$$

$$dp_x^1 := x - p_{x,1} \qquad \text{upper boundary} \qquad (124)$$

[0125] Using the Gamma-function factorization as discussed above with respect to the spectral basis, the above integration may be reduced to a recurrence over the semi-indefinite integrals $J_a(x)$ via equations (4), (9) and (10).

[0126] The above expression equation (117) then simplifies to:

$$\left\langle g_n \mid r \right\rangle = \sum_p t_p^* \mathrm{I}_{n_x}\left(dp_x^0, dp_x^1\right) \cdot \mathrm{I}_{n_y}\left(dp_y^0, dp_y^1\right) \qquad (125)$$

[0127] A particular advantage of this representation follows when several layout features line up along a Cartesian dimension. Assume for example $q \in \Omega_i$ to be a subset of features that are vertically stacked up and have identical transmission $t_{\Omega i}$. Then for all q the values of $q_{x,0} = c_0$ and $q_{x,1} = c_1$ are constant. The above expression then reduces to:

$$\left\langle g_n^{\Omega_i} \mid r \right\rangle = t_{\Omega_i}^* \mathrm{I}_{n_x}\left(dc_x^0, dc_x^1\right) \sum_{q \in \Omega_i} \mathrm{I}_{n_y}\left(dq_y^0, dq_y^1\right) \qquad (126)$$

Intensity Calibration

[0128] For a fully transparent mask, $\Sigma_p 1_p(r)$-1, t_p=1 and equation (117) yields:

$$\left\langle g_1^{\Omega_1} \mid r \right\rangle = \int dr' \left\langle \eta_1 \mid r - r' \right\rangle \qquad (127)$$

$$= \mathrm{I}_{n_x}^{x}(-\infty,\infty)\mathrm{I}_{n_y}^{y}(-\infty,\infty) \qquad (128)$$

Dark Field Reticle (binary)

[0129] A binary darkfield mask has no background transmission while features have a transmission of 1. For Manhattan geometry features factor according to:

$$1_P = 1_{P_x} \bullet 1_{P_y} \qquad (129)$$

Clear Field Reticle (binary)

[0130] For a binary clear field mask features have zero transmission (0_p) while the background has unit transmission. Note that

$$\sum_p 1_p + \sum_{p'} 0_{p'} = 1 \qquad (130)$$

[0131] Thus:

$$\langle g_i^{clear} | r \rangle = \langle g_i^{\infty} | r \rangle - \langle g_i^{dark} | r \rangle \qquad (131)$$

Clear Field Mask (binary attenuated phase shift)

[0132] For an attenuated phase shift mask with 180° phase shift and attenuation factor *a*, the transmission of features is (-*a*) while the background transmission is +1. Thus

$$\langle t | r \rangle = \sum_p 1_p^+(r) - a \sum_{p'} 1_{p'}^- \qquad (132)$$

[0133] Note again that 1_p^+ and 1_p^- completely cover the simulation domain:

$$\sum_p 1_p^+ + \sum_{p'} 1_{p'}^- = 1 \qquad (133)$$

[0134] Thus

$$\langle t | r \rangle = 1 - \sum_{p'} 1_{p'}^- - a \sum_{p'} 1_{p'}^- \qquad (134)$$

$$= 1 - (a+1) \sum_{p'} 1_{p'} \qquad (135)$$

Clear Field Reticle (ternary attenuated phase shift)

[0135] A ternary attPSM clear field reticle consists of three transmission domains: a 0° phase fully transmissive clear field region 1_p^+, a 180° phase shifted region 1_p^- with transmission *a*, and a chrome blocking region 0_p. A full partition of the mask area follows by the disjoint union of all three domains:

$$\sum_p 1_p^- + \sum_{p'} 1_{p'}^- + \sum_q 0_q = 1 \qquad (136)$$

[0136] The mask transmission function can be expressed as

$$\langle t | r \rangle = \sum_p 1_p^+(r) - a \sum_{p'} 1_{p'}^- \qquad (137)$$

$$= 1 - \sum_{p'} 1^{-}_{p'} - a \sum_{p'} 1^{-}_{p'} - \sum_{q} 0_{q} \qquad (138)$$

$$= 1 - (a+1) \sum_{p'} 1^{-}_{p'} - \sum_{q} 0_{q} \qquad (139)$$

[0137] The coherent field vector follows as

$$\left\langle g_i^{cattpsm} \mid r \right\rangle = \left\langle g_i^{\infty} \mid r \right\rangle - (a+1)\left\langle g_i^{psm} \mid r \right\rangle - \left\langle g_i^{chrome} \mid r \right\rangle \qquad (140)$$

Dark Field Reticle (ternary attenuated phase shift)

[0138] The domain partition of a ternary attPSM darkfield mask is identical to the domain partition of a ternary attPSM clearfield mask. The mask transmission function however is expressed in terms of 1^{+}_{p} and 1^{-}_{p}:

$$\left\langle t \mid r \right\rangle = \sum_{p} 1^{+}_{p}(r) - a \sum_{p'} 1^{-}_{p'} \qquad (141)$$

and thus the coherent field vectors follows as:

$$\left\langle g_i^{dattpsm/c} \mid r \right\rangle = \left\langle g_i^{\infty} \mid r \right\rangle - a\left\langle g_i^{-} \mid r \right\rangle \qquad (142)$$

[0139] For an attPSM contact mask, the number of rectangles can be reduced through a different linear combination of 1^{+} and 1^{-}. For a contact at index p define an 'outer frame region' 1^{f} that includes both the 0° and the 180° region as:

$$1^{f}_{p} = 1^{+}_{p} + 1^{-}_{p} \qquad (143)$$

the mask transmission function then follows as

$$\left\langle t \mid r \right\rangle = \sum_{p'} 1^{+}_{p}(r) - a 1^{-}_{p} \qquad (144)$$

$$= \sum_{p} 1^{+}_{p}(r) - a\left(1^{f}_{p} - 1^{+}_{p}\right) \qquad (145)$$

$$= \sum_{p} (1+a) 1^{+}_{p}(r) - a 1^{f}_{p} \qquad (146)$$

the coherent field vector can then be expressed as

$$\left\langle g_i^{dampsm} \mid r \right\rangle = (1+\alpha)\left\langle g_i^{\tau} \mid r \right\rangle - \alpha\left\langle g_i^{f} \mid r \right\rangle \qquad (147)$$

Fast Implementation of Zero and OPD Model

[0140] The present invention may provide an efficient method for calculating orthogonal pupil projections in the zero-defocused models, as illustrated in **FIG. 10.** Equation (92) is used to calculate an integral over the circular pupil aperture in (x,y) space. As illustrated in **FIG. 10,** the center of the aperture is shifted by $S_{_s}$. The method for performing the algorithm as illustrated in **FIG. 10** is as follows. First is an angular step-size of 45°, wherein the point at the circle arc intersecting a ray emanating from the center is located. Next is to find the three mirror points, across the center and across the x and y axis through the center of the circle. These points are connected to form the rectangle B_0. Then the contribution of B_0 to p[a] according to the equations (95) and (17) is determined.

[0141] The following steps are then performed until the resulting rectangle becomes smaller than a discrete increment of the pupil grid. The angular step-size is reduced by half. Again, the point at the circle arc intersecting a ray emanating from the center at the current angle is determined. Again the symmetrical point is determined and the new set of rectangles is determined. Then the contribution of the new rectangles to p[a] according to the equations (95) and (17) is determined.

[0142] The method of calculating the area within the pupil as described with reference to **FIG. 10**, is much more efficient than the prior art system of **FIG. 3**. This is because in the method of **FIG. 10**, every discrete portion of the pupil is not calculated, thus a large amount of calculation time is saved. Specifically, the method of **FIG. 10** uses a smaller number of rectangles to approximate a circular pupil shape.

[0143] Step **S408** will now be further described with respect to **FIG. 6.** The initialization step **S602** comprises three steps, **S604**, **S606**, and **S608**. At step **S604** a discrete grid of the mask is specified for the geometric sampling. Methods for performing this step are known in the art. Step **S606**, however, is performed contrary to that of the prior art.

[0144] As opposed to arranging the data of the geometry for discrete sampling points on the grid of the mask as in the prior art systems, the present invention tabulates a one-dimensional array. In other words, the prior art method uses a one-dimensional array for the spectral indices and a two-dimensional array for the geometrical indices, thereby resulting in an array of two-dimensional tables. On the other hand, the method of the present invention may use a one-dimensional array for the spectral indices and a one-dimensional array for the geometrical indices, thereby resulting in an array of one-dimensional tables.

[0145] Specifically, an array of seed-elements for the spectral basis of each discrete point within a mask grid corresponding to the sample area is tabulated. Each seed-element is an incomplete gamma function J[a], such as is described above with respect to equation (11) and equation (10). The final initialization step **S608** calculates the clear-field exposure reference and saves the value for subsequent exposure dose calibration with equation (128) and equation (9).

[0146] Step **S610** will now be described in more detail. In order for an aerial image of a mask pattern to be simulated, the geometry of the respective mask must be decomposed into non-overlapping rectangles. As further illustrated in **FIG. 8,** item **800** is a predetermined proximity window containing an image of item **802,** a sample mask comprising a plurality of sample features **804-808**. Each feature is decomposed into non-overlapping rectangles. For example, feature **804** is decomposed into non-overlapping rectangles **810** and **812.**

[0147] A circular proximity window of radius $r_{1,prox}$ may be defined as the domain for which the normalized edge variation of the zero-order basis $\langle g_0 | r \rangle$ remains larger than or equal to ε_{acc}. The boundary of this domain follows as:

$$\varepsilon_{acc}\left(r_{1,prox}\right) := \frac{\left\langle \eta_0^x \mid r_{1,prox} \right\rangle}{\left\langle \eta_0^x \mid r = 0 \right\rangle} = e^{-\alpha^2 r_{1,prox}^2/2} \qquad (148)$$

Thus

$$r_{1,prox} = \frac{\sqrt{-2 \ln \varepsilon_{acc}}}{\alpha} \qquad (149)$$

[0148] In essence, the proximity window defines the set of all rectangles that affect the sampled area. Specifically, in this example, as illustrated in **FIG. 8,** features **814-818** do not have an affect on the aerial image of features **804-808.** Therefore, features **814-818** are not within the proximity window.

[0149] Step **S612** will now be described in more detail. Once the features within the sampling window have been decomposed into non-overlapping rectangles, the corresponding orthogonal projections of the features of the mask onto the basis set are calculated in accordance with equation (125) and equation (9).

[0150] Step **S614** will now be described in more detail. Once the orthogonal projections have been calculated in step **S612,** corrections may need to be applied, for example, depending on the mask. If the mask is a clear field mask, then equation (131) may be used to correct the orthogonal projections. Further, if the mask is an attenuated phase-shift mask, then equation (140) may be used to correct the orthogonal projections. Finally, if the mask is a ternary attenuated phase-shift mask, then equation (142) may be used to correct the orthogonal projections. Once the corrections have been applied in step **S614,** the final corrected orthogonal projection of the mask transmission function g[*i*] is attained.

Intensity Summation

[0151] Returning back to **FIG. 4,** once steps **S404** and **S408** have been performed, the image intensity distribution may be calculated at step **S410**. Step **S410** will now be further explained with respect to **FIG. 9.** As illustrated in FIG. 9, at step **S906**, the A[ij] from step **S902** is multiplied with the g[*r*] from step **S904**, in a bilinear form. This calculation provides the image intensity *I*(*r*) at point *r*. Furthermore, the intensity gradient at point *r* may be calculated at step **S908**. As illustrated in step **S912**, the intensity gradient may be measured with respect to the gradient in either the x or y coordinate axis.

[0152] Specifically, the image intensity *I*(*r*) at a particular sampling point, such as in step **S906**, can then be calculated as

$$I(r) = \sum_{nm} \langle r \mid g_n \rangle A_{nm} \langle g_m \mid r \rangle \qquad (150)$$

$$\partial_i I(r) = 2\,\mathrm{Re} \sum_{nm} A_{nm} \langle r \mid g_n \rangle \left(\frac{m_i}{2} \langle g_{[n_i-1,j]} \mid r \rangle - \langle g_{[n_i+1,j]} \mid r \rangle \right) \qquad (151)$$

[0153] A numerical implementation may take advantage of the hermiticity of A_{nm}. The basis $\eta_i(r)$ is real. For binary masks, as well as 180° phase shift masks, t_p is additionally real. Thus, the number of summation terms may be cut approximately in half:

$$I(r) = \sum_n A_{nn} \langle r \mid g_n \rangle \langle g_n \mid r \rangle + \sum_{n>m} 2\left(\mathrm{Re}\{A_{nm}\}\right) \langle r \mid g_n \rangle \langle g_m \mid r \rangle \qquad (152)$$

Dose Calibration

[0154] For a computational implementation, a calibration may be used against a clear field area for absolute exposure calculations. For example, using equation (128), the intensity of the clear-field exposed area then follows according to equation (150) as:

$$I^{\infty} = \sum_{ij} A_{ij} \left\langle r \middle| g_i^{\infty} \right\rangle \left\langle g^{\infty}{}_j \middle| r \right\rangle \qquad (153)$$

[0155] Therefore, given an exposure dose *D,* the local intensity sampled at point *r* can then be calculated as:

$$D(\mathrm{r}) = \frac{\mathrm{D}}{\mathrm{I}^{\infty}} \sum_{ij} A_{ij} \langle r | g_i \rangle \langle g_j | \mathrm{r} \rangle \qquad (154)$$

Equation (150) calculates *I*, which is the intensity calculated by the non-normalized algorithm for 100% exposure. Therefore, in order to calibrate the systems to give an exposure dose value *D* as specified by the user, a prefactor of D/I^4 is applied in step **S906**.

[0156] The device and method of the present invention may be incorporated into many applications. Non-limiting examples include: core simulation engine as part of an Model OPC calculation; simulation engine for predicting and optimizing fabrication parameters, such as NA, illumination, etc., for drawn layout features; simulation engine for predicting and optimizing geometric assist features, such as serifs, scattering bars, etc, to enhance the printability and yield of drawn layout features; simulation engine to predict the printing of defects on a mask for a specified fabrication process; and simulation engine to predict and optimize the balance of lens aberration components to optimize the printability and yield of drawn layout features.

[0157] Although specific reference may be made in the text to the use of lithographic projection apparatus in the manufacture of integrated circuits, it should be explicitly understood that such apparatus has many other possible applications. For example, it may be employed in the manufacture of integrated optical systems, guidance and detection patterns for magnetic domain memories, liquid-crystal display panels, thin-film magnetic heads, etc. The skilled artisan will appreciated that, in the context of such alternative applications, any use of the terms "reticle" or "wafer" in this text should be considered as being replaced by the more general terms "mask" or "substrate", respectively.

[0158] The term "mask" as here employed refers broadly to means that can be used to endow an incoming radiation beam with a patterned cross-section, corresponding to a pattern that is to be created in a target portion of the substrate; the term "light valve" has also been used in this context. Generally, the said pattern will correspond to a particular functional layer in a device being created in the target portion, such as an integrated circuit or other device. Such patterning means include the following exemplary embodiments:

(1) A programmable mirror array. One example of such a device is a matrix-addressable surface having a viscoelastic control layer and a reflective surface. The basic principle behind such an apparatus is that (for example) addressed areas of the reflective surface reflect incident light as diffracted light, whereas unaddressed areas reflect incident light as undiffracted light. Using an appropriate filter, the said undiffracted light can be filtered out of the reflected beam, leaving only the diffracted light behind; in this manner, the beam becomes patterned according to the addressing pattern of the matrix-adressable surface. An alternative embodiment of a programmable mirror array employs a matrix arrangement of tiny mirrors, each of which can be individually tilted about an axis by applying a suitable localized electric field or by employing piezoelectric means. Once again, the mirrors are matrix-addressable, such that addressed mirrors will reflect an incoming radiation beam in a different direction to unaddressed mirrors; in this manner, the reflected beam is patterned according to the addressing pattern of the matrix-adressable mirrors. The required matrix addressing can be performed using suitable electronic/computer means. More information on mirror arrays as here referred to can be gleaned, for example, from United States Patents US 5,296,891 and US 5,523,193, and PCT patent applications WO 98/38597 and WO 98/33096.

(2) A programmable LCD array. An example of such a construction is given in United States Patent US 5,229,872.

Any reference to the term "mask" in the Claims and/or Description should be interpreted as encompassing the term "patterning means" as hereabove described.

[0159] In summary, although certain specific embodiments of the present invention have been disclosed, the present invention may be embodied in other forms. The present embodiments are therefor to be considered in all respects as illustrative and not restrictive, the scope of the invention being defined by the appended claims.

Claims

1. A method for simulating an aerial image projected from an optical system, said optical system comprising an illumination source, a projection system having a pupil and a mask plane, and a mask positioned in the mask plane, the method comprising the steps of:

providing a data set representing the mask;
obtaining parameters of said optical system;

obtaining parameters of said mask;
calculating an intensity distribution in said pupil from said parameters of said optical system and said parameters of said mask;
obtaining aerial image data from the pupil intensity distribution;

characterised by:

calculating a kernel based on an orthogonal pupil projection of said parameters of said optical system onto a set of basis functions;
calculating a vector based on an orthogonal mask projection of said parameters of said mask onto a set of basis functions; and
calculating said pupil intensity distribution using said kernel and said vector.

2. The method of claim 1, wherein said parameters for said optical system include aberrations.

3. The method of claim 1 or 2, wherein said step of calculating a kernel corresponding to said parameters of said optical system includes the step of tabulating an array of incomplete gamma functions corresponding to respective points in said pupil of said optical system.

4. The method of claim 1 or 2, wherein said step of calculating a kernel corresponding to said parameters of said optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in said pupil of said optical system,
wherein said optical system is in-focus.

5. The method of claim 1 or 2, wherein said step of calculating a kernel corresponding to said parameters of said optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in said pupil of said optical system,
wherein said optical system is either not in-focus or has aberrations.

6. The method of claim 1 or 2, wherein said step of calculating a kernel corresponding to said parameters of said optical system further includes the step of tabulating an array of orthogonal pupil projection coefficients corresponding to respective points in said pupil of said optical system,
wherein said optical system accounts for effects of photoactive compound diffusion in a resist layer present on a substrate onto which an image of the mask is to be projected.

7. The method of claim 4, 5 or 6, further comprising the step of combining sample weights of an illuminator profile of said optical system with said array of orthogonal pupil projection coefficients.

8. The method of claim 1, wherein said step of calculating a vector corresponding to said parameters of said mask further includes the step of specifying a proximity window within said mask for geometric sampling.

9. The method of claim 1, wherein said step of calculating a vector corresponding to said parameters of said mask further includes the step of decomposing a geometric pattern of said mask into a disjoint set of rectangles and tabulating an array of projections of the rectangles within a proximity window.

10. The method of claim 9, wherein said step of calculating a vector corresponding to said parameters of said mask further includes the step of correcting the array of projections of the rectangles based on the type of mask.

11. The method according to claim 1, wherein said step of calculating a kernel comprises the steps of:

orthogonally projecting polynomials, said polynomials including polynomials associated with said parameters of said optical system, and
approximating the transmission cross-correlation function associated with said optical system based on said orthogonal projection of polynomials.

12. A processing device operable to simulate, by the method of claim 1, an aerial image projected from an optical system, said optical system including a pupil and a mask plane, said processing device comprising:

a first parameter obtainer for obtaining parameters of said optical system;
a first calculator for calculating a kernel based on an orthogonal pupil projection of said parameters of said optical system onto a basis set;
a second parameter obtainer for obtaining parameters of a mask provided to said mask plane;
a second calculator for calculating a vector based on an orthogonal mask projection of said parameters of said mask onto a basis set;
a third calculator for calculating a field intensity distribution using said kernel and said vector, and
an aerial image obtainer for obtaining aerial image data from said field intensity distribution.

13. The processing device of claim 12, wherein the first, second, and third calculators are the same calculator.

14. The processing device of claim 12, wherein said first calculator comprises a device for orthogonally projecting polynomials, said polynomials including polynomials associated with said parameters of said optical system and polynomials associated with parameters of said mask, and
a device for approximating the transmission cross-correlation function associated with said optical system based on said orthogonal projection of polynomials.

15. A device manufacturing method comprising the steps of:

(a) providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material;
(b) providing a mask that contains a pattern;
(c) using a projection beam of radiation and an optical system to project an image of at least part of the mask onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,

and, prior to performing step (c), simulating an aerial image to be projected from said optical system using a method according to any one of claims 1 to 11.

16. A method of creating a data set representing a mask image, the method comprising the steps of:

providing a data set representing a proposed mask image;
simulating the aerial image of said proposed mask image using the method of any one of claims 1 to 11; and
adjusting or verifying said data set using the results of said step of simulating.

17. A method of manufacturing a mask comprising a method of creating a data set representing a mask image according to claim 16.

18. A computer program comprising code means for causing a computer to operate to perform the steps of the method of any one of claims 1 to 11.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Simulation eines von einem optischen System projizierten Luftbildes, wobei das besagte optische System eine Beleuchtungsquelle, ein Projektionssystem mit einer Pupille und einer Maskenebene sowie eine in der Maskenebene angeordnete Maske aufweist, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Bereitstellen eines die Maske repräsentierenden Datensatzes;
Gewinnen von Parametern des besagten optischen Systems;
Gewinnen von Parametern der besagten Maske;
Berechnen einer Intensitätsverteilung in der genannten Pupille aufgrund der genannten Parameter des optischen Systems und der Parameter der Maske;
Gewinnen von Luftbilddaten von der Pupillen-Intensitätsverteilung;

gekennzeichnet durch:

Berechnen eines Kernels basierend auf einer orthogonalen Pupillenprojektion der besagten Parameter des besagten optischen Systems auf einen Satz von Basisfunktionen;
Berechnen eines Vektors basierend auf einer orthogonalen Maskenprojektion der besagten Parameter der

besagten Maske auf einen Satz von Basisfunktionen; und
Berechnen der besagten Pupillen-Intensitätsverteilung unter Verwendung des besagten Kernels und des Vektors.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die besagten Parameter für das besagte optische System Aberrationen enthalten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der besagte Schritt des Berechnens eines Kernels entsprechend den besagten Parametern des besagten optischen Systems den Schritt der tabellarischen Anordnung eines Feldes unvollständiger Gammafunktionen umfasst, die den jeweiligen Punkten in der besagten Pupille des besagten optischen Systems entsprechen.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der besagte Schritt des Berechnens eines Kernels entsprechend den besagten Parametern des besagten optischen Systems ferner den Schritt der tabellarischen Anordnung eines Feldes orthogonaler Pupillen-Projektionskoeffizienten umfasst, die den jeweiligen Punkten in der besagten Pupille des besagten optischen Systems entsprechen, wobei das besagte optische System scharf eingestellt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der besagte Schritt des Berechnens eines Kernels entsprechend den besagten Parametern des besagten optischen Systems ferner den Schritt der tabellarischen Anordnung eines Feldes orthogonaler Pupillen-Projektionskoeffizienten umfasst, die den jeweiligen Punkten in der besagten Pupille des besagten optischen Systems entsprechen, wobei das besagte optische System entweder nicht scharf eingestellt ist oder Aberrationeh aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der besagte Schritt des Berechnens eines Kernels entsprechend den besagten Parametern des besagten optischen Systems ferner den Schritt der tabellarischen Anordnung eines Feldes orthogonaler Pupillen-Projektionskoeffizienten umfasst, die den jeweiligen Punkten in der besagten Pupille des besagten optischen Systems entsprechen, wobei das besagte optische System für Effekte photoaktiver Vebindungsdiffusion in einer Deckschicht verantwortlich ist, die sich auf einem Substrat befindet, auf das ein Bild der Maske projiziert werden soll.

7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, ferner umfassend den Schritt des Kombinierens von Probenwichtungen eines Beleuchtungsprofils des besagten optischen Systems mit dem besagten Feld orthogonaler Pupillen-Projektionskoeffizienten.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der besagte Schritt des Berechnens eines Vektors entsprechend den besagten Parametern der besagten Maske ferner den Schritt des Spezifizierens eines Näherungsfensters innerhalb der besagten Maske für geometrische Abtastung umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der besagte Schritt des Berechnens eines Vektors entsprechend den besagten Parametern der besagten Maske ferner den Schritt des Zerlegens eines geometrischen Musters der besagten Maske in eine disjunkte Menge von Rechtecken und des tabellarischen Anordnens eines Feldes von Projektionen der Rechtecke innerhalb eines Näherungsfensters umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der besagte Schritt des Berechnens eines Vektors entsprechend den besagten Parametern der besagten Maske ferner den Schritt des Korrigierens des Feldes von Projektionen der Rechtecke basierend auf der Maskenart umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der besagte Schritt des Berechnens eines Kernels folgende Schritte umfasst:

orthogonales Projizieren von Polynomen, wobei die besagten Polynome Polynome umfassen, die den besagten Parametern des besagten optischen Systems zugeordnet sind, und
Nähern der Übertragungs-Kreuzkorrelationsfunktion, die dem besagten optischen System basierend auf der besagten orthogonalen Projektion von Polynomen zugeordnet ist.

12. Verarbeitungsvorrichtung zum Simulieren gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1 eines von einem optischen System projizierten Luftbildes, wobei das besagte optische System eine Pupille und eine Maskenebene umfasst, wobei die besagte Verarbeitungsvorrichtung folgendes aufweist:

eine erste Vorrichtung zum Empfangen von Parametern des besagten optischen Systems;
einen ersten Kalkulator zum Berechnen eines Kernels basierend auf einer orthogonalen Puppen-Projektion der besagten Parameter des besagten optischen Systems auf einen Basissatz;
eine zweite Vorrichtung zum Empfangen von Parametern einer Maske, die der besagten Maskenebene bereitgestellt ist;
einen zweiten Kalkulator zum Berechnen eines Vektors basierend auf einer orthogonalen Masken-Projektion der besagten Parameter der besagten Maske auf einen Basissatz;
einen dritten Kalkulator zum Berechnen einer Feldintensitätsverteilung unter Verwendung des besagten Kernels und des besagten Vektors, und
eine Vorrichtung zum Beschaffen von Luftbilddaten von der besagten Feldintensitätsverteilung.

13. Verarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei der erste, zweite und dritte Kalkulator der gleiche Kalkulator ist.

14. Verarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei der besagte erste Kalkulator eine Vorrichtung zum orthogonalen Projizieren von Polynomen umfasst, wobei die besagten Polynome Polynome umfassen, die den besagten Parametern des besagten optischen Systems zugeordnet sind sowie Polynome, die Parametern der besagten Maske zugeordnet sind, und

eine Vorrichtung zum Nähern der Übertragungs-Kreuzkorrelationsfunktion umfasst, die dem besagten optischen System basierend auf der besagten orthogonalen Projektion von Polynomen zugeordnet ist.

15. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung, das folgende Schritte umfasst:

(a) Bereitstellen eines Substrats, das zumindest teilweise von einer Schicht aus strahlungsempfindlichem Material bedeckt ist;
(b) Bereitstellen einer Maske, die ein Muster enthält;
(c) Verwendung eines Projektionsstrahls mit Strahlung und eines optischen Systems zum Projizieren eines Bildes von zumindest einem Teil der Maske auf einen Zielbereich der Schicht aus strahlungsempfindlichem Material,

und, vor Durchführung von Schritt (c), Simulieren eines Luftbildes, das von dem besagten optischen System zu projizieren ist, unter Anwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

16. Verfahren zum Erzeugen eines Datensatzes, der ein Maskenbild repräsentiert, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Bereitstellen eines Datensatzes, der ein vorgeschlagenes Maskenbild repräsentiert;
Simulieren des Luftbildes des besagten vorgeschlagenen Maskenbildes unter Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11; und
Einstellen bzw. Verifizieren des besagten Datensatzes unter Anwendung der Ergebnisse des besagten Simulationsschrittes.

17. Verfahren zur Herstellung einer Maske, das ein Verfahren zum Erzeugen eines Datensatzes umfasst, der ein Maskenbild gemäß Anspruch 16 repräsentiert.

18. Computer-Programm, mit Code-Einrichtungen, die bewirken, dass ein Computer die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 1 durchführt.

Revendications

1. Procédé pour simuler une image aérienne projetée à partir d'un système optique, ledit système optique comportant une source d'éclairage, un système de projection ayant une pupille et un plan de masque, et un masque positionné dans le plan de masque, le procédé comportant les étapes consistant à :

fournir un ensemble de données représentant le masque ;
obtenir des paramètres dudit système optique ;
obtenir des paramètres dudit masque ;
calculer une répartition d'intensité dans ladite pupille à partir desdits paramètres dudit système optique et

desdits paramètres dudit masque ;
obtenir des données d'image aérienne à partir de la répartition d'intensité de pupille ;

caractérisé par :

le calcul d'un noyau sur la base d'une projection orthogonale de pupille desdits paramètres dudit système optique sur un ensemble de fonctions de base ;
le calcul d'un vecteur sur la base d'une projection orthogonale de masque desdits paramètres dudit masque sur un ensemble de fonctions de base ; et
le calcul de ladite répartition d'intensité de pupille en utilisant ledit noyau et ledit vecteur.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel lesdits paramètres dudit système optique comportent des aberrations.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite étape de calcul d'un noyau correspondant auxdits paramètres dudit système optique inclut l'étape consistant à mettre en tableau une matrice de fonctions gamma incomplètes correspondant à des points respectifs dans ladite pupille dudit système optique.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite étape de calcul d'un noyau correspondant auxdits paramètres dudit système optique comporte de plus l'étape consistant à mettre en tableau une matrice de coefficients de projection orthogonale de pupille correspondant à des pointa respectifs dans ladite pupille dudit système optique,
dans lequel ledit système optique est focalisé.

5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite étape de calcul d'un noyau correspondant auxdits paramètres dudit système optique comporte de plus l'étape consistant à mettre en tableau une matrice de coefficients de projection orthogonale de pupille correspondant à des points respectifs de ladite pupille dudit système optique,
dans lequel ledit système optique est non focalisé ou présente des aberrations.

6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite étape de calcul d'un noyau correspondant auxdits paramètres dudit système optique comporte de plus l'étape consistant à mettre en tableau une matrice de coefficients de projection orthogonale de pupille correspondant à des points respectifs de ladite pupille dudit système optique,
dans lequel ledit système optique tient compte des effets de la diffusion de composé photoactif dans une couche de réserve présente sur un substrat sur lequel une image du masque doit être projetée.

7. Procédé selon la revendication 4, 5 ou 6, comportant de plus l'étape consistant à combiner des poids d'échantillon d'un profil de dispositif d'éclairage dudit système optique avec ladite matrice de coefficients de projection orthogonale de pupille.

8. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite étape de calcul d'un vecteur correspondant auxdits paramètres dudit masque comporte de plus l'étape consistant à spécifier une fenêtre de proximité dans ledit masque pour un échantillonnage géométrique.

9. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite étape de calcul d'un vecteur correspondant auxdits paramètres dudit masque comporte de plus l'étape consistant à décomposer un motif géométrique dudit masque en un ensemble disjoint de rectangles et à mettre en tableau une matrice de projections des rectangles dans une fenêtre de proximité.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel ladite étape de calcul d'un vecteur correspondant auxdits paramètres dudit masque comporte de plus l'étape consistant corriger la matrice de projections des rectangles sur la base du type de masque.

11. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite étape de calcul d'un noyau comporte les étapes consistant à :

projeter orthogonalement des polynômes, lesdits polynômes incluant des polynômes associés auxdits paramètres dudit système optique, et
approcher la fonction de corrélation croisée de transmission associée audit système optique sur la base de ladite projection orthogonale de polynômes.

12. Dispositif de traitement pouvant être actionné pour simuler, par le procédé selon la revendication 1, une image aérienne projetée à partir d'un système optique, ledit système optique comportant une pupille et un plan de masque, ledit dispositif de traitement comportant :

un premier obtenteur de paramètres pour obtenir des paramètres dudit système optique ;
un premier calculateur pour calculer un noyau sur la base d'une projection orthogonale de pupille desdits paramètres dudit système optique sur un ensemble de base ;
un second obtenteur de paramètres pour obtenir des paramètres d'un masque prévu dans ledit plan de masque ;
un deuxième calculateur pour calculer un vecteur sur la base d'une projection orthogonale de masque desdits paramètres dudit masque sur un ensemble de base ;
un troisième calculateur pour calculer une répartition d'intensité de champ en utilisant ledit noyau et ledit vecteur, et
un obtenteur d'image aérienne pour obtenir des données d'image aérienne à partir de ladite répartition d'intensité de champ.

13. Dispositif de traitement selon la revendication 12, dans lequel le premier, le deuxième et le troisième calculateurs sont le même calculateur.

14. Dispositif de traitement selon la revendication 12, dans lequel ledit premier calculateur comporte un dispositif pour projeter orthogonalement des polynômes, lesdits polynômes incluant des polynômes associés auxdits paramètres dudit système optique et des polynômes associés à des paramètres dudit masque, et
un dispositif pour approcher la fonction de corrélation croisée de transmission associée audit système optique sur la base de ladite projection orthogonale de polynômes.

15. Procédé de fabrication de dispositif comportant les étapes consistant à :

(a) fournir un substrat qui est au moins partiellement recouvert d'une couche de matériau sensible à un rayonnement ;
(b) fournir un masque qui contient un motif ;
(c) utiliser un faisceau de projection de rayonnement et un système optique pour projeter une image d'au moins une partie du masque sur une partie cible de la couche de matériau sensible à un rayonnement,

et, avant d'effectuer l'étape (c), simuler une image aérienne à projeter à partir dudit système optique en utilisant un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

16. Procédé de création d'un ensemble de données représentant une image de masque, le procédé comportant les étapes consistant à :

fournir un ensemble de données représentant une image de masque proposée ;
simuler l'image aérienne de ladite image de masque proposée en utilisant le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ; et
ajuster ou vérifier ledit ensemble de données en utilisant les résultats de ladite étape de simulation.

17. Procédé de fabrication d'un masque comportant un procédé de création d'un ensemble de données représentant une image de masque selon la revendication 16.

18. Programme d'ordinateur comportant des moyens de codage pour faire fonctionner un ordinateur pour effectuer les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

Fig.1A.

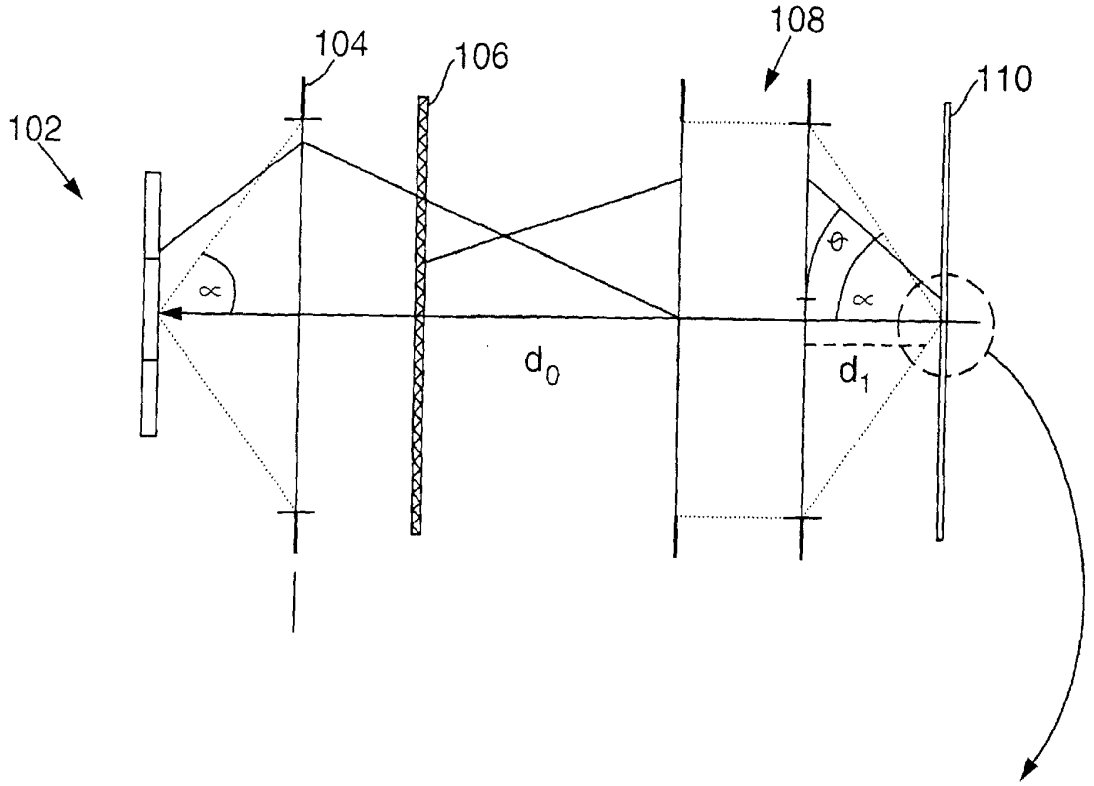


Fig.1B.

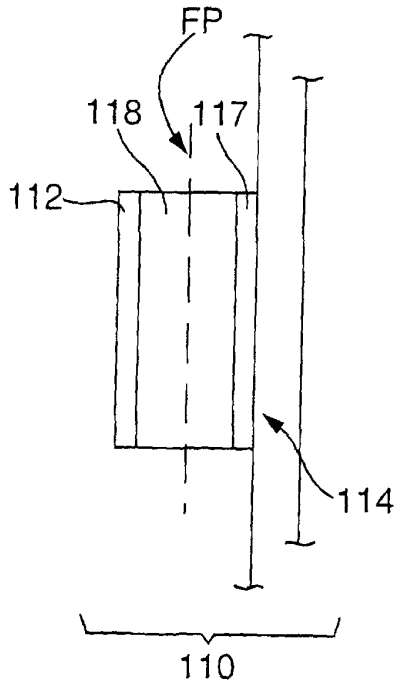


Fig.2.

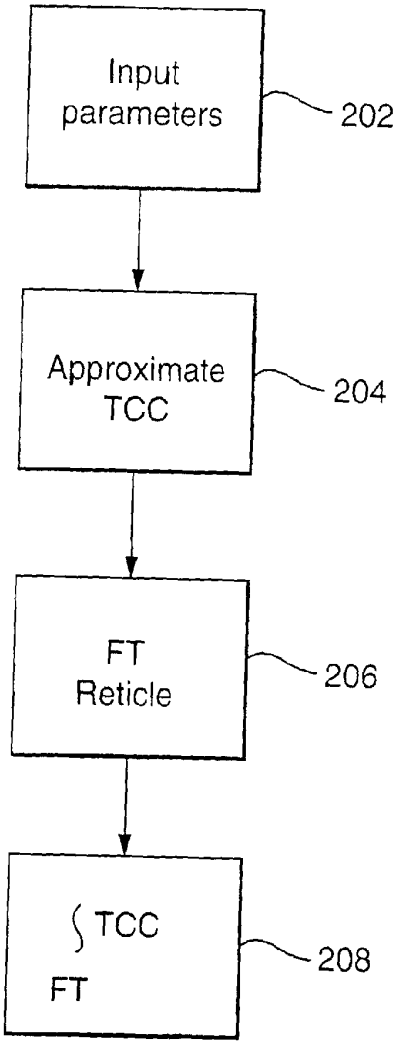

Input parameters
202
Approximate TCC
204
FT Reticle
206
TCC
FT
208

Fig.3.

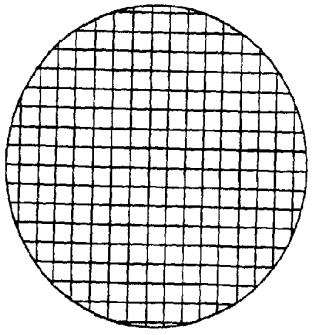


Fig.4.

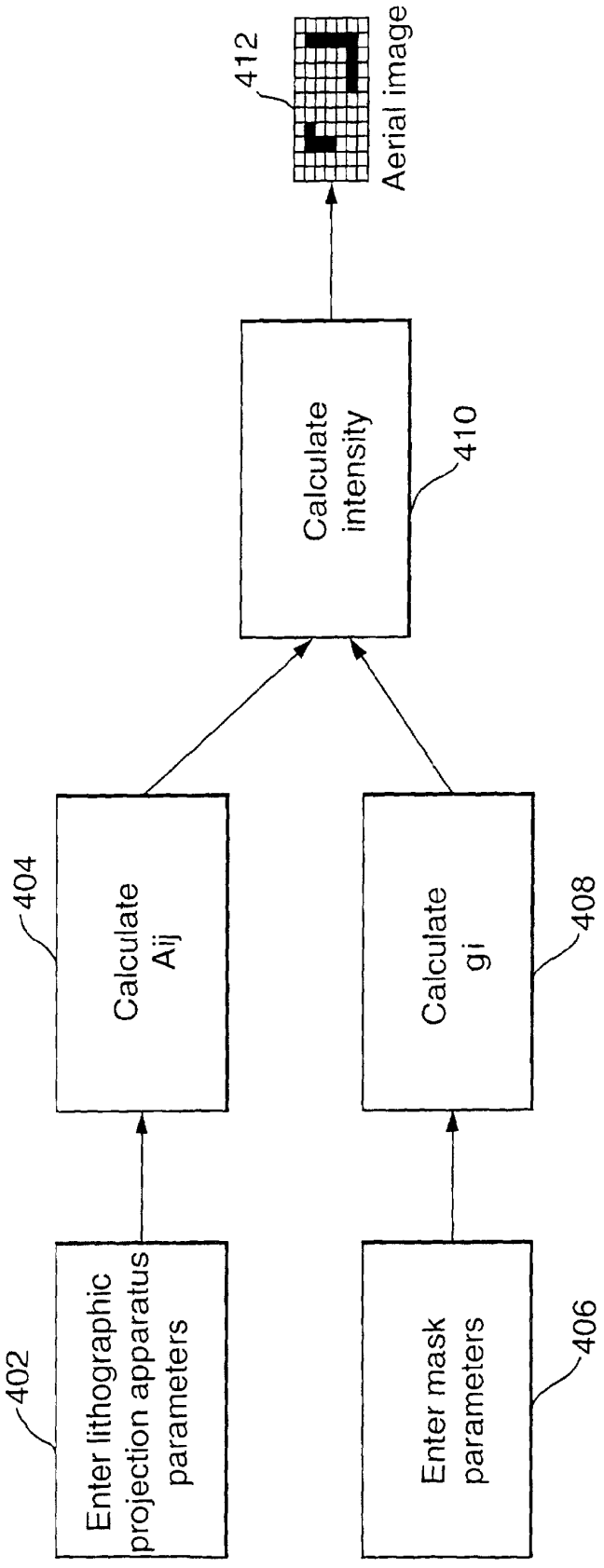

Enter lithographic projection apparatus parameters
402
Calculate Aij
404
Enter mask parameters
406
Calculate gi
408
Calculate intensity
410
412
Aerial image

Fig.5.

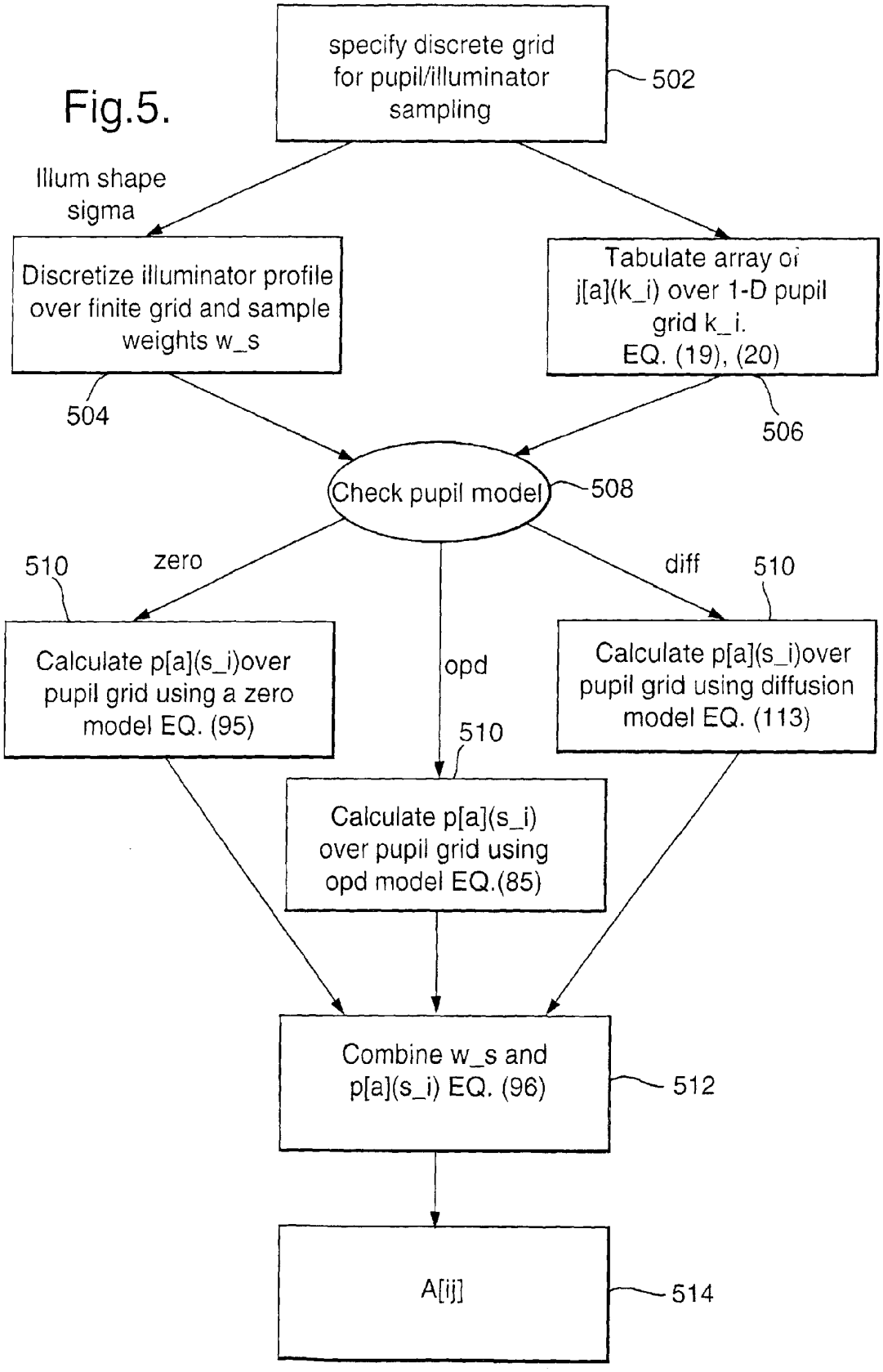

specify discrete grid for pupil/illuminator sampling
502
Illum shape sigma
Discretize illuminator profile over finite grid and sample weights w_s
504
Tabulate array of j[a](k_i) over 1-D pupil grid k_i. EQ. (19), (20)
506
Check pupil model
508
510
zero
Calculate p[a](s_i)over pupil grid using a zero model EQ. (95)
opd
510
Calculate p[a](s_i) over pupil grid using opd model EQ.(85)
diff
510
Calculate p[a](s_i)over pupil grid using diffusion model EQ. (113)
Combine w_s and p[a](s_i) EQ. (96)
512
A[ij]
514

Fig.6.

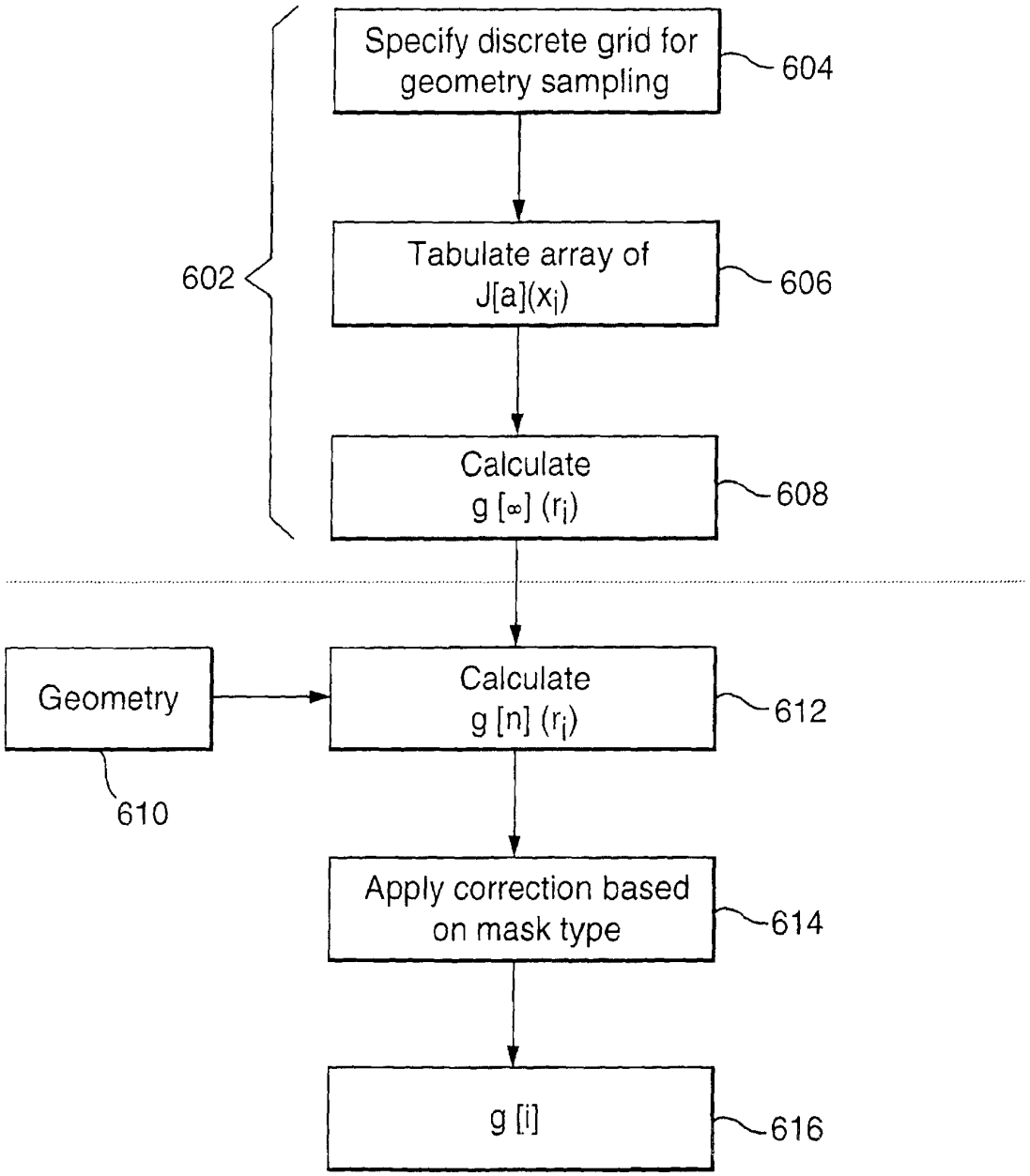

Specify discrete grid for geometry sampling
604
Tabulate array of J[a](x_j)
606
602
Calculate g [∞] (r_j)
608
Geometry
610
Calculate g [n] (r_j)
612
Apply correction based on mask type
614
g [i]
616

Fig.7.

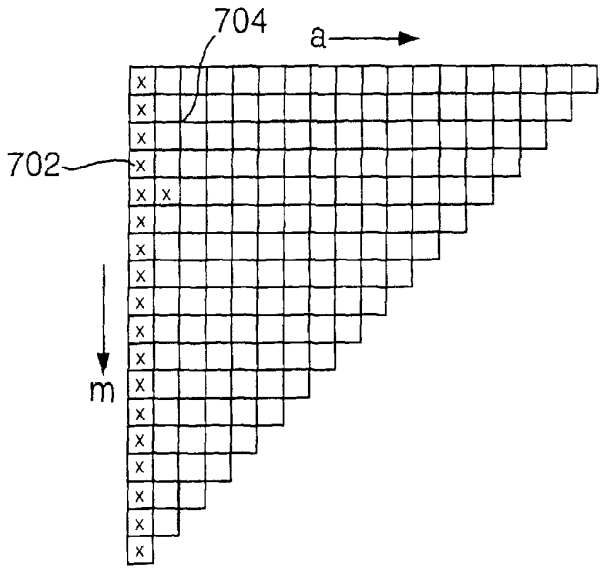


Fig.8.

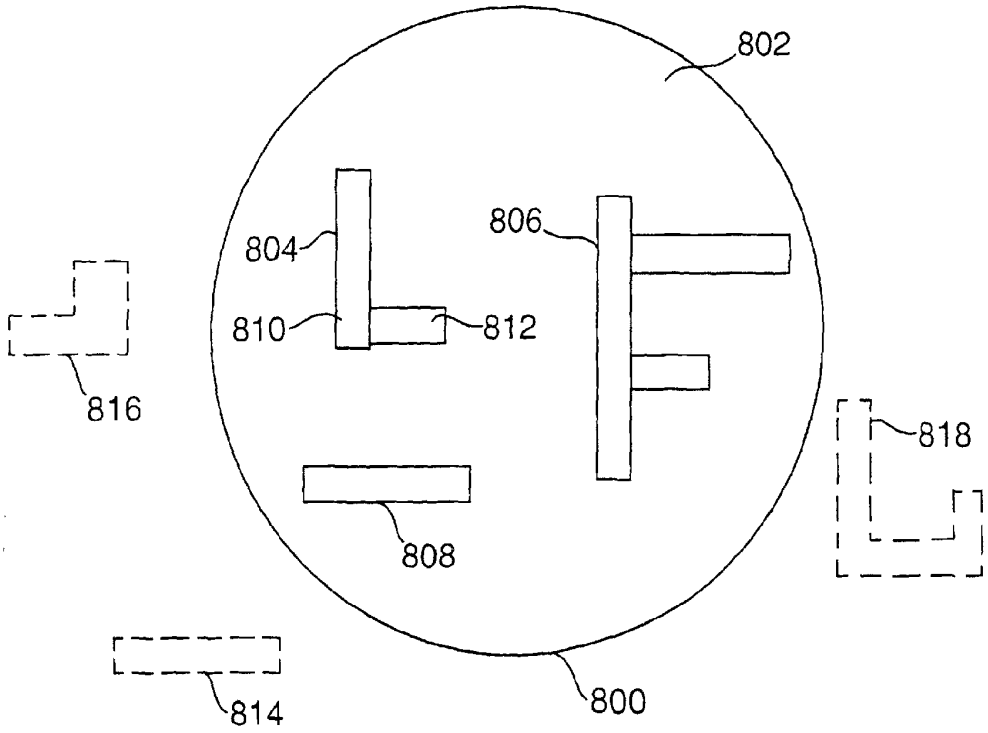


Fig.9.

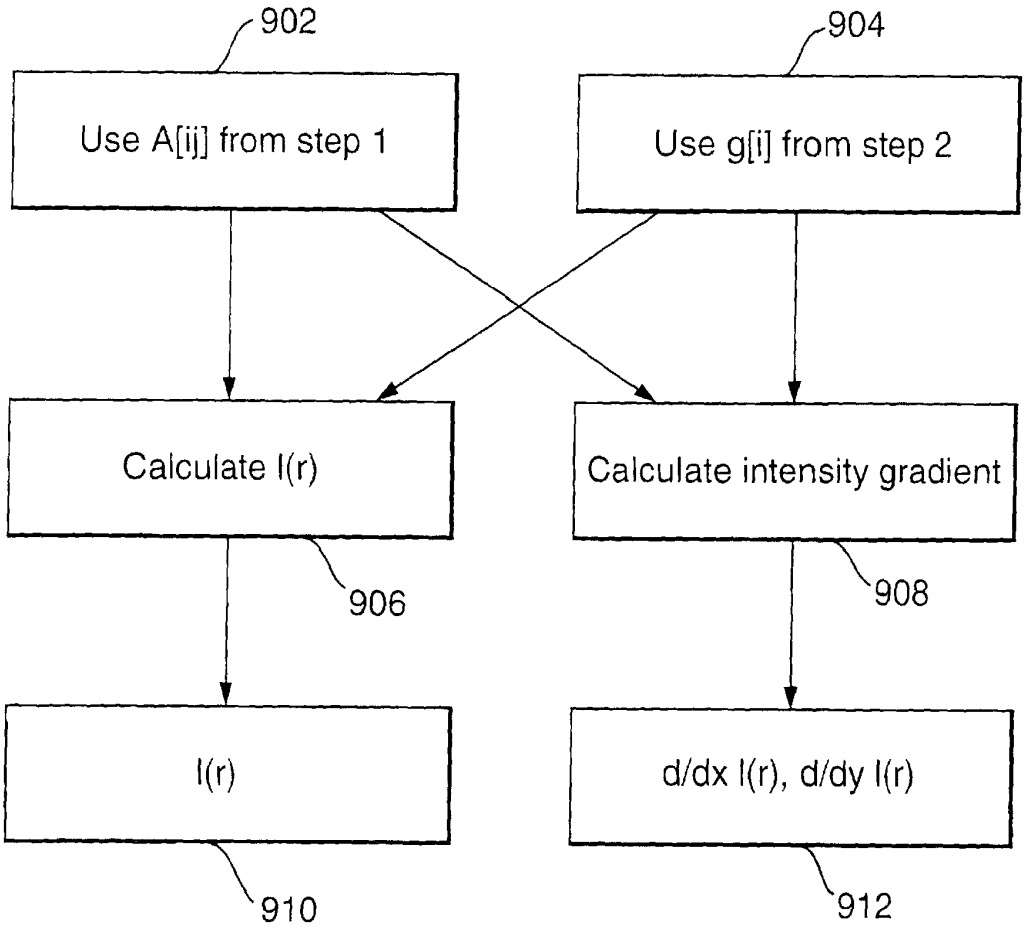

902
904
Use A[ij] from step 1
Use g[i] from step 2
Calculate I(r)
Calculate intensity gradient
906
908
I(r)
d/dx I(r), d/dy I(r)
910
912

Fig.10.

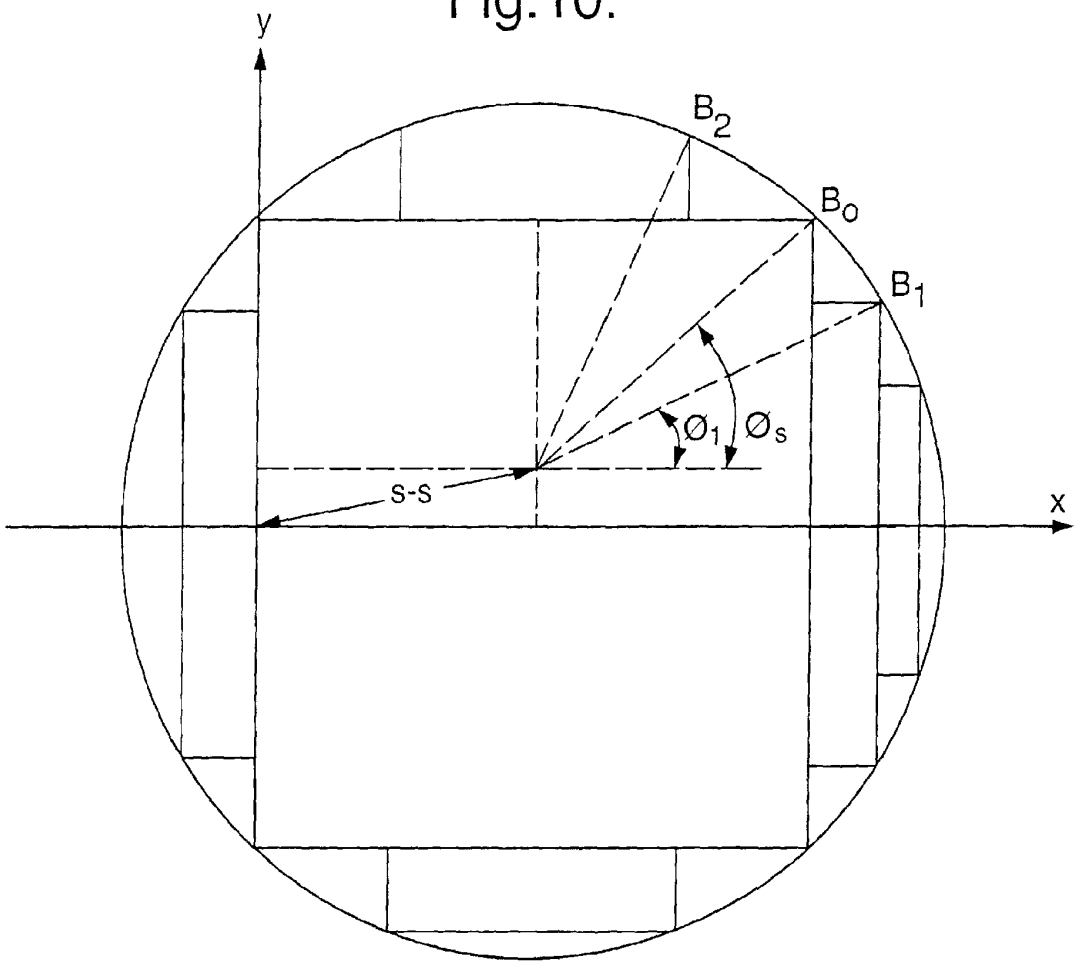


Fig.11A.

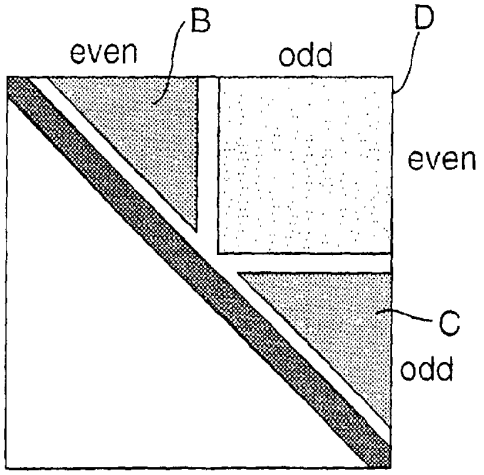
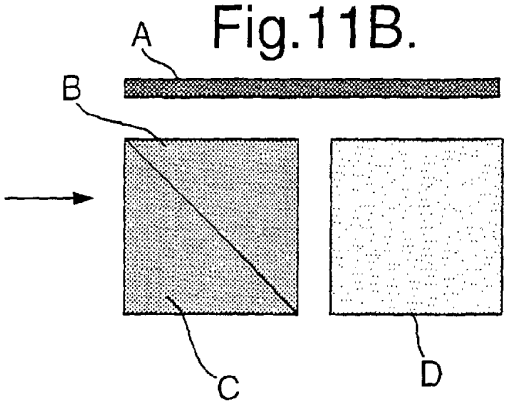


Fig.11B.



(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
25 May 2001 (25.05.2001)

PCT

(10) International Publication Number
WO 01/36900 A1

(51) International Patent Classification[7]: F42B 4/24, G09F 13/46

(21) International Application Number: PCT/AU00/01404

(22) International Filing Date:
17 November 2000 (17.11.2000)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
PQ 4131 18 November 1999 (18.11.1999) AU

(71) Applicant *(for all designated States except US)*: **METAL STORM LIMITED** [AU/AU]; Level 34, 345 Queen Street, Brisbane, Queensland 4000 (AU).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant *(for US only)*: **O'DWYER, James, Michael** [AU/AU]; 12 Peppertree Street, Sinnamon Park, Queensland 4073 (AU).

(74) Agent: **PIZZEYS PATENT & TRADE MARK ATTORNEYS**; Level 11, Telstra House, 167 Eagle Street, Brisbane, Queensland 4000 (AU).

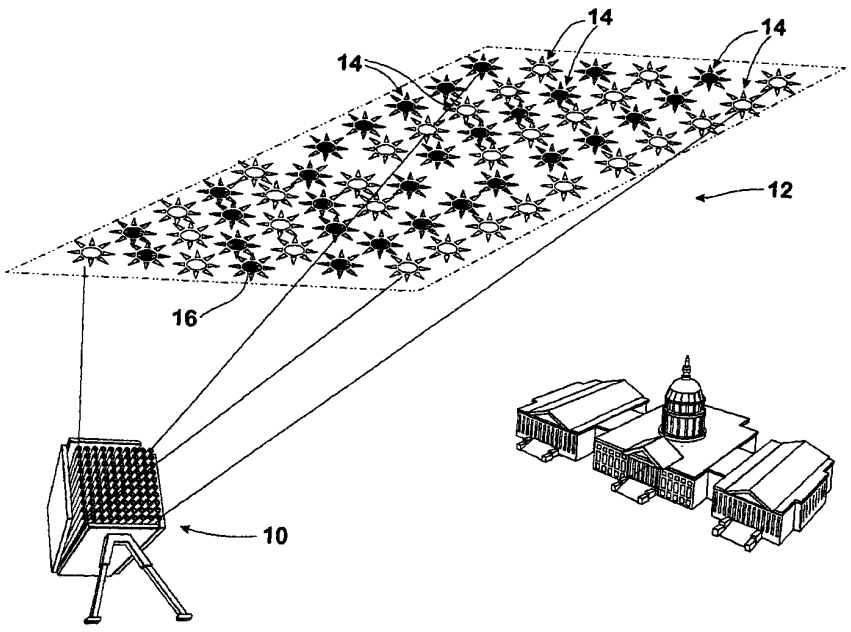
(81) Designated States *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States *(regional)*: ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
— *With international search report.*

[Continued on next page]

(54) Title: FORMING TEMPORARY AIRBORNE IMAGES



(57) Abstract: A method of forming a temporary airborne image (12) including the steps of arranging a plurality of projectiles in each of one or more barrel assemblies (10) wherein said projectiles include image forming matter; firing a predetermined number of the plurality of projectiles from selected barrel assemblies (10); and deploying the image forming matter to form a temporary airborne image.

WO 01/36900 A1

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

FORMING TEMPORARY AIRBORNE IMAGES

The present invention relates to forming temporary airborne images. In particular, this invention relates to a method of forming temporary airborne images such as for entertainment purposes or advertising purposes.

Temporary airborne images have been formed using pyrotechnic displays for entertainment purposes and have become very popular at national and international events with organisations spending large sums of money in order to provide new and/or interesting visual displays. In order to provide individuality, such displays are generally custom made or designed to achieve a desired display. Generally sophisticated displays are very expensive to produce.

We have now found a method of forming a temporary airborne image that permits the formation of a selected recognisable image. Accordingly the present invention provides a method of forming a temporary airborne image including the steps of arranging a plurality of projectiles in each of one or more barrel assemblies wherein said projectiles include image forming matter, firing a predetermined number of the plurality of projectiles from selected barrel assemblies, and deploying the image forming matter to form a temporary airborne image.

This invention may utilise barrel assemblies capable of firing a controlled rapid fire sequence of mortar like projectiles and being of the general type described and/or illustrated in our earlier International Patent Applications such as PCT/AU94/00124, PCT/AU00/00296 and PCT/AU00/00297. In at least some of these earlier applications, including the earliest filed International Application No PCT/AU94/00124 there are described arrangements for grouping barrels each containing a plurality of projectiles so that a large number of projectiles can be fired in rapid-fire succession. In such arrangements barrels may be formed from a cylindrical shell having a plurality of projectiles axially disposed within the shell for

operative sealing engagement with the bore of the shell and discrete propellant charges for propelling respective projectiles.

Suitably the barrel assemblies may be of the low pressure type which fire grenade-like projectiles although high muzzle pressure barrel assemblies may be used. Respective barrel assemblies may be loaded with different projectiles and the barrel assemblies may have different size bores for accommodating different size projectiles.

Suitably each projectile includes a trailing collar captively mounted to the projectile body and when stored in the barrel, extends rearwardly to wedge against the nose portion of a trailing projectile body. Suitably the wedging action is provided by a shallow wedge whereby, in use, the trailing end of the collar is expanded into operative sealing engagement with the barrel.

The trailing collar may be mounted for limited axial movement relative to the projectile body and the leading end of the collar formed with an annular sealing face engageable with a complementary face formed on the projectile body whereby rearward movement of the projectile body resulting from the reaction of propellant gases thereon forces the its complementary face into sealing engagement with the annular sealing face at the leading end of the collar.

The complementary face and the annular sealing face may extend substantially radially and be formed with complementary sealing features thereon. However it is preferred that these faces are complementary part-conical sealing faces which wedge into tight sealing engagement with one another. The leading end part may also be expandable into operative sealing engagement with the barrel. Suitably however the wedging between the part-conical faces are relatively steep faces

whereby the leading end of the collar is not expanded into operative sealing engagement with the barrel by the wedging action.

Preferably, each projectile is associated with a high pressure propellant chamber which exhausts to respective low pressure propulsion chambers formed between the adjacent projectiles for efficient low muzzle velocity operation. The high pressure propellant chambers may be formed integrally with the projectile body or the trailing collar or be provided at the exterior of the barrel to communicate therewith through ports provided through the barrel wall.

The image forming matter may include, for example, explosive matter, incendiary matter, incandescent or luminous matter or other matter to provide a highly visible temporary image.

Alternatively, the image forming matter may include smoke, gas, particles or sheets or strips, such as in the nature of chaff, or other material capable of being dispersed to form, an image. The image forming matter may also include means for slowing its descent from its dispersed position, such as a parachute and the like.

The projectiles are arranged in the barrel assemblies such that once fired and the image forming matter deployed, the desired temporary airborne image is formed. Projectiles containing different image forming matter, either differing in colour or form, may be sequentially loaded into each barrel assembly.

The projectiles may be electronically fired at an infinitely variable frequency up to the maximum rate of fire. For firing from a barrel assembly according to an aspect of this invention and arranged for low pressure, low muzzle velocity, the rate of firing is limited by the time taken for each projectile to leave the barrel and by the time necessary for the gas pressure in the barrel to drop sufficiently to enable the firing of the next projectile.

The predetermined number of the plurality of projectiles may be fired from selected barrel assemblies at a rate selected to obtain the desired temporary airborne image. The firing of the projectiles may preferably be controlled by a microprocessor to permit the accurate firing of the projectiles at the selected rate.

The image forming matter may be deployed, for example, by explosive means, by stored energy or by separation of separable parts of the projectile to expose the image forming matter or by any other suitable dispersing means.

A timing mechanism to control the deployment may be of any suitable type and may be clock based or based on a flight characteristics of the projectile such as the number of spins of a projectile fired from a rifled barrel or it may be based on the ambient atmospheric conditions at the selected display position.

The image may be formed as an upright image or a horizontal image and may include either or both image forming matter which leaves a visible trail during descent and image forming matter which does not leave a visible trail during descent. The former may be used to provide a coloured background or a stripe or the like while the latter may provide feature within the image such as a bright star-like image.

The projectiles may be configured to disperse the image forming matter at a set time from firing and the firing may be controlled for trajectory or barrel exit velocity so that upon dispersal of the image forming matter the desired displayed is achieved. Alternatively a barrel assembly may contain respective projectiles adapted to produce different image effects and the desired image may be controlled by selectively firing the projectiles to assemble an in-air compilation of different image effects to achieve the desired image.

For the purposes of fireworks and for forming recognisable or abstract airborne images for entertainment purposes the projectiles could be set in the barrel

assembly to be fired sequentially to produce a set result. Alternatively a bank of barrel assemblies may be utilised containing respective colour pyrotechnic matter which may be selectively fired and, if desired at a desired trajectory or timing, the barrel assemblies being controlled remotely such as from a computer keyboard and screen which may show a preview of the image to be formed and enabling an operator to "print" a desired or random airborne pattern. The image may be a two or three dimensional image as desired. Different banks of barrel assemblies may be utilised and/or placed so as to form a respective unique portion of the image being formed.

A direction control means may be provided in a bank of barrel assemblies and may permit uniform pivoting of the barrel assemblies so that the inclination of the axes of the barrel assemblies relative to the axis of a pod containing the bank of barrel assemblies may be selectively varied to enable a target position relative to the pod to be varied. The direction control means may permit individual pivoting of each barrel assembly so that the inclination of each barrel axis relative to a pod axis may be individually varied to enable a target position or individual target positions relative to the pod to be varied. Such individual control may be associated with individual firing control of each barrel assembly if desired.

The direction control means may alternatively permit a controlled splaying of all barrel assemblies so that the area covered at the target zone may be selectively varied. Alternatively the direction control means may permit all or some of the above variations to be achieved individually or collectively as required.

The pod housing may be of any suitably configuration and may taper towards its base to enable barrel assemblies to be supported in a splayed attitude. The support means may be fold out legs which may be adjustable if desired. In one form

the pod has a rectangular pod housing for economy or ease of storage and/or transport and the base thereof constitutes the support means.

A pod of barrel assemblies may be fired from a marine platform. The pod may also be fired from an aircraft, or from a number of aircraft flying in formation and if desired, with the firing coordinated between the aircraft by a suitable electronic link.

In order that this invention may be more readily understood and put into practical effect, reference will now be made to the accompanying drawings which illustrate a typical embodiment of the invention and wherein:-

FIG. 1 illustrates a typical image being formed in accordance with the invention, and

FIG. 2 is a diagrammatic side view of a barrel assembly not being of the type described but suitable for firing projectiles for forming a temporary airborne image.

FIG. 3 diagrammatically illustrates typical barrel assemblies for use in this invention;

Referring to Fig. 1 of the drawings it will be seen that a group of barrel assemblies 10 of the type described loaded with mortar-like projectiles which explode mid air at a set distance and trajectory from the barrel assemblies will provide a thermal image of a selected or random configuration. The formed image 12 in Fig 1 is fired from the barrel assemblies 10 and includes alternate clusters of respective colours at 14 which simulate or momentarily provide visible overhead stripes as well as bright burning individually discernible image portions 16 which resemble stars so that, for example, a very large flag may be momentarily printed in the sky above a festive area. The print may be formed progressively from one point or it may be formed complete in an instant.

The barrel assemblies from which the projectiles are fired may be supported on the ground or they may be supported on a watercraft or aircraft. The barrel assemblies can be controlled for selective discharge of the projectiles in respect of sequence and trajectory, whereby a variety of shapes or images may be selectively formed as desired.

Referring to Fig 2 it will be seen that an alternate barrel assembly 20 may include a plurality of projectiles 21 arranged in an axial abutting relationship in a barrel 22, the projectiles including a leading projectile 23 and following projectiles 24, only one of which is illustrated. Each following projectile 24 includes an outer case 25 of a suitable plastic or other suitable material and supporting therein a leading propellant charge 26 for propelling the projectile preceding it in the barrel, a separator disc 19 separating the leading propellant charge from the remainder of the projectile interior which supports a pyrotechnic charge 27 which burns/explodes in the atmosphere to provide a respective portion of the airborne image to be created.

A controlled rate burn link 28 extends through the back wall 29 of the case 25. This receives its ignition from the burning propellant as it exits the barrel 22 and detonates the pyrotechnic material when it burns fully through the back wall 29. The base of the barrel 22 supports a separate propellant charge 30 for propelling the last of the following projectiles 24 from the barrel 22.

The initiation means for detonating the propellant charges 26 and 30 may be via an external barrel mounted primer or be achieved electrically through spaced annular contacts extending about the case 25 and contacting respective sets of contacts in the barrel 22. As illustrated the front wall 31 of the case 22 is relatively thin so that it will be easily ruptured by detonation of the propellant 26 for propelling the preceding projectile 21 from the barrel. In this action the separator 19 will

prevent back burning into the pyrotechnic charge 27 and expansion of the cylindrical side wall 32 into tight engagement with the barrel, thus preventing bypass about the projectile containing the propellant being detonated to a trailing projectile 24.

The barrel assembly 40 illustrated in Fig. 3 includes wedge sealing angles α and β between the trailing sleeve 31' and the grenade housing 42. In this embodiment which is more suited to low pressure low muzzle velocity applications, the opposed ends of the trailing sleeve 31' formed by the sealing angles α and β of between 30º and 55º are sufficiently blunt as to resist outward splaying into sealing engagement with the barrel under the influence of propellant pressures. Typically these would be in the order of 3000psi to 5,000psi with muzzle velocities of about 70m/sec and 250m/sec respectively.

It will be seen that the bulbous nose part 43 of the projectile body 42 is hollow for carrying image forming matter. The propellant 37 in the high pressure chamber 46 is selectively ignited to expel high pressure gases through the trailing ports 39 into the low pressure chamber 33' by a detonator 16 triggered through an electrical circuit which uses the projectile column as one part of the circuit, the barrel 41 being made of insulating material or so lined and with the circuit completed by an imbeded insulated wire 29 leading from the primer 16 to a contact 29' on the projectile surface which is aligned when loaded, with a complementary contact 44 supported in the barrel 41.

Alignment of the contacts can be achieved in a barrel and projectile located by rifling grooves during the loading process. In a non rifled design, the use of a annular contact in the barrel wall can achieve a similar result.

It will of course be realised that the foregoing description has been given only by way of illustrative example of this invention and that all such and other

modifications and variations thereto as would be apparent to persons skilled in the art are deemed to fall within the broad scope and ambit of this invention as is herein set forth.

THE CLAIMS DEFINING THE INVENTION ARE AS FOLLOWS:

1. A method of forming a temporary airborne image including the steps of arranging a plurality of projectiles in each of one or more barrel assemblies wherein said projectiles include image forming matter, firing a predetermined number of the plurality of projectiles from selected barrel assemblies, and deploying the image forming matter to form a temporary airborne image.

2. A method of forming a temporary airborne image according to claim 1 wherein the one or more barrels are formed from a cylindrical shell having a plurality of projectiles axially disposed within the shell for operative sealing engagement with the bore of the shell and discrete propellant charges for propelling respective projectiles.

3. A method of forming a temporary airborne image according to claim 2 wherein each projectile includes a trailing collar captively mounted to the projectile body and when stored in the barrel, extends rearwardly to wedge against the nose portion of a trailing projectile body whereby the trailing end of the collar is expanded into operative sealing engagement with the barrel.

4. A method of forming a temporary airborne image according to any one of claims 1 to 3 wherein each projectile is associated with a high pressure propellant chamber which exhausts to respective low pressure propulsion chambers formed between the adjacent projectiles.

5. A method of forming a temporary airborne image according to any one of claims 1 to 4 wherein the image forming matter includes explosive matter, incendiary matter, incandescent matter, or luminous matter, smoke, gas, particles or sheets or strips.

6. A method of forming a temporary airborne image according to any one of claims 1 to 5 wherein the projectiles are electronically fired.

7. A method of forming a temporary airborne image according to any one of claims 1 to 6 wherein the image forming matter is deployed by explosive means, by stored energy or by separation of separable parts of the projectile.

DATED THIS 17TH DAY OF NOVEMBER 2000

METAL STORM LIMITED

BY

PIZZEYS PATENT & TRADE MARK ATTORNEYS

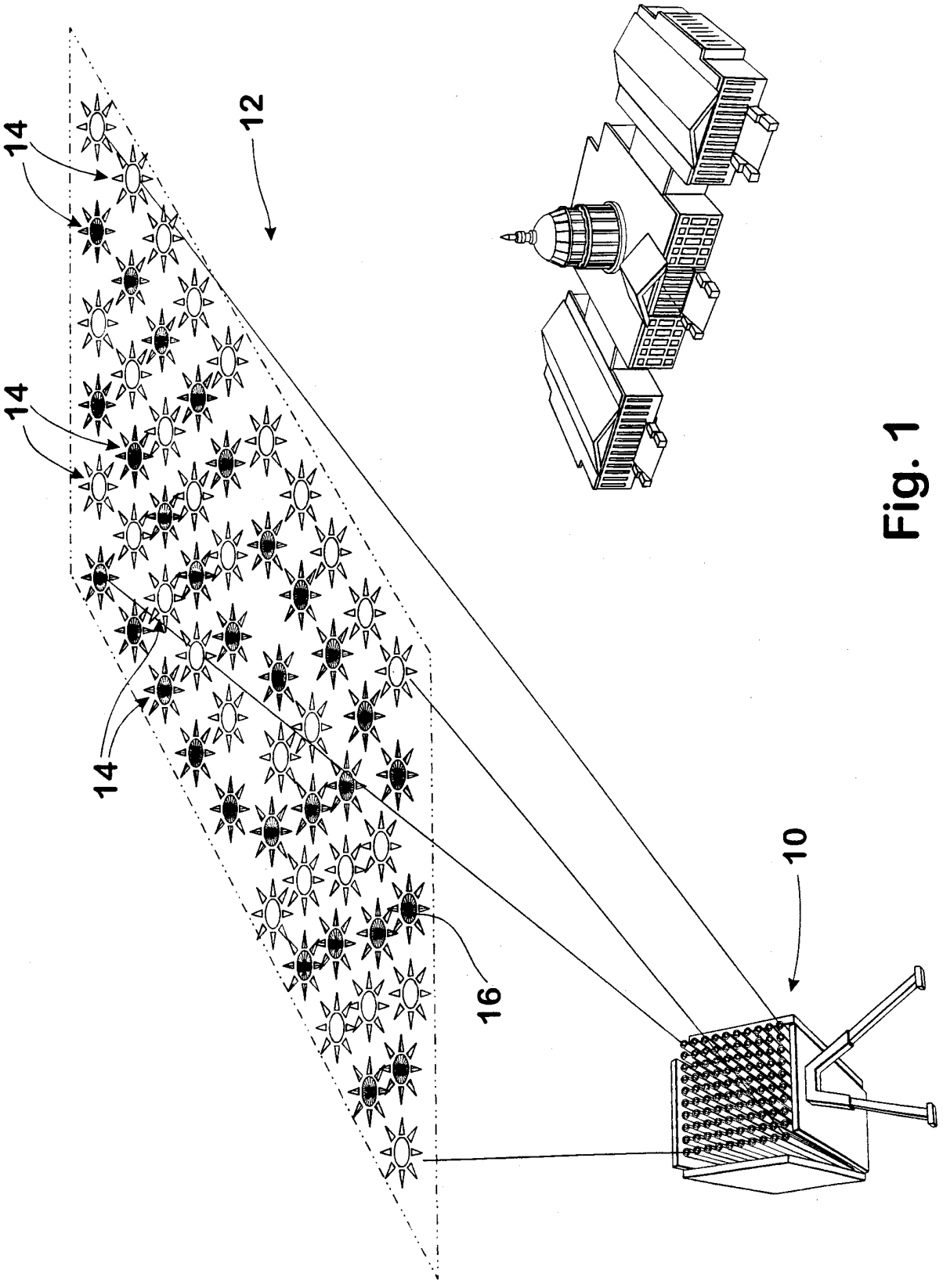


Fig. 1

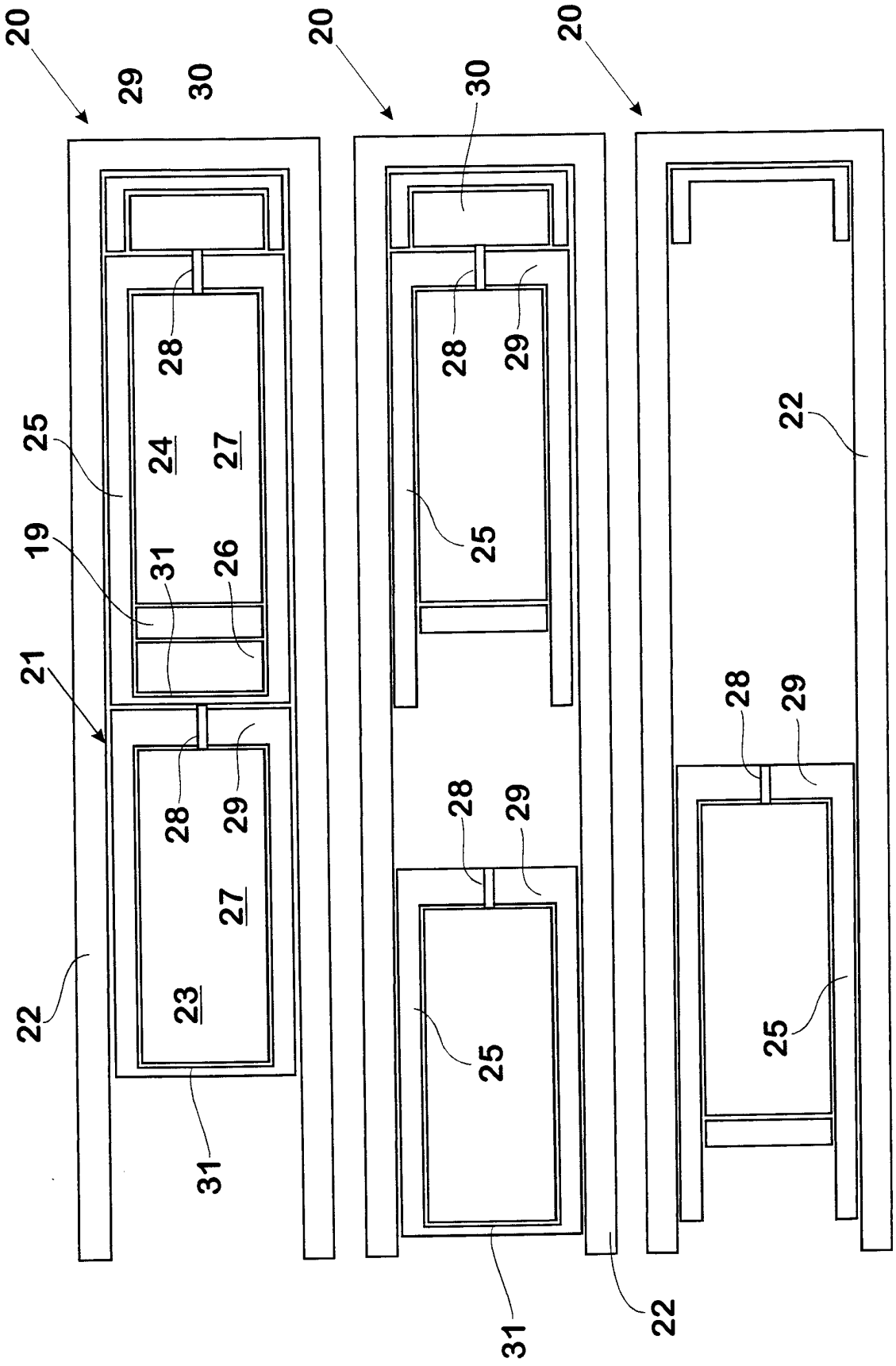

20
29
30
28
25
24
27
19
31
26
21
28
29
27
23
22
31
20
30
28
29
25
28
29
25
31
20
22
28
29
25
22

Fig. 2

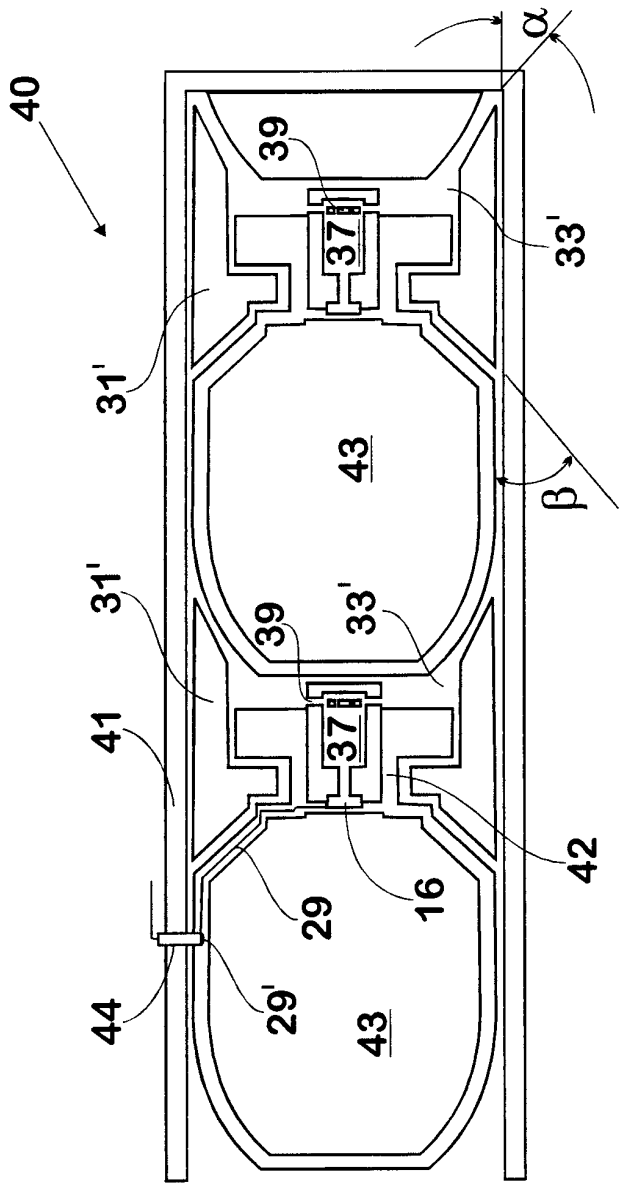


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/AU00/01404

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. [7]: F42B 4/24; G09F 13/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: F42B 4/24; C06D 1/04; G09F 13/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

AU: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI with keywords

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	AU 43323/85 A (BUCK CHEMISCH-TECHNISCHE WERKE GmbH & Co.) 19 December 1985	
X	Whole document	1, 2, 4-7
Y	Whole document	3, 4
	AU 45232/00 A (METAL STORM LIMITED) 14 November 2000	
P, Y	Page 6, lines 5-26; Figure 3	3, 4
	EP 124183 A (SVENSKA PHILIPSFÖRETAGEN AB) 7 November 1984	
X	Whole document	1-3, 5-7

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C [X] See patent family annex

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 December 2000

Date of mailing of the international search report

19 DEC 2000

Name and mailing address of the ISA/AU

AUSTRALIAN PATENT OFFICE
PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA
E-mail address: pct@ipaustralia.gov.au
Facsimile No. (02) 6285 3929

Authorized officer

JEFFREY CARL

Telephone No : (02) 6283 2543

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/AU00/01404

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2327116 A (ISRAEL MILITARY INDUSTRIES LTD) 13 January 1999 Whole document	1, 5, 7
X	GB 2330896 A (S MANTSUNA & CO LTD) 5 May 1999 Whole document	1, 2, 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/AU00/01404

This Annex lists the known "A" publication level patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent Document Cited in Search Report		Patent Family Member					
AU	43323/85	BR	8502806	CA	1276835	DE	3421708
		DK	2578/85	EP	164732	IN	165136
		NO	852348	US	4621579		
AU	45232/00	WO	00/62005				
EP	124183	CA	1253392	IL	71777	JP	60-000298
		SE	8302510	SE	8402109	US	4586439
GB	2327116	DE	19830134	FR	2765961		
GB	2330896	JP	11-201699				

END OF ANNEX

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 123 271**
A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **84104399.5**

(22) Anmeldetag: **18.04.84**

(51) Int. Cl.³: **G 03 B 37/00**

(30) Priorität: **20.04.83 DE 3314227**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.10.84 Patentblatt 84/44

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI

(71) Anmelder: **Firma Carl Zeiss**

D-7920 Heidenheim (Brenz)(DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR LI

(71) Anmelder: **CARL-ZEISS-STIFTUNG Trading as CARL ZEISS**

D-7920 Heidenheim (Brenz)(DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
GB

(72) Erfinder: **Prinz, Reinhard**
Weisse Steige 25
D-7080 Aalen(DE)

(54) Verfahren und Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera.

(57) Es handelt sich um den Bildwanderungsausgleich in einer Luftbildkamera, bei der ein Schlitzverschluß (11) in der Filmebene senkrecht zu dem parallel zur Flugrichtung transportierten Film (6) abläuft. Zur Kompensation des bei Schwenkbewegungen der Kamera auftretenden bildwinkelabhängigen Anteils der Bildwanderungsbewegung ist der Schlitzverschluß (11) mit einem Encoder (17) gekoppelt, der die momentane Schlitzposition (x) während der Belichtung einem Rechner (12) meldet. Dieser Rechner (12) ermittelt zwischen den Belichtungsvorgängen aus Flughöhe h, Fluggeschwindigkeit V_F, Brennweite f, Schwenkwinkel ß' und einer vom Objektivtyp anhängigen Grundfunktion ein Geschwindigkeitsprofil (A,B), mit dem das Signal des Encoders 17 gefaltet wird, bevor es zur Regelung des Filmantriebs (7, 8) verwendet wird.

Das Einzelobjektiv (5) der Kamera ist gegen eine sog. Multilens-Anordnung (35) auswechselbar. Dabei sorgt ein mit der Objektivaufnahme gekoppelter Codeleser (41) für die Auswahl der im Rechner gespeicherten zugehörigen Grundfunktion für die Berechnung des Geschwindigkeitsprofils (A,B).

EP 0 123 271 A2

./...

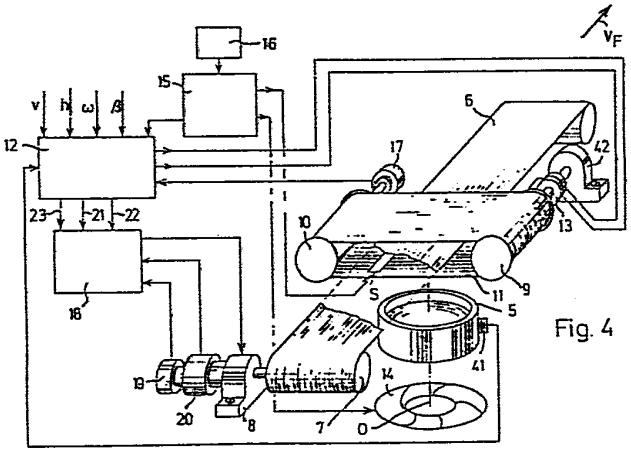


Fig. 4

0123271
83011 P EP

Verfahren und Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera, in der ein Schlitzverschluß senkrecht zu dem parallel zur Flugrichtung transportierten Film abläuft.

Einrichtungen zum Ausgleich der Bildwanderung, abgekürzt meist als "FMC" (forward motion compensation) oder "IMC" (image motion compensation) bezeichnet, sind in Luftbildkameras nahezu jeden Typs vorhanden. Sie kompensieren die durch die Gleichung:

$$V_B = \frac{V_F \cdot f}{h} \qquad (1)$$

beschriebene Wanderungsgeschwindigkeit V_B des Bildes des aufgenommenen Objekts in der Filmebene durch eine Relativbewegung zwischen Objektiv und Film. In dieser Gleichung bedeuten:

V_F = Fluggeschwindigkeit
f = Brennweite der Kamera
h = Flughöhe.

Die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B ist allerdings nur dann über das gesamte Bildfeld konstant, wenn die optische Achse des Aufnahmeobjektivs senkrecht auf dem überflogenen Gelände steht. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, beispielsweise weil das Flugzeug während der Belichtung um einen Rollwinkel ω aus seiner horizontalen Lage heraus gekippt ist oder weil die Kamera von vornherein unter einem Winkel ß gegen die Vertikale geschwenkt ist, dann ändert sich die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B innerhalb des Bildfeldes abhängig vom Bildwinkel α.

Dies läßt sich qualitativ anhand der Darstellung in Fig. 1 erkennen: Bei einer Verkippung der Achse des Objektivs 4 einer im Flugzeug 3 angeordneten Luftbildaufnahmekamera gegen die Vertikale sind die Objektebene 2 und die Bildebene 1 nicht mehr zueinander parallel und demzufolge sind die Aufnahmeentfernung und der Abbildungsmaßstab ab-

hängig vom jeweiligen Bildwinkel α. Der auch diesen Fall berücksichtigende allgemeine Ausdruck für die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B wird durch die Gleichung:

$$V_B = \frac{V_F \cdot f}{h} \cdot \frac{\cos(\beta' + \alpha)}{\cos} = \frac{V_F \cdot f}{h} (\cos \beta' - \sin \beta' \tan\alpha) \quad (2)$$

beschrieben, wobei $\beta' = \gamma + \beta$ ist.

Es ist klar, daß Bewegungsunschärfen im Bild auftreten können, wenn der Einfluß der zusätzlichen Parameter β' und α bei der Auslegung einer Einrichtung zum Bildwanderungsausgleich (FMC) nicht berücksichtigt wird.

Bei sogenannten Panoramakameras ist es bekannt, die FMC-Bewegung nicht nur abhängig von dem Quotienten V_F/h sondern außerdem abhängig vom Schwenkwinkel γ eines vor dem Objektiv der Kamera angeordneten, das Gelände zyklisch abscannenden Prismas zu steuern.

FMC-Systeme für Panoramakameras sind beispielsweise im Manual of Photogrammetrie, 3. Auflage (1966), S. 145-156 sowie in der DE-OS 17 72 429 beschrieben. In solchen Kameras läuft der Film in der Bildebene jedoch nicht parallel zur Flugrichtung sondern quer zur Flugrichtung. Demzufolge muß zum Ausgleich der Bildwanderung das Objektiv selbst senkrecht zu seiner Achse bewegt werden, was eine präzise Führung dieses mit relativ großer Masse behafteten Kamerateils erforderlich macht. Panoramakameras sind außerdem nicht ohne weiteres mit konventionellen Aufnahmekameras zu vergleichen, da dort abbildungsseitig immer mit dem Bildwinkel $\alpha = 0$ gearbeitet wird, so daß der Term $\sin \beta' \cdot \tan\alpha$ in Gleichung (2) keine Rolle spielt.

Panoramakameras besitzen im übrigen generell den Nachteil, daß für eine stereoskopische Auswertung das Filmband zerschnitten werden muß, was bei Aufklärungskameras einen erheblichen Zeitverlust bedeutet. Außerdem wird die Auswertung durch den Umstand erschwert, daß wegen des dort verwendeten rotierenden Prismas keine geradentreue Abbildung des Objekts entsteht.

In Flugrichtung läuft der Film beispielsweise bei den unter dem Namen Streifenkamera (engl. continous strip camera, Sonne camera) bekannten Luftbildaufnahmesystemen ab. Dort wird die Filmtransportgeschwindigkeit auf einem V_F/h proportionalen Wert gehalten, während der Film in einem sich quer zur Flugrichtung erstreckenden, schmalen, streifenförmigen Bereich permanent belichtet wird. Solche, beispielsweise in den US-PS'en 24 13 349 und 31 63 098 beschriebenen Kamerasysteme sind jedoch nur für vertikale Beobachtungen geeignet. Das Problem einer schwenkwinkelabhängigen Anpassung der Filmgeschwindigkeit an die Bildwanderung tritt deswegen hier nicht auf.

Streifenkameras liefern im übrigen überhaupt kein stereoskopisch auswertbares Bild, da keine Überdeckung vorhanden ist. Durch Rollbewegungen des Flugzeugs entstehen außerdem sehr starke Bildverzerrungen quer zur Filmtransportrichtung.

In der GB-PS 885 690 ist ein Luftbildaufnahmesystem mit schwenkbaren bzw. gegen die Vertikale geschwenkten Kameras mit Zentralverschluß beschrieben. Der Bildwanderungsausgleich ist so gelöst, daß die gesamte Kamera während der Belichtung entsprechend einem Signal bewegt wird, das proportional zu $\cos \beta' \cdot V_F/h$ ist. Eine Feinkorrektur des FMC abhängig vom Bildwinkel α findet für diese Kameras allerdings nicht statt.

Des weiteren ist unter dem Namen KRb6/24 eine Kamera bekannt, die einen permanent senkrecht zu dem in Flugrichtung transportierten Film ablaufenden Schlitzverschluß besitzt. Zum Ausgleich der Bildwanderung wird in dieser Kamera die Filmtransportgeschwindigkeit abhängig vom Verhältnis von Fluggeschwindigkeit V zur Höhe h und der Brennweite f der Kamera gesteuert. Außerdem wird dem Filmantrieb über ein zwischen der Antriebswalze des Films und dem proportional zu V/h drehenden Antriebsmotor angeordnetes Differentialgetriebe eine bildwinkelabhängige Korrekturbewegung überlagert. Diese Korrekturbewegung ist mit Hilfe eines Hebelgetriebes an den voreingestellten Schwenkwinkel ß in ihrer Amplitude einstellbar und wird von einem mit dem Verschlußantrieb gekoppelten Exzenter erzeugt, der eine dem Geschwindigkeitsprofil der Bildwanderung während der Belichtung angenäherte Bewegung ausführt.

Der Nachteil des letztgenannten Verfahrens zum Ausgleich der Bildwanderung ist einmal in dem erheblichen Aufwand der benötigten mechanischen Präzisionsteile wie Differentialgetriebe, Hebelgetriebe, Exzenter etc. zu sehen. Die beschriebene mechanische Feinkorrektur des Bildwanderungsausgleichs befriedigt außerdem nicht, da infolge von Getriebelosen und Torsionen der Übertragungswellen Fehler auftreten. Eine weitere Fehlerquelle ist in der mangelnden Geschwindigkeitskonstanz des umlaufenden Verschlusses zu sehen, die sich deshalb auf den Bildwanderungsausgleich auswirkt, weil die Korrekturbewegung von dem Exzenter von der Verschlußgeschwindigkeit abgeleitet wird.

Außerdem ist man durch den Exzenter auf ein einziges Geschwindigkeitsprofil festgelegt, das auf das verwendete Objektiv abgestimmt ist. Ein Wechsel der Objektivkonfiguration, z.B. einer Einzellinse gegen eine sogenannte Multilens-Anordnung bestehend aus mehreren, dem gleichen Verschluß zugeordneten Linsen unterschiedlicher Achsneigung, erfordert jedoch die Bereitstellung eines völlig anderen Geschwindigkeitsprofils. Das verwendete Hebelgetriebe erlaubt nur das Voreingeben eines konstanten Schwenkwinkels ß. Eine Berücksichtigung des dauernd variierenden Rollwinkels ω des Flugzeugs ist bei diesem bekannten mechanischen Korrekturgetriebe nicht ohne weiteres möglich.

Schließlich lassen sich mit einem permanent umlaufenden Verschluß keine stufenlos regelbare Bildfolgefrequenzen realisieren. Letzteres ist nur mit einem im Start-Stop-Betrieb arbeitenden Verschluß möglich.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein verbessertes Verfahren zum Ausgleich der Bildwanderung für eine Luftbildkamera anzugeben, in der ein Schlitzverschluß senkrecht zu dem parallel zur Flugrichtung transportierten Film abläuft. Das Verfahren sollte einen bildwinkelabhängigen Ausgleich in Verbindung mit einem im Start-Stop-Betrieb arbeitenden Schlitzverschluß ermöglichen.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß dem Kennzeichen des Anspruches 1 dadurch, daß die Position des Schlitzes während des Belichtungsvorganges permanent gemessen wird und der Antriebsmotor des Filmtransports von einem von der Position des Schlitzes abgeleiteten Regelsignal beauf-

schlagt wird.

Dabei ist es vorteilhaft, daß in der Zeit zwischen zwei Belichtungsvorgängen aus einer der verwendeten Objektivkonfiguration zugeordneten Funktion und den Werten für V/h, f und ß' ein Geschwindigkeitsprofil in Abhängigkeit von der Sollposition des Schlitzes errechnet wird, mit dem das während der anschließenden Belichtung gewonnene, der Schlitzposition proportionale Signal gefaltet wird.

Hauptbestandteil dieser Recheneinheit kann beispielsweise ein Mikroprozessor sein.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung sind der Verschlußantrieb und der Filmantrieb mechanisch voneinander entkoppelt. Die trägen Massen des Filmantriebs beeinflussen die Bewegung des Verschlußes daher nicht.

Schließlich kann die Genauigkeit des Bildwanderungsausgleichs durch permanente Berücksichtigung der Rollwinkellage des Flugzeugs verbessert werden.

Die Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist durch eine Recheneinheit gekennzeichnet, die mit Datenleitungen zur Eingabe der aktuellen Werte für V/h, ß' und f sowie dem Ausgang eines mit dem Schlitzverschluß gekoppelten Stellungsgebers verbunden ist, dessen Signal zur Feinkorrektur der Filmtransportbewegung abhängig von der momentanen Schlitzposition dient.

In der Recheneinheit sind vorzugsweise mehrere Grundfunktionen gespeichert, nach denen die Schlitzposition in die zugehörige Filmtransportgeschwindigkeit umgerechnet wird und die Recheneinheit ist mit einem Codegeber zur Eingabe der verwendeten Objektivkonfiguration der Kamera verbunden.

Durch diese Maßnahme wird eine Anpassung des für den Bildwanderungsausgleich nötigen Geschwindigkeitsprofils an die gerade verwendete Objektivkonfiguration erzielt, ohne daß Eingriffe in den Antriebsteil der Kamera erforderlich wären. Der Codegeber ist zweckmäßig an der Aufnahme

des Objektivs angebracht, wodurch eine selbsttätige Umschaltung beim Objektivwechsel ermöglicht wird.

Die Breite des Schlitzes des Kameraverschlußes ist zur Anpassung an die Lichtverhältnisse bei der Aufnahme in der Regel variabel. Damit der Bildwanderungsausgleich nicht durch Änderungen der Schlitzbreite verfälscht wird, ist es zweckmäßig, wenn die Breite des Schlitzes durch eine Belichtungsautomatik gesteuert wird, die mit der Recheneinheit gekoppelt ist und die Bildung des Regelsignals für den Filmtransport auf die Schlitzmittenposition bezogen erfolgt.

Somit ist es nicht erforderlich, den Stellungsgeber so anzubringen, daß er von vornherein ein der Schlitzmittenposition proportionales Signal abgibt. Der Stellungsgeber kann vielmehr direkt mit einem der beiden Vorhänge des Verschlußes gekoppelt sein und demzufolge ein der Position der Schlitzkante proportionales Signal abgeben, das in der Recheneinheit entsprechend dem von der Belichtungsautomatik übermittelten Signal korrigiert wird.

Es ist klar, daß der Filmantrieb neben der Ausgleichsbewegung zur Kompensation der Bildwanderung außerdem zwischen den Belichtungsvorgängen den Filmvorschub bewerkstelligt. Wenn hohe Bildfolgefrequenzen erzielt werden sollen, muß der Filmvorschub möglichst rasch erfolgen. Der Film ist daher einen permanenten Wechsel von Beschleunigungs- und Abbremskräften unterworfen, wobei der Bildwanderungsausgleich außerdem eine möglichst genaue Einhaltung der Filmgeschwindigkeit innerhalb des Zyklus erforderlich macht. Daher ist es zweckmäßig, wenn zwischen dem Antrieb des Filmtransports in der Bildebene und den motorgetriebenen Filmspulen ein in Transportrichtung verschiebbarer, aus zwei miteinander verbundenen Umlenkrollen bestehender Pufferspeicher angeordnet ist, damit die vom Filmantrieb zu bewegenden Trägheitsmomente möglichst gering gehalten werden können. Der Pufferspeicher kann beispielsweise den in der DE-PS 27 36 611 beschriebenen Aufbau besitzen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen zu finden und werden anhand der nachfolgenden Beschreibung der Figuren der beigefügten Zeichnungen erläutert:

Fig. 1 skizziert die Abbildungsverhältnisse bei einem Bildflug;

Fig. 2 u. Fig. 3 sind Prinzipskizzen zur Verdeutlichung der Bildwanderung bei einer Multilens-Anordnung als Kameraobjektiv;

Fig. 4 ist eine Prinzipskizze eines Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 5 ist ein detaillierteres Blockschaltbild des Reglers 18 aus Fig. 4;

Fig. 6 u. Fig. 7 sind Prinzipskizzen zur Verdeutlichung der Bildwanderung bei einer gekippten Kamera mit Einzelobjektiv;

Fig. 8 ist ein Diagramm, das die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B in Abhängigkeit von der Verschlußposition x für die Anordnungen nach Fig. 2/3 und Fig. 6/7 zeigt.

Die Fig. 1 wurde bereits einleitend zur Verdeutlichung der die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B beeinflußenden Parameter diskutiert. Es soll daher gleich mit der Beschreibung der Fig. 4 begonnen werden, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist.

In Fig. 4 ist mit 5 das Aufnahmeobjektiv einer Luftbildkamera bezeichnet, die so in ein Flugzeug eingebaut ist, daß die Transportrichtung des hinter dem Objektiv 5 angeordneten Films 6 mit der durch den Pfeil V_F angedeuteten Flugrichtung übereinstimmt. Der Antrieb des Films 6 in der Bildebene erfolgt durch eine Transportrolle 7, die von einem Motor 8 bewegt wird.

Zwischen dem Objektiv 5 und dem Film 6 ist ein Schlitzverschluß angeordnet. Dieser Verschluß ist vereinfacht als ein über Rollen 9 und 10 gelegtes Band 11 dargestellt, in dem ein Schlitz s konstanter Breite ausgeschnitten ist. Tatsächlich besteht der Verschluß aus zwei Vorhängen, wobei dann die Schlitzbreite regelbar ist. Auf den detaillierten Aufbau derartiger Verschlüsse braucht an dieser Stelle nicht näher eingegangen zu werden.

Gesteuert wird die Schlitzbreite Δ S und damit die Belichtungszeit ebenso wie die Öffnung einer vor dem Objektiv 5 angeordneten Blende 14 von einer Belichtungsautomatik 15 entsprechend dem Signal eines lichtempfindlichen Sensors 16. Der Schlitzverschluß 11 wird von einer Steuereinheit 12 betätigt, die entsprechend der vorgewählten Überdeckung unter Berücksichtigung der Fluggeschwindigkeit V_F und der Flughöhe h die Bildfolgefrequenz steuert und die Antriebsrolle 9 über eine Kupplung 13 zyklisch mit einem mit konstanter Geschwindigkeit drehenden Motor 42 verbindet und nach erfolgter Belichtung wieder trennt und abbremst. Die Steuereinheit 12 enthält außerdem einen Rechner, der aus dem bereits für die Überdeckungsregelung verwendeten Signal für das Verhältnis V_F/h einem dem Rollwinkel φ des Flugzeugs proportionalen Signal und der voreingestellten Neigung ß der Kamera gemäß Gleichung (2) die Bildwanderungsgeschwindigkeit V_B berechnet. In diese Berechnung geht außerdem der momentane Bildwinkel α im Moment der Belichtung ein. Dazu ist die Rolle 10 mit einem Stellungsgeber 17 gekoppelt, der ein Signal liefert, welches proportional der Stellung x des Schlitzes S ist. Zwischen dem Bildwinkel und der Schlitzposition x besteht die Beziehung $\tan\alpha = \frac{x}{f}$.

Zur Regelung der Filmtransportgeschwindigkeit auf den von der Recheneinheit 12 ermittelten Sollwert gemäß Gleichung (2) ist ein Hybrid-Regler 18 vorgesehen, der den auf der Leitung 22 liegenden Sollwert mit dem Ausgangssignal eines mit der Filmtransportrolle 7 gekoppelten Tachogenerators 19 vergleicht und das aus dem Soll-Istwertvergleich gewonnene Regelsignal dem Motor 8 des Filmantriebs zuführt.

Der Hybrid-Regler 18 regelt außerdem den Filmvorschub zwischen den Belichtungsvorgängen. Hierzu ist ein Stellungsgeber 20 auf der Achse der Filmtransportrolle 7 angebracht. Das Signal dieses Stellungsgebers 20 vergleicht der Hybrid-Regler 18 mit einem auf der Leitung 23 liegenden Sollwert, welcher dem Bildformat des benutzten Objektivs proportional ist. Das auf der Leitung 23 liegende Signal wird von einem Codegeber 41 an der Aufnahme des Objektivs 5 generiert und über den Rechner 12 dem Hybridregler 18 zugeführt.

In Fig. 5 ist der Hybrid-Regler 18 detailliert dargestellt. Er enthält

einen Richtungsdiskriminator 24, in dem die Drehrichtung des Stellungsgebers 20 erkannt wird, und darauffolgend einen Zähler 25 zur Addition/Substration der Impulse des inkrementalen Stellungsgebers 20. An den Zähler 25 ist ein Digital/Analog-Wandler angeschlossen. Er liefert ein der Stellung der Transportrolle 7 proportionales, analoges Ausgangssignal, welches im Regelverstärker 26 verstärkt und über einen Umschalter 27 dem Leistungsverstärker 28 des Motors 8 zugeführt wird. Wenn die dem Bildformat entsprechende Bildseitenlänge, welche digital über einen Zählersetzeingang 23 geladen wurde, vom Stellungsgeber 20 als weitertransportiert gemeldet worden ist, kommt der Motor 8 zum Stillstand.

Über den Schalter 27 kann ein zweiter Operationsverstärker 29 mit dem Leistungverstärker 28 verbunden werden. Dieser Operationsverstärker 29 führt den Soll-Istwertvergleich zwischen dem Signal auf Leitung 22 und dem Tachogenerator 19 durch. Die Umschaltung erfolgt durch den Rechner 12 gesteuert über ein mit der Bildfolgefrequenz synchronisiertes Signal auf der Leitung 21.

Ist die Achse der Kamera aus Fig. 4 um den Winkel ß' gegen die Vertikale geneigt, wie dies in Fig. 6 skizziert ist, beispielsweise aufgrund einer Rollbewegung des die Kamera tragenden Flugzeugs, dann ist die Bildwanderungsgeschwindigkeit in der Ebene des Films 6 gemäß Gleichung (2) gegeben zu

$$V_B = \frac{V_F \cdot f}{h} \cos\beta' - \frac{V_F}{h} \sin\beta' \cdot x \qquad (3)$$

wenn man von der Beziehung $x = f \cdot \tan\alpha$ Gebrauch macht. Dabei steht x für die Schlitzposition. Unter der Voraussetzung, daß sich V_F, h und ß' während der Belichtung nicht ändern, ist V_B nur vom Bildwinkel α abhängig und besitzt den durch den Graphen A in Fig. 8 skizzierten Verlauf.

Beim Bildwanderungsausgleich wird der Film 6 vom Motor 8 also mit einer Geschwindigkeit $V_T(x) = V_B$ abhängig von der durch den Encoder 17 gemessenen Schlitzposition gemäß Gleichung (3) bewegt. Die normalerweise rechteckige Bildmaske wird zwar mit ihren quer zur Flugrichtung verlaufenden Begrenzungslinien parabelförmig auf dem Film 6 abgebildet und besitzt daher die in Fig. 6 übertrieben dargestellte, verzerrte Form,

der Bildinhalt selbst ist jedoch frei von Bewegungsunschärfen und Verzerrungen, da ja wegen des bildwinkelabhängigen Bildwanderungsausgleichs keine Relativbewegung zwischen Bild und Film entsteht.

Das Einzelobjektiv 5 kann gegen das in Fig. 2 skizzierte Mehrlinsenobjektiv 35 ausgewechselt werden. Das Objektiv 35 enthält in einer Linie senkrecht zur Flugrichtung nebeneinander angeordnet drei Einzelobjektive 32,33,34, wobei die optischen Achsen der beiden äußeren Objektive 32 und 34 durch davorgesetzte Prismen 39 und 40 gegen die Vertikale geneigt sind. Durch einen Vergleich mit Gleichung (3) wird klar, daß in den den Einzelobjektiven 32,33 und 34 zugeordneten, in Fig. 3 dargestellten Bildfeldern 36,37 und 38 unterschiedliche Bildwanderungsgeschwindigkeiten vorliegen, denn die beiden äußeren Objektive 32 und 34 besitzen entgegengesetzte Neigungswinkel ß, zu denen sich außerdem Rollbewegungen unterschiedlich addieren. Die Blickrichtung des mittleren Objektiv 33 dagegen ist parallel zur Vertikalen, so daß im dazugehörigen Bildfeld 37 die Bildwanderungsgeschwindigkeit für den Fall $\dot{\vartheta} = o$ konstant ist.

Das der Objektivanordnung 35 zugehörige Geschwindigkeitsprofil der Bildwanderung entspricht dem Graphen B in Fig. 8. Dieser Graph B wird durch die Lage der Bildgrenzen x_1, x_2, x_3 und x_4, die Höhe des Abschnitts zwischen x_2 und x_3 und die Steigung der Abschnitte zwischen den Punkten x_1 und x_2 bzw. x_3 und x_4 beschrieben. Während x_1-x_4 objektiveigene Konstanten sind, hängen die Steigung und die Amplitude des Profils B gemäß Gleichung (3) von V_F,h, $\dot{\vartheta}$ und ß ab. Im Rechner 12 der Einrichtung nach Fig. 4 sind die den Graphen A und B entsprechenden Grundfunktionen abgespeichert und werden bei einem Objektivwechsel durch das Signal des Codeleser 41 aufgerufen. Anschließend wird das Geschwindigkeitsprofil für den Bildwanderungsausgleich durch Einsetzen der beim Bildflug permanent gemessenen Werte für V/h und $\dot{\vartheta}$ für jeden Belichtungsvorgang in der Zeit zwischen zwei Belichtungsvorgängen neu berechnet. Nach diesem Geschwindigkeitsprofil wird der Filmantrieb 7,8 dann abhängig von der momentanen Istposition des Schlitzes S während der Belichtung mit der Geschwindigkeit $V_T = V_B$ gesteuert.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Ausgleich der Bildwanderung bei einer Luftbildkamera, in der ein Schlitzverschluß (11) senkrecht zu dem parallel zur Flugrichtung transportierten Film (6) abläuft und die Filmtransportgeschwindigkeit V_T in der Bildebene abhängig vom Verhältnis von Fluggeschwindigkeit V_F zu Höhe h, der Brennweite f des Aufnahmeobjektivs und der Neigung ß' der Kamera gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Position (x) des Schlitzes (s) während des Belichtungsvorganges permanent gemessen wird und der Antriebsmotor (8) des Filmtransports (7) von einem von der Position (x) des Schlitzes (s) abgeleiteten Regelsignal beaufschlagt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zeit zwischen zwei Belichtungsvorgängen aus einer der verwendeten Objektivkonfiguration (5,35) zugeordneten Funktion und den Werten für V_F/h, f und ß' ein Geschwindigkeitsprofil in Abhängigkeit von der Sollposition (x) des Schlitzes (s) errechnet wird, mit dem das während der anschließenden Belichtung gewonnene, der Schlitzposition proportionale Signal gefaltet wird.

3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Recheneinheit (12) zur Steuerung der Filmtransportgeschwindigkeit V_T, die mit Datenleitungen zur Eingabe der aktuellen Werte für V_F/h, ß' und f sowie dem Ausgang eines mit dem Schlitzverschluß (11) gekoppelten Stellungsgebers (17) verbunden ist, dessen Signal zur Feinkorrektur der Filmtransportbewegung abhängig von der momentanen Schlitzposition (x) dient.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Recheneinheit (12) mehrere Grundfunktionen gespeichert sind, nach denen die Schlitzposition (x) in die zugehörige Filmtransportgeschwindigkeit V_T umgerechnet wird und die Recheneinheit (12) mit einem Codegeber (41) zur Eingabe der verwendeten Objektivkonfiguration (5,35) verbunden ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Codege-

ber (41) an der Aufnahme des Objektivs (5) angeordnet ist.

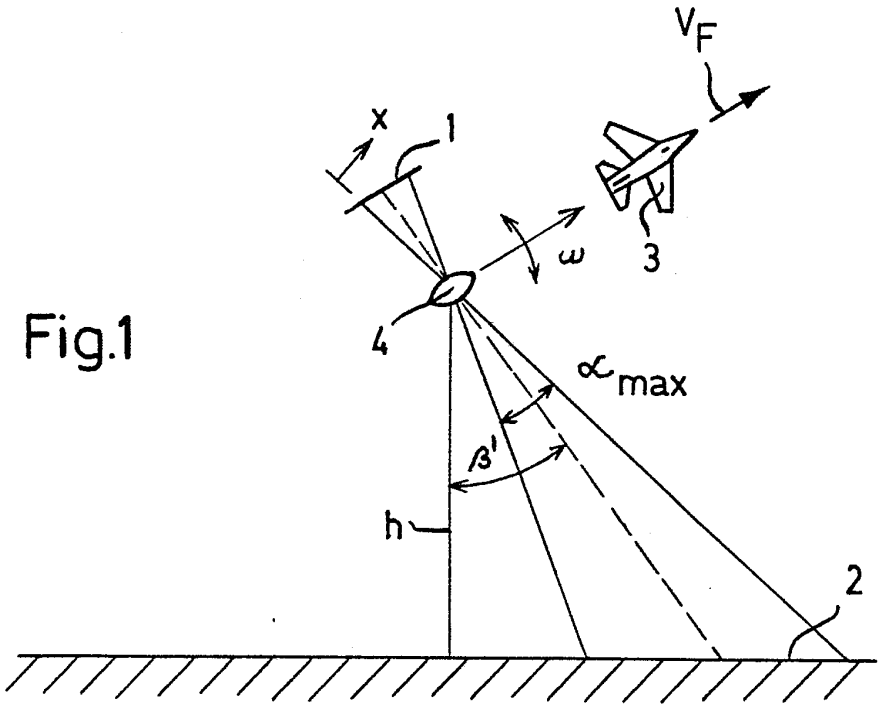
6. Einrichtung nach Anspruch 3-5, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des Schlitzes (s) durch eine Belichtungsautomatik (15) gesteuert wird, die mit der Recheneinheit (12) gekoppelt ist und die Bildung des Regelsignals für den Filmtransport auf die Schlitzmittenposition bezogen erfolgt.

7. Einrichtung nach Anspruch 3-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlitzverschluß über eine von der Recheneinheit (12) gesteuerte Kupplung (13) mit einem bei konstanter Drehzahl laufenden Motor (42) verbunden ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 3-7, dadurch gekennzeichnet, daß der Filmtransport (7) mit einem Stellungsgeber (20) und einem Tachogenerator (19) gekoppelt ist und ein Hybridregler (18) vorgesehen ist, der von der Recheneinheit (12) gesteuert zwischen den Belichtungsvorgängen eine Positionsregelung und während der Belichtung eine Geschwindigkeitsregelung des Filmtransports (7) vornimmt.

9. Einrichtung nach Anspruch 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Antrieb des Filmtransports (7) in der Bildebene und den motorbetriebenen Filmspulen ein in Transportrichtung verschiebbarer, aus zwei miteinander verbundenen Umlenkrollen bestehender Pufferspeicher angeordnet ist.

Fig.1


V_F
x
1
3
ω
4
α_{max}
β'
h
2

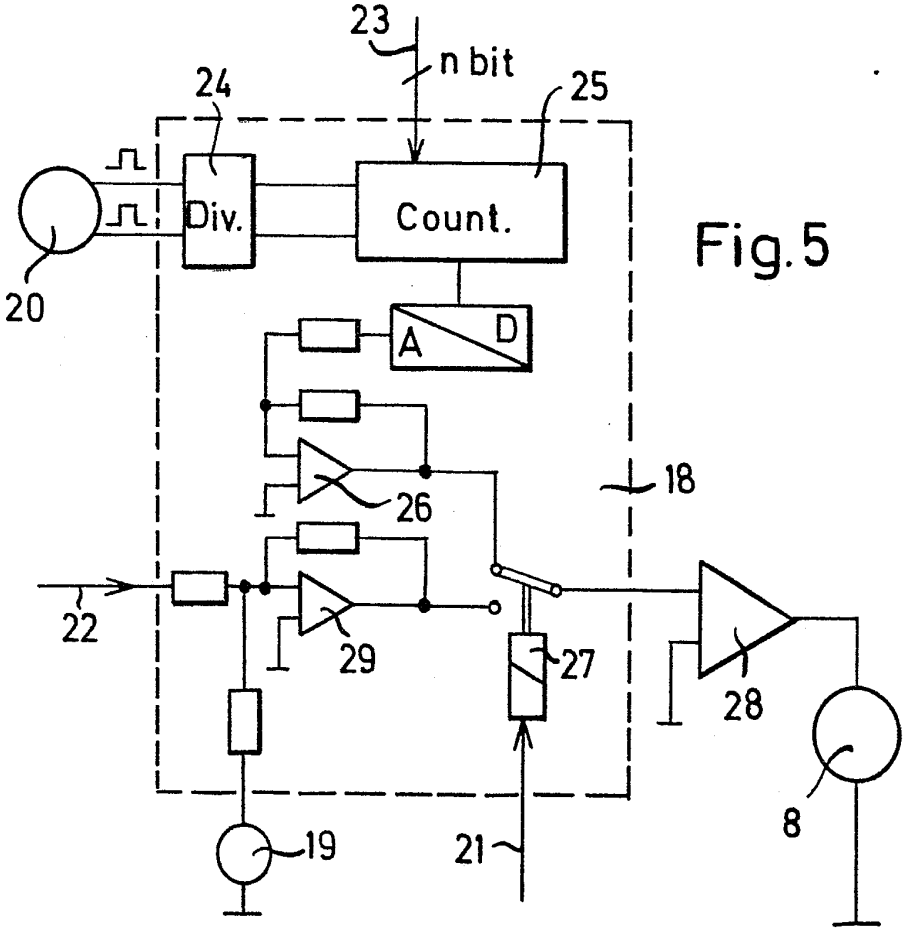

23
n bit
24
25
Div.
Count.
20
A
D
26
18
22
29
27
28
8
19
21

Fig.5

0123271

Fig. 3

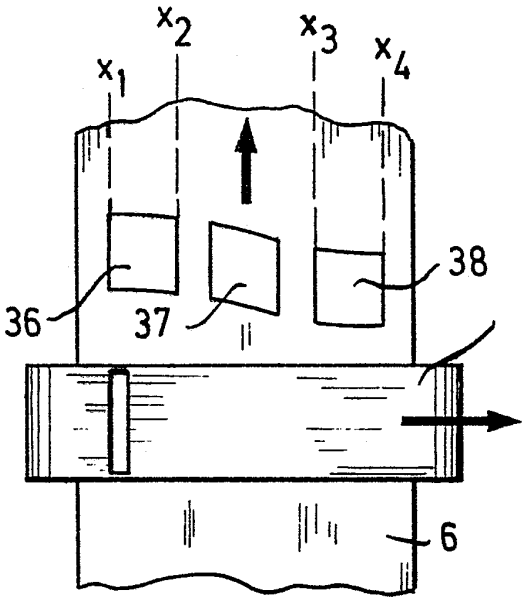
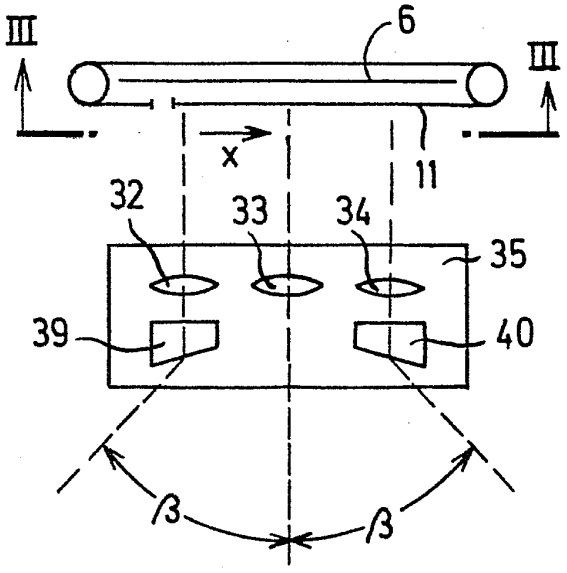


Fig. 2



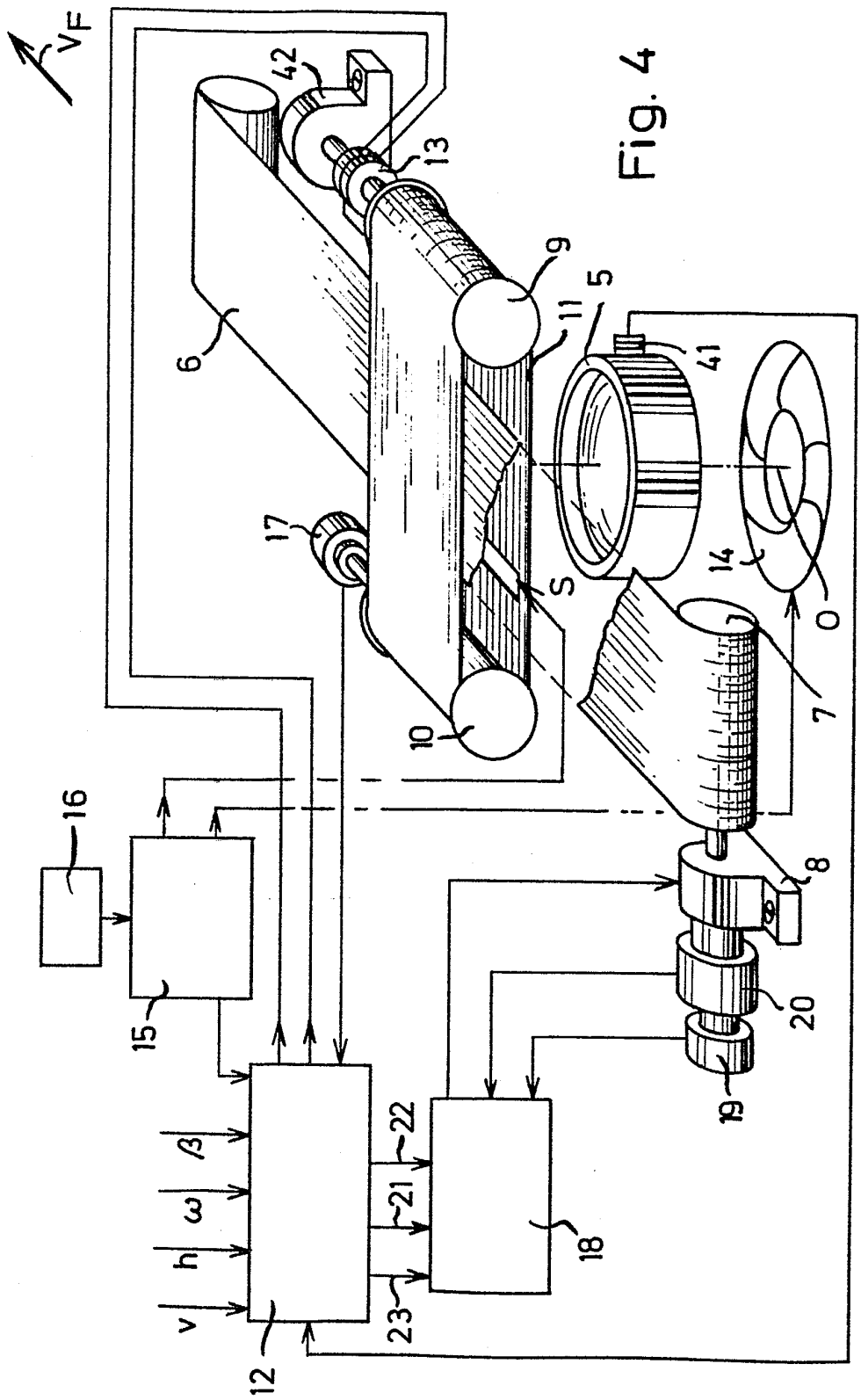


Fig. 4

83 011 2

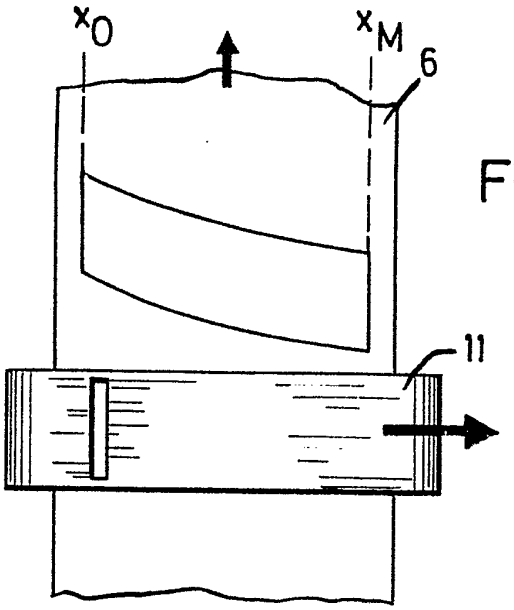


Fig.6

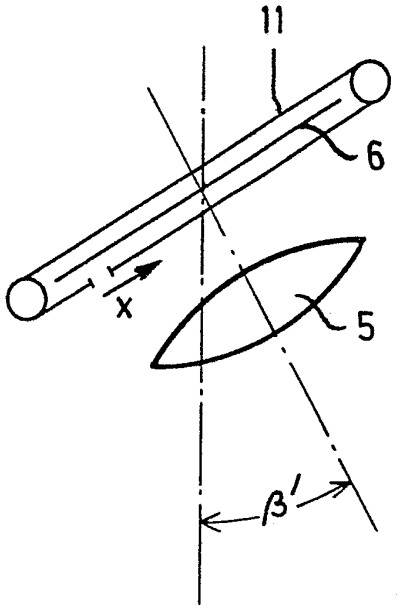


Fig.7

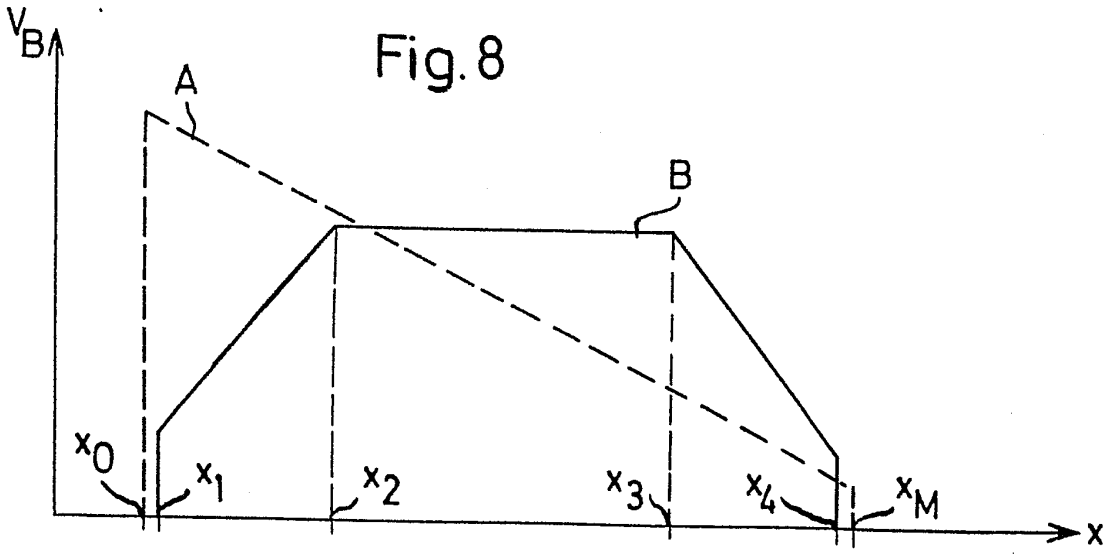


Fig.8

EP 0123271

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 241 441 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.09.2002 Patentblatt 2002/38

(51) Int Cl.[7]: **G01C 11/02**, H04N 1/387

(21) Anmeldenummer: **02005074.6**

(22) Anmeldetag: **06.03.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **13.03.2001 DE 10112009**

(71) Anmelder: **EMT Ingenieurbüro für Elektro-Mechanische Technologien Dipl.-Ing. Hartmut Euer**
82377 Penzberg (DE)

(72) Erfinder:
- **Euer, Hartmut, Dipl.-Ing.**
  82393 Iffeldorf (DE)
- **Wernicke, Joachim, Prof. Dr.-Ing.**
  14167 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Kern, Wolfgang, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte Kern, Brehm & Partner GbR
Albert-Rosshaupter-Strasse 73
81369 München (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung

(57) Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung und Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung, bei welchem die aufgenommenen Luftbilder aus einer zeitlichen Folge von Einzelbildern in Form von Videosignalen zur Anzeige gebracht werden.

Erfindungsgemäß wird verfahrensseitig ein streifenförmiger Bodenbereich in Form eines Einzelbildfächers aufgenommen. Vorrichtungsseitig ist zum Aufnehmen des streifenförmigen Bodenbereichs in Form eines Einzelbildfächers wenigstens eine Kamera vorgesehen. Gemäß einer ersten Ausführungsform sind mehrere Videokameras fächerartig vorgesehen und angeordnet. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist lediglich eine Videokamera vorgesehen, deren optische Achse stufenweise verstellbar ist.

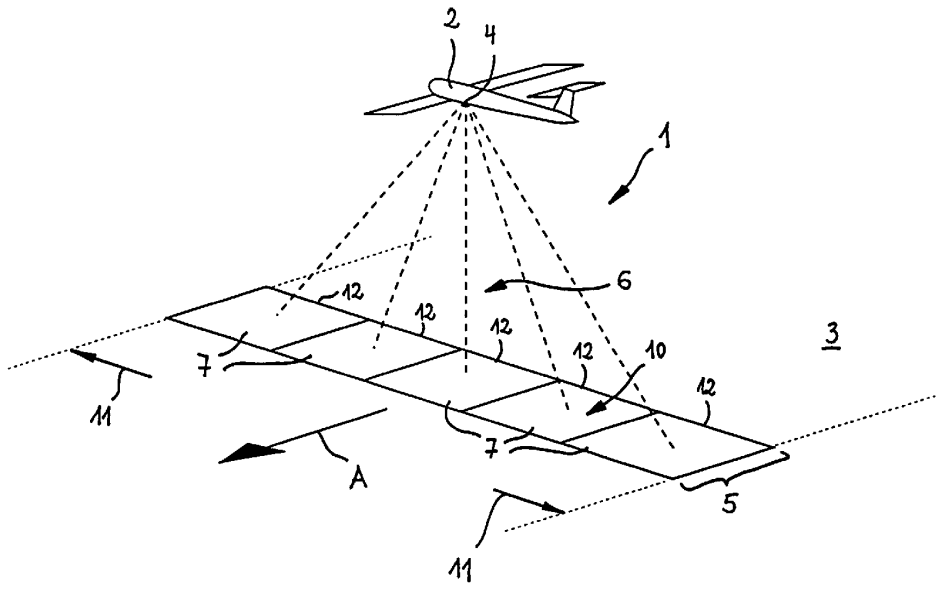


Fig. 1

EP 1 241 441 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7.

[0002] Sogenannte Aufklärungs-Fluggeräte sind aus der Praxis bekannt und üblicherweise mit elektronischen Luftbildkameras ausgestattet, die ihre Bilder über eine Funkstrecke in Echtzeit an eine Bodenstation übermitteln. Derartige Kameras können in unterschiedlichen Spektralbereichen empfindlich sein und unterschiedliche Gesichts- oder Abbildungsfelder gemäß der bei der betreffenden Kamera verwendeten Tele-, Normal- oder Weitwinkeloptik sowie unterschiedliche Blickrichtungen haben.

[0003] Bei den vorgenannten elektronischen Kameras handelt es sich beispielsweise um sogenannte Bildzeilenkameras auf der Grundlage einer Sensorzeile aus Bildpunkten, auch Pixelzeile genannt, oder um sogenannte Bildflächenkameras auf der Grundlage einer Sensormatrix aus Bildpunkten, auch Pixelmatrix genannt.

[0004] Bei der vorgenannten Bildzeilenkamera ergibt sich das Bild sequentiell aus einer Folge einzelner Bildzeilen. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Flugbewegung über dem abzubildenden Erdboden senkrecht zur Bildzeile fortschreitet. Diese Voraussetzung ist bei Fluggeräten auf der Basis von Starrflüglern regelmäßig gegeben. Eine weitere Voraussetzung ist eine Raumlagestabilität der Bildzeile während eines bestimmten Aufnahmeintervalls.

[0005] Bei den vorgenannten Bildflächenkameras ergibt sich das gesamte Bild simultan durch gleichzeitige Belichtung und nachfolgende elektronische Auslesung der Sensormatrix aus den Bildpunkten.

[0006] Das zuvor erwähnte Bildzeilenprinzip wird im Stand der Technik der Luftbildaufklärung nur bei hochauflösenden Wärmebildkameras verwendet, während die vorerwähnten Bildflächenkameras hauptsächlich für den sichtbaren Spektralbereich und den nahen Infrarotbereich oder als niedrigauflösende Wärmebildkameras verwendet werden.

[0007] Aus dem Stand der Technik sind ferner Bildflächenkameras bekannt, welche Fernsehsignale gemäß internationaler Normen ausgeben. Diese Kameras werden nachfolgend Videokameras genannt. Bei den ausgegebenen Signalen handelt es sich zumeist um analoge Fernsehsignale, bei neueren Videokameras sowie bei sogenannten Internet-Kameras auch um digitale Fernsehsignale. Es ist auch bekannt, solche Videokameras in der luftgestützten Aufklärung einzusetzen. Das Videosignal besteht aus einer zeitlichen Folge von inhaltlich grundsätzlich unabhängigen Einzelbildern mit einer festen Bildfolgefrequenz. Diese beträgt beispielsweise 25 Einzelbilder pro Sekunde bei der PAL-Fernsehnorm oder 30 Einzelbilder pro Sekunde bei der NTSC-Fernsehnorm. Die Einzelbilder sind in der Regel in je zwei zeilenweise ineinander kämmende Halbbilder unterteilt. Diese Unterteilung geht aus historischen Gründen zurück auf die Fernseh-Normenkompatibilität. Die vorgenannten Videokameras können Monochrom- oder Farbkameras in CCD (charge-coupled device) -Technik oder CMOS (complementary metaloxide semiconductor)-Technik sein.

[0008] Ein Nachteil der genannten Videokameras besteht in ihrer im Vergleich zu fotografischen Bildern niedrigen Bildauflösung. PAL-Einzelbilder zeigen gemäß einer üblichen Konvention beispielsweise eine Auflösung von etwa 400.000 Pixeln (Format 576 x 768 Pixel). Demgegenüber beträgt die Auflösung fotografischer Luftbilder mindestens einige Millionen Pixel.

[0009] Um den vorgenannten Nachteil der geringen Auflösung zu vermeiden, werden in den genannten Fluggeräten häufig elektronische Kameras höherer Auflösung meist in Form digitaler Standbildkameras eingesetzt. Die Bildauflösung derartiger Kameras kommt derjenigen konventioneller fotografischer Luftbilder nahe. Allerdings wird die höhere Auflösung durch den Verlust der sogenannten Echtzeitfunktion erkauft, welcher durch die großen Bilddatenvolumen und die erforderlichen Übertragungsdauern, welche über die vorhandenen Funkstrecken vielfach im Sekundenbereich liegen, bedingt. ist. Der im Videobild fließende subjektive Bewegungseindruck geht bei in Sekundenabständen eingehenden Standbildern verloren. Durch den zusätzlichen Einsatz digitaler Datenkompressionsverfahren kann dieser Verlust der Echtzeitfunktion gemildert, nicht jedoch aufgehoben werden.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs erwähnten Art anzugeben, mittels dem die Luftbilder hochauflösend und in Echtzeit aufgenommen werden können. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens anzugeben.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 gelöst.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

[0013] Verfahrensseitig wird erfindungsgemäß ein streifenförmiger Bodenbereich in Form eines Einzelbildfächers aufgenommen. Dadurch ergibt sich ein gegenüber einer gemäß dem Stand der Technik angeordneten Videokamera vergrößerter Bildstreifen aus einer bestimmten Anzahl n von Einzelbildern. Vorteilhaft ist dabei insbesondere eine Bildauflösung, so zum Beispiel Pixelanzahl, in Querrichtung des Bildstreifens, d.h. senkrecht zur Flugrichtung, welche ohne Berücksichtigung geringfügiger Überlappungen an den Einzelbildgrenzen um das n-fache gegenüber dem Einzelbild gesteigert ist. In Längsrichtung des Bildstreifens, d.h. parallel zur Flugrichtung, ist die Bildauflösung im Vergleich

zu derjenigen des Einzelbildes gemäß dem Stand der Technik jedoch unverändert. Im Falle von beispielsweise sieben Kameras (n = 7) umfasst der Bildstreifen in der Höhe 576 Pixel, in der Breite jedoch mehr als 5.300 Pixel (768 x 7 Pixel), so dass sich für den Bildstreifen insgesamt mehr als 3 Millionen Pixel ergeben. Dies entspricht etwa der Auflösung eines fotografischen Luftbildes.

[0014] Vorteilhafterweise werden die den streifenförmigen Bodenbereich abbildenden Einzelbilder gleichzeitig oder sequentiell aufgenommen, wobei vorzugsweise die Einzelbilder in Form von Videosignalen gespeichert, anschließend sequentiell ausgegeben und zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden. Die nachfolgende Aneinanderreihung der Bildstreifen in Flugrichtung ergibt somit eine detailreiche, hochauflösende, im Prinzip endlose Darstellung eines größeren Geländestreifens, welcher einem sogenannten Bildteppich unter dem Flugweg entspricht. Es ist ferner durch bildinhaltsbezogene Verfahren der elektronischen Bildverarbeitung möglich, die einzelnen Bildstreifen ihrerseits zu einem fast oder vollständig nahtlosen Gesamtbild zusammenzufassen.

[0015] Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Zusammensetzen der Einzelbilder zu einem Gesamtbild unter Berücksichtigung der Flugbewegung, insbesondere der Flugbahn- und Raumlagebewegung, zum Zeitpunkt der Aufnahme der Einzelbilder, wobei sich die Einzelbilder vorzugsweise geringfügig überlappen. Insofern können die Einzelbilder unter entsprechenden Verschiebungen und Drehungen gemäß der Flugbewegung zu den Bildstreifen aneinander gereiht werden. Dieser Verfahrensschritt des mosaikartigen Aufbaus des Gesamtbildes hat den Vorteil, dass zeitaufwändige Bildinhaltsrechnungen nicht erforderlich sind. Ein apparativer Mehraufwand tritt in aller Regel nicht auf, weil die Flugbahn- und Raumlagedaten des Fluggeräts zumeist ohnehin an die Bodenstation zu übermitteln sind, um eine Zuordnung des Blickfeldes der Videokamera zur Landkarte vornehmen zu können.

[0016] Gemäß einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden für Aufnahmen bei Nacht kurzzeitige Blitzlichter vorzugsweise im Fernsehtakt der Einzelbildaufnahme geschaltet. Dadurch sind Verwacklungen der Einzelbilder infolge der Bewegung der Videokamera während der Belichtung praktisch ausgeschlossen. Vorteilhaft ist dabei ferner, dass für die Aufklärung bei Nacht die kosten- und gewichtsaufwändigen Wärmebildkameras entbehrlich werden, welche außerdem in temperaturhomogenen Szenen nur unbefriedigende Bildkontraste ergeben. Es ist aber auch möglich, für die Bildaufnahme Dauerlicht zu verwenden, sofern eine der Flughöhe und der Empfindlichkeit der Videokamera entsprechende Lichtleistung des betreffenden Scheinwerfers gewählt wird. Mit Hilfe der kurzzeitigen Blitzlichter lässt sich darüber hinaus vorteilhaft Beleuchtungsenergie einsparen.

[0017] Vorrichtungsseitig ist erfindungsgemäß zum Aufnehmen eines streifenförmigen Bodenbereichs in Form eines Einzelbildfächers wenigstens eine Videokamera vorgesehen. Wie zuvor erwähnt, lässt sich mit Hilfe des Einzelbildfächers quer zur Bewegungsrichtung, d.h. quer zur Flugrichtung des Fluggeräts, eine beträchtlich höhere Auflösung erreichen, wobei der Echtzeitcharakter der Bewegungsabfolge vollständig oder zumindest nahezu vollständig erhalten bleibt.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung sind mehrere Videokameras fächerartig derart vorgesehen und angeordnet, dass eine Aneinanderreihung der Bildfelder der einzelnen Videokameras den Bildstreifen in Form des Einzelbildfächers ergibt. Durch die zueinander feste fächerförmige Anordnung entsprechend verschiedenen Blickrichtungen um die Längsachse des Fluggeräts können die einzelnen, den Bildstreifen letztlich ergebenden Einzelbilder gleichzeitig aufgenommen werden. Dabei überlappen sich die Bildfelder jeweils benachbarter Kameras geringfügig. Im Falle der vorerwähnten PAL- oder NTSC-Fernsehnorm können mit 25 bzw. 30 Einzelbildern pro Sekunde bei einer Anordnung von n = 7 Kameras etwa vier Bildstreifenzyklen je Sekunde durchlaufen bzw. aufgenommen oder abgetastet werden, so dass sich ein nahezu stetiger Bewegungseindruck der Bildszene entsprechend einer Bewahrung der Echtzeitfunktion ergibt. Im Falle der erwähnten mehreren Videokameras in fester Fächeranordnung können die Einzelbilder der Videokameras für einen Bildstreifen, wie erwähnt, gleichzeitig aufgenommen, anschließend aber sequentiell zur Auswerteeinheit übertragen werden. In diesem Fall entfällt eine nachträgliche Korrektur des aus mehreren Bildstreifen zusammengesetzten Gesamtbildes aufgrund der Flugbewegung des Fluggeräts.

[0019] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist lediglich eine Videokamera vorgesehen, deren optische Achse stufenweise verstellbar ist, wobei entweder die Videokamera selbst oder ein Umlenkspiegel vor dem Objektiv der Videokamera schwenkbar ausgebildet ist. Dadurch lässt sich der apparative Aufwand in Bezug auf die Videokameras und das Gewicht der gesamten erfindungsgemäßen Vorrichtung günstig beeinflussen.

[0020] Vorteilhafterweise ist die Schwenkbewegung systematisch und synchron zum Takt der Video-Einzelbilder in Winkelstufen entsprechend den gewünschten Aufnahmerichtungen der Einzelbilder durchführbar. Daraus folgt, dass die Aufnahmerichtung, auch Blickrichtung genannt, zyklisch während eines möglichst kurzen Zeitintervalls verstellt wird und dann während der Belichtungszeit wenigstens eines Einzelbildes oder Halbbildes konstant bleibt. Es ist klar, dass die vorerwähnte stufenweise Schwenkbewegung um die Längsachse des Fluggeräts erfolgt. Ein zusätzlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit mehreren Videokameras oder mit einer schwenkbaren Videokamera im Vergleich zu einer Weitwinkel-Streifenaufnahme

besteht darin, dass selbst unter den als begrenzt anzunehmenden Raumlagebewegungen des Fluggeräts ein breiter Bodenstreifen stets im Blick bleibt. Insofern kann das Videokamera-System zellenfest montiert sein und bedarf nicht einer aufwändigen kardanischen Schwenkvorrichtung, wie sie in Aufklärungs-Fluggeräten nach dem Stand der Technik gebräuchlich ist. Durch den Wegfall solcher mechanischer Einrichtungen für eine Kameraschwenkung wird mit der technischen Vereinfachung zugleich auch eine erhöhte Betriebszuverlässigkeit erreicht.

[0021] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung weist jede Videokamera einen Bildspeicher und vorzugsweise einen Infrarot-Scheinwerfer auf. Damit ist es möglich, die Bildaufnahme von einer Übertragung der Bildpunkte zur Auswerteeinheit zu entkoppeln.

[0022] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der jeder Videokamera zugeordnete Infrarot-Scheinwerfer eine Strahlrichtung auf, die parallel zur optischen Achse der jeweiligen Videokamera geführt ist. Damit kann auch bei Verwendung von lediglich einer Videokamera der Bodenbereich auch bei Nacht streifenförmig aufgenommen werden. Durch die einfache Umlenkung des Infrarot-Scheinwerfers ist eine einfache Möglichkeit geschaffen, die Strahlrichtung des Scheinwerfers an diejenige der optischen Achse der Videokamera anzupassen.

[0023] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist jede Videokamera mit einer Auswerteeinheit verbunden, welche vorzugsweise einen synchronen Videoumschalter, einen Modulator und Funksender, einen Demodulator und einen Bildstreifensynthetisator aufweist, wobei vorzugsweise zusätzlich eine Raumlage- und Flugbahnsensorik vorgesehen und an den Funksender angeschlossen ist und jede Videokamera, der Videoumschalter, der Modulator und Funksender und die Raumlage- und Flugbahnsensorik am Fluggerät und der Demodulator sowie der Bildstreifensynthetisator bodenseitig angeordnet sind. Damit wird einerseits das Gewicht des Fluggeräts möglichst minimal gehalten, andererseits ist es möglich, die von der erfindungsgemäßen Vorrichtung aufgenommenen Bilder in Echtzeit am Boden zu verfolgen und gegebenenfalls in die Flugbahn des Fluggeräts eingreifen zu können. Durch geeignete Flugbahnschleifen des Fluggeräts kann somit ein bestimmter Bodenpunkt über längere Zeit im Blick gehalten werden, wodurch eine Echtzeitbeobachtung von Bewegungsvorgängen innerhalb der Bodenszene ermöglicht ist.

[0024] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist an den Bildstreifensynthetisator eine Bildmontageeinrichtung zum Zusammensetzen eines Gesamtbildes aus den vom Bildstreifensynthetisator ausgegebenen Bildstreifen angeschlossen. Mit Hilfe der Bildmontageeinrichtung ist es daher möglich, einen sogenannten zusammenhängenden Bildteppich aus den einzelnen Bildstreifen zu erzeugen und so einen guten Überblick über das aufgenommene Gelände zu erlangen.

[0025] Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische, perspektivische Ansicht eines eine Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung aufweisenden Fluggeräts;

Fig. 2 eine schematische Vorderansicht der Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung gemäß einer ersten Ausführungsform; und

Fig. 3 eine schematische Vorderansicht der Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die Bildaufklärung gemäß einer anderen Ausführungsform.

[0026] In Fig. 1 ist schematisch ein Anwendungsfall einer Vorrichtung 1 zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung in einer perspektivischen Ansicht dargestellt. Die Vorrichtung 1 ist am Rumpf eines Fluggeräts 2, beispielsweise eines Aufklärungs-Fluggeräts in Form eines Starrflüglers, befestigt und zum Boden 3 gerichtet.

[0027] Die Vorrichtung 1 hat wenigstens eine in Fig. 1 nicht näher gezeigte, jedoch in den Fig. 2 und 3 dargestellte Videokamera 4 zum Aufnehmen eines streifenförmigen Bodenbereichs 5 in Form eines Einzelbildfächers 6, wobei sich benachbarte Einzelbilder 7 geringfügig überlappen. Eine derartige Überlappung ist der Einfachheit halber in Fig. 1 nicht dargestellt.

[0028] Beispielhaft sind in Fig. 1 fünf (n = 5) nebeneinander angeordnete Einzelbilder 7 gezeigt, welche zusammen den streifenförmigen Bodenbereich 5 und den Einzelbildfächer 6 bilden. Die wenigstens eine Kamera ist vom Fluggerät 2 etwa senkrecht zum Boden 3 gerichtet; der streifenförmige Bodenbereich 5, welcher letztlich einen Bildstreifen 10 bildet, erstreckt sich quer zur fortschreitenden Flugbewegung des Fluggeräts 2 entlang dem Pfeil A über dem abzubildenden Boden 3, nämlich dem Erdboden oder Gelände. Damit lässt sich mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 ein mit der Flugbewegung entlang dem Pfeil A fortschreitendes Bild von dem Boden 3 erstellen, dessen Breite 11 der Gesamtbreite der aneinander gereihten Einzelbilder 7 entspricht.

[0029] Eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 ist in Fig. 2 schematisch in einer Vorderansicht dargestellt. Gemäß dieser Ausführungsform sind fünf (n = 5) Videokameras 4 fächerartig derart vorgesehen und angeordnet, dass eine Aneinanderreihung der Bildfelder 12 der einzelnen Videokameras 4, wie in Fig. 1 angedeutet, den Bildstreifen 10 in Form des Einzelbildfächers 6 ergibt. Der Pfeil B bezeichnet dabei näherungsweise die Lotrichtung zum Boden 3, welcher

in Fig. 1 angedeutet, in Fig. 2 jedoch weggelassen ist.

[0030] Eine andere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 ist schematisch in Fig. 3 gezeigt. In diesem Fall ist lediglich eine Videokamera 4 vorgesehen, deren optische Achse 13 stufenweise verstellbar ist. Dazu kann gemäß einer nicht gezeigten Ausführungsform die Videokamera selbst schwenkbar ausgebildet sein. Gemäß der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform ist vor dem Objektiv 14 der Videokamera 4 ein Umlenkspiegel 15 mit Hilfe eines Stellantriebs 16 schwenkbar angeordnet, so dass sich der Einzelbildfächer 6 aufgrund des Fächers der umgelenkten optischen Achsen 20, 21, 22 ergibt. Es ist klar, dass zum Aufnehmen des in Fig. 1 gezeigten Bildstreifens 10 mit fünf Einzelbildern 7 gemäß der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform der Vorrichtung 1 letztlich auch fünf unterschiedliche Stellungen des Umlenkspiegels und damit fünf umgelenkte optische Achsen zu erzeugen sind. Der Einfachheit und der besseren Übersicht halber sind in Fig. 3 jedoch lediglich drei unterschiedliche Stellungen gezeigt, wobei sich in der in durchgezogenen Linien dargestellten Stellung des Umlenkspiegels 15 die umgelenkte optische Achse 21, mit der im Uhrzeigersinn in Richtung des Pfeils C verschobenen Stellung des Umlenkspiegels 15 die umgelenkte optische Achse 20 und mit der im Gegenuhrzeigersinn in Richtung des Pfeils D verschobenen Stellung des Umlenkspiegels 15 die umgelenkte optische Achse 22 ergibt. Die im Uhrzeigersinn bzw. im Gegenuhrzeigersinn verschobenen Stellungen in Richtung der Pfeile C und D des Umlenkspiegels 15 sind in Fig. 3 gestrichelt angedeutet.

[0031] Die durchgeführte Schwenkbewegung ist systematisch und synchron zum Takt der Video-Einzelbilder 7 in Winkelstufen entsprechend den gewünschten Aufnahmerichtungen der Einzelbilder durchführbar. Somit lässt sich über ein Verschwenken der optischen Achse 13 ein in Fig. 1 angedeuteter Einzelbildfächer 6 erreichen, welcher aus einer bestimmten Anzahl von Einzelbildern 7 zusammengesetzt ist. Diese Anzahl beträgt gemäß der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform fünf Einzelbilder. Der Bildstreifen 10 kann aber auch aus einer anderen Anzahl von Einzelbildern, beispielsweise aus sieben (n = 7) Einzelbildern, zusammengesetzt sein. In Fig. 3 bezeichnet der Pfeil B wieder näherungsweise die Lotrichtung zum Boden, welcher in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 3 versehen ist.

[0032] Jede Videokamera 4 hat einen Bildspeicher 23 sowie einen Scheinwerfer 24, welcher vorzugsweise als Infrarot-Scheinwerfer ausgebildet ist. Jeder Scheinwerfer 24 ist fest mit der Videokamera 4 verbunden, wobei sich der Lichtstrahl jedes Scheinwerfers parallel zur optischen Achse der jeweiligen Kamera erstreckt. Um die visuelle Auffälligkeit der Scheinwerfer zu vermeiden, sind insbesondere Lichtquellen im nahen Infrarot, d.h. zwischen 0,7 und 1,1 μm, besonders geeignet. Die eingangs erwähnten üblichen Monochrom-Videokameras sind in diesem Bereich empfindlich.

[0033] In Bezug auf die Ausführungsform gemäß Fig. 3 ist klar, dass der Umlenkspiegel 15 im Sinne einer Doppelfunktion auch die Lichtstrahlen des Scheinwerfers 24 der Videokamera 4 zum Boden hin entsprechend seiner jeweiligen Stellung umlenkt. Statt eines Scheinwerfers mit Dauerlicht kann dieser auch derart ausgebildet sein, dass kurzzeitige Blitzlichter im Femsehtakt der Einzelbildaufnahme oder Halbbildaufnahme erzeugt werden. Damit sind auch Luftbildaufnahmen bei Nacht möglich. Es ist klar, dass die Lichtleistung der Scheinwerfer entsprechend der Flughöhe und der Helligkeit des aufzunehmenden Geländes sowie der Empfindlichkeit der Videokamera(s) zu wählen ist. Die einzelnen Bildstreifen ergeben sich daher gemäß Fig. 1 beim Überflug des Fluggeräts 2 mit der wenigstens eine Videokamera 4 aufweisenden Vorrichtung 1 über eine Landschaft oder ein Gelände in Flugrichtung gemäß dem Pfeil A.

[0034] Gemäß Fig. 2 ist jede Videokamera 4 mit einer Auswerteeinheit 25 über Leitungen 26 verbunden. Die Auswerteeinheit 25 umfasst einen synchronen Videoumschalter 27, der über die Leitungen 26 mit den einzelnen Videokameras 4 verbunden ist, sowie einen Modulator und Funksender 30, welcher über eine Leitung 31 mit dem Videoumschalter 27 verbunden ist.

[0035] Über eine Leitung 32 ist ferner eine Raumlage- und Flugbahnsensorik 33 mit dem Modulator und Funksender 30 verbunden.

[0036] Die Auswerteeinheit 25 umfasst femer einen Demodulator 34 sowie einen Bildstreifensynthetisator 35 und eine mit letzterem verbundene Bildmontageeinrichtung 36. Die drei erstgenannten Komponenten Videoumschalter 27, Modulator und Funksender 30 sowie Raumlage- und Flugbahnsensorik 33 sind am Fluggerät 2, die drei letztgenannten Komponenten Demodulator 34, Bildstreifensynthetisator 35 sowie Bildmontageeinrichtung 36 sind hingegen bodenseitig angeordnet.

[0037] Die Übertragung der Signale erfolgt beispielsweise über Funk mit Hilfe einer an den Modulator und Funksender 30 angeschlossenen Sendeantenne 37 sowie einer an den Demodulator 34 angeschlossenen Empfangsantenne 40. Die empfangenen Signale werden dem Bildstreifensynthetisator 35 über Leitungen 41, 42 zugeführt, wobei die empfangenen Signale zunächst in Videosignale und Flugzustandssignale separiert werden. Die Videosignale werden dem Bildstreifensynthetisator beispielsweise über die Leitung 41, die Flugzustandssignale beispielsweise über die Leitung 42 zugeführt. Die Bildmontageeinrichtung 36 ist über eine Leitung 43 mit dem Bildstreifensynthetisator 35 verbunden und in der Lage, aus den einzelnen, vom Bildstreifensynthetisator 35 über die Leitung 43 gelieferten Bildstreifen ein zusammenhängendes Gesamtbild in Form eines sogenannten Bildteppichs zusammenzusetzen. Bei einer vereinfachten Ausführungsform kann die letztgenannte Bildmontageeinrichtung 36 auch entfallen.

[0038] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung näher erläutert.

[0039] Dabei werden die aufgenommenen Luftbilder aus einer zeitlichen Folge von Einzelbildern in Form von Videosignalen zur Anzeige gebracht. Erfindungsgemäß wird ein streifenförmiger Bodenbereich 5 in Form eines Einzelbildfächers 6 aufgenommen. Dazu werden die den streifenförmigen Bodenbereich 5 abbildenden Einzelbilder 7 gleichzeitig oder sequentiell aufgenommen. Im Falle der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform erfolgt die Aufnahme der Einzelbilder vorzugsweise gleichzeitig, im Fall der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform sequentiell, d.h. nacheinander.

[0040] Die aufgenommenen Einzelbilder 7 werden in Form von Videosignalen im Bildspeicher 23 jeder Videokamera 4 gespeichert, anschließend sequentiell ausgegeben und zu einem den gesamten Bildstreifen 10 betreffenden Gesamtbild zusammengesetzt. Von n Videokameras wird demnach jeweils ein Einzelbild aufgenommen, sequentiell unverzüglich an die vorerwähnten Komponenten der Auswerteeinheit 25 am Boden übertragen und dort mit Hilfe des elektronischen Bildstreifensynthetisators 35 zu einem Bildstreifen entsprechend der Anordnung der n Videokameras und der Bewegung des Fluggeräts 2 während der Aufnahmesequenz zusammengesetzt. In dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind n = 5 Videokameras vorgesehen.

[0041] Die Bildstreifenmontage kann bildinhaltsgestützt durch Verfahren der digitalen Bildverarbeitung, d. h. auf Bildinhaltsvergleiche gestützte sogenannte Bildmosaikmontage, erfolgen. Dabei kann es bei Einsatz von größeren Gesichtsfeldwinkeln erforderlich sein, die durch die Raumlagegeometrie oder gegebenenfalls Objektivverzeichnungen bedingten systematischen, nichtlinearen Randverzerrungen der Einzelbilder vor der Streifenmontage, d.h. vor der Erzeugung des gesamten Bildstreifens, zu entzerren.

[0042] Erfindungsgemäß erfolgt die sogenannte Mosaikmontage, d.h. das Zusammensetzen der Einzelbilder zu einem den Bildstreifen bildenden Gesamtbild unter Berücksichtigung der Flugbewegung, insbesondere der Flugbahn- und Raumlagebewegung, zum Zeitpunkt der Aufnahme der Einzelbilder. Die Mosaikmontage kann daher auch ohne Bildinhaltsbezug unter Zuhilfenahme der Besonderheiten der Luftbild-Aufnahmesituation dadurch erfolgen, dass die relativen geometrischen Lagen der Einzelbilder durch gleichzeitige Messung und Funkübertragung der Daten der Flugbahn- und Raumlagebewegung des Fluggeräts ermittelt und dem Bildstreifensythetisator 35 über die erwähnte Funkstrecke zugeführt werden. Die Einzelbilder 7 werden dann unter entsprechenden Verschiebungen und Drehungen gemäß der Flugbewegung zu den jeweiligen Bildstreifen aneinandergereiht, wobei die vorerwähnte Überlappung aufrechterhalten bleibt.

[0043] Für Aufnahmen bei Nacht werden kurzzeitige Blitzlichter, vorzugsweise im Fernsehtakt der Einzelbildaufnahme, geschaltet.

[0044] Die bodenseitige Objektauflösung wird in dem Maße feiner, in dem die Gesichtsfeldwinkel der Einzelbilder schmaler werden. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausrührungsform können deshalb Teleobjektive bei den genannten Videokameras zum Einsatz kommen. Dadurch ergibt sich der zusätzliche Vorteil, dass die mit derartigen Objektiven aufgenommenen Einzelbilder meist vernachlässigbare, nichtlineare Randverzerrungen aufweisen, so dass der Bildstreifenmontage keine Randentzerrung der Einzelbilder vorausgehen muss. Beispielsweise ergibt eine Aneinanderreihung von n = 7 Videokameras mit Teleobjektiven von je 6° Bildfeldbreite einen Bildstreifen von ca. 42° Bildfeldbreite, was einem Weitwinkelobjektiv entspricht. Voraussetzung für den Einsatz der genannten Teleobjektive ist eine ausreichende Bewegungsruhe des Fluggeräts während der Belichtungszeit des jeweiligen Einzelbildes, d. h. eine Begrenzung der Winkelgeschwindigkeit des Fluggeräts. Diese Voraussetzung ist in der Luftbildaufklärung meist erfüllt oder erfüllbar.

[0045] Gemäß der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform sind die Videokameras 4 jeweils mit einem Bildspeicher 23 versehen. Diese speichern einen gleichzeitig aufgenommenen Satz von Einzelbildem der Videokamera, so dass die Einzelbilder anschließend sequentiell ausgegeben werden können. Damit entfällt eine Korrektur bei der Bildstreifenmontage aufgrund der Flugbewegung während der Aufnahmesequenz. Im Falle der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform der Erfindung werden die Einzelbilder sequentiell in verschiedenen Richtungen gemäß dem Einzelbildfächer 6 aufgenommen. In diesem Fall kann eine Korrektur bei der Bildstreifenmontage entsprechend der Flugbewegung während der Aufnahmesequenz erforderlich sein.

[0046] Damit ist es möglich, eine hochauflösende Luftbildaufklärung in Echtzeit durchzuführen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung,
   bei welchem die aufgenommenen Luftbilder aus einer zeitlichen Folge von Einzelbildern in Form von Videosignalen zur Anzeige gebracht werden,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   ein streifenförmiger Bodenbereich in Form eines Einzelbildfächers aufgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den streifenförmigen Bodenbereich abbildenden Einzelbilder gleichzeitig oder sequentiell aufgenommen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelbilder in Form von Videosignalen gespeichert, anschließend sequentiell ausgegeben und zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zusammensetzen der Einzelbilder zu einem Gesamtbild unter Berücksichtigung der Flugbewegung, insbesondere der Flugbahn- und Raumlagebewegung, zum Zeitpunkt der Aufnahme der Einzelbilder erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Einzelbilder geringfügig überlappen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für Aufnahmen bei Nacht kurzzeitige Blitzlichter vorzugsweise im Fernsehtakt der Einzelbildaufnahme geschaltet werden.

7. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Aufnehmen eines streifenförmigen Bodenbereichs (5) in Form eines Einzelbildfächers (6) wenigstens eine Videokamera (4) vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Videokameras (4) fächerartig derart vorgesehen und angeordnet sind, dass eine Aneinanderreihung der Bildfelder (12) der einzelnen Videokameras (4) den Bildstreifen (10) in Form des Einzelbildfächers (6) ergibt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** lediglich eine Videokamera (4) vorgesehen ist, deren optische Achse (13) stufenweise verstellbar ist, wobei entweder die Videokamera (4) selbst oder ein Umlenkspiegel (15) vor dem Objektiv (14) der Videokamera (4) schwenkbar ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwenkbewegung systematisch und synchron zum Takt der Video-Einzelbilder (7) in Winkelstufen entsprechend den gewünschten Aufnahmerichtungen der Einzelbilder (7) durchführbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Videokamera (4) einen Bildspeicher (23) und vorzugsweise einen Infrarot-Scheinwerfer (24) aufweist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der jeder Videokamera (4) zugeordnete Infrarot-Scheinwerfer (24) eine Strahlrichtung aufweist, die parallel zur optischen Achse (13) der jeweiligen Videokamera (4) geführt ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Videokamera (4) mit einer Auswerteeinheit (25) verbunden ist, welche vorzugsweise einen synchronen Videoumschalter (27), einen Modulator und Funksender (30), einen Demodulator (34) und einen Bildstreifensynthetisator (35) aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Raumlage- und Flugbahnsensorik (33) vorgesehen und an den Funksender (30) angeschlossen ist und dass jede Videokamera (4), der Videoumschalter (27), der Modulator und Funksender (30) und die Raumlage- und Flugbahnsensorik (33) am Fluggerät (2) und der Demodulator (34) sowie der Bildstreifensynthetisator (35) bodenseitig angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Bildstreifensynthetisator (35) eine Bildmontageeinrichtung (36) zum Zusammensetzen eines Gesamtbildes aus den vom Bildstreifensynthetisator (35) ausgegebenen Bildstreifen (10) angeschlossen ist.

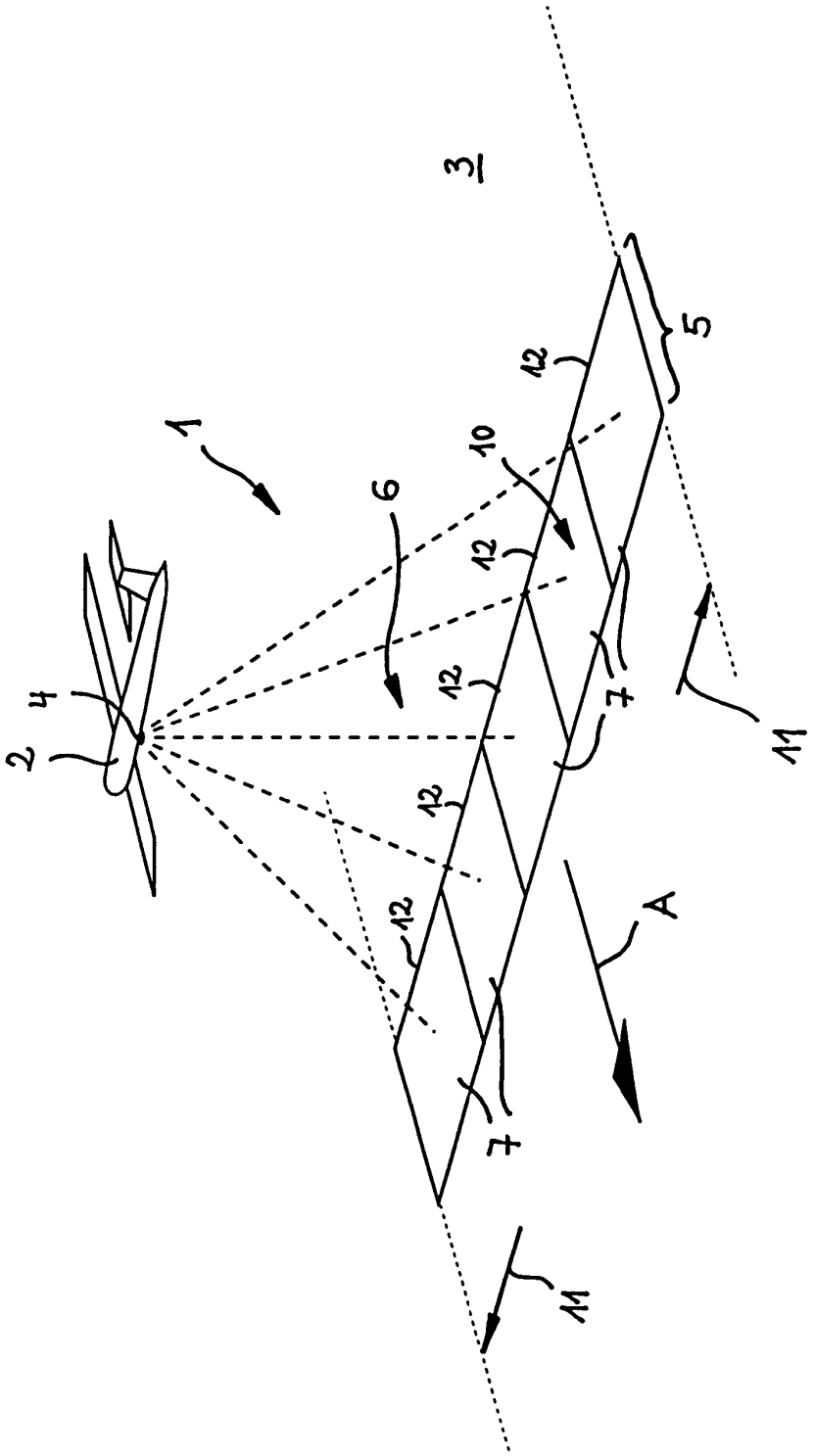


Fig. 1

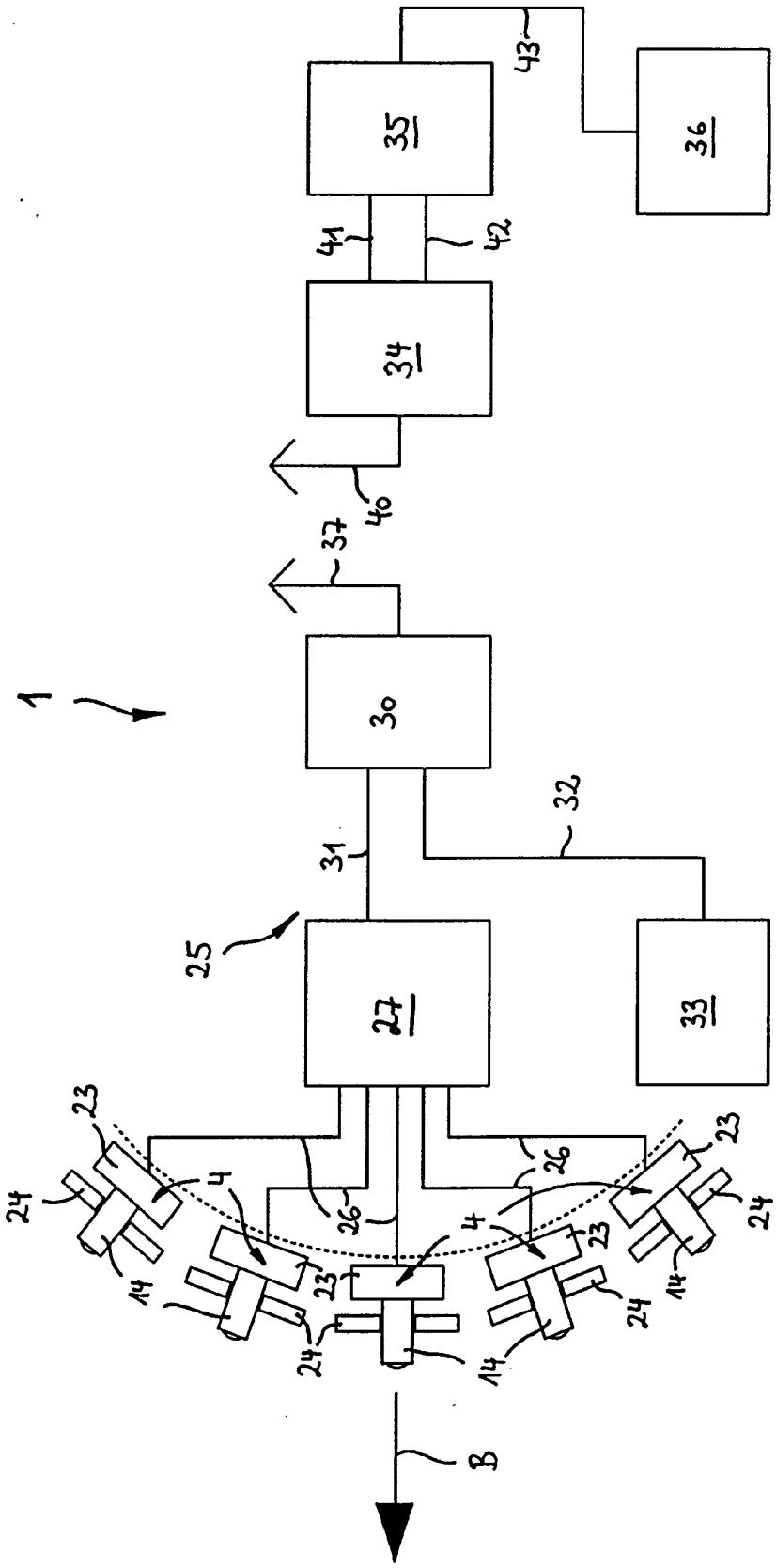


Fig. 2

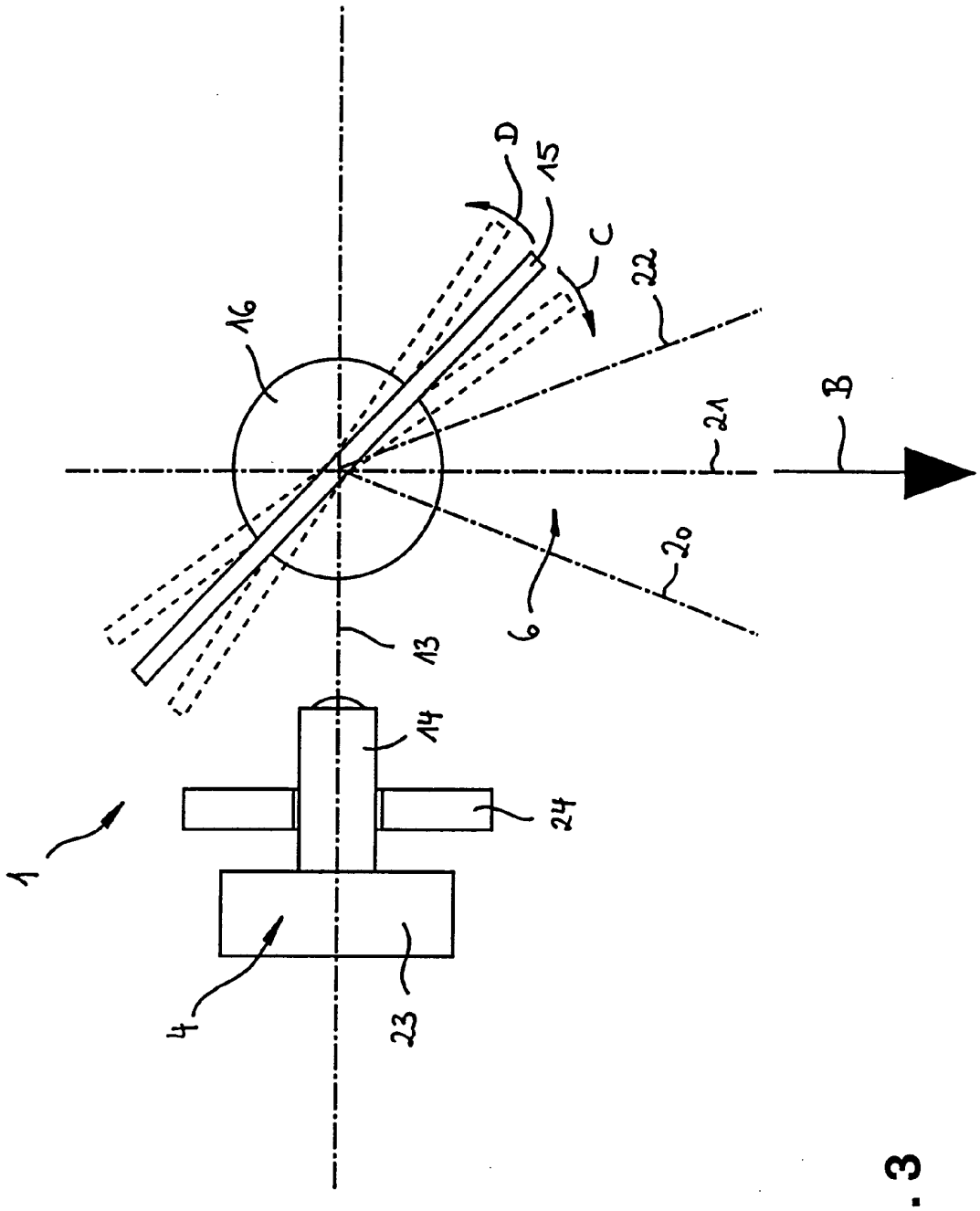


Fig. 3

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 241 441 A3

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:
14.04.2004 Patentblatt 2004/16

(43) Veröffentlichungstag A2:
18.09.2002 Patentblatt 2002/38

(21) Anmeldenummer: **02005074.6**

(22) Anmeldetag: **06.03.2002**

(51) Int Cl.[7]: **G01C 11/02**, G03B 15/00

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **13.03.2001 DE 10112009**

(71) Anmelder: **EMT Ingenieurbüro für Elektro-Mechanische Technologien Dipl.-Ing. Hartmut Euer**
82377 Penzberg (DE)

(72) Erfinder:
- **Euer, Hartmut, Dipl.-Ing.**
  82393 Iffeldorf (DE)
- **Wernicke, Joachim, Prof. Dr.-Ing.**
  14167 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Kern, Wolfgang, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte Kern, Brehm & Partner GbR
Albert-Rosshaupter-Strasse 73
81369 München (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung

(57) Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung und Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern für die Luftbildaufklärung, bei welchem die aufgenommenen Luftbilder aus einer zeitlichen Folge von Einzelbildern in Form von Videosignalen zur Anzeige gebracht werden.

Erfindungsgemäß wird verfahrensseitig ein streifenförmiger Bodenbereich in Form eines Einzelbildfächers aufgenommen. Vorrichtungsseitig ist zum Aufnehmen des streifenförmigen Bodenbereichs in Form eines Einzelbildfächers wenigstens eine Kamera vorgesehen. Gemäß einer ersten Ausführungsform sind mehrere Videokameras fächerartig vorgesehen und angeordnet. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist lediglich eine Videokamera vorgesehen, deren optische Achse stufenweise verstellbar ist.

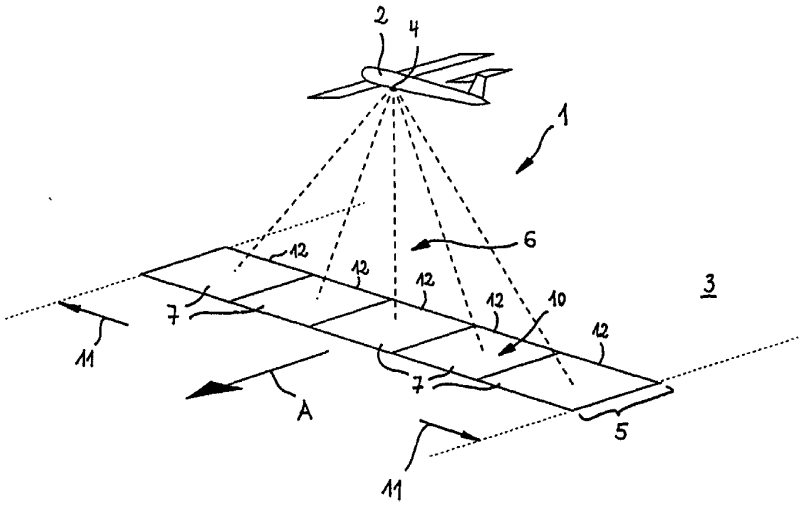


Fig. 1

EP 1 241 441 A3

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 00 5074

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	GB 1 358 036 A (GRUNDIG EMV) 26. Juni 1974 (1974-06-26) * Seite 1, Zeile 41 - Seite 2, Zeile 87; Abbildungen 1,2 * ---	1-5,7, 9-11,13, 15	G01C11/02 G03B15/00
X	FR 2 707 129 A (SALABERRY DE BERNARD LUICEN CH) 6. Januar 1995 (1995-01-06) * Seite 6, Zeile 14 - Seite 12, Zeile 9; Abbildungen 1A,3,4,6 * ---	1-5,7,9, 10,13,15	
X	DE 43 35 088 A (MATRA CAP SYSTEMS SA) 21. April 1994 (1994-04-21) * Spalte 5, Zeile 11 - Spalte 6, Zeile 48; Abbildungen 3,4 * ---	1-3,5,7, 11,13,15	
X	US 5 668 593 A (BENNETT RUSSELL A ET AL) 16. September 1997 (1997-09-16) * Spalte 10, Zeile 30 - Spalte 11, Zeile 25; Abbildungen 6-8,11 * ---	1-3,5,7, 9-11,13	
A	US 5 589 901 A (MEANS KEVIN P) 31. Dezember 1996 (1996-12-31) * Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 28 * -----	11,12	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
G03B
H04N
G01C

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
MÜNCHEN	23. Februar 2004	Seytter, F

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 02 00 5074

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-02-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
GB 1358036	A	26-06-1974	DE	2214084 A1	19-04-1973
			FR	2177299 A7	02-11-1973
FR 2707129	A	06-01-1995	FR	2707129 A1	06-01-1995
			AU	7128094 A	17-01-1995
			DE	69410219 D1	18-06-1998
			DE	69410219 T2	19-11-1998
			EP	0657019 A1	14-06-1995
			ES	2117792 T3	16-08-1998
			WO	9500820 A1	05-01-1995
DE 4335088	A	21-04-1994	FR	2696843 A1	15-04-1994
			DE	4335088 A1	21-04-1994
			GB	2272778 A ,B	25-05-1994
			US	5625409 A	29-04-1997
US 5668593	A	16-09-1997	AU	695555 B2	13-08-1998
			AU	6040096 A	30-12-1996
			CA	2219813 A1	19-12-1996
			DE	69623468 D1	10-10-2002
			DE	830788 T1	25-06-1998
			EP	0830788 A1	25-03-1998
			IL	121977 A	17-02-2000
			JP	2000504507 T	11-04-2000
			JP	3255925 B2	12-02-2002
			WO	9641480 A1	19-12-1996
US 5589901	A	31-12-1996	KEINE		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 294 184 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.03.2003 Patentblatt 2003/12

(51) Int Cl.[7]: **H04N 5/235**

(21) Anmeldenummer: **01121893.0**

(22) Anmeldetag: **12.09.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **Teuchert, Wolf D., Dr.**
89551 Königsbronn (DE)

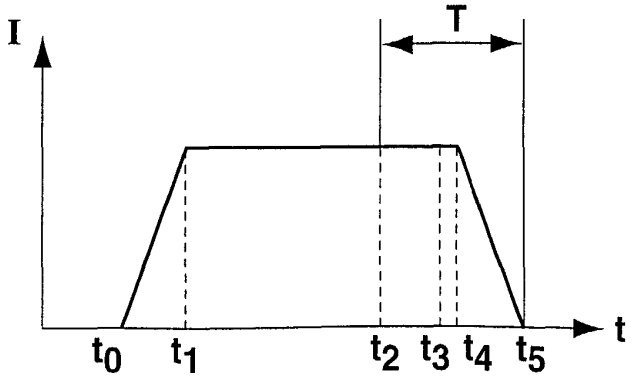
(72) Erfinder: **Teuchert, Wolf D., Dr.**
89551 Königsbronn (DE)

(74) Vertreter: **KOHLER SCHMID + PARTNER**
Patentanwälte
Ruppmannstrasse 27
70565 Stuttgart (DE)

(54) Verschlussteuerung für Luftbild-Digitalkamera

(57) Bei einem Verfahren zur Luftbildaufnahme eines überflogenen Oberflächenbereichs (16) mittels eines auftreffendes Licht aufintegrierenden elektronischen Detektors (5), der während eines Öffnungszeitraums eines elektronisch angesteuerten mechanischen Zentralverschlusses (9) ein Bild elektronisch aufnimmt, wird erfindungsgemäß zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor dem Ende des Schließvorgangs des Zentralverschlusses (9) die im Detektor (5) bis dahin aufintegrierte Bildinformation elektronisch gelöscht und nur die anschließend bis zum Ende des Schließvorgangs aufgenommene Bildinformation im Detektor (5) aufintegriert, wobei die Belichtungsdauer des Detektors (5) ab dem vorbestimmten Zeitpunkt bis zum Ende des Schließvorgangs kleiner als der kürzestmögliche Öffnungszeitraum des Verschlusses (9) ist. Die zum Durchführen des Verfahrens geeignete Aufnahmeanordnung umfaßt einen auftreffendes Licht aufintegrierenden elektronischen Detektor (5), einen mechanischen Zentralverschluß (9) und eine Steuereinheit (6) zum elektronischen Ansteuern des Detektors (5) und des Zentralverschlusses (9), wobei die Steuereinheit (6) eine Zeitsteuerung (10) aufweist, die den Detektor (5) zu einem vorbestimmten Zeitpunkt (t2) innerhalb des Öffnungszeitraums des Zentralverschlusses (9) zurücksetzt.

Fig. 2



EP 1 294 184 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Luftbildaufnahme eines überflogenen Oberflächenbereichs mittels eines auftreffendes Licht aufintegrierenden elektronischen Detektors, der während eines Öffnungszeitraums eines elektronisch angesteuerten mechanischen Zentralverschlusses ein Bild elektronisch aufnimmt, sowie eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Anordnung, umfassend einen auftreffendes Licht aufintegrierenden elektronischen Detektor, einen mechanischen Zentralverschluß und eine Steuereinheit zum elektronischen Ansteuern des Detektors und des Zentralverschlusses.

[0002] Für die Aufnahme von Luftbildern werden neben den klassischen Reihenmeßkammern für Luftbildfilme auch kommerzielle digitale Kameras verwendet. Aber nur Objekte mit einem Iris-Zentralverschluß in der Pupille des Objektives erlauben eine Aufnahme der Szene mit konstanter Geometrie, wie sie für die photogrammetrische Auswertung erforderlich ist. Der Nachteil dieses Verfahrens ist die lange Zeitdauer für das Öffnen und Schließen des Verschlusses. Die kürzesten mit Zentralverschlüssen erreichbaren Belichtungszeiten liegen in der Größenordnung von 1/250stel Sekunde. Kommerzielle Kameras im Kleinbild oder Mittelformat erreichen zwar noch kürzere Belichtungszeiten bis herab zu einer 8000stel Sekunde. Dies gelingt jedoch nur durch die Verwendung eines Schlitzverschlusses. Durch die Überlagerung der Verschlußbewegung und der Flugbewegung über Grund kommt es zu einer Verzerrung der Bildgeometrie entlang der Flugrichtung.

[0003] Die photogrammetrisch präzise Auswertung erfordert für derartige Aufnahmen einen Zentralverschluß, damit die Bild-Geometrie nicht verzerrt wird. Bisher hat man sehr feinkörnige Filme eingesetzt, um die notwendige Auflösung zu erreichen. Leider sind derartige Filme sehr unempfindlich. Bei der Aufnahme von Bildern aus der Luft kommt es durch die Flugbewegung zu einer Verschmierung des Bildes bei den erforderlichen langen Belichtungszeiten. Man ist deshalb zur Bildwanderungskompensation (engl. Forward Motion Compensation (FMC)) übergegangen, d.h., der Film wird während der Aufnahme zur Kompensation der Flugbewegung bewegt. Dieses Verfahren setzt voraus, daß die Bildwanderung während der Belichtung über das Bildfeld konstant ist. Dies ist nur der Fall, wenn Bildebene und Szene parallel zueinander ausgerichtet sind. Verwendet man FMC, so fallen durch diese Gleichförmigkeitsforderung alle Kamerakonzepte mit Objektiven seitlicher Blickrichtung weg, bei denen die Bildwanderung über das Bildfeld stark variiert. Derartige Kameraanordnungen sind insbesondere auch für die Luftbildaufnahmen mit großem seitlichem (quer zur Flugrichtung) Sehfeld, wie etwa für die Aufklärung, insbesondere im Tiefflugbereich, üblich.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Aufnahmeverfahren der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß auch ohne FMC Bilder mit gleich hoher Auflösung aufgenommen werden können, sowie eine entsprechende Aufnahmeanordnung bereitzustellen.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei dem eingangs genannten Aufnahmeverfahren dadurch gelöst, daß zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor dem Ende des Schließvorgangs des Zentralverschlusses die im Detektor bis dahin aufintegrierte Bildinformation elektronisch gelöscht wird und nur die anschließend bis zum Ende des Schließvorgangs aufgenommene Bildinformation im Detektor aufintegriert wird, wobei die Belichtungsdauer des Detektors ab dem vorbestimmten Zeitpunkt bis zum Ende des Schließvorgangs kleiner als der kürzestmögliche Öffnungszeitraum des Verschlusses ist.

[0006] Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht darin, daß bei digitalen Kameras mit verschlußgesteuerten Detektoren die Belichtungszeit des aufgenommenen Bildes kürzer als der Öffnungszeitraum des mechanischen Verschlusses ist. Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf der zeitlich verzahnten Ansteuerung des Verschlusses und des Zurücksetzens (Reset) des Detektors. Da Verschluß und Detektor digital gesteuert werden, ist es so möglich, den Zeitpunkt und die Belichtungsdauer mit einer Genauigkeit von 0,1 ms herab bis zu 0,1 ms festzulegen. Insbesondere können so sehr kurze Belichtungszeiten reproduzierbar und genau mit Zentralverschlüssen erreicht werden.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es, lichtstarke Objektive mit großer Öffnung einzusetzen, da durch den gegenüber dem Öffnen des Verschlusses verzögerten Start der Belichtung kurze Belichtungszeiten erreicht werden können. Dadurch steht die benötigte Lichtmenge zur Verfügung, die wiederum erst sehr kurze Belichtungszeiten ermöglicht. Auf diese Weise ist es möglich, digitale Kameras ohne FMC einzusetzen und damit den genannten Einschränkungen zu entgehen. In der Photogrammetrie sind damit Aufnahmen mit präziser Geometrie auch ohne FMC möglich. Die kurze Belichtungszeit ermöglicht es darüber hinaus, auch weitere Störfaktoren wie ein Rollen oder Drehen des Flugzeugs in ihrer Auswirkung zu reduzieren. So ist es auch möglich, ohne die sonst erforderliche stabilisierte Plattform auszukommen. Weiter können auch Veränderungen in der Geometrie durch Lateralverschiebungen des Flugzeugs in der Luft (Turbulenzen, Luftlöcher, Seitenwindstöße) in ihren Auswirkungen reduziert werden. Diese Effekte konnten bisher auch durch stabilisierte Plattformen nicht eliminiert werden.

[0008] Für die Luftaufklärung ist es besonders wichtig, das Sehfeld zur Seite so groß wie möglich (am besten von Horizont zu Horizont) zu haben. Hier hat man bisher näherungsweise mit Kameras mit mehreren Objektiven gearbeitet, die ein gemeinsames FMC hatten. Die Veränderung der Bildwanderung in den Seitenobjektiven wurde dabei in Kauf genommen. Das erfindungsgemäße Verfahren mit kurzer Belichtungszeit ver-

meidet die FMC-Einschränkung und erlaubt größere Lichtstärken und damit trotz kurzer Belichtungszeit gute Empfindlichkeit. Bei einer etwas größeren Flughöhe (kleinere Bildwanderung) ist auch die Aufnahme dunklerer Szenen möglich.

[0009] Das erfindungsgemäße Aufnahmeverfahren ermöglicht ferner die Verwendung von solchen digitalen Kameras, die keine eigene elektronische Verschlußfunktion im Detektor aufweisen, auch für Luftbildaufnahmen.

[0010] Bei besonders bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist die Belichtungsdauer des Detektors ab dem vorbestimmten Zeitpunkt bis zum Ende des Schließvorgangs kleiner als etwa 4 ms, vorzugsweise in Schritten herab bis etwa 0,1 ms.

[0011] Für die photogrammetrische Auswertung müssen sowohl der Belichtungsmittenzeitpunkt und die genaue Position des Detektors während der Aufnahme absolut bekannt sein. Hierfür dient bei klassischen Reihenmeßkammern der sogenannte Mittenkontakt, der bei der Mitte der Belichtungszeit ausgelöst wird. Erfindungsgemäß wird der vorbestimmte Zeitpunkt zu einer absoluten Zeit synchronisiert. Dazu kann beispielsweise zu einem festgelegten Zeitpunkt innerhalb der Belichtungszeit des Detektors, insbesondere zum Belichtungsmittenzeitpunkt, die absolute Zeit gemessen werden. Erfindungsgemäß wird zu einem festgelegten Zeitpunkt innerhalb der Belichtungszeit des Detektors, insbesondere zum Belichtungsmittenzeitpunkt, auch die absolute Position des Detektors im Raum gemessen.

[0012] Die oben genannte Aufgabe wird bei einer Anordnung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Steuereinheit eine Zeitsteuerung aufweist, die den Detektor zu einem vorbestimmten Zeitpunkt innerhalb des Öffnungszeitraums des Zentralverschlusses zurücksetzt. Mit dieser erfindungsgemäßen Anordnung ergeben sich die bereits oben bezüglich des Verfahrens geschilderten Vorteile.

[0013] Vorzugsweise wird als Detektor ein CCD-Detektor eingesetzt.

[0014] Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist mit der Steuereinheit ein Sensor verbunden, der das Ende des Öffnungsvorgang des Verschlusses erfaßt. Der Sensor kann z.B. ein Wischkontakt oder eine Lichtschranke sein. In der Steuereinheit werden aus dem Offensignal des Sensors die jeweiligen Steuerimpulse für das Reset des Detektors, das Schließen des Verschlusses und die Abgabe eines Belichtungsmittenimpulses erzeugt.

[0015] Die Steuereinheit ist vorzugsweise mit einem Flug-Management-System verbunden, an das insbesondere der Belichtungsmittenimpuls weitergeleitet und dort zur Buchführung über die gemachten Aufnahmen verwendet wird. Um den Belichtungsmittenimpuls bei Anlagen zur absoluten Geo-Referenzierung auch zur Messung der aktuellen Lage der Kamera im Raum verwenden zu können, kann die Steuereinheit mit einer inertialen Meßplattform verbunden werden. Die Steuereinheit ist weiterhin auch mit einem GPS(Global Positioning System)-Empfänger verbunden, um die festgestellte GPS-Zeit des Belichtungsmittenimpulses zusammen mit den Bilddaten abspeichern zu können.

[0016] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigte und beschriebene Ausführungsformen ist nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern hat vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

[0017] Es zeigt:

Fig. 1 schematisch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aufnahmeanordnung zur Kurzzeitbelichtung; und

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf der Lichtintensität des Detektors während des Öffnungszeitraums des Verschlusses bei der Aufnahmeanordnung der Fig. 1.

[0018] Die in **Fig. 1** insgesamt mit **1** bezeichnete Anordnung für Luftbildaufnahmen umfaßt eine digitale Kamera **2** mit einem Objektiv **3**, welches das einfallende Licht **4** auf einen digitalen CCD-Detektor **5** abbildet. Der Detektor **5** wird von einer Steuereinheit **6** über eine erste Steuerleitung **7** elektronisch gesteuert. Die Steuereinheit 6 steuert über eine zweite Steuerleitung **8** auch einen zwischen Objektiv 3 und Detektor 5 angeordneten elektromechanischen Zentralverschluß **9** an, der den Lichteinfall auf den Detektor 5 freigibt oder verschließt. Die Steuereinheit 6 umfaßt eine Zeitsteuerung **10**, um zu einem vorbestimmten Zeitpunkten Steuersignale zu erzeugen. Die Steuereinheit 6 ist mit einem z.B. als Lichtschranke oder Wischkontakt ausgebildeten Sensor 11 verbunden, der, wenn der Zentralverschluß vollständig offen ist, ein Offensignal abgibt. Die im Detektor aufintegrierte Bildinformation wird in einem Datenspeicher **12** gespeichert. Die Steuereinheit 6 ist außerdem mit einem Flug-Management-System (FMS) **13**, optional einer inertialen Meßplattform (IMU) **14** und einem GPS(Global Positioning System)- Empfänger **15** verbunden.

[0019] Die Anordnung 1 ist in einem Flugzeug (Geschwindigkeit **v**) installiert, um von dem überflogenen Oberflächenbereich **16** Luftbilder aufzunehmen.

[0020] In **Fig. 2** ist der zeitliche Verlauf der auf den Detektor 5 auftreffenden Lichtintensität I während des Öffnungszeitraums des Zentralverschlusses 9 aufgetragen. Über einen elektronischen Steuerimpuls der Steuereinheit 6 wird zum Zeitpunkt **t0** der Zentralverschluß 9 geöffnet, und die Bilddaten des überflogenen Oberflächenbereichs 12 werden im Detektor 5 aufintegriert. In der Regel vergehen mehrere ms, bis sich der Zentralverschluß 9 zu öffnen beginnt, da das hierzu notwendi-

ge Magnetfeld aufgebaut und die Verschlußlamellen beschleunigt werden müssen.

[0021] Zum Zeitpunkt **t1** sei der Zentralverschluß 9 vollständig geöffnet. In der Steuereinheit 6 werden mit Hilfe der Zeitsteuerung 10 Steuerimpulse für ein Reset des Detektors 5 und das Schließen des Zentralverschluß 9 festgelegt.

[0022] Zum festgelegten Zeitpunkt wird über den entsprechenden Steuerimpuls der Steuereinheit 6 der Zentralverschluß 9 wieder geschlossen. Auch der Schließvorgang nimmt einige Zeit . in Anspruch, da das Magnetfeld abgebaut bzw. umgepolt und die Verschlußlamellen beschleunigt werden müssen. Solange die gesamte Pupille noch frei ist, ändert sich nichts am Lichtfluß durch das Objektiv 3. Der echte Beginn des Schließvorganges des Zentralverschlusses 9 ist erreicht, wenn die Verschlußlamellen zum Zeitpunkt **t4** den Lichtstrom durch das Objektiv 3 zu beschneiden beginnen. Zum Zeitpunkt **t5** ist der Zentralverschluß 9 vollständig geschlossen.

[0023] Zum festgelegten Zeitpunkt **t2** innerhalb des Öffnungszeitraums des Zentralverschlusses 9, z.B. 0,1 ms vor dem Beginn des Schließvorgangs zum Zeitpunkt t4, werden über den entsprechenden Reset-Steuerimpuls der Steuereinheit 6 die im Detektor 5 bis dahin aufintegrierten Bildinformationen gelöscht. Dadurch werden mit dem Detektor 5 nur noch die ab dem vorbestimmten Zeitpunkt t2 bis zum Zeitpunkt t5 aufgenommenen Bilddaten, also mit einer Belichtungsdauer **T** = t5 - t2, aufintegriert. Da der Zentralverschluß 9 und das Reset des Detektors 5 elektronisch gesteuert werden, ist es möglich, den Anfangszeitpunkt und die Dauer der Belichtung mittels der Zeitsteuerung 10 so zeitgenau festzulegen, daß die Belichtungszeit T kleiner als der kürzestmögliche Öffnungszeitraum des Zentralverschlusses 9 ist. So können auch mit Zentralverschlüssen sehr kurze Belichtungszeiten reproduzierbar und genau erreicht werden.

[0024] Von einem als Wischkontakt ausgebildeten Sensor 11 wird beim Öffnen des Zentralverschlusses 9 ein Puls abgegeben. Über ein programmierbares Verzögerungsglied kann daraus die notwendige Zeitverzögerung herbeigeführt werden, die dem Belichtungsmittenzeitpunkt entspricht. Diese Verzögerungszeit ist in Abhängigkeit der Belichtungsdauer zusammen mit den anderen Zeiten in der Zeitsteuerung 10 programmiert. Für Zentralverschlüsse, bei denen der Sensor 11 als Lichtschranke ausgebildet ist, gibt es ein anderes Verfahren. Man verwendet in diesem Fall die fallende Flanke des Lichtschrankensignals als Steuersignal, welches das Verzögerungsglied auslöst. Je nach eingestellter Belichtungsdauer und entsprechend den Merkmalen des Verschlusses wird die digital programmierte Zeit abgerufen, die dem Belichtungsmittenzeitpunkt entspricht.

[0025] Zu einem festgelegten Zeitpunkt **t3** innerhalb der Belichtungszeit T, im vorliegenden Fall zum Belichtungsmittenzeitpunkt, werden die absolute Position des Detektors 5 im Raum und die absolute Zeit gemessen. Dazu wird zum festgelegten Zeitpunkt t3 ein entsprechenden Steuerimpuls der Steuereinheit 6 an das FMS 13, (ggf.) die IMU 14 und den GPS-Empfänger 15 weitergeleitet. Im FMS 13 wird der Belichtungsmittenzeitpunkt zur Buchführung über die gemachten Aufnahmen verwendet, während in der IMU 14 die absolute Lage des Detektors 5 bzw. der Kamera im Raum ermittelt wird. Im GPS-Empfänger 15 löst der Steuerimpuls eine Abfrage der absoluten GPS-Zeit aus. Die festgestellte GPS-Zeit wird danach an das FMS 13 und einen Kameracomputer (nicht gezeigt) weitergeleitet und zusammen mit den Bilddaten im Datenspeicher 12 abgespeichert. Durch die gespeicherte absolute GPS-Zeit kann danach durch Auswertung der Satellitensignale die absolute Position der Kamera 2 im Raum bestimmt verwendet werden. Ist eine IMU vorhanden, so können aus deren Meßwerten über die absolute Lage(orientierung) der Kamera im Raum auch die Richtung der optischen Achse der Kamera und so die Lage des Sehfeldes in absoluten Koordinaten am Boden bestimmt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Luftbildaufnahme eines überflogenen Oberflächenbereichs (16) mittels eines auftreffendes Licht aufintegrierenden elektronischen Detektors (5), der während eines Öffnungszeitraums eines elektronisch angesteuerten mechanischen Zentralverschlusses (9) ein Bild elektronisch aufnimmt,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß zu einem vorbestimmten Zeitpunkt (t2) vor dem Ende des Schließvorgangs des Zentralverschlusses (9) die im Detektor (5) bis dahin aufintegrierte Bildinformation elektronisch gelöscht wird und nur die anschließend bis zum Ende des Schließvorgangs aufgenommene Bildinformation im Detektor (5) aufintegriert wird, wobei die Belichtungsdauer (T) des Detektors (5) ab dem vorbestimmten Zeitpunkt (t2) bis zum Ende des Schließvorgangs kleiner als der kürzestmögliche Öffnungszeitraum des Verschlusses (9) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Belichtungsdauer (T) des Detektors (5) ab dem vorbestimmten Zeitpunkt (t2) bis zum Ende des Schließvorgangs kleiner als etwa 4 ms, vorzugsweise bis herab zu etwa 0,1 ms ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der vorbestimmte Zeitpunkt (t2) zu einer absoluten Zeit synchronisiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** zu einem festgelegten Zeitpunkt (t3) innerhalb der Belichtungszeit (T) des Detektors (5), insbesondere zum Belichtungsmittenzeitpunkt, die

absolute Zeit gemessen wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** zu einem festgelegten Zeitpunkt (t3) innerhalb der Belichtungszeit (T) des Detektors (5), insbesondere zum Belichtungsmittenzeitpunkt, die absolute Position des Detektors (5) im Raum gemessen wird.

6. Anordnung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend einen auftreffendes Licht aufintegrierenden elektronischen Detektor (5), einen mechanischen Zentralverschluß (9) und eine Steuereinheit (6) zum elektronischen Ansteuern des Detektors (5) und des Zentralverschlusses (9),
dadurch gekennzeichnet,
daß die Steuereinheit (6) eine Zeitsteuerung (10) aufweist, die den Detektor (5) zu einem vorbestimmten Zeitpunkt (t2) innerhalb des Öffnungszeitraums des Zentralverschlusses (9) zurücksetzt.

7. Anordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Detektor (5) ein CCD-Detektor ist.

8. Anordnung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** mit der Steuereinheit (6) ein Sensor (11) verbunden ist, der das Ende des Öffnungsvorgangs des Verschlusses (9) erfaßt.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steuereinheit (6) mit einem Flug-Management-System (12) und/oder mit einer inertialen Meßplattform (13) und/oder mit einem GPS-Empfänger (14) verbunden ist.

Fig. 1

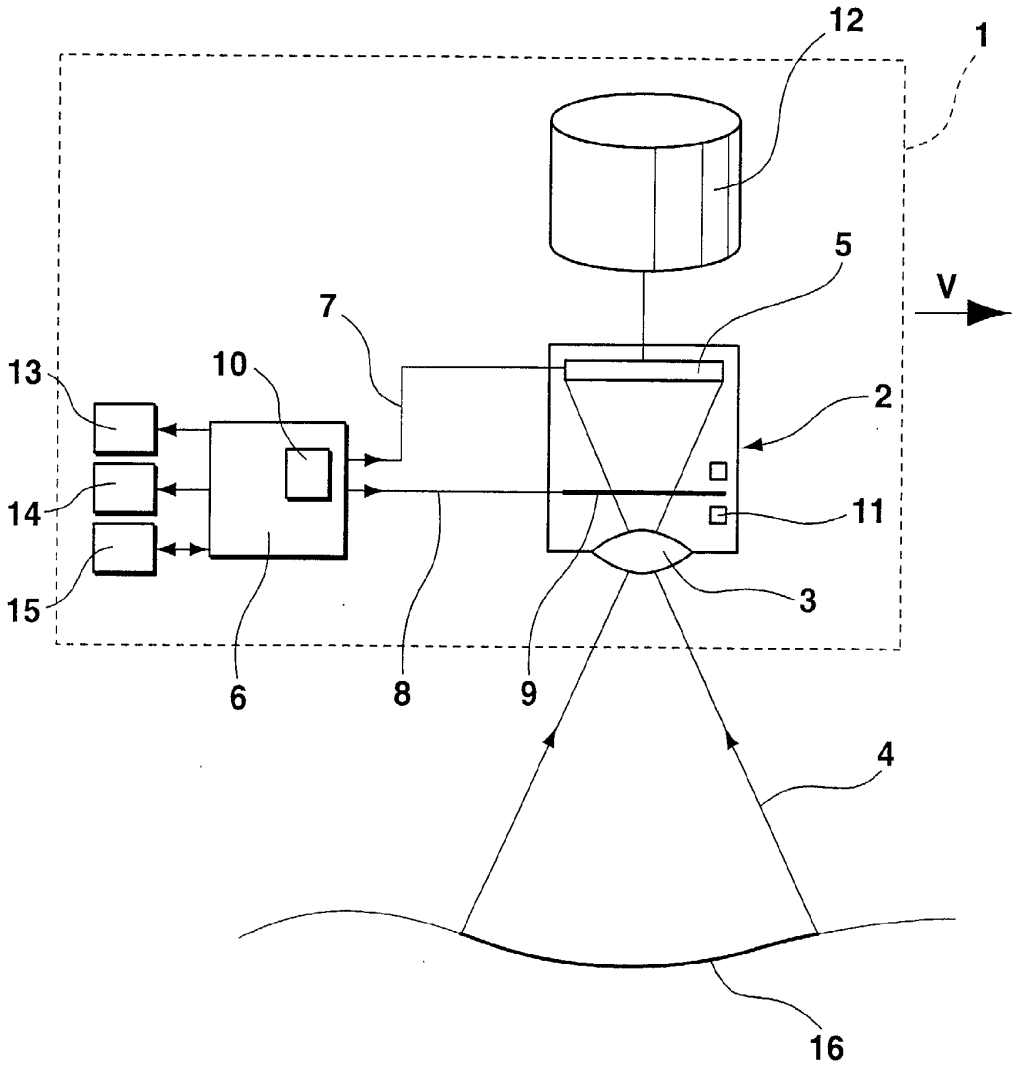
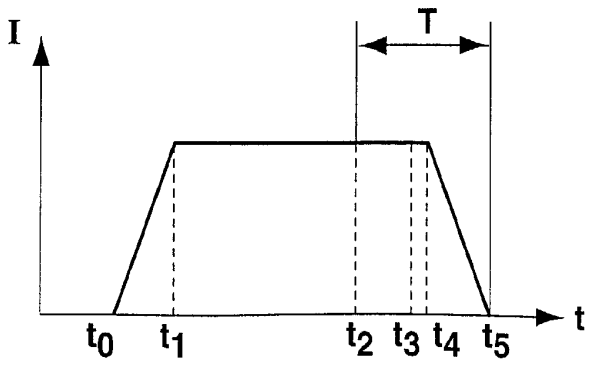


Fig. 2



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 12 1893

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 517 243 A (KUDO TOSHIHIKO ET AL) 14. Mai 1996 (1996-05-14) * Spalte 2, Zeile 40 - Zeile 48 * * Spalte 4, Zeile 64 - Spalte 5, Zeile 28; Abbildungen 1-3 *	1-9	H04N5/235
X	EP 0 273 319 A (FUJI PHOTO FILM CO LTD) 6. Juli 1988 (1988-07-06) * Spalte 10, Zeile 23 - Spalte 12, Zeile 29; Abbildung 6 *	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			H04N

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
MÜNCHEN	26. Februar 2002	Aratari, R

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 01 12 1893

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-02-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5517243 A	14-05-1996	JP 4142884 A	15-05-1992
		JP 4250434 A	07-09-1992
		JP 5075930 A	26-03-1993
		DE 69128591 D1	12-02-1998
		DE 69128591 T2	20-05-1998
		EP 0479272 A2	08-04-1992
EP 0273319 A	06-07-1988	JP 1105668 A	24-04-1989
		JP 1960006 C	10-08-1995
		JP 6095733 B	24-11-1994
		DE 3787359 D1	14-10-1993
		DE 3787359 T2	13-01-1994
		EP 0273319 A2	06-07-1988
		US 5153783 A	06-10-1992

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 315 019 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
28.05.2003 Bulletin 2003/22

(51) Int Cl.[7]: **G02B 27/22**, G03B 21/00

(21) Application number: **02258020.3**

(22) Date of filing: **21.11.2002**

(84) Designated Contracting States:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: **22.11.2001 JP 2001357073**

(71) Applicant: **Pioneer Corporation**
Meguro-ku, Tokyo (JP)

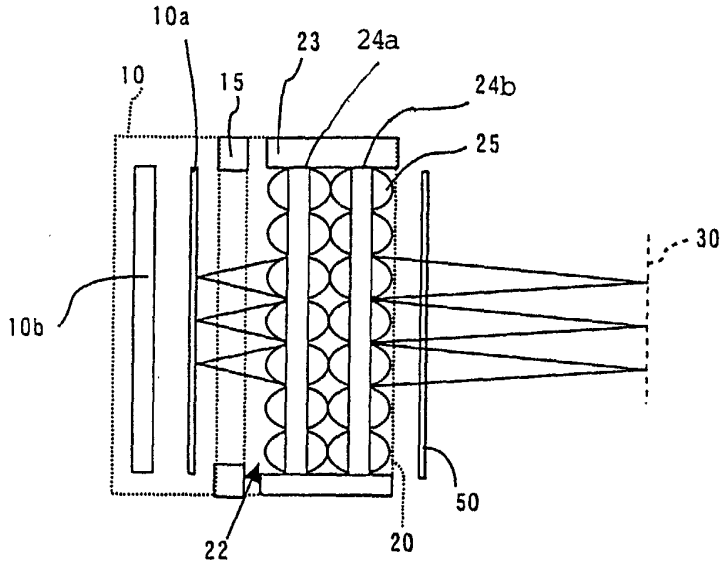
(72) Inventors:
- **Masaru, Ishikawa, Pioneer Tokorozawa Plant**
  Tokorozawa-city, Saitama (JP)
- **Hiroshi, Toriumi, Pioneer Tokorozawa Plant**
  Tokorozawa-city, Saitama (JP)

(74) Representative:
Luckhurst, Anthony Henry William
MARKS & CLERK,
57-60 Lincoln's Inn Fields
London WC2A 3LS (GB)

(54) Display apparatus for displaying an aerial image floating in front of a background image

(57) An image display machine includes a first planar display 10 to present a two-dimensional image. The two-dimensional image includes an object image. The display machine also includes an image transmitting panel 20 which has a micro lens array 22. The image transmitting panel 20 is placed in parallel to the first display 10. The micro lens array 22 includes a plurality of lenses, and has an effective area greater than the object image. The image transmitting panel 20 creates an imaging plane 30 to show a real image of the two-dimensional image on the side opposite the first display 10. The display machine further includes a second display 50 to present a background image. The second display 50 is located between the imaging plane 30 and the micro lens array 22. The second display 50 has a transparent or semitransparent area. The display machine has a simple structure, but is able to display the two-dimensional image stereoscopically.

FIG. 1



EP 1 315 019 A1

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

[0001] The present invention relates to an apparatus for displaying a two-dimensional image of an object including a three-dimensional article.

2. Description of the Related Art

[0002] In order to provide and even enhance a visual healing effect and/or an attractive appearance of merchandise in a store, an apparatus for making a three-dimensional image is often used. Such apparatus is for example used for interior decorations and sample articles placed in a showcase.

[0003] A lenticular lens method is used for providing a three-dimensional image. The lenticular lens method makes a plurality of latent images in a single screen, and these latent images are viewed through a transmission screen, which is referred to as a lenticular lens. The lenticular lens is made from a plurality of semi-cylindrical lenses having the same width and arranged (connected to each other) in a horizontal direction. When the latent images are viewed behind the lenticular lens, a three-dimensional image is observed. Specifically, each of the latent images is divided into a plurality of stripe images such that each stripe image corresponds to one pitch of the semi-circular lenses. Each stripe image extends in a vertical direction. The stripe images are regularly arranged. A focus point of the lenticular lens changes depending upon a direction of viewing the screen and a distance from a viewer to the screen. Thus, an observed image changes. This provides the viewer with a three-dimensional image. More specifically, the viewer recognizes a three-dimensional image when two images (right and left images) corresponding to the eyes of the viewer are divided into two groups of alternately arranged stripe images. The lenticular lens method can also provide a moving image (referred to as "motion effect"). Further, the lenticular lens method can provide a flip effect, which switches the observed image several times when the viewer walks around the lenticular lens.

[0004] In order to make a plurality of latent images on a single surface, however, binocular parallax images are needed when preparing the latent images. A lot of labor is required to make the binocular parallax images, such as computerized image processing, lenticular lens preparation, and appropriate and accurate selection (combination) of the lens and images. Therefore, a display apparatus tends to be expensive if the display apparatus utilizes the lenticular lens to provide a stereoscopic image.

[0005] When a stereoscopic image is displayed by the lenticular lens, an original image should be viewed from two or more directions and divided into a plurality of strip images. These strip images are special images. Therefore, there is a demand for an image display apparatus which can provide a stereoscopic image from a general photograph or picture and which does not have to observe the object from a plurality of directions.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0006] An object of the present invention is to provide an image displaying apparatus that has a simple structure but is able to show an object image stereoscopically.

[0007] According to one aspect of the present invention, there is provided an image displaying apparatus comprising: a first display having a first planar image surface to present a two-dimensional image including an object image; an image transmitting panel in parallel to the first image surface and having a micro lens array for creating an imaging plane to show a real image of the two-dimensional image in a space opposite the first display, the micro lens array having a plurality of lenses and having an effective area greater than the object image; and a second display between the imaging plane and the micro lens array for presenting a background image, the second display having a transparent or semi-transparent area to allow formation of the real image on the imaging plane.

[0008] The first and second displays are situated on opposite sides of the micro lens array, and the micro lens array creates the real image of the two-dimensional image on the imaging plane over the background image of the second display. Therefore, the apparatus has a simple structure, but is able to show the object image stereoscopically.

[0009] The micro lens array may be a micro convex lens plate having a plurality of pairs of lenses arranged two-dimensionally such that optical axes of the pairs of lenses extend in parallel to each other. Two lenses in each lens pair may be convex lenses and may be coaxial to each other.

[0010] The micro lens array may create an erected image on the imaging plane.

[0011] The first display may include a back light, and a reversal film placed between the back light and the image transmitting panel to present the two-dimensional image.

[0012] The apparatus may further include a first film drive mechanism for translating the reversal film relative to the image transmitting panel. A distance between the reversal film and the image transmitting panel may be substantially maintained.

[0013] The apparatus may further include a second film drive mechanism for moving the reversal film relative to the image transmitting panel to change the distance between the reversal film and the image transmitting panel while the first drive mechanism is translating the reversal film. The moving direction may be generally perpendicular to the translating direction.

[0014] The second film drive mechanism may only partially change the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

[0015] The apparatus may further include a mechanism for pivoting the image transmitting panel relative to the reversal film.

[0016] The apparatus may further include a panel drive mechanism for moving the image transmitting panel relative to the reversal film to change the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

[0017] The apparatus may further include a third display located at the imaging plane or between the imaging plane and the second display for presenting a second background image including a transparent or semi-transparent area to facilitate recognition of the real image of the two-dimensional image.

[0018] The apparatus may further include a transparent member for supporting the third display.

[0019] The reversal film, the image transmitting panel and the second display may have a hollow cylindrical shape with an increasing diameter, respectively. The reversal film, the image transmitting panel and the second display may be arranged coaxially.

[0020] The transparent member may have a hollow cylindrical shape and may be coaxial to the image transmitting panel.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0021]

Figure 1 is a schematic view showing major elements of an image display apparatus according to a first embodiment of the present invention;

Figure 2 illustrates a cross sectional view of a micro lens array employed in the apparatus shown in Figure 1;

Figure 3A illustrates a first reversal film used in the apparatus shown in Figure 1;

Figure 3B illustrates a second reversal film used in the apparatus shown in Figure 1;

Figure 3C illustrates a combined image which a viewer perceives;

Figure 4 is a schematic perspective view of an image display apparatus according to a second embodiment of the present invention;

Figure 5 illustrates a cross sectional view taken along the line 5-5 in Figure 4;

Figure 6A illustrates a third reversal film used in the apparatus shown in Figure 4;

Figure 6B illustrates a combined image which a viewer perceives;

Figure 6C illustrates a modification in which some images move in the combined image of Figure 6B;

Figure 7 illustrates a mechanism for moving the images, which is used for the Figure 6C modification;

Figure 8 illustrates a modification of the mechanism shown in Figure 7;

Figure 9 illustrates another modification of the mechanism shown in Figure 7;

Figure 10 illustrates still another modification of the mechanism shown in Figure 7;

Figure 11 illustrates yet another modification of the mechanism shown in Figure 7;

Figure 12 illustrates a schematic perspective view of an image display apparatus according to a third embodiment of the present invention;

Figure 13 illustrates major elements in a modification of the third embodiment; and

Figure 14 illustrates major elements in another modification of the third embodiment.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0022] Embodiments of the present invention will be described with reference to the accompanying drawings.

[0023] Referring to Figure 1, an apparatus for displaying a two-dimensional image of an object including a three-dimensional article is schematically illustrated. The apparatus includes a first display 10, and an image transmitting panel 20 supported by a support 15 secured to the first display 10. The first display 10 includes a reversal film 10a and a back light 10b. The reversal film 10a is a planar image (display) surface, such as an expanded positive, an expanded positive filmslide, and a transparent film having transmissive color printed thereon. The back light 10b illuminates the reversal film 10a from behind. The reversal film 10 contains a two-dimensional mage. The two-dimensional image illuminated by the back light 10b is imaged through the image transmitting panel 20 so that an imaging plane 30 is created in the space on the side opposite the first display 10. The apparatus also includes a second display 50 located between the imaging plane 30 and the image transmitting panel 20.

[0024] The image transmitting panel 20 includes a micro lens array 22 and a lens frame 23. The lens frame 23 surrounds an effective area of the micro lens array 22. The support 15 supports the lens frame 23, and the image transmitting panel 20 is spaced in parallel from an image surface of the reversal film 10a. The micro lens array 22 is an optical system to show a viewer a two-dimensional image of an object such as a stereo-image of the reversal film. The micro lens array 22 creates an erected image of the two-dimensional image at 100% magnification. The micro lens array 22 has an effect area larger than an object in the two- dimensional image. The micro lens array 22 includes a plurality of convex lenses 25.

[0025] Referring to Figure 2, the micro lens array 22 is illustrated in a cross sectional view as cut by a plane including optical axes 26 of the convex lenses 25. The micro lens array 22 includes a plurality of micro lenses 25 arranged two dimensionally. The micro lens array 22

has two array halves 24a and 24b connected to each other by spacers (not shown). The micro lens array 22 is a plate of micro convex lenses. This micro convex lens plate has a plurality of pairs of convex lenses 25 arranged two dimensionally such that the pairs of convex lenses 25 have parallel optical axes 26 relative to each other. Each pair of convex lenses has a mutual optical axis 26. Each pair of convex lenses 25 has a focus point, and the combination of the focus points of all the pairs of convex lenses 25 defines the imaging plane 30.

[0026] In Figure 2, if the radius of curvature of each convex lens 25 on the left side of the lens array half 24a (24b) is smaller than that of the convex lens 25 on the right side of the lens array half 24a (24b), the distance L1 between the lens plane of the left array half 24a and the reversal film 10a is shorter than the distance L2 between the lens plane of the right array half 24b and the focus point of the right array half 24b (or the imaging plane 30). In this case, the imaging plane 30 is sufficiently spaced from the image transmitting panel 20, and the thickness of the apparatus can be reduced. The convex lenses 25 are made from the same material and have the same shape. For example, the convex lenses 25 are arranged close to each other on a transparent plate 27 in a matrix fashion. The optical axis 26 of one convex lens 25 on the left array half 24a is coaxial to the optical axis 26 of an adjacent convex lens 25 on the right array half 24b. In this embodiment, the convex lenses 25 and the transparent plate 27 are made from acrylic. It should be noted that the transparent plate 27 may be made from a transmissive material such as glass.

[0027] It should be noted that the back light 10b may be replaced by a reflection type illumination unit, which illuminates the reversal film 10a from the front, not from the back. Such illumination unit may be supported by the support 15 between the reversal film 10a and the micro lens array 22.

[0028] Referring to Figure 3A, the reversal film 10a of the first display unit 10 includes images of objects P such as three-dimensional animals, which are expected to be viewed by a viewer. Other parts of the reversal film 10a are transmissive two-dimensional images. The second display 50 situated between the imaging plane 30 and the image transmitting panel 20 is a second reversal film to display a background image. Preferably, as shown in Figure 3B, the background image of the second reversal film 50 has a transparent or semitransparent area B to ensure proper displaying of an actual image of the object P. The area B allows passage of a sufficient amount of light from the reversal film 10a. As shown in Figure 3C, therefore, the viewer feels that only the objects P (actual images) of the first reversal film 10a float on or project from the background image of the second reversal film 50, like a three-dimensional image. It should be noted that the entire background image of the second reversal film 50 may be semitransparent. Further, the second reversal film 50 may be in contact with the micro lens array 22 or spaced from the micro lens array 22 as long as the second reversal film 50 is placed between the imaging plane 30 and the micro lens array 22.

[0029] A second embodiment of the present invention will be described with reference to Figure 4. Similar reference numerals are used to designate similar elements in the first and second embodiments and detailed description of similar elements may be omitted.

[0030] The image displaying apparatus of this embodiment is placed on a stage (not shown). The reversal film 10a and the back light 10b of the first display unit 10 stand in parallel to each other. The first display unit 10 is received in a housing 40. The housing 40 has a space 43 for accommodating various elements such as a drive mechanism. The two-dimensional image of the first display 10 includes an image of the object P and a surrounding section. Preferably the surrounding section emits white light. Preferably, the object image P is an image of a movable object rather than a static object. It should be noted that the first display 10 is not limited to the reversal film illuminated by the lighting unit. For instance, the first display 10 may be a color LCD (liquid crystal display) panel, a CRT (cathode ray tube) display, a plasma display, or an organic electroluminescence display. When the first display 10 is an electrically driven device, the first display 10 may be connected to an image signal source such that the first display 10 will receive an image signal to display a two-dimensional image including the three-dimensional object image P.

[0031] When the electrically driven device is utilized as the first display 10, the first display 10 makes the surrounding section of the object image P black. When the back light 10b is not used and a reflection type illumination unit is used, both of the object image P and the surrounding section are preferably non- transmissive.

[0032] The image transmitting panel 20 is supported in a front window 40a of the housing 40 such that the image transmitting panel 20 is spaced from the reversal film 10a, as best seen in Figure 5. The second reversal film 50 is also supported in the front window 40a. Specifically, the second reversal film 50 firmly fits in a slit 41 formed in the front window 40a. The second reversal film 50 is the second display to provide the background image. It should be noted that a transmissive adhesive may be applied to a surface of the second reversal film 50 to adhere the second reversal film 50 to the image transmitting panel 20. In this configuration, no slit 41 may be necessary. The second reversal film 50 is detachable, and located between the image transmitting panel 20 and the viewer. The inside of the housing 40 (particularly those parts of the housing which are relatively close to the viewer) has a dark color, such as black, to prevent intrusion of unnecessary light.

[0033] The first reversal film 10a or the image display plane of the first display 10 is positioned within a "depth of field" around the focus point of the micro lens array 22 of the image transmitting panel 20 on the object side. When the object image on the display surface 10a of the

first display 10 is illuminated by the back light, a projected picture of the object image is formed on the imaging plane 30 at or near the focus point of the micro lens array 22 on the viewer side. As a result, the viewer can recognize a real image of the object image P when the viewer sees the imaging plane 30 in an optical axis direction or in a similar direction. In this case, the object image formed on the reversal film 10a of the first display 10 is reproduced as the real image recognized by the viewer.

[0034] As shown in Figures 4 and 5, a transparent body 9 is placed in front of the front window portion 40a of the housing 40. The transparent body 9 is an acrylic block having a rectangular parallelepiped shape. The thickness of the acrylic block 9, when viewed from the viewer, is determined such that the imaging plane 30 created by the micro lens array 22 is present inside the acrylic block 9. In other words, the thickness of the acrylic block 9 is determined such that the focus length of the micro lens array 22 does not exceed the thickness of the acrylic block 9. The viewer feels that the object image P "floats" in the acrylic block 9. It should be noted that two identical acrylic blocks 9 may be provided in tandem as shown in Figure 5. A third display 60 is sandwiched between the two acrylic blocks 9. The third display 60 presents a second background image 31 (Figure 4). The thickness of the acrylic block 9 is determined such that the third display 60 is located in the vicinity of the focus point of the micro lens array 22. The imaging plane 30 is therefore formed at or near the third display 60.

[0035] Referring to Figure 6A, the reversal film of the third display 60 situated near the imaging plane 30 includes the second background image 31 and a surrounding section. The second background image 31 is a two-dimensional image and light-transmissive. The surrounding section is transparent or semi-transparent because the surrounding section should not obstruct the object image P created on the imaging plane 30 when the viewer sees the object image P. Since the viewer can easily focus the second background 31, the viewer perceives that the object image P (real image) of the first reversal film 10a projects from the first background image of the second reversal film 50, like a three- dimensional presentation, as shown in Figure 6B. It should be noted that the third display 60 may be located either between the imaging plane 30 and the second display 50 or between the imaging plane 30 and the viewer, as long as the viewer's eyes can easily focus on the second background image 31 of the third display 60. In general, therefore, the third display 60 is located near the imaging plane 30. The second background image 31 is part of a boat, and the object image P is a dolphin and an erected image.

[0036] Referring to Figure 6C, it is possible to move the "floating" object image P. The two dolphins P have moved from the phantom positions in this drawing. In the image display apparatus shown in Figure 7, the image transmitting panel 20 and the first reversal film 10a are disposed in parallel to each other. The image transmitting panel 20 forms the imaging plane 30 beyond the second display 50 (i.e., between the second display 50 and the viewer). The first reversal film 10a is in the form of an endless tape, and engaged over two parallel rolls (drive and driven rolls) R. As the drive roll R is rotated by a motor M, only the object images P move. The rolls R and motor M constitute a film drive mechanism for moving the object image P. The film drive mechanism is a mechanism for translating the first reversal film 10a relative to the image transmitting panel 20. The image transmitting panel 20 is stationary. The parallel relationship between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 is maintained while the first reversal film 10a is being translated. It should be noted that the film drive mechanism is not limited to the illustrated one. Any suitable mechanism may be utilized as long as the mechanism is able to translate the first reversal film 10a of the first display 10 relative to the image transmitting panel 20 and able to maintain the distance (or parallel relationship) between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20. The film drive mechanism can change the dolphin P to another image such as a person swimming after the dolphin when the film drive mechanism moves the first reversal film 10a. The "another image" may include words, characters, letters, marks, signs and symbols. For example, therefore, it is possible to show a moving advertisement.

[0037] A modification of the film drive mechanism for showing a moving object image P will be described with reference to Figure 8. This film drive mechanism can also change the distance between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 while the first reversal film 10a is circulating. The film drive mechanism includes a pair of parallel rolls R and the endless-tape type reversal film 10a engaged over the rolls R. Each roll R has a rotation center RA, which is offset from the center SA of the roll R by an amount of D. As the rolls R rotate, the first reversal film 10a approaches and moves apart from the image transmitting panel 20 in a repeated manner. At the same time, the first reversal film 10a rotates. In Figure 8, the solid line indicates the first reversal film 10a at a position furthest from the image transmitting panel 20, and the phantom line indicates the first reversal film 10a at a position closest to the image transmitting panel 20. Other elements of the film drive mechanism are the same as the film drive mechanism shown in Figure 7. As the distance between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 changes, the position of the imaging plane 30 moves back and forth as indicated by the double arrow. It is therefore possible to translate the image P in the width direction of the display apparatus horizontally while moving the image P back and forth within the depth of focus of the micro lens array 22. The parallel relationship between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 is maintained. It should be noted that the two rolls R may be driven in a different

manner or the amount of offset D for the right roll may be different from that for the left roll. This will destroy the parallel relationship between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 when the first reversal film 10a approaches and moves apart from the image transmitting panel 20. The amount of offset D from the roll center SA to the rotation center RA is determined such that the moving first reversal film 10a remains in the depth of field of the micro lens array 22.

[0038] A still further modification of the film drive mechanism is illustrated in Figure 9. This film drive mechanism can change the distance between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 in a random (concave-convex) manner. A basic structure of the film drive mechanism shown in Figure 9 is the same as that shown in Figure 7, but the shape of the roll R is different. As depicted in Figure 9, at least one of the rolls R has a plurality of projections CV. Consequently, some portions of the first reversal film 10a (not shown in Figure 9) move closer to (or apart from) the image transmitting panel 20 as the rolls R rotate. This film drive mechanism shifts the imaging plane 30 back and forth within the depth of focus of the micro lens array 22. The parallel relationship between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 is generally maintained. The height of the projection CV on the roll R is determined such that the first reversal film 10a remains within the depth of field of the micro lens array 22.

[0039] Another modification will be described with reference to Figure 10. This modification is also compared with Figure 7. A mechanism for pivoting the image transmitting panel 20 relative to the first reversal film 10a is provided in this modification whereas the image transmitting panel 20 is stationary in Figure 7. The pivoting mechanism includes two disc cams C attached to the two rolls R, respectively. The cam C is an eccentric cam. A single follower F spans the cams C, and an edge of the image transmitting panel 20 rests on the follower F. The opposite edge of the image transmitting panel 20 has a rod PA, which serves as a pivot axis. The follower F contacts the cams C and moves together with the cams C. As the rolls R rotate, the cams C push (lift) the follower F up and down as indicated by the vertical double arrow. As a result, the follower F causes the image transmitting panel 20 to pivot about the axis PA, as indicated by the lower arcuate double arrow. Therefore, the distance between the image transmitting panel 20 and the first reversal film 10a can be partially varied by the pivoting mechanism. When the distance between the image transmitting panel 20 and the first reversal film 10a changes, the imaging plane 30 moves back and forth correspondingly as indicated by the upper arcuate double arrow. The object image P on the imaging plane 30 moves back and forth within the depth of focus of the micro lens array 22 while the first reversal film 10a moves to the left from the right. An amount of eccentricity of the disc cam C (i.e., deviation from the center of the cam to the rotation center of the cam) is determined such that the first reversal film 10a remains within the depth of the field of the micro lens array 22. The follower F is an elongated member having a groove along the length of the follower F. The peripheries of the cams C are received (engaged) in the groove of the follower F.

[0040] Yet another modification is illustrated in Figure 11. A mechanism TM for moving the image transmitting panel 20 relative to the first reversal film 10a, as indicated by the left double arrow, is provided in this modification. This modification is compared with Figure 7 in which the image transmitting panel 20 is not movable. As shown in Figure 11, the mechanism TM is attached to the side edge of the image transmitting panel 20 such that the image transmitting panel 20 can move closer to and apart from the first reversal film 10a. The mechanism TM is a screw mechanism. The parallel relationship between the image transmitting panel 20 and the first reversal film 10a is always maintained. As the image transmitting panel 20 is moved by the mechanism TM, the imaging plane 30 is moved correspondingly as indicated by the right double arrow. The movement of the imaging plane 30 is limited to an extent that the object image P does not go beyond the depth of the focus of the micro lens array 22. The movement of the image transmitting panel 20 is determined such that the first reversal film 10a remains within the depth of field of the micro lens array 22.

[0041] As described above, the second background image 31 is provided near (in front of or behind) the imaging plane 30, on which the object image P is created, in a manner not to obstruct the displaying of the object image P, and the mechanism for moving the object image P is provided in the second embodiment (Figures 4 to 11). Therefore, the viewer feels that the two-dimensional image P is stereoscopic although the two-dimensional image P itself does not contain parallax information.

[0042] It should be noted that the solid plate member 9 to accommodate the imaging plane 30 may be replaced by a hollow member such as a transparent casing made from acrylic. The casing is transparent at least in the direction X in Figure 5. Alternatively, the transparent plate member 9 may be replaced by a rectangular parallelepiped frame. The frame has no walls at least in the direction X. Inside the casing or frame, a miniature of a garden, house, creek and the like may be placed. Then, a middle-distance or far-distance background may be written on the second display 50, and the moving picture P (e.g., person or automobile) is projected in the imaging plane 30. This can be a stereoscopic diorama.

[0043] A third embodiment of the present invention will be described with reference to Figure 12. Similar terminology is used to describe similar elements in the first, second and third embodiments.

[0044] The image display apparatus of the third embodiment is situated on a hexagon base 80. A first reversal film 100a has a cylindrical shape and stands on the base 80. The first reversal film 100a is coaxial to the

base 80. A back light 100b also has a cylindrical shape and coaxially surrounds the first reversal film 100a on the base 80. The first reversal film 100a and back light 100b constitute the first display 10. An image transmitting panel 200 having a cylindrical shape surrounds the back light 100b (or the first display 10) coaxially. It should be noted that the first display 10 is not limited to the combination of the reversal film 100a and back light 100b to illuminate the reversal film. For example, an organic electroluminescence display may be used as the first display 10.

[0045] The image surface of the first display 10 is the cylindrical reversal film 100a, and is located within the depth of field of a micro lens array (not shown) of the image transmitting panel 200 around the focus plane of the micro lens array. The image transmitting panel 200 has a thickness, and the micro lens array is housed in the image transmitting panel 200. A second reversal film 500 is a second display to present a background image. The second reversal film 500 is also cylindrical, and coaxially surrounds the image transmitting panel 200 on the base 80. It should be noted that a transparent adhesive may be applied to the second reversal film 500 to attach the second reversal film 500 to the image transmitting panel 200. The second reversal film 500 is detachable or replaceable.

[0046] The image present on the first display 10 is projected on an imaging plane 300 at or near the focus plane of the micro lens array. Then, a viewer can see a real image P (e.g., a turtle) on the imaging plane 300. The imaging plane 300 is cylindrical.

[0047] A transparent, cylindrical member 90 coaxially surrounds the second reversal film 500. The cylindrical member 90 is a hollow member, and is acrylic. The cylindrical block 90 has a thickness sufficient to accommodate the imaging plane 300 created by the micro lens array of the image transmitting panel 200. Therefore, the viewer feels that the image P is floating in the transparent block 90. The location of the transparent block 90 is determined such that the focus plane of the micro lens array exists within the confinement of the transparent block 90. Another (or outer) transparent block 91 coaxially surrounds the transparent block 91. The outer transparent block 91 is also made from acrylic. The outer transparent block 91 is joined with the inner transparent block 90 at or near the imaging plane 300, with a third display 600 being interposed. The third display 600 presents a second background image 310. The third display 600 is, for example, a cylindrical reversal film. Since the viewer can easily focus on the second background image 310, the viewer feels that the real image P derived from the first reversal film 100a projects or floats from the first background image derived from the second reversal film 500.

[0048] It should be noted that a motor M may be provided for rotating the first reversal film 100a. The motor M is a film drive mechanism to move the image P only. The film drive mechanism provides a rotating display function (a merry-go-round type display function). A motor shaft extends coaxially to the back light 100b (or the first display 10). The motor M is placed inside the base 80 so that the motor M is concealed from the viewer.

[0049] It should be noted that the image transmitting panel 200 having a cylindrical shape may be replaced by another image transmitting panel 201 having a regular polygonal shape as shown in Figure 13.

[0050] It should also be noted that the first reversal film 100a may not be located coaxially to the back light 100b as shown in Figure 14. The back light 100b is coaxial to the motor shaft center axis C. When the motor M (Figure 12) is activated, the back light 100b and the first reversal film 100a rotate about the motor shaft center axis C. However, the center line of the first reversal film 100a is offset from the axis C so that the first reversal film 100a rotates eccentrically as indicated by the arrow. The distance between the image transmitting panel 200 (or 201) and the first reversal film 100a varies upon the rotation of the first reversal film 100a. As a result, the imaging plane 300 (or the image P thereon) moves back and forth within the depth of focus of the micro lens array of the image transmitting panel 200 (or 201). An amount of movement of the first reversal film 100a is limited within the depth of field of the micro lens array.

Claims

1. An apparatus comprising:

   a first display having a first planar image surface to present a two-dimensional image including an object image;
   an image transmitting panel in parallel to the first image surface and having a micro lens array for creating an imaging plane to show a real image of the two-dimensional image in a space opposite the first display, the micro lens array having a plurality of lenses and having an effective area greater than the object image; and
   a second display between the imaging plane and the micro lens array for presenting a background image, the second display having a transparent or semi-transparent area to allow formation of the real image on the imaging plane.

2. The apparatus according to claim 1, wherein the micro lens array is a micro convex lens plate having a plurality of pairs of convex lenses arranged two-dimensionally such that optical axes of the plurality of pairs of lenses extend in parallel to each other, two lenses in each pair of lenses being coaxial to each other.

3. The apparatus according to claim 2, wherein the micro lens array creates an erected image on the im-

aging plane.

4. The apparatus according to claim 1, wherein the first display includes a back light, and a reversal film placed between the back light and the image transmitting panel to present the two-dimensional image.

5. The apparatus according to claim 4 further including a film drive mechanism for translating the reversal film relative to the image transmitting panel, with a distance between the reversal film and the image transmitting panel being substantially maintained.

6. The apparatus according to claim 5 further including a second film drive mechanism for moving the reversal film relative to the image transmitting panel to change the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

7. The apparatus according to claim 5 further including a second film drive mechanism for partially changing the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

8. The apparatus according to claim 5 further including a mechanism for pivoting the image transmitting panel relative to the reversal film.

9. The apparatus according to claim 5 further including a panel drive mechanism for moving the image transmitting panel relative to the reversal film to change the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

10. The apparatus according to claim 4 further including a third display located at one of the imaging plane and between the imaging plane and the second display for presenting a second background image including a transparent or semi-transparent area to facilitate recognition of the real image of the two-dimensional image.

11. The apparatus according to claim 10 further including a transparent member for supporting the third display.

12. The apparatus according to claim 11, wherein the reversal film, the image transmitting panel and the second display are arranged coaxially with a hollow cylindrical shape and an increasing diameter, respectively.

13. The apparatus according to claim 12, wherein the transparent member has a hollow cylindrical shape and is coaxial to the image transmitting panel.

14. The apparatus according to claim 1, wherein the first display includes one of an organic electroluminescence display, a color LCD, a CRT display and a plasma display panel.

15. The apparatus according to claim 4, wherein the back light, the reversal film and the image transmitting panel are arranged coaxially with a cylindrical shape and an increasing diameter, respectively, and the apparatus further includes a motor to rotate the reversal film coaxially relative to the image transmitting panel.

16. The apparatus according to claim 4, wherein the back light, the reversal film and the image transmitting panel have a cylindrical shape with an increasing diameter, respectively, the reversal film being located eccentrically to the image transmitting panel, and the apparatus further includes a motor to rotate the reversal film eccentrically relative to the image transmitting panel.

17. The apparatus according to claim 12, wherein the transparent member is acrylic.

FIG. 1

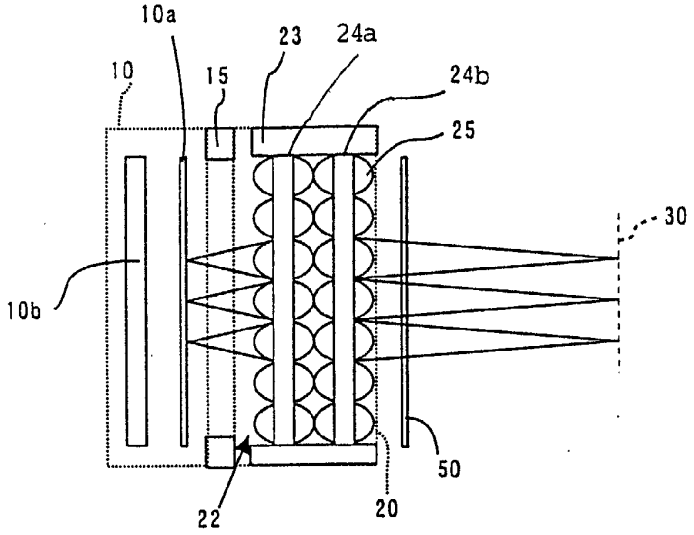

10a
23
24a
10
15
24b
25
30
10b
50
22
20

FIG. 2

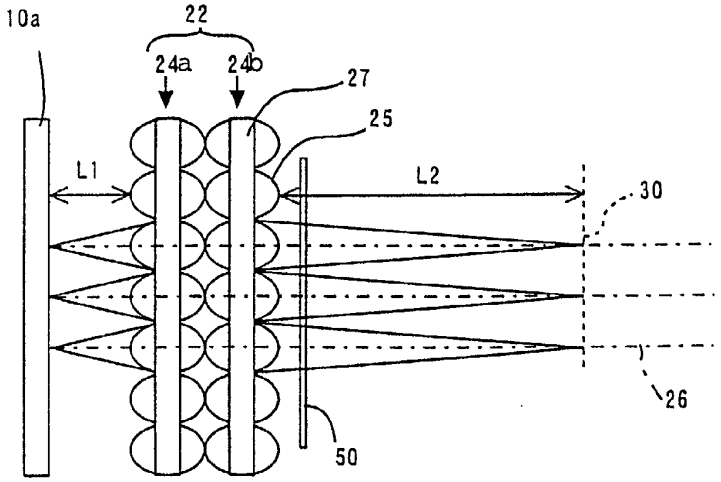

10a
22
24a
24b
27
25
L1
L2
30
26
50

FIG. 3A

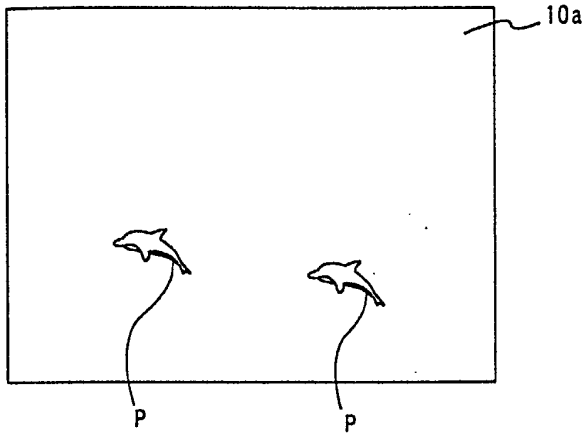


FIG. 3B

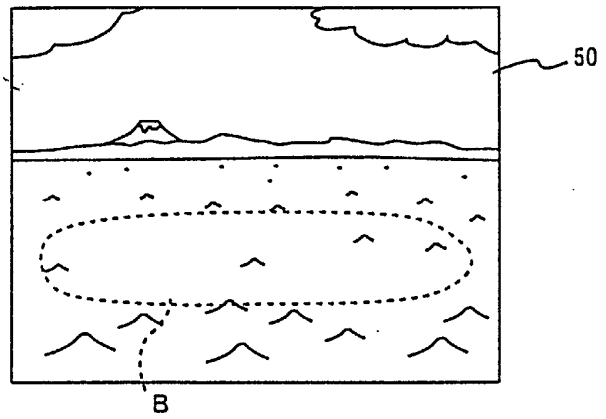


FIG. 3C

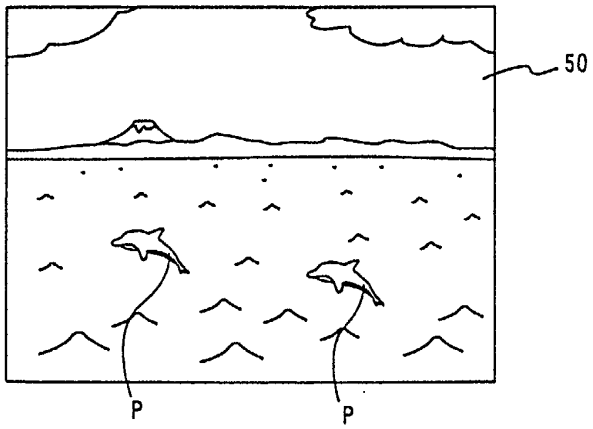


FIG. 4

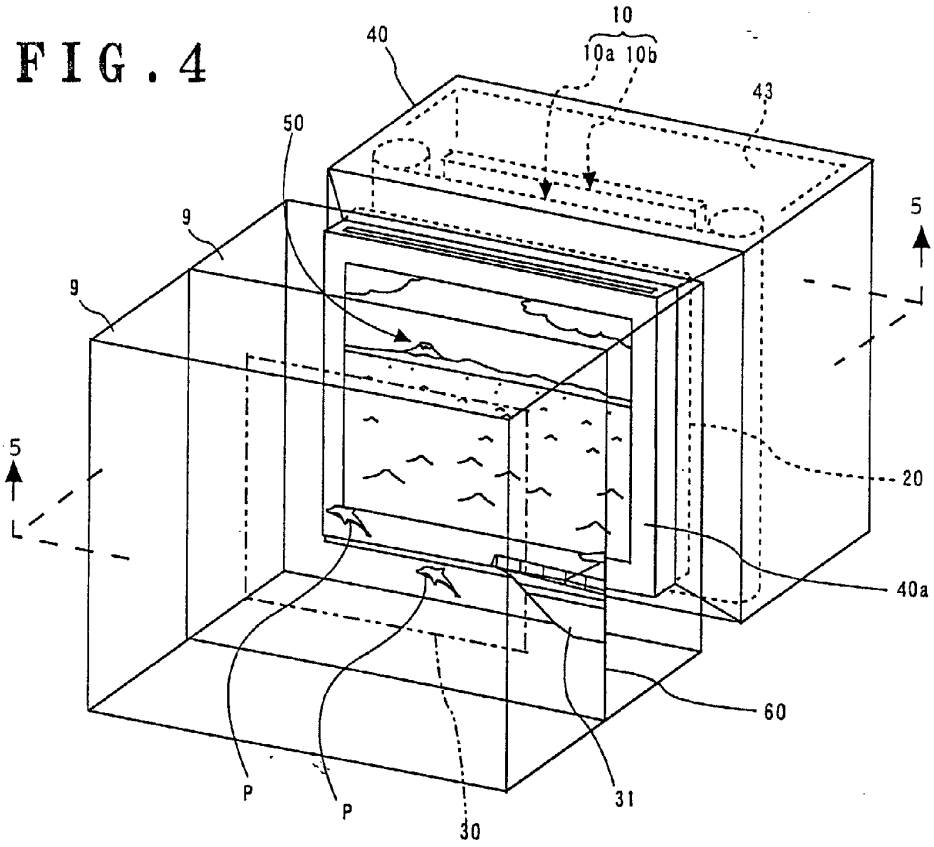

10
10a
10b
40
43
50
9
9
5
5
20
40a
60
P
P
30
31

FIG. 5

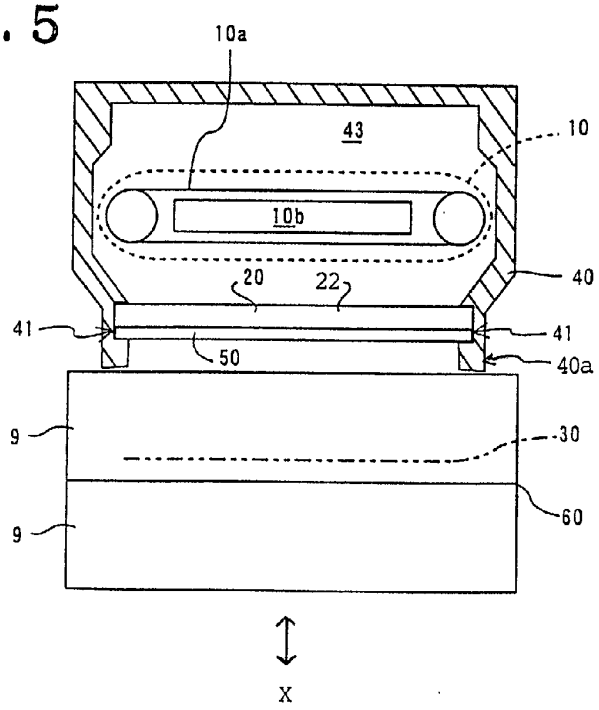

10a
43
10
10b
40
20
22
41
41
50
40a
9
30
9
60
X

FIG. 6A

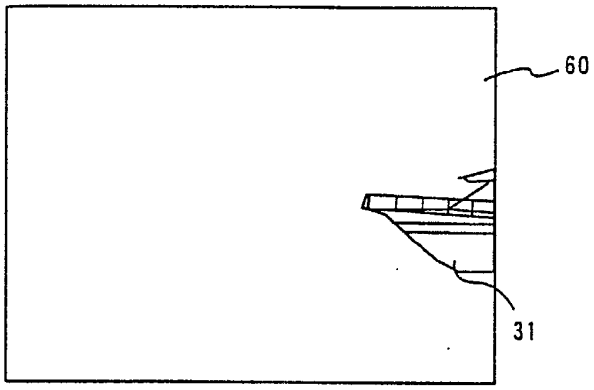


FIG. 6B

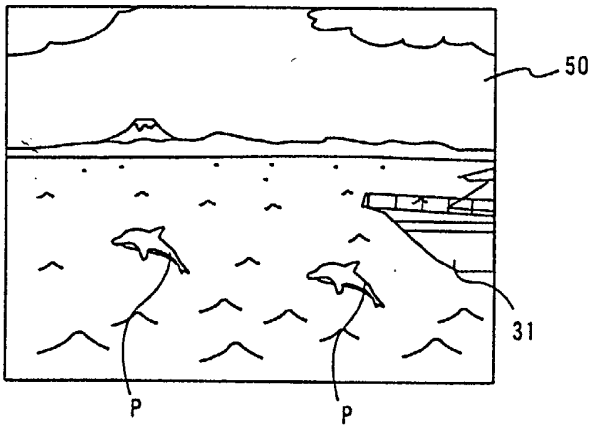


FIG. 6C

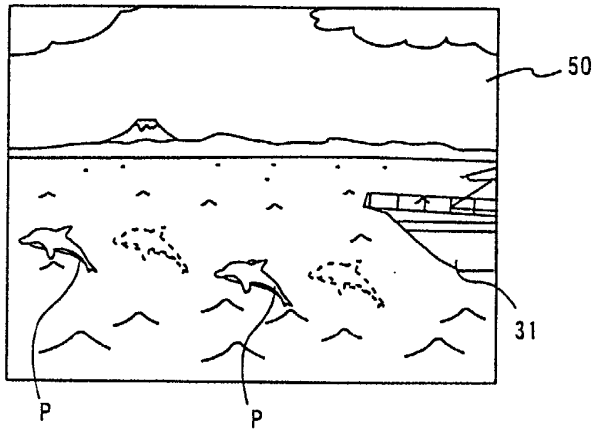


FIG. 7

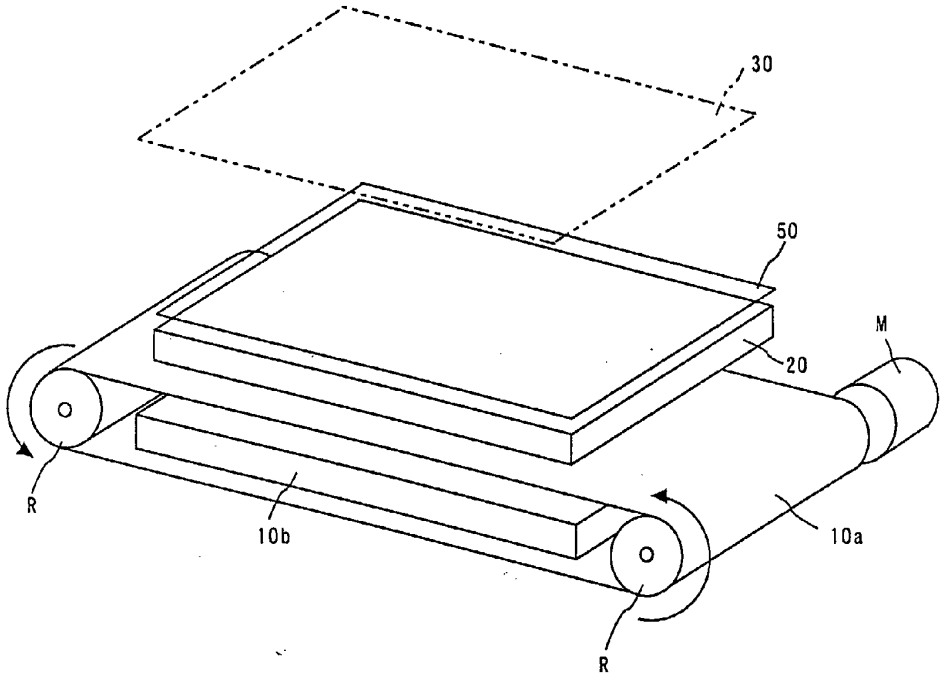


FIG. 8

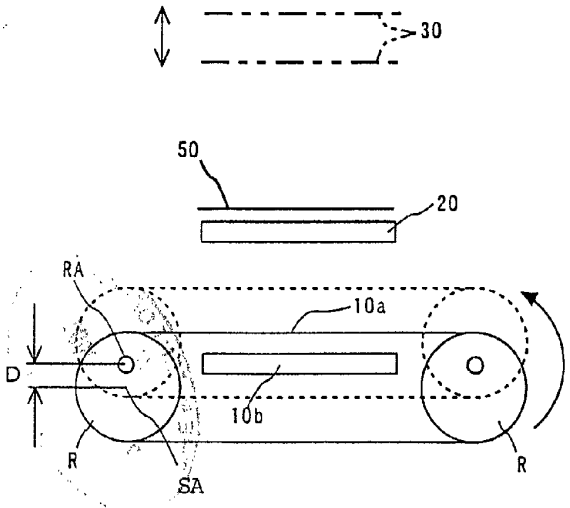


FIG. 9

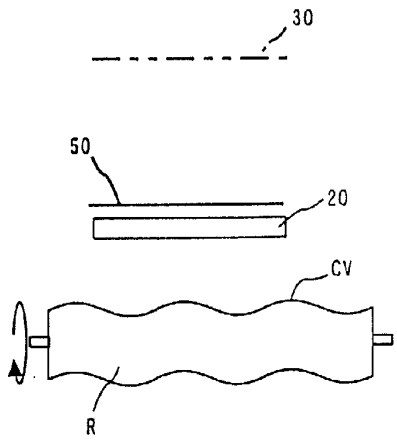


FIG. 10

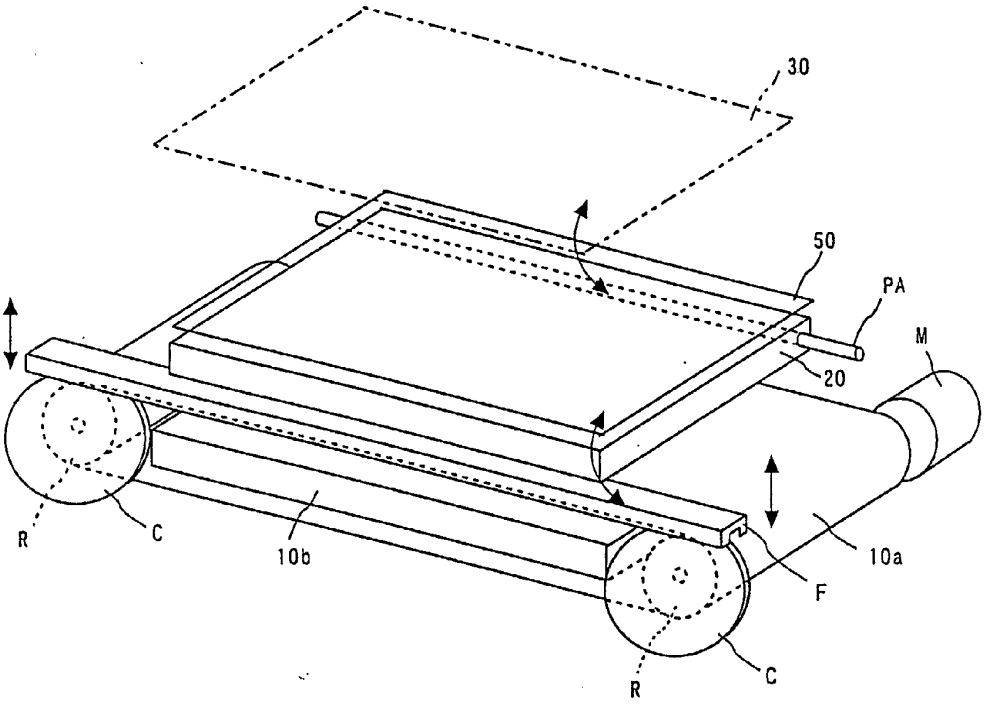


FIG. 11

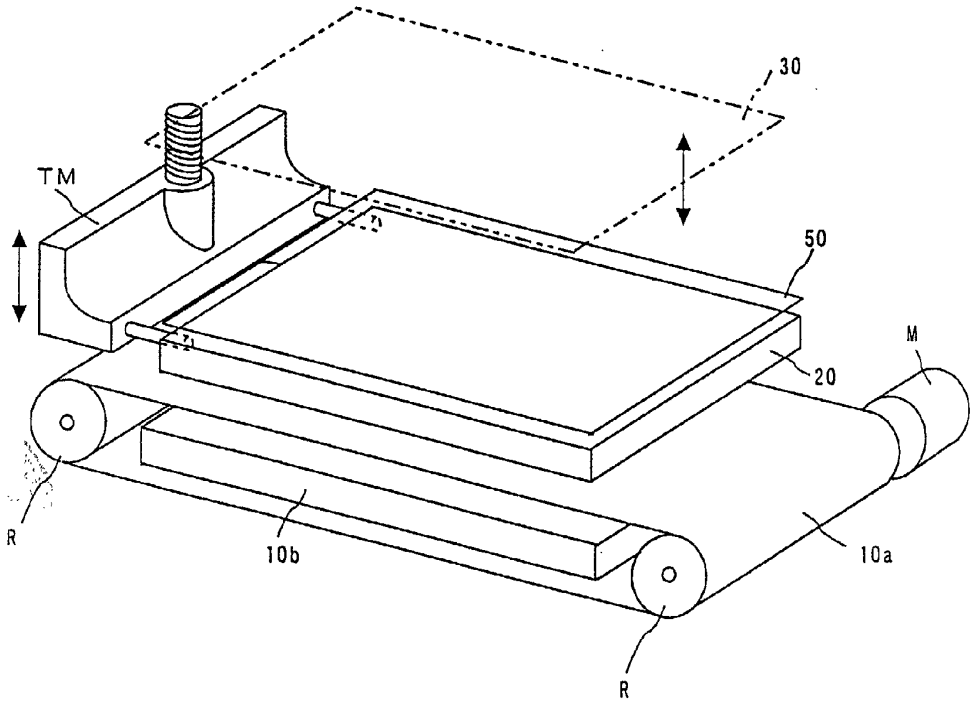


FIG. 12

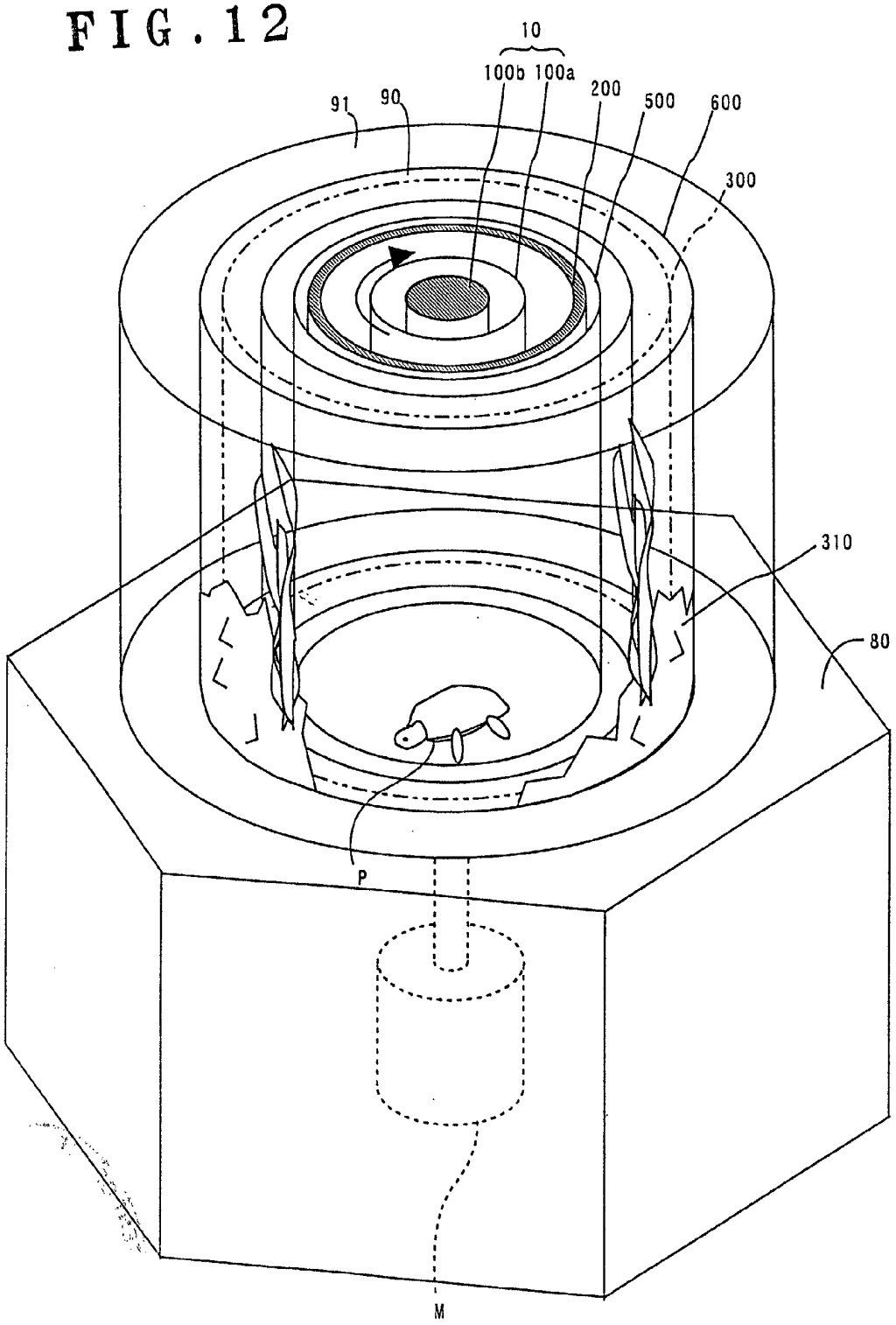


FIG. 13

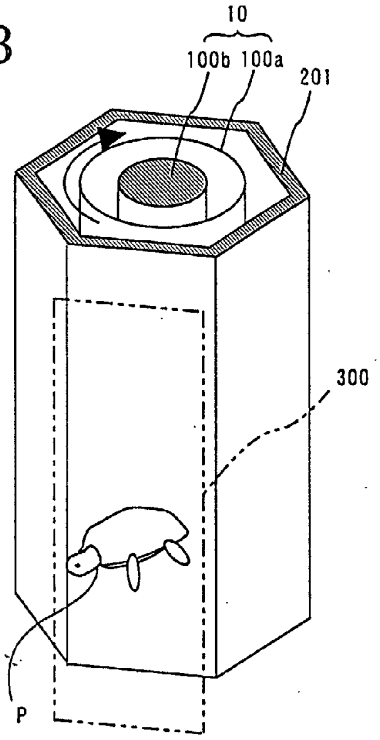
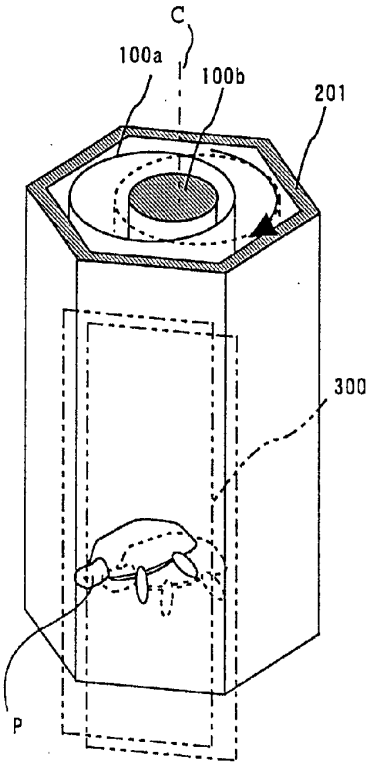


FIG. 14



European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 02 25 8020

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
Y	US 2001/022562 A1 (ISHIKAWA MASARU) 20 September 2001 (2001-09-20) * figures 1-4 * * claim 2 * * paragraph [0008] - paragraph [0037] * * paragraph [0044] - paragraph [0057] * ---	1-3,14	G02B27/22 G03B21/00
Y	WO 01 63340 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP ;KOBAYASHI TETSURO (JP)) 30 August 2001 (2001-08-30) * figures 1-11 * -& EP 1 275 999 A ((JAPAN SCIENCE & TECH CORP)) 15 January 2003 (2003-01-15) * paragraph [0029] - paragraph [0034] * * paragraph [0040] - paragraph [0060] * ---	1-3,14	
Y	US 2001/022563 A1 (ISHIKAWA MASARU) 20 September 2001 (2001-09-20) * figures 1-4 * * claim 2 * * paragraph [0008] - paragraph [0032] * * paragraph [0042] - paragraph [0056] * ---	1-3,14	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7) G02B G03B
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 348 (P-1393), 28 July 1992 (1992-07-28) -& JP 04 106541 A (VICTOR CO OF JAPAN LTD), 8 April 1992 (1992-04-08) * abstract *	1-3,14	
A	* figures 1-16 * --- -/--	6-9,15, 16	

The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
MUNICH	28 March 2003	PAVON

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 02 25 8020

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 15, 6 April 2001 (2001-04-06) -& JP 2000 352606 A (ROHM CO LTD), 19 December 2000 (2000-12-19) * abstract * * figures 1-14 * ---	1-3	
A	CA 2 121 054 A (PETHICK GERALD ;JULL GEORGE W (CA)) 13 October 1995 (1995-10-13) * figures 14-27 * -----	12,13, 15-17	
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)

The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
MUNICH	28 March 2003	PAVON

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO. EP 02 25 8020

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

28-03-2003

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2001022562 A1	20-09-2001	JP 2001255493 A	21-09-2001
WO 0163340 A	30-08-2001	JP 2001235708 A	31-08-2001
		EP 1275999 A1	15-01-2003
		WO 0163340 A1	30-08-2001
US 2001022563 A1	20-09-2001	JP 2001255494 A	21-09-2001
JP 04106541 A	08-04-1992	JP 2104894 C	06-11-1996
		JP 8033591 B	29-03-1996
JP 2000352606 A	19-12-2000	CN 1345420 T	17-04-2002
		EP 1176435 A1	30-01-2002
		WO 0058762 A1	05-10-2000
CA 2121054 A	13-10-1995	CA 2121054 A1	13-10-1995

EPO FORM P0459

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 315 019 B1

(12) EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention of the grant of the patent:
11.01.2006 Bulletin 2006/02

(51) Int Cl.:
G02B 27/22 *(2006.01)* ***G03B 21/00*** *(2006.01)*

(21) Application number: **02258020.3**

(22) Date of filing: **21.11.2002**

(54) Display apparatus for displaying an aerial image floating in front of a background image

Anzeigegerät zur Darstellung eines Luftbildes vor einem Hintergrundbild

Dispositif d'affichage d'une image flottante devant une image de fond

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB

(30) Priority: **22.11.2001 JP 2001357073**

(43) Date of publication of application:
28.05.2003 Bulletin 2003/22

(73) Proprietor: **Pioneer Corporation**
Meguro-ku,
Tokyo (JP)

(72) Inventors:
- **Masaru, Ishikawa,**
  Pioneer Tokorozawa Plant
  Tokorozawa-city,
  Saitama (JP)
- **Hiroshi, Toriumi,**
  Pioneer Tokorozawa Plant
  Tokorozawa-city,
  Saitama (JP)

(74) Representative: **Luckhurst, Anthony Henry William**
Marks & Clerk
90 Long Acre
London WC2E 9RA (GB)

(56) References cited:
WO-A-01/63340
CA-A- 2 121 054
US-A1- 2001 022 562
US-A1- 2001 022 563

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 348 (P-1393), 28 July 1992 (1992-07-28) -& JP 04 106541 A (VICTOR CO OF JAPAN LTD), 8 April 1992 (1992-04-08)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 15, 6 April 2001 (2001-04-06) -& JP 2000 352606 A (ROHM CO LTD), 19 December 2000 (2000-12-19)**

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

EP 1 315 019 B1

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

[0001] The present invention relates to an apparatus for displaying a two-dimensional image of an object including a three-dimensional article.

2. Description of the Related Art

[0002] In order to provide and even enhance a visual healing effect and/or an attractive appearance of merchandise in a store, an apparatus for making a three-dimensional image is often used. Such apparatus is for example used for interior decorations and sample articles placed in a showcase.

[0003] A lenticular lens method is used for providing a three-dimensional image. The lenticular lens method makes a plurality of latent images in a single screen, and these latent images are viewed through a transmission screen, which is referred to as a lenticular lens. The lenticular lens is made from a plurality of semi-cylindrical lenses having the same width and arranged (connected to each other) in a horizontal direction. When the latent images are viewed behind the lenticular lens, a three-dimensional image is observed. Specifically, each of the latent images is divided into a plurality of stripe images such that each stripe image corresponds to one pitch of the semi-circular lenses. Each stripe image extends in a vertical direction. The stripe images are regularly arranged. A focus point of the lenticular lens changes depending upon a direction of viewing the screen and a distance from a viewer to the screen. Thus, an observed image changes. This provides the viewer with a three-dimensional image. More specifically, the viewer recognizes a three-dimensional image when two images (right and left images) corresponding to the eyes of the viewer are divided into two groups of alternately arranged stripe images. The lenticular lens method can also provide a moving image (referred to as "motion effect"). Further, the lenticular lens method can provide a flip effect, which switches the observed image several times when the viewer walks around the lenticular lens.

[0004] In order to make a plurality of latent images on a single surface, however, binocular parallax images are needed when preparing the latent images. A lot of labor is required to make the binocular parallax images, such as computerized image processing, lenticular lens preparation, and appropriate and accurate selection (combination) of the lens and images. Therefore, a display apparatus tends to be expensive if the display apparatus utilizes the lenticular lens to provide a stereoscopic image.

[0005] When a stereoscopic image is displayed by the lenticular lens, an original image should be viewed from two or more directions and divided into a plurality of strip images. These strip images are special images. Therefore, there is a demand for an image display apparatus which can provide a stereoscopic image from a general photograph or picture and which does not have to observe the object from a plurality of directions.

[0006] We acknowledge the disclosure in US 2001/0022562 of stereoscopic two-dimensional imaging with apparatus as defined in the pre-characterizing portion of Claim 1 below. Also, WO 01/63340 discloses illuminating a colour transmission spatial distribution filter by a matrix of point sources of light, the filter including a three-dimensional image portion and a background portion.

[0007] An object of the present invention is to provide an image displaying apparatus that has a simple structure but is able to show an object image stereoscopically.

[0008] According to one aspect of the present invention, there is provided an image displaying apparatus as defined in Claims 1 and 11.

[0009] The first and second displays are situated on opposite sides of the micro lens array, and the micro lens array creates the real image of the two-dimensional image on the imaging plane over the background image of the second display. Therefore, the apparatus has as simple structure, but is able to show the object image stereoscopically.

[0010] The micro lens array may be a micro convex lens plate having a plurality of pairs of lenses arranged two-dimensionally such that optical axes of the pairs of lenses extend in parallel to each other. Two lenses in each lens pair may be convex lenses and may be coaxial to each other.

[0011] The micro lens array may create an erected image on the imaging plane.

[0012] The first display may include a back light, and a reversal film placed between the back light and the image transmitting panel to present the two-dimensional image.

[0013] The apparatus may further include a first film drive mechanism for translating the reversal film relative to the image transmitting panel. A distance between the reversal film and the image transmitting panel may be substantially maintained.

[0014] The apparatus may further include a second film drive mechanism for moving the reversal film relative to the image transmitting panel to change the distance between the reversal film and the image transmitting panel while the first drive mechanism is translating the reversal film. The moving direction may be generally perpendicular to the translating direction.

[0015] The second film drive mechanism may only partially change the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

[0016] The apparatus may further include a mechanism for pivoting the image transmitting panel relative to the reversal film.

[0017] The apparatus may further include a panel drive mechanism for moving the image transmitting panel rel-

ative to the reversal film to change the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

[0018] The apparatus may further include a third display located at the imaging plane or between the imaging plane and the second display for presenting a second background image including a transparent or semi-transparent area to facilitate recognition of the real image of the two-dimensional image.

[0019] The apparatus may further include a transparent member for supporting the third display.

[0020] The reversal film, the image transmitting panel and the second display may have a hollow cylindrical shape with an increasing diameter, respectively. The reversal film, the image transmitting panel and the second display may be arranged coaxially.

[0021] The transparent member may have a hollow cylindrical shape and may be coaxial to the image transmitting panel.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0022]

Figure 1 is a schematic view showing major elements of an image display apparatus according to a first embodiment of the present invention;

Figure 2 illustrates a cross sectional view of a micro lens array employed in the apparatus shown in Figure 1;

Figure 3A illustrates a first reversal film used in the apparatus shown in Figure 1;

Figure 3B illustrates a second reversal film used in the apparatus shown in Figure 1;

Figure 3C illustrates a combined image which a viewer perceives;

Figure 4 is a schematic perspective view of an image display apparatus according to a second embodiment of the present invention;

Figure 5 illustrates a cross sectional view taken along the line 5-5 in Figure 4;

Figure 6A illustrates a third reversal film used in the apparatus shown in Figure 4;

Figure 6B illustrates a combined image which a viewer perceives;

Figure 6C illustrates a modification in which some images move in the combined image of Figure 6B;

Figure 7 illustrates a mechanism for moving the images, which is used for the Figure 6C modification;

Figure 8 illustrates a modification of the mechanism shown in Figure 7;

Figure 9 illustrates another modification of the mechanism shown in Figure 7;

Figure 10 illustrates still another modification of the mechanism shown in Figure 7;

Figure 11 illustrates yet another modification of the mechanism shown in Figure 7;

Figure 12 illustrates a schematic perspective view of an image display apparatus according to a third embodiment of the present invention;

Figure 13 illustrates major elements in a modification of the third embodiment; and

Figure 14 illustrates major elements in another modification of the third embodiment.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0023] Embodiments of the present invention will be described with reference to the accompanying drawings.

[0024] Referring to Figure 1, an apparatus for displaying a two-dimensional image of an object including a three-dimensional article is schematically illustrated. The apparatus includes a first display 10, and an image transmitting panel 20 supported by a support 15 secured to the first display 10. The first display 10 includes a reversal film 10a and a back light 10b. The reversal film 10a is a planar image (display) surface, such as an expanded positive, an expanded positive filmslide, and a transparent film having transmissive color printed thereon. The back light 10b illuminates the reversal film 10a from behind. The reversal film 10 contains a two-dimensional mage. The two-dimensional image illuminated by the back light 10b is imaged through the image transmitting panel 20 so that an imaging plane 30 is created in the space on the side opposite the first display 10. The apparatus also includes a second display 50 located between the imaging plane 30 and the image transmitting panel 20.

[0025] The image transmitting panel 20 includes a micro lens array 22 and a lens frame 23. The lens frame 23 surrounds an effective area of the micro lens array 22. The support 15 supports the lens frame 23, and the image transmitting panel 20 is spaced in parallel from an image surface of the reversal film 10a. The micro lens array 22 is an optical system to show a viewer a two-dimensional image of an object such as a stereo-image of the reversal film. The micro lens array 22 creates an erected image of the two-dimensional image at 100% magnification. The micro lens array 22 has an effect area larger than an object in the two- dimensional image. The micro lens array 22 includes a plurality of convex lenses 25.

[0026] Referring to Figure 2, the micro lens array 22 is illustrated in a cross sectional view as cut by a plane including optical axes 26 of the convex lenses 25. The micro lens array 22 includes a plurality of micro lenses 25 arranged two dimensionally. The micro lens array 22 has two array halves 24a and 24b connected to each other by spacers (not shown). The micro lens array 22 is a plate of micro convex lenses. This micro convex lens plate has a plurality of pairs of convex lenses 25 arranged two dimensionally such that the pairs of convex lenses 25 have parallel optical axes 26 relative to each other. Each pair of convex lenses has a mutual optical axis 26. Each pair of convex lenses 25 has a focus point , and the combination of the focus points of all the pairs of convex lenses 25 defines the imaging plane 30.

[0027] In Figure 2, if the radius of curvature of each convex lens 25 on the left side of the lens array half 24a (24b) is smaller than that of the convex lens 25 on the right side of the lens array half 24a (24b), the distance L1 between the lens plane of the left array half 24a and the reversal film 10a is shorter than the distance L2 between the lens plane of the right array half 24b and the focus point of the right array half 24b (or the imaging plane 30). In this case, the imaging plane 30 is sufficiently spaced from the image transmitting panel 20, and the thickness of the apparatus can be reduced. The convex lenses 25 are made from the same material and have the same shape. For example, the convex lenses 25 are arranged close to each other on a transparent plate 27 in a matrix fashion. The optical axis 26 of one convex lens 25 on the left array half 24a is coaxial to the optical axis 26 of an adjacent convex lens 25 on the right array half 24b. In this embodiment, the convex lenses 25 and the transparent plate 27 are made from acrylic. It should be noted that the transparent plate 27 may be made from a transmissive material such as glass.

[0028] It should be noted that the back light 10b may be replaced by a reflection type illumination unit, which illuminates the reversal film 10a from the front, not from the back. Such illumination unit may be supported by the support 15 between the reversal film 10a and the micro lens array 22.

[0029] Referring to Figure 3A, the reversal film 10a of the first display unit 10 includes images of objects P such as three-dimensional animals, which are expected to be viewed by a viewer. Other parts of the reversal film 10a are transmissive two-dimensional images. The second display 50 situated between the imaging plane 30 and the image transmitting panel 20 is a second reversal film to display a background image. Preferably, as shown in Figure 3B , the background image of the second reversal film 50 has a transparent or semitransparent area B to ensure proper displaying of an actual image of the object P. The area B allows passage of a sufficient amount of light from the reversal film 10a. As shown in Figure 3C, therefore, the viewer feels that only the objects P (actual images) of the first reversal film 10a float on or project from the background image of the second reversal film 50, like a three-dimensional image. It should be noted that the entire background image of the second reversal film 50 may be semitransparent. Further, the second reversal film 50 may be in contact with the micro lens array 22 or spaced from the micro lens array 22 as long as the second reversal film 50 is placed between the imaging plane 30 and the micro lens array 22.

[0030] A second embodiment of the present invention will be described with reference to Figure 4. Similar reference numerals are used to designate similar elements in the first and second embodiments and detailed description of similar elements may be omitted.

[0031] The image displaying apparatus of this embodiment is placed on a stage (not shown). The reversal film 10a and the back light 10b of the first display unit 10 stand in parallel to each other. The first display unit 10 is received in a housing 40. The housing 40 has a space 43 for accommodating various elements such as a drive mechanism. The two-dimensional image of the first display 10 includes an image of the object P and a surrounding section. Preferably the surrounding section emits white light. Preferably, the object image P is an image of a movable object rather than a static object. It should be noted that the first display 10 is not limited to the reversal film illuminated by the lighting unit. For instance, the first display 10 may be a color LCD (liquid crystal display) panel, a CRT (cathode ray tube) display, a plasma display, or an organic electroluminescence display. When the first display 10 is an electrically driven device, the first display 10 may be connected to an image signal source such that the first display 10 will receive an image signal to display a two-dimensional image including the three-dimensional object image P.

[0032] When the electrically driven device is utilized as the first display 10, the first display 10 makes the surrounding section of the object image P black. When the back light 10b is not used and a reflection type illumination unit is used, both of the object image P and the surrounding section are preferably non- transmissive.

[0033] The image transmitting panel 20 is supported in a front window 40a of the housing 40 such that the image transmitting panel 20 is spaced from the reversal film 10a, as best seen in Figure 5. The second reversal film 50 is also supported in the front window 40a. Specifically, the second reversal film 50 firmly fits in a slit 41 formed in the front window 40a. The second reversal film 50 is the second display to provide the background image. It should be noted that a transmissive adhesive may be applied to a surface of the second reversal film 50 to adhere the second reversal film 50 to the image transmitting panel 20. In this configuration, no slit 41 may be necessary. The second reversal film 50 is detachable, and located between the image transmitting panel 20 and the viewer. The inside of the housing 40 (particularly those parts of the housing which are relatively close to the viewer) has a dark color, such as black, to prevent intrusion of unnecessary light.

[0034] The first reversal film 10a or the image display plane of the first display 10 is positioned within a "depth of field" around the focus point of the micro lens array 22 of the image transmitting panel 20 on the object side. When the object image on the display surface 10a of the first display 10 is illuminated by the back light, a projected picture of the object image is formed on the imaging plane 30 at or near the focus point of the micro lens array 22 on the viewer side. As a result, the viewer can recognize a real image of the object image P when the viewer sees the imaging plane 30 in an optical axis direction or in a similar direction. In this case, the object image formed on the reversal film 10a of the first display 10 is reproduced as the real image recognized by the viewer.

[0035] As shown in Figures 4 and 5, a transparent body 9 is placed in front of the front window portion 40a of the

housing 40. The transparent body 9 is an acrylic block having a rectangular parallelepiped shape. The thickness of the acrylic block 9, when viewed from the viewer, is determined such that the imaging plane 30 created by the micro lens array 22 is present inside the acrylic block 9. In other words, the thickness of the acrylic block 9 is determined such that the focus length of the micro lens array 22 does not exceed the thickness of the acrylic block 9. The viewer feels that the object image P "floats" in the acrylic block 9. It should be noted that two identical acrylic blocks 9 may be provided in tandem as shown in Figure 5. A third display 60 is sandwiched between the two acrylic blocks 9. The third display 60 presents a second background image 31 (Figure 4). The thickness of the acrylic block 9 is determined such that the third display 60 is located in the vicinity of the focus point of the micro lens array 22. The imaging plane 30 is therefore formed at or near the third display 60.

[0036] Referring to Figure 6A, the reversal film of the third display 60 situated near the imaging plane 30 includes the second background image 31 and a surrounding section. The second background image 31 is a two-dimensional image and light-transmissive. The surrounding section is transparent or semi-transparent because the surrounding section should not obstruct the object image P created on the imaging plane 30 when the viewer sees the object image P. Since the viewer can easily focus the second background 31, the viewer perceives that the object image P (real image) of the first reversal film 10a projects from the first background image of the second reversal film 50, like a three-dimensional presentation, as shown in Figure 6B. It should be noted that the third display 60 may be located either between the imaging plane 30 and the second display 50 or between the imaging plane 30 and the viewer, as long as the viewer's eyes can easily focus on the second background image 31 of the third display 60. In general, therefore, the third display 60 is located near the imaging plane 30. The second background image 31 is part of a boat, and the object image P is a dolphin and an erected image.

[0037] Referring to Figure 6C, it is possible to move the "floating" object image P. The two dolphins P have moved from the phantom positions in this drawing. In the image display apparatus shown in Figure 7, the image transmitting panel 20 and the first reversal film 10a are disposed in parallel to each other. The image transmitting panel 20 forms the imaging plane 30 beyond the second display 50 (i.e., between the second display 50 and the viewer). The first reversal film 10a is in the form of an endless tape, and engaged over two parallel rolls (drive and driven rolls) R. As the drive roll R is rotated by a motor M, only the object images P move. The rolls R and motor M constitute a film drive mechanism for moving the object image P. The film drive mechanism is a mechanism for translating the first reversal film 10a relative to the image transmitting panel 20. The image transmitting panel 20 is stationary. The parallel relationship between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 is maintained while the first reversal film 10a is being translated. It should be noted that the film drive mechanism is not limited to the illustrated one. Any suitable mechanism may be utilized as long as the mechanism is able to translate the first reversal film 10a of the first display 10 relative to the image transmitting panel 20 and able to maintain the distance (or parallel relationship) between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20. The film drive mechanism can change the dolphin P to another image such as a person swimming after the dolphin when the film drive mechanism moves the first reversal film 10a. The "another image" may include words, characters, letters, marks, signs and symbols. For example, therefore, it is possible to show a moving advertisement.

[0038] A modification of the film drive mechanism for showing a moving object image P will be described with reference to Figure 8. This film drive mechanism can also change the distance between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 while the first reversal film 10a is circulating. The film drive mechanism includes a pair of parallel rolls R and the endless-tape type reversal film 10a engaged over the rolls R. Each roll R has a rotation center RA, which is offset from the center SA of the roll R by an amount of D. As the rolls R rotate, the first reversal film 10a approaches and moves apart from the image transmitting panel 20 in a repeated manner. At the same time, the first reversal film 10a rotates. In Figure 8, the solid line indicates the first reversal film 10a at a position furthest from the image transmitting panel 20, and the phantom line indicates the first reversal film 10a at a position closest to the image transmitting panel 20. Other elements of the film drive mechanism are the same as the film drive mechanism shown in Figure 7. As the distance between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 changes, the position of the imaging plane 30 moves back and forth as indicated by the double arrow. It is therefore possible to translate the image P in the width direction of the display apparatus horizontally while moving the image P back and forth within the depth of focus of the micro lens array 22. The parallel relationship between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 is maintained. It should be noted that the two rolls R may be driven in a different manner or the amount of offset D for the right roll may be different from that for the left roll. This will destroy the parallel relationship between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 when the first reversal film 10a approaches and moves apart from the image transmitting panel 20. The amount of offset D from the roll center SA to the rotation center RA is determined such that the moving first reversal film 10a remains in the depth of field of the micro lens array 22.

[0039] A still further modification of the film drive mechanism is illustrated in Figure 9. This film drive mechanism can change the distance between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 in a random (concave-convex) manner. A basic structure of the film

drive mechanism shown in Figure 9 is the same as that shown in Figure 7, but the shape of the roll R is different. As depicted in Figure 9, at least one of the rolls R has a plurality of projections CV. Consequently, some portions of the first reversal film 10a (not shown in Figure 9) move closer to (or apart from) the image transmitting panel 20 as the rolls R rotate. This film drive mechanism shifts the imaging plane 30 back and forth within the depth of focus of the micro lens array 22. The parallel relationship between the first reversal film 10a and the image transmitting panel 20 is generally maintained. The height of the projection CV on the roll R is determined such that the first reversal film 10 remains within the depth of field of the micro lens array 22.

[0040] Another modification will be described with reference to Figure 10. This modification is also compared with Figure 7. A mechanism for pivoting the image transmitting panel 20 relative to the first reversal film 10a is provided in this modification whereas the image transmitting panel 20 is stationary in Figure 7. The pivoting mechanism includes two disc cams C attached to the two rolls R, respectively. The cam C is an eccentric cam. A single follower F spans the cams C, and an edge of the image transmitting panel 20 rests on the follower F. The opposite edge of the image transmitting panel 20 has a rod PA, which serves as a pivot axis. The follower F contacts the cams C and moves together with the cams C. As the rolls R rotate, the cams C push (lift) the follower F up and down as indicated by the vertical double arrow. As a result, the follower F causes the image transmitting panel 20 to pivot about the axis PA, as indicated by the lower arcuate double arrow. Therefore, the distance between the image transmitting panel 20 and the first reversal film 10a can be partially varied by the pivoting mechanism. When the distance between the image transmitting panel 20 and the first reversal film 10a changes, the imaging plane 30 moves back and forth correspondingly as indicated by the upper arcuate double arrow. The object image P on the imaging plane 30 moves back and forth within the depth of focus of the micro lens array 22 while the first reversal film 10a moves to the left from the right. An amount of eccentricity of the disc cam C (i.e., deviation from the center of the cam to the rotation center of the cam) is determined such that the first reversal film 10a remains within the depth of the field of the micro lens array 22. The follower F is an elongated member having a groove along the length of the follower F. The peripheries of the cams C are received (engaged) in the groove of the follower F.

[0041] Yet another modification is illustrated in Figure 11. A mechanism TM for moving the image transmitting panel 20 relative to the first reversal film 10a, as indicated by the left double arrow, is provided in this modification. This modification is compared with Figure 7 in which the image transmitting panel 20 is not movable. As shown in Figure 11, the mechanism TM is attached to the side edge of the image transmitting panel 20 such that the image transmitting panel 20 can move closer to and apart from the first reversal film 10a. The mechanism TM is a screw mechanism. The parallel relationship between the image transmitting panel 20 and the first reversal film 10a is always maintained. As the image transmitting panel 20 is moved by the mechanism TM, the imaging plane 30 is moved correspondingly as indicated by the right double arrow. The movement of the imaging plane 30 is limited to an extent that the object image P does not go beyond the depth of the focus of the micro lens array 22. The movement of the image transmitting panel 20 is determined such that the first reversal film 10a remains within the depth of field of the micro lens array 22.

[0042] As described above, the second background image 31 is provided near (in front of or behind) the imaging plane 30, on which the object image P is created, in a manner not to obstruct the displaying of the object image P, and the mechanism for moving the object image P is provided in the second embodiment (Figures 4 to 11). Therefore, the viewer feels that the two-dimensional image P is stereoscopic although the two-dimensional image P itself does not contain parallax information.

[0043] It should be noted that the solid plate member 9 to accommodate the imaging plane 30 may be replaced by a hollow member such as a transparent casing made from acrylic. The casing is transparent at least in the direction X in Figure 5. Alternatively, the transparent plate member 9 may be replaced by a rectangular parallelepiped frame. The frame has no walls at least in the direction X. Inside the casing or frame, a miniature of a garden, house, creek and the like may be placed. Then, a middle-distance or far-distance background may be written on the second display 50, and the moving picture P (e.g., person or automobile) is projected in the imaging plane 30. This can be a stereoscopic diorama.

[0044] A third embodiment of the present invention will be described with reference to Figure 12. Similar terminology is used to describe similar elements in the first, second and third embodiments.

[0045] The image display apparatus of the third embodiment is situated on a hexagon base 80. A first reversal film 100a has a cylindrical shape and stands on the base 80. The first reversal film 100a is coaxial to the base 80. A back light 100b also has a cylindrical shape and coaxially surrounds the first reversal film 100a on the base 80. The first reversal film 100a and back light 100b constitute the first display 10. An image transmitting panel 200 having a cylindrical shape surrounds the back light 100b (or the first display 10) coaxially. It should be noted that the first display 10 is not limited to the combination of the reversal film 100a and back light 100b to illuminate the reversal film. For example, an organic electroluminescence display may be used as the first display 10.

[0046] The image surface of the first display 10 is the cylindrical reversal film 100a, and is located within the depth of field of a micro lens array (not shown) of the image transmitting panel 200 around the focus plane of the micro lens array. The image transmitting panel 200

has a thickness, and the micro lens array is housed in the image transmitting panel 200. A second reversal film 500 is a second display to present a background image. The second reversal film 500 is also cylindrical, and coaxially surrounds the image transmitting panel 200 on the base 80. It should be noted that a transparent adhesive may be applied to the second reversal film 500 to attach the second reversal film 500 to the image transmitting panel 200. The second reversal film 500 is detachable or replaceable.

[0047] The image present on the first display 10 is projected on an imaging plane 300 at or near the focus plane of the micro lens array. Then, a viewer can see a real image P (e.g., a turtle) on the imaging plane 300. The imaging plane 300 is cylindrical.

[0048] A transparent, cylindrical member 90 coaxially surrounds the second reversal film 500. The cylindrical member 90 is a hollow member, and is acrylic. The cylindrical block 90 has a thickness sufficient to accommodate the imaging plane 300 created by the micro lens array of the image transmitting panel 200. Therefore, the viewer feels that the image P is floating in the transparent block 90. The location of the transparent block 90 is determined such that the focus plane of the micro lens array exists within the confinement of the transparent block 90. Another (or outer) transparent block 91 coaxially surrounds the transparent block 91. The outer transparent block 91 is also made from acrylic. The outer transparent block 91 is joined with the inner transparent block 90 at or near the imaging plane 300, with a third display 600 being interposed. The third display 600 presents a second background image 310. The third display 600 is, for example, a cylindrical reversal film. Since the viewer can easily focus on the second background image 310, the viewer feels that the real image P derived from the first reversal film 100a projects or floats from the first background image derived from the second reversal film 500.

[0049] It should be noted that a motor M may be provided for rotating the first reversal film 100a. The motor M is a film drive mechanism to move the image P only. The film drive mechanism provides a rotating display function (a merry-go-round type display function). A motor shaft extends coaxially to the back light 100b (or the first display 10). The motor M is placed inside the base 80 so that the motor M is concealed from the viewer.

[0050] It should be noted that the image transmitting panel 200 having a cylindrical shape may be replaced by another image transmitting panel 201 having a regular polygonal shape as shown in Figure 13.

[0051] It should also be noted that the first reversal film 100a may not be located coaxially to the back light 100b as shown in Figure 14. The back light 100b is coaxial to the motor shaft center axis C. When the motor M (Figure 12) is activated, the back light 100b and the first reversal film 100a rotate about the motor shaft center axis C. However, the center line of the first reversal film 100a is offset from the axis C so that the first reversal film 100a rotates eccentrically as indicated by the arrow. The distance between the image transmitting panel 200 (or 201) and the first reversal film 100a varies upon the rotation of the first reversal film 100a. As a result, the imaging plane 300 (or the image P thereon) moves back and forth within the depth of focus of the micro lens array of the image transmitting panel 200 (or 201). An amount of movement of the first reversal film 100a is limited within the depth of field of the micro lens array.

Claims

1. An apparatus comprising:

   a first display (10) having a first planar image surface (10a) and a backlight (10b), for presenting a two-dimensional image including an object image (P);
   an image transmitting panel (20) in parallel to the first image surface and having a micro lens array (22) for creating an imaging plane (30) to show a real image of the two-dimensional image in a space on the opposite side of the micro lens array from that of the first display, the micro lens array having a plurality of lenses (25) and having an effective area greater than the object image;
   characterized by:

   a second display (50) between the imaging plane (30) and the micro lens array (22) for presenting a two-dimensional background image, the second display having a transparent or semi-transparent area (B) to allow formation of the real image on the imaging plane;
   wherein the first display includes a reversal film (10a) placed between the back light and the image transmitting panel (20) to present the two-dimensional image, and a film drive mechanism (R, M) for translating the reversal film relative to the image transmitting panel, with a distance between the reversal film and the image transmitting panel being substantially maintained.

2. The apparatus according to Claim 1, wherein the micro lens array is a micro convex lens plate (24a, 24b) having a plurality of pairs of convex lenses arranged two-dimensionally such that optical axes (26) of the plurality of pairs of lenses extend in parallel to each other, two lenses in each pair of lenses being coaxial to each other.

3. The apparatus according to Claim 2, wherein the micro lens array creates an erected image on the imaging plane (30).

4. The apparatus according to Claim 1, 2 or 3, further

including a second film drive mechanism (RA) for moving the reversal film relative to the image transmitting panel to change the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

5. The apparatus according to Claim 1, 2 or 4, further including a second film drive mechanism (CV) for partially changing the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

6. The apparatus according to Claim 1, 2 or 3, further including a mechanism (C, F) for pivoting the image transmitting panel relative to the reversal film.

7. The apparatus according to Claim 1, 2 or 3, further including a panel drive mechanism (TM) for moving the image transmitting panel relative to the reversal film to change the distance between the reversal film and the image transmitting panel.

8. The apparatus according to any preceding claim further including a third display (60), located at or near the image plane (30) for presenting a second background image (31) including a transparent or semi-transparent area to facilitate recognition of the real image of the two-dimensional image.

9. The apparatus according to Claim 8, further including a transparent member (9) for supporting the third display.

10. The apparatus according to any of Claims 1 to 9, wherein the first display includes one of an organic electroluminescence display, a color LCD, a CRT display and a plasma display panel.

11. An apparatus comprising:

a first display (10) having a first cylindrical image surface (100a) to present a cylindrical image including an object image (P);
a cylindrical image transmitting panel (200) coaxial with the first image surface and having a micro lens array for creating an imaging surface (300) to show a real image of the cylindrical image in a space (300) on the opposite side of the micro lens array from that of the first display, the micro lens array having a plurality of lenses and having an effective area greater than the object image; and
a second display (500) coaxial with and between the imaging surface (300) and the micro lens array for presenting a background image (310), the second display having a transparent or semi-transparent area to allow formation of the real image on the imaging plane.

12. The apparatus according to Claim 11, including a transparent member (90) having a hollow cylindrical shape and coaxial to the image transmitting panel (200) and a third display (600) coaxially located at or near the imaging surface (300) for presenting a second background image including a transparent or semi-transparent area to facilitate recognition of the real image of the two-dimensional image.

13. The apparatus according to Claim 11, wherein the first display includes a back light (100b), and a reversal film (100a) placed between the back light and the image transmitting panel (22) to present the two-dimensional image, and wherein the back light, the reversal film and the image transmitting panel are arranged coaxially with a cylindrical shape and an increasing diameter, respectively, and the apparatus further includes a motor to rotate the reversal film coaxially relative to the image transmitting panel.

14. An apparatus according to Claim 11, wherein the first display includes a back light (100b), and a reversal film (100a) placed between the back light and the image transmitting panel (22) to present the two-dimensional image, and wherein the back light, the reversal film and the image transmitting panel have a cylindrical shape with an increasing diameter, respectively, the reversal film being located eccentrically to the image transmitting panel, and the apparatus further includes a motor to rotate the reversal film eccentrically relative to the image transmitting panel.

15. The apparatus according to Claim 11, wherein the transparent member (90) is acrylic.

16. The apparatus according to any preceding claim, in which the two-dimensional image presented, in use, by the first display (10) is non-stereoscopic.

Revendications

1. Appareil comprenant:

un premier affichage (10) qui comporte une première surface d'image plane (10a) et un éclairage arrière (10b), pour présenter une image bidimensionnelle incluant une image objet (P);
un panneau de transmission d'image (20) parallèle à la première surface d'image et comportant un réseau de microlentilles (22) pour créer un plan imageur (30) pour présenter une image réelle de l'image bidimensionnelle dans un espace sur le côté du réseau de microlentilles qui est opposé par rapport à celui du premier affichage, le réseau de microlentilles comportant une pluralité de lentilles (25) et présentant une aire efficace supérieure à celle de l'image objet,

caractérisé par:

un second affichage (50) entre le plan imageur (30) et le réseau de microlentilles (22) pour présenter une image de fond bidimensionnelle, le second affichage comportant une zone transparente ou semi-transparente (B) pour permettre la formation de l'image réelle sur le plan imageur,
dans lequel le premier affichage inclut un film inversible (10a) qui est placé entre l'éclairage arrière et le panneau de transmission d'image (20) afin de présenter l'image bidimensionnelle et un mécanisme d'entraînement de film (R, M) pour translater le film inversible par rapport au panneau de transmission d'image moyennant une distance entre le film inversible et le panneau de transmission d'image qui est sensiblement maintenue.

2. Appareil selon la revendication 1, dans lequel le réseau de microlentilles est une plaque de microlentilles convexes (24a, 24b) comportant une pluralité de paires de lentilles convexes qui sont agencées bidimensionnellement de telle sorte que des axes optiques (26) de la pluralité de paires de lentilles s'étendent parallèlement les uns aux autres, deux lentilles dans chaque paire de lentilles étant coaxiales l'une à l'autre.

3. Appareil selon la revendication 2, dans lequel le réseau de microlentilles crée une image redressée sur le plan imageur (30).

4. Appareil selon la revendication 1, 2 ou 3, incluant en outre un second mécanisme d'entraînement de film (RA) pour déplacer le film inversible par rapport au panneau de transmission d'image afin de modifier la distance entre le film inversible et le panneau de transmission d'image.

5. Appareil selon la revendication 1, 2 ou 4, incluant en outre un second mécanisme d'entraînement de film (CV) pour modifier partiellement la distance entre le film inversible et le panneau de transmission d'image.

6. Appareil selon la revendication 1, 2 ou 3, incluant en outre un mécanisme (C, F) pour pivoter le panneau de transmission d'image par rapport au film inversible.

7. Appareil selon la revendication 1, 2 ou 3, incluant en outre un mécanisme d'entraînement de panneau (TM) pour déplacer le panneau de transmission d'image par rapport au film inversible afin de modifier la distance entre le film inversible et le panneau de transmission d'image.

8. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, incluant en outre un troisième affichage (60) qui est localisé au niveau du plan imageur (30) ou à proximité de celui-ci pour présenter une seconde image de fond (31) incluant une zone transparente ou semi-transparente afin de faciliter la reconnaissance de l'image réelle de l'image bidimensionnelle.

9. Appareil selon la revendication 8, incluant en outre un élément transparent (9) pour supporter le troisième affichage.

10. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le premier affichage inclut un élément pris parmi un affichage électroluminescent organique, un LCD couleur, un affichage à CRT et un panneau d'affichage plasma.

11. Appareil comprenant:

un premier affichage (10) qui comporte une première surface d'image cylindrique (100a) afin de présenter une image cylindrique incluant une image objet (P);
un panneau de transmission d'image cylindrique (200) coaxial à la première surface d'image et comportant un réseau de microlentilles pour créer une surface imageuse (300) pour présenter une image réelle de l'image cylindrique dans un espace sur le côté du réseau de microlentilles qui est opposé par rapport à celui du premier affichage, le réseau de microlentilles comportant une pluralité de lentilles et présentant une aire efficace supérieure à celle de l'image objet; et
un second affichage (500) qui est coaxial à la surface imageuse (300) et au réseau de microlentilles et qui se situe entre la surface imageuse (300) et le réseau de microlentilles pour présenter une image de fond (310), le second affichage comportant une zone transparente ou semi-transparente pour permettre la formation de l'image réelle sur le plan imageur.

12. Appareil selon la revendication 11, incluant un élément transparent (90) qui présente une forme cylindrique creuse et qui est coaxial au panneau de transmission d'image (200) et un troisième affichage (600) qui est localisé coaxialement au niveau de la surface imageuse (300) ou à proximité de celle-ci pour présenter une seconde image de fond incluant une zone transparente ou semi-transparente afin de faciliter la reconnaissance de l'image réelle de l'image bidimensionnelle.

13. Appareil selon la revendication 11, dans lequel le premier affichage inclut un éclairage arrière (100b) et un film inversible (100a) qui est placé entre l'éclairage arrière et le panneau de transmission d'image (200) afin de présenter l'image bidimensionnelle, et dans lequel l'éclairage arrière, le film inversible et le panneau de transmission d'image sont agencés coaxialement moyennant une forme cylindrique et un diamètre croissant, de façon respective, et l'appareil inclut en outre un moteur pour entraîner en rotation le film inversible coaxialement par rapport au panneau de transmission d'image.

14. Appareil selon la revendication 11, dans lequel le premier affichage inclut un éclairage arrière (100b) et un film inversible (100a) qui est placé entre l'éclairage arrière et le panneau de transmission d'image (200) afin de présenter l'image bidimensionnelle, et dans lequel l'éclairage arrière, le film inversible et le panneau de transmission d'image présentent une forme cylindrique moyennant un diamètre croissant, de façon respective, le film inversible étant localisé de façon excentrique par rapport au panneau de transmission d'image et l'appareil inclut en outre un moteur pour entraîner en rotation le film inversible de façon excentrique par rapport au panneau de transmission d'image.

15. Appareil selon la revendication 11, dans lequel l'élément transparent (90) est acrylique.

16. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'image bidimensionnelle présentée, en utilisation, par le premier affichage (10) est non stéréoscopique.

Patentansprüche

1. Vorrichtung mit:

einer ersten Anzeige (10) mit einer ersten ebenen Bildoberfläche (10a) und einer Hintergrundbeleuchtung (10b) zur Darstellung eines zweidimensionalen Bildes mit einem Objektbild (P); einer bilddurchlässigen Platte (20) parallel zu der ersten Bildoberfläche und mit einer Mikrolinsenanordnung (22) zur Erzeugung einer Abbildungsebene (30), um ein reelles Bild des zweidimensionalen Bildes in einem Raum auf der Seite der Mikrolinsenanordnung, die der der ersten Anzeige gegenüberliegt, zu zeigen, wobei die Mikrolinsenanordnung eine Vielzahl von Linsen (25) aufweist und eine effektive Fläche hat, die größer als das Objektbild ist; **gekennzeichnet durch**:

eine zweite Anzeige (50) zwischen der Abbildungsebene (30) und der Mikrolinsenanordnung (22) zur Darstellung eines zweidimensionalen Hintergrundbildes, wobei die zweite Anzeige einen transparenten oder halbtransparenten Bereich (B) aufweist, um die Erzeugung des reellen Bildes auf der Abbildungsebene zu ermöglichen;
wobei die erste Anzeige aufweist: einen zwischen der Hintergrundbeleuchtung und der bilddurchlässigen Platte (20) angeordneten Umkehrfilm (10a), um das zweidimensionalen Bild darzustellen, und einen Filmantriebsmechanismus (R, M) zur Verschiebung des Umkehrfilms relativ zu der bilddurchlässigen Platte, wobei ein Abstand zwischen dem Umkehrfilm und der bilddurchlässigen Platte im wesentlichen beibehalten wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Mikrolinsenanordnung eine Mikro-Konvexlinsenplatte (24a, 24b) mit einer Vielzahl von Paaren konvexer Linsen ist, die zweidimensional angeordnet sind, so daß sich die optischen Achsen (26) der Vielzahl von Linsenpaaren parallel zueinander erstrecken, wobei zwei Linsen in jedem Paar von Linsen koaxial miteinander sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Mikrolinsenanordnung ein aufrechtes Bild auf der Abbildungsebene (30) erzeugt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, ferner mit einem zweiten Filmantriebsmechanismus (R.A) zur Bewegung des Umkehrfilms relativ zu der bilddurchlässigen Platte, um den Abstand zwischen dem Umkehrfilm und der bilddurchlässigen Platte zu ändern.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 4, ferner mit einem zweiten Filmantriebsmechanismus (CV) zur partiellen Änderung des Abstandes zwischen dem Umkehrfilm und der bilddurchlässigen Platte.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, ferner mit einem Mechanismus (C, F) zum Schwenken der bilddurchlässigen Platte relativ zu dem Umkehrfilm.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, ferner mit einem Plattenantriebsmechanismus (TM) zur Bewegung der bilddurchlässigen Platte relativ zu dem Umkehrfilm, um den Abstand zwischen dem Umkehrfilm und der bilddurchlässigen Platte zu ändern.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner mit einer dritten Anzeige (60), die in oder nahe der Abbildungsebene (30) angeordnet ist, zur Darstellung eines zweiten Hintergrundbildes (31), mit einem transparenten oder halbtransparen-

ten Bereich, um die Erkennung des reellen Bildes des zweidimensionalen Bildes zu erleichtern.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, ferner mit einem transparenten Teil (9) zur Unterstützung der dritten Anzeige.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Anzeige eines von folgendem aufweist: eine organische Elektrolumineszenzanzeige, eine Farb-Flüssigkristallanzeige, eine Kathodenstrahlröhrenanzeige und ein Plasmaanzeigefeld.

11. Vorrichtung mit:

einer ersten Anzeige (10) mit einer ersten zylindrischen Bildoberfläche (100a), um ein zylindrisches Bild mit einem Objektbild (P) darzustellen;
einer zylindrischen bilddurchlässigen Platte (200), die koaxial mit der ersten Bildoberfläche ist und eine Mikrolinsenanordnung aufweist, zur Erzeugung einer Abbildungsoberfläche (300), um ein reelles Bild des zylindrischen Bildes in einem Raum auf der Seite der Mikrolinsenanordnung, die der der ersten Anzeige gegenüberliegt, zu zeigen, wobei die Mikrolinsenanordnung eine Vielzahl von Linsen aufweist und eine effektive Fläche hat, die größer als das Objektbild ist;
eine zweite Anzeige (500), die koaxial mit der Abbildungsoberfläche (300) und der Mikrolinsenanordnung und zwischen diesen ist, zur Darstellung eines Hintergrundbildes (310), wobei die zweite Anzeige einen transparenten oder halbtransparenten Bereich aufweist, um die Erzeugung des reellen Bildes auf der Abbildungsebene zu ermöglichen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, die aufweist: ein transparentes Teil (90) mit einer hohlzylindrischen Form und koaxial mit der bilddurchlässigen Platte (200) ist, und eine dritte Anzeige (600), die koaxial in oder nahe der Abbildungsoberfläche (300) angeordnet ist, zur Darstellung eines zweiten Hintergrundbildes, mit einem transparenten oder halbtransparenten Bereich, um die Erkennung des reellen Bildes des zweidimensionalen Bildes zu erleichtern.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die erste Anzeige eine Hintergrundbeleuchtung (100b) und einen Umkehrfilm (100a) aufweist, der zwischen der Hintergrundbeleuchtung und der bilddurchlässigen Platte (200) angeordnet ist, um das zweidimensionale Bild darzustellen, und wobei die Hintergrundbeleuchtung, der Umkehrfilm und die bilddurchlässige Platte koaxial angeordnet sind, jeweils mit einer zylindrischen Form und einem zunehmenden Durchmesser, und die Vorrichtung ferner einen Motor aufweist, um den Umkehrfilm koaxial relativ zu der bilddurchlässigen Platte zu drehen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die erste Anzeige eine Hintergrundbeleuchtung (100b) und einen Umkehrfilm (100a) aufweist, der zwischen der Hintergrundbeleuchtung und der bilddurchlässigen Platte (200) angeordnet ist, um das zweidimensionale Bild darzustellen, und wobei die Hintergrundbeleuchtung, der Umkehrfilm und die bilddurchlässige Platte jeweils eine zylindrischen Form mit einem zunehmenden Durchmesser haben, wobei der Umkehrfilm exzentrisch zu der bilddurchlässigen Platte angeordnet ist, und die Vorrichtung ferner einen Motor aufweist, um den Umkehrfilm exzentrisch relativ zu der bilddurchlässigen Platte zu drehen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei das transparente Teil (90) ein Acrylteil ist.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das zweidimensionale Bild, das bei Verwendung durch die erste Anzeige (10) dargestellt wird, nichtstereoskopisch ist.

FIG . 1

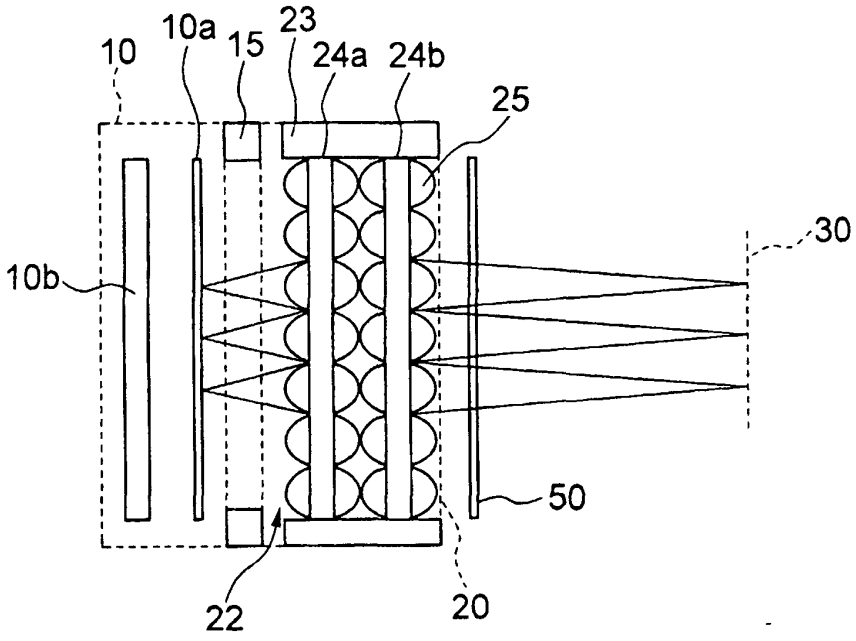

10
10a
15
23
24a
24b
25
30
10b
50
22
20

FIG . 2

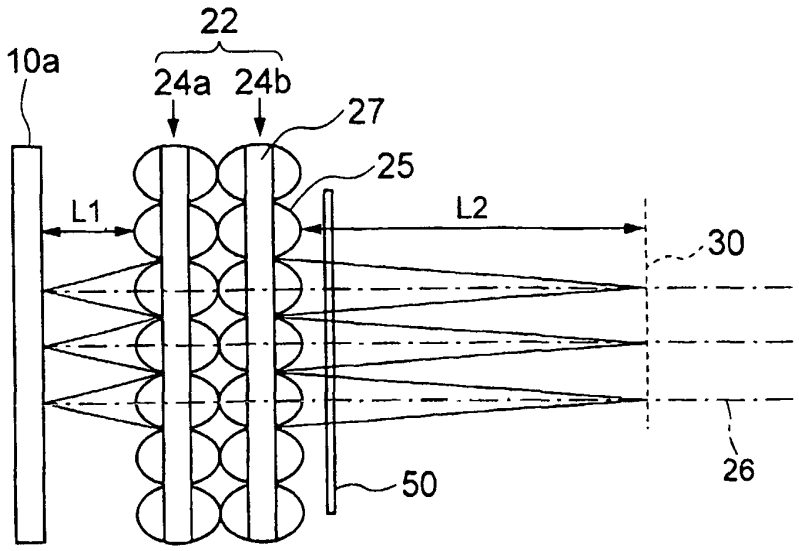

22
10a
24a
24b
27
25
L1
L2
30
50
26

FIG. 3A

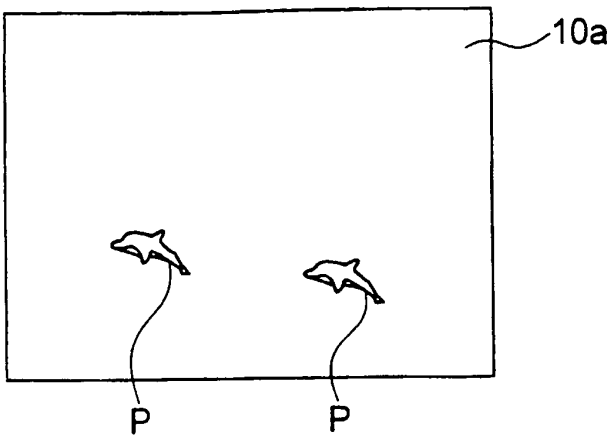


FIG. 3B

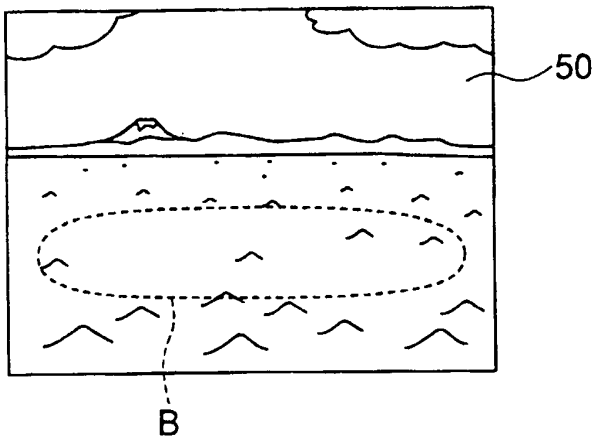


FIG. 3C

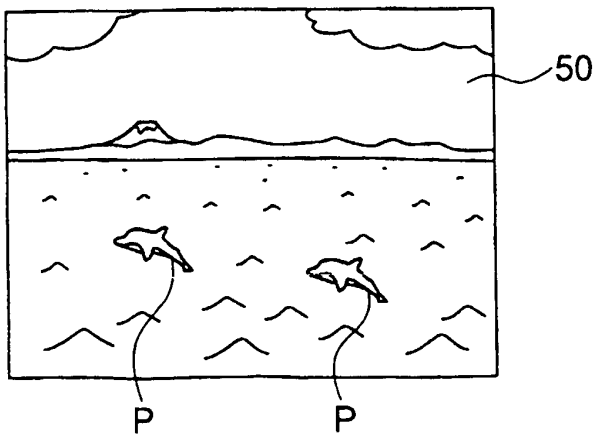


FIG .4

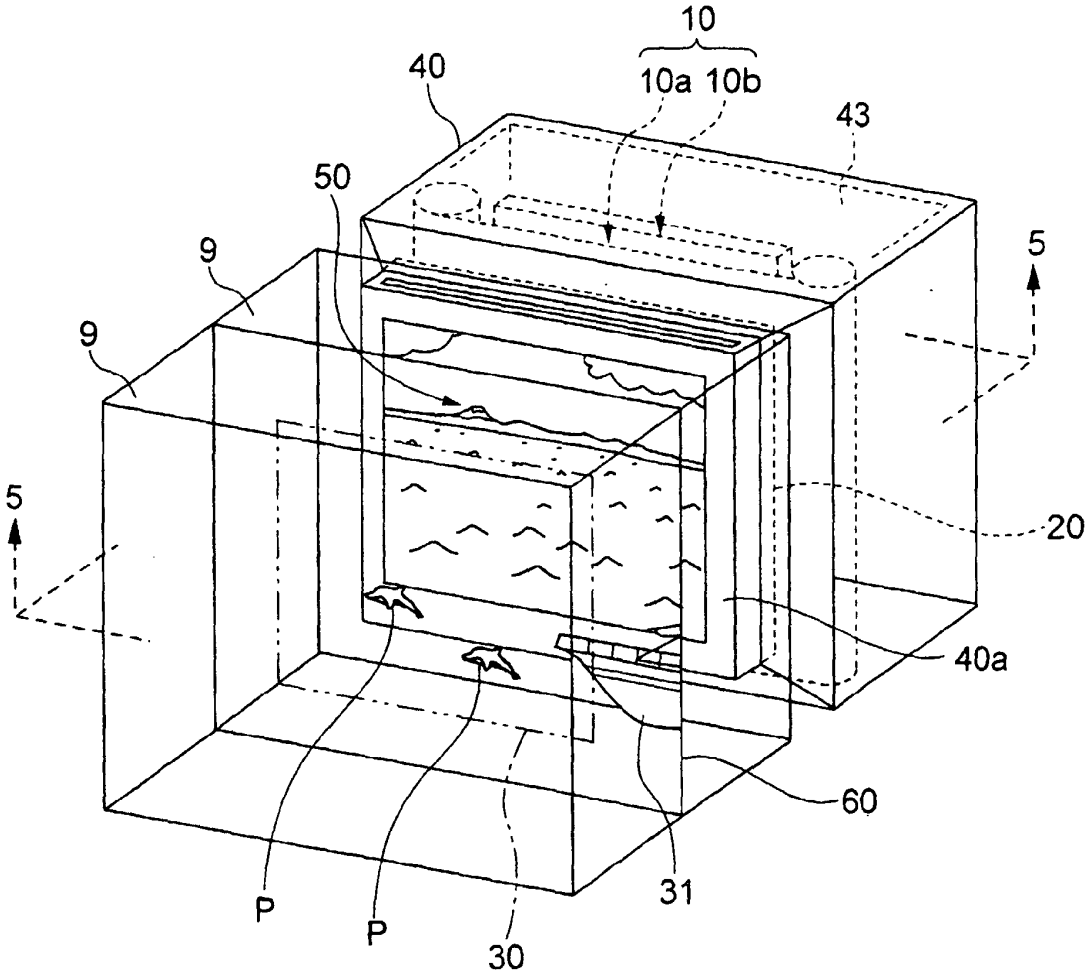


FIG . 5

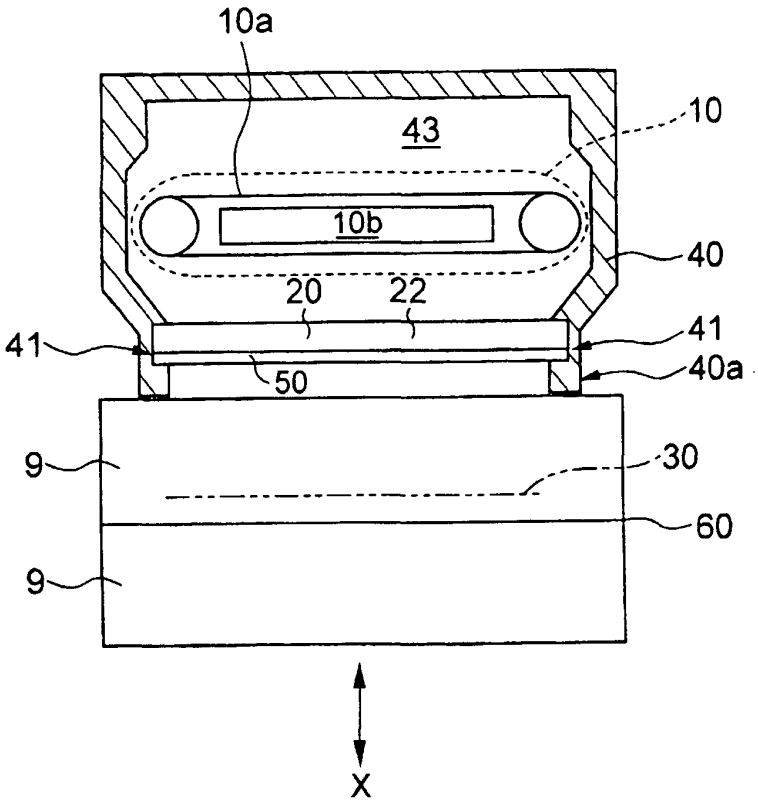


FIG .6A

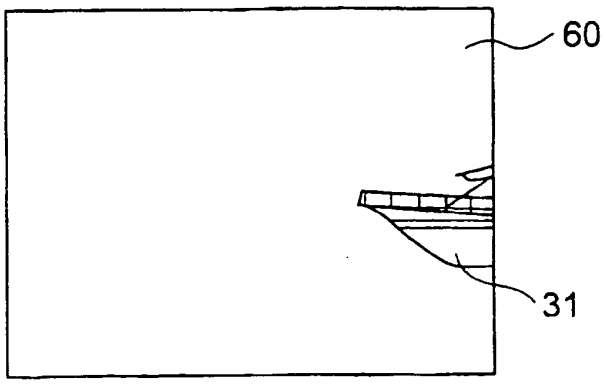


FIG .6B

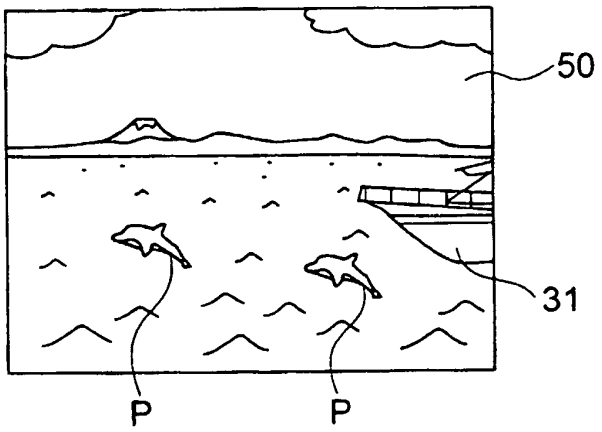


FIG .6C

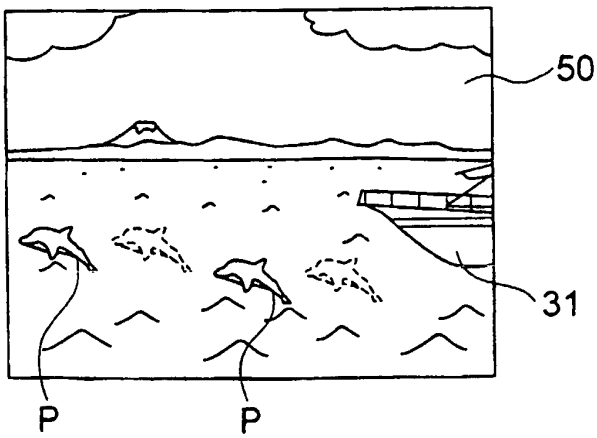


FIG . 7

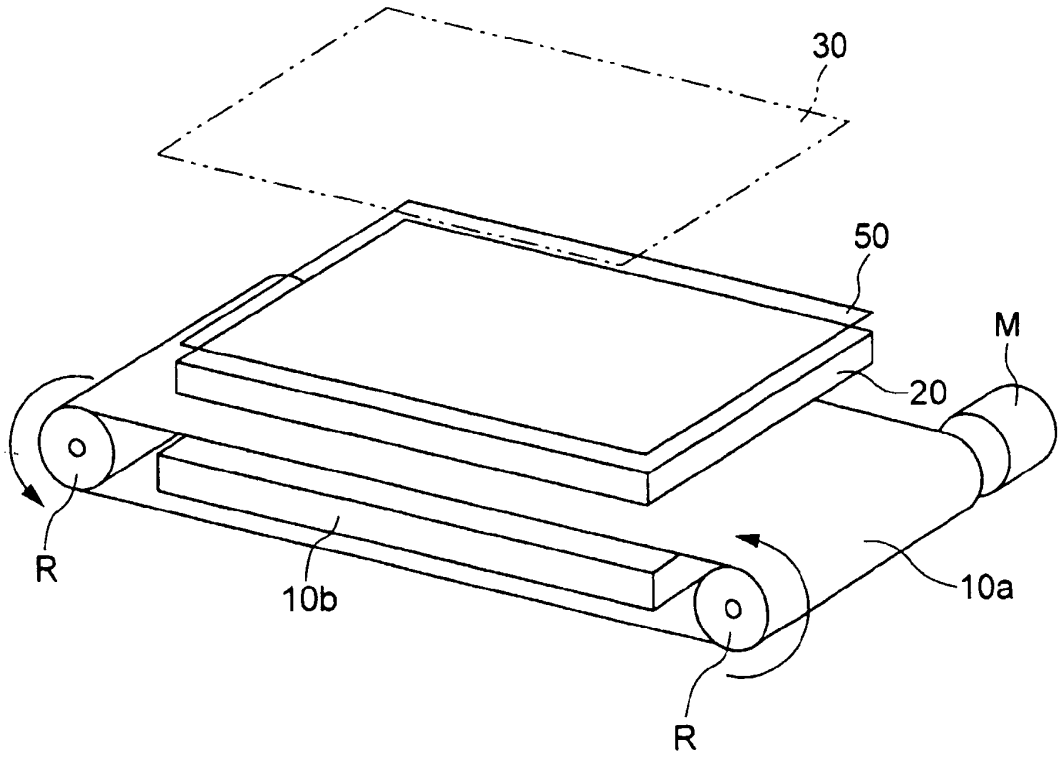


FIG .8

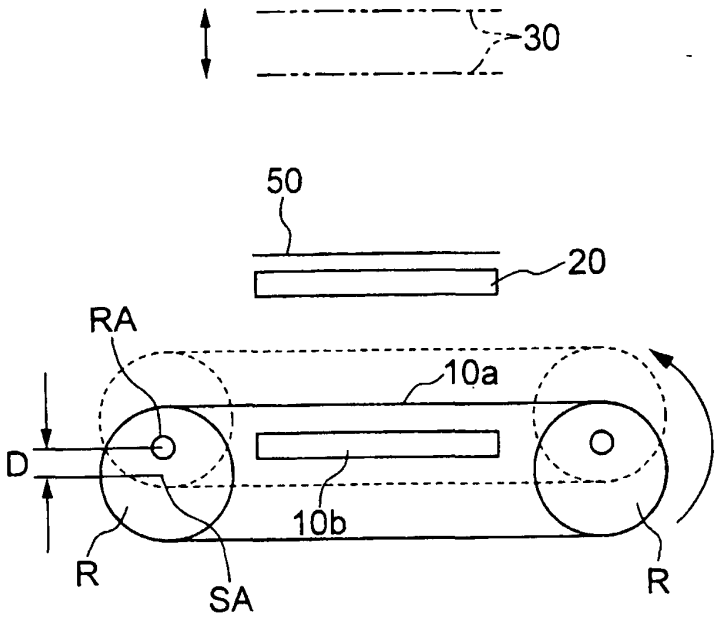


FIG .9

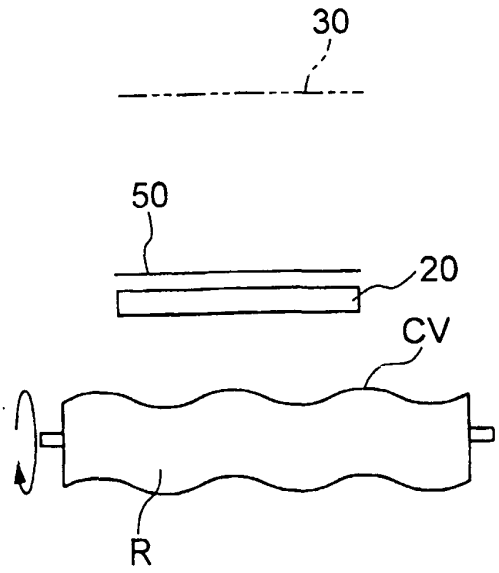


FIG. 10

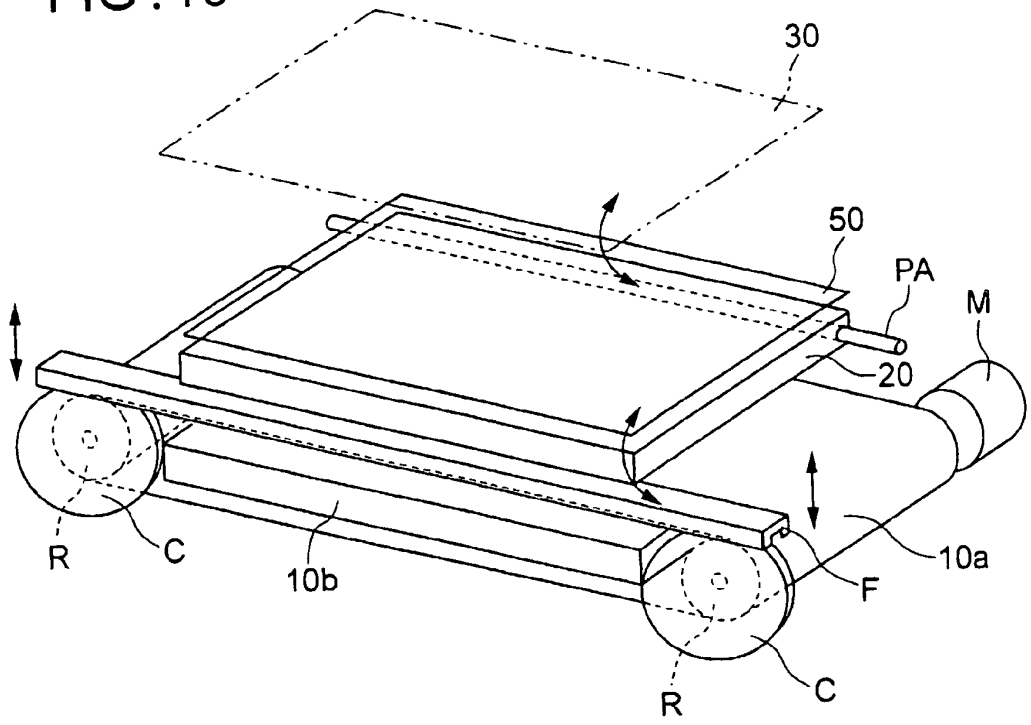


FIG. 11

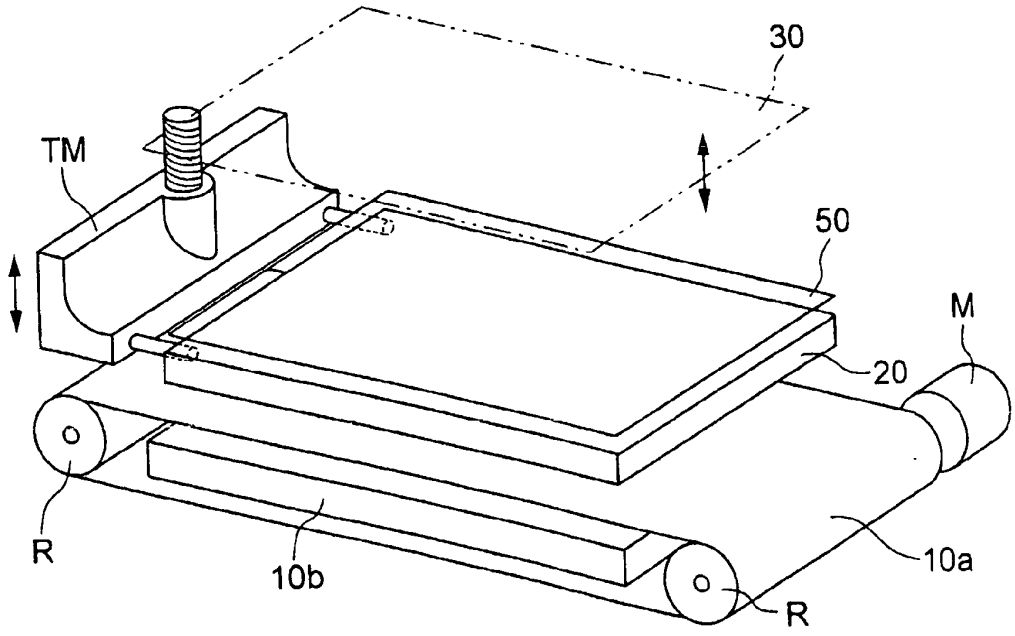


FIG . 12

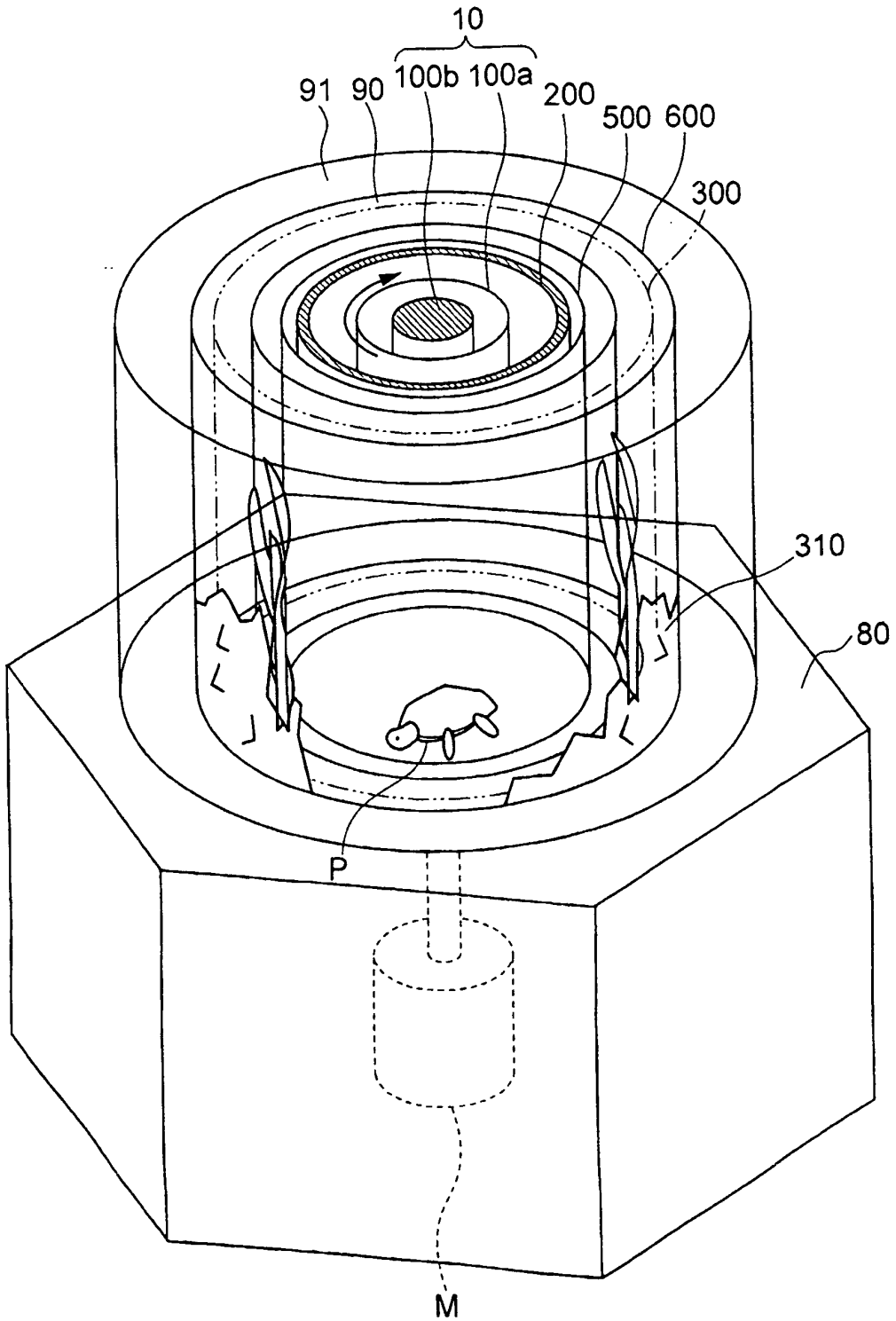


FIG . 13

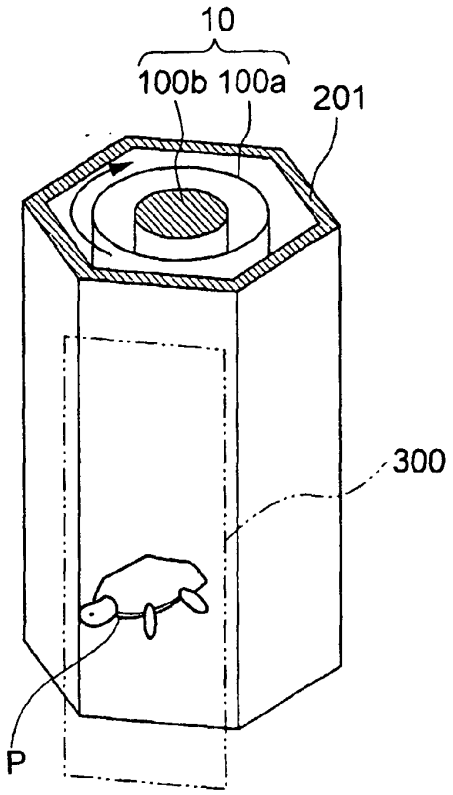
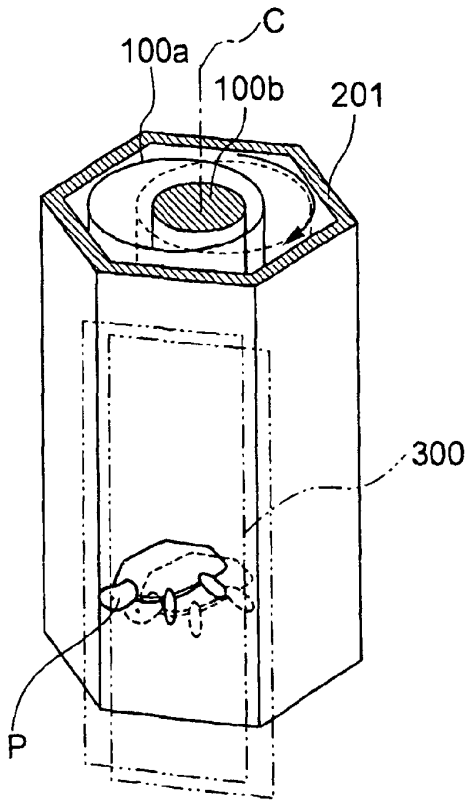


FIG . 14



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 424 539 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.06.2004 Patentblatt 2004/23

(51) Int Cl.[7]: **G01C 11/02**

(21) Anmeldenummer: **03023223.5**

(22) Anmeldetag: **13.10.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(30) Priorität: **28.11.2002 DE 10255635**

(71) Anmelder: **EMT Ingenieurbüro für Elektro-Mechanische Technologien Dipl.-Ing. Hartmut Euer**
82377 Penzberg (DE)

(72) Erfinder:
- **Euer, Hartmut, Dipl.-Ing.**
  82393 Iffeldorf (DE)
- **Wernicke, Joachim, Prof. Dr.-Ing.**
  14167 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Volpert, Marcus, Dr.**
Patentanwälte,
Kern, Volpert & Kollegen,
Albert-Rosshaupter-Strasse 73
81369 München (DE)

(54) Sensoreinrichtung für die Luftbildaufklärung

(57) 2.1. Bei der Luftbildaufklärung besteht das Problem der Bildgewinnung bei schlechter oder fehlender optischer Sicht. Es ist bekannt, bei der Luftbildaufklärung Radar in den Varianten mit realer oder synthetischer Apertur als elektromagnetisch aktives Verfahren oder Radiometer als elektromagnetisch passives Verfahren einzusetzen. Die neue Sensoreinrichtung soll zusammenhängende Landschaftsstreifen größerer Gesamtstreifenbreite mit hoher geometrischer Auflösung abbilden können.

2.2. Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung weist an Bord des Fluggeräts auf: ein Radiometer zum Abbilden eines inneren Landschaftsstreifens (3) nahe der Flugbahnspur (4) und wenigstens ein Synthetik-Apertur-Radar (SAR) zum Abbilden eines sich an den inneren Landschaftsstreifen (3) des Radiometers nach außen hin anschließenden, äußeren Landschaftsstreifens (5). Vorzugsweise sind zwei SAR vorgesehen, von denen der eine zur einen Seite von der Flugbahnspur (4) und von denen der andere zur anderen Seite von der Flugbahnspur (4) wirkend angeordnet ist.

2.3 Luftbildaufklärung insbesondere bei schlechter oder fehlender optischer Sicht.

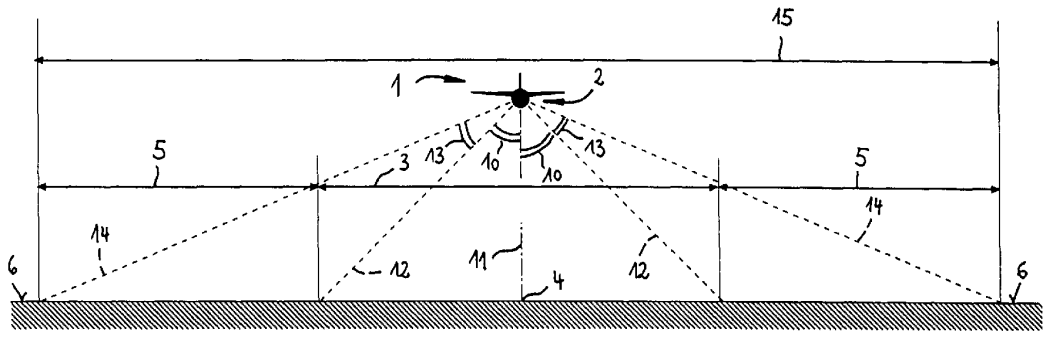


Fig. 2

EP 1 424 539 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Sensoreinrichtung für die Luftbildaufklärung mit bemannten oder unbemannten Fluggeräten nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Bei der Luftbildaufklärung besteht das Problem der Bildgewinnung im Falle beispielsweise wetterbedingt schlechter oder fehlender optischer Sicht. Eine solche schlechte oder gar fehlende Sicht kann beispielsweise aufgrund von Wolken, Nebel, Schnee oder Regen aber auch aufgrund von Rauchentwicklung auftreten. Generell besteht das Ziel darin, einen möglichst breiten Landschaftsstreifen um die bodenseitige Flugbahnspur des Fluggeräts lückenlos und mit möglichst hoher geometrischer Auflösung abzubilden. Der Begriff "Landschaft" wird in diesem Zusammenhang und in Verbindung mit der nachfolgend erläuterten Erfindung in einem breiten, umfassenden Sinn als ein Teil oder Bereich der Erdoberfläche unabhängig davon verstanden, ob es sich bei diesem Teil oder Bereich um Boden, ein Gelände oder um Wasser oder Meer handelt.

[0003] Aus der Praxis ist bekannt, in solchen Situationen funktechnische Bildaufklärungsmittel einzusetzen. Derartige Bildaufklärungsmittel sind beispielsweise das Radar in den Varianten mit realer und synthetischer Apertur als elektromagnetisch aktives Verfahren und ein Radiometer als elektromagnetisch passives Verfahren. Radar mit realer Apertur und Radiometer arbeiten dabei mit einer sequentiellen, meist streifenweisen Abtastung der Landschaft, wie zum Beispiel des Bodens, während des Überflugs durch die Antennenkeule einer Richtantenne. Mit dem Verfahren des Radars mit synthetischer Apertur, auch Synthetik-Apertur-Radar, nachfolgend abgekürzt SAR, genannt, ist die Erzielung hoher Bildauflösungen möglich.

[0004] Jedes der vorgenannten Verfahren zeigt jedoch spezifische Nachteile. So ist das Radar mit realer Apertur durch seine üblichen Betriebswellenlängenbereiche und durch die bei den in Fluggeräten nur kleinen realisierbaren Antennenabmessungen in seiner geometrischen Bildauflösung stark beschränkt. Die auflösbare Objektgröße sinkt dabei proportional zum Objektabstand. Eine Wahl kürzerer Wellenlängen und dadurch verbesserter Bildauflösung verbietet sich jedoch aus Gründen der mit kürzerer Wellenlänge sinkenden Radar-Reichweite infolge der Dämpfung der Radarstrahlung in der Atmosphäre. Außerdem ist das Radar mit realer Apertur durch seine Funkemissionen auffällig. Ein solches Verhalten ist insbesondere bei der militärischen Luftaufklärung unerwünscht.

[0005] Das Radiometer nutzt die thermische Eigen-Strahlungsemission der abzubildenden Objekte und die Strahlungsreflexion des thermischen Himmelhintergrundes im elektrotechnischen Höchstfrequenzbereich. Radiometer verwenden meist in vorteilhafter Weise kürzere Betriebswellenlängen als das Radar. Die Bildauflösung mit den bordseitig platzierbaren Antennengrößen ist für die Entdeckung von Bodenobjekten mit bestimmten erwarteten Eigenschaften vielfach ausreichend. Die Bildauflösung ist jedoch zumeist nicht ausreichend für die Erkennung, welcher Art die entdeckten Objekte im Detail sind. Aus geometrischen Gründen liefert das Radiometer maximale Bildauflösungen und maximale Bildkontraste bei der Bildaufnahme in Lotrichtung, d.h. senkrecht zur überflogenen Landschaft. Die Bildauflösungen des Radiometers verschlechtem sich mit zunehmend flacher werdenden Blickwinkeln.

[0006] Das SAR erzeugt Luftbilder durch rechnerische Prozessverarbeitung der Landschaftsechos von kohärenter Radarstrahlung, die von einer bordseitigen Senderantenne in einer Richtung etwa senkrecht zur Flugbahn in flachem Winkel in die Landschaft ausgesendet wird. Diese Abbildung kann daher vom Funktionsprinzip her nur in einem zur bodenseitigen Flugbahnspur seitlich parallel versetzten Streifen erfolgen, weshalb für das SAR auch der Begriff Seitensicht-Radar verwendet wird. In Lotrichtung oder nahe der bodenseitigen Flugbahnspur kann das SAR keine Bilder erzeugen. Auch das SAR emittiert Radarstrahlung, wenngleich diese wegen seines zumeist Dauerstrichbetriebs weitaus schwächer ist als diejenige der Radargeräte mit realer Apertur.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sensoreinrichtung der eingangs erwähnten Art zu schaffen, welche in der Lage ist, zusammenhängende Landschaftsstreifen größerer Gesamtstreifenbreite mit hoher geometrischer Auflösung abzubilden.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Sensoreinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung ermöglicht die Abbildung einer Gesamtstreifenbreite, welche sich aus dem inneren Landschaftsstreifen und wenigstens einem äußeren Landschaftsstreifen zusammensetzt. Da sich der äußere Landschaftsstreifen an den inneren Landschaftsstreifen anschließt, ergibt sich in dem letztgenannten Fall eine in Bezug auf die Flugbahnspur asymmetrische Landschaftsabbildung. Mit Hilfe einer solchen Sensoreinrichtung kann ein zusammenhängender, lückenloser Landschaftsstreifen in der und um die bodenseitige bzw. landschaftsseitige Flugbahnspur erzeugt werden. Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung ist in der Lage, interessierende Objekte innerhalb der Gesamtstreifenbreite, welche sich, wie zuvor erwähnt, aus dem inneren Landschaftsstreifen und wenigstens einem äußeren Landschaftsstreifen zusammensetzt, beim ersten Überflug zu entdecken und bei Erfordernis in weiteren Vorbeiflügen mit hoher geometrischer Auflösung abzubilden. Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung ist also letztlich ein sogenannter Kombinationssensor aus einem Radiometer und wenigstens einem SAR. Vorteilhaft ist dabei, dass sowohl der Landschaftsbereich um die bodenseitige Flugbahnspur

als auch ein seitlich darüber hinaus gehender Bereich abgebildet werden kann, wobei sowohl das Radiometer als auch das SAR in seinem jeweils optimalen Betriebsbereich eingesetzt ist.

[0011] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist der innere Landschaftsstreifen symmetrisch zur Flugbahnspur ausgebildet, wobei vorzugsweise die Flugbahnspur innerhalb des inneren Landschaftsstreifens liegt. Somit ist, jedenfalls was den inneren Landschaftsstreifen betrifft, eine lükkenlose Abbildung zu beiden Seiten der Flugbahnspur gewährleistet.

[0012] Vorteilhafterweise beträgt der Öffnungswinkel zur Abbildung des inneren Landschaftsstreifens maximal ±60° um die Lotrichtung. Damit ist einerseits eine möglichst maximale Bildauflösung des Radiometers im Bereich des inneren Landschaftsstreifens, andererseits zusätzlich eine weitere Abtastung der Landschaft in einem Bereich außerhalb des inneren Landschaftsstreifens möglich.

[0013] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung grenzt der äußere Landschaftsstreifen unmittelbar an den inneren Landschaftsstreifen an oder überlappt sich mit letzterem teilweise. Mittels dieser Weiterbildung ist eine lückenlose Abbildung innerhalb der abgetasteten Gesamtstreifenbreite gewährleistet.

[0014] Vorteilhafterweise beträgt der Öffnungswinkel zur Abbildung des äußeren Landschaftsstreifens zwischen +10° und + 40° oder zwischen -10° und -40°. Damit es es möglich, innerhalb der Gesamtstreifenbreite eine optimale Abbildung der Landschaft mit möglichst hoher geometrischer Auflösung zu erreichen.

[0015] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind zwei SAR vorgesehen, von denen der eine zur einen Seite von der Flugbahnspur und von denen der andere zur anderen Seite von der Flugbahnspur wirkend angeordnet ist. Dadurch ergibt sich letztlich eine Gesamtstreifenbreite, bei der ein innerer Landschaftsstreifen mit zwei äußeren Landschaftsstreifen kombiniert ist. Dadurch entsteht eine symmetrische Gesamtanordnung relativ zur Flugbahnspur, welche die Symmetrieachse bildet. Damit ist es möglich, bei der Luftbildaufklärung eine hohe Gesamtstreifenbreite zu erzielen, wodurch die Aufklärungsleistung der Sensoreinrichtung nicht unbeträchtlich gesteigert werden kann. Eine erhöhte Gesamtstreifenbreite führt letztlich zu einer geringeren Flugdauer des Fluggeräts, da die Abbildung einer vorgegebenen Landschaft mit einer geringeren Anzahl von Überflügen bewerkstelligt werden kann. Damit lassen sich die Betriebskosten des Fluggeräts günstig beeinflussen.

[0016] Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert, wobei alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der vorliegenden Erfindung unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung bilden. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer unsymmetrischen Gesamtstreifenbreite bei einer Sensoreinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform für die Luftbildaufklärung mit bemannten oder unbemannten Fluggeräten; und

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer symmetrischen Gesamtstreifenbreite bei einer Sensoreinrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform.

[0017] In Fig. 1 ist ein bemanntes oder unbemanntes Fluggerät 1 in einer Vorder- oder Rückansicht gezeigt. Das Fluggerät weist an Bord eine erfindungsgemäße Sensoreinrichtung 2 auf, die in den Fig. 1 und 2 nicht näher gezeigt ist. Die Sensoreinrichtung 2 ist ein sogenannter Allwetter-Kombinationssensor und hat ein nicht näher gezeigtes Radiometer zum Abbilden eines inneren Landschaftsstreifens 3 nahe der Flugbahnspur 4 und wenigstens ein Synthetik-Apertur-Radar, nachfolgend kurz SAR genannt, welches ebenfalls nicht näher gezeigt ist und zum Abbilden eines sich an den inneren Landschaftsstreifen 3 des Radiometers nach außen hin anschließenden, äußeren Landschaftsstreifens 5 dient.

[0018] Die Flugbahnspur 4 stellt dabei die lotrechte Projektion der Flugbahn vom Fluggerät 1 zur nicht näher dargestellten Landschaft 6 dar. Fig. 1 ist zu entnehmen, dass der innere Landschaftsstreifen 3 symmetrisch zur Flugbahnspur 4 ausgebildet ist und somit einen in Fig. 1 linken Abschnitt 7 und einen in Fig. 1 rechten Abschnitt 8 aufweist. Beide Abschnitte 7, 8 zusammen ergeben somit den inneren Landschaftsstreifen 3. Gemäß Fig. 1 liegt die Flugbahnspur 4 innerhalb des inneren Landschaftsstreifens 3, nämlich exakt zwischen dem linken Abschnitt 7 des inneren Landschaftsstreifens 3 und dem rechten Abschnitt 8 dieses Landschaftsstreifens. Der Öffnungswinkel 10 zur Abbildung des inneren Landschaftsstreifens 3 beträgt maximal ±60° um die Lotrichtung. Gemäß Fig. 1 ist dieser Winkel so definiert, dass er von der vertikalen Verbindungslinie 11 zwischen dem Fluggerät und der Flugbahnspur 4 auf der einen Seite und der jeweils äußeren Begrenzungslinie 12 des inneren Landschaftsstreifens 3 eingeschlossen ist.

[0019] Gemäß der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform der Erfindung grenzt der äußere Landschaftsstreifen 5 unmittelbar an den inneren Landschaftsstreifen 3 an, wobei gemäß Fig. 1 lediglich auf der rechten Seite ein äußerer Landschaftsstreifen 5 vorgesehen ist. Gemäß einer anderen, nicht näher gezeigten Ausführungsform der Erfindung ist es auch möglich, dass sich der äußere Landschaftsstreifen teilweise mit dem inneren Landschaftsstreifen überlappt.

[0020] Der Öffnungswinkel 13 zur Abbildung des äußeren Landschaftsstreifens 5 ist durch die in Fig. 1 rechts dargestellte Begrenzungslinie 12 des inneren Landschaftsstreifens 3 und die äußere Begrenzungslinie 14 eingeschlossen. Dieser Öffnungswinkel beträgt vorzugsweise zwischen +10° und +40° oder, sofern das

SAR nicht wie in Fig. 1 nach rechts hin sondern nach links hin (in Fig. 1 nicht gezeigt) wirkend angeordnet ist, zwischen -10° und -40°. Vorzugsweise liegt der Öffnungswinkel 13 um 25°.

[0021] Sofern die gegenüber dem SAR geringere Bildauflösung des Radiometers in der Praxis ein Problem darstellt, kann der betreffende Landschaftsstreifen in einem parallel versetzten, zweiten Vorbeiflug durch das SAR in erhöhter Bildauflösung abgebildet werden. Die Breite von innerem Landschaftsstreifen 3 und äußerem Landschaftsstreifen 5 kann derart ausgebildet sein, dass sie nahezu identisch ist.

[0022] Fig. 1 verdeutlicht, dass die Gesamtstreifenbreite 15 zusammengesetzt ist aus dem inneren Landschaftsstreifen 3 und einem äußeren Landschaftsstreifen 5.

[0023] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in Fig. 2 dargestellt. Die Sensoreinrichtung 2 des Fluggeräts 1 hat hier zwei SAR, von denen der eine zur einen Seite von der Flugbahnspur, also beispielsweise nach links, und von denen der andere zur anderen Seite von der Flugbahnspur 4, also beispielsweise nach rechts, wirkend angeordnet ist. Im Gegensatz zur Darstellung gemäß Fig. 1 hat also die in Fig. 2 gezeigte Sensoreinrichtung 2 zwei SAR und damit zwei äußere Landschaftsstreifen 5, welche sich jeweils an die äußeren Begrenzungslinien 12 des inneren Landschaftsstreifens 3 anschließen. Der Darstellung der Fig. 2 ist zu entnehmen, dass sich bei dieser Ausführungsform die Gesamtstreifenbreite 15 aus einem inneren, zentralen Landschaftsstreifen 3 und zwei sich nach außen hin an diesen anschließenden, äußeren Landschaftsstreifen 5 zusammensetzt. Die in Fig. 2 gezeigte Anordnung ist daher symmetrisch in Bezug auf die Flugbahnspur 4 ausgebildet.

[0024] Es ist klar, dass auch im Fall der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform die äußeren Landschaftsstreifen 5 unmittelbar an den inneren Landschaftsstreifen 3 angrenzen oder, im Falle einer nicht gezeigten Ausführungsform, sich mit letzterem teilweise überlappen. Bei dieser Ausführungsform wird der Landschaftsbereich um die bodenseitige Flugbahnspur 4 in größerer Breite (Gesamtstreifenbreite) abgebildet als bei der Anordnung mit lediglich einem inneren Landschaftsstreifen und einem äußeren Landschaftsstreifen gemäß der Darstellung der Fig. 1. Bei sämtlichen Ausführungsformen sind sowohl das oder die SAR als auch das Radiometer in ihren jeweils optimalen Betriebsbereichen eingesetzt. Während eines Überflugs über ein Gebiet wird bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform eine maximal erhältliche Bildinformation gewonnen.

[0025] Der innere Landschaftsstreifen 3 kann auch Radiometer-Landschaftsstreifen sowie jeder äußere Landschaftsstreifen auch SAR-Landschaftsstreifen bezeichnet werden. Die Breite des inneren Landschaftsstreifens 3 entspricht somit der Radiometer-Streifenbreite, und die Breite jedes äußeren Landschaftsstreifens 5 entspricht der SAR-Streifenbreite. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann jeder äußere Landschaftsstreifen 5 eine Breite von 15 km aufweisen, wobei die Länge jeder äußeren Begrenzungslinie 14 im letztgenannten Fall um die 20 km beträgt.

[0026] Wie erwähnt, verläuft die Flugbahnspur 4 im Lotpunkt unter dem Fluggerät 1, wobei der Lotpunkt der Endpunkt der lotrechten Verbindungslinie 11 in der Landschaft, also beispielsweise am Boden, ist. Aus den vorstehenden Ausführungen folgt, dass das nicht näher gezeigte Radiometer einen um die Flugbahnspur symmetrischen Bodenbereich, nämlich den inneren Landschaftsstreifen 3, abbildet, während das nicht näher gezeigte SAR einen unsymmetrisch zur Flugbahnspur 4 verlaufenden Bereich, nämlich jeden äußeren Landschaftsstreifen 5, abbildet. Zwei SAR bilden hingegen einen symmetrisch zur Flugbahnspur 4 verlaufenden Geländestreifen ab, welcher sich aus den in Fig. 2 gezeigten, beiden äußeren Landschaftsstreifen 5 zusammensetzt.

[0027] Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung arbeitet vorzugsweise im elektrotechnischen Hochoder Höchstfrequenzbereich.

[0028] Es wird darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung beispielsweise auch auf hoher See oder im Bereich von Binnenseen eingesetzt werden kann.

[0029] Damit ist eine Sensoreinrichtung geschaffen, welche zusammenhängende Landschaftsstreifen größerer Gesamtstreifenbreite mit hoher geometrischer Auflösung abbilden kann.

Patentansprüche

1. Sensoreinrichtung für die Lufibildaufklärung mit bemannten oder unbemannten Fluggeräten (1), welche Sensoreinrichtung (2) an Bord des Fluggeräts (1) aufweist:

   - ein Radiometer zum Abbilden eines inneren Landschaftsstreifens (3) nahe der Flugbahnspur (4) und
   - wenigstens ein Synthetik-Apertur-Radar (SAR) zum Abbilden eines sich an den inneren Landschaftsstreifen (3) des Radiometers nach außen hin anschließenden, äußeren Landschaftsstreifens (5).

2. Sensoreinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere Landschaftsstreifen symmetrisch zur Flugbahnspur (4) ausgebildet ist.

3. Sensoreinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flugbahnspur (4) innerhalb des inneren Landschaftsstreifens (3) liegt.

4. Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Öffnungswinkel (10) zur Abbildung des inneren Landschaftsstreifens (3) maximal ±60° um die Lotrichtung beträgt.

5. Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der äußere Landschaftsstreifen (5) unmittelbar an den inneren Landschaftsstreifen (3) angrenzt oder sich mit letzterem teilweise überlappt.

6. Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Öffnungswinkel (13) zur Abbildung des äußeren Landschaftsstreifens (5) zwischen +10° und +40° oder zwischen -10° und -40° beträgt.

7. Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei SAR vorgesehen sind, von denen der eine zur einen Seite von der Flugbahnspur (4) und von denen der andere zur anderen Seite von der Flugbahnspur (4) wirkend angeordnet ist.

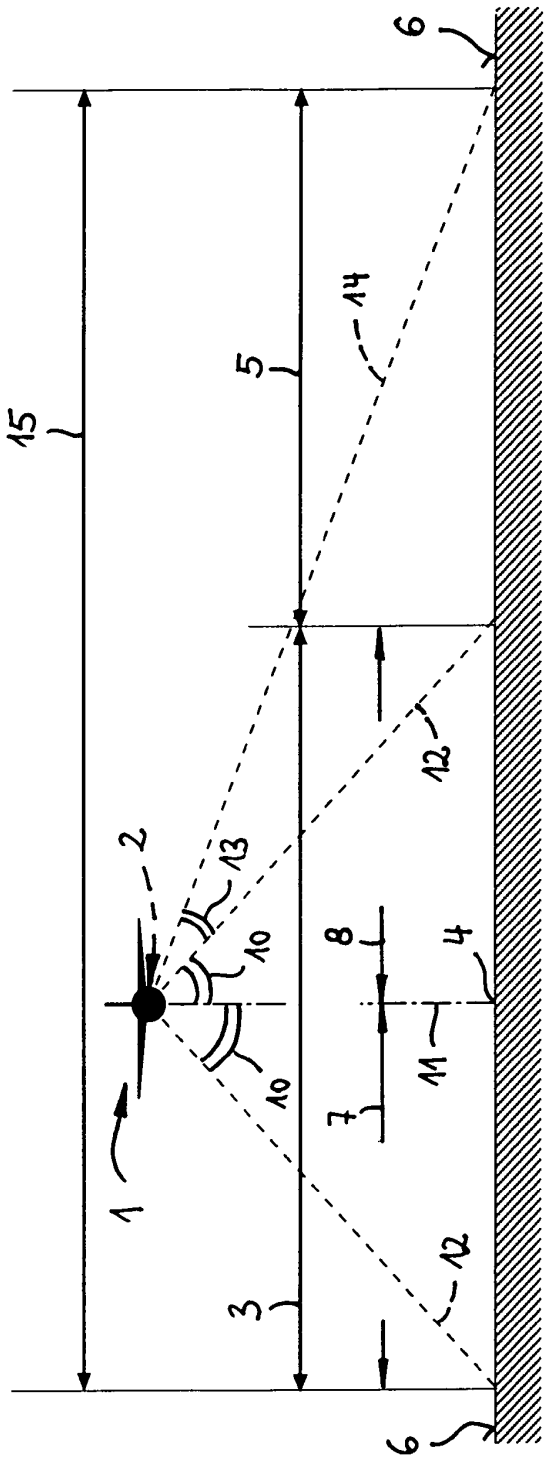


Fig. 1

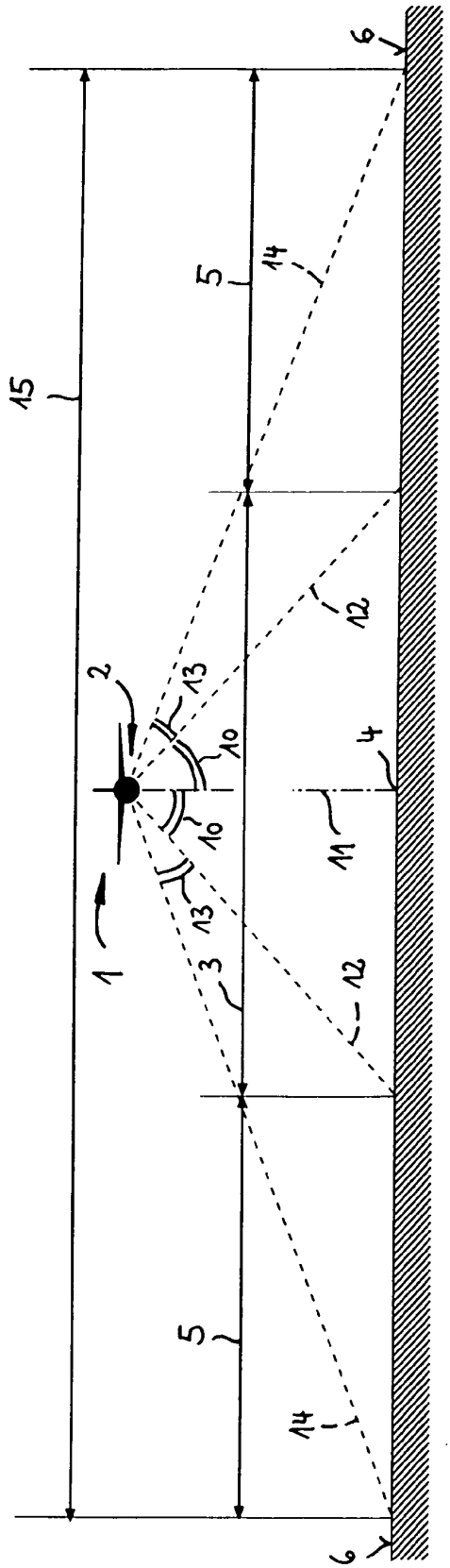


Fig. 2

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 02 3223

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y	US 3 129 422 A (FOX ROY C) 14. April 1964 (1964-04-14) * Spalte 1, Zeile 21 - Zeile 31 *	1-7	G01C11/02
Y	US 6 154 174 A (SNIDER ROBIN TERRY ET AL) 28. November 2000 (2000-11-28) * Spalte 1, Zeile 20 - Zeile 22 * * Spalte 2, Zeile 34 - Zeile 40 * * Abbildung 3 *	1-7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			G01C G01S

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	1. März 2004	de Bakker, M

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 03 02 3223

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-03-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3129422 A	14-04-1964	KEINE	
US 6154174 A	28-11-2000	WO 0063720 A2	26-10-2000

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
30 mai 2003 (30.05.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/043885 A1

(51) Classification internationale des brevets[7] :
B64D 47/08, A63H 27/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR02/03890

(22) Date de dépôt international :
14 novembre 2002 (14.11.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
01/14914 19 novembre 2001 (19.11.2001) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **SARL VISION DU CIEL** [FR/FR]; Les Colombés, F-84390 Sault (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **FASQUEL, Fabrice** [FR/FR]; Les Colombés, F-84390 Sault (FR). **IGOULEM, Simon** [FR/FR]; Hameau de la Loge, F-84390 Sault (FR).

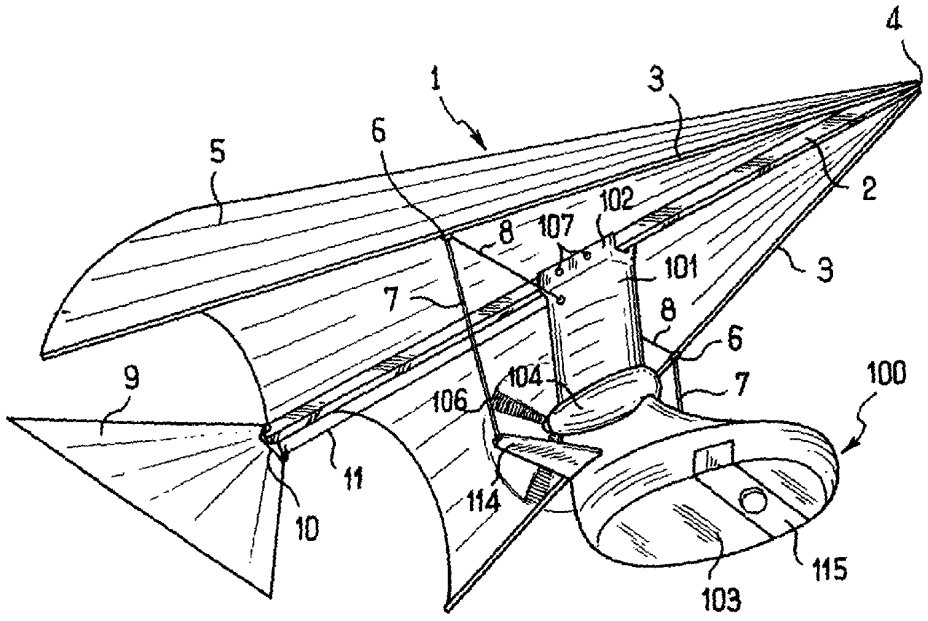
(74) Mandataires : **ROBERT, Jean-Pierre** etc.; c/o Patco SA, 22, rue du Général Foy, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés *(national)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title:** REMOTE-CONTROLLED FLYING CRAFT, IN PARTICULAR FOR AERIAL PHOTOGRAPHY

(54) **Titre :** ENGIN VOLANT TELECOMMANDE, NOTAMMENT POUR PRISES DE VUES AERIENNES



(57) **Abstract:** The invention concerns a remote-controlled flying craft, used in particular for aerial photography, comprising a nacelle (100) removably fixed to a levitating portion (1), the nacelle (100) including an elongated portion (101) which receives a propelling member (105) driving a propeller (106) mounted propelling and which extends from a fixing member (102) at the levitating part (1) to a forward protruding lower portion (103).

[Suite sur la page suivante]

WO 03/043885 A1

(84) États désignés *(régional)* **:** brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour la désignation suivante US*

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour la désignation suivante US*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne un engin volant télécommandé, utilisé notamment pour prise de vues aériennes, comprenant une nacelle (100) fixée de façon détachable à une partie de sustentation (1), la nacelle (100) comportant une partie allongée (101) qui reçoit un organe de propulsion (105) entraînant une hélice (106) montée propulsive et qui s'étend depuis un organe de fixation (102) à la partie de sustentation (1) jusqu'à une partie basse (103) proéminente vers l'avant.

Engin volant télécommandé, notamment pour prise de vues aériennes.

L'invention concerne un engin volant télécommandé, notamment utilisé pour la prise de vues aériennes.

Il s'agit ici d'engins volants de petite taille adaptés à la prise de vues à basse vitesse et basse altitude. Ce type d'engin doit pouvoir être mis en œuvre facilement par le pilote de l'engin. Or il n'existe pas forcément d'aire d'atterrissage disponible à proximité de l'objectif à photographier, notamment en milieu urbain.

L'invention vise donc à proposer une structure particulière d'engin volant qui permette sa mise en œuvre aisée, et son rattrapage à la fin de sa mission.

A cet effet, un engin volant télécommandé selon l'invention comprend une nacelle fixée de façon détachable à une partie de sustentation, la nacelle comportant une partie allongée qui reçoit un organe de propulsion entraînant une hélice montée propulsive et qui s'étend depuis un organe de fixation à la partie de sustentation jusqu'à une partie basse proéminente vers l'avant.

La partie proéminente forme une zone de préhension pour le rattrapage manuel en vol de l'engin volant. L'hélice étant montée propulsive, elle ne constitue pas un danger pour celui qui réalise le rattrapage, quand bien même l'organe de propulsion n'aurait pu être arrêté.

Par ailleurs, la partie proéminente forme une zone de contact privilégiée avec le sol. Ce contact provoque le basculement de l'engin autour de la partie proéminente, ce qui éloigne l'hélice du sol et permet ainsi de la protéger. On peut donc éventuellement faire venir volontairement l'engin volant au sol, sans que l'engin ne subisse de dégâts, s'il n'est pas possible de rattraper celui-ci en vol.

Enfin, le fait que la partie de sustentation soit détachable de la nacelle permet la liaison de ces deux éléments à l'aide de pièces fusibles, qui peuvent rompre en cas d'impact trop violent, ce qui permet de protéger

les deux éléments.

De préférence, la nacelle comporte des bras qui s'étendent latéralement de part et d'autre de la nacelle.

Les bras empêchent le contact de l'hélice avec le sol en cas de basculement latéral de l'engin volant lors d'un contact avec le sol.

Selon un aspect particulier de l'invention, l'organe de propulsion est un moteur électrique alimenté par un accumulateur disposé dans la partie basse de la nacelle.

Le moteur électrique est assez silencieux pour autoriser le vol de l'engin dans des zones urbaines sans créer de nuisance sonore importante. Par ailleurs, il peut être arrêté en vol lors de la prise de vue en vue d'éviter que les vibrations générées par le moteur et l'hélice n'affectent la netteté de l'image, et peut être remis en route très facilement après la prise de vue.

Le fait que l'accumulateur se trouve en partie basse de la nacelle déporte le centre de gravité de l'engin volant vers l'extrémité de la nacelle éloignée de la partie de sustentation. Lorsqu'une oscillation de roulis ou de tangage est imprimée à l'engin volant du fait de la turbulence atmosphérique, la gravité agissant sur la nacelle engendre naturellement un couple de rappel qui a tendance à amortir lesdites oscillations. Ce déport augmente donc la stabilité de l'engin volant, ce qui est particulièrement avantageux pour un engin destiné à la prise de vues.

Selon un mode de réalisation particulier, la partie basse de la nacelle comporte un logement pour un organe de prise de vues.

Ainsi, on profite de la présence de la partie basse pour transformer celle-ci en une baie de transport de charge utile. Cette disposition est particulièrement avantageuse pour la prise de vues selon un axe vertical.

La partie de sustentation comporte une voilure de forme Delta, qui a une armature comprenant une poutre centrale et deux bords d'attaque formant une pointe. La voilure s'étend depuis la poutre centrale de part et d'autre de celle-ci vers les bords d'attaque, l'organe de fixation de la nacelle étant relié à la poutre centrale.

La partie de sustentation est simple et peut facilement être démontée pour être transportée.

De préférence, les bords d'attaque sont rotulés sur la poutre centrale. Ainsi, en rapprochant l'un des bords d'attaque de la poutre centrale et/ou en permettant l'éloignement de l'autre bord d'attaque de la poutre centrale, on provoque un gauchissement de la voilure qui permet de diriger l'engin volant.

La partie de sustentation comporte avantageusement une gouverne de profondeur qui permet de contrôler l'attitude de l'engin volant.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier non limitatif de l'invention en référence aux figures parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un engin volant selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue de côté schématique de la nacelle de l'engin volant selon l'invention, permettant de visualiser l'implantation des différents organes de l'engin volant.

Afin de faciliter la compréhension de la description, les termes avant et arrière, latéral, vertical, haut, bas, utilisés dans tout ce document sont relatifs à la direction de vol de l'engin volant, celui-ci étant considéré dans une attitude de vol en ligne droite sans roulis.

En référence aux figures, un engin volant selon

l'invention comporte une partie de sustentation 1 et une nacelle 100 qui est rapportée de façon détachable sur la partie de sustentation 1.

La partie de sustentation 1 comprend une armature comportant une poutre centrale 2 et deux bords d'attaque 3 reliés à la poutre centrale 2 de façon à former une pointe 4. Une voilure 5 s'étend de part et d'autre de la poutre centrale 2 jusqu'aux bords d'attaque 3 pour former une voilure en Delta. La liaison entre chaque bord d'attaque 3 et la poutre centrale 2 n'est pas rigide, mais admet un certain rotulage.

Chacun des bords d'attaque 3 comporte un point d'accrochage 6 pour un hauban 7 et une suspente 8. Chacun des haubans 7 est par ailleurs attaché à l'extrémité d'un bras 114 s'étendant latéralement de la nacelle 100, tandis que chacune des suspentes 8 est reliée à la nacelle 100, comme cela sera détaillé plus loin.

Chacun des bords d'attaque 3 est ainsi en équilibre entre l'effort aérodynamique subi par la voilure 5, la traction du hauban 7 et la traction de la suspente 8 associée. Les haubans 7 sont ici avantageusement constitués par des tiges tubulaires articulées à leurs deux extrémités.

En variante, les bords d'attaque 3 peuvent être articulés sur la poutre centrale 2 au moyen de charnières ayant un axe sensiblement vertical, auquel cas les haubans 7 deviennent inutiles, la seule action des suspentes 8 suffisant à assurer l'équilibre des bords d'attaque 3 autour de l'axe de leurs charnières respectives.

Une tension sur l'une des suspentes 8 simultanément à un relâchement de l'autre suspente 8 provoque un gauchissement de la voilure 5 permettant le virage de l'engin volant vers le côté de la suspente tendue.

La surface alaire de la voilure 5 est de préférence choisie assez grande pour permettre une vitesse de

vol lente, ce qui facilite la prise de vues. Le fait que la partie de sustentation 1 soit détachable de la nacelle 100 facilite le transport de l'engin volant, quand bien même la surface alaire de la voilure 5 est importante.

Une gouverne de profondeur 9 est articulée sur la poutre centrale 2 à l'extrémité opposée de la pointe 4. Un renvoi 10 solidaire de la gouverne de profondeur 9 reçoit une tringle 11 à articulation. Une traction sur la tringle 11 force l'engin volant à prendre une attitude piquée, tandis qu'une poussée sur la tringle 11 force l'engin volant à prendre une attitude cabrée.

La nacelle 100 comporte quant à elle un corps composé d'une partie allongée 101 s'étendant depuis un organe d'accrochage 102 à la partie de sustentation 1 jusqu'à une partie basse 103.

L'organe d'accrochage 102 est conformé en gouttière apte à recevoir la poutre centrale 2 de la partie de sustentation 1. La poutre centrale 2 est simplement brochée sur la nacelle 100 par deux boulons 107 faisant office de fusible en cas de crash. La partie de sustentation 1 est donc facilement détachable de la nacelle 100. La liaison ainsi réalisée entre la poutre centrale 2 de la partie de sustentation 1 et la nacelle 100 est rigide.

En ligne de vol, la nacelle 100 est donc suspendue sous la partie de sustentation 1.

La partie allongée 101 comporte un fuseau 104 recevant un moteur électrique 105 qui entraîne une hélice 106 montée propulsive (c'est-à-dire montée à l'arrière de la nacelle 100). Le moteur électrique 105 est alimenté par un accumulateur 108 disposé dans la partie basse 103 de la nacelle 100, via un variateur de vitesse 109 commandé par un récepteur 110 qui communique avec un émetteur non représenté, manipulé par le pilote de l'engin volant.

La nacelle comporte un servomoteur 111 commandant

le gauchissement de la voilure 5 et un servomoteur 112 commandant la profondeur 9. De façon connue en soi, le servomoteur 111 actionne un levier non représenté à l'extrémité duquel sont reliées les deux suspentes 8 (de façon détachable pour permettre la séparation entre la partie de sustentation 1 et la nacelle 1), de sorte qu'une rotation du levier provoque la tension d'une des suspentes et le relâchement de l'autre. De même, le servomoteur 112 actionne un levier non représenté à l'extrémité duquel est articulée (de façon détachable) la tringle 11, de sorte que le levier forme avec la tringle 11 et le renvoi 10 un parallélogramme déformable.

En variante, l'un des servomoteurs, ou les deux, peuvent être disposés directement sur la partie de sustentation 1. Il faut alors prévoir une connexion électrique entre la nacelle 100 et la partie de sustentation 1, afin de permettre la liaison électrique entre les servomoteurs déportés sur la partie de sustentation et le récepteur 110.

La partie basse 103 de la nacelle 100 s'étend en s'éloignant de l'organe de fixation 102 au delà du disque balayé par l'hélice 106, et est proéminente vers l'avant de façon à présenter un apex 113 qui forme un point de contact privilégié avec le sol en cas de crash. Lors d'une telle circonstance, l'engin volant bascule alors vers l'avant autour de l'apex 113 jusqu'à ce que la pointe 4 de la partie de sustentation vienne elle-même en contact avec le sol. Les parties en contact avec le sol sont ainsi minimisées, et les conséquences d'un crash sont réduites. Les bras 114 qui s'étendent latéralement de la nacelle 100 empêchent par ailleurs le contact direct des pales de l'hélice 106 avec le sol en cas de basculement latéral.

La forme de la nacelle 100 offre donc une protection totale de l'hélice 106 vis à vis des contacts avec

le sol.

L'apex 113 forme également une zone de préhension pour le rattrapage manuel en vol de l'engin volant. L'hélice 106 étant montée propulsive, elle ne constitue pas un danger pour celui qui rattrape l'engin volant en vol, si jamais le moteur électrique 105 n'avait pu, pour une raison quelconque, être arrêté. Le rattrapage est encore facilité par le fait qu'en phase d'approche, l'engin volant peut être astreint à une vitesse de vol faible.

La nacelle emporte un organe de prise de vues (par exemple un appareil photo) soit dans un boîtier amovible 115 dédié situé en partie basse 103 de la nacelle 100 pour des prises de vues selon un axe vertical, soit, comme cela est représenté en pointillés sur la figure 2, au bout d'un support 116 fixé sur la partie allongée 101 de la nacelle 100, pour des prises de vues selon un axe oblique. La prise de vue peut être commandée électriquement, ou mécaniquement par l'intermédiaire d'un servomoteur dédié qui est agencé pour pousser sur le déclencheur de l'organe de prise de vues. L'organe de prise de vues peut être alimenté par l'accumulateur 108, ou disposer d'une alimentation autonome.

L'engin volant est de préférence agencé pour embarquer une caméra numérique (non représentée) associée à un émetteur en temps réel, de sorte que le pilote puisse apprécier la position de l'engin volant par rapport à l'objectif et l'effet de ses commandes sur le vol de l'engin. De préférence, la caméra numérique à un axe optique qui est parallèle à l'axe optique de l'organe de prise de vues.

Le centre de gravité de la nacelle 100 est éloigné de l'organe de fixation 102 du fait que les organes pesants (accumulateur 108, moteur électrique 105) sont situés dans la partie basse 103 ou à proximité de celle-ci. Ce déport vers le bas du centre de gravité entraîne

la création d'un couple tendant à rappeler l'engin volant vers une attitude de vol stable (définie par la position des leviers des servomoteurs 111 et 112) à chaque fois qu'il en est écarté, par exemple par l'effet de la turbulence atmosphérique. Le couple de rappel est d'autant plus fort que le déport du centre de gravité est grand, toutes choses étant égales par ailleurs. On aura donc intérêt à concentrer les parties pesantes à l'extrémité basse de la nacelle 100.

La grande surface alaire de la partie de sustentation 1 associée à sa grande stabilité donne à l'engin volant des performances de plané appréciables qui permettent d'arrêter le moteur électrique 105 lors de la prise de vues, pour éviter que les vibrations générées par le moteur électrique 105 et l'hélice 106 n'influent sur la netteté de la prise de vues.

Bien que la partie de sustentation ait été illustrée ici comme étant du type à voilure Delta à bords d'attaque mobiles, tout autre type de partie de sustentation est envisagé dans le cadre de l'invention, comme par exemple une partie de sustentation comprenant une aile cantilever associée à un empennage et une dérive.

Bien que l'organe de propulsion ait été décrit ici comme étant un moteur électrique, l'invention couvre également l'utilisation d'un moteur thermique.

Bien que la charge utile soit ici un organe de prise de vues, il est évident que cette charge pourra également être constituée par d'autres types de capteurs (comme par exemple des capteurs thermiques, infrarouges, ou des radars), sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Bien que la forme de la nacelle soit adaptée à son rattrapage manuel, on pourra, dans le cadre de l'invention, équiper la nacelle d'un train d'atterrissage.

REVENDICATIONS

1.Engin volant télécommandé, notamment pour prise de vues aériennes, caractérisé en ce qu'il comprend une nacelle (100) fixée de façon détachable à une partie de sustentation (1), la nacelle (100) comportant une partie allongée (101) qui reçoit un organe de propulsion (105) entraînant une hélice (106) montée propulsive et qui s'étend depuis un organe de fixation (102) à la partie de sustentation (1) jusqu'à une partie basse (103) proéminente vers l'avant.

2. Engin volant télécommandé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la nacelle (100) comporte des bras (114) qui s'étendent latéralement de part et d'autre de la nacelle (100).

3. Engin volant télécommandé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe de propulsion (105) est un moteur électrique alimenté par un accumulateur (108) disposé dans la partie basse (103) de la nacelle (100).

4. Engin volant télécommandé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie basse (103) de la nacelle (100) comporte un logement (115) pour un organe de prise de vues.

5. Engin volant selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie de sustentation (1) comporte une voilure (5) de forme Delta.

6. Engin volant selon la revendication 5, caractérisé en ce la partie de sustentation (1) comporte une armature comprenant une poutre centrale (2) et deux bords d'attaque (3) formant une pointe (4), l'organe de fixation (102) de la nacelle (100) étant relié à la poutre centrale (2).

7. Engin volant selon la revendication 6, caractérisé en ce que les bords d'attaque (3) sont rotulés sur

la poutre centrale (2).

8. Engin volant selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie de sustentation (1) comporte une gouverne de profondeur (9).

FIG_1

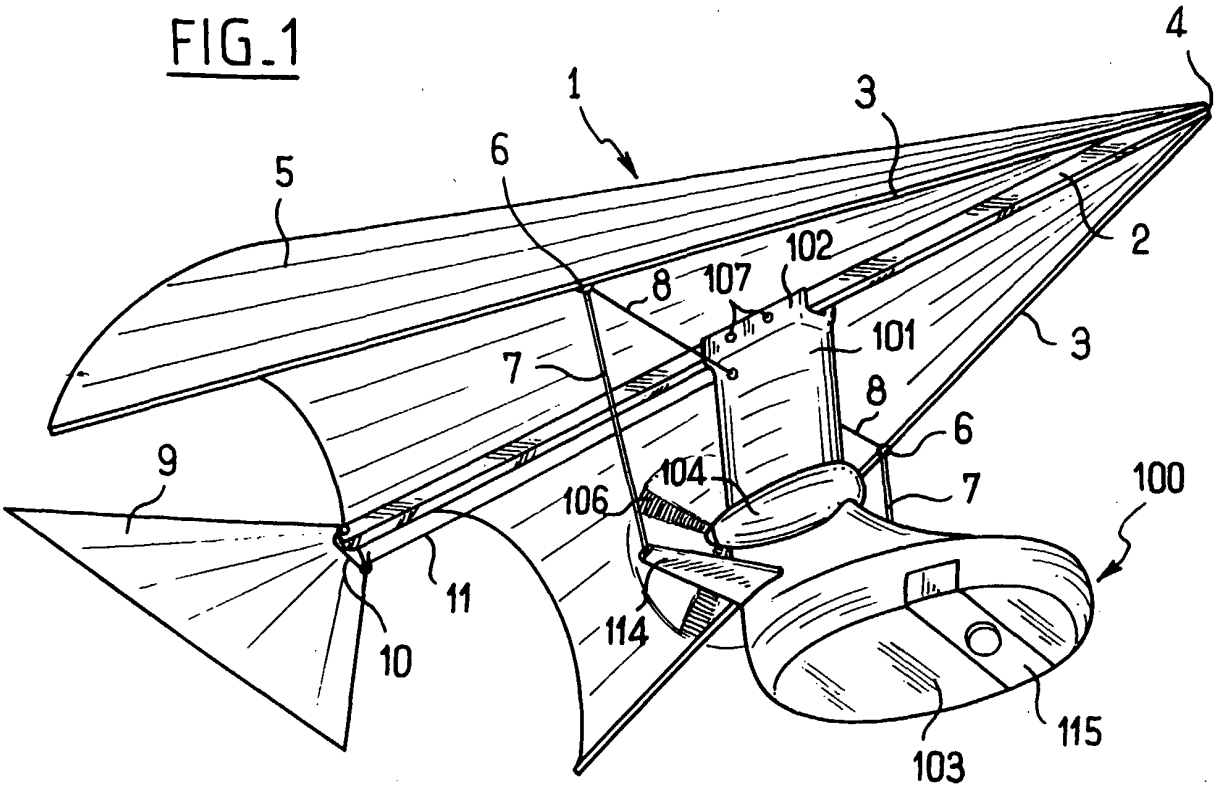
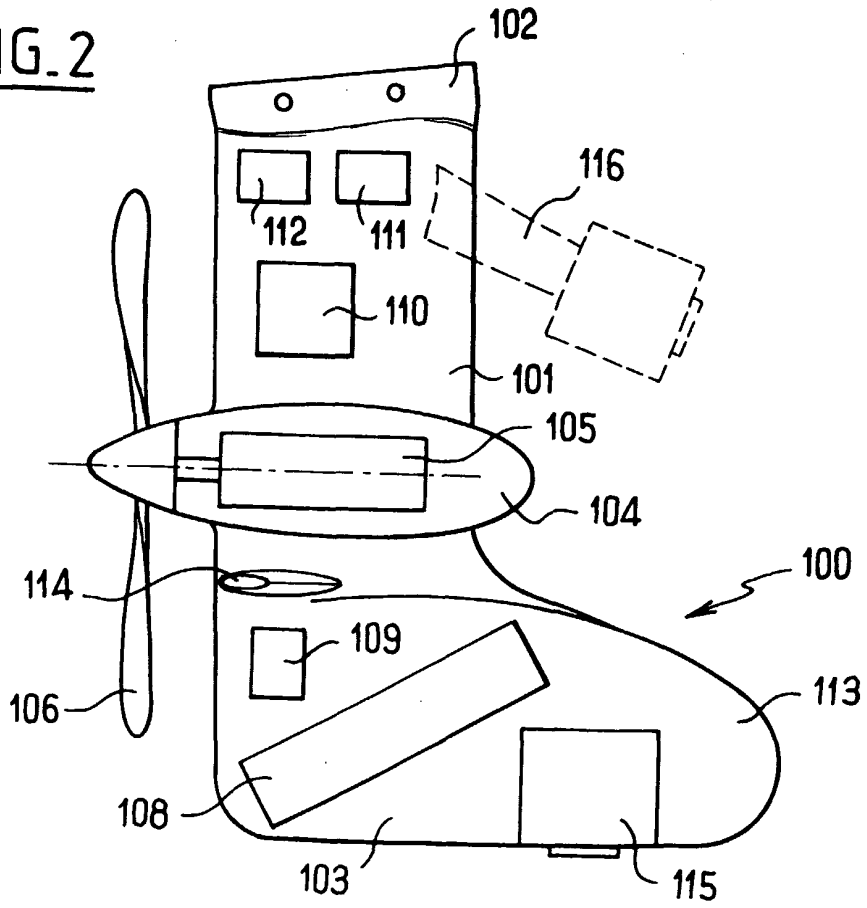

4
1
3
5
6
2
102
8
107
101
3
7
8
6
9
104
7
100
106
11
114
10
115
103

FIG_2


102
116
112
111
110
101
105
104
114
100
109
113
106
108
103
115

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interna Application No
PCT/FR 02/03890

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B64D47/08 A63H27/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 A63H B64D G03B B64C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 027 422 A (SCHROEDER LLOYD A) 7 June 1977 (1977-06-07) column 3, line 54 - line 68	1
A	EP 0 380 071 A (HUANG SAN YU) 1 August 1990 (1990-08-01) column 2, line 30 - line 43	1
A	US 6 286 786 B1 (LE GETTE BRIAN EDWARD ET AL) 11 September 2001 (2001-09-11) the whole document	1,5
A	DE 85 24 495 U (FLIGHT REFUELLING LTD) 7 May 1986 (1986-05-07) page 3, line 16 - line 21 page 5, line 19 - line 27	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 March 2003	21/03/2003

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Salé, Y

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Interna Application No
PCT/ IR 02/03890

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 4027422	A	07-06-1977	US	3999328 A	28-12-1976
			DE	2642391 A1	07-04-1977
			JP	52043533 A	05-04-1977
EP 0380071	A	01-08-1990	US	4946415 A	07-08-1990
			CA	2008404 A1	26-07-1990
			EP	0380071 A1	01-08-1990
US 6286786	B1	11-09-2001	EP	1066098 A2	10-01-2001
			WO	9948579 A2	30-09-1999
			US	6145789 A	14-11-2000
			US	6257525 B1	10-07-2001
DE 8524495	U	07-05-1986	DE	8524495 U1	07-05-1986

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR 02/03890

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B64D47/08 A63H27/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 A63H B64D G03B B64C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 027 422 A (SCHROEDER LLOYD A) 7 juin 1977 (1977-06-07) colonne 3, ligne 54 - ligne 68	1
A	EP 0 380 071 A (HUANG SAN YU) 1 août 1990 (1990-08-01) colonne 2, ligne 30 - ligne 43	1
A	US 6 286 786 B1 (LE GETTE BRIAN EDWARD ET AL) 11 septembre 2001 (2001-09-11) le document en entier	1,5
A	DE 85 24 495 U (FLIGHT REFUELLING LTD) 7 mai 1986 (1986-05-07) page 3, ligne 16 - ligne 21 page 5, ligne 19 - ligne 27	1

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
14 mars 2003	21/03/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Salé, Y

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No
PCT/FR 02/03890

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 4027422	A	07-06-1977	US	3999328 A	28-12-1976
			DE	2642391 A1	07-04-1977
			JP	52043533 A	05-04-1977
EP 0380071	A	01-08-1990	US	4946415 A	07-08-1990
			CA	2008404 A1	26-07-1990
			EP	0380071 A1	01-08-1990
US 6286786	B1	11-09-2001	EP	1066098 A2	10-01-2001
			WO	9948579 A2	30-09-1999
			US	6145789 A	14-11-2000
			US	6257525 B1	10-07-2001
DE 8524495	U	07-05-1986	DE	8524495 U1	07-05-1986

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
17 July 2003 (17.07.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/058344 A2

(51) International Patent Classification[7]: G03F

(21) International Application Number: PCT/US03/00401

(22) International Filing Date: 8 January 2003 (08.01.2003)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/347,169 8 January 2002 (08.01.2002) US
10/337,510 7 January 2003 (07.01.2003) US

(71) Applicants and
(72) Inventors: **PEASE, R., Fabian, W.** [US/US]; 119 Peter Coutts Circle, Stanford, CA 94305 (US). **YE, Jun** [CN/US]; 2658 Bryant Street, Palo Alto, CA 94306 (US).

(74) Agent: **STEINBERG, Neil**; Steinberg & Whitt, LLP, 2672 Bayshore Parkway, Suite 514, Mountain View, CA 94043 (US).

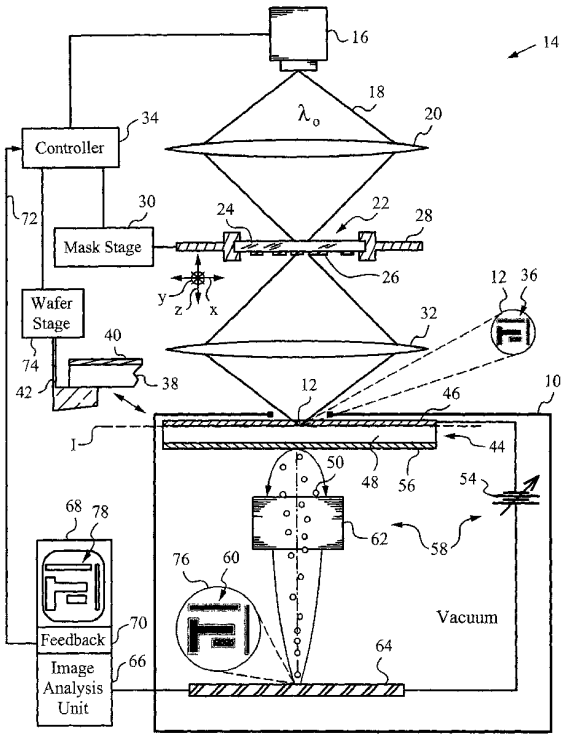
(81) Designated States *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States *(regional)*: ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
— *without international search report and to be republished upon receipt of that report*

[Continued on next page]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR AERIAL IMAGE SENSING



(57) Abstract: In one aspect, the present invention is a technique of, and a system and sensor for sensing an aerial image produced by, for example, optical lithographic equipment used in semiconductor fabrication. In one embodiment, the apparatus includes a negative electron affinity photo-electron emission device for projecting the aerial image thereon. In response, the photo-electron emission device emits electrons with a very tight energy spread in a pattern corresponding to the light intensity distribution produced by the aerial image. Electron optics is provided for guiding and projecting the electrons to form an enlarged pattern of the pattern in which the electrons are emitted. A sensing unit senses the enlarged pattern and supplies it to a device for capturing and digitizing the enlarged pattern to obtain therefrom a digitized aerial image. The resolution increase is achieved through the enlargement of the pattern by the electron optics. In another embodiment, the apparatus employs a photo-conducting layer for projecting the aerial image thereon. The photo-conducting layer is made of a suitable semiconducting material to render it locally conducting in correspondence to the light intensity distribution of the aerial image, which, in response to the projection of the aerial image on the photo-conducting layer, produces local charge depletion in the photo-conducting layer corresponding to the light intensity distribution. The apparatus may also include an electron source for providing electrons and a device for delivering the electrons to the photo-conducting layer to produce local re-charging currents in proportion to the local charge depletion. The apparatus may derive a pattern corresponding to the aerial image from the re-charging currents.

WO 03/058344 A2

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

SYSTEM AND METHOD FOR AERIAL IMAGE SENSING

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application claims priority to U.S. Provisional Application Serial No. 60/347,169, entitled "Aerial Image Sensing", filed January 8, 2002. The contents of this provisional application are incorporated by reference herein in their entirety.

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates generally to sensing an aerial image and more particularly to systems and techniques for increasing the sensing resolution of an aerial image.

BACKGROUND

Aerial imaging typically employs an optical imaging and projection system to project a two-dimensional aerial image onto an image plane. The location of the image plane is defined by the optics of the imaging and projection system. The same optics also limits the imaging performance by introducing diffraction, aberration and other effects. A straightforward method of sensing the aerial image is to place a conventional image sensor (for example, a conventional CCD) at the aerial image plane. In this method, the resolution of the sensed image is limited by the sensor pixel size. Conventional CCDs generally have a resolution in the order of 2 to 20 micrometers.

In certain applications, the quality of the aerial image is very high. For example, in the field of photolithography, the aerial image is an image of a reticle or mask produced with a photolithographic device such as a "stepper" or a "scanner". The stepper and scanner employ different stepping/scanning procedures while imaging the mask to

produce a mask pattern in the image plane where a wafer to be patterned is located. Because the mask pattern contains some very small features (for example, with minimum feature size in the order of one tenth of a micron in VLSI (Very Large Scale Integrated circuit) technology), the aerial image sensing requires a very high resolution, for example, in the order of 50 nm.

Certain prior art describes various techniques for improving the monitoring and adjusting the imaging performance of the imaging systems. For example, A. Grenville, et al., "Image Monitor for Markle-Dyson Optics", Journal of Vacuum Science and Technology B, No. 11, Vol. 6, Nov/Dec 1993, pp. 2700-2704 describe a scanned grating technique for quantifying the imaging properties of optical imaging and projection systems producing aerial images.

Nakagiri et al., U.S. Patent 5,464,977 ("Nakagiri") describes an optical detection apparatus and method for measuring, at a high resolution, an image in the wavelength range from the infrared to the gamma ray. Nakagiri uses a photoelectric conversion medium to produce a change in an electric property within a photoelectric conversion medium according to incident image light. A probe placed in contact with the medium scans the medium to measure the change in the electric property to derive distribution information corresponding to the image.

Examining masks for lithography in high-energy ranges of the electromagnetic spectrum, such as the X-ray range, presents additional challenges because of, for example, the severe limitations on imaging and lack of suitable transmission optics. In U.S. Patent 6,002,740, Cerrina and Lucatorto propose a method and apparatus for inspecting X-ray and extreme ultraviolet (EUV) masks and other objects. This method employs a converter to convert the image produced by X-rays or EUV light incident thereon to an image formed by electrons emitted from the converter. The emitted electrons are magnified in an electron microscope by as much as 100 to 1,000 times and

the magnified electron image is displayed by the electron microscope. The resolution obtained in the Cerrina and Lucatorto system corresponds to the resolution of the photoemission electron microscope and is in the range of 20 nm to 200 nm depending on the energy range of the emitted photo-electrons.

There is a need for system and technique that provides enhanced sensing resolution of an aerial image produced by conventional transmission optics of, for example, photolithography steppers or scanners. There is a need for an improved system and technique that enables sensing an aerial image produced by visible or ultra-violet optics at a resolution of, for example, 50 nm.

Moreover, there is a need for an apparatus and a method for aerial image sensing at enhanced resolution that may be employed for mask inspection, preferably in-situ, in a conventional photolithographic stepper or scanner. In this application, the sensing resolution is significantly smaller than the minimum feature size in the pattern to be printed on the wafer. Further, there is a need for an apparatus and a method that facilitates calibration, tuning and monitoring of the conventional photolithographic stepper or scanner using the sensed aerial image.

SUMMARY OF THE INVENTION

In one aspect, the present invention is a method and an apparatus for sensing an aerial image at a much higher resolution relative to conventional image sensing devices, systems and techniques. In one embodiment, the system includes a negative electron affinity photo-electron emission device for projecting the aerial image thereon. The photo-electron emission device emits electrons with a very tight energy spread (in the range 40 to 400 meV) in a pattern corresponding to the light intensity distribution produced by the aerial image. The system includes electron optics to guide and project the electrons and

thereby form an enlarged pattern of the "original" pattern in which the electrons were emitted. A sensing unit senses the enlarged pattern and supplies it to a device for capturing and digitizing the enlarged pattern to obtain therefrom a digitized aerial image. The resolution increase is achieved through the enlargement of the pattern.

The system of this embodiment may further include a light source and condensing optics for illuminating an object whose aerial image is to be generated. An optical imaging and projection system captures light from the illuminated object and images it to produce the aerial image.

In a preferred embodiment, the system and technique are used in a photolithographic stepper or a photolithographic scanner. In the integrated circuit manufacturing environment, a stepper or scanner projects the aerial image on a semiconductor wafer to pattern the wafer using the light from the light source. The illuminated object in this embodiment is a photolithographic mask. The system may be integrated with the stepper or scanner in such a way that it can be interchangeably positioned with the wafer at the aerial imaging plane.

In certain instances, it may be advantageous to provide the apparatus with a feedback unit for feeding back at least a portion of the digitized aerial image (for example, a portion containing alignment marks) to the stepper or scanner. In accordance with one aspect of the method of the present invention, the stepper or scanner may use this information for calibrating, tuning, initialization or set-up.

Since, in certain embodiments, the enlarged pattern is an enlarged circuit pattern corresponding to the photolithographic mask by exposure light at an exposure wavelength that will otherwise be used to expose the wafer, an in-situ inspection of the mask pattern can be performed. "In-situ" here refers to the fact that the aerial image used to inspect the mask is the same (or substantially the same) as otherwise used for wafer exposure.

In one embodiment, the photo-electron emission device may include an electron-multiplying cathode to amplify the emitted electrons and to isolate the vacuum surrounding the negative electron affinity photocathode from that elsewhere in the system. Indeed, it may be advantageous to employ an electron-multiplying cathode having a dimension such that the emitted electrons impacting on the electron-multiplying cathode cause emission of substantially thermalized electrons. In this way, the thermalized electrons may have a tight energy spread that, in certain instances, may be advantageous for measurement issues.

In one embodiment the photo-electron emission device and the electron optics constitute a Photo-Electron Emission Microscope (PEEM). The resolution of the PEEM may be selected to be much higher than the resolution of a conventional image sensor, for example, a conventional CCD.

In yet another embodiment of the present invention, the apparatus employs a photo-conducting layer for projecting the aerial image thereon. The photo-conducting layer is made of a suitable semiconducting material to render it locally conducting in correspondence to the light intensity distribution of the aerial image. Thus, the projection of the aerial image on the photo-conducting layer produces local charge depletion in the photo-conducting layer according to a depletion pattern, which corresponds to the light intensity distribution.

In this embodiment of the present invention, the apparatus may also include an electron source for providing electrons and a device for delivering the electrons to the photo-conducting layer to produce local re-charging currents in proportion to the local charge depletion. The apparatus may also include electronics to derive a pattern corresponding to the aerial image from the re-charging currents.

Further, in certain embodiments, the apparatus includes a device for capturing and digitizing the pattern to obtain the digitized aerial image. In this regard, the apparatus comprises a micro-vidicon in which the electron source is a beam source delivering a beam of electrons, and the device for delivering the electrons to the photo-conducting layer is an electron beam scanner.

In one embodiment, the re-charging electron source is provided by an array of scanning micro-tips. The tips may be similar to those used in a conventional atomic force microscope (AFM). This approach provides much higher throughput due to the parallel operation of the array of tips. In addition, this approach may allow very compact sensor to be built due to the short distance between the tips and the photo-conducting layer.

In yet another aspect, the present invention is a sensor, system and/or technique that employs an array of photo-detectors (for example, a conventional CCD), wherein each photo-detector is sensitive over a small, restricted area (relative to the sensing areas of the photo-detectors in a conventional CCD). In one embodiment of this aspect of the present invention, the sensing area of the photo-detectors are limited or restricted by covering certain portions of the sensing area of the detectors in a conventional CCD with a film of, for example, metal (for example, platinum). In this regard, a plurality of fine apertures in the film (one aperture per photo-detector) may be selectively milled so as to limit the photo-sensitive area of each photo-detector. The limited photo-sensitive area of the photo-detector generally corresponds to the resolution of the detector.

In another embodiment of this aspect of the invention, a photo-detector enhancement material (for example, a photo-sensitive semiconductor material) may be grown or deposited within the aperture. In this way, the photo-reception efficiency of the photo-sensitive area of each photo-detector under the aperture may be enhanced.

In operation, the array of photo-detectors may be scanned across the image plane to collect image data and thereby "build-up" the aerial image.

It should be noted that the restricted area may be larger than the required resolution but sufficiently well controlled that subsequent image processing could be used to bring about the required resolution. Such image processing may involve deconvolution or other image processing techniques.

Yet another technique to construct the sparse photo detector array, each with a small restricted photo-sensitive area, is to employ fiber-based, near-field scanning optical microscopy techniques in which high resolution is achieved using a tapered fiber.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

In the course of the detailed description to follow, reference will be made to the attached drawings. These drawings show different aspects of the present invention and, where appropriate, reference numerals illustrating like structures, components, materials and/or elements in different figures are labeled similarly. Various combinations of the structures, components, materials and/or elements, other than those specifically shown, are contemplated and are within the scope of the present invention.

FIGURE 1 is a block diagram of an embodiment for aerial image sensing in accordance with the invention employed in a photolithographic device;

FIGURE 2 is a block diagram of another embodiment for aerial image sensing in accordance with the invention employed in the device of FIGURE 1;

FIGURE 3A is a block diagram of an apparatus for aerial image sensing employing a micro-vidicon;

FIGURE 3B is a block diagram of yet another embodiment for aerial image sensing in accordance with the present invention;

FIGURE 4 is an illustration of an image scanning technique to collect data representative of the aerial image using a 2-dimensional array of tips or detectors;

FIGURE 5 is a block diagram representation of an array of photo-detectors according to one embodiment of the present invention;

FIGURE 6 is a two-dimensional (top view) schematic representation of the array of photo-detectors, in conjunction with a selectively patterned and/or milled film, according to one embodiment of the present invention;

FIGURE 7 is a cross-sectional view of a portion of the array of photo-detectors, in conjunction with a selectively patterned and/or milled film, according to one embodiment of FIGURE 6; and

FIGURE 8 is a cross-sectional view of a portion of the array of photo-detectors, in conjunction with photo-detector enhancement material, according to one embodiment of the present invention.

DETAILED DESCRIPTION

With reference to FIGURE 1, apparatus 10 senses an aerial image 12 in a photolithographic device 14. Photolithographic device 14 is equipped with a light source 16 for generating light 18 at a suitable exposure wavelength λ_0. Photolithographic device 14 may be integrated into or part of a photolithographic stepper or scanner. The light source 16 may be a laser (for example, a pulsed laser), a UV exposure lamp or any other source suitable for photolithography.

The photolithographic device 14 also includes condensing optics 20, in the form of a refractive lens, to collect light 18 emitted by source 16 and focus it on an object 22. It should be noted that any type of optics may be used to collect light 18 including, for example, reflective optics rather than refractive optics.

The object 22 may be a photolithographic mask made of a substrate 24 and a mask pattern 26 deposited on the surface of substrate 24. In the present embodiment, substrate 24 is transmissive to light 18 at exposure wavelength λ_0 but it will be appreciated that photolithographic masks and devices operating in the reflecting mode can also be used.

Mask 22 is mounted on a mask handler 28 connected to a mask stage 30. The mask stage 30 is designed to move handler 28 along the x- and y-axes, as indicated by the arrows in the plane of the page and pointing in and out of the page, to correspondingly displace mask 22. A z-axis adjustment can also be provided in handler 28, as necessary. The mask stage 30 is controlled by a controller 34, which is also connected to light source 16 to coordinate the operation of source 16 and stage 30. Alternatively, when using a photolithographic stepper or scanner, controller 34 can move entire apparatus 10 to realize the x-, y-, and z- axis motion, and stepping or scanning functions.

An optical imaging and projection system 32 is positioned to capture light 18 transmitted through image mask 22 (and mask pattern 26) to produce aerial image 12 in an image plane I. In the illustrated embodiment, optical imaging and projection system 32 consists of a refractive imaging lens, however, other imaging optics, including reflective optics can be used to produce aerial image 12 of mask pattern 26.

Aerial image 12 exhibits a light intensity distribution 36 at a primary resolution R_p. Primary resolution R_p can be defined in any convenient manner (for example, by the highest spatial frequency component in the distribution) or any method well known to those skilled in the art. For good lithography yield, it may be important that mask pattern 26 be free of defects and that photolithographic device 14 and specifically lens 32 create a high quality aerial image 12 of mask 22 at primary resolution R_p in image plane I.

In a preferred embodiment, apparatus 10 is integrated into the photolithographic device 14 in such a way that there is a mechanical positioning unit 42 for (manually or automatically) interchangeably positioning a semiconductor wafer 38 (together with its handling stage) to be patterned and apparatus 10. In one embodiment, mechanical positioning unit 42, in response to an operator input, automatically positions apparatus 10 (and, in particular, photo-electron emission device 44) in image plane I. The semiconductor wafer 38 (together with its handling stage) may be relocated to facilitate positioning of apparatus 10 in image plane I.

In another embodiment, mechanical positioning unit 42 permits an operator to manually position apparatus 10 in plane I. The semiconductor wafer 38 (together with its handling stage) may be relocated, manually or automatically, to permit proper placement of apparatus 10.

In one embodiment, the apparatus 10 includes a photo-electron emission device 44. The photo-electron emission device 44 is essentially a photocathode (having, for example, a combination of AlGaAs/GaAs/CsO layers). Briefly, in one embodiment, on the underside of photo-electron emission device 44 is a thin (for example, one micron thick) layer of aluminum gallium arsenide (AlGaAs) where a fraction of aluminum varies from about 50% at the top of the layer to zero at the bottom. The bottom surface may be treated with a mixture of cesium and oxygen to further lower the electron affinity and thereby enhance photo-emission.

In particular, the photo-electron emission device 44, in one embodiment, includes support layer 46. The support layer 46 is transparent to light 18 at exposure wavelength λ_0. The support layer 46, in one embodiment, is fused silica.

The photo-electron emission device 44 further includes photo-electron emission medium 48 for emitting electrons 50 in response to light 18 at exposure wavelength λ_0.

Preferably, photo-electron emission device 44 has a negative electron affinity (NEA) at the surface from which electrons 50 are emitted. Materials exhibiting NEA have a conduction band energy that falls below the vacuum energy at the material surface, thus facilitating the emission of electrons within a very tight energy spread (about 100 meV). Suitable photo-electron emission media include GaAs.

In one embodiment, layer 56, which may be a mixture of cesium (Cs) and oxygen (O) for enhancing surface NEA, facilitates the emission of electrons 50 from the conduction band of medium photo-electron emission 48. It should be noted that other techniques for producing and/or enhancing NEA may be used. Depending on the type of photo-electron emission medium 48 employed, such alternative techniques may include hydrogenation of the surface from which electrons 50 are emitted.

In operation, photo-electron emission device 44 emits electrons 50 in a pattern corresponding to light intensity distribution 36 produced by aerial image 12. The electron optics 58, which in the present embodiment include voltage source 54 and a magnetic unit 62, are provided for guiding and projecting electrons 50 to form an enlarged pattern 60 of the pattern in which electrons 50 are emitted from photo-electron emission device 44. The voltage source 54 is connected between support layer 46 and a sensing unit 64 for applying a potential difference between support layer 46 and sensing unit 64. The potential difference sets up an electric field for drawing electrons 50 from the surface of photo-electron emission device 44 and accelerating them towards sensing unit 64 in accordance with Coulomb's law. At the same time, magnetic unit 62 applies a magnetic field to electrons 50.

It should be noted that any suitable coil magnets or permanent magnets (for example, units analogous to those used as yokes in guiding electron beams in CRT displays) can serve the function of unit 62. The direction of the magnetic field is selected to apply a force to deflect or focus electrons 50 depending on their velocity in accordance

with well-known principles in electron optics. Both axial and transverse magnetic fields including fields exhibiting a gradient can be used. The magnetic fields can be further supplemented by additional electric field(s) for guiding electrons 50.

Sensing unit 64 is preferably an array of charge-coupled devices (CCDs) or any other suitable instrument for sensing the impacting electrons 50 and converting them to electrical signals to thus sense enlarged pattern 60. It is preferable that the space between photo-electron emission device 44 and sensing unit 64 be evacuated. In particular, the space between device 44 and sensing unit 64 is preferably held in a vacuum sufficiently low so as to not interfere with the propagation of electrons 50. The vacuum should keep out any contaminants likely to degrade photo-electron emission device 44 and/or sensing unit 64. A vacuum of about 10^{-7} torr will be sufficient when a standard photocathode is used by photo-electron emission device 44. In those situations where photo-electron emission medium 48 is a GaAs semiconductor and layer 56 includes a coating of Cs and O, it may be advantageous to employ a higher vacuum (for example, 10^{-9} torr or higher) to prevent degradation of layer 56. Such vacuum may be obtained in a sealed tube, as is known in the art.

With continued reference to FIGURE 1, sensing unit 64 is connected to image analysis unit 66, which captures and digitizes enlarged pattern 60. Image analysis unit 66 is connected to feedback circuitry 70 as well as display unit 68, which displays an image of the captured and digitized enlarged pattern 60 to a viewer (for example, an operator). A feedback connection 72 is provided between feedback circuitry 70 and controller 34. Image analysis unit 66 may also perform mask inspection tasks (for example, compare the captured image to a database image) as discussed below.

The controller 34 is connected to wafer stage 74, which controls the position of semiconductor wafer 38 or apparatus 10 via mechanical positioning unit 42. In a preferred embodiment, the information from feedback circuitry 70 is used by controller 34 to adjust

parts of photolithographic device 14 such as source 16, position of mask 22 and position of wafer 38 in response to relevant parameters (for example, relative positioning and focusing of aerial image 12). The actual adjustments and how they are effectuated will depend on the type of photolithographic device 14. For example, in one embodiment photolithographic device 14 is integrated in a photolithographic scanner. In this embodiment both mask 22 and wafer 38 are being moved (scanned) during exposure by corresponding stages 30, 74. In another embodiment, photolithographic device 14 is integrated in a photolithographic stepper in which both mask 22 and wafer 38 are stationary during exposure. The digitized enlarged pattern 60 will provide information that can be used for appropriate scanning and/or stepping of mask 22 and/or wafer 38 as well as controlling any other aspects of photolithographic device 14 such as the emission and focusing of light 18 and imaging of mask pattern 26. The analysis of enlarged pattern 60 (for example, by comparison with a database) will also enable in-situ inspection of mask defects and quality.

During a photolithographic procedure, semiconductor wafer 38 with a layer of resist 40 is positioned such that aerial image 12 is projected onto the surface coated with resist 40. Exposure to light 18 at exposure wavelength λ_0 in accordance with light intensity distribution 36 of aerial image 12 alters the properties of resist 40 in correspondence to light intensity distribution 36. The actual changes occurring in resist 40 can result from thermal, photo-induced, chemical or any other changes in resist 40 as is known in art.

When photo-electron emission device 44 is positioned to receive aerial image 12, device 44 can be used to inspect mask pattern 26 and calibrate photolithographic device 14. The inspection is performed with light 18 emitted at exposure wavelength λ_0, which is the same exposure light as used for patterning wafer 38. The exposure wavelength λ_0 may be, for example, in the visible or ultraviolet (UV) range.

The light 18 passes through mask 22 and images mask pattern 26 with the aid of lens 32 on image plane I. The photo-electron emission device 44 is moved (manually or automatically) and held in place by mechanical positioning unit 42 such that image plane I is coplanar with the surface of photo-electron emission medium 48. In other words, aerial image 12 of mask pattern 26 is projected in the form of light intensity distribution 36 onto the surface of photo-electron emission medium 48. In response, photo-electron emission medium 48 generates electrons 50 in a pattern corresponding to distribution 36.

The electrons 50 are drawn off from photo-electron emission device 44 at the NEA surface and are guided by electron optics 58. In this regard, the electric field created by variable voltage source 54 and the magnetic fields produced by magnetic unit 62 guide electrons 50 to sensing unit 64 in such a manner that enlarged pattern 60 of the electron pattern emitted at the NEA surface is produced by electrons 50 impinging on sensing unit 64. Thus, sensing unit 64 senses an enlarged aerial image 76 of mask pattern 26. Additionally, because of the very short wavelength of electrons 50, enlarged pattern 60 exhibits negligible additional diffraction caused by electron optics 58. The increased resolution is due to enlargement of the electron pattern corresponding to distribution 36. Thus, sensing unit 64 such as a CCD sensor having pixel size P_{det} can effectively sense aerial image 12 at a much smaller pixel size P_a, where $P_a=P_{det}/M$, where M is the magnification factor of electron optics 58.

The sensing unit 64 provides information which is representative of the enlarged pattern 60 to image analysis unit 66, which captures and digitizes enlarged pattern 60 to obtain therefrom a digitized aerial image 78 at increased resolution R_f. In one embodiment, digitized aerial image 78 is displayed on display unit 68. In addition, feedback circuitry 70 provides information which is representative of mask 22 and mask pattern 26 obtained from digitized aerial image 78 to controller 34. Specifically, feedback circuitry 70 feeds back at least a portion of digitized aerial image 78 (for example, a

portion containing image, or fiducial or alignment marks of mask pattern 26) to controller 34. The controller 34 may use this information to control (for example, set, align or re-align) stages 30 and 74, optics 20 and 32, and/or light source 16 (among other things).

The digitized aerial image 78 of enlarged pattern 60 may be used (for example, by an operator) to calibrate, tune or set-up photolithographic device 14. In fact, the information derived from digitized aerial image 78 can be used for many purposes and can even be shared among a number of photolithographic devices. For example, in one embodiment, digitized aerial image 78 is used by a computer (not illustrated) in inspecting defects and quality of a number of masks. The computer may perform die-to-die (D:D) inspection, die-to-database (D:DB) inspection, image self-analysis (SA) techniques, or inspection techniques that are combinations thereof.

In one embodiment, photolithographic device 14 (and apparatus 10) is dedicated to mask inspection using digitized aerial image 78. The mask under inspection may be a product mask or a test mask. In either instance, the inspection determines, among other things, the accuracy of the mask fabrication process and the accuracy of the pattern on the mask resulting from that process.

In yet another embodiment, photolithographic device 14 is interleaved with the task of mask inspection and semiconductor wafer printing. In a preferred embodiment, the information from digitized aerial image 78 is used for in-situ inspection of mask pattern 26, where photolithographic device 14 is integrated in or part of a photolithographic stepper or scanner.

FIGURE 2 illustrates another embodiment for sensing an aerial image 12 in a photolithographic device 14 in accordance with the present invention. In this embodiment, apparatus 102 is a variation of apparatus 10 for enlarging aerial image 12 of object 22. Specifically, apparatus 102 employs photo-electron emission device 118 with

photocathode 120 consisting of an electrode layer 122 and a medium 124 for generating electrons 50 in response to light 18. The photo-electron emission device 118 also includes an electron-multiplying cathode 128 for amplifying electrons 50.

In one embodiment, electron-multiplying cathode 128 includes top electrode layer 130, which may be comprised of gallium nitride (GaN) or diamond. The electrode layer 130 is sufficiently thick to prevent electrons 50 from penetrating layer 130, but sufficiently thin to allow the internally generated free electrons to be transported to the bottom (emitting) surface, namely target semiconductor 132, which amplifies electrons 50.

Where electrons 50 are accelerated to 1KeV, an electrode layer 130 comprised of GaN should be about 100nm thick and an electrode layer 130 comprised of diamond should be about 200nm to 300nm thick. It should be noted that in certain circumstances, it may be advantageous to treat electrode layer 130 with metallic cesium, where layer 130 is comprised of GaN, or with a hydrogen plasma, in the case where layer 130 is comprised of diamond.

To aid in the amplification process, a voltage source 134 is connected between electrode layer 122 and electrode layer 130 to set up an electric field between photocathode 120 and electron-multiplying cathode 128. The electric field is used for accelerating electrons 50 into target semiconductor 132. The surface of target semiconductor 132 from which amplified electrons 50' are emitted is coated with an NEA coating 138.

It should be noted that additional information on the specific design and operation of electron-multiplying cathodes may be found in literature by Hamamatsu at http://usa.hamamatsu.com/cmp-detectors or in the book "Television", V.K. Zworykin and G. A. Morton (Wiley, 1954), the contents of which are hereby incorporated by reference.

The apparatus 102 is otherwise equipped similarly to apparatus 10 with electron optics 58 including voltage source 54 and magnetic unit 62 for guiding amplified electrons 50' to sensing unit 64. During operation aerial image 12 of object 22 is projected into image plane I or onto photocathode 120 of photo-electron emission device 118 and light intensity distribution 36 causes electrons 50 to be emitted from semiconductor 124 of photocathode 120 in a pattern corresponding to distribution 36. The electric field set up by voltage source 134 between electrode layers 122 and 130 accelerates electrons 50 in the emitted pattern into electron-multiplying cathode 128. In turn, electron-multiplying cathode 128 emits amplified electrons 50' in the same pattern as the pattern of electrons 50.

Electron optics apply electric and magnetic fields to amplified electrons 50' to guide them such that enlarged aerial image 76 of enlarged pattern 60 of the electron pattern originally emitted from photocathode 120 is projected onto sensing unit 64. In order to take advantage of improved resolution capabilities of apparatus 102, the resolution R_f is selected to be higher than primary resolution R_p of optical imaging and projection system 32, which produces aerial image 12. Thus, increased resolution R_f of enlarged electron pattern 60 is obtained in enlarged aerial image 76 as compared to primary resolution R_p in aerial image 12.

It should be noted that the embodiment of FIGURE 2 may also include a computer to implement, among other things, inspection algorithms (for example, die-to-die (D:D) inspection, die-to-database (D:DB) inspection, image self-analysis (SA) techniques, or inspection techniques that are combinations thereof) using the digitized aerial image 78. The apparatus 102 may also image analysis unit, including a display to allow an operator, for example, to view the aerial image. In addition, the embodiment of FIGURE 2 may include feedback circuitry and a controller, as illustrated in FIGURE 1, and described relative thereto. As mentioned above, the controller may use this information to control

(for example, set, align or re-align) stages 30 and 74, optics 20 and 32, and/or light source 16.

Moreover, in a preferred embodiment, apparatus 102, like apparatus 10 of FIGURE 1, is integrated into photolithographic device 14 in such a way that there is a mechanical positioning unit for (manually or automatically) interchangeably positioning a semiconductor wafer 38 (together with its handling stage) to be patterned and apparatus 102. In one embodiment, the mechanical positioning unit (not illustrated in FIGURE 2), in response to an operator input, automatically positions apparatus 102 in image plane I. The semiconductor wafer 38 may be relocated to facilitate positioning of apparatus 10 in image plane I. In another embodiment, like in the embodiment of FIGURE 1, the mechanical positioning unit permits an operator to manually position apparatus 102 in plane I. The semiconductor wafer 38 (together with its handling stage) may be relocated, manually or automatically, to permit proper placement of apparatus 102.

FIGURE 3A illustrates another embodiment for sensing an aerial image 12 in a photolithographic device 14 in accordance with the present invention. The apparatus 200 includes a photo-electron conversion unit 202 made of a transparent insulating substrate 204, a transparent conducting layer 206 and a photo-conducting layer 208. The transparent insulating substrate 204, as well as transparent conducting layer 206 which is deposited on substrate 204, are selected from among materials that are transparent to light 18.

The photo-electron conversion unit 202 is positioned such that image plane I defined by lens 32 is coplanar or in the same plane as photo-conducting layer 208. The photo-conducting layer 208 is made of a suitable photosensitive semiconducting material. The semiconducting material may be selected on the basis that light 18 renders the material locally conducting in correspondence to its local intensity. Specifically, the semiconducting material is selected such that light intensity distribution 36 of aerial image

12 imaged and projected on photo-conducting layer 208 by lens 32 renders photo-conducting layer 208 locally conducting in correspondence to light intensity distribution 36.

The apparatus 200 may also include an electron source 214 for supplying electrons 216. The electron source 214 may be a thermionic source, a photocathode or any other device to provide a source of electrons. In certain instances, it may be important to maintain electron source 214 at a certain re-charging potential.

The apparatus 200 may also include steering device 218 for delivering electrons 216 to photo-conducting layer 208. The steering device 218 may be a yoke system capable of applying suitable electric and magnetic fields to guide electrons 216 to photo-conducting layer 208. More specifically, steering device 218 is capable of combining electrons 216 to form an electron beam 220 and scanning beam 220 across photo-conducting layer 208.

The transparent conducting layer 206 of photo-electron conversion unit 202 is electrically connected to ground via resistor 210 and to amplifier circuitry 212. The amplifier circuitry 212 is designed to sense and amplify currents delivered from conducting layer 206. The resistor 210 is selected to have a sufficiently high resistance value to maintain conducting layer 206 at an appropriate potential. Specifically, the potential of conducting layer 206 is coordinated with the re-charging potential at which electron source 214 is maintained. This is done such that no local current flows through photo-conducting layer 208 to conducting layer 206 and amplifier circuitry 212 when the area of photo-conducting layer 208 being scanned by electrons 216 of electron beam 220 is not depleted of charge.

The amplifier circuitry 212 is further connected to scan generator 222. The scan generator 222 is also connected to steering device 218 and to image analysis unit 224.

The image analysis unit 224 may include display 226 to allow an operator, for example, to view the aerial image. In addition, mechanical positioning unit 42, controller 34 and feedback circuitry 70, as illustrated in FIGURE 1, and described relative thereto, may be implement in the embodiment illustrated in FIGURE 3A. For the sake of brevity, that discussion will not be repeated.

During operation, aerial image 12 projected and imaged in image plane I by lens 32 produces light intensity distribution 36 on photo-conducting layer 208. In response, photo-conducting layer 208 experiences local charge depletion according to a depletion pattern, which corresponds to light intensity distribution 36. In other words, charge leaves photo-conducting layer 208 at locations that are illuminated by light 18 corresponding to the intensity of light 18 at those locations. Specifically, in operation, charge from the depleted areas flows through transparent conducting layer 206, via resistor 210, to ground.

Scan generator 222 controls steering device 218 and induces it to scan photo-conducting layer 208 with electron beam 220 according to any suitable scanning pattern (for example, a line scan pattern). When electrons 216 are thus delivered to photo-conducting layer 208 in beam 220 they produce local re-charging currents in proportion to the local charge depletion. The re-charging currents are sensed and amplified by amplifier circuitry 212.

The amplified re-charging currents are delivered to image analysis unit 224, which is informed of the scanning pattern by scan generator 222. Based on the scanning pattern and the magnitude of the re-charging currents unit 224 derives the pattern corresponding to light intensity distribution 36 of aerial image 12. In addition, unit 224 captures and digitizes the pattern to obtain a digitized aerial image 228 of aerial image 12. Digitized aerial image 228 exhibits an increased resolution R_f. For the operator's convenience, digitized aerial image 228 is displayed on display unit 226. In fact, apparatus 200 is a micro-vidicon in which scan generator 222 and steering device 218 constitute the electron

beam scanner and amplifier circuitry 212, scan generator 222 and unit 224 form the electronics for deriving the pattern corresponding to aerial image 12 from re-charging currents. The micro-vidicon 200 operates in accordance with well-known principles. Additional information on micro-vidicons, and the operation thereof, may be found in "Television", V.K. Zworykin and G. A. Morton (Wiley, 1954), for example on page 257.

FIGURE 3B illustrates another embodiment for sensing an aerial image 12 in a photolithographic device 14 in accordance with the present invention. The apparatus 300 includes a photo-electron conversion unit 202 (as described above) and electron source 302. The electron source 302 consists of a number of scanning tips 304 that are maintained at re-charging potential by a power supply 306. The scanning tips 304 are preferably carried on a suitable substrate or on cantilevers suitable for scanning the surface of photo-conducting layer 208.

Each scanning tip 304 includes a series resistor 308 and an associated amplifier 310 connected across series resistor 308. FIGURE 3B illustrates only two of the plurality of associated amplifiers 310. The output of each amplifier 310 is connected to an image analysis unit 312, which is connected to a display 314.

As in the embodiment of FIGURE 3A, aerial image 12 produces light intensity pattern 36. The aerial image 12 is projected on photo-conducting layer 208 to cause local charge depletion. The scanning of tips 304 over photo-conducting layer 208 supply electrons 316 which cause re-charging currents to flow to depleted regions of photo-conducting layer 208. In this case, re-charging currents flow from all tips 304 as they are scanned across photo-conducting layer 208, thus accelerating the re-charging process, allowing for faster operation of apparatus 300 in comparison with apparatus 200. Furthermore, the elimination of electron-optics 214 and 218 (in FIGURE 3A) allows much reduced distance between tips 304 (providing re-charging electrons) and photo-conducting layer 208, and hence makes it possible to make very compact sensor module

of apparatus 300. The thickness of such sensor module can be reduced to similar thickness as that of a semiconductor wafer, and hence make it much easier to interchangeably position the sensor module with a wafer in lithography device 14.

The amplifiers 310 sense the re-charging currents by the voltage drop across resistors 308. Image analysis unit 312 reconstructs the light intensity pattern 36 of aerial image 12 from the magnitudes of re-charging currents and the scanning pattern of tips 304 in the form of digitized aerial image 318. Image 318 exhibits an increased resolution R_f in comparison with primary resolution R_p of aerial image 12.

The resolution of this form of image sensing may depend on the diameter of the low voltage electron beam (for example, 10 to 50 V) used to re-charge the surface of photo-conducting layer 208. See, McCord and Pease (J. Vac, Sci. Tech.B Jan/Feb 1985) and Hordon (PhD. Dissertation, Stanford University, 1993). A resolution of 25 nm or better may be obtainable for an energy spread of 1 eV; better resolution is obtainable with electrons with a smaller energy spread as can be obtained from an NEA photocathode source.

The data which is representative of the aerial image may be collected using a scanning technique. Here, a complete image may be collected by scanning photo-conducting layer 208 with a sparse array of tips 304 in accordance with the techniques or principles described by G. Winograd, IEEE Photolithography Symposium, 1999, Anchorage, Alaska; also PhD Dissertation, Stanford University, 1999, hereinafter collectively "the Winograd materials"). The contents of the Winograd materials are incorporated herein by reference.

In one particular embodiment, the complete image of the charge distribution on the surface of the photo-conducting layer is built up or collected by scanning a square array 304 in one direction only at a small angle to the array x-coordinate such that all y-adjacent

pixels on the image on the photo-conducting layer 208 are covered by one tip as generally illustrated in FIGURE 4. Notably, the Winograd materials describe other scanning strategies that may be suitable with the inventions described herein.

It should be noted that the embodiments of FIGURES 3A and 3B may also include a computer to implement, among other things, inspection algorithms (for example, die-to-die (D:D) inspection, die-to-database (D:DB) inspection, image self-analysis (SA) techniques, or inspection techniques that are combinations thereof) using the digitized aerial image 78. In addition, the embodiments of FIGURES 3A and 3B may include feedback circuitry and a controller, as illustrated in FIGURE 1, and described relative thereto. As mentioned above, the controller may use this information to control (for example, set, align or re-align) stages 30 and 74, optics 20 and 32, and/or light source 16.

In another embodiment, the present invention employs a sensor array of photo-detectors (for example, a CCD array) to sense the aerial image with a resolution that is finer than that of the visible or ultra-violet optics used to form the image. In this embodiment, each detector of the array is sensitive over a small restricted area corresponding to the desired resolution. With reference to FIGURES 5, 6 and 7, the sensor array may be a plurality of photo or photon sensitive detectors or sensor cells that sense incident energy or radiation, for example, incident visible or ultraviolet light (for example, deep ultraviolet light). The sensor array includes a plurality of sensor cells $400a_1$ - $400a_8$, $400b_1$ - $400b_8$, $400c_1$ – $400c_8$, $400d_1$ to $400d_8$, $400e_1$ - $400e_8$, $400f_1$ - $400f_8$, $400g_1$ - $400g_8$, and $400h_1$ - $400h_8$, arranged or configured in a two dimensional array. The sensor cells $400a_x$ - $400h_x$ (x=1 to 8) of the sensor array may be comprised of light or radiation sensing semiconductor devices, for example, CCDs, CMOS sensor cells and/or photo diodes.

It should be noted that while the sensor array of FIGURES 5, 6 and 7 is depicted as comprised of 64 sensor cells (i.e., an 8x8 array), in many situations, the sensor array includes thousands or millions of detectors or sensor cells.

With continued reference to FIGURES 5, 6 and 7, sensor cells $400a_x$ - $400h_x$ (x=1 to 8) include active area $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8), respectively. The active area $402a_x$ - $402h_x$ is that portion or area of sensor cells $400a_x$ - $400h_x$ (x=1 to 8), respectively, which is sensitive to the energy or radiation incident thereon. The sensor array further includes a patterned film 404 that impedes, obstructs, absorbs and/or blocks passage of photons or light of a given wavelength (that is, typically at the wavelength to be measured, sensed or detected by sensor cells $400a_x$ - $400h_x$, x=1 to 8).

The film 404 includes apertures $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8). The apertures $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8) are configured or arranged to overlie a respective one of active area $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8). In this way, film 404 overlies sensor cells $400a_x$ - $400h_x$ (x=1 to 8) to partially cover active areas $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8) and thereby limit the photo-sensitive area of active area $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8) to the portion(s) effectively exposed by apertures $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8). The portion of active area $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8) that is covered by film 404 does not measure, sense, detect and/or collect incident energy or radiation or is substantially unaffected by such energy or radiation. As such, the spatial resolution of the energy measured by sensor cells $400a_x$ - $400h_x$ (x=1 to 8) is enhanced or improved because the portion or area of the sensor cell that is effectively exposed to, and/or senses energy or radiation is limited or restricted.

In certain embodiments, it may be advantageous to selectively pattern film 404 to include apertures $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8) that are located or positioned in, or near, the center of active areas $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8). In this way, a significant number of photons that enter apertures $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8) may be sensed by the underlying

active areas $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8), respectively, regardless of scattering caused or induced by apertures $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8). In addition, locating or positioning apertures $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8) at or near the center of active areas $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8) may ease alignment constraints during fabrication of film 404.

The film 404 may be any material that may be deposited, grown and/or formed on or in sensor cells 400, and patterned, shaped and/or etched such that active areas 402 receive, measure, collect photons from a smaller, limited and/or restricted area or region (substantially or proportionally equal to the area of apertures 406 relative to the entire active area). For example, film 404 may be a metal film, such as platinum, of a sufficient thickness to alter, modify, impede, obstruct, absorbs and/or block photons or light (of at least a given wavelength) from being measured, sensed and/or detected by that portion of active area 402. In one embodiment, film 404 may be tungsten of a thickness in the range of 100 nm.

The apertures 406 in film 404 may be formed milling an aperture in film 404 using a focused beam of ions as described, for example, Pickard et al. (J. Vac. Sci. Tech. B (Nov/Dec. 2000), which is incorporated herein by reference).

The size and shape of apertures 406 determine, to some extent, the number of photons sensed by sensor cells 400 and the maximum spatial frequency of the measured aerial image. In one embodiment, apertures 406 are substantially circular and have a diameter of between approximately 50 nm to approximately 125 nm, and preferably between about 75 nm to about 100 nm. An appropriate size of the diameter of apertures 406 may be determined using the wavelength of the photons of light 18 and the numerical aperture of lithographic equipment 14 (typical characterized as n (i.e., the refractive index of the medium above the sensor or wafer in lithographic equipment 14) x sin θ).

Thus, where the dimension size of active areas 402 of sensor cells 400 are in the order of a few μm by a few μm (for example, 2μm x 5μm), and where a spatial resolution of between about 75nm to about 100 nm is desired, required or advantageous, patterned film 404 (for example, tungsten, aluminum, or silicon) may be employed to limit or restrict the exposed active areas of sensor cells $400a_x$ - $400h_x$ (x=1 to 8) thereby enhancing the spatial resolution of sensor cells $400a_x$ - $400h_x$ (x=1 to 8). A spatial resolution of between about 75nm and about 100nm may be sufficient to properly, accurately and/or adequately characterize, measure, collect, sense and/or detect the aerial image of mask pattern 26 as projected at the image plane I.

It may be desirable, or in certain circumstances, advantageous, to enhance the photo-reception or photon efficiency of sensor cells 400. With reference to FIGURE 8, in one embodiment, a photo or photon detection enhancement material $408a_x$ - $408h_x$ (x=1 to 8) (for example, a photo or photon sensitive semiconductor material) may be deposited, grown and/or formed within aperture $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8), respectively, to enhance the ability or capacity of sensor cells 400 to sense and/or detect incident photons or energy at a given wavelength (for example, λ_0). Thus, in this embodiment, detection enhancement material $408a_x$ - $408h_x$ enhances the ability or capacity of active areas $402a_x$ - $402h_x$ (x=1 to 8) to collect, measure, sense and/or detect incident radiation and thereby improve the ability or capacity of sensor cells 400 to characterize, measure, collect, sense and/or detect the aerial image of mask pattern 26 as projected at the wafer plane I.

With continued reference to FIGURE 8, the detection enhancement material $408a_x$ - $408h_x$ (x=1 to 8) may be deposited after formation or patterning of apertures $406a_x$ - $406h_x$ (x=1 to 8).

In operation, as described above with respect to FIGURE 4, the complete aerial image of this embodiment may again be "built-up" by scanning the array of photo detectors across the aerial image.

It should be noted that the restricted area of sensor cells 400 may be larger than the required resolution but sufficiently well-controlled that subsequent image processing could be used to bring about the required resolution. Such image processing could involve deconvolution or other techniques familiar to those skilled in the art of two-dimensional image processing.

Another technique to enhance the photo-reception efficiency of each photo-detector under the fine aperture is to make use of anomalously high transmission of light in arrayed apertures in metal films (see, for example "Extraordinary Optical Transmission through Sub-wavelength Hole Arrays", T. W. Ebbesen et al., Nature 391, 667, (1998) and "Control of Optical Transmission through Metals Perforated with Sub-wavelength Hole Arrays", T. J. Kim et al. , Optics Let. 24 256 (1999), both of which are incorporated herein by reference).

It should be noted that in those instances where the sensor array includes more than one aperture for transmitting light to one photo-detector, deconvolution or other image processing may be employed to capture the aerial image. In those instances where more than one aperture per photo-detector is employed, such image processing may be avoided by using blind (partially milled) apertures or other surface modifications techniques.

Yet another technique for constructing the sparse photo detector array, each with a small restricted photo-sensitive area, is to employ fiber-based near-field scanning optical microscopy (NSOM) techniques in which sub-optical resolution is achieved using a

tapered fiber (see, E. Betzig and J. K. Trautmann, Science, 275, 189, (1992), incorporated herein by reference).

There are many inventions described and illustrated herein. While certain embodiments, features, attributes and advantages of the inventions have been described and illustrated, it should be understood that many other, as well as different and/or similar embodiments, features, materials, attributes, structures and advantages of the present inventions, are apparent from the description, illustration and claims. As such, the embodiments, features, materials, attributes, structures and advantages of the inventions described and illustrated herein are not exhaustive and it should be understood that such other, similar, as well as different, embodiments, features, materials, attributes, structures and advantages of the present inventions are within the scope of the present invention.

It should be noted that while the present invention(s) is described generally in the context of integrated circuit fabrication, the present invention(s) may be implemented in processes to manufacture other devices, components and/or systems including, for example, hard disk drives, magnetic thin-film heads for hard disk drives, flat panel displays, and printed circuit board. Indeed, the present invention(s) may be employed in the fabrication of any devices, components and/or systems, whether now known or later developed, that may benefit (in whole or in part) from the present invention(s).

What is claimed is:

1. A system for sensing at an increased resolution an aerial image exhibiting a light intensity distribution at a primary resolution, the system comprising:

a photo-electron emission unit to sense the aerial image and, in response, emit electrons in a pattern corresponding to the light intensity distribution of the aerial image;

electron optics to project an enlarged pattern of the pattern of electrons emitted by the photo-electron emission unit;

a sensing unit to sense the enlarged pattern; and

an image analysis unit, coupled to the sensing unit, to digitize the enlarged pattern.

2. The system of claim 1 further comprising:

an object;

a light source to provide light;

condensing optics to illuminate the object with the light; and

an optical imaging and projection unit, wherein the optical imaging and projection unit projects the aerial image on the photo-electron emission unit.

3. The system of claim 2 wherein the system and optical imaging and projection unit are disposed in or a part of a photolithographic system.

4. The system of claim 3 wherein the photolithographic system is a stepper or a scanner.

5. The system of claim 4 wherein the object is a photolithographic mask.

6. The system of claim 5 further includes a computer to inspect the photolithographic mask using the digitized aerial image.

7. The system of claim 6 wherein the computer inspects the photolithographic mask using die-to-die inspection, die-to-database inspection, or image self-analysis techniques.

8. The system of claim 4 further includes a controller, coupled to the image analysis unit, to adjust the operation of the photolithographic stepper or the photolithographic scanner using at least a portion of the digitized aerial image.

9. The system of claim 4 wherein the light source provides a light that has a wavelength that is substantially equal to a wavelength of light that is used to expose a resist on a product wafer.

10. The system of claim 4 further includes a mechanical positioning unit wherein, the mechanical positioning unit, in response to an operator input, positions the photo-electron emission unit at the image plane.

11. The system of claim 4 further includes a mechanical positioning unit to position the photo-electron emission unit at the image plane to allow for in-situ aerial image sensing.

12. The system of claim 4 wherein the light has a wavelength in the UV range.

13. The system of claim 1 wherein the photo-electron emission unit includes an electron-multiplying cathode for amplifying the electrons.

14. The system of claim 13 wherein the electron-multiplying cathode allows the emission of substantially thermalized electrons.

15. The system of claim 1 wherein the photo-electron emission unit and the electron optics have a higher resolution than the resolution of the optical imaging and projection unit.

16. A system for sensing an aerial image exhibiting a light intensity distribution at a primary resolution, the system comprising:

a photo-conducting layer for projecting the aerial image thereon, wherein in response to the aerial image, the photo-conducting layer produces a depletion pattern corresponding to the light intensity distribution of the aerial image;

an electron source for providing electrons;

a steering device to direct the electrons to the photo-conducting layer to produce local re-charging currents in proportion to the local charge depletion;

amplifier circuitry coupled to the steering device, wherein the amplifier circuitry determines a pattern corresponding to the aerial image using the re-charging currents; and

an image analysis unit, coupled to the sensing unit, to digitize the pattern.

17. The system of claim 16 further comprising:

an object;

a light source to provide light;

condensing optics to illuminate the object with the light; and

an optical imaging and projection unit to produce the aerial image on the photo-conducting layer.

18. The system of claim 17 wherein the system and the optical imaging and projection unit are disposed in or a part of a photolithographic system.

19. The system of claim 18 wherein the photolithographic system is a photolithographic stepper or a photolithographic scanner.

20. The system of claim 19 wherein the object is a photolithographic mask.

21. The system of claim 20 further includes a computer to inspect the photolithographic mask using the digitized aerial image.

22. The system of claim 21 wherein the computer inspects the photolithographic mask using die-to-die inspection, die-to-database inspection, or image self-analysis techniques.

23. The system of claim 19 further includes a controller, coupled to the image analysis unit, to adjust the operation of the photolithographic stepper or a photolithographic scanner using at least a portion of the digitized aerial image.

24. The system of claim 19 wherein the light source provides a light that has a wavelength that is substantially equal to a wavelength of light that is used to expose a resist on a product wafer.

25. The system of claim 19 further includes a mechanical positioning unit wherein, the mechanical positioning unit, in response to an operator input, positions the photo-electron emission unit at the image plane.

26. The system of claim 19 further includes a mechanical positioning unit to position the photo-electron emission unit at the image plane to allow for in-situ aerial image sensing.

27. The system of claim 19 wherein the light has a wavelength in the UV range.

FIGURE 1

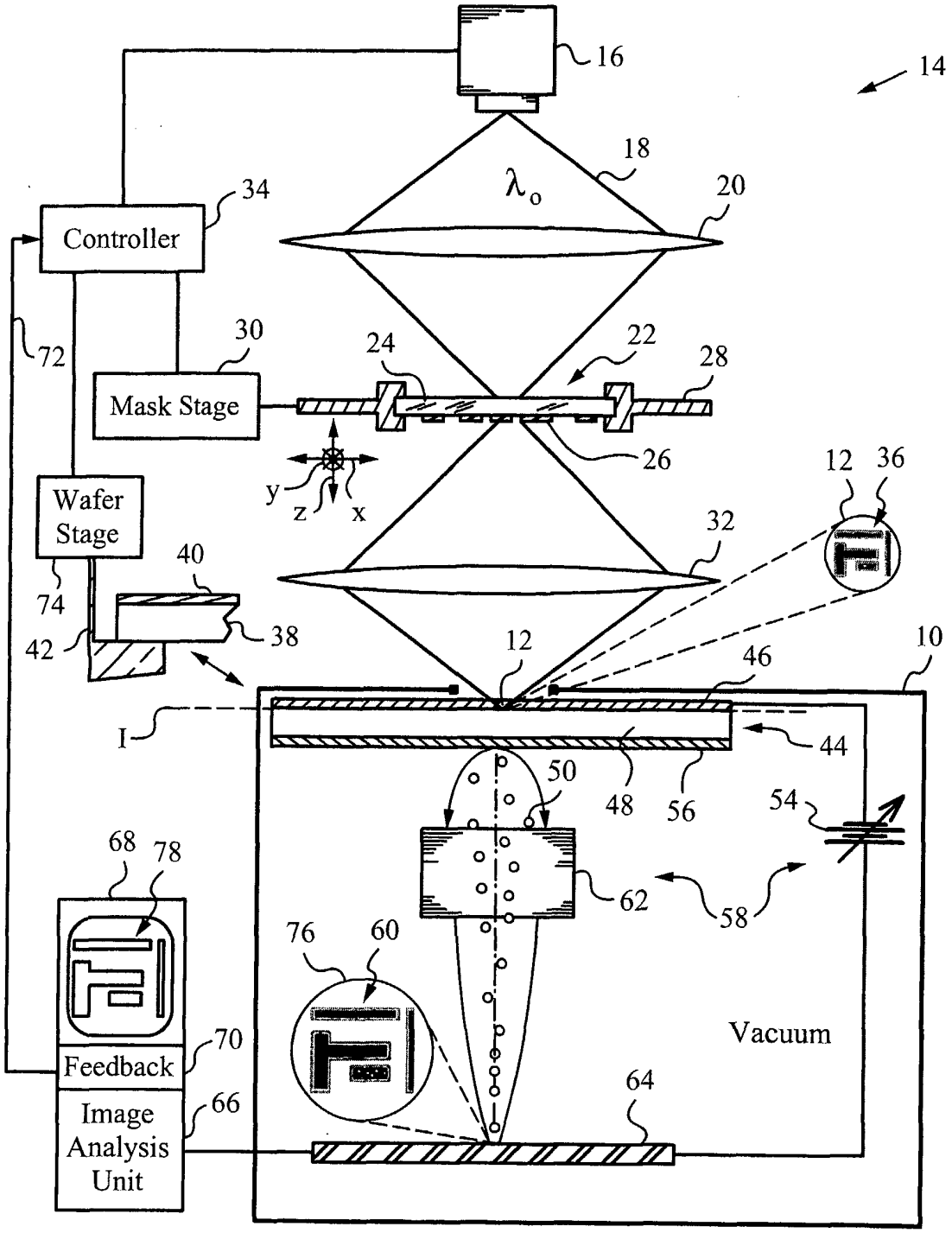

16
14
18
λ_o
20
34
Controller
72
30
Mask Stage
24
22
28
26
y
z
x
12
36
Wafer Stage
32
40
74
42
38
12
10
46
I
44
50
48
56
54
68
78
62
58
76
60
Vacuum
70
Feedback
66
Image Analysis Unit
64

FIGURE 2

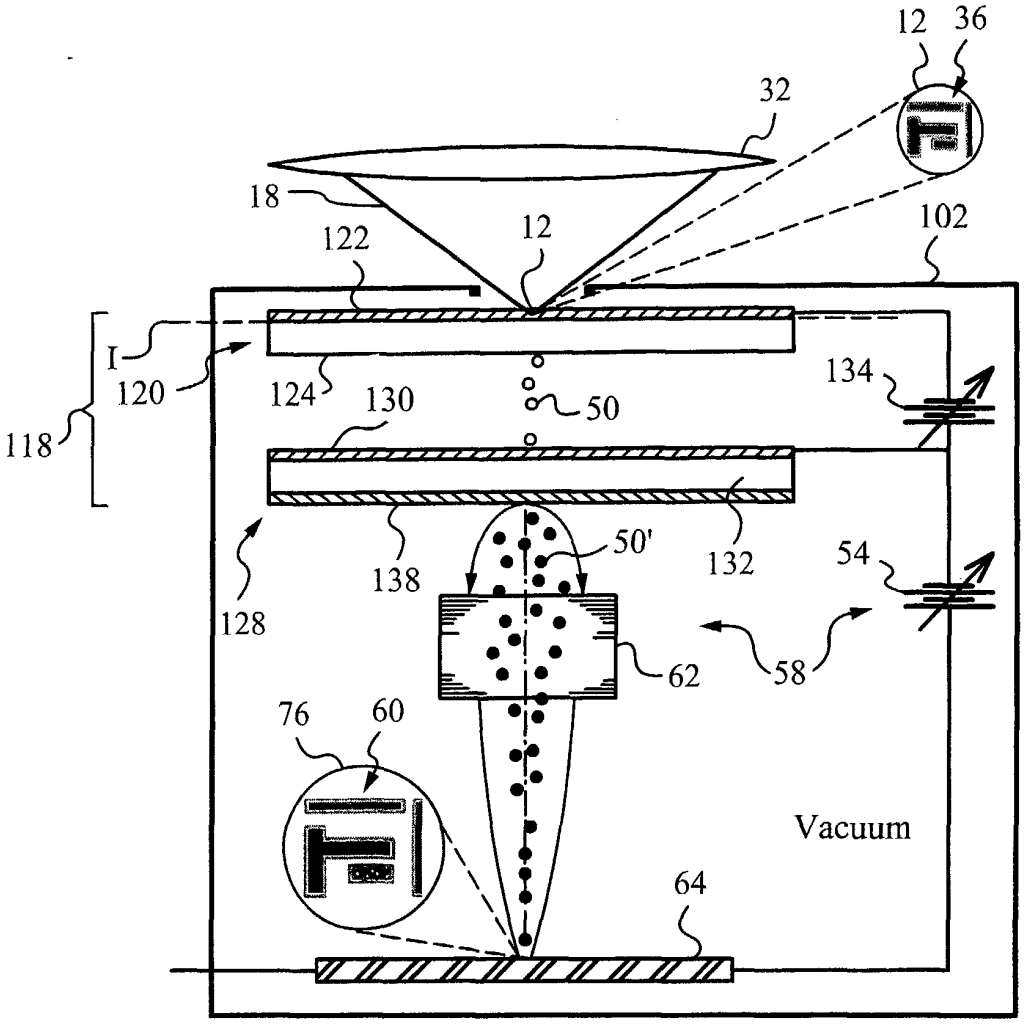

12
36
32
18
12
102
122
I
120
124
130
50
134
118
138
50'
132
54
128
62
58
76
60
Vacuum
64

FIGURE 3A

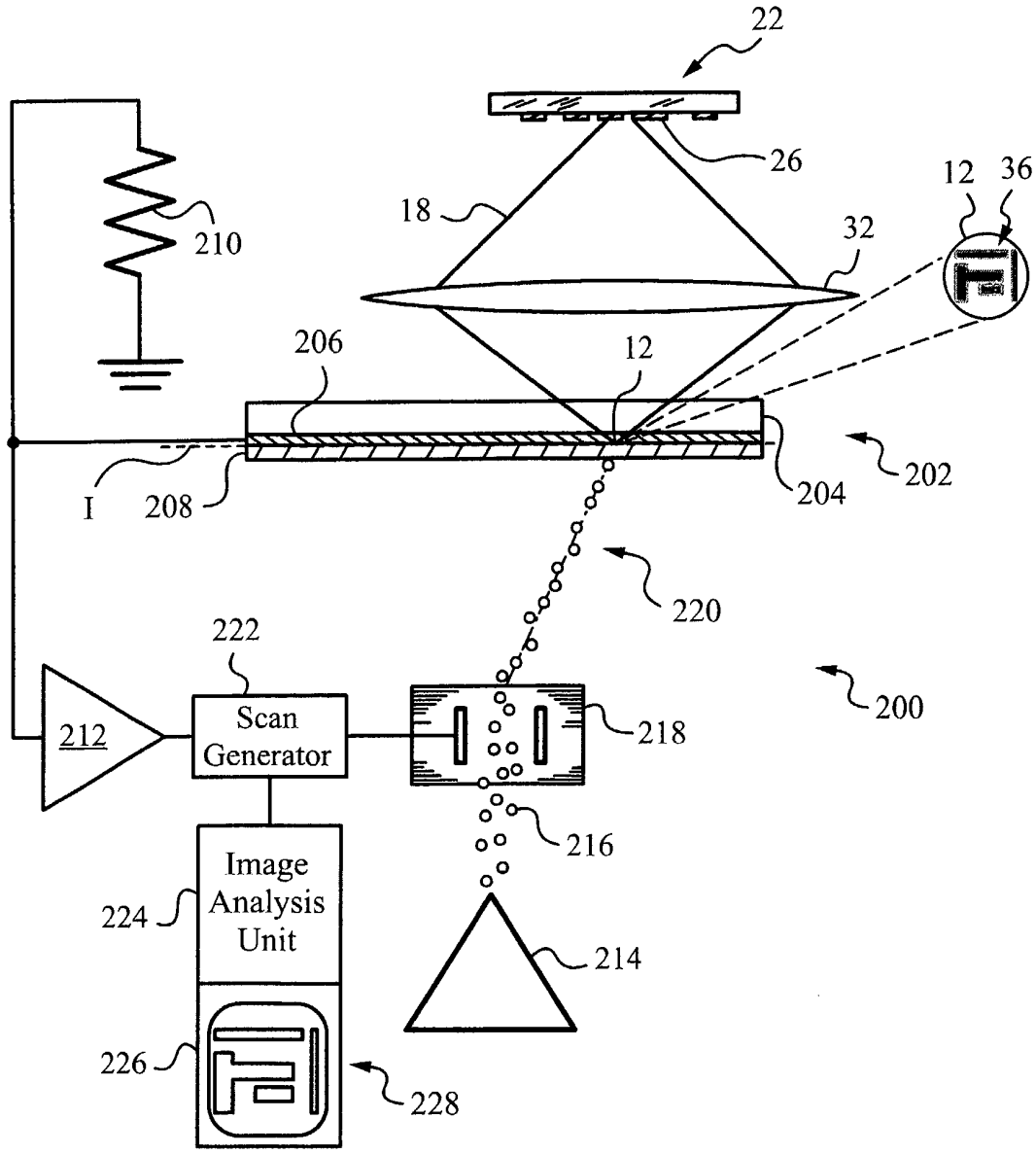
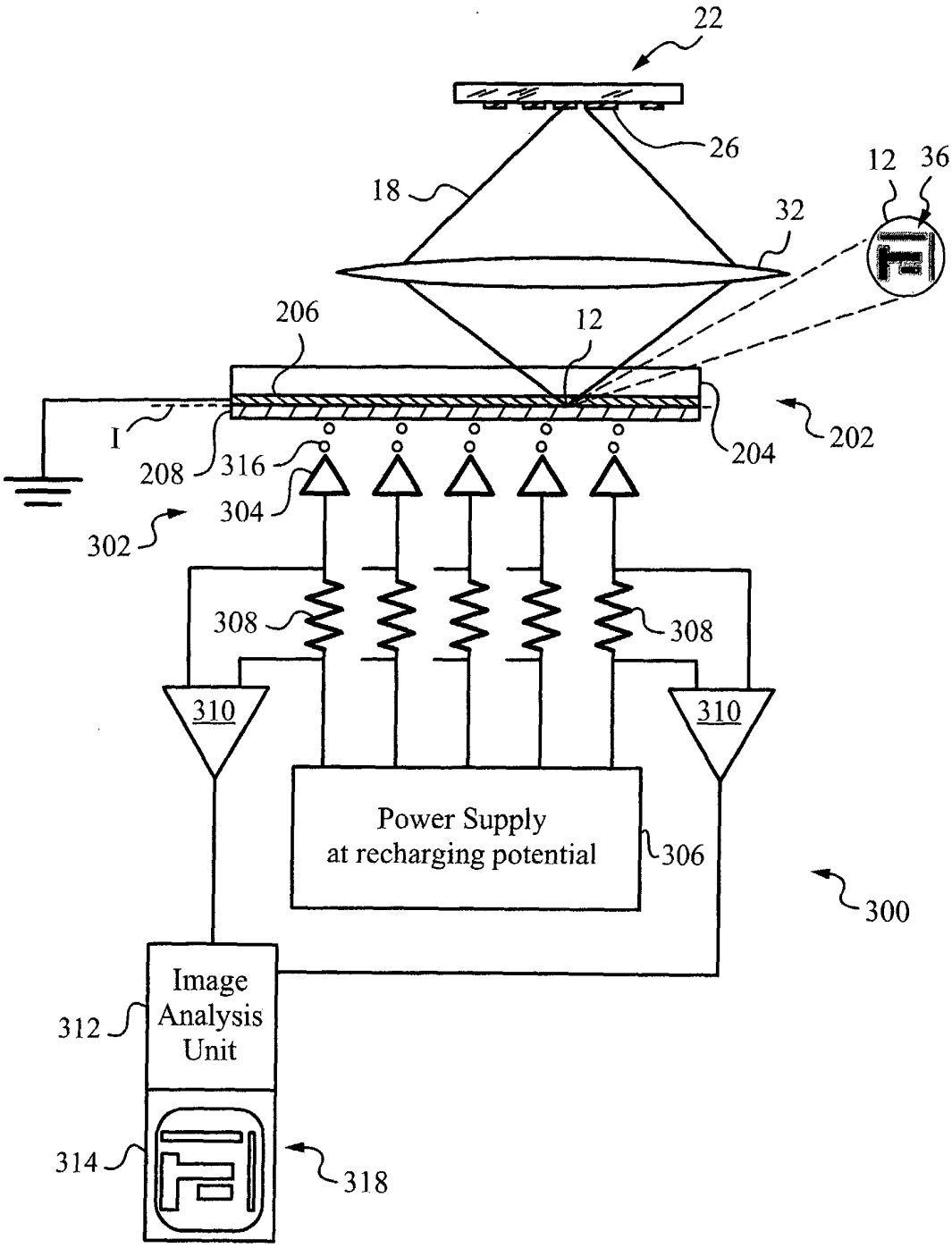

22
26
18
32
12
36
210
206
12
I
208
204
202
220
222
Scan Generator
212
218
200
216
Image Analysis Unit
224
214
226
228

FIGURE 3B


22
26
18
32
12
36
206
12
I
208
316
304
204
202
302
308
308
310
310
Power Supply
at recharging potential
306
300
Image
Analysis
Unit
312
314
318

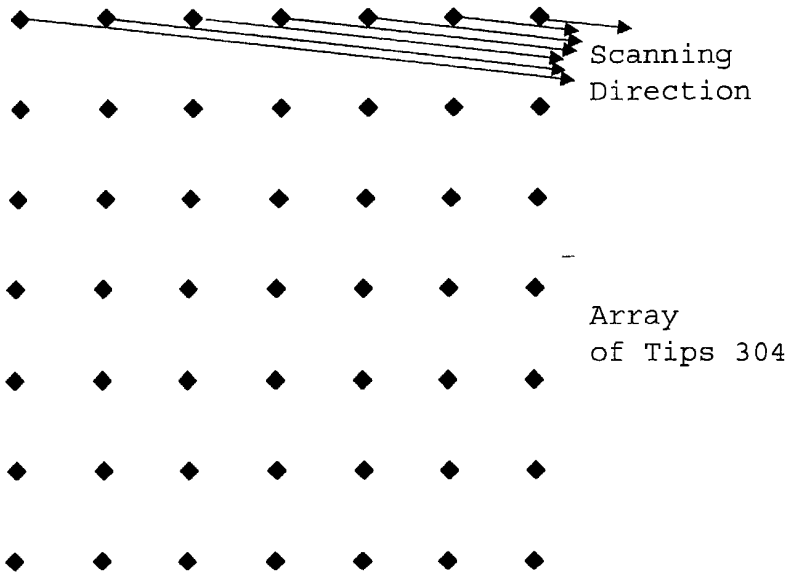


FIGURE 4

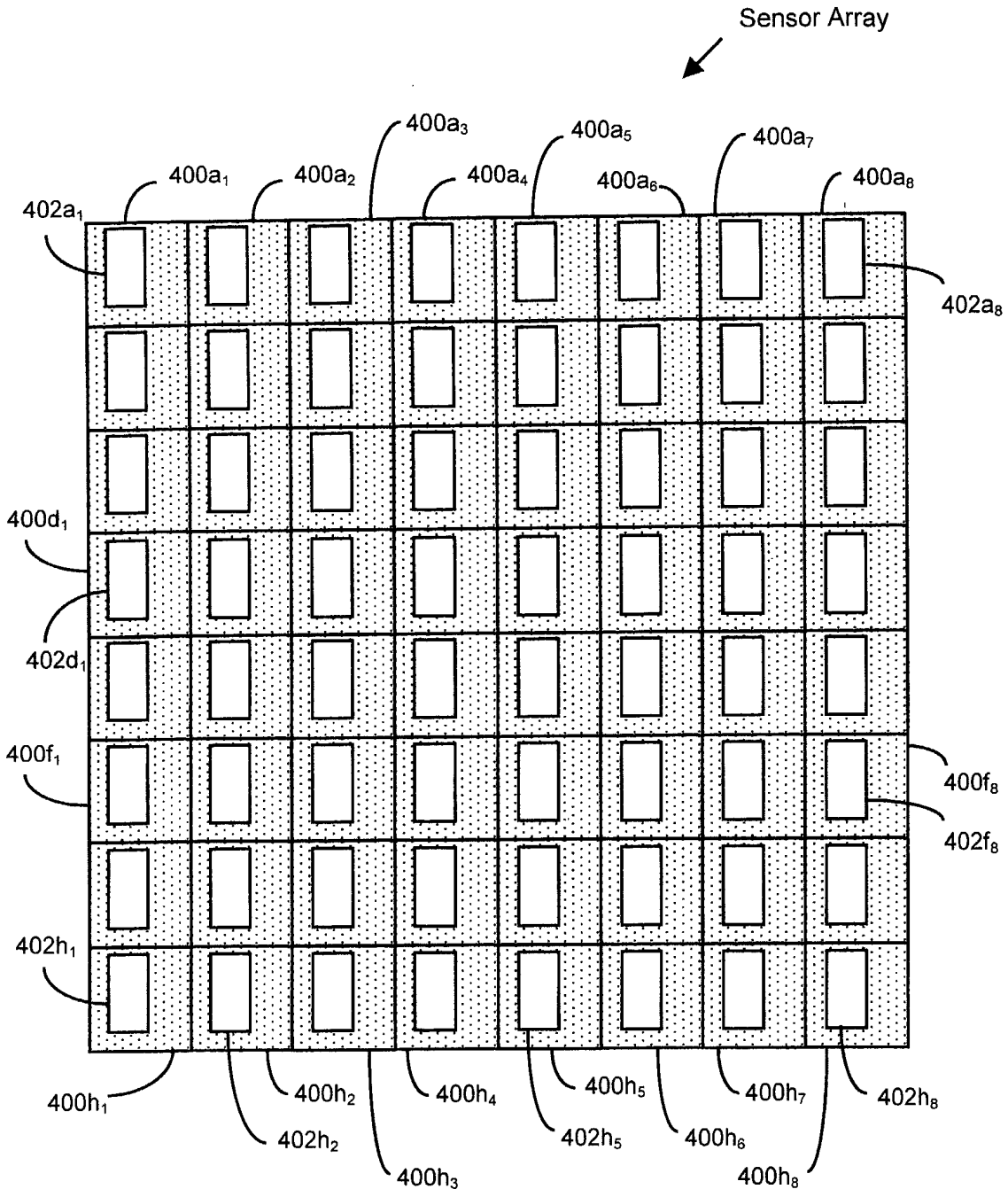

Sensor Array
400a1
400a2
400a3
400a4
400a5
400a6
400a7
400a8
402a1
402a8
400d1
402d1
400f1
400f8
402f8
402h1
400h1
400h2
402h2
400h3
400h4
400h5
402h5
400h6
400h7
400h8
402h8

FIGURE 5

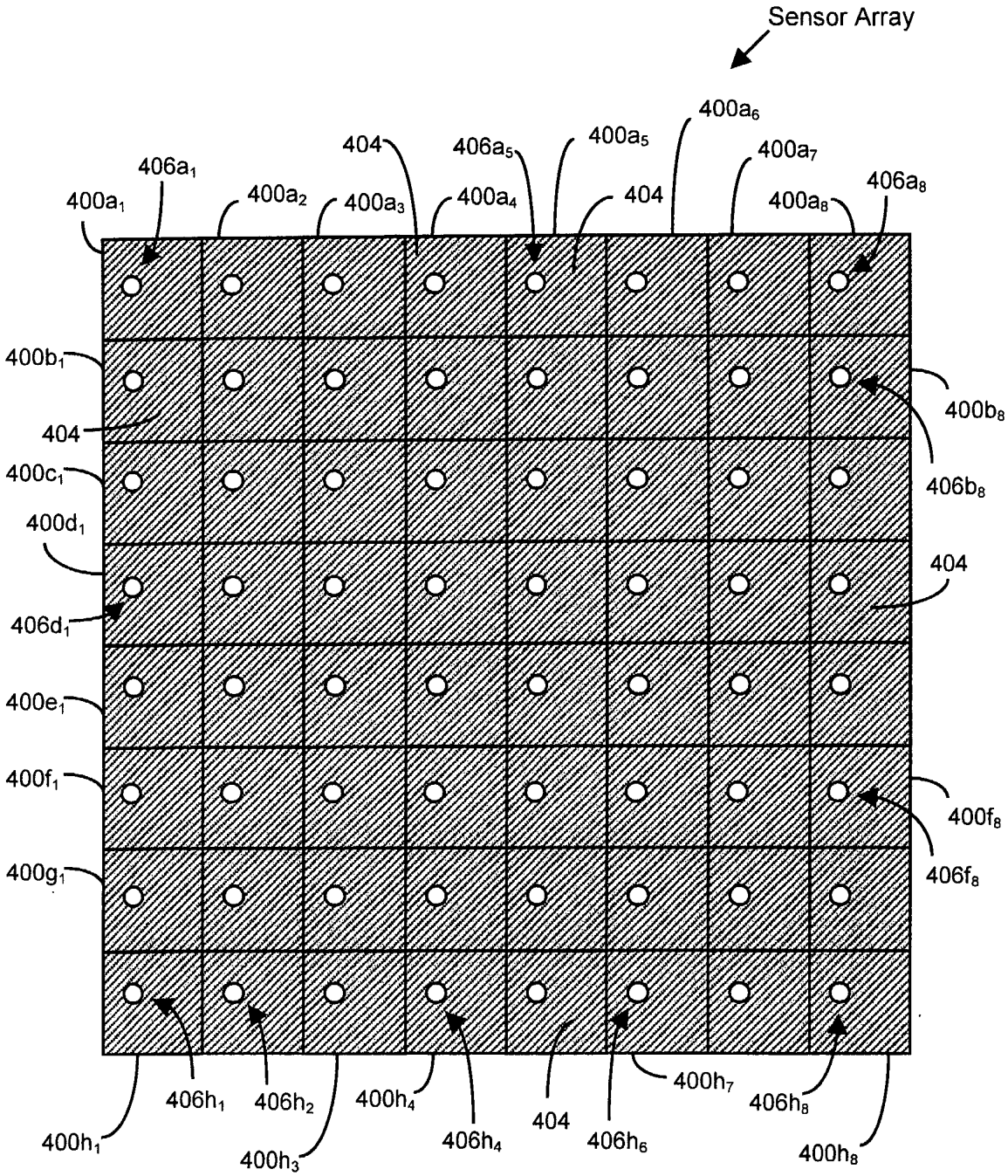

Sensor Array
400a6
404
406a5
400a5
400a7
406a1
406a8
400a1
400a2
400a3
400a4
404
400a8
400b1
400b8
404
406b8
400c1
400d1
404
406d1
400e1
400f1
400f8
406f8
400g1
400h7
406h1
406h2
400h4
406h8
404
406h4
406h6
400h1
400h3
400h8

FIGURE 6

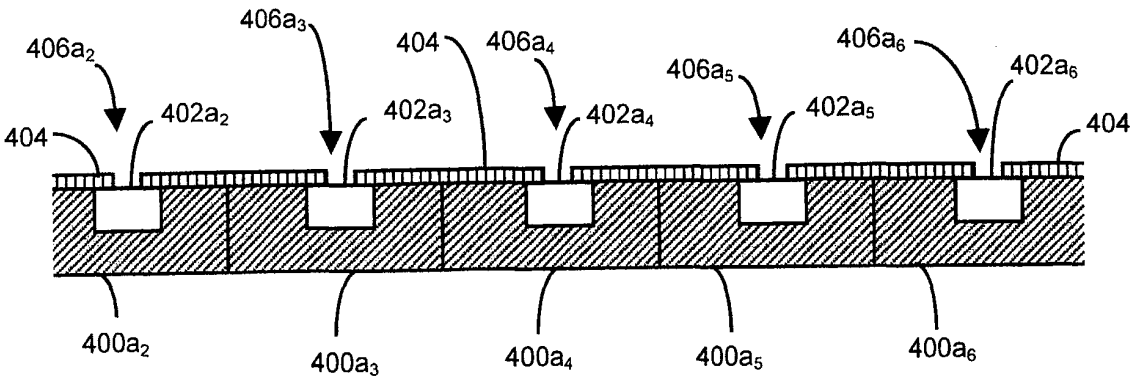


FIGURE 7

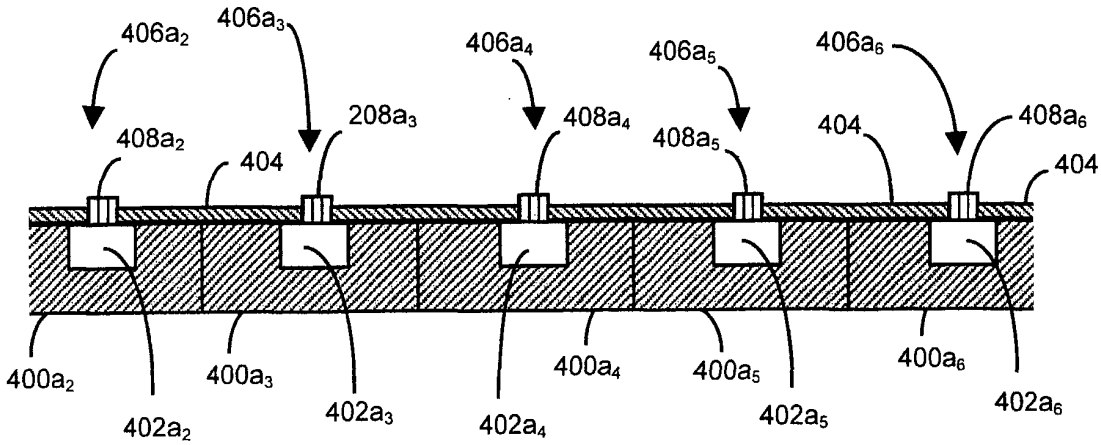


FIGURE 8

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
17 July 2003 (17.07.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2003/058344 A3

(51) International Patent Classification[7]: H01L 27/00

(21) International Application Number:
PCT/US2003/000401

(22) International Filing Date: 8 January 2003 (08.01.2003)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/347,169 8 January 2002 (08.01.2002) US
10/337,510 7 January 2003 (07.01.2003) US

(71) Applicants and
(72) Inventors: **PEASE, R., Fabian, W.** [US/US]; 119 Peter Coutts Circle, Stanford, CA 94305 (US). **YE, Jun** [CN/US]; 2658 Bryant Street, Palo Alto, CA 94306 (US).

(74) Agent: **STEINBERG, Neil**; 2665 Marine Way, Suite 1150, Mountain View, CA 94043 (US).

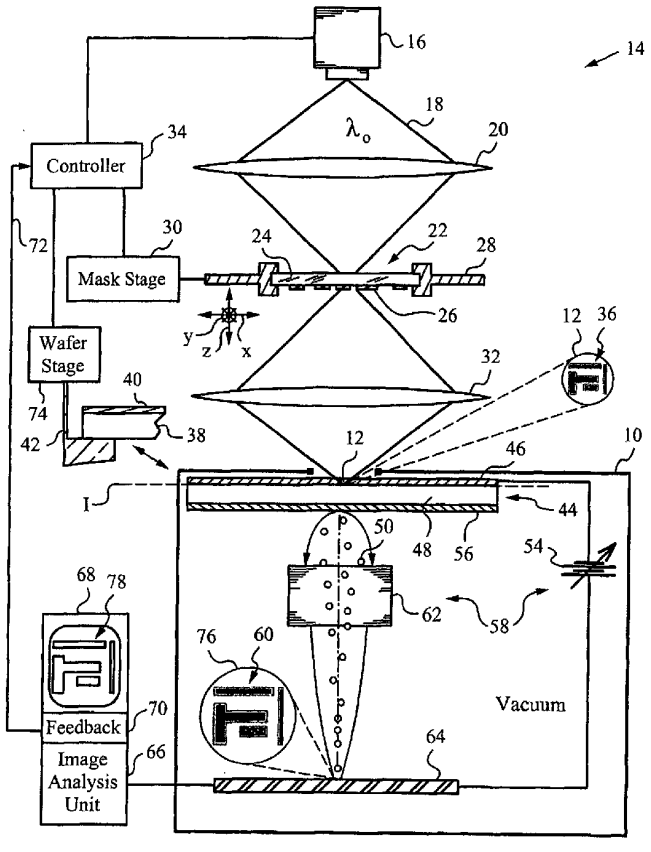
(81) Designated States *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States *(regional)*: ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
— *with international search report*

[Continued on next page]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR AERIAL IMAGE SENSING



(57) Abstract: A system to sense an aerial image (12) produced by optical lithographic equipment used in, for example, semiconductor fabrication. In one embodiment, the system includes a photo-electron emission device (44) which, in response to an aerial image projected thereon, emits electron (50) in a pattern corresponding to the light intensity distribution produced by the aerial image. Electron optics provides an enlarged pattern of the pattern in which the electrons are emitted. A sensing unit (64) senses the enlarged pattern. In another embodiment, the system employs a photo-conducting layer to project the aerial image thereon. The photo-conducting layer, in response to the projection of the aerial image thereon, produces local charge depletion corresponding to the light intensity distribution. A steering device delivers electrons to the photo-conducting layer to produce local re-charging currents in proportion to the local charge depletion. A pattern corresponding to the aerial image may be obtained from the re-charging currents.

WO 2003/058344 A3

— *before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments*

(88) Date of publication of the international search report:
22 September 2005

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US03/00401

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC(7) : H01L 27/00
US CL : 250/208.1
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
U.S. : 250/208.1, 311, 201.3, 548, 559.3, 492.24, 306; 382/144, 145

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5,680,588 A (GORTYCH et al) 21 October 1997 (21/10/97) see entired document.	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 July 2005 (15.07.2005)	28 JUL 2005
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (703) 305-3230	Authorized officer Que T. Le Telephone No. (571) 272-2348

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
30 September 2004 (30.09.2004)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2004/084136 A2

(51) International Patent Classification[7]: G06T

(21) International Application Number:
PCT/IL2004/000263

(22) International Filing Date: 23 March 2004 (23.03.2004)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
155034 23 March 2003 (23.03.2003) IL

(71) Applicant *(for all designated States except US)*: **M.A.M.D. DIGITAL DATA PROCESSING SYSTEMS LTD.** [IL/IL]; 32 Wezimann Street, Tel Aviv 62091 (IL).

(72) Inventors; and
(75) Inventors/Applicants *(for US only)*: **SHRAGAI, Meir** [IL/IL]; 119 PaAmonit Street, Maccabeem 71908 (IL). **LIBERMAN, Joseph** [IL/IL]; 29 BeEri Street, Herzlia 46456 (IL).

(74) Agent: **G.E. EHRLICH (1995) LTD.**; 11 Menachem Begin Street, Ramat Gan 52 521 (IL).

(81) Designated States *(unless otherwise indicated, for every kind of national protection available)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States *(unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
— *without international search report and to be republished upon receipt of that report*

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 2004/084136 A2

(54) Title: AUTOMATIC PROCESSING OF AERIAL IMAGES

(57) Abstract: Change detection apparatus for detection of changes between first and second stereoscopic image pairs obtained at different times of a substantially similar view, comprises: a two-dimensional image filter for comparing first and second image pairs to obtain an initial list of change candidates from two-dimensional information in the image pairs, and a three-dimensional image filter for comparing the image pairs at locations of the change candidates using three-dimensional image information. The apparatus retains those change candidates correlating with three-dimensional image change and rejects change candidates not correlating with three-dimensional image change, and produces a refined list of change candidates.

Automatic Processing of Aerial Images

FIELD AND BACKGROUND OF THE INVENTION

The present invention relates to a method and apparatus for processing of automatic images and, more particularly, but not exclusively to a method and apparatus that allows the automatic detection of changes from images taken of the same place at different times.

In the early days of aerial photography, images had to be pored over painstakingly to find out required information, especially when what was needed was to spot small changes. Today the task has been made easier by the use of automatic image analysis techniques to find candidate differences which are then presented to a human user to make a final identification. Nevertheless the sheer volume of photographic images that can be available in a high precision survey means that even such methods leave a huge amount of work for a human analyst to have to carry out. A high precision survey of a region may in fact photograph the region from a fairly low altitude with an ability to resolve objects of the ten-centimeter order of magnitude, and if a human analyst has to consider every suspect change that the computer locates then the effectiveness of the process is highly problematic.

A further issue is that the aerial photograph is taken from a certain position and a certain angular inclination. An aerial photograph needs to be converted into what is known as an orthophoto before it can be treated as a map. An aerial photograph and an orthophoto or orthoimage may look alike but there are several important differences that allow an orthophoto to be used like a map. A conventional perspective aerial photograph contains image distortions caused by the tilting of the camera and terrain relief (topography). It does not have a uniform scale. You cannot measure distances on an aerial photograph like you can on a map. That is to say, an aerial photograph is not a map. The effects of tilt and relief are conventionally removed from the aerial photograph by a mathematical process called rectification. The resulting orthophoto is a uniform-scale image. Since an orthophoto has a uniform scale, it is possible to measure directly on it, just as with a map. An orthophoto may serve as a base map onto which other map information may be overlaid. Until the issue of scale is dealt with, it is difficult to begin the process of looking for changes

since two images taken from even slightly differing positions simply do not show the same thing.

However, even after dealing with the issue of scale, current automatic image processing systems have difficulty in ruling out irrelevant differences between photographs such as those due to naturally moving objects, those due to lighting changes between the times the photographs were taken, those due to failure to carry out accurate matching between the successively taken photographs and the like.

One method of matching images comprises finding the same point on the two images and using that as a reference location. However this does not always work since similar points which are not actually the same can erroneously be chosen. Thus any kind of terrain in which repeating features appear is liable to erroneous matching of similar neighbors.

There is thus a widely recognized need for, and it would be highly advantageous to have, an automatic feature matching system devoid of the above limitations.

SUMMARY OF THE INVENTION

According to one aspect of the present invention there is provided change detection apparatus for detection of changes between first and second stereoscopic image pairs obtained at different times of a substantially similar view, the apparatus comprising:

a two-dimensional image filter for comparing the first and second image pairs to obtain an initial list of change candidates from two-dimensional information in the image pairs, and

a three-dimensional image filter for comparing at least one of the first and second image pairs at the change candidates using three-dimensional image information in the image pairs to retain change candidates correlating with three-dimensional image information and to reject change candidates not correlating with three-dimensional image information, thereby to produce a refined list of change candidates.

Preferably, the three-dimensional image filter is configured to compare three dimensional information in both the first and second image pairs, thereby to obtain

three-dimensional change information, such that the retaining and the rejecting is on the basis of a correlation with the three dimensional change information.

Preferably, the two dimensional information is color information.

Additionally or alternatively, the two-dimensional information is texture information.

The apparatus may further comprise a movement elimination filter connected prior to the three-dimensional image filter, the movement filter comprising a two-dimensional comparator for comparing change candidates between images of the image pairs to eliminate changes occurring within an image pair as movement.

The apparatus may further comprise an alignment unit for aligning respective ones of the images to allow filtering, the alignment unit comprising a tie point unit for identifying a first image feature on one of the images, carrying out one-dimensional cross-correlation to find a corresponding image feature on a second of the images and then doing a reverse one-dimensional cross-correlation from the corresponding image feature to find the first image feature, the first image feature and the corresponding image feature being accepted for aligning only if the first image feature is successfully found by the reverse one-dimensional cross-correlation.

According to a second aspect of the present invention there is provided a method of automatic change detection between earlier and later images of a scene, wherein two-dimensional and three dimensional data is available, the method comprising:

obtaining an initial list of candidate changes from the two-dimensional data, and

eliminating from the initial list those candidate changes which do not correspond to three-dimensional changes.

According to a third aspect of the present invention there is provided change detection apparatus for detection of changes between first and second stereoscopic image pairs obtained at different times of a substantially similar view, the apparatus comprising:

a comparator for comparing at least candidate portions of each one of the first stereoscopic image pair at least with corresponding candidate portions of each one of the second stereoscopic image pair to obtain four measures of change thereat,

a thresholder for eliminating ones of the at least candidate portions of the image from a list of changes based on a lowest one of the four measures, thereby to refine the candidate list of changes.

According to a fourth aspect of the present invention there is provided a change detection method for detection of changes between first and second stereoscopic image pairs obtained at different times of a substantially similar view, the method comprising:

comparing at least candidate portions of each one of the first stereoscopic image pair at least with corresponding candidate portions of each one of the second stereoscopic image pair to obtain four measures of change thereat, and

eliminating ones of the at least candidate portions of the image from a list of changes based on a lowest one of the four measures, thereby to refine the candidate list of changes.

According to a fifth aspect of the present invention there is provided an epipolar validation apparatus for validation of features matched between first and second stereoscopic image pairs, the image pairs being obtained at different times of a substantially similar view, the apparatus comprising:

a first image feature locater for locating the feature in the first image,

a one dimensional cross correlator for carrying out a one-dimensional search to find the feature in the second image,

a reverse correlator for using the feature in the second image as a starting point and searching for the feature in the first image, and

a validator for accepting the match only if the feature in the second image leads to the feature in the first image.

According to a sixth aspect of the present invention there is provided an epipolar validation method for validation of features matched between first and second stereoscopic image pairs, the image pairs being obtained at different times of a substantially similar view, the method comprising:

locating a feature in the first image,

carrying out a one-dimensional search to find the feature in the second image,

using the feature in the second image as a starting point and carrying out a one-dimensional search for the feature in the first image, and

accepting the match only if the feature in the second image leads to the feature in the first image.

Preferably, the one-dimensional searches comprise cross-correlating.

According to a seventh aspect of the present invention there is provided a three-dimensional change detector unit for detecting changes between a first stereoscopic image pair and a second stereoscopic image pair, the apparatus comprising:

a preliminary processor for processing the first and second images to produce a candidate list of changes;

a digital terrain model creator for creating, from each of the stereoscopic image pairs, a first and a second digital terrain model respectively of at least positions indicated in the candidate list of changes from three-dimensional information in each stereoscopic pair,

a tie unit for finding corresponding points about the positions and for tying the points at the same heights in the first and second digital terrain maps,

a triangulator for triangulating within the tie points to eliminate changes that do not show up as height differences between the first and the second digital terrain maps, thereby to produce a refined list of changes.

According to an eighth aspect of the present invention there is provided a three-dimensional change detection method for detecting changes between a first stereoscopic image pair and a second stereoscopic image pair, the method comprising:

processing the first and second images to produce a candidate list of changes;

creating, from each of the stereoscopic image pairs, a first and a second digital terrain model respectively of at least positions indicated in the candidate list of changes from three-dimensional information in each stereoscopic pair,

finding corresponding points about the positions and tying the points at the same heights in the first and second digital terrain maps,

triangulating within the tie points to eliminate changes that do not show up as height differences between the first and the second digital terrain maps, thereby to produce a refined list of changes.

According to a ninth aspect of the present invention there is provided a three-dimensional change detector unit for detecting changes between a first stereoscopic image pair and a second stereoscopic image pair, the apparatus comprising:

a preliminary processor for processing the first and second images to produce a candidate list of changes;

a digital terrain model creator for creating, from each of the stereoscopic image pairs, a first and a second digital terrain model respectively of at least positions indicated in the candidate list of changes from three-dimensional information in each stereoscopic pair,

an equalizer for equalizing average height levels between the first and second digital terrain models, and

a high pass filter for detecting high frequency differences between the first and second digital terrain models to affirm changes in the candidate list having high frequency components and to eliminate changes not having high frequency components, thereby to produce a refined list of changes.

The detector preferably comprises a low pass filter connected between the digital terrain model creator and the equalizer for elimination of low frequency differences between the first and the second digital terrain models.

According to a tenth aspect of the present invention there is provided a three-dimensional change detection method for detecting changes between a first stereoscopic image pair and a second stereoscopic image pair, the method comprising:

processing the first and second images to produce a candidate list of changes;

creating, from each of the stereoscopic image pairs, a first and a second digital terrain model respectively of at least positions indicated in the candidate list of changes from three-dimensional information in each stereoscopic pair,

equalizing average height levels between the first and second digital terrain models,

detecting high frequency differences between the first and second digital terrain models to affirm changes in the candidate list having high frequency components, and

eliminating changes not having high frequency components, thereby to produce a refined list of changes.

According to an eleventh aspect of the present invention there is provided apparatus for registration of an aerial photograph with a reference orthophoto, the apparatus comprising:

a registration unit, and a cross-correlator for:

a) making an initial registration attempt between the aerial photograph or a reduced version thereof and the reference orthophoto, based on a first tie point,

b) carrying out a first cross correlation between the photograph and the orthophoto according to the registration attempt, to obtain a first correspondence measure,

c) at least once changing a parameter, making a new registration attempt between the aerial photograph or a reduced version thereof and the orthophoto, and carrying out a further cross correlation to obtain a further correspondence measure, and

a selector for selecting as an output the registration attempt yielding the highest correspondence measure.

Preferably, the parameter is a height parameter of the aerial photograph or a reduced version thereof.

The apparatus is preferably configured to carry out stepwise changing of the height, and to make a registration attempt at each step.

Preferably the step is substantially one meter.

Preferably, the parameter is an angle of the aerial photograph or a reduced version thereof.

In an embodiment, the parameter is initially an angle parameter, and wherein the registration unit and the cross correlator are configured to repeat stage c) wherein the parameter is a height of the aerial photograph.

The apparatus is preferably operable to carry out stepwise changing of the angle within a range and to make a registration attempt at each step.

In an embodiment, the range is substantially ten degrees and the step is substantially one degree.

Preferably, the registration attempts are carried out on the reduced version and the reduced version is obtained from a pixel reduction unit located prior to the registration unit.

Preferably, the registration unit, the cross correlator and the selector are configured to repeat the initial and at least one further registration attempt for a second tie point.

Preferably, the registration unit, the cross correlator and the selector are configured to repeat the initial and at least one further registration attempt for a third and fourth tie point respectively.

The apparatus may further comprise a contour follower for following contours along diagonals between the four tie points to determine a quality of the output registration.

According to a twelfth aspect of the present invention there is provided a method for registration of an aerial photograph with a reference orthophoto, comprising:

a) making an initial registration attempt between the aerial photograph or a reduced version thereof and the reference orthophoto, based on a first tie point,

b) carrying out a first cross correlation between the aerial photograph and the reference orthophoto according to the registration attempt to obtain a first correspondence measure,

c) at least once changing a parameter, making a new registration attempt between the aerial photograph or a reduced version thereof and the orthophoto, and carrying out a further cross correlation to obtain a further correspondence measure, and

d) selecting as an output the registration attempt yielding the highest correspondence measure.

Preferably, the parameter is a height parameter of the aerial photograph or a reduced version thereof.

The method may comprise carrying out stepwise changing of the height, and making a registration attempt at each step.

Preferably, the step is substantially one meter.

Additionally or alternatively, the parameter is an angle of registration of the aerial photograph or a reduced version thereof.

Preferably, the parameter is initially an angular parameter, and wherein the method further comprises repeating stage c) wherein the parameter is a registration height of the aerial photograph.

The method may comprise carrying out stepwise changing of the angle within a range and making a registration attempt at each step.

The method may comprise setting the range to be of the order of ten degrees and the step to be of the order of one degree.

Preferably, the registration attempts are carried out on the reduced version and the reduced version is obtained by a pixel reduction process.

The method may comprise repeating the initial and at least one further registration attempt for a second tie point.

The method may comprise repeating the initial and at least one further registration attempt for a third and fourth tie point respectively.

The method may comprise following contours along diagonals between the four tie points to determine a quality of the output registration.

According to a thirteenth aspect of the present invention there is provided apparatus for classification of tie points for registration of corresponding images, comprising:

a tie point identifier for identifying points in the corresponding images to serve as tie points, and

a classifier for classifying the identified tie points as stable or unstable tie points, thereby to eliminate unstable tie points and base the registration on stable tie points.

Preferably, the classifier uses a stability index to classify the tie points.

Preferably, the stability index includes color as a stability indicator.

Preferably, the classifier is configured to classify green as unstable.

Preferably, the classifier is configured to classify at least one of brown and grey as stable.

Preferably, the stability index is usable with automatic object recognition to recognize predetermined objects as being stable or unstable.

Preferably, the classifier comprises a feature recognizer for recognizing any of bare earth, buildings, rocks and stones as being stable.

According to a fourteenth aspect of the present invention there is provided a method for classification of tie points for registration of corresponding images, comprising:

identifying points in the corresponding images to serve as tie points, and

classifying the identified tie points as stable or unstable tie points, thereby to eliminate unstable tie points and base the registration on stable tie points.

Unless otherwise defined, all technical and scientific terms used herein have the same meaning as commonly understood by one of ordinary skill in the art to which this invention belongs. The materials, methods, and examples provided herein are illustrative only and not intended to be limiting.

Implementation of the method and system of the present invention involves performing or completing certain selected tasks or steps such as selecting control points manually, automatically, or a combination thereof. Moreover, according to actual instrumentation and equipment of preferred embodiments of the method and system of the present invention, several selected steps could be implemented by hardware or by software on any operating system of any firmware or a combination thereof. For example, as hardware, selected steps of the invention could be implemented as a chip or a circuit. As software, selected steps of the invention could be implemented as a plurality of software instructions being executed by a computer using any suitable operating system. In any case, selected steps of the method and system of the invention could be described as being performed by a data processor, such as a computing platform for executing a plurality of instructions.

It is pointed out that in the following references are made to reference and current images, or to first and second images or prior and following or before and after images or image pairs. These various terms are intended to be synonymous.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The invention is herein described, by way of example only, with reference to the accompanying drawings. With specific reference now to the drawings in detail, it is stressed that the particulars shown are by way of example and for purposes of illustrative discussion of the preferred embodiments of the present invention only, and are presented in the cause of providing what is believed to be the most useful and readily understood description of the principles and conceptual aspects of the invention. In this regard, no attempt is made to show structural details of the invention in more detail than is necessary for a fundamental understanding of the invention, the description taken with the drawings making apparent to those skilled in the art how the several forms of the invention may be embodied in practice.

In the drawings:

FIG. 1 is a simplified diagram showing an aircraft carrying out a survey of a scene;

FIG. 2 is a simplified functional diagram showing a method of obtaining and processing aerial images for automatic change detection according to a preferred embodiment of the present invention;

FIG. 3 is a simplified block diagram illustrating an aircraft on-board photography system for use with the present embodiments;

FIG. 4 is a simplified block diagram illustrating the formation of left and right three-dimensional mosaics according to a preferred embodiment of the present invention;

FIG. 5 is a simplified block diagram illustrating the use of three-dimensinal change information as confirmation for two-dimensional change information;

FIG. 6 is a simplified block diagram illustrating epipolar filtering according to a preferred embodiment of the present invention;

FIG. 7 is a simplified block diagram illustrating an averager for removing DC bias from successive 3D images or digital terrain models;

FIG. 8 is a simplified block diagram illustrating an alternative apparatus for removing DC bias from successive digital terrain models;

FIG. 9 is a simplified diagram illustrating apparatus for registering a current image over a reference orthophoto according to a preferred embodiment of the present invention;

FIG. 10 is a simplified block diagram illustrating apparatus for identifying stable tie points for use in image registration according to a preferred embodiment of the present invention;

FIG. 11 is a simplified diagram illustrating two-dimensional change detection according to preferred embodiments of the present invention;

FIG. 12 is a simplified diagram illustrating dynamic movement detection according to a preferred embodiment of the present invention;

FIG. 13 is a simplified diagram illustrating detection of manmade objects according to a preferred embodiment of the present invention;

FIG. 14 is a simplified block diagram illustrating an overall change detection process according to a preferred embodiment of the present invention;

FIG. 15 is a simplified diagram showing in greater detail the epipolar rectification of FIG. 6; and

FIG. 16 is a simplified diagram illustrating an application tree of uses for the present embodiments.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

The present embodiments comprise a system for utilizing three dimensional data in stereoscopic images to confirm or eliminate changes apparent from the two-dimensional data of the same images. The system comprises improved methods of registration of images both in two dimensions and in three dimensions, and improved methods of removing bias to enable a reliable three-dimensional comparison to be made. Furthermore the preferred embodiments use an ordered system of filtering for changes which has the consequence of restricting the more processor-intensive parts of the comparison process to change candidates already filtered by less processor-intensive stages.

The principles and operation of a change detection system according to the present invention may be better understood with reference to the drawings and accompanying description.

Before explaining at least one embodiment of the invention in detail, it is to be understood that the invention is not limited in its application to the details of construction and the arrangement of the components set forth in the following description or illustrated in the drawings. The invention is capable of other embodiments or of being practiced or carried out in various ways. Also, it is to be understood that the phraseology and terminology employed herein is for the purpose of description and should not be regarded as limiting.

Reference is now made to Fig. 1, which is a simplified diagram illustrating an aircraft 10 passing over a scene 12 comprising a building 14 and a hill 16. The aircraft preferably takes a first photograph in position 10 and a second photograph from a second position 10' which it reaches a short time later. The two photographs are of the same scene 12 and can be combined to form a stereogram. Alignment between the two photographs is conventionally carried out manually by identifying distinctive points in the two images, known as control points. The idea of a stereograph is that, since the two photographs are taken from different angles, the

angular information can be used to obtain three-dimensional, that is height-depth information of the scene.

As mentioned in the background, the photographs are not maps. Maps have a constant scale throughout whereas photographs have perspective, so that scales recede into the distance. However, it is possible to compensate mathematically for the perspective and to create what is known as an orthophoto. For much less processing power it is also possible to align a newly taken photograph over a reference orthophoto and achieve the same result. Alignment for this purpose is again conventionally carried out using control points.

A stereogram can also be used to obtain a digital terrain model. Contour information can be obtained from the stereogram to create a three-dimensional landscape. The digital terrain model as such ignores non-terrain type features such as buildings, trees and the like, although these can be superimposed later on as desired.

A use for aerial photography is to detect change. An aircraft conventionally takes photographs at two separate times and then the photographs are compared to find changes that have occurred in the meantime. Initially all such change detection was carried out manually, but image processing can be used provided that suitable alignment is carried out between the present and previous images. To date, whilst three dimensional stereogram-based imaging is often used for reconstruction of features on the ground such as topography, buildings and the like, change detection appears to rely exclusively on two dimensional photography. The reasons lie both in the difficulties experienced in aligning three-dimensional images, and in the complexity of carrying out comparisons on the resulting three-dimensional data, in particular the processing cost involved in carrying out three-dimensional comparisons.

In the following, methods and systems are disclosed that allow for three-dimensional depth information to be used to detect changes in successive images.

A preferred embodiment of the present invention includes the methods and algorithms for processing and analysis of digital (or digitized) aerial images. The presently preferred embodiment enables a series of operations which take the stereogram pairs as initial input and produce a candidate list of changed features as output. An overview of the system is shown in Fig. 2.

Images are preferably obtained from a camera 20, and preferably the camera is combined with a positioning system such as the global positioning system GPS 22, so

that a location at which the photograph was taken is available to a certain level of accuracy. However the accuracy available on GPS, at least currently for civilian use is only about 10m with a signal once per second. For an aircraft traveling at relatively high speed this does not provide enough accuracy to be the basis for effective alignment. That is to say the GPS rate sampling is one sample every second, whilst typical aircraft speed is in the range of 15-50 m/sec.

In order to reduce the location uncertainty that direct use of the GPS signal provides, the preferred embodiment makes use of a virtual ground speed and location simulator to augment the GPS based location. The simulator is synchronized to GPS location measurements, and predicts a new up to date location since the last GPS measurement, using its own information of the current flight path to a new virtual location.

Image import – an initial processing stage 26 transforms the input images as received from the camera into a form suitable for the following processes. In one version that format is the Vitec standard. The conversion includes pixel reduction based minimization, which creates an image pyramid for each input image. Each image pyramid consists of a sequence of replicas of the original image, where each image in the sequence is a decimation of factor 2 of the previous one.

An initial location stage 28 is an automatic stage which is described in greater detail below, and which involves a 3 D Correlator. The correlator is used for initial location based on overview low-resolution mosaic, in order to improve the location data of the GPS system. The output of stage 28 includes camera location e.g. x y z and flight azimuth.

A so-called Init Location algorithm is used, which is a correlation process between a reference geo-located orthophoto and an input image from the system sensor. The input to the init location process are the coarse location and alignment parameters of the current input image (x, y, z, Omega, Phi, Kappa), and the output comprises more accurate parameters (x, y, z, Kappa). The Omega and Phi parameters are unchanged, and assumed to be zero, for vertical photographing.

The preferred algorithm work as follows:

The input image is rotated in increments of 10 degrees. At each step the image is correlated with the reference. The maximum correlation is selected, and then the altitude is changed in steps of 10m, again to find the maximum correlation. The

process continues in increments of 10 m. The maximum correlation is selected to be the altitude and Kappa is set, assuming that Omega and Phi are zero. The output data is saved in FLT file.

Tie point measurements – In a following stage 30, a point measurement stage 30 provides for location of corresponding points in the overlapping sets of images, now that an initial alignment has been carried out. Automatic tie point measurement is a preliminary part of the Triangulation process which follows, which involves finding the true parameters of the camera location and orientation, and the spatial orientation for each image. Pairs of tie points are located within the overlapped area of pairs of images. The location of the tie points is based on cross correlation computation within small image windows, as will be explained in greater detail below.

Triangulation solution – a triangulation solution stage 32 involves computation of the camera locations and orientations for all the images. Initial and final results are obtained in separate stages 34 and 38, in between which a stage of inserting control inputs 36 is inserted. In stage 34 the parameters of the camera are estimated by solving a set of equations based on the detected tie points.

Control points input – stage 36 is an interactive input stage of geodesic control points as measured on the ground. A set of four control points (minimum) is required in order to compute the earth coordinates of the image mosaic. The control points are points on the ground for which there are measured earth coordinates, including height. The points are marked in a way that enables to interactively locate them in the images. Then, in stage 38, the location and orientation of the camera for each image is recomputed based on the control points.

Digital Terrain Model (DTM) – stage 40 involves computation of the DTM based on the stereoscopic information in the overlapping images. The DTM is computed based on the stereoscopic information of the overlapped areas of pairs of images. It is required that there is an overlap between the images of about 60% in order to obtain the DTM.

Mosaic generation – an orthophoto stage 42 comprises combining the images into a rectified (Orthophoto) mosaic. Calculation of the orthophoto from the stereoscopic images requires the camera location and the DTM.

A change filtering stage 44 involves using the 2D and 3D information from the DTMs, the stereograms, the orthophotos and the original images, to find possible changes between before and after images and successively filter the possible changes into a set of highly probable changes. The initial filtering stages involve both change detection which is the detecting and measuring of changes between Orthophoto mosaics of the same target, taken at different times and different light conditions, and change classification which is classifying of the detected change as belonging to a natural scene or to a man-made target.

Typically, two-dimensional change data is initially obtained from the aligned photographs and then the changes are retained as being significant if they correlate with changes in the three-dimensional topography at the given location.

Preferably the aircraft carrying out the survey is equipped with a system that enables survey planning, and that permits guidance of the aircraft over the appropriate ground track, and at the correct altitude. At planned locations according to the mission plan, the system preferably activates automatically the photography system. A typical photography system for this kind of activity is typically based on the following elements: -

Digital Electro-optical camera;

Payload Stabilizer Mount; and

Storage capability for storing the image files from the camera together with position data from the Navigation Guidance & Control System.

A prototype system is shown in block diagram form in Fig. 3, and is specifically designed to be installed on the Cessna 172 light Airplane.

The Prototype system includes a camera 40 which is installed on a manually stabilized rigid stand 42. A Payload Stabilizer 44 further improves performance. Other features shown in the block diagram are well known to the skilled person and are not explicitly explained.

Digital aerial photography according to the present embodiments is based on a series of software building blocks and complimentary software modules. The software elements may be adapted and integrated as a system to fulfill the desired operational functions and tasks. The software may for example run on PC-type computers on ground and on board. The programs used in the current prototype are written in c++ and visual basic.

As mentioned, a survey requires mission planning, and such planning may be executed by a mapping program. In an embodiment, the operator marks on a map using the ground computer, an area to be photographed. The borders of the marked area are then input to a following stage which computes best photographing locations and flight paths, using additional input parameters such as resolution, overlap etc. The output file of the mapping program is a list of locations to be photographed by the airborne equipment.

The output file is preferably tested and validated on the ground computer using a simulation mode. In simulation mode on the ground, using a virtual aircraft, one can test all the planned photographing locations, using any aircraft speed and direction.

Following simulation and validation, the output file and any changes thereto, are loaded to the airborne mission computer. A corresponding program on the aircraft computer reads the output file and marks graphical directions for following the required path on screens of the operator and pilot.

Once the aircraft location is close to a planned photography point, the program sends a software command to the digital camera to take a photograph. The resulting digital image is stored in the mission computer disc combined with the navigation parameters - position and direction azimuth.

In one embodiment the navigation data is retained as follows. For each survey mission there is preferably a file of navigation data. After each "Take Picture" command, a current line of navigation data (location, speed, direction, time) is written to this file. Each picture has a time tag in the image file.

On the ground, image and data files from the mission computer are loaded to ground station computer database. The navigation data is merged with the image file to allow post processing of data to be based on time location and flight data of each image.

The post flight processing of the data follows the procedure outlined in Fig. 2 to stage 42 which provides the orthophoto mosaics, as explained above.

The following stage 44, of Stereo Change Detection is based on the orthophoto and stereo mosaic data.

In the stereogram itself, which is made of two photographs of the same or at least overlapping images which incidentally are taken one after the other, the stereo

affect disappears when an object is missing or changed. This objects which move or disappear in the short term can easily be spotted.

The above-described capability is useful for detection, in real-time, of moving objects (dynamic change detection mode), and allows them to be distinguished from changes that occur during the period between the two photography sessions, which still appear as three dimensional objects in the individual stereograms (static change detection mode).

Reference is now made to Fig. 4, which is a simplified block diagram illustrating apparatus for processing an image obtained from aerial photography for the purpose of change detection. The apparatus comprises a Buffer 50 for storing a single image or photo, two low pass filters 52, an aerial triangulation unit 54, a digital terrain module computation unit 56, Two identical units 58 for Orthophoto generation, two identical units 60 for concatenation, and a data channel multiplexer 62 which operates in the case of static change detection.

The apparatus of Fig. 4 may be used for dynamic change detection as follows: A current frame is received and is processed together with the previous frame in buffer 50. The two frames are passed through the low pass filters 52 to aerial triangulation block 54. In triangulation block 54, camera location computations are performed for each of the two frames including (x. y. z.) coordinates and (ω.φ.κ.) angles. At the same time, computations are made to determine co-ordinates of the center of each photo. Using the low pass filter 52 prior to aerial triangulation 54, as shown herein, improves the stability of the results.

Subsequently, the triangulation parameters are transferred to DTM generator 56 which calculates surface heights using Z matrix computation for 10-20 points at each direction within the overlap area of the two photos. As a result a DTM is constructed.

Based on the DTM and camera location data, Orthophotos may then be created for each of the frames. Preferably, the height points used in the previous calculation are at low density, so that constructing the Orthophoto requires making corrections only for wide areas. At the same time, on smaller areas and on the objects subject to the changes being looked for, the correction made to the wide areas applies automatically, so the stereo effect is not disturbed.

Subsequent use of the data allows changes to be readily apparent. For example no change will be detected on a hill or road, for which no three-dimensional change is to be found. However, a change in a small object such as a person, a vehicle or a house is readily apparent.

In the concatenation unit 60 the two frames are added to the existing mosaics, one to the right and the second to the left.

Static detection operates in the same way as dynamic change, with one exception. In static detection, prior to the data processing, previous and present frames that share the same GPS location data are transferred to Data Channel Multiplexer 62, in a specific order, each even photo comes from the present, each odd photo from the previous for the purpose of comparison, as will be explained in greater detail below. Aside from multiplexer 62 the process is the same as in the Dynamic change detection mode described above. The static detection process is explained in greater detail below.

Reference is now made to Fig. 5, which is a simplified diagram illustrating change detection apparatus for detection of changes between first and second stereoscopic image pairs obtained at different times of a substantially similar view, according to a preferred embodiment of the present invention. As shown in Fig. 5, a two-dimensional image filter 70 is provided for comparing the first and second image pairs to obtain an initial list 72 of change candidates from two-dimensional information in the image pairs. In addition, a three-dimensional image filter 76 compares 3D information of the first and second image pairs at the locations of the change candidates. The 3D filter uses the available three-dimensional image information in the image pairs to identify those of the 2D change candidates that are accompanied by a volumetric change. Thus a change identified in the 2D information may simply be shadow changes due to the photo being taken at a different time of the day. However such shadow changes are not accompanied by any volumetric changes and thus the 3D filter allows such a change candidate to be eliminated. The result is the retention of change candidates which do correlate with three-dimensional image change and the rejection of those change candidates which do not correlate with three-dimensional image change. The retained change candidates thus constitute a refined list of change candidates which is of manageable proportions and which can confidently be passed on to a human analyst for final judgement.

The two-dimensional filter may use color information in its comparison of the before and after images. Additionally or alternatively it may use texture information.

As discussed above in connection with static and dynamic modes, change due to motion of within the scene is preferably filtered out, since it is not really change in the scene. Motion filtering does not need three-dimensional information. Rather the two-dimensional images of the before and after stereograms are compared and any object that does not appear in the same position in both halves of the same stereogram is assumed to be moving and eliminated from the candidate list.

Reference is now made to Fig. 6, which is a simplified diagram illustrating an alignment unit 80 which provides for alignment of the images to allow filtering. The comparisons that the filters carry out rely on effective alignment in two and three dimensions. Whilst manual alignment is possible, the alignment unit 80 provides a reliable way of automatic alignment based on the identification of tie points, that is identifying corresponding features in the before and after images for aligning with each other. A problem with automatic identification of features is that nearby but not actually corresponding features may be accidentally identified. In order to avoid such an eventuality, the alignment unit 80 a tie point unit or feature identifier 82 identifies a first image feature on one of the images. A one dimensional cross correlator 84 then carries out one-dimensional cross-correlation to find the corresponding image feature, on a second of the images. Once the corresponding feature is found, the cross-correlator 84 carries out a reverse one-dimensional cross-correlation from the corresponding image feature to find the first image feature. The idea is that if a neighboring similar feature has been erroneously chosen the reverse cross-correlation will not work.

In the above, alignment is made on the basis of a two-dimensional map, however, in order for successful identification of change in the volume information it is necessary to consider alignment on the basis of the volume information, at least around the change candidates themselves. Two preferred embodiments are disclosed herein, one, involving averaging, is described in relation to Fig. 7 and the other, illustrated in Fig. 8, works on the principle of forcing and uses tie points.

In Fig. 7, the digital terrain models are used as starting points. Often the height information contains DC bias and other errors. In Fig. 6 an averaging arrangement involving two low pass filters 90, two preliminary summation units 92

and a final summation unit, sets the averages over the before and after DTMs to the same value. The result is a pair of height aligned DTMs in which comparisons between heights at a given point are meaningful since all bias has been eliminated. The volume information and the changes therein, appear as AC information.

Reference is now made to Fig. 8 which illustrates an alternative method for providing height alignment. In Fig. 8, a tie point identifier 102 finds corresponding points around the candidate change points. A height fixing unit 104 then sets the heights as far as possible at the tie points to be the same for the two DTMs, so that any height difference within the tie points is solely attributable to actual change between the taking of the photographs.

Reference is now made to Fig. 9, which is a simplified block diagram illustrating an alignment arrangement for aligning photographs with a reference orthophoto. The arrangement comprises a registration unit 110, and a cross-correlator 112. The registration unit makes an initial registration attempt between the aerial photograph, or more typically a reduced version of the photograph and the reference orthophoto, based on a first tie point.

Subsequently a first cross correlation is made between the two to obtain a first correspondence measure.

Subsequently a registration parameter is changed, say the angle of alignment or the height, resulting in a new registration attempt. Then a further cross correlation attempt is made leading to a further correspondence measure. The process is repeated several times, and two or more different parameters can be used, say angle and height. The two parameters can be altered alternately or one after the other or in any other way. Finally, the alignment giving the highest correlation is selected.

Whichever parameter is used can be changed stepwise. Thus if the parameter is angle then the angle can be changed say in one degree steps over a total range of ten degrees to find the best correlation. If the parameter is height then the height can be altered in say one meter steps over a range of a hundred meters until the best correlation is found. For improved accuracy the entire process can be repeated for a second, third and even a fourth tie point.

For even greater accuracy it is possible to follow contours along the diagonals between the four tie points. If the contours match between the two DTMs, then this is an indication that the alignment is of high quality.

One known weakness of automatic alignment systems is that, whereas human users can recognize unstable features as not being suitable for use as tie points, say plant material or a vehicle, computers are generally just as likely to choose unstable as stable features for this purpose. The preferred embodiments thus add a feature classifier to the tie point identification. Reference is now made to Fig. 10 which shows a classifier 114. Classifier 114 takes suggested tie points from a tie point identifier 116 and attempts to classify them in any way it can. Classification may be on the basis of image recognition, thus if the feature is recognized as a vehicle it is classified as unstable, but if it is recognized as a building then it is classified as stable. Color information may be used, thus greenery may be classified as unstable whereas grey, indicating rocks, or brown indicating earth, may be classified as stable. Sometimes recognition may be definitive, sometimes it may be tentative, and thus rather than using a single recognition method, a number may be used, each contributing to a stability index. The final total of the index may then be used to classify the object as being stable and therefore suitable as a tie point, or unstable and thus unsuitable.

Generally the idea of registration of images is to take the prior photographs and use them as a reference set, and to register the new photographs over the old ones bearing in mind that the new photographs may have been taken from a different angle or a different altitude or under different lighting conditions etc. The new photographs are typically processed to fit onto orthophotos derived from the prior photographs.

The overall aim of change detection is to detect changes between pairs of images of the same target, taken at different times and to refine the detected changes to produce a final set of changes that includes all changes of significance and as little as possible of insignificant changes. The algorithm is thus designed to ignore changes due to illumination variations and differences in shadows. The input to the change detection operation includes an orthophoto of the initial period and images of the second period, preferably registered over the orthophoto. For registration, the combined data is analyzed using the tie-points of the initial period as control points for the second period. Out of the combined data two mosaics with height data are derived; for the initial period and the second period respectively. A flow chart for the change detection process is shown in Fig. 11, which begins with a process of color normalization. Color normalization is discussed algebraically below but involves

compensating for brightness and like temporal effects on the color so that colors can be compared. Color normalization is followed by pyramid generation, as mentioned above, which is an operation carried out on the result of superimposing the current images on the reference orthophotos generated from the previous images.

Following pyramid generation, there is a feature extraction stage in which color and texture information is extracted from the before and after images. These are low pass filtered and a difference image is then computed based on the texture and color information. The differences are classified using other available information, in particular including volume information. Finally the changes are either validated or invalidated as being significant changes.

Reference is now briefly made to Fig. 12, which is a simplified block diagram illustrating an apparatus for carrying out dynamic change identification, that is for excluding moving objects from the comparison. The figure is discussed at this point because it uses two-dimensional information in its comparison. In Fig. 12, a pairwise image comparator 120 firstly matches up candidate changes from the before and after images. Then orthophotos of both the before and after images are buffered in first and second orthophoto units 122 and 124 and two-dimensional changes between all four of the two dimensional images are evaluated in comparison unit 126. Then a block minimum unit 128 finds which of the four comparisons gives a minimum. Low pass filter 130 then leads to thresholder 132 which excludes the change if the minimum comparison is below the threshold. This indicates a moving object rather than a static object which has changed. Finally a morphology filter removes noise, as will be explained below.

In the following, filtering according to texture, as used in a preferred embodiment of the present invention is discussed.

The textural features used here were proposed by Law and are defined as follows:

Consider the following 3 vectors:

L3=(1,2,1) Averaging

E3=(-1,0,1) Edges

S3=(-1,2,-1) Spots

The outer products of pairs of these vectors may be used to form 9 masks. Denoting the masks by

M3j, j=0,1, ... , 8.

$$M30=LtL=\begin{matrix}1&2&1\\2&4&2\\1&2&1\end{matrix}\quad M31=EtE=\begin{matrix}1&0&-1\\0&0&0\\-1&0&1\end{matrix}\quad M32=StS=\begin{matrix}1&-2&1\\-2&4&-1\\1&-2&1\end{matrix}$$

and so on.

The mask M30 is used for normalization.

Let F and G be a pair of registered Orthophoto images.

Let FM3j and GM3j, j=0, 1, ..., 8 be the convolution of the respective image and the respective mask.

Let B= FM30/ GM30 be a brightness normalization coefficient.

We now define a relative change measure in the following manner:

$$C^{t}=\sum_{j=1}^{8}(|FM_{3j}-GM_{3j}*B|)\Big/\sum_{j=1}^{8}(|FM_{3j}|+|GM_{3j}*B|)$$

Now considering color filtering, as the skilled person will be aware, color is typically held in each pixel of a digital image a triplet, typically of red, green and blue (R, G, B) values. A parameter for defining a Color Ratio Feature can be calculated for corresponding pixels in the before and after images according to a formula as follows:

$$C^{c}=K\sqrt{(R_r/S_r-R_t/S_t)^2+(G_r/S_r-G_t/S_t)^2+(B_r/S_r-B_t/S_t)^2}\ ,$$

where: K -scale coefficient for compatibility with textural features;

R^{r}, G^{r}, B^{r} -values of primary colors for the reference or prior image;

R^{t}, G^{t}, B^{t} -values of primary colors for the test or after image;

$S^{r}=\sqrt{R_r^2+G_r^2+B_r^2}$;

$S^{t}=\sqrt{R_t^2+G_t^2+B_t^2}$.

Feature Selection, or the inference that a textural feature is present, may be performed for every pixel according to a homogeneity measure within the pixel vicinity. The homogeneity measure H is calculated as follows:

$$H=\max\left(|FM^{31}|,|GM^{31}*B|,\ldots |FM^{38}|,|GM^{38}*B|\right).$$

where all the parameters are as defined above.

If the value of H for the current pixel is more then a specified threshold, the textural features are used. If the value of H is less than the threshold, the colors ratio features are used instead.

Calculation of the features is performed on the original image, and on replicas of the image obtained by decimation with factors of 1.5 and 2. The features computed for the three resolutions are respectively interpolated, and averaged.

Local Digital Terrain Model (DTM) computation is performed for each changed area using the height Z or volume computations and provides the basis for using height and volume information as a validator for detected changes.

The classification regarding the presence of change is performed as follows. An initially formed feature matrix is smoothed using a Gaussian filter having a default sigma value of 10. The filtered image is thresholded, and a relaxation process refines the thresholding. The result of this process is a binary image, where the value 1 in the image indicates the presence of a change between the images in the corresponding pixel, and the value 0 indicates that there is no change. After that, morphology operations are carried out on the binary image. The aim of these operations is to reduce noise. Noise may for example be in the form of small separated objects or small holes in the larger objects.

A man-made object filter can be used to detect man-made objects within the regions that have previously been classified as changes. It may be assumed that man-made objects have straight-line boundaries and that, within a relatively small neighborhood, the boundary lines are perpendicular. Using the above assumptions, man-made object detection may be performed as follows:

-Find the dominant edge direction,

-Perform edge detection in the dominant and the corresponding perpendicular direction,

-Detect straight-line segments,

-Classify the line segments as belonging or not belonging to man made objects.

Reference is now made to Fig. 13, which is a simplified flow chart illustrating an embodiment of the above-described process. A first stage finds the dominant edge direction. Edge detection is carried out using a Canny edge detector. Information about direction of every edge element from this detector is used after quantization for computing a direction histogram of the edges. After low pass filtering of the histogram the direction that corresponds to the histogram maximum becomes clear and can be set as the dominant edge direction.

From the direction histogram, the perpendicular edge direction may also be defined as the local maximum of the histogram in the region, shifted with regard to the dominant edge direction by 90 degrees.

For edge detection in required directions the Canny edge detector is now used in a following stage to suppress every edge direction except the required ones. As a result two binary images are obtained. These are one image where edges are mainly in the dominant direction, and a second image where edges are mainly in the perpendicular direction.

For detection of straight-line segments we use the Hough Transform, which is applied to images with edges of dominant and perpendicular directions separately. We regard every edge pixel as belonging to straight line segments if the distance between a line after Hough Transform and the current pixel is less then 1 pixel. As a result of the Hough transform operation we obtain two binary images respectively containing straight line segments in the mainly dominant and the corresponding perpendicular directions.

Reference is now made to Fig. 14, which is a simplified diagram illustrating the overall process according to a preferred embodiment of the present invention. In Fig. 14, two stereo images are input. A triangulation unit 140 carries out triangulation to determine height information. A sparse DTM unit 142 builds DTMs based on the reduced versions of the images. Before and after mosaics are then constructed in stage 144 and in stage 146 the two dimensional information is used to provide a

preliminary change list. The preliminary list is typically large since two-dimensional information includes changes due to shadows and the like. The changes are then passed through a series of filters, 148, 150 and 152, one which eliminates changes due to movement, such as moving vehicles, one which eliminates changes due to misidentification of corresponding objects, and the final one which uses the now refined list of changes to compare with volume information. The final list of changes is restricted to those changes that correspond to changes in the volume information. The height or volume based filtering preferably includes one of the two methods for equalizing discussed hereinabove.

Reference is now made to Fig. 15 which is a simplified flow chart illustrating the epipolar rectification process. In Fig. 15 a pair of features on the before and after images are selected. The pair of features is initially compared and then a one dimensional cross correlation is carried out from one feature to the other. Afterwards a second one-dimensional cross correlation is carried out in the opposite direction. Only if the reverse cross-correlation successfully identifies the first feature and passes a predetermined threshold, are the two features accepted as corresponding.

Reference is now made to Fig. 16, which illustrates a range of applications for the present invention. It will be appreciated that the present list of applications is by no means exhaustive and that the teachings herein can be applied to any circumstance in which two and three dimensional information can be used in complementary fashion to enhance change detection.

Currently contemplated applications come in three categories, a military reconnaissance category, a civic enforcement category and a operational control category. Starting with the military reconnaissance category and the use of three-dimensional change to reduce the suspected changes can save the resources of intelligence analysts, allowing greater areas to be surveyed. A specific application is improvised explosive device (IED) detection. IEDs such as roadside bombs can cause a large amount of damage to passing patrols. The present embodiments allow a road to be surveyed regularly and for suspicious items of the right size to be automatically detected.

In the IED Detection application, a survey is made of the roads that the patrols may be using. It is preferred to break the road into sectors of fixed length in order to enable parallel processing of each sector using a different processor and thus to allow

the image analysis to be carried out more quickly. There may for example be only a short time before the patrol reaches the location.

In the civic enforcement application, buildings and land use in general can be monitored. Changes to buildings can be detected so that the municipal authorities may check the changes against planning permission. Land use changes can be indicated by color changes. For example the application can indicate that a field has been changed into a car park, or that a certain area of land is no longer being irrigated. The application can also produce municipal plans indicating the latest changes. The photographs can be used to monitor changes in land use for the purpose of correcting land use dependent subsidy payments for example.

In the operational control category, organizations whose activities have an effect on the landscape, such as opencast miners and quarry operators, can use the applications to monitor and control their own activities.

It is expected that during the life of this patent many relevant imaging devices and systems will be developed and the scope of the terms herein, particularly of the terms "camera" and "imaging system", is intended to include all such new technologies a priori.

Additional objects, advantages, and novel features of the present invention will become apparent to one ordinarily skilled in the art upon examination of the following examples, which are not intended to be limiting. Additionally, each of the various embodiments and aspects of the present invention as delineated hereinabove and as claimed in the claims section below finds experimental support in the following examples.

It is appreciated that certain features of the invention, which are, for clarity, described in the context of separate embodiments, may also be provided in combination in a single embodiment. Conversely, various features of the invention, which are, for brevity, described in the context of a single embodiment, may also be provided separately or in any suitable subcombination.

Although the invention has been described in conjunction with specific embodiments thereof, it is evident that many alternatives, modifications and variations will be apparent to those skilled in the art. Accordingly, it is intended to embrace all such alternatives, modifications and variations that fall within the spirit and broad scope of the appended claims. All publications, patents and patent applications

mentioned in this specification are herein incorporated in their entirety by reference into the specification, to the same extent as if each individual publication, patent or patent application was specifically and individually indicated to be incorporated herein by reference. In addition, citation or identification of any reference in this application shall not be construed as an admission that such reference is available as prior art to the present invention.

WHAT IS CLAIMED IS

1. Change detection apparatus for detection of changes between first and second stereoscopic image pairs obtained at different times of a substantially similar view, the apparatus comprising:

a two-dimensional image filter for comparing said first and second image pairs to obtain an initial list of change candidates from two-dimensional information in said image pairs, and

a three-dimensional image filter for comparing at least one of said first and second image pairs at said change candidates using three-dimensional image information in said image pairs to retain change candidates correlating with three-dimensional image information and to reject change candidates not correlating with three-dimensional image information, thereby to produce a refined list of change candidates.

2. Apparatus according to claim 1, wherein said three-dimensional image filter is configured to compare three dimensional information in both said first and second image pairs, thereby to obtain three-dimensional change information, such that said retaining and said rejecting is on the basis of a correlation with said three dimensional change information.

3. Change detection apparatus according to claim 1, wherein said two dimensional information is color information.

4. Change detection apparatus according to claim 1, wherein said two-dimensional information is texture information.

5. Change detection apparatus according to claim 1, further comprising a movement elimination filter connected prior to said three-dimensional image filter, said movement filter comprising a two-dimensional comparator for comparing change candidates between images of said image pairs to eliminate changes occurring within an image pair as movement.

6. Change detection apparatus according to claim 1, further comprising an alignment unit for aligning respective ones of said images to allow filtering, said alignment unit comprising a tie point unit for identifying a first image feature on one of said images, carrying out one-dimensional cross-correlation to find a corresponding image feature on a second of said images and then doing a reverse one-dimensional cross-correlation from said corresponding image feature to find said first image feature, said first image feature and said corresponding image feature being accepted for aligning only if said first image feature is successfully found by said reverse one-dimensional cross-correlation.

7. A method of automatic change detection between earlier and later images of a scene, wherein two-dimensional and three dimensional data is available, the method comprising:

obtaining an initial list of candidate changes from said two-dimensional data, and

eliminating from said initial list those candidate changes which do not correspond to three-dimensional changes.

8. Change detection apparatus for detection of changes between first and second stereoscopic image pairs obtained at different times of a substantially similar view, the apparatus comprising:

a comparator for comparing at least candidate portions of each one of said first stereoscopic image pair at least with corresponding candidate portions of each one of said second stereoscopic image pair to obtain four measures of change thereat,

a thresholder for eliminating ones of said at least candidate portions of said image from a list of changes based on a lowest one of said four measures, thereby to refine said candidate list of changes.

9. A change detection method for detection of changes between first and second stereoscopic image pairs obtained at different times of a substantially similar view, the method comprising:

comparing at least candidate portions of each one of said first stereoscopic image pair at least with corresponding candidate portions of each one of said second stereoscopic image pair to obtain four measures of change thereat, and

eliminating ones of said at least candidate portions of said image from a list of changes based on a lowest one of said four measures, thereby to refine said candidate list of changes.

10. Epipolar validation apparatus for validation of features matched between first and second stereoscopic image pairs, the image pairs being obtained at different times of a substantially similar view, the apparatus comprising:

a first image feature locater for locating said feature in said first image,

a one dimensional cross correlator for carrying out a one-dimensional search to find said feature in said second image,

a reverse correlator for using said feature in said second image as a starting point and searching for said feature in said first image, and

a validator for accepting said match only if said feature in said second image leads to said feature in said first image.

11. Epipolar validation method for validation of features matched between first and second stereoscopic image pairs, the image pairs being obtained at different times of a substantially similar view, the method comprising:

locating a feature in said first image,

carrying out a one-dimensional search to find said feature in said second image,

using said feature in said second image as a starting point and carrying out a one-dimensional search for said feature in said first image, and

accepting said match only if said feature in said second image leads to said feature in said first image.

12. The method of claim 11, wherein said one-dimensional searches comprise cross-correlating.

13. A three-dimensional change detector unit for detecting changes between a first stereoscopic image pair and a second stereoscopic image pair, the apparatus comprising:

a preliminary processor for processing said first and second images to produce a candidate list of changes;

a digital terrain model creator for creating, from each of said stereoscopic image pairs, a first and a second digital terrain model respectively of at least positions indicated in said candidate list of changes from three-dimensional information in each stereoscopic pair,

a tie unit for finding corresponding points about said positions and for tying said points at the same heights in said first and second digital terrain maps,

a triangulator for triangulating within said tie points to eliminate changes that do not show up as height differences between said first and said second digital terrain maps, thereby to produce a refined list of changes.

14. A three-dimensional change detection method for detecting changes between a first stereoscopic image pair and a second stereoscopic image pair, the method comprising:

processing said first and second images to produce a candidate list of changes;

creating, from each of said stereoscopic image pairs, a first and a second digital terrain model respectively of at least positions indicated in said candidate list of changes from three-dimensional information in each stereoscopic pair,

finding corresponding points about said positions and tying said points at the same heights in said first and second digital terrain maps,

triangulating within said tie points to eliminate changes that do not show up as height differences between said first and said second digital terrain maps, thereby to produce a refined list of changes.

15. A three-dimensional change detector unit for detecting changes between a first stereoscopic image pair and a second stereoscopic image pair, the apparatus comprising:

a preliminary processor for processing said first and second images to produce a candidate list of changes;

a digital terrain model creator for creating, from each of said stereoscopic image pairs, a first and a second digital terrain model respectively of at least positions indicated in said candidate list of changes from three-dimensional information in each stereoscopic pair,

an equalizer for equalizing average height levels between said first and second digital terrain models, and

a high pass filter for detecting high frequency differences between said first and second digital terrain models to affirm changes in said candidate list having high frequency components and to eliminate changes not having high frequency components, thereby to produce a refined list of changes.

16. The detector unit of claim 15, further comprising a low pass filter connected between said digital terrain model creator and said equalizer for elimination of low frequency differences between said first and said second digital terrain models.

17. A three-dimensional change detection method for detecting changes between a first stereoscopic image pair and a second stereoscopic image pair, the method comprising:

processing said first and second images to produce a candidate list of changes;

creating, from each of said stereoscopic image pairs, a first and a second digital terrain model respectively of at least positions indicated in said candidate list of changes from three-dimensional information in each stereoscopic pair,

equalizing average height levels between said first and second digital terrain models,

detecting high frequency differences between said first and second digital terrain models to affirm changes in said candidate list having high frequency components, and

eliminating changes not having high frequency components, thereby to produce a refined list of changes.

18. Apparatus for registration of an aerial photograph with a reference orthophoto, the apparatus comprising:

a registration unit, and a cross-correlator for:

a) making an initial registration attempt between the aerial photograph or a reduced version thereof and the reference orthophoto, based on a first tie point,

b) carrying out a first cross correlation between the photograph and the orthophoto according to the registration attempt, to obtain a first correspondence measure,

c) at least once changing a parameter, making a new registration attempt between the aerial photograph or a reduced version thereof and the orthophoto, and carrying out a further cross correlation to obtain a further correspondence measure, and

a selector for selecting as an output the registration attempt yielding the highest correspondence measure.

19. Apparatus according to claim 18, wherein said parameter is a height parameter of said aerial photograph or a reduced version thereof.

20. Apparatus according to claim 19, configured to carry out stepwise changing of said height, and to make a registration attempt at each step.

21. Apparatus according to claim 20, wherein said step is substantially one meter.

22. Apparatus according to claim 18, wherein said parameter is an angle of said aerial photograph or a reduced version thereof.

23. Apparatus according to claim 22, wherein said parameter is initially an angle parameter, and wherein said registration unit and said cross correlator are configured to repeat stage c) wherein said parameter is a height of said aerial photograph.

24. Apparatus according to claim 22, operable to carry out stepwise changing of said angle within a range and to make a registration attempt at each step.

25. Apparatus according to claim 24, wherein said range is substantially ten degrees and said step is substantially one degree.

26. Apparatus according to claim 18, wherein said registration attempts are carried out on said reduced version and said reduced version is obtained from a pixel reduction unit located prior to said registration unit.

27. Apparatus according to claim 18, wherein said registration unit, said cross correlator and said selector are configured to repeat said initial and at least one further registration attempt for a second tie point.

28. Apparatus according to claim 27, wherein said registration unit, said cross correlator and said selector are configured to repeat said initial and at least one further registration attempt for a third and fourth tie point respectively.

29. Apparatus according to claim 28, further comprising a contour follower for following contours along diagonals between said four tie points to determine a quality of said output registration.

30. A method for registration of an aerial photograph with a reference orthophoto, comprising:

a) making an initial registration attempt between the aerial photograph or a reduced version thereof and the reference orthophoto, based on a first tie point,

b) carrying out a first cross correlation between the aerial photograph and said reference orthophoto according to said registration attempt to obtain a first correspondence measure,

c) at least once changing a parameter, making a new registration attempt between the aerial photograph or a reduced version thereof and the orthophoto, and carrying out a further cross correlation to obtain a further correspondence measure, and

d) selecting as an output the registration attempt yielding the highest correspondence measure.

31. The method of claim 30, wherein said parameter is a height parameter of said aerial photograph or a reduced version thereof.

32. The method of claim 31, further comprising carrying out stepwise changing of said height, and making a registration attempt at each step.

33. The method of claim 32, wherein said step is substantially one meter.

34. The method of claim 30, wherein said parameter is an angle of registration of said aerial photograph or a reduced version thereof.

35. The method of claim 34, wherein said parameter is initially an angular parameter, and wherein said method further comprises repeating stage c) wherein said parameter is a registration height of said aerial photograph.

36. The method of claim 34, comprising carrying out stepwise changing of said angle within a range and making a registration attempt at each step.

37. The method of claim 36, wherein said range is substantially ten degrees and said step is substantially one degree.

38. The method of claim 30, wherein said registration attempts are carried out on said reduced version and said reduced version is obtained by a pixel reduction process.

39. The method of claim 30, further comprising repeating said initial and at least one further registration attempt for a second tie point.

40. The method of claim 39, further comprising repeating said initial and at least one further registration attempt for a third and fourth tie point respectively.

41. The method of claim 40, further comprising following contours along diagonals between said four tie points to determine a quality of said output registration.

42. Apparatus for classification of tie points for registration of corresponding images, comprising:

a tie point identifier for identifying points in said corresponding images to serve as tie points, and

a classifier for classifying said identified tie points as stable or unstable tie points, thereby to eliminate unstable tie points and base said registration on stable tie points.

43. Apparatus according to claim 42, wherein said classifier uses a stability index to classify said tie points.

44. Apparatus according to claim 42, wherein said stability index includes color as a stability indicator.

45. Apparatus according to claim 44, wherein said classifier is configured to classify green as unstable.

46. Apparatus according to claim 44, wherein said classifier is configured to classify at least one of brown and grey as stable.

47. Apparatus according to claim 43, wherein said stability index is usable with automatic object recognition to recognize predetermined objects as being stable or unstable.

48. Apparatus according to claim 47, wherein said classifier comprises a feature recognizer for recognizing any of bare earth, buildings, rocks and stones as being stable.

49. Method for classification of tie points for registration of corresponding images, comprising:

identifying points in said corresponding images to serve as tie points, and

classifying said identified tie points as stable or unstable tie points, thereby to eliminate unstable tie points and base said registration on stable tie points.

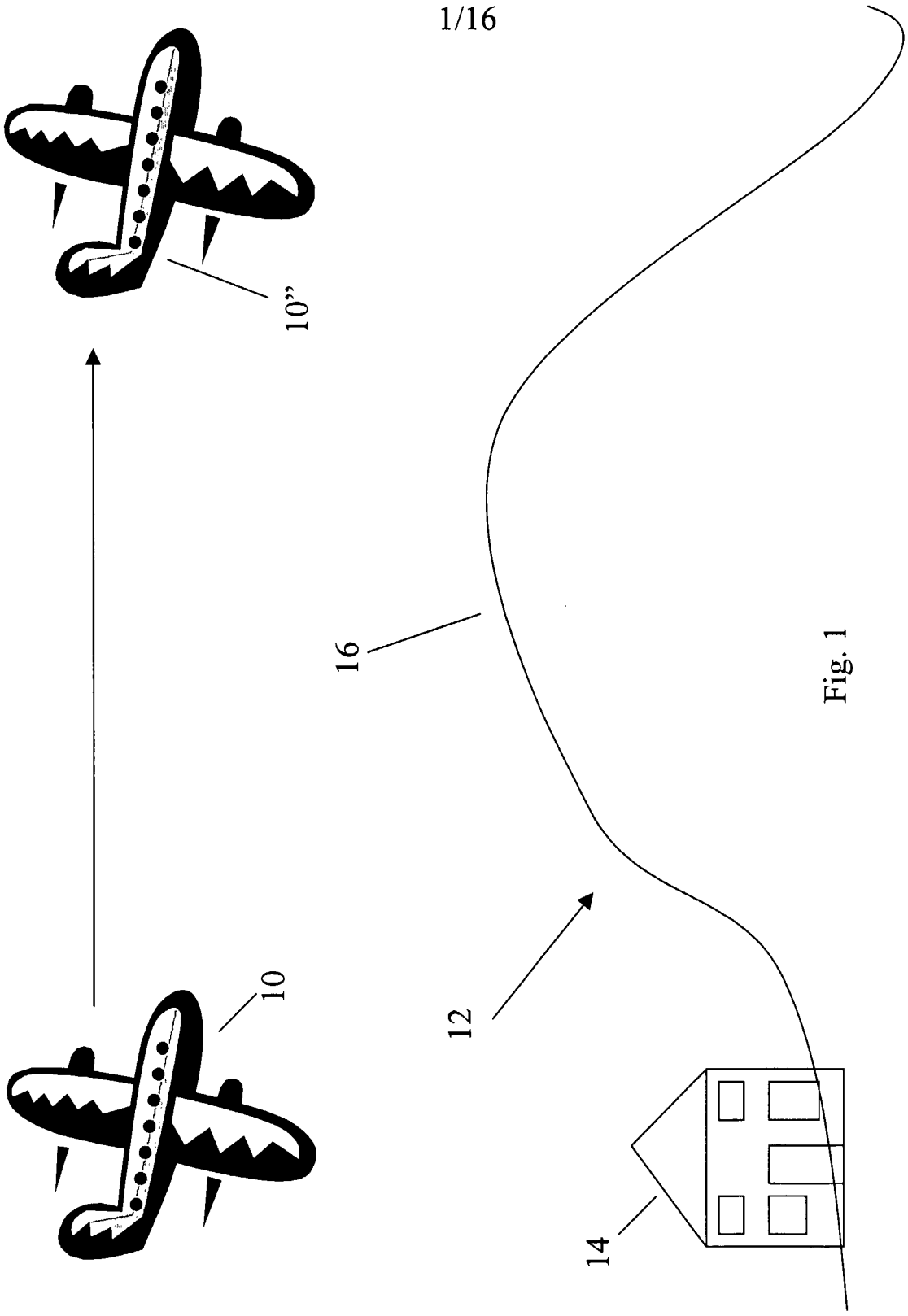


Fig. 1

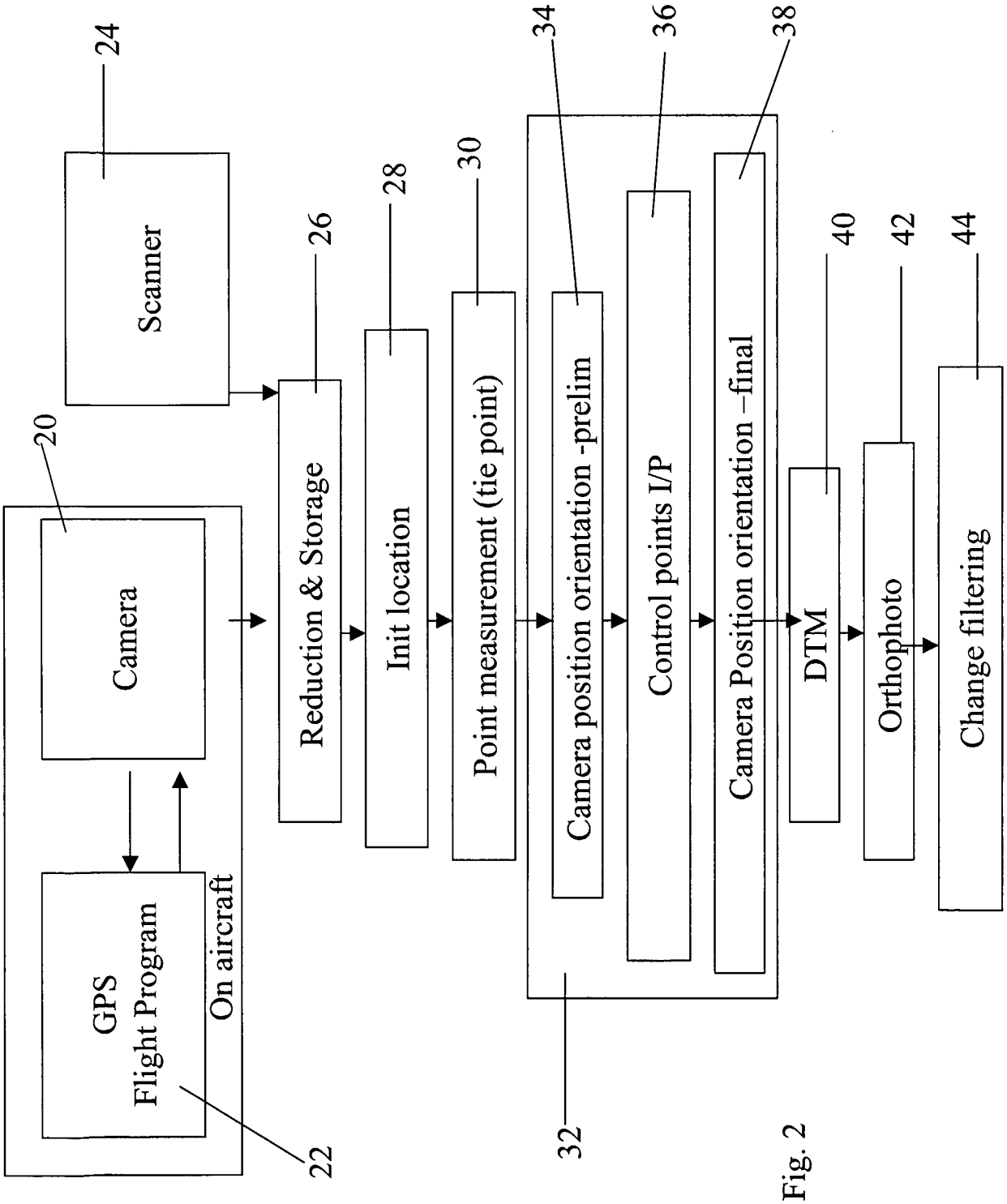
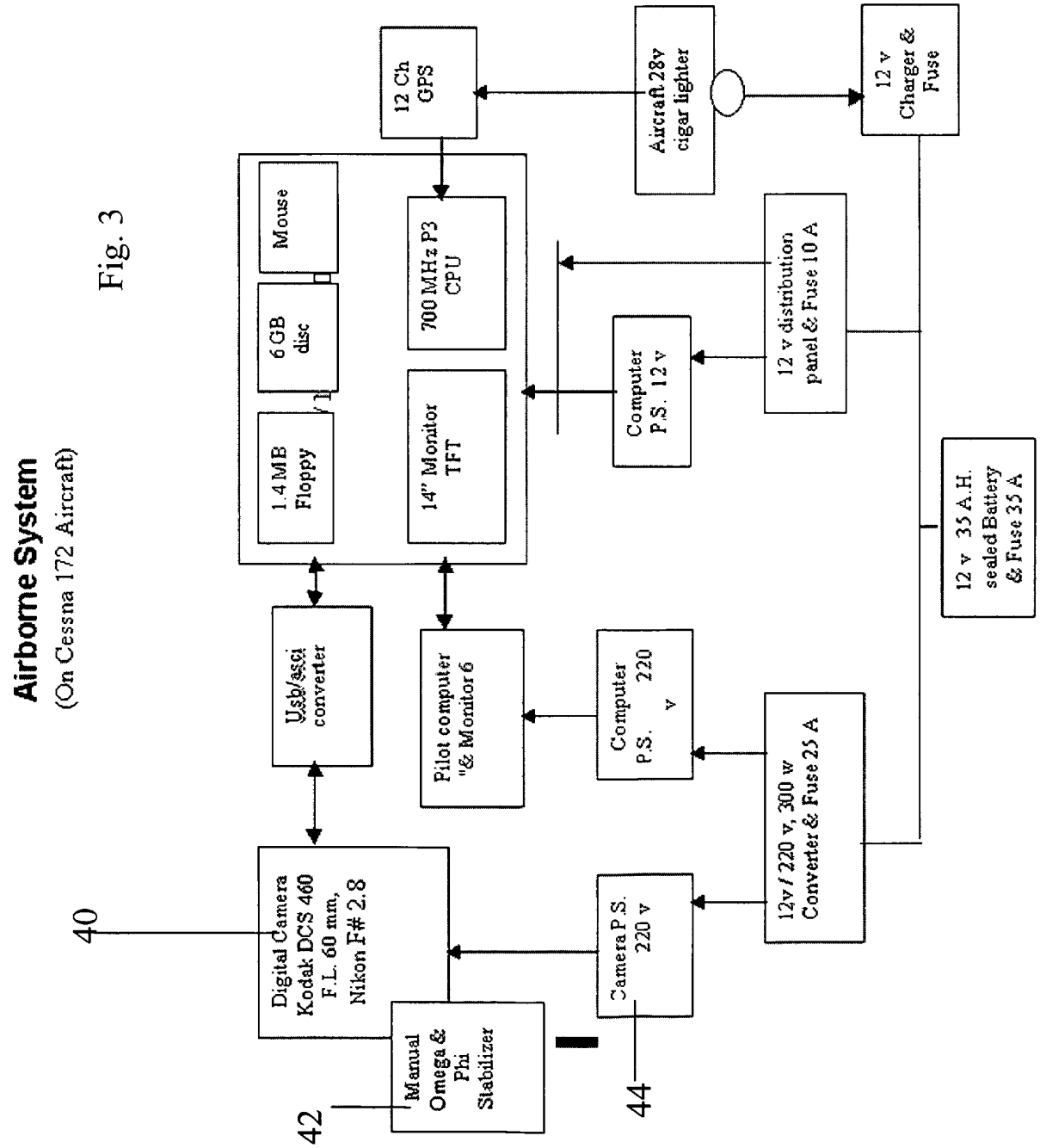

20
Camera
GPS
Flight Program
On aircraft
22
24
Scanner
26
Reduction & Storage
28
Init location
30
Point measurement (tie point)
34
Camera position orientation -prelim
36
Control points I/P
38
Camera Position orientation –final
32
40
DTM
42
Orthophoto
44
Change filtering

Fig. 2

Fig. 3


Airborne System
(On Cessna 172 Aircraft)
40
42
44
Digital Camera Kodak DCS 460 F.L. 60 mm, Nikon F# 2.8
Manual Omega & Phi Stabilizer
Usb/asci converter
Pilot computer "& Monitor 6
Computer P.S. 220 v
Camera P.S. 220 v
12v/ 220 v, 300 w Converter & Fuse 25 A
12 v distribution panel & Fuse 10 A
Computer P.S. 12 v
1.4 MB Floppy
6 GB disc
Mouse
14" Monitor TFT
700 MHz P3 CPU
12 Ch GPS
Aircraft 28v cigar lighter
12 v Charger & Fuse
12 v 35 A.H. sealed Battery & Fuse 35 A

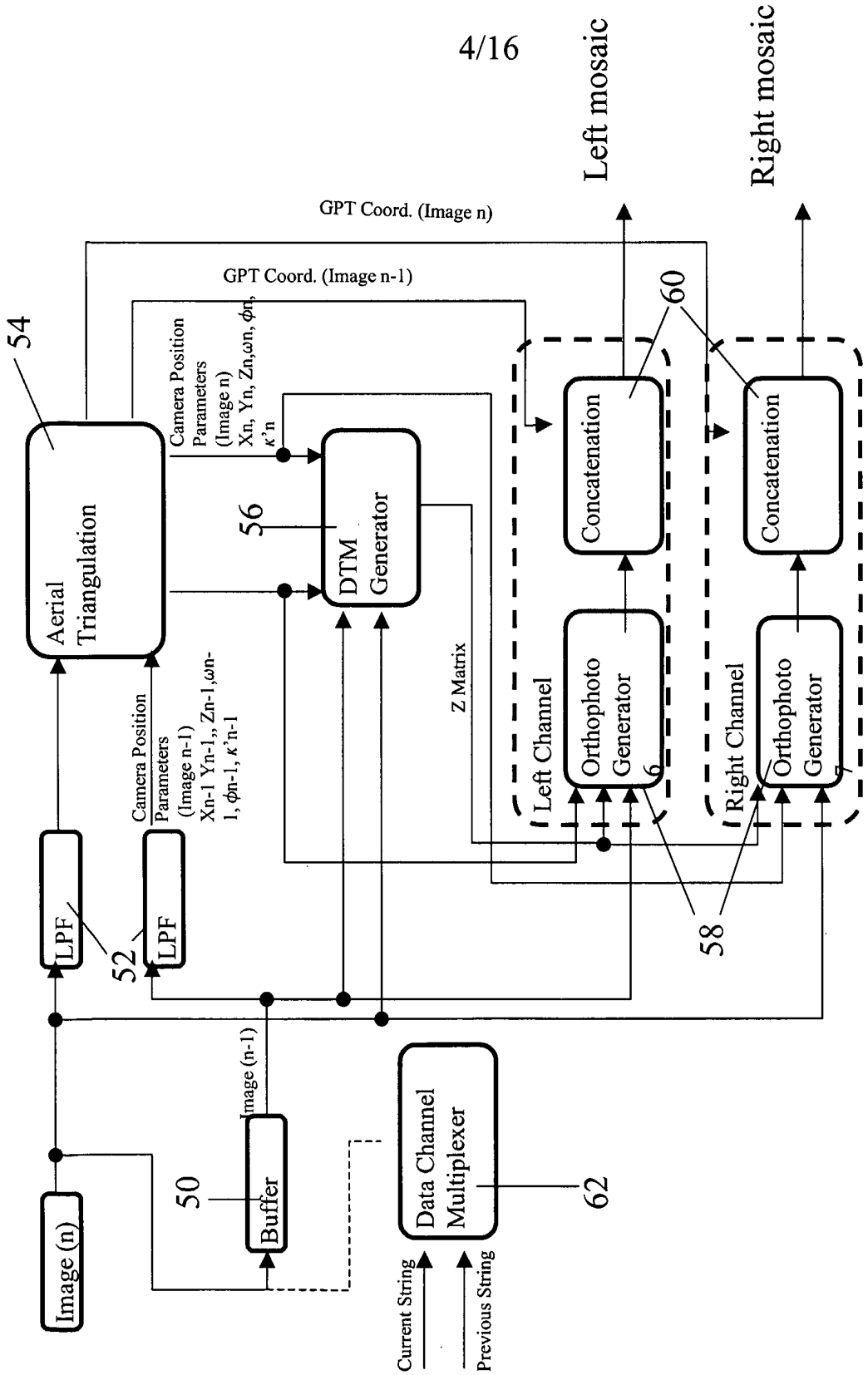

Left mosaic
Right mosaic
GPT Coord. (Image n)
GPT Coord. (Image n-1)
54
Aerial Triangulation
Camera Position Parameters (Image n) Xn, Yn, Zn,ωn, φn, κ'n
56
DTM Generator
Z Matrix
Concatenation
Concatenation
60
Left Channel
Right Channel
Orthophoto Generator
Orthophoto Generator
58
Camera Position Parameters (Image n-1) Xn-1 Yn-1,, Zn-1,ωn-1, φn-1, κ'n-1
LPF
LPF
52
Image (n-1)
Image (n)
50
Buffer
Data Channel Multiplexer
62
Current String
Previous String

Fig. 4

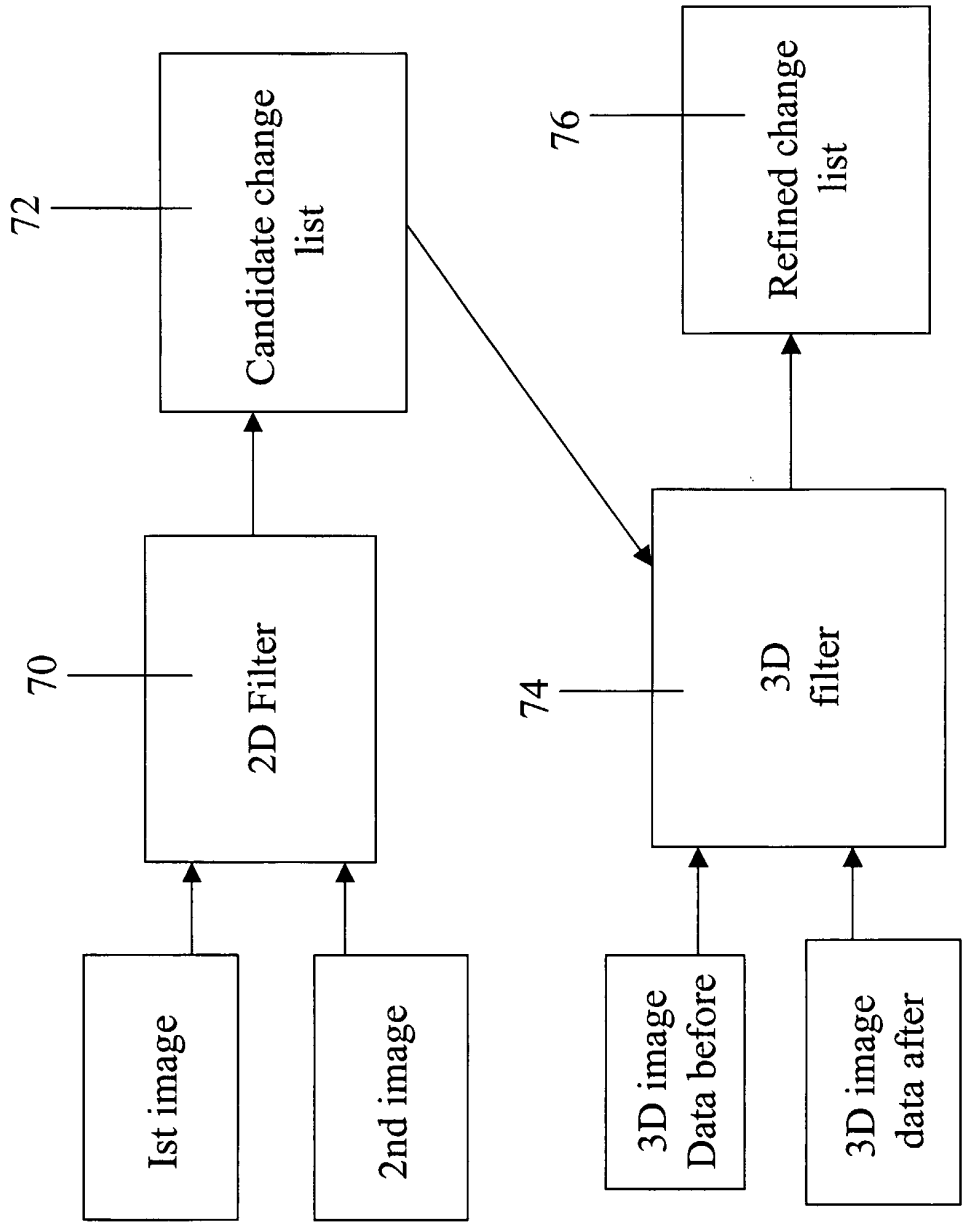

72
Candidate change list
76
Refined change list
70
2D Filter
74
3D filter
Ist image
2nd image
3D image Data before
3D image data after

Fig. 5

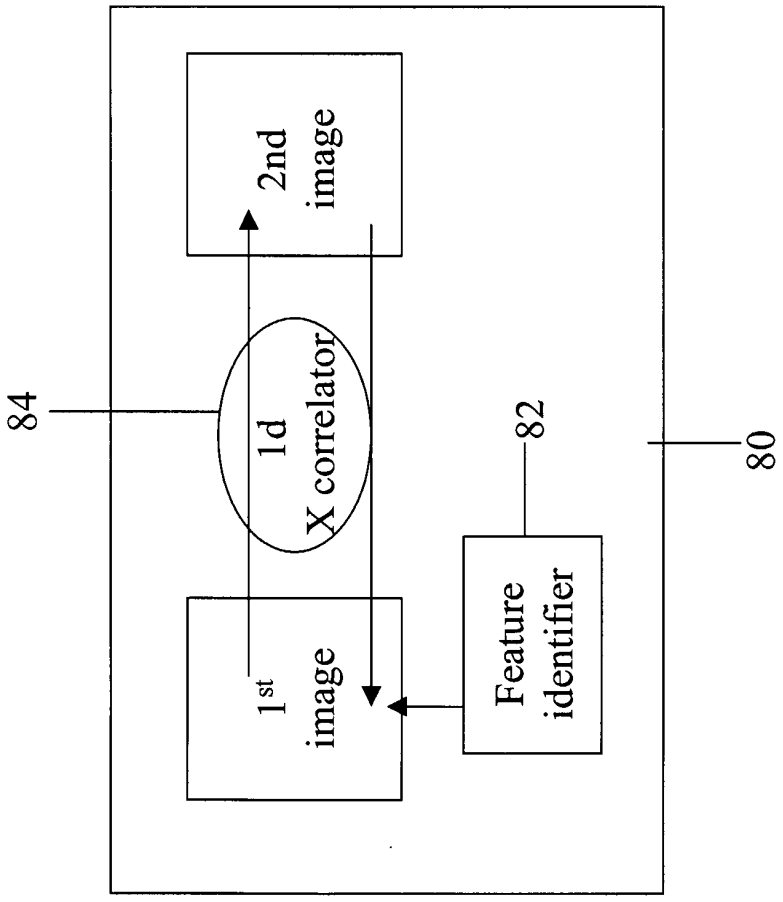

84
2nd image
1d X correlator
82
80
1st image
Feature identifier

Fig. 6

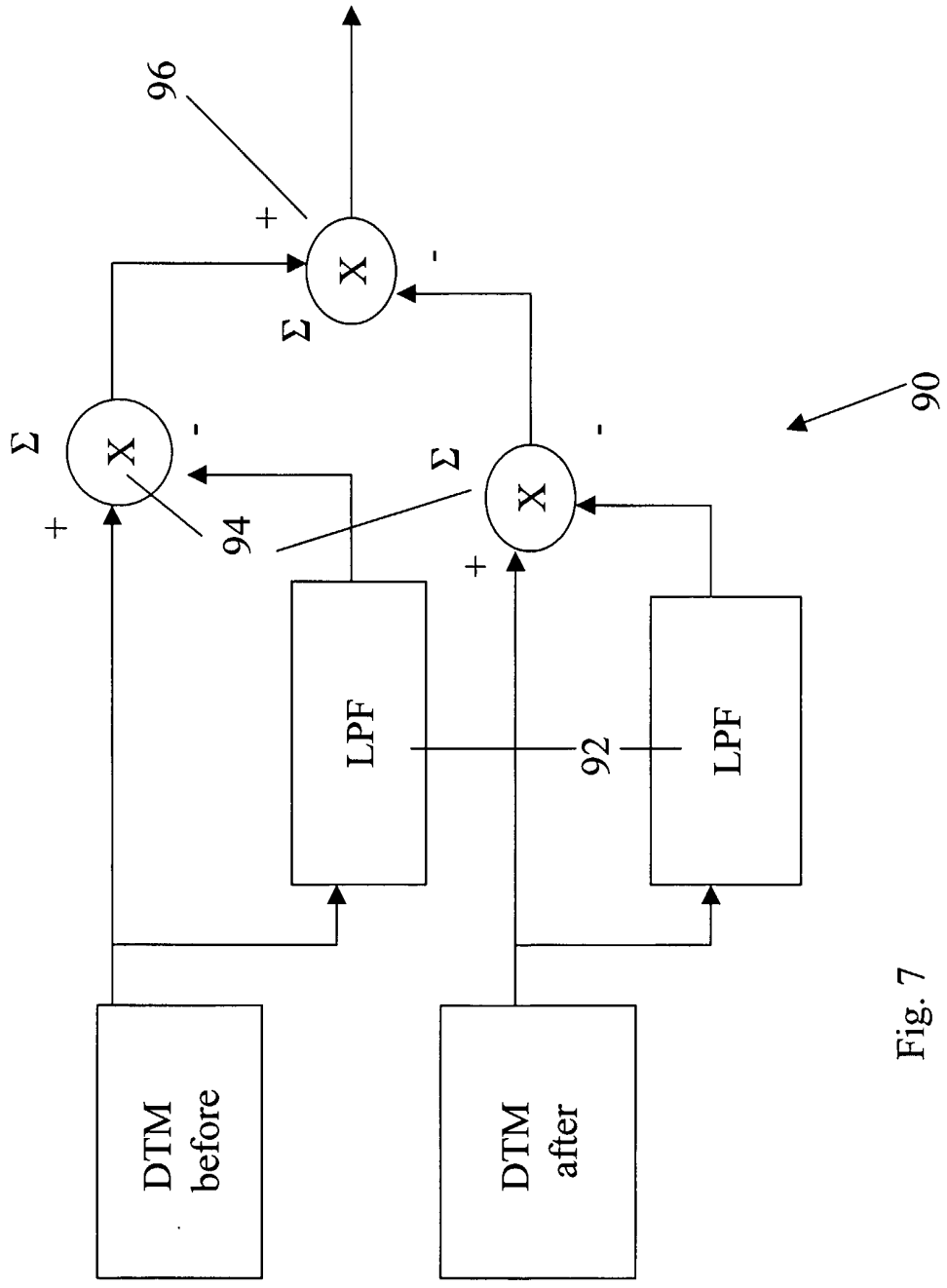


Fig. 7

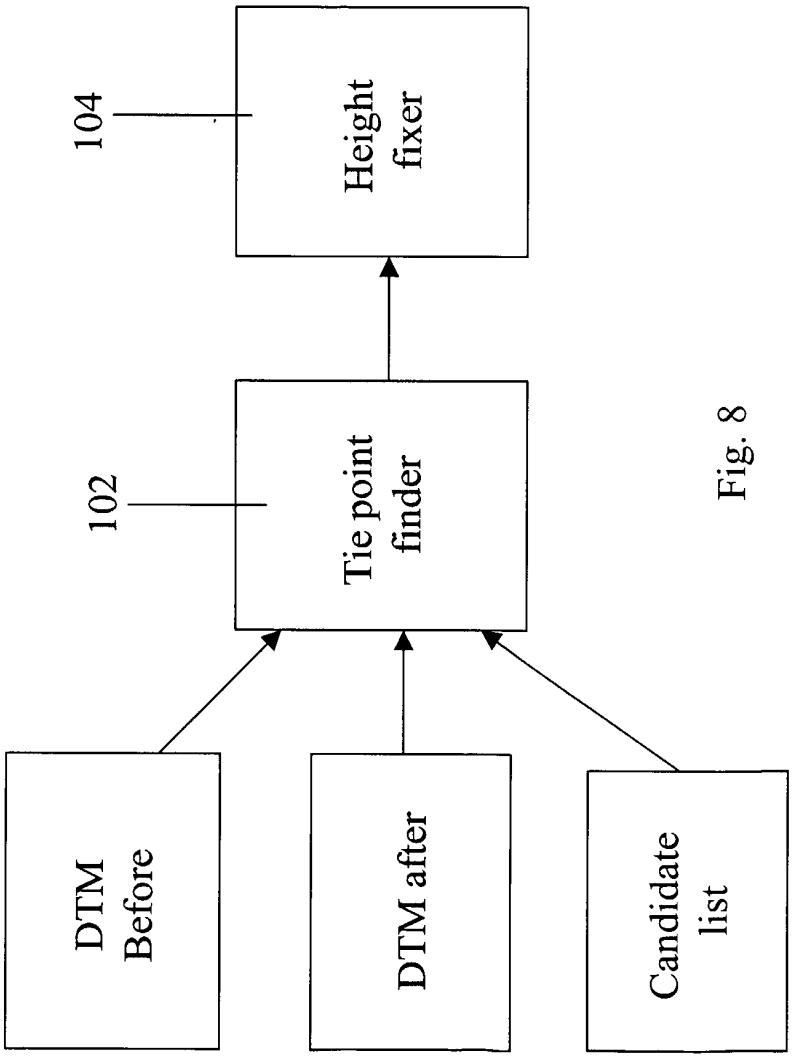

104
Height fixer
102
Tie point finder
DTM Before
DTM after
Candidate list

Fig. 8

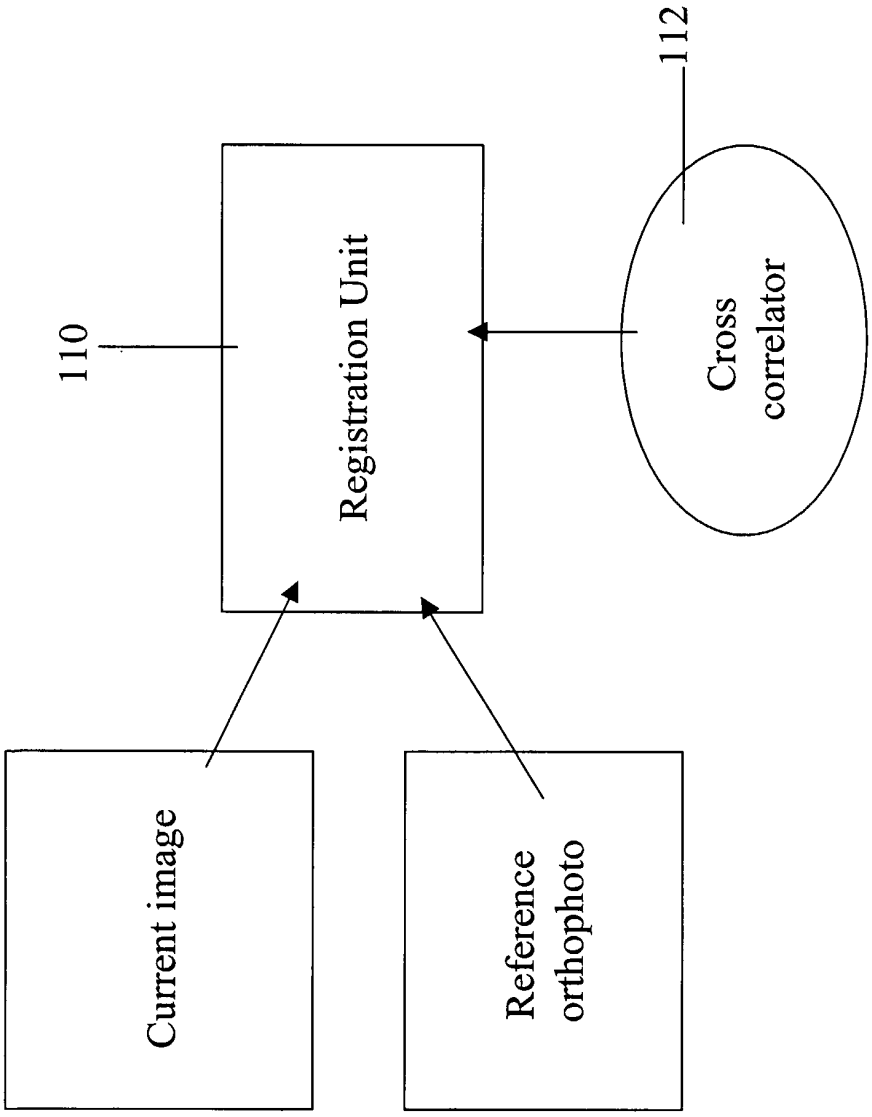

110
Registration Unit
112
Cross correlator
Current image
Reference orthophoto

Fig. 9

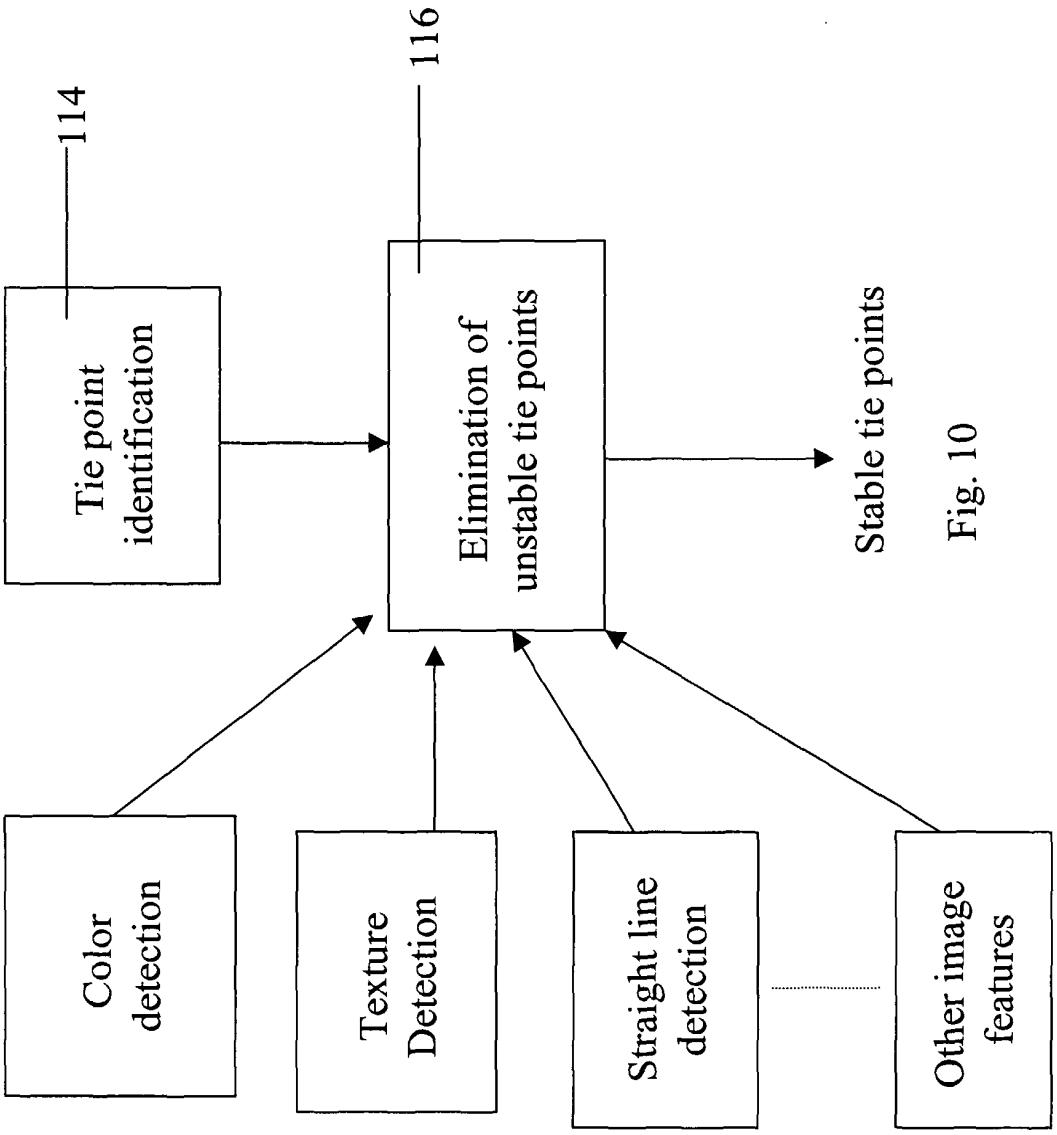

114
116
Tie point identification
Elimination of unstable tie points
Stable tie points
Color detection
Texture Detection
Straight line detection
Other image features

Fig. 10

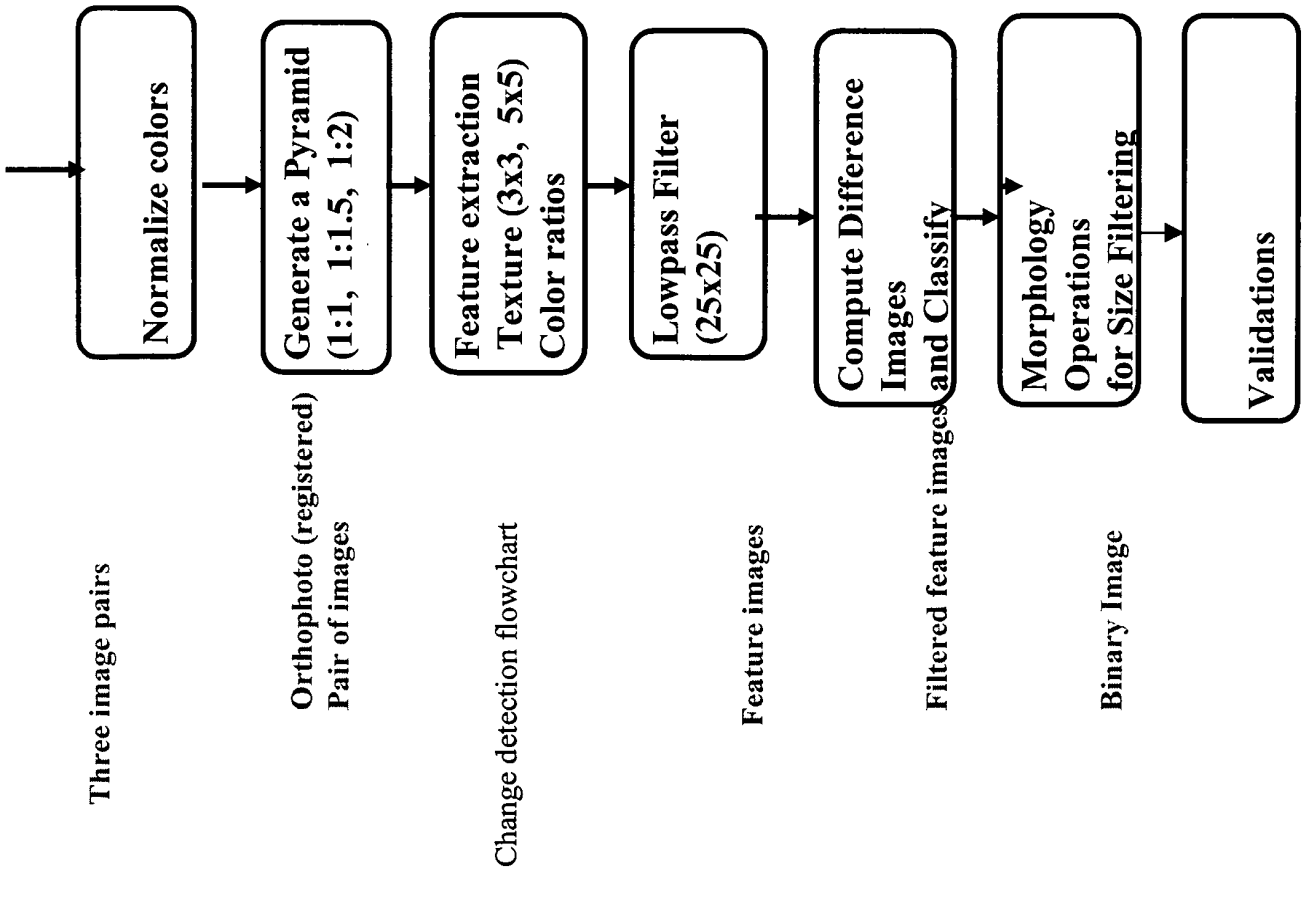

Three image pairs
Normalize colors
Orthophoto (registered)
Pair of images
Generate a Pyramid
(1:1, 1:1.5, 1:2)
Change detection flowchart
Feature extraction
Texture (3x3, 5x5)
Color ratios
Feature images
Lowpass Filter
(25x25)
Filtered feature images
Compute Difference
Images
and Classify
Binary Image
Morphology
Operations
for Size Filtering
Validations

Fig. 11

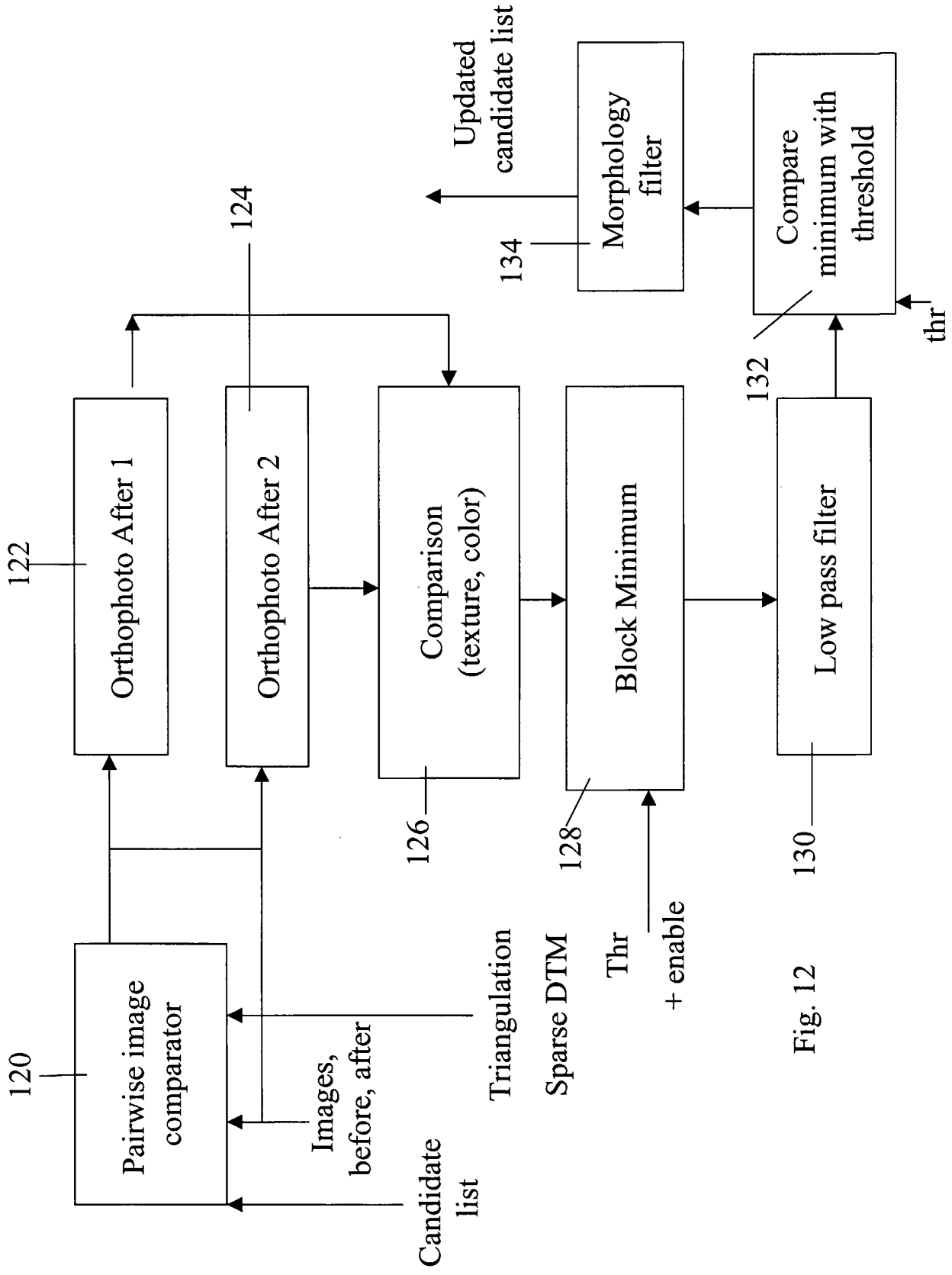

Pairwise image comparator
120
Orthophoto After 1
122
Orthophoto After 2
124
Comparison (texture, color)
126
Block Minimum
128
Low pass filter
130
Compare minimum with threshold
132
Morphology filter
134
Updated candidate list
Candidate list
Images, before, after
Triangulation
Sparse DTM
Thr
+ enable
thr

Fig. 12

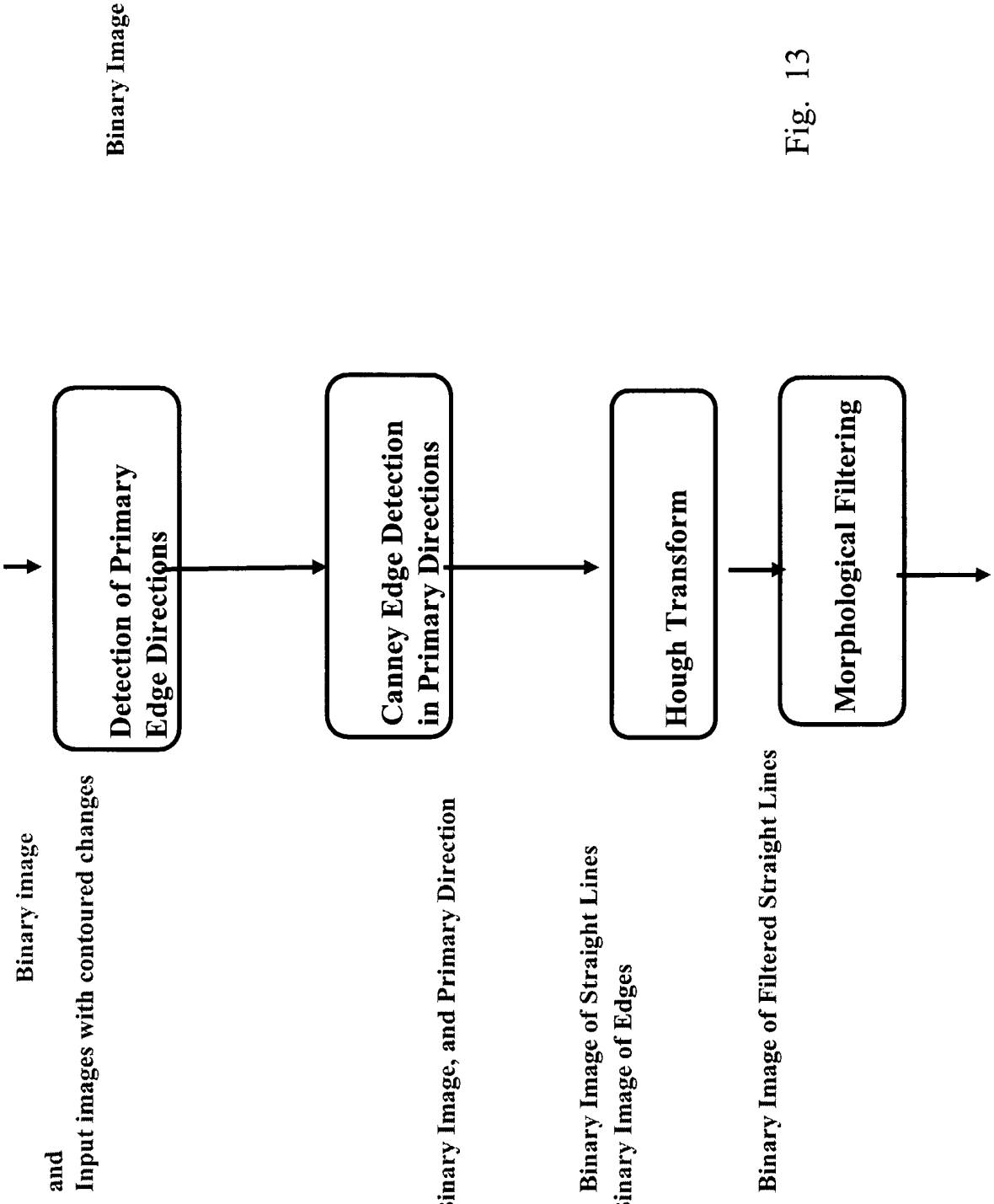

Binary Image
Detection of Primary Edge Directions
Binary image
and
Input images with contoured changes
Canney Edge Detection in Primary Directions
Binary Image, and Primary Direction
Hough Transform
Binary Image of Straight Lines
Binary Image of Edges
Morphological Filtering
Binary Image of Filtered Straight Lines

Fig. 13

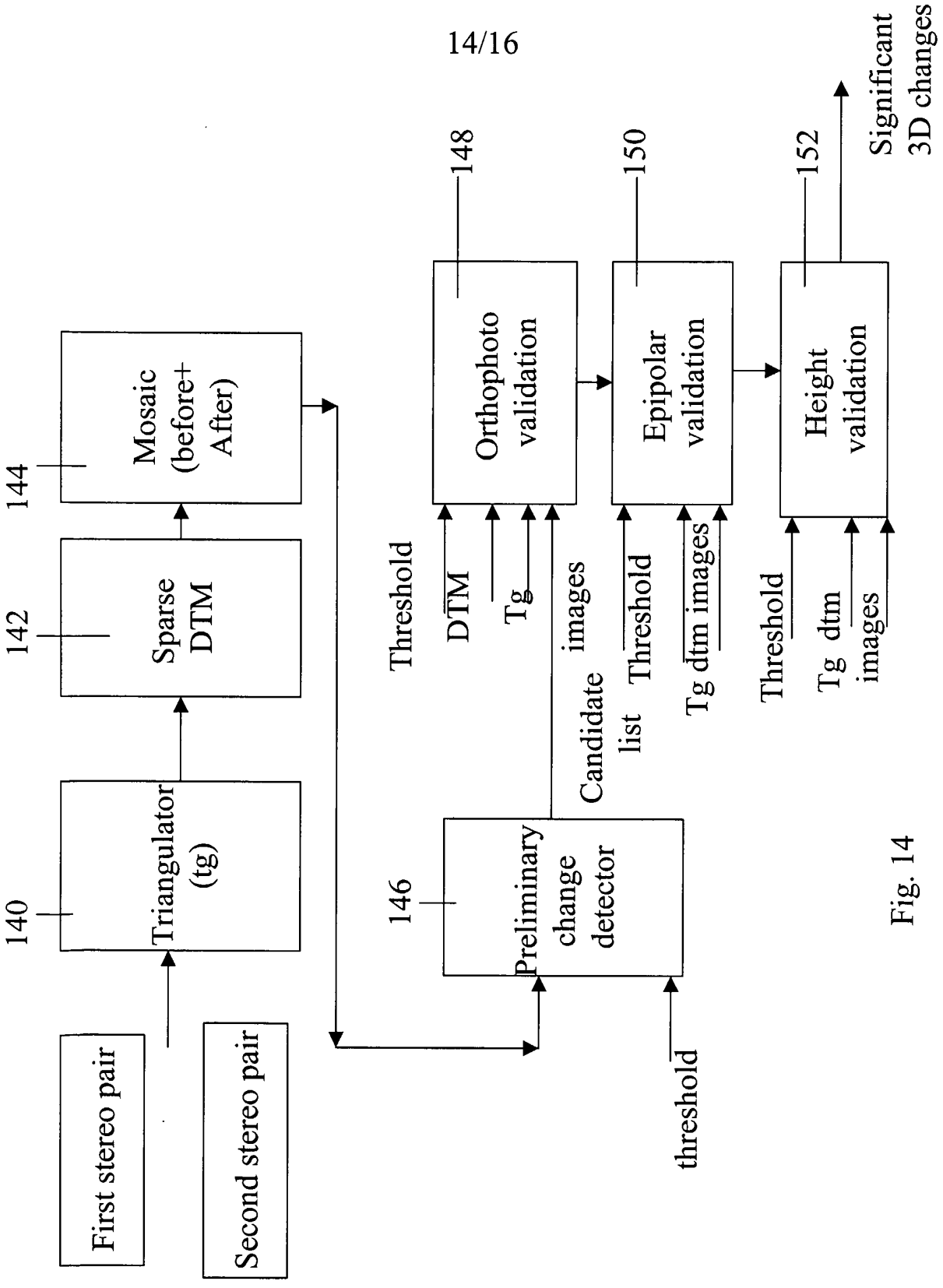

First stereo pair
Second stereo pair
140
Triangulator (tg)
142
Sparse DTM
144
Mosaic (before+ After)
146
Preliminary change detector
threshold
Candidate list
images
Threshold
DTM
Tg
148
Orthophoto validation
Threshold
Tg dtm images
150
Epipolar validation
Threshold
Tg dtm images
152
Height validation
Significant 3D changes

Fig. 14

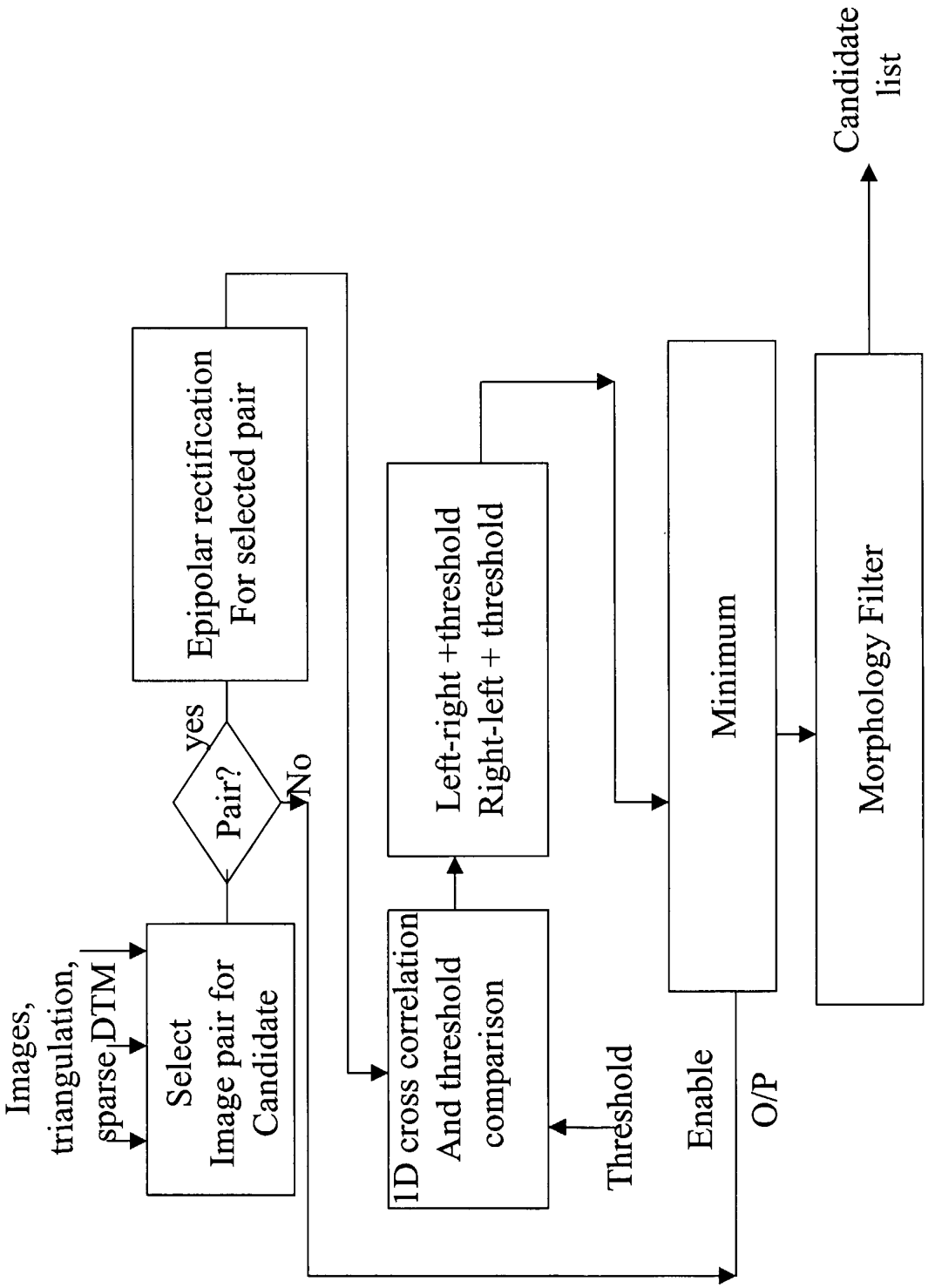

Images, triangulation, sparse DTM
Select Image pair for Candidate
Pair?
yes
No
Epipolar rectification For selected pair
1D cross correlation And threshold comparison
Left-right +threshold Right-left + threshold
Threshold
Minimum
Enable
O/P
Morphology Filter
Candidate list

Fig. 15

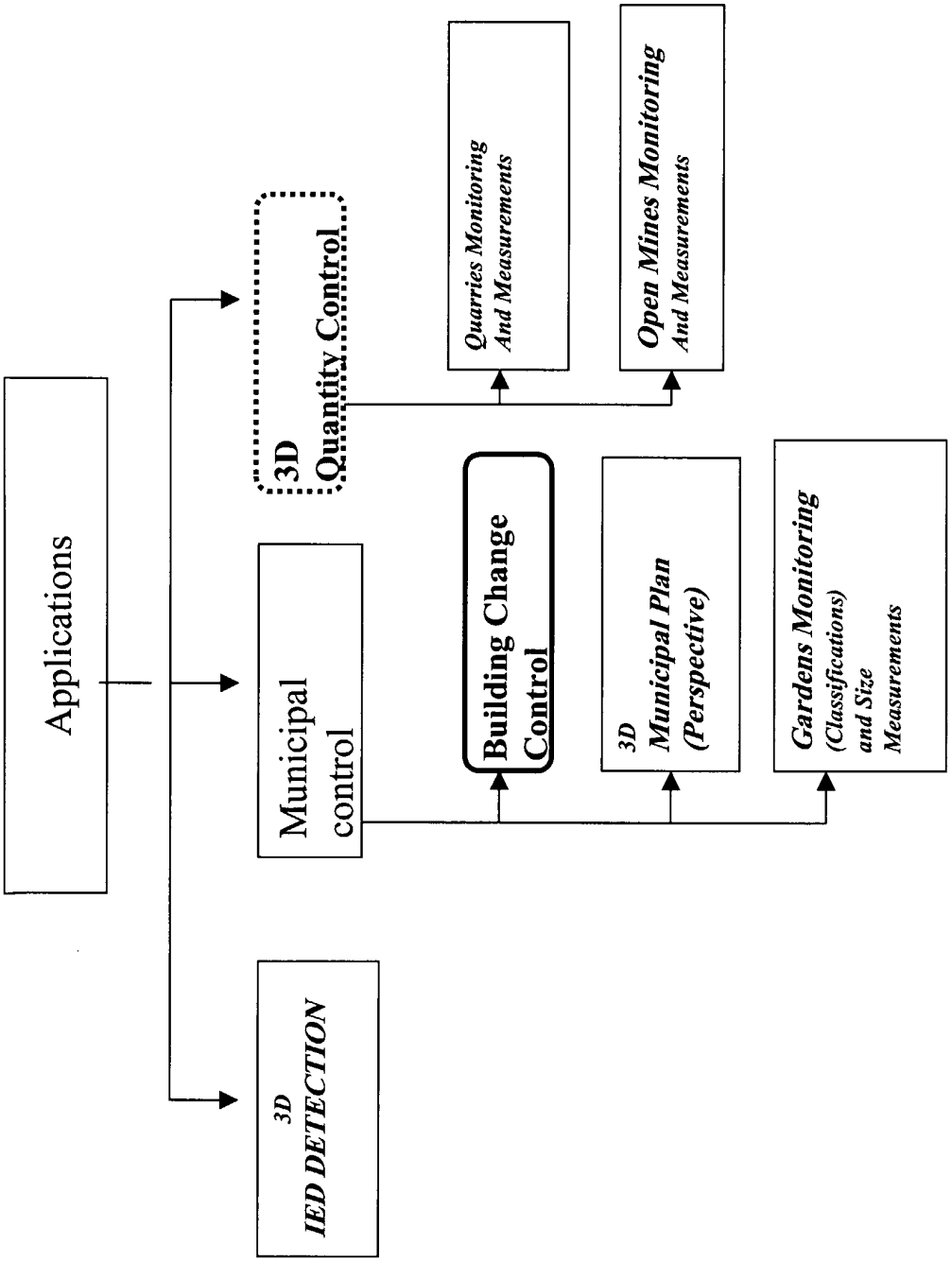

Applications
3D IED DETECTION
Municipal control
3D Quantity Control
Building Change Control
Quarries Monitoring And Measurements
Open Mines Monitoring And Measurements
3D Municipal Plan (Perspective)
Gardens Monitoring (Classifications) and Size Measurements

Fig. 16

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 310 077**
A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **88116091.5**

(51) Int. Cl.4: **G02B 27/00**

(22) Anmeldetag: **29.09.88**

(30) Priorität: **29.09.87 DE 8713077 U**
14.03.88 DE 3808406

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.04.89 Patentblatt 89/14

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI

(71) Anmelder: **Lettner, Wolfgang**
Mühlenbachstrasse 6
D-5376 Nettersheim-Engelgau(DE)

(72) Erfinder: **Lettner, Wolfgang**
Mühlenbachstrasse 6
D-5376 Nettersheim-Engelgau(DE)

(74) Vertreter: **Freischem, Werner, Dipl.-Ing.**
An Gross St. Martin 2
D-5000 Köln 1(DE)

(54) Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern.

(57) Es handelt sich um eine Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern (10) mit einem Gehäuse (31), in dem im Abstand von einer transparenten und 10 bis 50 % reflektierenden Scheibe (2) mindestens ein Bildträger (4,4',24) angeordnet ist, mit einem sich in der Scheibe (2) spiegelnden Bild oder Objekt, das für den Betrachter (9) als Luftbild (10) hinter der Scheibe (2) erscheint.

Als Bildträger sind Bildschirme von Videogeräten oder von Projektoren, Fernsehgeräte sowie dreidimensionale Objekte geeignet.

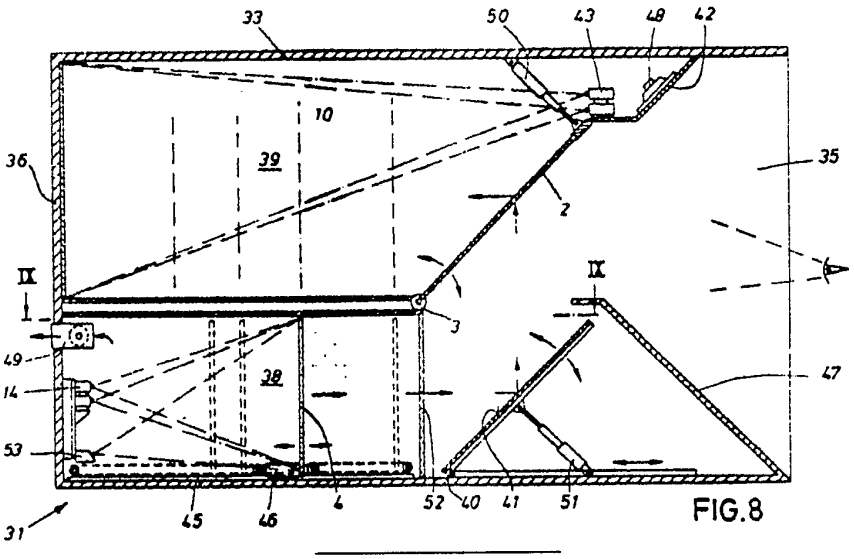


FIG.8

EP 0 310 077 A2

Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine derartige Luftbilder erzeugende Vorrichtung nach Art eines Displays auszubilden, so daß sie sowohl den zu zeigenden Bildern und Objekten als auch den örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden kann und auf Ausstellungen und Messen, in Schaufenstern, in Museen und dergleichen als Werbeträger, als Informationsstand und auch zur Unterhaltung Verwendung finden kann.

Die Vorrichtung nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch ein Gehäuse,
eine am Gehäuse um eine horizontale Achse schwenkbar und feststellbar befestigte transparente und 10 bis 50 % reflektierende Scheibe und
einen im Abstand von der Scheibe im Gehäuse angeordneten Bildträger mit einem sich in der Scheibe spiegelnden Bild.

Um eine relativ kompakte Vorrichtung zu erhalten und dennoch große Luftbilder zu erzeugen, ist zwischen dem Bildträger und der Scheibe eine Fresnel-Linse höheneinstellbar angeordnet. Als Bildträger kann ein Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Film- oder Diaprojektors dienen. Auch zweidimensionale Bilder erwecken als Luftbild den Eindruck eines dreidimensionalen Bildes, wenn bei der Video-oder Filmaufnahme nur das Objekt ohne Vordergrund und ohne Hintergrund von allen Seiten Aufgenommen wird. Dazu wird das auf dem Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Filmprojektors zu projizierende Objekt vor einem schwarzen Hintergrund als Horizont auf einer Drehbühne aufgebaut. Das Objekt wird durch Scheinwerfer mit fokussierbaren Optiken und Blendklappen ausgeleuchtet. Diese Einrichtung verhindert, daß Streulicht auf den schwarzen Hintergrund scheint und ermöglicht, daß ausschließlich das Objekt ausgeleuchtet ist. Über ein Lichtstellwerk werden die Scheinwerfer in der für die Ausleuchtung optimalen Intensität eingestellt. Eine Videokamera fährt während der Aufnahme das Objekt auf einem Schlitten von allen Seiten ab. Zusätzlich kann das Objekt während der Aufnahme sich in der Horizontalen und Vertikalen drehen. Nachdem das Objekt von sämtlichen Seiten von Tele bis in den Nah-Makrobereich gefilmt worden ist, wird das Videoband digital bearbeitet und mit sämtlich Trickmöglichkeiten der digitalen Bidltechnik versehen, die für eine interessante Luftbildprojektion erforderlich sind. Somit können die Luftbildner z.B. aus dem "Nichts" im Zoom im Raum angeflogen kommen, sich in sämtlichen Richtungen drehen, Gegenstände, als Luftbilder projiziert, werden plötzlich transparent, so daß man in das Innere sehen kann; Einzelteile fliegen heran und setzen sich zu dem Gegenstand zusammen, fliegen wieder auseinander und positionieren sich in verschiedenen Tiefen des Raumes.

Bei Schriften muß das Abbild des Gegenstandes auf dem Bildträger über einen Spiegel umgelenkt werden, da sonst die Schrift als Luftbild spiegelverkehrt erscheinen würde. Alternativ, ohne Spiegelumlenkung, kann die Schrift bei der Bildbearbeitung bereits spiegelverkehrt erstellt werden und projiziert sich dann als Luftbild in normal leserlicher Schrift.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist die Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern als eine relativ große, 3 bis 9 m breite und entsprechend tiefe Bühen ausgebildet, die aus leicht zusammensetzbaren Elementen auf Ausstellungen, Messen oder der gleichen aufgebaut werden kann. Diese Vorrichtung hat ein im wesentlichen kubisches Gehäuses mit einem Boden, einer Decke, zwei Seitenwänden und einer Rückwand, das an der Vorderseite zumindest im oberen Teil offen ist und das durch eine von der Rückwand bis zum mittleren Bereich des Gehäuses sich erstreckende, als Bühne dienende Zwischenwand in einen unteren Projektionsraum und einen oberen Bühnenraum unterteilt ist, wobei im Projektionsraum in Nähe der Rückwand mindestens ein Projektor und im Abstand davon ein durchscheinender Bildschirm angeordnet sind und vor dem Projektionsraum ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden verlaufende Achse geneigter Umlenkspiegel und über dem Umlenkspiegel eine gleichsinnig zum Umlenkspiegel geneigte transparente und 15 bis 30 % reflektierende Scheibe angeordnet sind. Der Umlenkspiegel sowie die durchsichtige und vorzugsweise 18 bis 25 % reflektierende Scheibe sind etwa im Winkel von 45 ° zur Horizontalen geneigt. Die Anordnung der transparenten und teilweise reflektierenden Scheibe ist derart, daß sie den Zuschauern den Blick auf die Bühne freigeben. Auf dieser Bühne können im Raum gestaffelt dreidimensionale Gegenstände. Personen und Luftbilder erscheinen, wobei die Personen und dreidimensionale Gegenstände unmittelbar auf der Bühne existieren, während die Luftbilder durch Spiegelung der transparenten Scheibe entstehen. Die Luftbilder werden durch Spiegelung von Video-, Film-, Diapositiv-, Lasergrafik- und Computergrafik-Projektionen im Projektionsraum erzeugt und vom Unlenkspiegel auf die durchsichtige und teilweise reflektierende Scheibe gespiegelt. Ferner können auch die Begrenzungwände der Bühne als diffus

reflektierende Projektionsflächen genutzt werden. Durch das Nebeneinander dreidimensionaler Gegenstände sowie zwei- oder dreidimensionaler Spiegelungen und deren räumliche Staffelung erscheinen dem Betrachter auch die an sich nur zweidimensionalen Luftbilder als dreidimensional. Es hat sich gezeigt, daß eine durchsichtige und etwa 20 bis 25 % reflektierende Scheibe die Luftbilder mit großer Schärfenabbildung und Lichtstärke wiedergibt, so daß eine Präsentation der Luftbilder auch in beleuchteten Räumen mit sehr guter Bildqualität möglich ist. Mit Hilfe dieser Vorrichtung ist es beispielsweise möglich, Gegenstände jeglicher Art vergrößert und auch verkleinert dreidimensional auf einer Bühne zu präsentieren. Auch kann beispielsweise das Abbild einer Person mit einem Video-Großbildprojektor auf den durchscheinenden Bildschirm projiziert und dieses Bild über den Umlenkspiegel auf die Bühne gespiegelt werden. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es möglich, Luftbilder in einer Show synchron zu Musik und Text zu projizieren. Es können tonnenschwere Geräte, die sich als Luftbilder im Raum drehen, auf die Bühne projiziert werden. Aufgrund einer speziellen Aufnahmetechnik haben diese Projektionen eine dreidimensionale Wirkung. Durch Computerbildbearbeitung im Aufnahmeverfahren ist es möglich, daß beispielsweise hunderte von winzigen Bildfragmenten scheinbar über die gesamte Bühnentiefe geflogen kommen und sich zu einer Einheit, zum Beispiel einem Ballettänzer, zusammensetzen. Dieser Ballettänzer beginnt dann zur Musik über die Bühne zu tanzen, während um ihn herum räumlich gestaffelte Bühnenbauten sich vielfach wechselnd als Luftbilder aufbauen.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen 5 bis 20, soweit die Vorrichtung nach Art eines Display ausgebildet ist, und aus den Patentansprüchen 21 bis 35, soweit die Vorrichtung als relativ große Bühne ausgebildet ist.

In der folgenden Beschreibung werden mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 eine Seitenschnittansicht einer displayartigen Vorrichtung nach der Erfindung mit Fernseh-Bildschirm,

Fig. 2 eine Vorderschnittansicht der Vorrichtung nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit Diaprojektor,

Fig. 4 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit Objektträger,

Fig. 5 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit Objektträger und Umlenkspiegel,

Fig. 6 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit Großbildprojektor,

Fig. 7 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer Vorrichtung mit parallel zur Scheibe angeordnetem Bildschirm eines Video-Großbildprojektors,

Fig. 8 eine Schnittansicht einer bühnenartig ausgebildeten Vorrichtung nach der Erfindung,

Fig. 9 eine Ansicht nach der Schnittlinie IX-IX in Fig. 8,

Fig. 10 eine der Fig. 9 entsprechende Ansicht einer Ausführungsform mit mehreren verschiebbaren Bildschirmen und Projektoren,

Fig. 11 die Staffelung der Luftbilder bei einer Einstellung der Bildschirme gemäß Fig. 10,

Fig. 12 eine Ansicht entsprechend Fig. 10 mit in einer Linie befindlichen Projektoren und Bildschirmen,

Fig. 13 die Stellung des Luftbildes auf der Bühne bei einer Einstellung der Vorrichtung gemäß Fig. 12,

Fig. 14 eine Draufsicht auf die Bühne,

Fig. 15 eine Prinzipskizze einer Vorrichtung gemäß der Erfindung mit verkürztem Projektionsraum.

Die nach Art eines Displays ausgebildete Vorrichtung weist ein Gehäuse 1 auf mit einer durchsichtigen, jedoch auch reflektierenden Scheibe 2, die um eine horizontale Achse 3 schwenkbar ist, um eine optimale Position zwischen einem in Gehäuse 1 untergebrachten Bildträger 4 und dem Betrachter des durch Spiegelung entstehenden Luftbildes 10 einnehmen zu können.

Auf der Scheibe 2 ist eine Spiegelschicht aufgebracht, die eine 10 bis 50 vorzugsweise 20 bis 30 prozentige Reflexion bewirkt. Daraus ergibt sich eine Transmission von 50 - 90 %.

Für das Auge 9 des Betrachters ist die durchsichtige Scheibe 2 wenig auffallend, so daß er in erster Linie das Luftbild 10 eines Bildes oder Objektes sieht, das auf dem Bildträger 4,4' oder 24 erscheint.

Der Bildträger kann ein Bildschirm eines Fernsehgerätes oder eines Projektors sein, er kann durchscheinend oder reflektierend sein und er kann auch von einem beleuchteten Objektträger gebildet sein, so daß das Objekt selbst in der Scheibe 2 als Luftbild 10 gespiegelt wird.

Das Gehäuse 1 ist innen komplett mit mattschwarzer Farbe, schwarzem Filz oder Samt oder ähnlichem lichtschluckenden Material ausgestattet. Das Gehäuse 1 ist auf Rollen fahrbar und wahlweise über eine Drehbühne um 360° drehbar.

An der Vorderseite des Displays ist ein Steuerpult 16 mit einer digitalen Tastatur angebracht, mit der der Betrachter die einzelnen, auf Videoband oder Bildplatte gespeicherten, Bildinformationen abrufen kann. Diese erscheinen dann als Luftbild. Eine Tonwiedergabeeinrichtung mit Stereoverstärker 19 und mit eingebauten Stereolautsprechern 17

oder als Alternative zu den Lautsprechern, Kopfhörer 18 ermöglichen eine akustische Untermalung synchron nach dem Bild, mit Musik und Text.

Bei der Vorrichtung nach Fig. 1 und 2 wird der Bildträger vom Bildschirm 4 eines Fernsehgerätes 5 gebildet, das zusammen mit einem Videorecorder 6 im Gehäuse 1 untergebracht ist. Zwischen dem Bildschirm 4 und der geneigten Scheibe 2 ist eine Fresnel-Linse 7 angeordnet, mit deren Hilfe das auf dem Bildschirm 4 erscheinende Bild vergrößert als Luftbild 10 gespiegelt wird. Die Fresnel-Linse 7 ist in einem Rahmen ge halten, der in einer Vertikalführung 21 verschiebbar ist. Mittels eines Verstellantriebes kann die Fresnel-Linse 7 vom Bildschirm 4 entfernt werden oder zum Bildschirm 4 hinbewegt werden. Dadurch entsteht für den Betrachter 9 der Eindruck, daß sich das Objekt, welches er als Luftbild 10 sieht und das durch die Verstellung der Fresnel-Linse 7 größer wird oder kleiner wird, auf ihn zu bewegt bzw. von ihm entfernt.

Der Verstellantrieb für die Fresnel-Linse 7 kann durch einen Elektromotor bewirkt werden. Wird beispielsweise ein Schrittmotor eingesetzt, so kann die Bewegung der Fresnel-Linse auch programmiert werden.

Zwischen Fresnel-Linse 7 und der Scheibe 2 sind zwei gegeneinander verstellbare Polarisationsfilter 11 angeordnet. Mit Hilfe dieser um eine vertikale Achse drehbaren Polarisationsfilter 11 erreicht man, daß die Lichtintensität bei zu hellen Bildmotiven auf dem Bildträger abgeschwächt werden kann.

Ferner ist zwischen Fresnel-Linse 7 und der Scheibe 2 ein Kontrastfilter 12 angeordnet, welches verhindert, daß sich die Fresnel-Linse 7 in der Scheibe 2 spiegelt. Die von Streulicht bewirkten Lichtreflexe können mit Hilfe dieses Kontrastfilters 12 eliminiert werden. Das Kontrastfilter 12 ist zweckmäßigerweise in bezug auf den Abstand zur Fresnel-Linse 7 sowie in seiner Neigung einstellbar und feststellbar.

Zwischen dem Bildschirm 4 und der Fresnel-Linse 7 ist noch eine Lochblende 8 angeordnet, die vertikal verstellbar ist.

Zweckmäßigerweise sind der Bildschirm 4, die Lochblende 8, die Fresnel-Linse 7 sowie die Filter 11 und 12 unabhängig voneinander in der Vertikalführung 21 höheneinstellbar. Ferner ist es auch vorteilhaft, wenn die als Display ausgebildete Vorrichtung auch eine in ihrer Höhe einstellbare Scheibe 2 aufweist, so daß die Vorrichtung jeweils den örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden kann.

Zur Kühlung der Wärme abgebenden Einrichtungen ist im Gehäuse 1 ein Luftgebläse 13 angeordnet sowie ein Lufteinlaß 22.

Wie die Fig. 1 zeigt, kann die Scheibe 2 an ihrer unteren Kante verschwenkbar mit dem Gehäuse 1 verbunden sein. Fig. 2 zeigt, daß die Scheibe 2 um eine Mittelachse 3' schwenkbar und feststellbar in Gehäuse 1 gehalten ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist der Bildschirm 4 eines Fernsehgerätes 5 ersetzt durch einen Bildschirm 4', auf den ein Projektor 14 über den einstellbaren Spiegel 15 ein Bild auf den Bildschirm 4' projiziert. Der Bildschirm 4' kann in einem Rahmen gehalten sein, der vertikal verschiebbar in der Vertikalführung 21 gehalten ist. Ein Dia-Überblendsteuergerät 20 kann die Bildfolge des Projektionsgerätes 14 steuern.

Die Vorrichtung nach Fig. 4 dient der Projektion von Objekten 23 als dreidimensionale Luftbilder 10. Anstelle des Bildschirmes 4 bzw. 4' ist ein Objektträger 24 vorgesehen, der ein Objekt 23 aufnimmt, das von mehreren Scheinwerfern 25 beleuchtet wird. Der Objektträger 24 ist um eine vertikale Achse 26 drehbar und mittels einer Hub- und Senkvorrichtung 28 höheneinstellbar. Zur Repräsentation der Objekte 23 ist es vorteilhaft, wenn der Objektträger 24 elektromechanisch oder hydraulisch gehoben, abgesenkt, gedreht oder gekippt werden kann. Der Objektträger 24 ist zweckmäßigerweise mit Befestigungseinrichtungen ausgerüstet, mit denen das Objekt 23 festgehalten werden kann, ohne daß diese Befestigungseinrichtungen sichtbar werden.

Die Scheinwerfer 25 sind rund um das Objekt 23 angeordnet, sie sind verschwenkbar gehalten, so daß sie einzeln ausgerichtet werden können. Die Scheinwerfer 25 können mit optischen Systemen ausgestattet sein, welche den Scheinwerferkegel verkleinern oder vergrößern. Ferner können die Scheinwerfer 25 mit Masken ausgestattet sein, um den Lichtkegel in seiner Form zu verändern. Ferner können die Scheinwerfer mit Blendkappen versehen sein, um störendes Streulicht abzublenden.

Mit Hilfe eines Lichtcomputers können die Lichtintensitätsstufen der Scheinwerfer vorprogrammiert werden und synchron zum Bildprogramm und Tonprogramm abgerufen werden. Zwischen Objektträger 24 und Fresnel-Linse 7 befindet sich eine Lochblende 8, die vertikal einstellbar ist und dafür sorgt, daß nur das Objekt 23 auf der Linse 7 abgebildet wird und kein störendes Umfeldlicht.

Durch Drehen, Kippen oder Höhenverstellung des Objektträgers 24 ist es dem Betrachter möglich, das Objekt 23 als dreidimensionales Luftbild 10 von sämtlichen Seiten zu betrachten. Der Drehantrieb 27 des Objektträgers 24 sowie der Hubantrieb und Kippantrieb des Objektträgers 24 können vom Steuerpult 16 entweder vom Betrachter selbst oder über ein Programm gesteuert werden. Der Betrachter hat die Möglichkeit, durch Veränderung seines Blickwinkels das als Luftbild 10 erscheinende Objekt 23 von links und rechts, von oben und unten zu sehen. Durch Bedienung von Tasten oder

eines Steuerknüppels am Steuerpult 16 kann er die Dreh- und Kippbewegungen des Objektträgers 24 und damit auch des Luftbildes 10 selbst steuern.

Die Vorrichtung nach Fig. 5 entspricht weitgehend der Vorrichtung nach Fig. 4, jedoch ist hier unter der Fresnel-Linse 7 ein nach Höhe und Neigung einstellbarer Umlenkspiegel 29 angeordnet und neben dem Umlenkspiegel 29 ein Bildträger bzw. ein Objektträger 24 angeordnet. Der Umlenspiegel reflektiert das Bild des Objektes 23 durch die Fresnel-Linse 7 auf die Scheibe 2, so daß ein Luftbild 10 für das Auge 9 des Betrachters erscheint.

Bei den Ausführungsformen nach den Fig. 6 und 7 entfällt die Fresnel-Linse 7, weil als Bildträger ein relativ großer, reflektierender Bildschirm 4' eines Video-Großbildprojektors 14' Verwendung findet. Der Großbildprojektor 14' ist im oberen Teil des Gehäuses 1 entweder oberhalb oder unterhalb der Scheibe 2 angeordnet.

Die Vorrichtung zur Erzeugung durch Spiegelung entstehenden Luftbildern gemäß Fig. 8 weist ein im wesentlichen kubisches Gehäuses 31 mit einem Boden 32, einer Decke 33, zwei Seitenwänden 34 und 35 und eine Rückwand 36 auf. An der Vorderseite ist das Gehäuse 31 zumindest im oberen Teil offen, so daß für den Betrachter die Sicht auf den Bühnenraum 39 freibleibt. Das Gehäuse 31 ist durch eine von der Rückwand 36 bis zum mittleren Bereich des Gehäuses 31 sich erstrekkende Zwischenwand 37 in den oberen Bühnenraum 39 und den unteren Projektionsraum 38 unterteilt. Im Projektionsraum 38 sind mindestens ein Projektor 14 und im Abstand davon ein durchscheinender Bildschirm 4 angeordnet. Vor dem Projektionsraum 38 ist ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden 34 und 35 verlaufende Achse 40 geneigter Umlenkspiegel 41 angeordnet, der das auf dem Bildschirm 4 erscheinende Bild nach oben spiegelt. Über dem Umlenkspiegel 41 befindet sich eine gleichsinnig zum Umlenkspiegel 41 geneigte durchsichtige Scheibe 2, die so beschichtet ist, daß sie vorzugsweise 15 bis 25 % des auffallenden Lichtes zu den Betrachtern hin reflektiert. Das auf den Bildschirm 4 pro jizierte Bild erscheint für den Betrachter als Luftbild 10 auf der Bühne 37. Damit diese Luftbilder in der Höhe nach genau eingestellt werden können, ist der Umlenkspiegel 41 um die Achse 40 schwenkbar und feststellbar. Dazu dient eine vorzugsweise hydraulisch arbeitende Kolben-Zylinder-Einheit 51. Auch die Neigung der durchsichtigen und teilweise reflektierenden Scheibe 2 ist um die Achse 3 schwenkbar mit Hilfe einer Kolben-Zylinder-Einheit 50.

Am oberen Rand der durchsichtigen Scheibe 2 ist ein parallel zu diesem Rand von Seitenwand 34 zur Seitenwand 35 verlaufender Träger 42 angeordnet, der zur Aufnahme von Projektoren 43 und Lautsprechern 48 dient. Mit Hilfe des oder der Projektoren 43 kann auf die als diffus reflektierende Fläche ausgebildete Rückwand 36 eine Landschaft, eine Stadtsilhuette und entsprechende Bilder projiziert werden, die den Bühnenhintergrund bilden.

Um die Luftbilder 10 in den unterschiedlichen Tiefen im Bühnenraum 39 erscheinen zu lassen, ist der Abstand des Bildschirmes 4 vom Umlenkspiegel 41 veränderbar. Je näher der Bildschirm 4 am Umlenkspiegel 41 steht, umso mehr rückt das Luftbild 10 zur vorderen Kante der Bühne 37 hin und je mehr sich der Bildschirm der Rückwand 36 nähert, umso tiefer erscheint das Luftbild auf der Bühne 37.

Wie die Fig. 9 und 10 zeigen, sind in Projektionsraum 38 nebeneinander mehrere, unabhängig voneinander einstellbare Bildschirme 4a bis 4h und dazugehörige Projektoren 14a bis 14h angeordnet. Die Bildschirme 4a bis 4h befinden sich auf Wagen 44 bzw. Schlitten, die entlang den Schienen 45 vor- und zurückfahrbar sind. Der Antrieb dieser Wagen 44 erfolgt über Schrittmotoren 46, welche beispielsweise mittels eines Zahnriemens 54 die Wagen 44 auf den Schienen 45 vor- und zurückbewegen. Die Schrittmotoren 46 werden in Vor- und Rücklauf sowie in der Drehzahl computergesteuert. Je nach Bedarf kann auf einem oder mehreren der Wagen 44 der Bildschirm 4 entfallen und stattdessen ein von Scheinwerfern beleuchteter Gegenstand auf dem Wagen angeordnet werden, der dann als dreidimensionales Luftbild im Bühnenraum 39 erscheint. Mit Hilfe der computergesteuert verschiebbaren Wagen 44 ist es möglich, durch räumliche Veränderung der Bildträger bzw. der Bildschirme 4a bis 4h die Luftbilder in jeder Tiefe des Bühnenraumes 39 gestaffelt erscheinen zu lassen. Ferner ist es möglich, diese Luftbilder aus der Tiefe des Raumes in den Vordergrund und zurück fliegen zu lassen. Die Luftbilder 10 können gemäß den Fig. 10 und 11 in der Tiefe des Bühnenraumes 39 gestaffelt erscheinen oder, wie die Fig. 12 und 13 zeigen, in einer Ebene aufgereiht projiziert werden.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 8 und Fig. 9 sind auf den Wagen 44 nur die Bildschirme 4 bzw. 4a bis 4h installiert, während die Projektoren, wie Diaprojektoren, Filmprojektoren stationär an der Rückwand 36 angeordnet sind. Bei dieser Anordnung müssen die Objektive der Projektoren computergesteuert automatisch nachgestellt werden, sobald sich der Abstand des Bildschirmes vom Projektor verändert. Lediglich bei einem Lasergrafikprojektor wäre eine derartig veränderbare Optik nicht erforderlich, weil dort die Bildgröße automatisch eingestellt wird. Bei einem Video-Großbildprojektor ist es am einfachsten, diesen stationär zum zugehörigen Bildschirm anzuordnen. Wie die Fig. 10 und 12 zeigen, können alle Projektoren 14a bis

14h im festen Abstand zum zugehörigen Bildschirm 4a bis 4h auf den Wagen 44 befestigt werden.

Es ist selbstverständlich auch möglich, den Projektionsraum 38 mit Wagen 44 auszurüsten, die teils nur einen Bildschirm tragen und bei denen der zugehörige Projektor in Nähe der Rückwand 36 angeordnet ist und teils einen Bildschirm und den zugehörigen Projektor tragen.

Als Bildträger kommen insbesondere Kunststoff-Rückprojektionsscheiben infrage, die bei hoher Lichthelligkeit kein verstärktes Lichtfeld in der Mitte des Bildschirmes aufweisen, damit bei Veränderung des Betrachterstandpunktes das Bild in seiner Helligkeit voll erhalten bleibt.

Um eine optimale Bildqualität der Luftbilder 10 zu erzielen, sollte das Reflexionsvermögen der durchsichtigen Scheibe 2 zwischen 15 und 25 % liegen. Ist die Reflexion zu stark, ist die Transparenz der Scheibe nicht mehr gewährleistet. Man erreicht zwar damit eine hohe Brillanz des gespiegelten Bildes, jedoch geht dabei der Eindruck verloren, daß der sich spiegelnde Gegenstand im Raum schwebt. Die Neigung der durchsichtigen und teilweise reflektierenden Scheibe beträgt 40 bis 45 °. Zwar lassen sich auch Luftbilder präsentieren bei einer Neigung der durchsichtigen Scheibe bei 30° oder auch 50°, bei dieser Neigung schweben die Bilder meist zu hoch an der Decke oder zu tief auf dem Bühnenboden und die Bilder stehen nicht mehr senkrecht, sie kippen nach vorne oder hinten. Für die Feineinstellung ist die durchsichtige Scheibe sowie auch der Umlenkspiegel hydraulisch oder elektromotorisch einstellbar. Auch ist der umlenkspiegel zum Einstellen einer optimalen Präsentation der Luftbilder vor-und zurückfahrbar. Die Bühne 37 kann zur Repräsentation von Originalprodukten mit einer Drehbühne ausgestattet werden, so daß die Präsentation von Originalprodukten mit der Präsentation von Luftbildern kombiniert werden kann.

Wie die Fig. 14 zeigt, kann der Bühnenraum im Bereich der Rückwand 36 sowie an den Seitenwänden 34 und 35 mit diffus reflektierenden Aufprojektionswänden 55,56 und 57 versehen sein. Diese Projektionswände können, wie dargestellt, rechtwinklig zueinander stehen, sie können aber auch bogenförmig oder trapezförmig angeordnet sein. Auf diese Projektionswände können mittels Filmprojektor, Diaprojektor, Video-Großbildprojektor oder Lasercomputergrafikprojektor Bilder pro jiziert werden, die in ihrer Helligkeit hinter den Luftbildern zurücktreten und die nicht nur einen Hintergrund bilden, sondern welche die beim Erzeugen der Luftbilder entstehenden Lichtreflexe eliminieren. Der als Luftbild projizierte Gegenstand erscheint dadurch mit klarer Kontur und Schärfe frei im Raum. Zusätzlich wird zur Beseitigung von störenden Lichtfeldern zwischen Projektionsraum 38 und Umlenkspiegel 41 eine sich über die gesamte Breite des Projektionsschachtes erstreckende Kontrastscheibe 52 eingebaut. Der Projektionsraum 38 ist mit lichtschluckendem Material, beispielsweise schwarzen Filz, ausgekleidet.

Das Gehäuse 31 mit der gesamten technischen Einrichtung ist aus leicht zusammenfügbaren Elementen zusammengesetzt, die im zusammengelegten Zustand einen oder zwei normgerechte Container bilden. Diese Bauelemente können an Ausstellungen oder Messen zusammengesetzt und über Steckdosen und andere Steckverbindungen an das Stromnetz und ggf. an das Wassernetz zur Laserkühlung angeschlossen werden.

Ein Zentralcomputer steuert die komplette Präsentation der Luftbilder nach einem vorher erstellten Programm synchron zu Musik und Text.

Die Ausführungsform nach Fig. 15 zeigt eine Apparatur mit verkürzter Bühne und verkürztem Projektionsraum. Hier ist unterhalb des Umlenkspiegels 41 ein Projektor 60 vorgesehen, der auf eine Aufprojektionswand 61 projiziert, die im Abstand zum Projektor 60 veränderbar ist.

Um den Umlenkspiegel 41 bei großen Bühnenbreiten von beispielsweise 9 m zusammensetzen zu können, muß der Spiegel ein an der Oberfläche reflektierender Oberflächenspiegel sein. In diesem Fall tritt die Fuge zwischen den Spiegeln optisch nicht in Erscheinung.

Zweckmäßigerweise ist mindestens einer der Projektoren 43 bzw. 14 parallel zur Scheibe 2 verfahrbar, so daß auf dem Bühnenraum 39 für den Betrachter ein von links nach rechts oder von rechts nach links sich bewegendes Luftbild 10 oder auf die Rückwand 36 projiziertes Bild entsteht. Ein fast gleicher Effekt läßt sich erzielen, wenn mindestens ein Projektor 43 um eine vertikale Achse über einen Verstellantrieb verschwenkbar ist.

Bezugszeichenliste:

1 Gehäuse
2 Scheibe
3 Achse
4,4' Bildschirm
5 Fernsehgerät
6 Videorecorder
7 Fresnel-Linse
8 Lochblende
9 Auge des Betrachters
10 Luftbild
11 Polarisationsfilter
12 Kontrastscheibe
13 Lüftungsgebläse
14,14' Projektionsgerät
15 Spiegel

16 Steuerpult
17 Lautsprecher
18 Kopfhörer
19 Stereoverstärker
20 Dia-Überblendsteuergerät
21 Vertikalführung
22 Lufteinlaß
23 Objekt
24 Objektträger
25 Scheinwerfer
26 Achse
27 Drehantrieb
28 Hub- und Senkvorrichtung
29 Umlenkspiegel
30 Lochblende
31 Gehäuse
32 Boden
33 Decke
34 Seitenwand
35 Seitenwand
36 Rückwand
37 Zwischendecke, Bühne
38 Projektionsraum
39 Bühnenraum
40 Achse
41 Umlenkspiegel
42 Träger
43 Projektor
44 Wagen, Schlitten
45 Schiene
46 Antrieb, Schrittmotor
47 Sichtblende, Abweiser
48 Lautsprecher
49 Ventilator, Gebläse
50 Kolben-Zylinder-Einheit
51 Kolben-Zylinder-Einheit
52 Kontrastscheibe
53 Video-Gropbildprojektor
54 Zahnriemen
55 Aufprojektionswand
56 Aufprojektionswand
57 Aufprojektionswand
58 Projektor
59 Projektor
60 Projektor
61 Aufprojektionswand

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern, gekennzeichnet durch
ein Gehäuse (1), dessen Wände innen mit lichtschluckendem Material versehen sind,
eine oberhalb des Gehäuses (1) angebrachte transparente und 10 bis 50 % reflektierende Scheibe (2), die um eine horizontale Achse (3) schwenkbar und feststellbar ist und
einen im Abstand von der Scheibe (2) im Gehäuse (1) angeordneten Bildträger (4,4′, 24), mit einem sich in der Scheibe (2) spiegelnden Bild oder Objekt, das für den Betrachter (9) als Luftbild (10) hinter der Scheibe (2) erscheint.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Scheibe (2) und Bildträger (4) eine Fresnel-Linse (7) höheneinstellbar angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Bildträger (4,4′,24) und Fresnel-Linse (7) eine einstellbare Lochblende (8) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildträger (4,4′,24) höheneinstellbar und um eine zur Achse (30 parallelen Achse schwenkbar im Gehäuse (1) angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zu beiden Seiten des Bildträgers (4, 4′,24) und der Fresnel-Linse (7) eine Vertikalführung (21) angeordnet ist und der Bildträger (4,4′,24) und die Fresnel-Linse (7) unabhängig voneinander entlang dieser Vertikalführungen (21) mittels eines Verstellantriebes einstellbar sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Fresnel-Linse (7) ein nach Höhe und Neigung einstellbarer Umlenkspiegel (29) und neben dem Umlenkspiegel (29) der Bildträger (4,4′,24) angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Umlenkspiegel (29) und dem auf dem Bildträger (24) befindlichen Objekt (23) eine einstellbare Lochblende (30) angeordnet ist.

8. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch ein im wesentlichen kubisches Gehäuse (31) mit einem Boden (32), einer Decke (33), zwei Seitenwänden (34,35) und einer Rückwand (36), das an der Vorderseite zumindest im oberen Teil offen ist und das durch eine von der Rückwand (36) bis zum mittleren Bereich des Gehäuses (31) sich erstreckende Zwischenwand (37) in einem unteren Projektionsraum (38) und einen oberen Bühnenraum (39) unterteilt ist, wobei im Projektionsraum (38) mindestens ein Projektor (14) und im Abstand davon ein Bildschirm (4) angeordnet sind und vor dem Projektionsraum (38) ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden (34,35) verlaufende Achse (40) geneigter Umlenkspiegel (41) und über dem Umlenkspiegel (41) eine gleichsinnig

zum Umlenkspiegel (41) geneigte, transparente und 15 bis 30% reflektierende Scheibe (2) angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe (2) und der Umlenkspiegel (41) um parallele Achsen (3,40) einstellbar und feststellbar sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb des oberen Randes der Scheibe (2) ein parallel zu diesem Rand von Seitenwand (34) zur Seiten wand (35) verlaufender Träger (42) angeordnet ist zur Aufnahme von Projektoren (43) und daß die Rückwand (36) als diffus reflektierende Fläche ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, gekennzeichnet durch mehrere nebeneinander angeordnete und unabhängig voneinander einstellbare Bildschirme (4a - 4h) und dazugehörige Projektoren (14a - 14 h).

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildschirme (4a - 4h) je auf einem Wagen (44) angeordnet sind, der verschiebbar und antreibbar am Boden des Projektionsraumes (38) auf Schienen (45) geführt ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der dem Bildschirm (4a - 4h) zugeordnete Projektor (14a - 14h) im Abstand vom Bildschirm auf dem Wagen (44) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel (41) ein an der Oberfläche spiegelnder Oberflächenspiegel ist, der mindestens einmal unterteilt ist und die Teilstücke ($41'$, $41''$, $41'''$, $41''''$) des Umlenkspiegels unabhängig voneinander in ihrer Neigung einstellbar sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Projektor (14 oder 43) parallel zur Scheibe (2) verfahrbar ist.

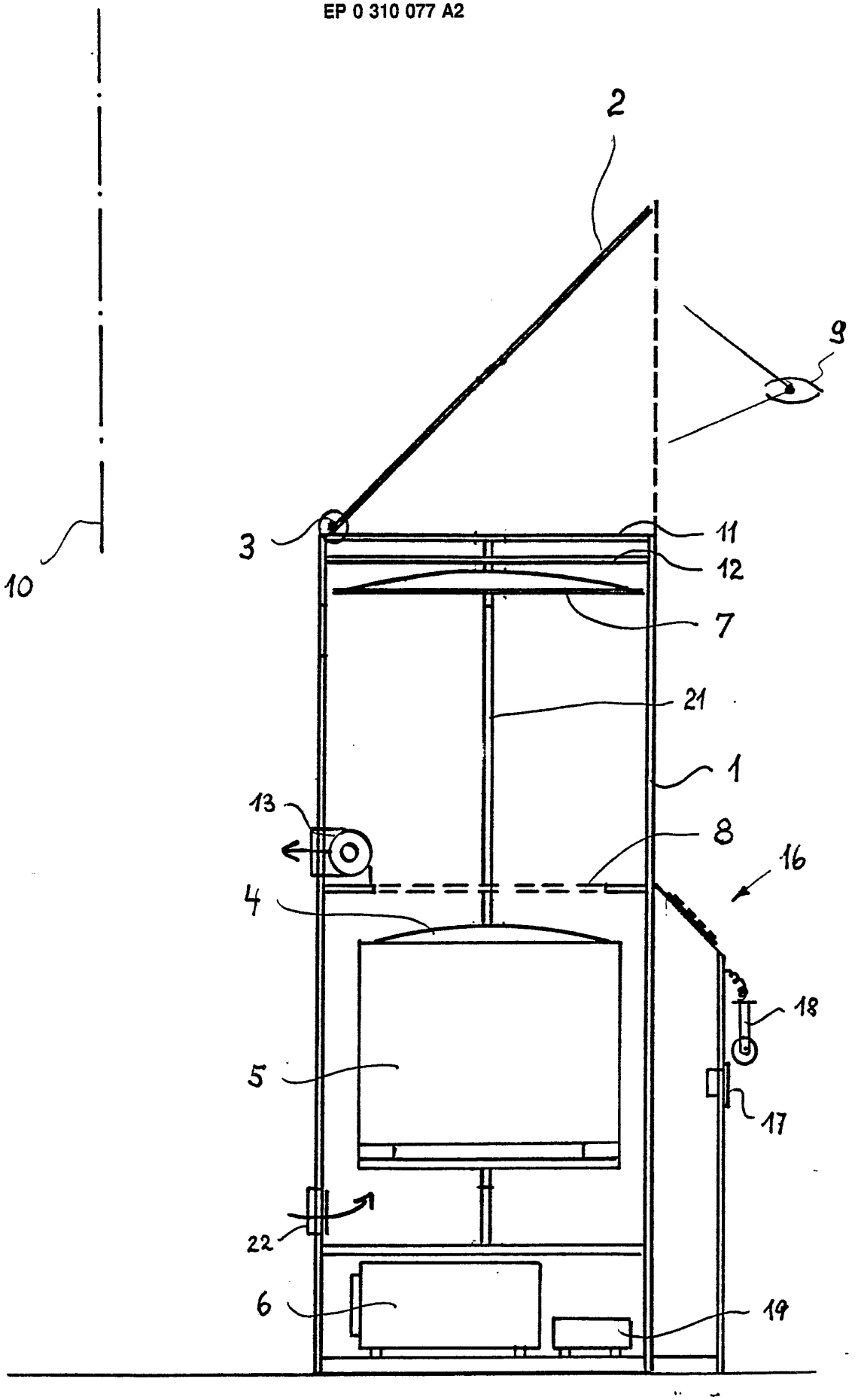


FIG.1

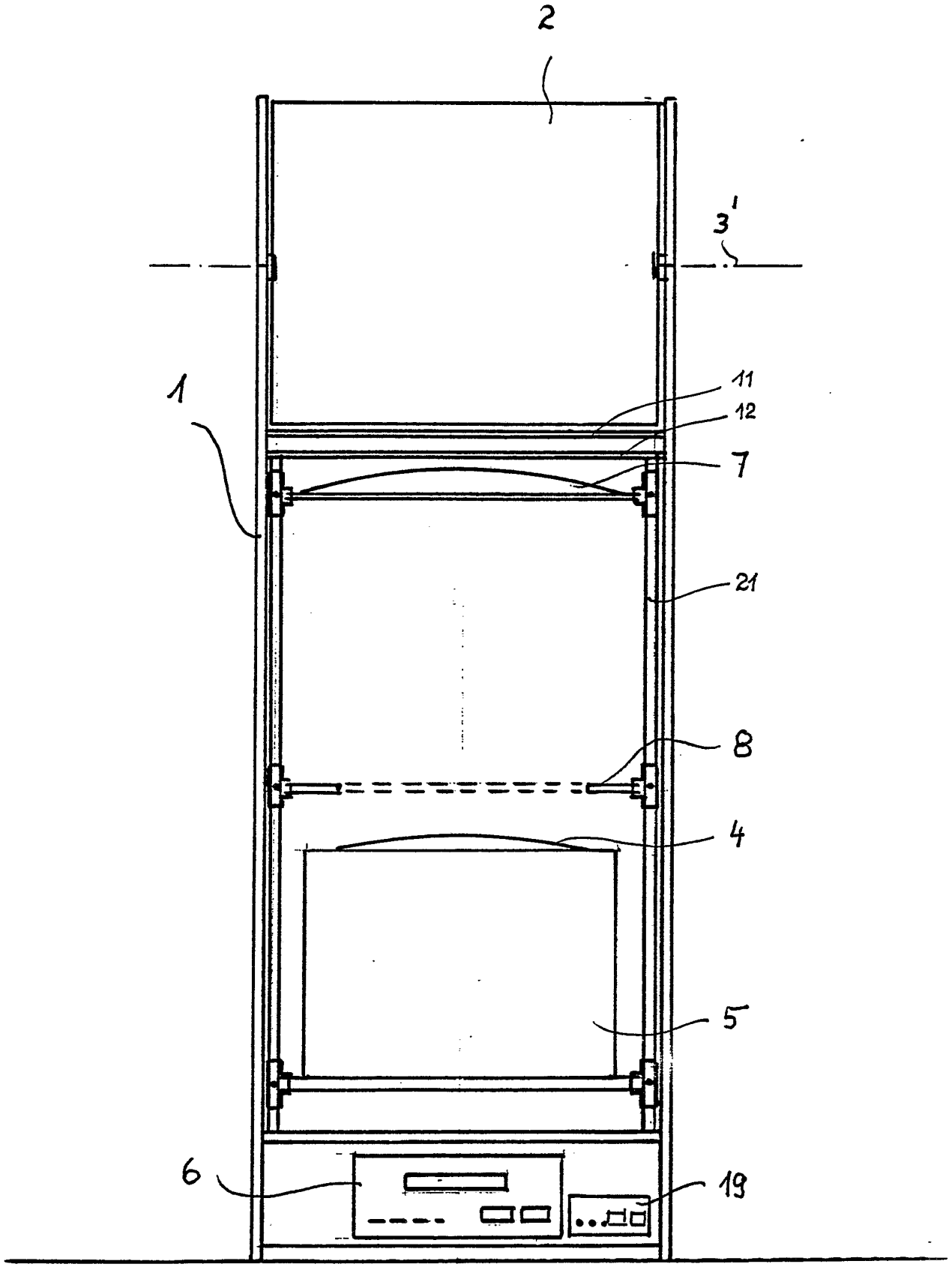


FIG.2

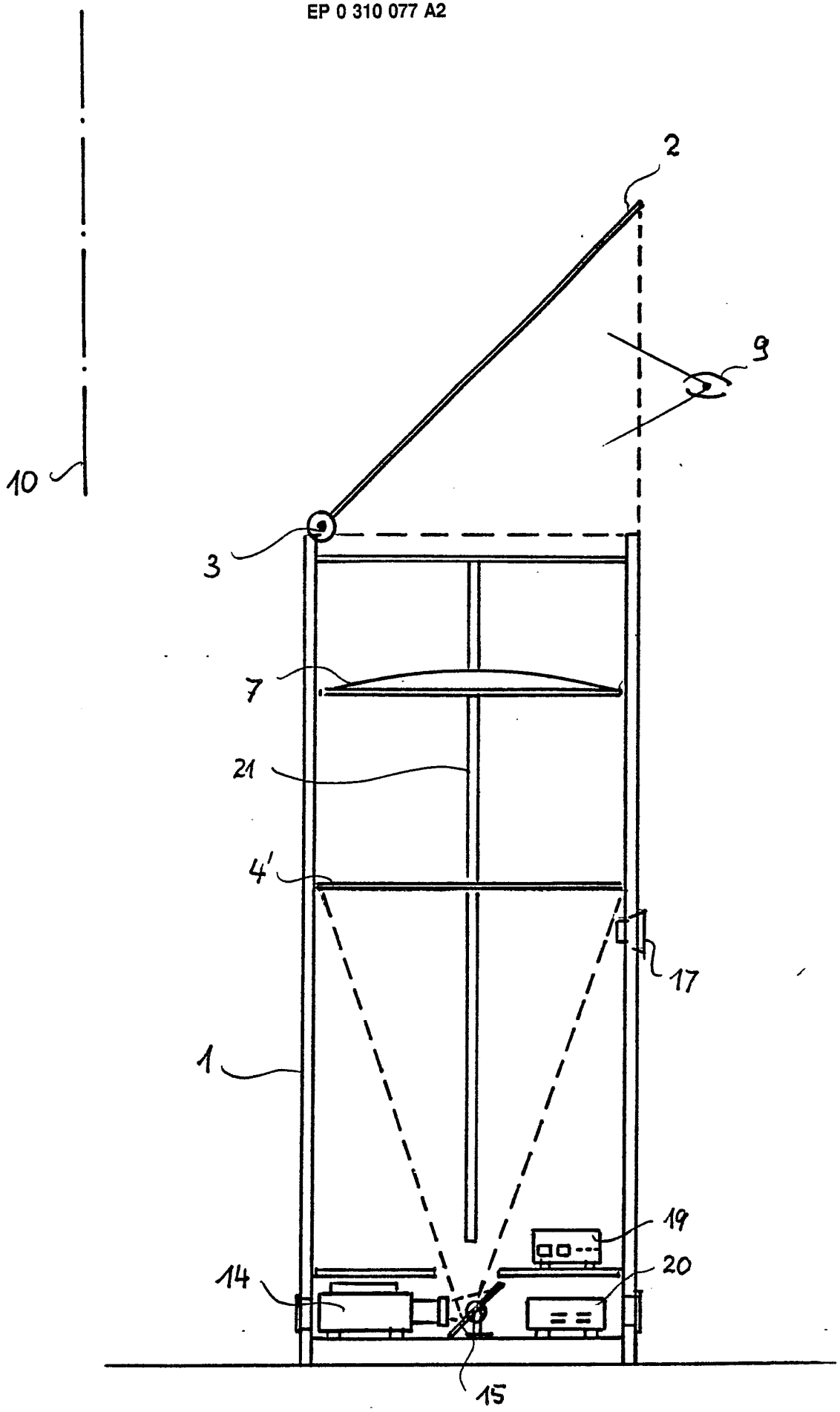


FIG. 3

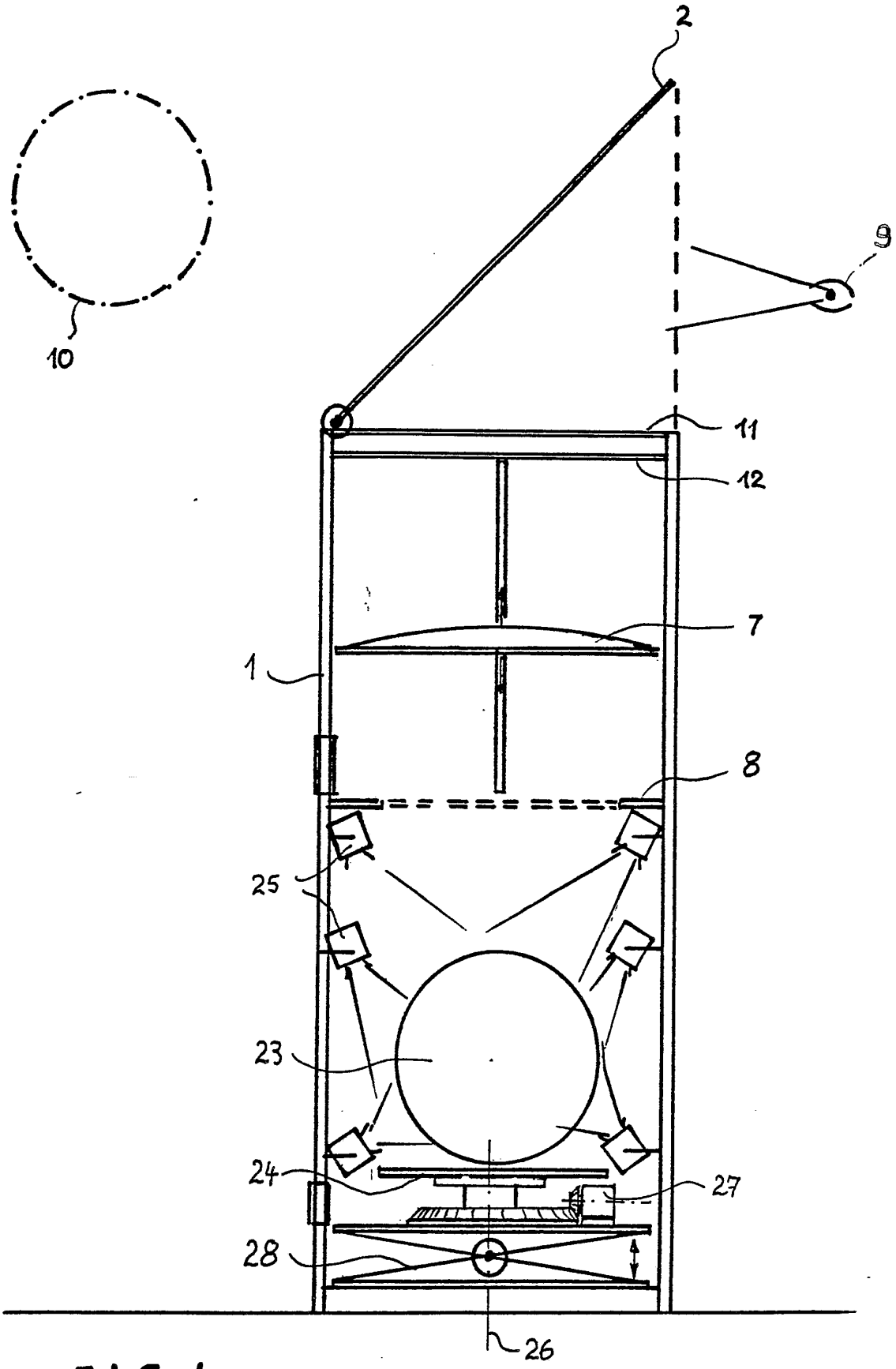


FIG. 4

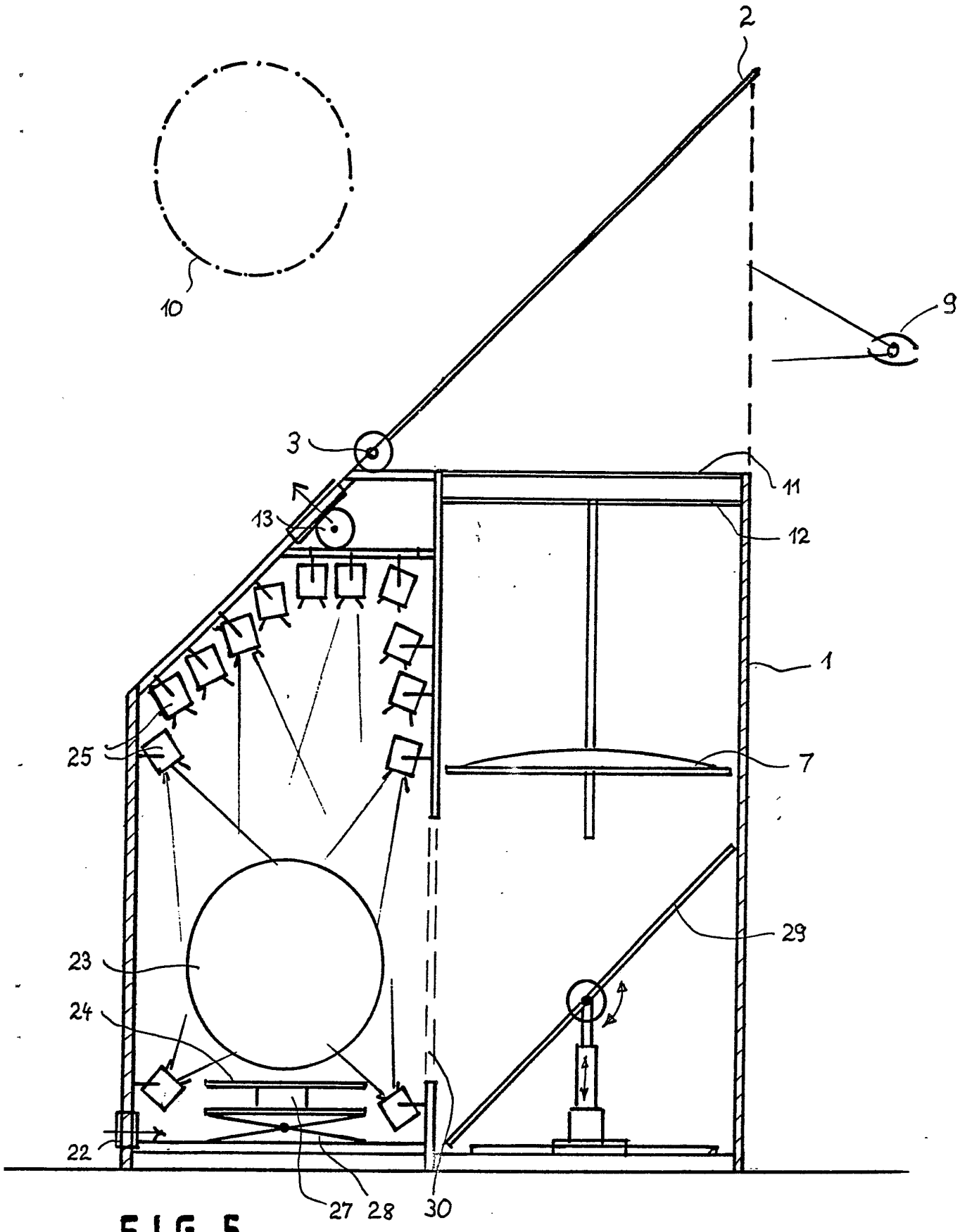


FIG. 5

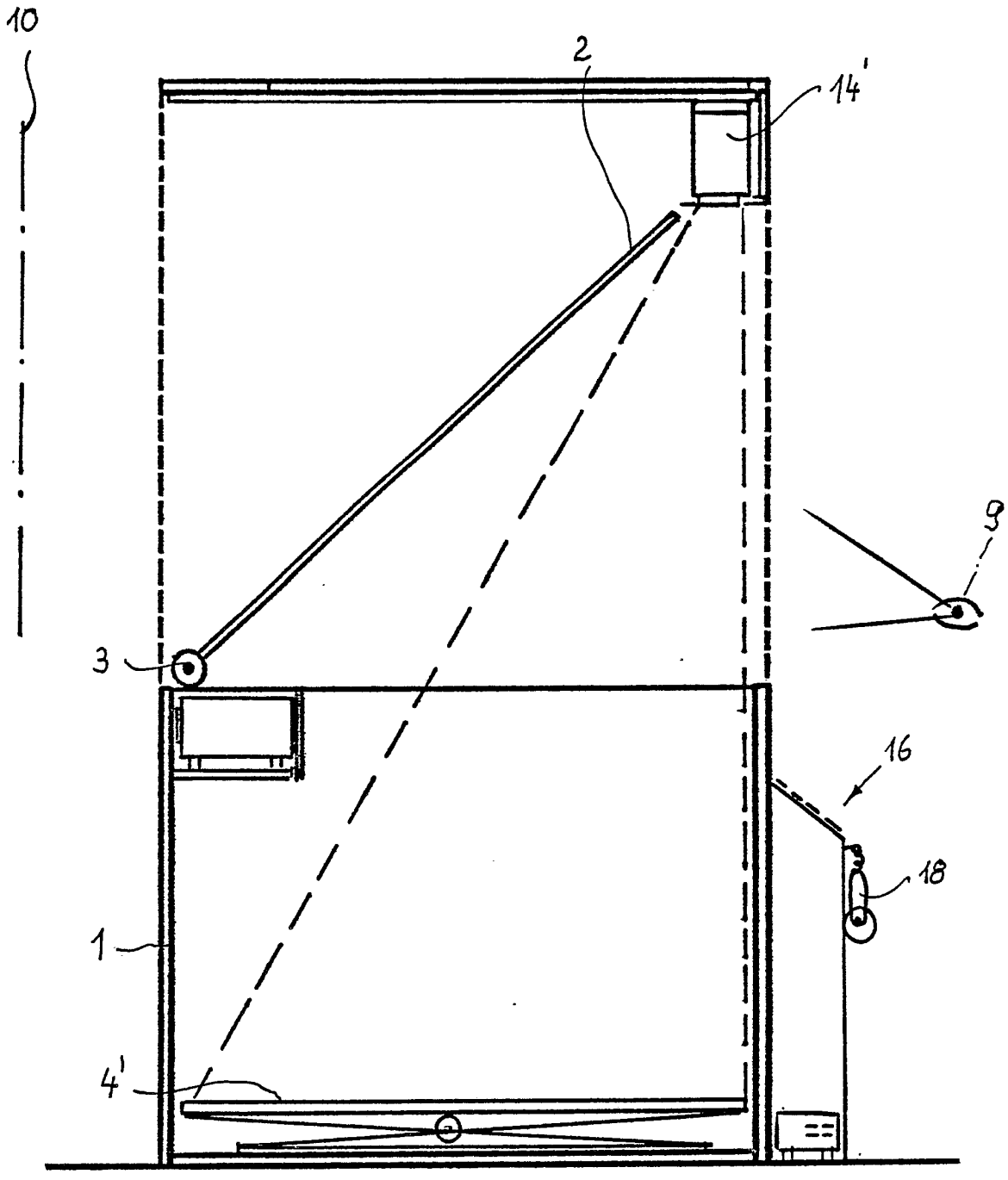


FIG. 6

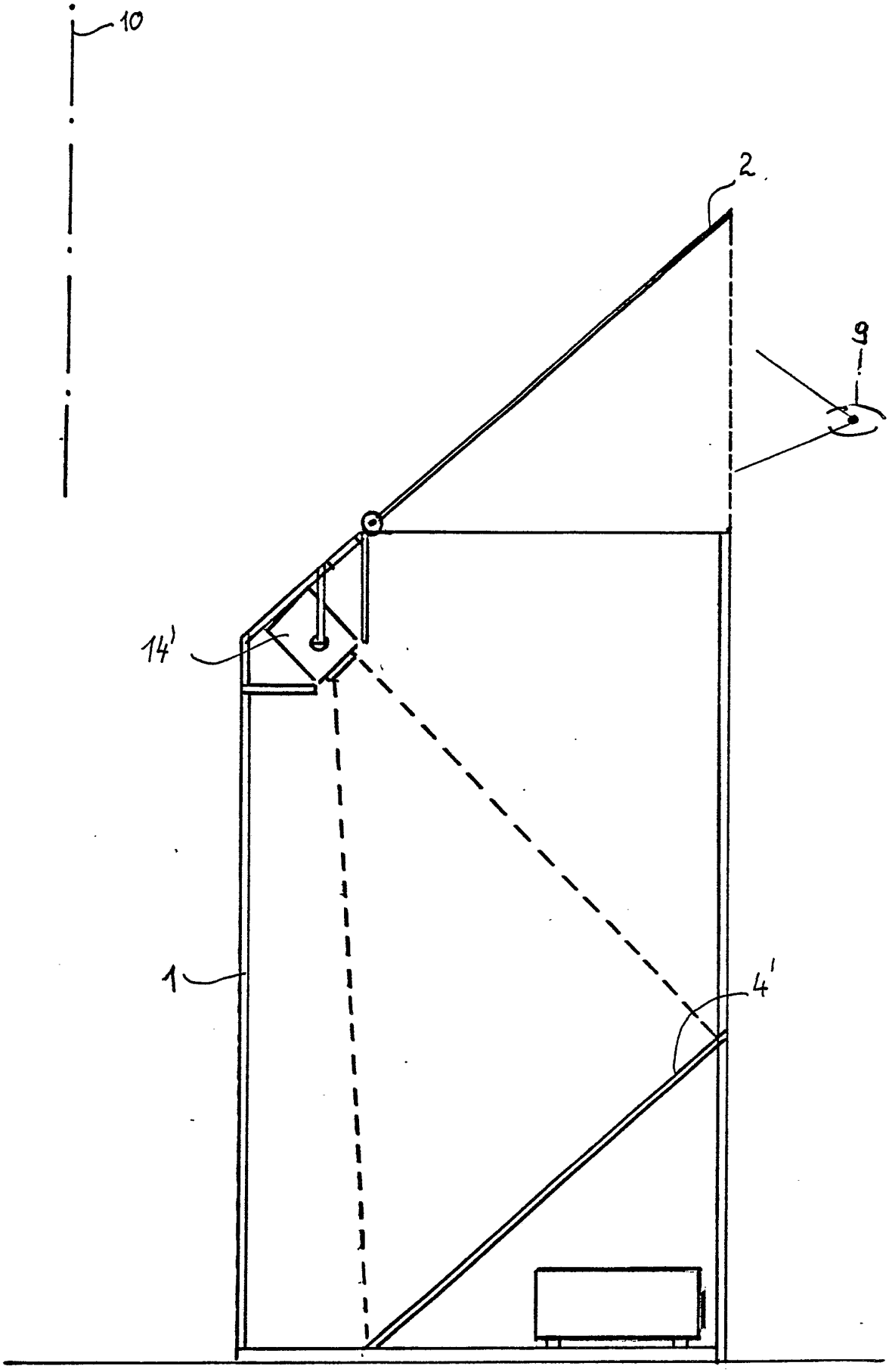


FIG.7

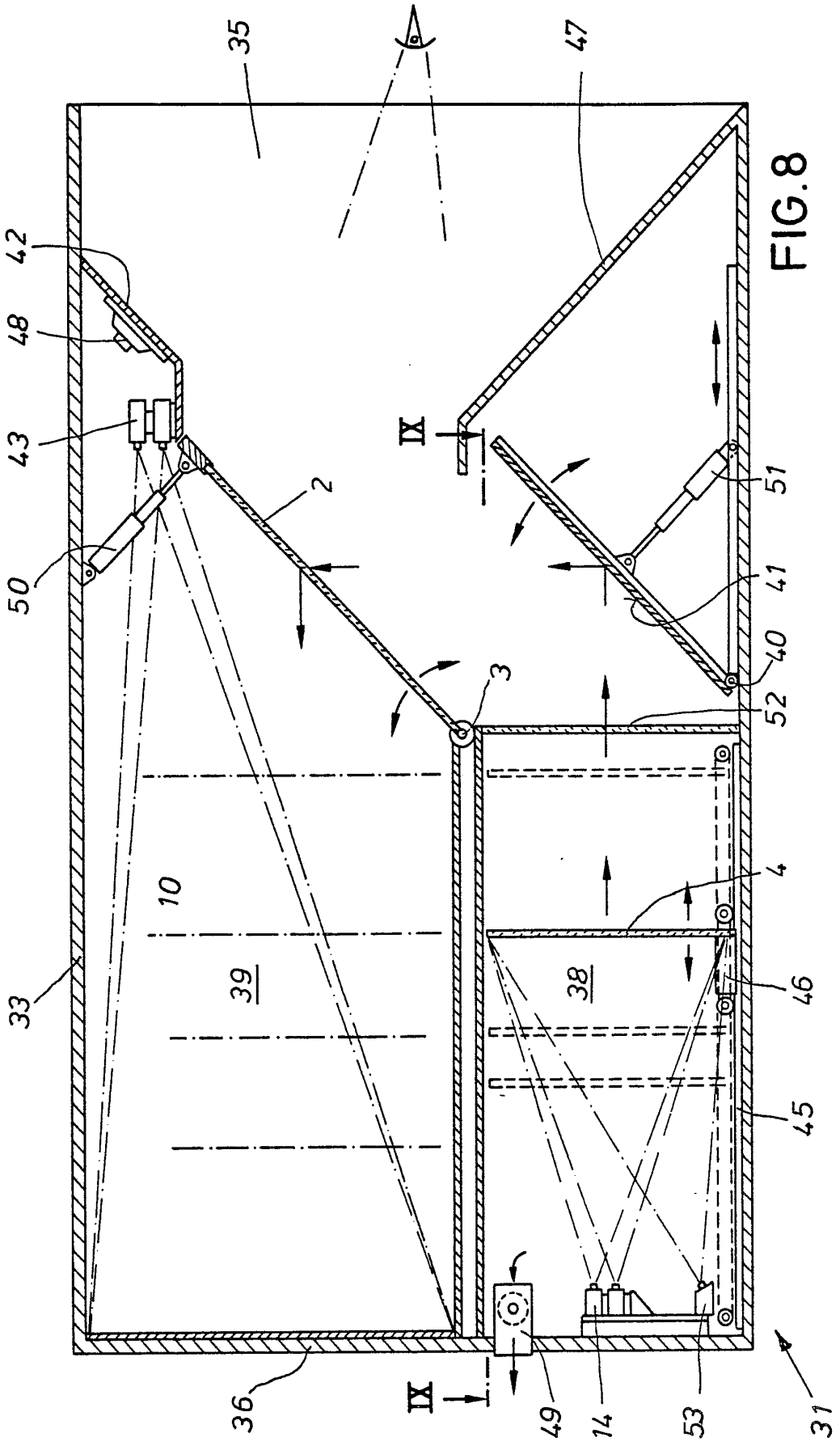


FIG.8

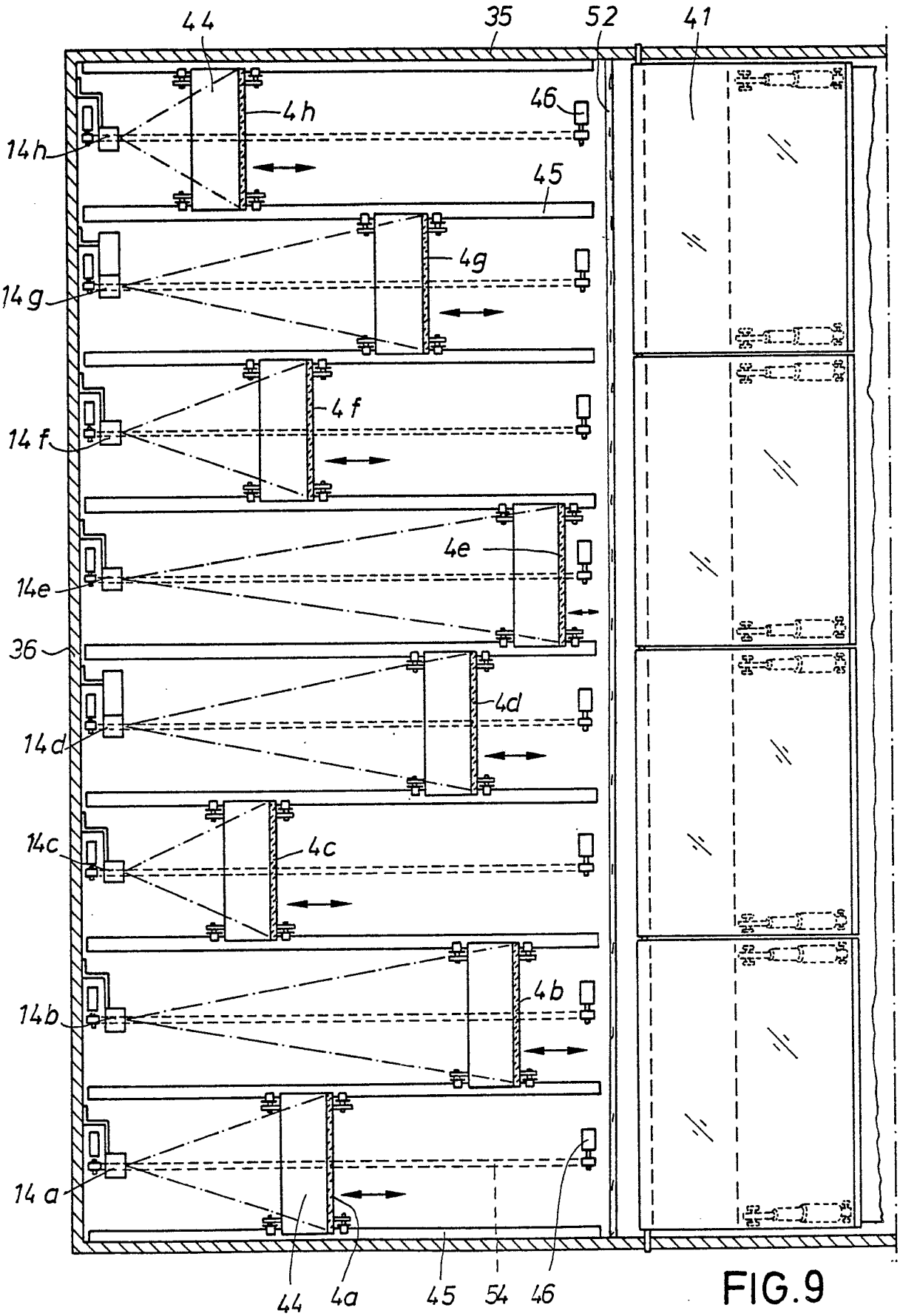

44
35
52
41
4h
46
14h
45
4g
14g
4f
14f
4e
14e
36
4d
14d
14c
4c
4b
14b
14a
44
4a
45
54
46

FIG.9

FIG.10

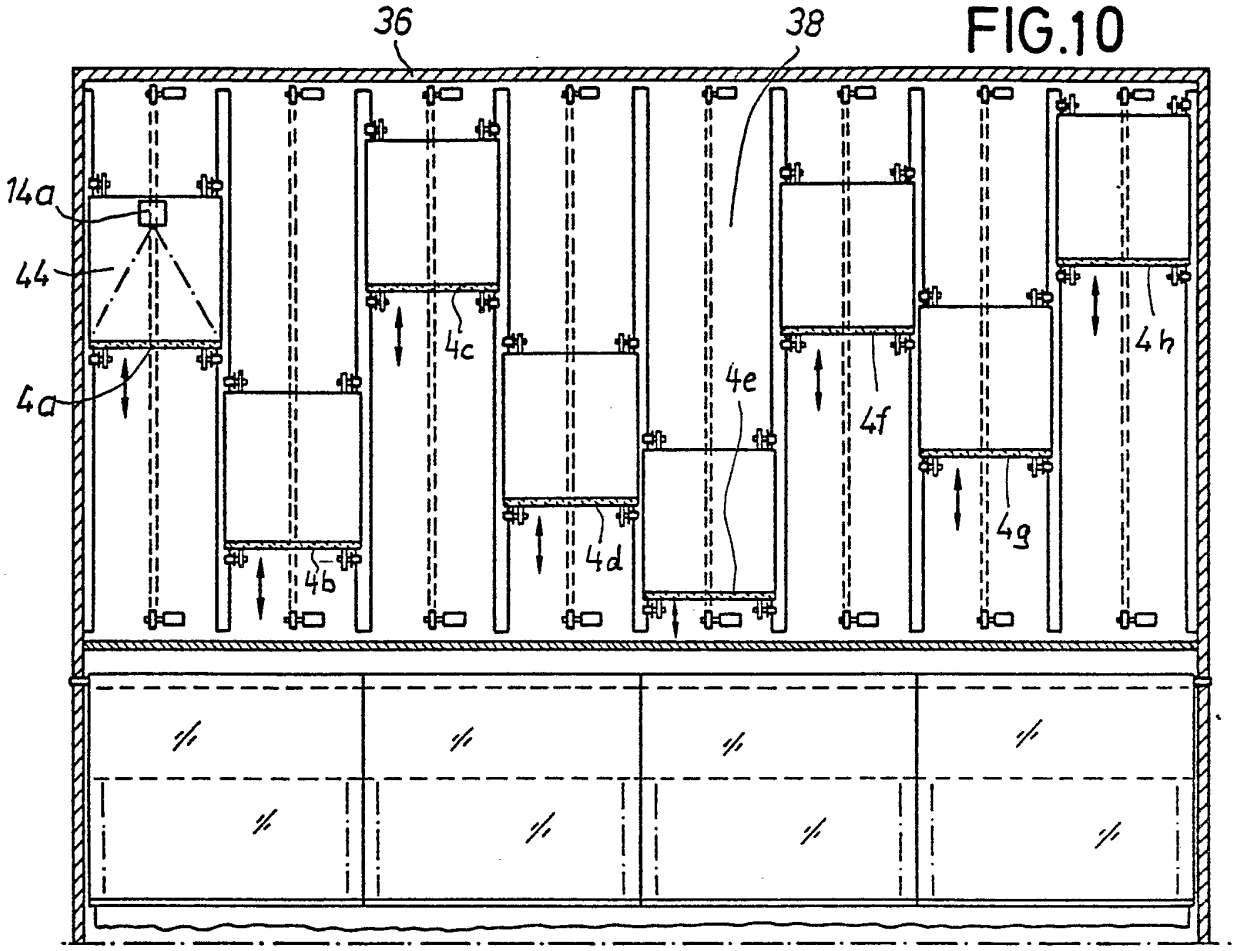

36
38
14a
44
4a
4c
4e
4f
4h
4d
4g
4b

FIG.11

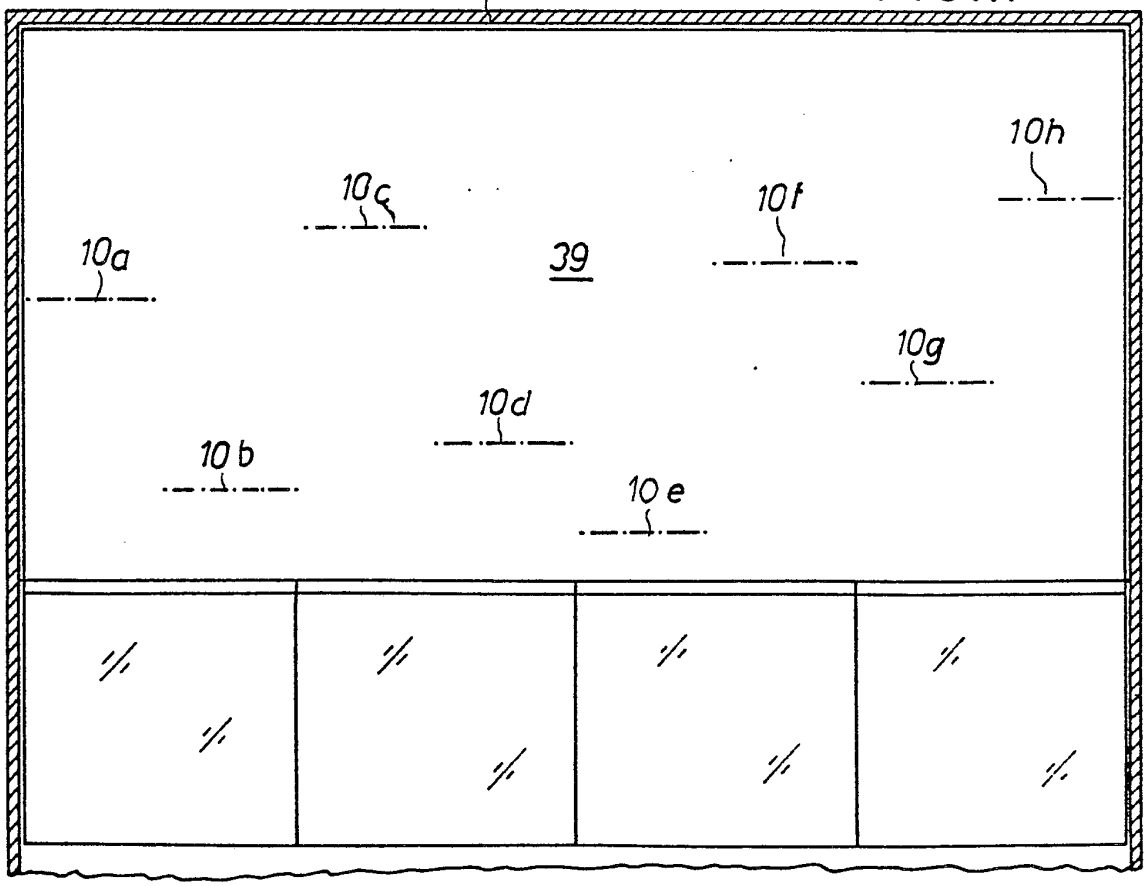

36
10h
10c
10f
10a
39
10g
10d
10b
10e

FIG.12

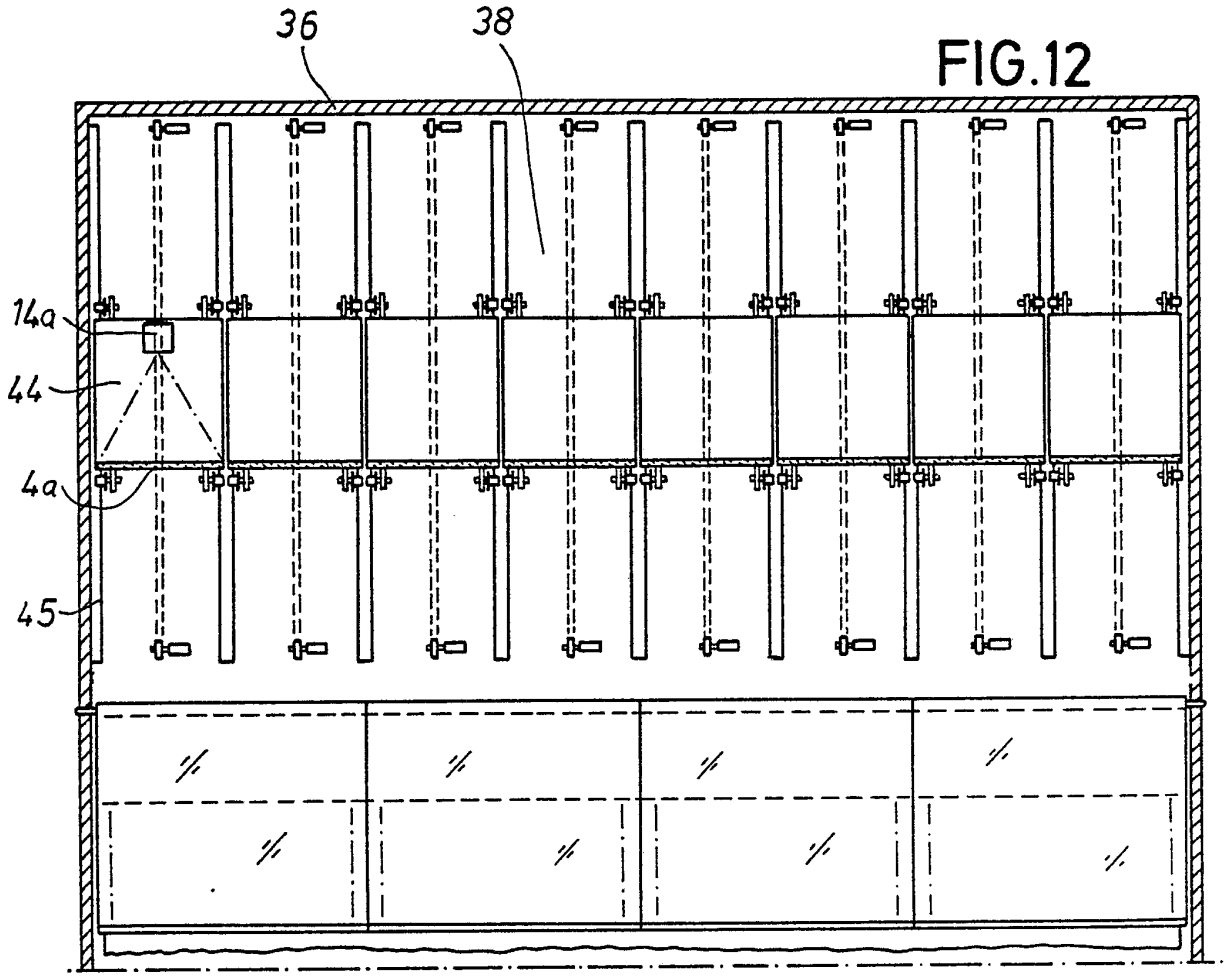
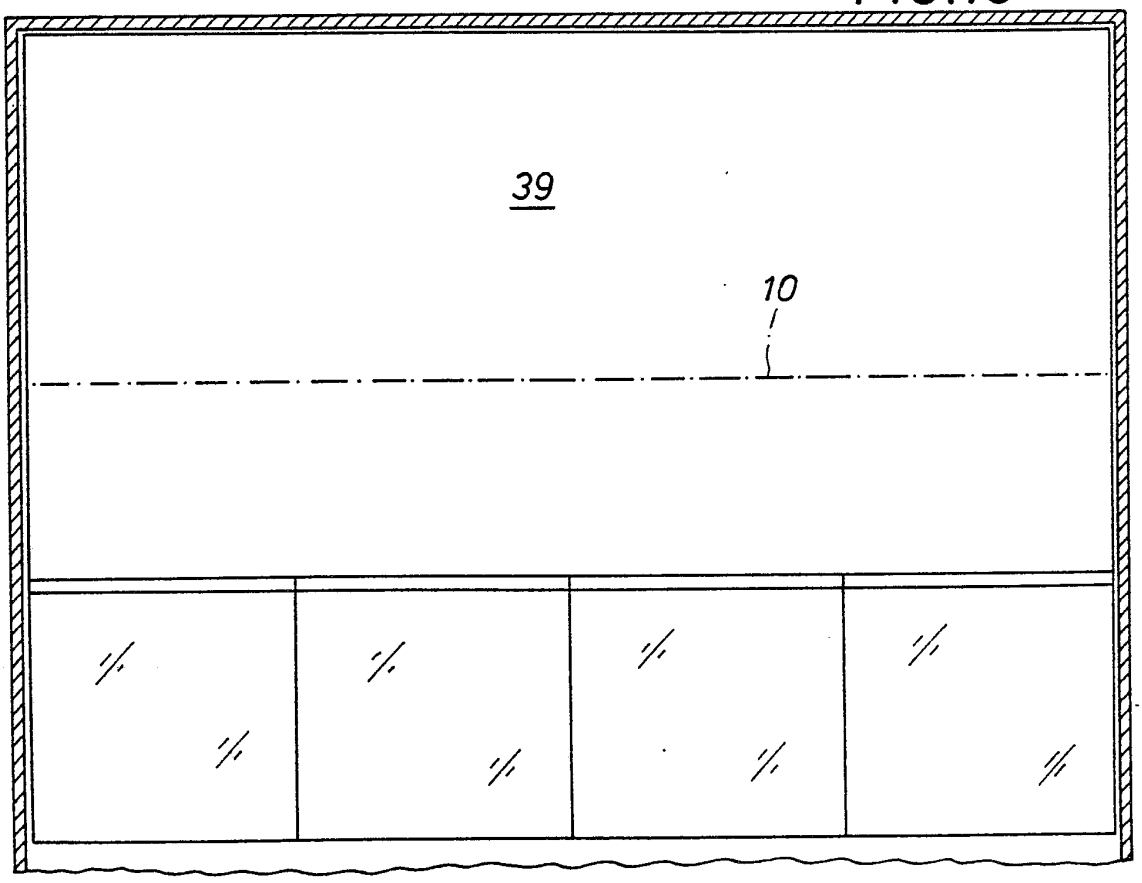


FIG.13



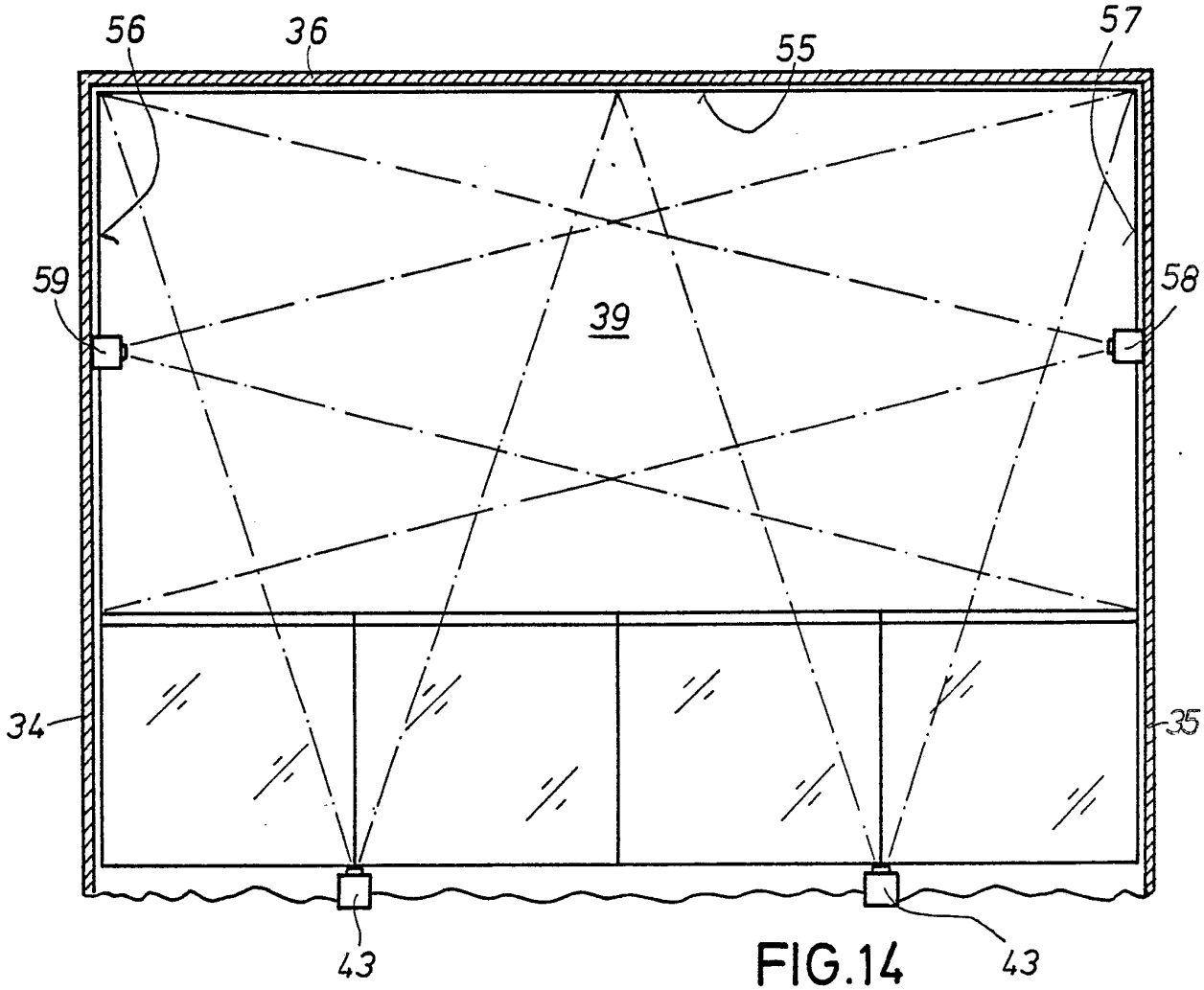


FIG.14

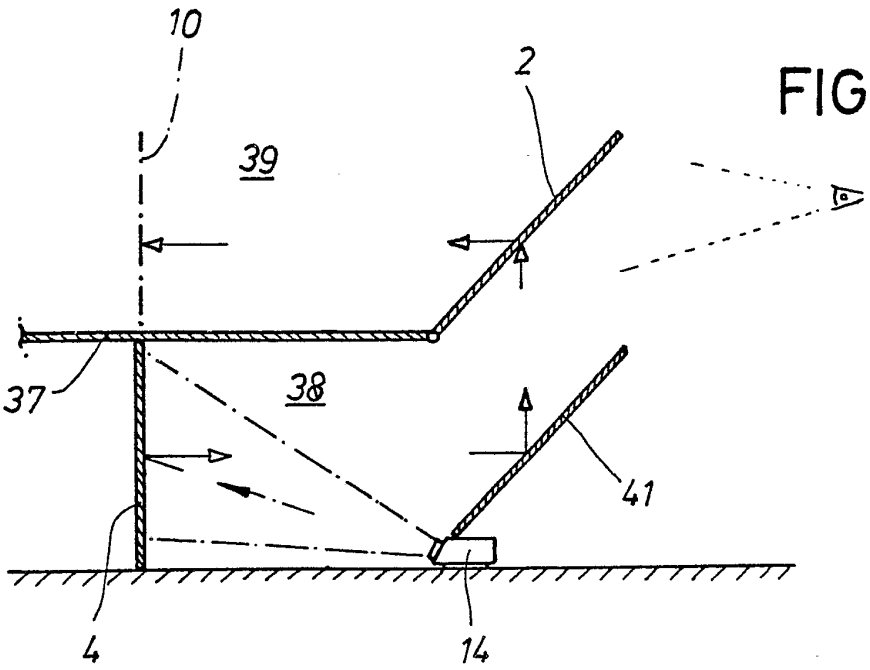


FIG.15

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Publication number: **0 053 640**
A1

(12) # EUROPEAN PATENT APPLICATION

(21) Application number: 80304388.4

(22) Date of filing: 04.12.80

(51) Int. Cl.³: G 03 B 37/00
G 01 C 11/02, G 03 B 17/24

(43) Date of publication of application:
16.06.82 Bulletin 82/24

(84) Designated Contracting States:
DE GB SE

(71) Applicant: INTERVAL EIZO YUGEN KAISHA
5.26 Hiranomachi
Higashiku Osaka(JP)

(72) Inventor: Fujimoto, Kazuo
6-17-1, Ohi Shinagawaku
Tokyo(JP)

(72) Inventor: Hirai, Jyuro
5-26 Hiranomachi
Higashiku Osaka(JP)

(74) Representative: Smith, Philip Antony et al,
REDDIE & GROSE 16 Theobalds Road
London WC1X 8PL(GB)

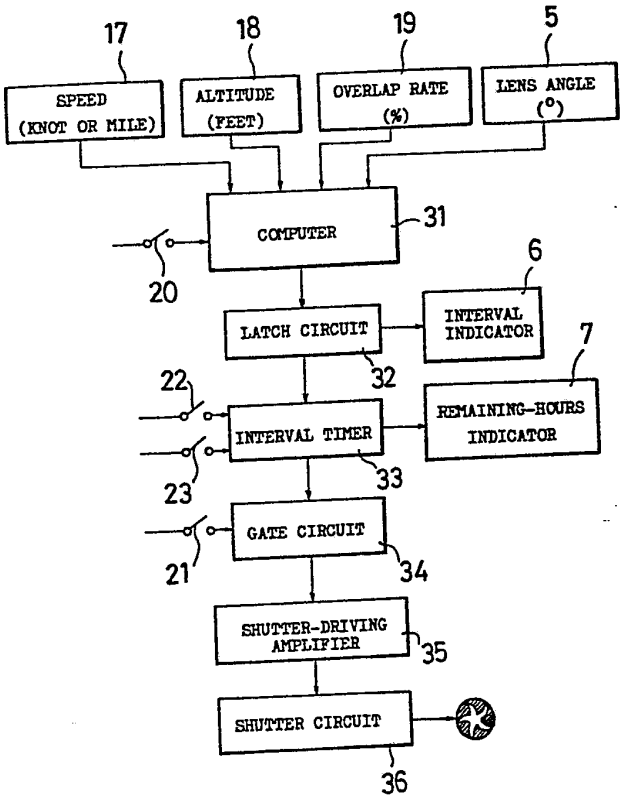
(54) **A computerized control for aerial photography.**

(57) For an aeroplane having two or more cameras with different lens angles, the intervals between operations of the shutters of all the cameras are controlled to ensure full coverage of the area being photographed without wastage of film. The inputs to the computer (31) are of aircraft speed (17) and altitude (18), percentage overlap (19) between successive pictures, and lens angle (5). These are used to calculate for each camera the interval between exposures, which is stored in a latch circuit (32) and displayed by indicator (6). Start and stop buttons (22) and (23) control an interval timer (33) which through gate (34), amplifier (35), and shutter circuit (36) effects the operation of the shutter at intervals determined by the value stored in latch (32). Facilities are also described for transcribing reference data onto the film.

./...

EP 0 053 640 A1

FIG. 3


17
18
19
5
SPEED (KNOT OR MILE)
ALTITUDE (FEET)
OVERLAP RATE (%)
LENS ANGLE (°)
COMPUTER
31
20
6
LATCH CIRCUIT
INTERVAL INDICATOR
7
32
22
INTERVAL TIMER
REMAINING-HOURS INDICATOR
23
33
GATE CIRCUIT
21
34
SHUTTER-DRIVING AMPLIFIER
35
SHUTTER CIRCUIT
36

A COMPUTERIZED CONTROL FOR AERIAL PHOTOGRAPHY

The present invention relates to a computerized control for aerial photography, and more particularly, to a computerized control for aerial photography for use in association with aerial cameras mounted in an aeroplane. The cameras are mounted with different lens angles to the ground but with equal overlap rates, and take photographs in succession at different altitudes and speeds along the line of flight under the computerized control.

Referring to Figure 1 two cameras are mounted in the aeroplane, one being with an angle of α while the other being with an angle of β. Suppose that the aeroplane flies at a constant altitude and speed, the shutter of one camera is opened at points A_1, A_2, A_3 and A_4, while that of the other is opened at points B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7 and B_8.

In such a situation, it is difficult to open the shutters of each camera independently of each other, and to secure a series of photographs of the ground without the waste of film.

The present invention aims at overcoming such difficulties, and has for its object to provide a computerized control for opening the shutters of a plurality of cameras independently of one another thereby to secure a series of photographs of the ground without the waste of film.

Another object of the present invention is to provide a computerized control for aerial photography in which various data, such as camera numbers and dates, is transcribed in the film together with the images of the ground.

According to the invention, a computerized control for aerial photography includes means for inputting as data the altitude and speed of flight, means for setting the overlap rate between the adjacent photographs and the lens angles, an arithmetic unit for calculating interval time through arithmetical operations on said altitude, speed, overlap rate and lens angles, and an output device for producing shutter driving signals at said interval time rasulting from said arithmetical operations, said signals being produced with respect to all the cameras mounted in the aeroplane, thereby enabling each shutter to be driven at independently different interval time.

The invention is diagrammatically illustrated by way of example with reference to the accompanying drawings, in which:

Figure 1 is a schematic view showing the relationship among an aeroplane, cameras and the ground for aerial photography;

Figure 2 is a schematic front view of the panel of a computerized control of the invention;

Figure 3 is a block diagram of the computing system of the invention;

Figure 4 is a flow chart showing an example of the computer programme of the invention;

Figure 5 is a perspective view showing a device for transcribing data in the film;

Figure 6 is an electric block diagram for the device of Figure 5;

Figure 7 is a time chart illustrating the operations taking place under the diagram of Figure 6;

Figure 8 is a schematic view of portion of a film in which data is transcribed; and

Figure 9 is a perspective view showing an alternative embodiment of a data transcribing unit.

Referring to Figure 2 the reference numerals 1, 2, 3 and 4 designate a first block, a second block, a third block and a fourth block, respectively, each of which accommodates an aerial camera. This means that the illustrated control system can control four cameras. In addition to the camera, each block is provided with a digital switch 5 for setting and indicating the lens angle, a digital display 6 for indicating the interval (second) calculated by the computer, a digital display 7 for indicating the time (seconds) remaining before starting photo-taking, a camera operation switch 8, a digital switch 9 for setting the number of exposures to be photographed in, a digital display 10 for indicating the number of unphotographed exposures counted down from the set number, a press button

11 for presetting the set value of the digital switch 9 to a down-counter, a digital switch 12 for setting the number of exposures to have been photographed in by the previous day, a digital display 13 for indicating the total number of exposures which have been photographed in as of that day, and a press button 14 for presetting the set value of the digital switch 12 to an up-counter.

In the lower section of the panel, a digital time-indicator 16 (second, minute, hour, day, month and year), a digital switch 17 for setting the speed (knots or miles per hour) of the aeroplane, a digital switch 18 for setting the altitude (feet) of the aeroplane, a digital switch 19 for setting the rate of overlap for successive photo-taking, a press button 20 for starting the computer, interrupt shutter buttons 21 for opening the shutter in each camera by hand at any time when desired, start buttons 22 for starting interval timers, stop buttons 23 for stopping the interval timers, a start button 24 for starting all the interval timers of the cameras, a stop button 24 for simultaneously stopping the interval timers, a switch 26 for power supply for an electronic clock and a switch 27 for power supply for the whole system. A connector 28 for power supply is provided on top of the panel, at which the system is electrically connected to a battery (not shown).

Referring to Figure 3 the data set by the switches 17, 18, 19 and 5, that is, the speed, the altitude, the overlap

rate and the lens angle, are input to a computer 31 as BCD (binary coded decimal) codes. The reference numeral 32 designates a latch circuit at which the desired interval is temporarily memoried, the interval being calculated in accordance with the formula referred to below. When the press button 20 is actuated, the computer 31 is energized for about 3 seconds, and starts operation. The results of operation are stored in the latch circuit 32 for each camera, and then the computer 31 is de-energized. Such short-term energization of the computer is intended to save the life of the battery and secure a prolonged photo-taking in flight. The memory in each latch circuit 32 is not only indicated on the interval display 6 but also it is applied to the interval timer 33. The interval timer 33, once the button 22 has been pressed, continues to output pulses at the intervals specified by the latch circuit 32 until the stop button 23 is pressed, which pulses cause the shutters of the cameras to open. At the same time, the interval timer 33 outputs to the display 7 so as to indicate the time remaining before starting the photo-taking. A gate circuit 34 guides the pulses from the interval timer 33 to an amplifier 35 for opening the shutter, and when one interrupt shutter button 21 is actuated, it provides a single gate output independently of the state of the interval timer 33. The output of each amplifier 35 is connected to a shutter circuit 36 of the camera.

The formula written in the ROM for a computer program is as follows:

$$TI = \frac{2AL \cdot \tan \frac{\theta}{2} \left(1 - OL \right)}{GS} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

wherein AL is altitude, GS is speed (with respect to the ground), θ is lens angle, OL is overlap rate and TI is interval time. $\tan \frac{\theta}{2}$ can be solved by the series expansion, but this method would require many steps for the program. Therefore, in this invention a table is previously prepared and written in the ROM in which the values of $\tan \frac{\theta}{2}$ are given at every 1° or 0.5° correspondingly to 10° to 90° of applicable lens angles, and the required value will be read out from the table.

Referring to Figure 4 the sequence of process of the computer will be explained:

The data set by the digital switches is input as BCD to the computer, and is converted into binary digits. The data is checked as to whether it falls in the specified range. In addition, knots or miles are calculated in terms of feet, and then the value of $\tan \frac{\theta}{2}$ is decided by reference to the table mentioned above. The value of $\tan \frac{\theta}{2}$ is placed in the formula (1), and the obtained value is checked as to whether it falls in the specified range, e.g. 1.0 to 999.9 secs. The resulting values are represented in binary digits, and are converted into BCD

notation for output. In Figure 4 the operations at the stages m_{12} to m_{18} finish up with the check provided at the final stage m_{19}, after all the expected operations with respect to the four cameras have been performed in sequence.

Alternatively, the altitude and speed of flight can be taken from the altimeter and the speedometer, respectively, through an A-D converter, and can be input to the computer.

The data is transcribed in the film together with the image of the ground. For example, a code name, such as AF36E: camera number and film counter number, such as 2C4531: and dates, such as 79(year) 03(month) 21(day) 08(hour) 36(minute) 25(second), are transcribed in the photograph.

Referring to Figure 5 a data transcribing device will be explained:

A film 42 fed from a magazine 41 passes between a film guide 43 and a film presser 44, and rolls up a spool 46 through a sproket 45. The film presser 44 is provided with a pore 48 for providing an optical path through which the characters of the data are transcribed in the photographs. The pore is located downstream of a shutter window 47 produced in the film guide 43. Behind the film 42 an LED (light-emitting diode) indicator 49 for indicating characters and figures in one digit, a lens 50 and a prism

51 are arranged, which all constitute an optical system for transcribing the data in the photograph. A spindle 52 of the sprocket 45 is provided with an encoder 53 adapted to output pulses at each particular angular displacement of the spindle. For convenience, these pulses will be referred to as the film advance pulse (A). The film is moved by means of an electric motor.

Referring to Figure 6 the film advance pulses (A) are applied to a data selector 55 and a blanking circuit 56 via a waveform shaper 54. The waveform shaper 54 consists of a Schmitt trigger, and as shown in Figure 7, the film advance pulses (A) normally taking the form of sine waves are shaped into rectangular waveforms.

The data selector 55 selects the digits, digit by digit, in the BCD codes, which consists of the code names, the camera numbers, the film counts, and the dates. The selected digits are sent to a decorder and driver circuit 57. In Figure 6 (02 to 06), (08 to 09), (10 to 13), (15 to 20) and (21 to 26) indicate the digits identifying the data to be transcribed in the photographs, while the digits 01, 07, 14, and 27 are blank characters. An electronic clock 40 includes a clock pulse generator, a frequency divider, and a counter of date and time (from year to second). The output therefrom is used for the interval timer 33. The blanking circuit 56 opens and closes the passage of output in accordance with the state of the counting. For example,

when a particular state of counting is reached, such as 01, 07, 14 and 27, the blanking circuit provides restraint signals so as to stop the output. The reference numeral 58 designates an LED lighting-time setting circuit, which can output an LED lighting control signals (C) at a specified interval time, provided that the blanking circuit 56 provides no restraint signals. Each LED indicator 47 has its own electrodes driven by signals from the decoder and driver circuit 57 while the electrodes in common are driven by the LED lighting control signals (C). The final shot of the restraint signals from the blanking circuit 56 is used to count down a counter 59 affixed to the display 10, which, as mentioned above, indicates the number of the remaining exposures in the film for subsequent photo-taking. If no exposures remain in the film, an alarm 60 will sound. This also happens when no film is carelessly loaded film runs short, or when the feeding of the film is accidentally stopped. Thus, the data will never fail to be transcribed in each photograph. In one successful experiment forty-five film advance pulses (A) were emitted everytime the film advanced by one exposure, wherein the pulse width of the signals (B) were 23 micro-seconds and that of the LED lighting control signals (C) were 5 micro-seconds.

Figure 8 shows an example of photograph in which the data is transcribed. In this example a roll of film of

Hassel 70 mm magazine was used, and the data was transcribed in a narrow zone 73 of 3.2 mm located between the image 71 and the perforations 72 wherein the data was represented in 40 digits at maximum in the range (D), which provides a maximum space unlikely to overlap the adjacent ranges. Even in a reduced range (E) unlikely to overlap with the adjacent photograph 26 digits can be transcribed.

Referring to Figure 9 a preferred embodiment of the lighting device for transcribing data in the photographs will be explained:

A base plate 81 is provided with seven LEDs 82, which consitute a secondary lighting dot-line 84 through optical fibres 83. The film 42 runs face to face with the dot-line 84, during which, by selecting the LEDs, the desired characters are transcribed in the film. The size of each character is 0.25 mm x 0.35 mm.

The characters can be transcribed at any place in the photograph; not only outside the image but also within the image under double exposure. In addition, the characters can be transcribed not only from the back of a film but also from the front thereof.

The computerized control of the invention can be employed for taking photographs not only vertically but also obliquely to the ground, and it is applicable in surveying the land: making maps: inspecting the growth

of crops and trees, and the condition of rivers, currents iceberg: inspecting historic remains: inspecting the environments of big cities: and inspecting a region destroyed by a fire or earthquake.

CLAIMS

1. A computerized control for aerial photography, comprising means for inputting as data the altitude and speed of flight, means for setting the overlap rate between the adjacent photographs and the lens angles, an arithmetic unit for calculating interval time through arithmetical operations on said altitude, speed, overlap rate and lens angles, and an output device for producing shutter driving signals at said interval time resulting from said arithmetical operations, said signals being produced with respect to all the cameras mounted in the aeroplane, thereby anabling each shutter to be driven at independently different interval time.

2. A computerized control for aerial photography according to Claim 1, further comprising a first optical system for projecting a first image on a film, a second optical system for projecting a second image in a character light emitting device on said film, means for detecting the advance of said film and producing signals in response to each particular advancement thereof, an electric circuit for applying data signals in series to said character light emitting device in response to said film advance signals, and means for intermittently lighting said character light emitting device in response to said film advance signals,

said data in characters being transcribed in said film correspondingly to an image provided by said first optical system previously exposed.

3. A computerized control for aerial photography according to Claim 2, wherein a film press means is provided with a pore produced downstream of the flow of said film with respect to a shutter window of said first optical system, said pore being adapted to provide an optical path through which characters in one or less digit are projected on said film.

4. A computerized control for aerial photography according to Claims 2 or 3, wherein the second optical system includes a plurality of light emitting members arranged in a larger range than the size of each character to be projected, said light emitting members including optical fibers whose terminating ends constitute a secondary light emitting face, said light emitting members being selectively lighted, thereby enabling said characters to be projected in said film.

FIG. 1

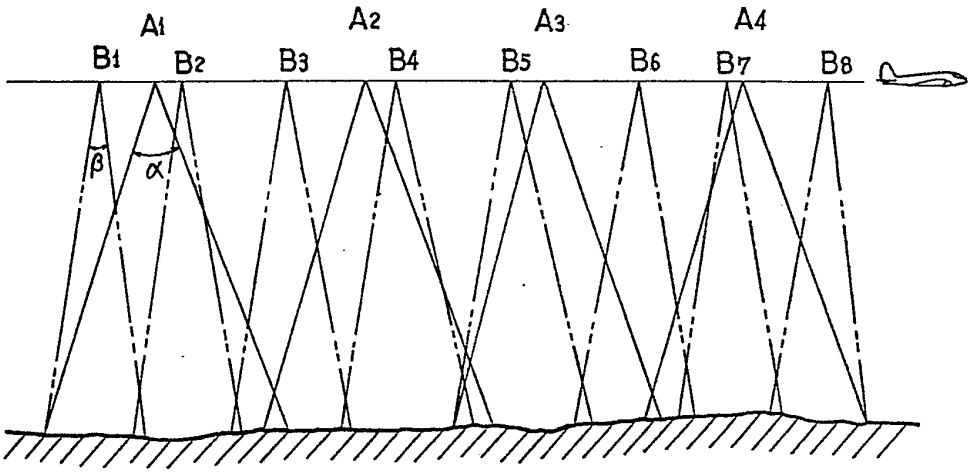


FIG. 2

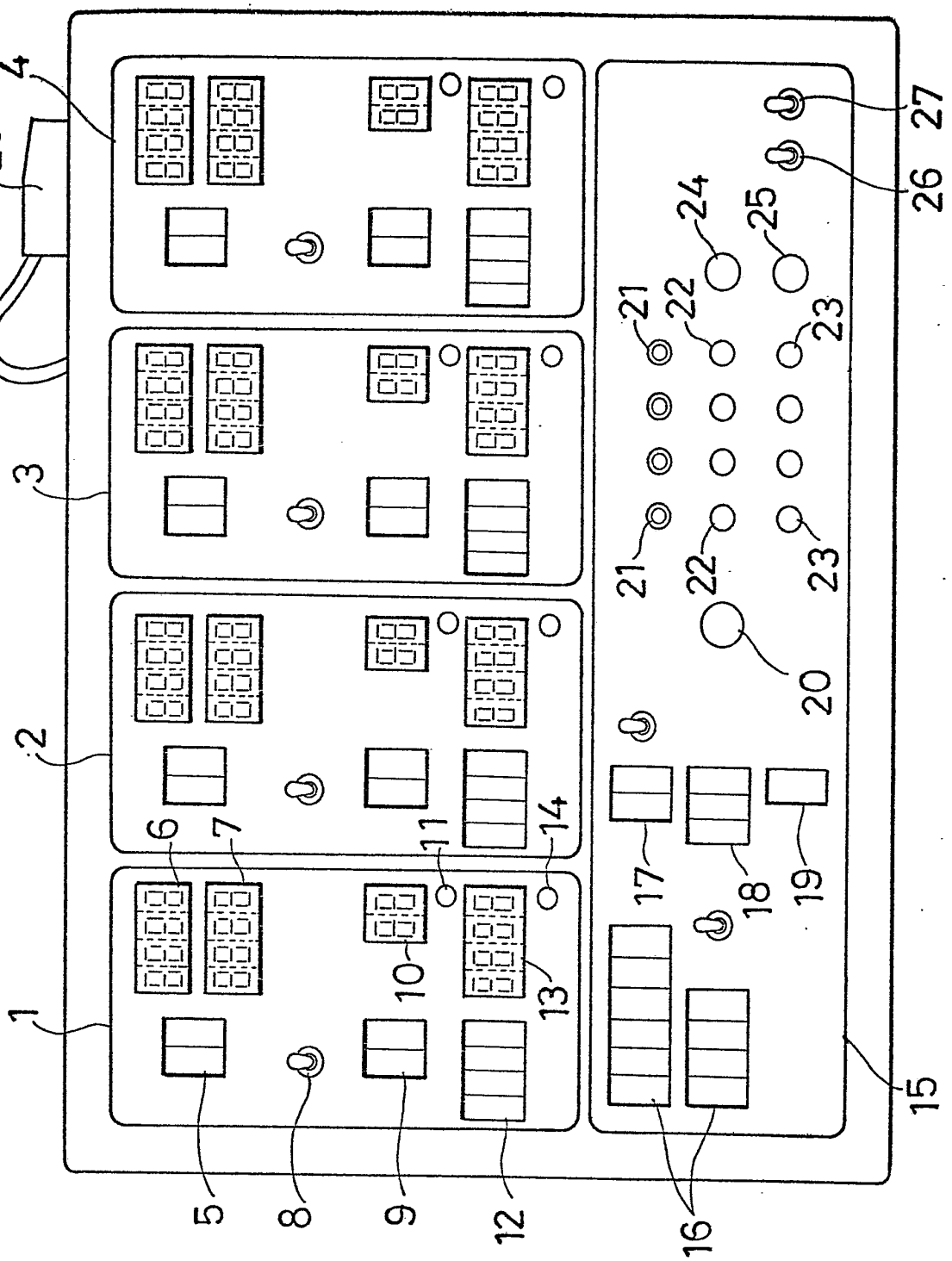


FIG. 3

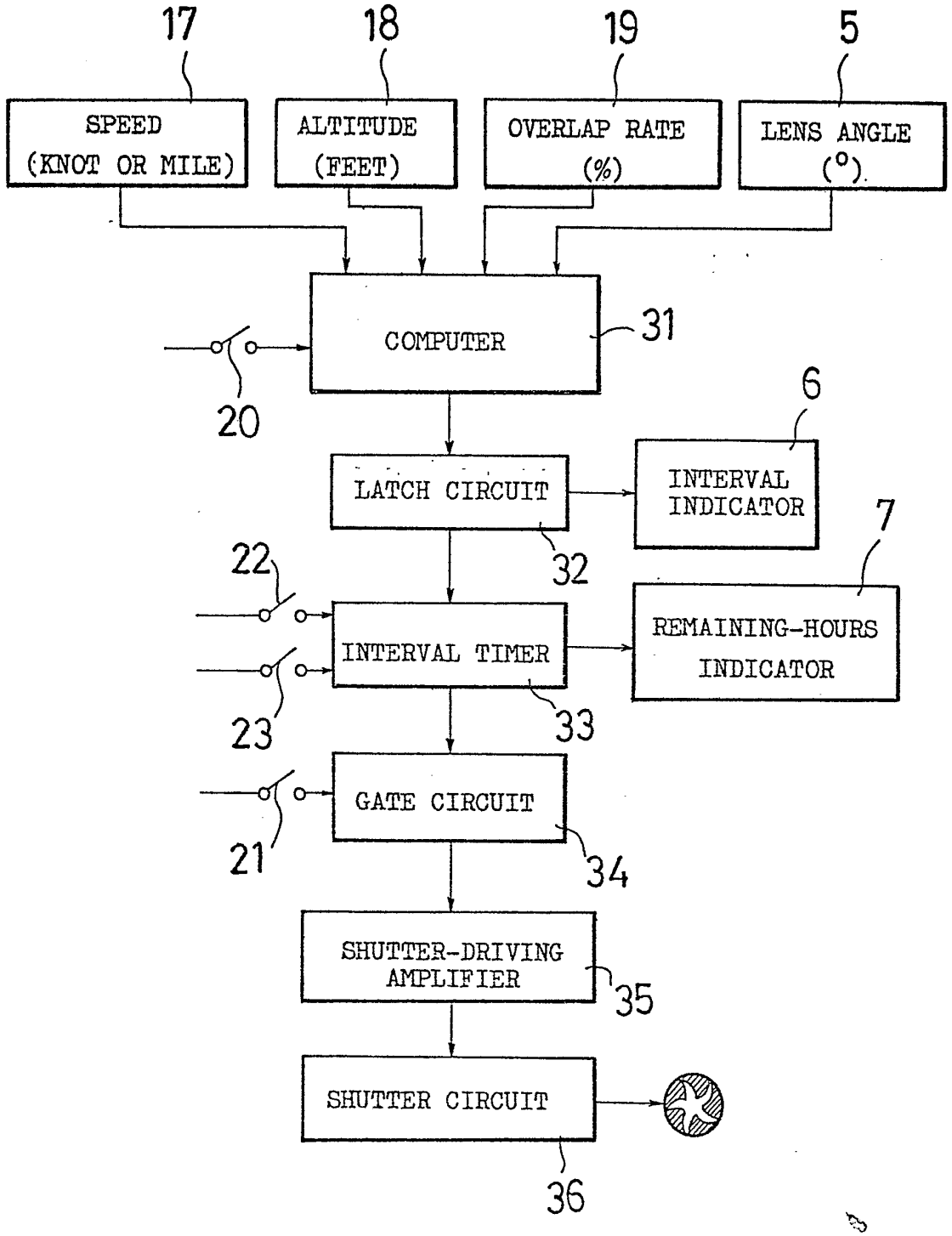

17
18
19
5
SPEED (KNOT OR MILE)
ALTITUDE (FEET)
OVERLAP RATE (%)
LENS ANGLE (°)
COMPUTER
31
20
6
LATCH CIRCUIT
INTERVAL INDICATOR
7
32
22
INTERVAL TIMER
REMAINING-HOURS INDICATOR
23
33
GATE CIRCUIT
21
34
SHUTTER-DRIVING AMPLIFIER
35
SHUTTER CIRCUIT
36

FIG. 4

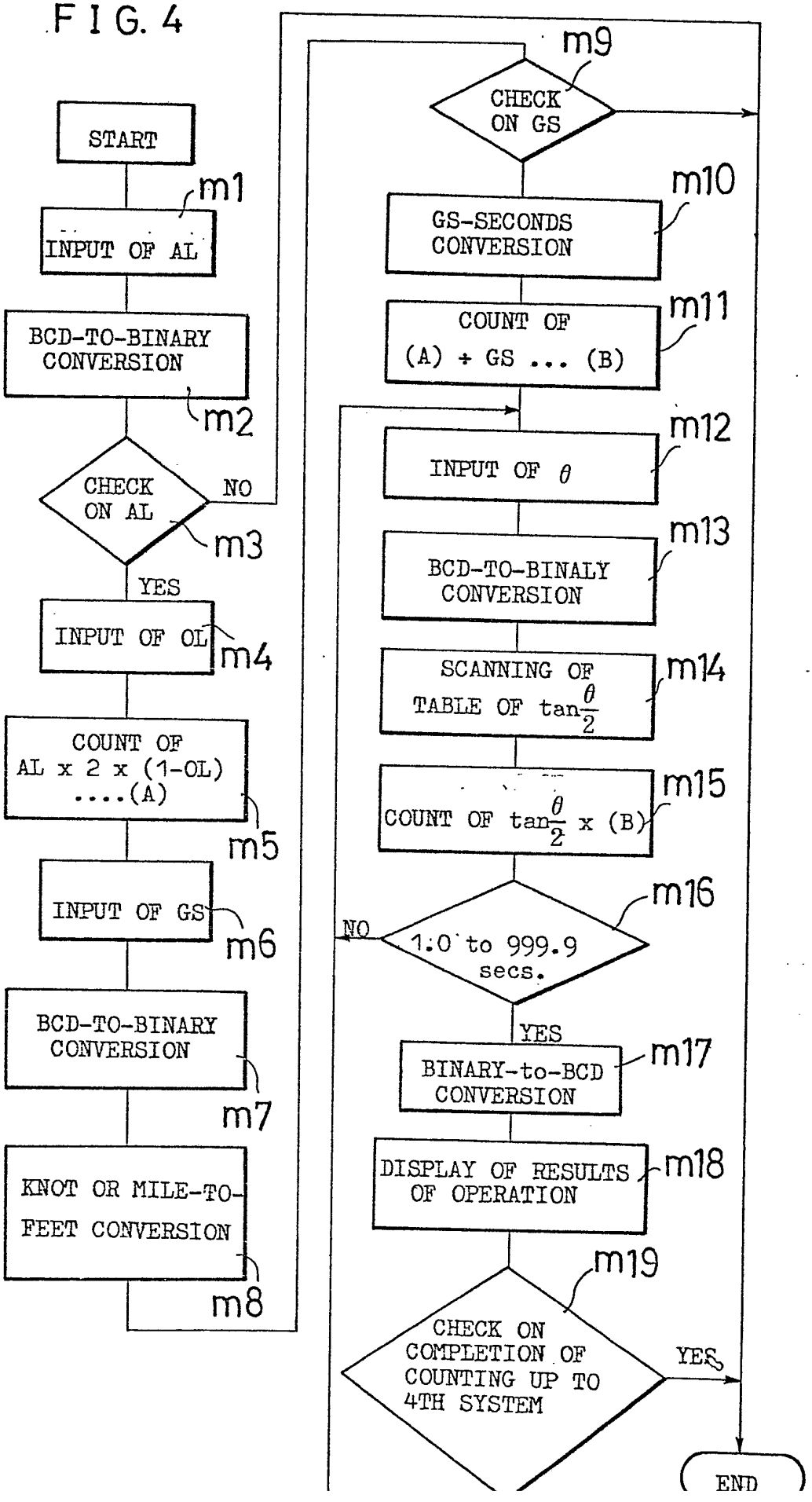

START
m1
INPUT OF AL
BCD-TO-BINARY CONVERSION
m2
CHECK ON AL
NO
m3
YES
INPUT OF OL
m4
COUNT OF AL x 2 x (1-OL) ....(A)
m5
INPUT OF GS
m6
BCD-TO-BINARY CONVERSION
m7
KNOT OR MILE-TO-FEET CONVERSION
m8
m9
CHECK ON GS
m10
GS-SECONDS CONVERSION
m11
COUNT OF (A) ÷ GS ... (B)
m12
INPUT OF θ
m13
BCD-TO-BINALY CONVERSION
m14
SCANNING OF TABLE OF tan θ/2
m15
COUNT OF tan θ/2 x (B)
m16
NO
1.0 to 999.9 secs.
YES
m17
BINARY-to-BCD CONVERSION
m18
DISPLAY OF RESULTS OF OPERATION
m19
CHECK ON COMPLETION OF COUNTING UP TO 4TH SYSTEM
YES
END

FIG. 5

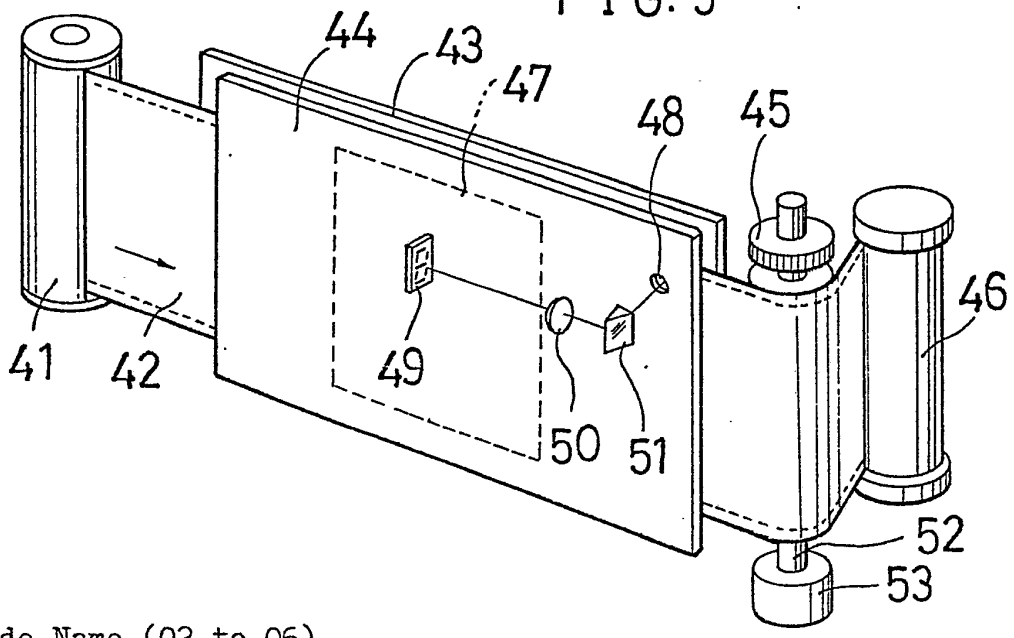

44
43
47
48
45
46
41
42
49
50
51
52
53

FIG. 6

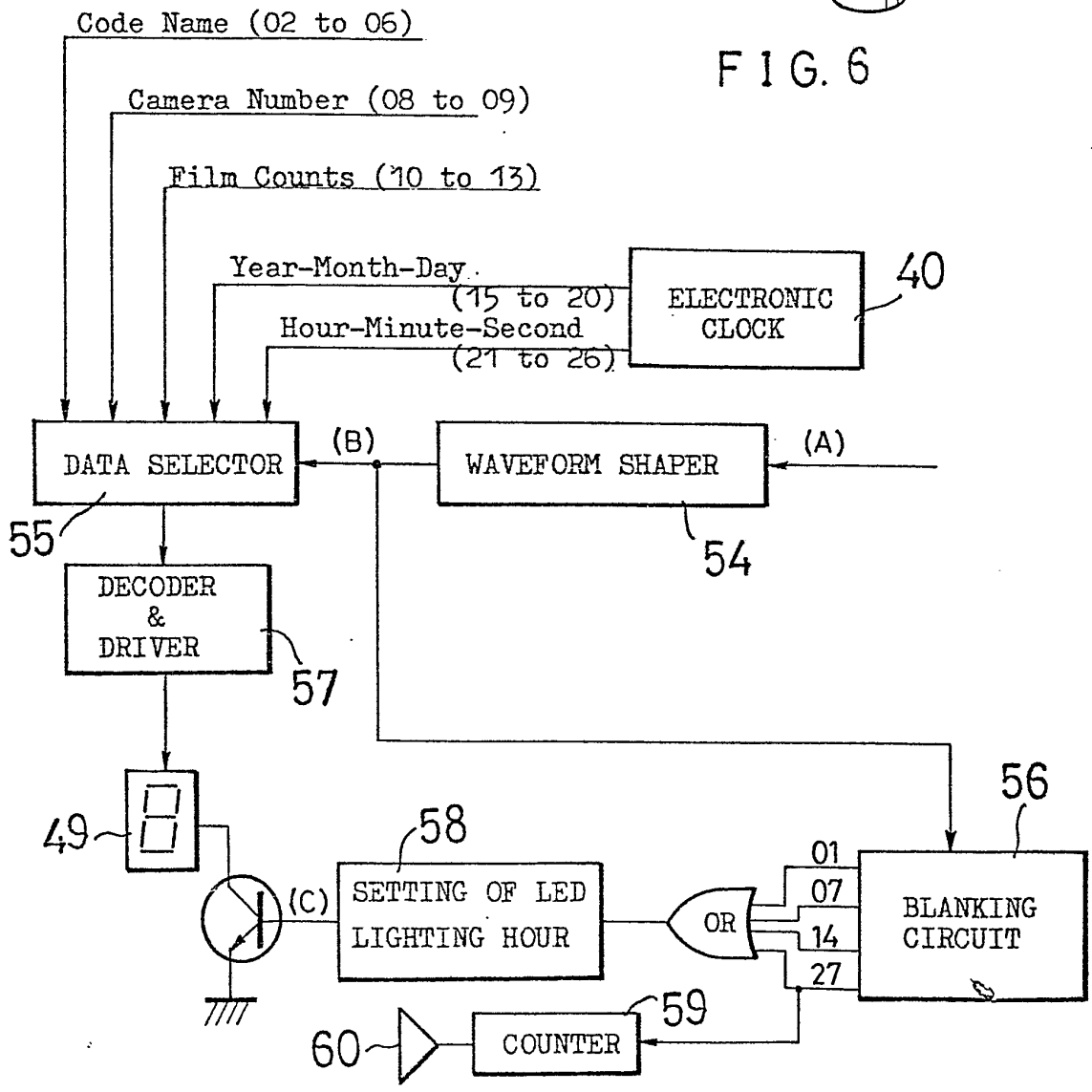

Code Name (02 to 06)
Camera Number (08 to 09)
Film Counts (10 to 13)
Year-Month-Day
(15 to 20)
Hour-Minute-Second
(21 to 26)
ELECTRONIC CLOCK
40
DATA SELECTOR
(B)
WAVEFORM SHAPER
(A)
55
54
DECODER & DRIVER
57
56
49
58
(C)
SETTING OF LED LIGHTING HOUR
OR
01
07
14
27
BLANKING CIRCUIT
59
60
COUNTER

FIG.7

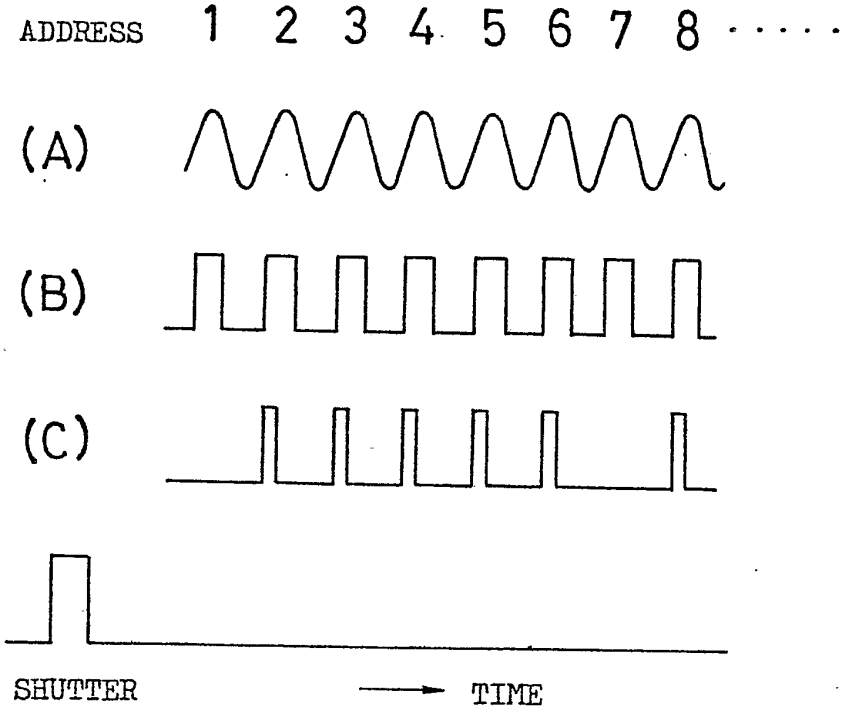
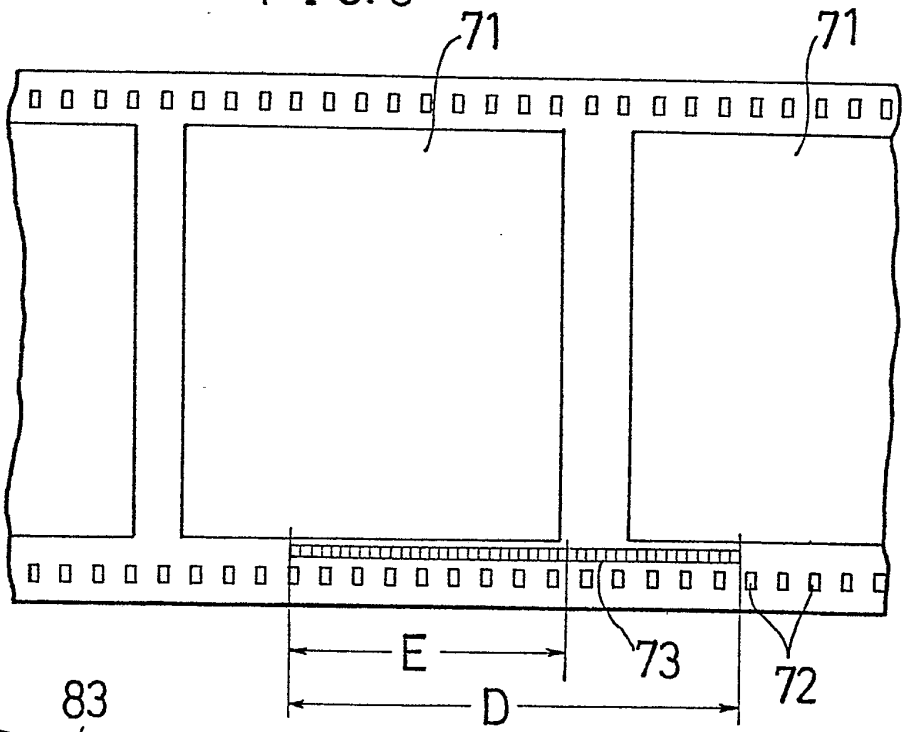


FIG.8



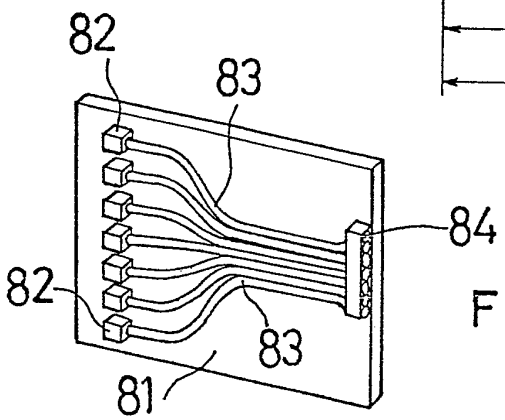


FIG.9

0053640

European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application number
EP 80 30 4388.4

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. Cl.³)
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	
	CH - A - 449 405 (SWISSAIR-PHOTO) * whole document * --	1	G 03 B 37/00 G 01 C 11/02 G 03 B 17/24
	US - A - 2 967 470 (S.P. WILLITS et al.) * whole document * --	1	
	US - A - 3 143 049 (F.E.J. THOLEY) * whole document * --	1	
	US - A - 3 046 857 (G. KARGL) * claim 1; fig. 3 * --	2	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int. Cl.³) G 01 C 11/00 G 03 B 17/00 G 03 B 37/00
	DE - B2 - 2 449 093 (CANON) * fig. 6b, 7, 9 * & US - A - 3 953 868 --	2,3	
	GB - A - 1 570 884 (AERONAUTICAL & GENERAL INSTRUMENTS) * fig. 1 * ----	2,4	

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X: particularly relevant
A: technological background
O: non-written disclosure
P: intermediate document
T: theory or principle underlying the invention
E: conflicting application
D: document cited in the application
L: citation for other reasons

&: member of the same patent family, corresponding document

X The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
Berlin	06-08-1981	HOPPE

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 737 879 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.10.1996 Patentblatt 1996/42

(51) Int. Cl.[6]: **G02B 27/22**, G02B 27/24, G09F 19/18, H04N 9/31

(21) Anmeldenummer: **96105440.0**

(22) Anmeldetag: **04.04.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

(30) Priorität: **10.04.1995 DE 19512962**

(71) Anmelder: **Lettner, Wolfgang**
53945 Blankenheim-Mülheim (DE)

(72) Erfinder: **Lettner, Wolfgang**
53945 Blankenheim-Mülheim (DE)

(74) Vertreter: **Freischem, Werner, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte Freischem,
An Gross St. Martin 2
50667 Köln (DE)

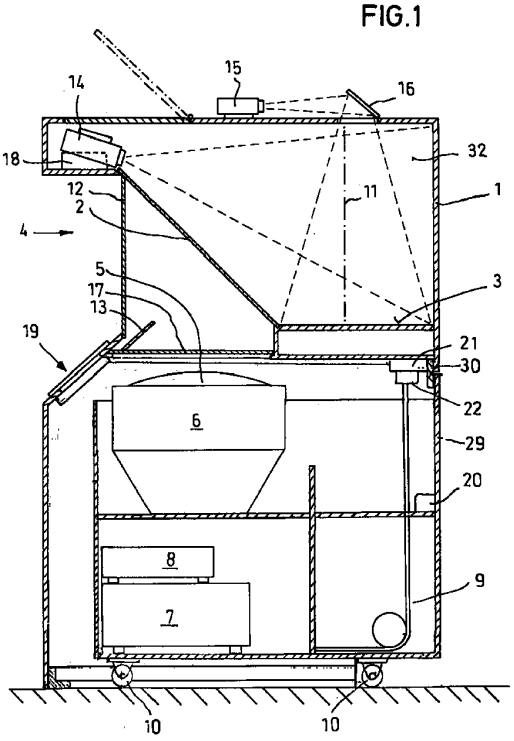
(54) Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

(57) Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern (11), bestehend aus

einem Gehäuse (1), in dem ein Bühnenboden (3) angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung (4) aufweist,
einer hinter der Sichtöffnung (4) und vor der Bühne im Winkel von 40° - 50° angeordneten durchsichtigen und teilweise reflektierenden Optikscheibe (2) und
mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe (2) angeordneten Bildschirm (5), dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild (11) auf der Bühne erscheint.

Damit eine derartige, aus relativ schweren Teilen bestehende Vorrichtung leicht transportierbar und schnell aufbaubar ist, besteht das Gehäuse (1) aus wenigen transportablen Teilen und weist mindestens eine Einschuböffnung auf, durch die in den Raum unterhalb der geneigten Optikscheibe (2) ein Gerätewagen (7) einfahrbar ist, der mit Bilderzeugungsgeräten (5,6,7,8,26) bestückt ist.

FIG.1



EP 0 737 879 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

- mit einem Gehäuse, in dem ein Bühnenboden angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung aufweist,
- mit einer hinter der Sichtöffnung und vor der Bühne im Winkel von 40° - 50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50 % reflektierenden Optikscheibe und
- mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe angeordneten Bildschirm, dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild auf der Bühne erscheint.

Eine Vorrichtung dieser Art ist bekannt aus der DE 38 08 406 A1. Die bekannte Vorrichtung hat eine 3 bis 9 m breite und entsprechend tiefe Bühne, die innerhalb eines im wesentlichen kubischen Gehäuses untergebracht ist. Die Optikscheibe ist so angeordnet, daß sie den Zuschauern den Blick auf die Bühne freigibt und gleichzeitig durch Spiegelung Luftbilder auf der Bühne erzeugt.

Das Gehäuse ist durch eine von der Rückwand bis zum mittleren Bereich des Gehäuses sich erstreckende, als Bühne dienende Zwischenwand in einen unteren Projektionsraum und einen oberen Bühnenraum unterteilt, wobei im Projektionsraum in Nähe der Rückwand mindestens ein Projektor und im Abstand davon ein durchscheinender Bildschirm angeordnet sind und vor dem Projektionsraum ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden verlaufende Achse geneigter Umlenkspiegel und über dem Umlenkspiegel eine gleichsinnig zum Umlenkspiegel geneigte Optikscheibe angeordnet sind. Gehäuse und die Bühne bestehen aus leicht zusammensetzbaren Elementen und Wänden, die auf Ausstellungen, Messen oder dergleichen zusammengesetzt und zu einem Gehäuse mit Bühne aufgebaut und mit Optikscheibe, Umlenkspiegel und mit Bilderzeugungsgeräten wie Dia-, Film- oder Video-Projektoren, Bildschirmen und mit Steuergeräten und Computern bestückt werden.

Auch wenn die Wände des Gehäuses und der Bühne leicht zusammensetzbar sind, ist der Aufbau einer derartigen Vorrichtung und das Einsetzen, Ausrichten und Anschließen der Bilderzeugungsgeräte arbeits- und zeitaufwendig.

Aus der DE 38 08 406 A1 ist auch eine displayartige Vorrichtung zum Erzeugen von Luftbildern bekannt, bei der auf eine Bühne verzichtet wurde und die von einem Fernsehgerät oder von einem Objekt abgeleiteten Luftbilder für den Betrachter frei im Raum schweben.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art so auszubilden, daß sie schnell und mit geringem Arbeitsaufwand aufgebaut oder zusammengesetzt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Gehäuse aus einem, zwei oder drei transportablen Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb der geneigten Optikscheibe ein Gerätewagen einfahrbar ist, der mit Bilderzeugungsgeräten wie Bildschirm, Fernsehgerät, Video-Recorder, Video-, Film-, Dia- oder Laser-Projektoren, Steuergeräten, Verstärkern oder dergleichen bestückt ist.

Der Gerätewagen kann unter dem Boden der Bühne in das Gehäuse eingeschoben werden, wenn die Einschuböffnung auf der der Sichtöffnung gegenüberliegenden Seite des Gehäuses angeordnet ist. Die Einschuböffnung kann aber auch zusätzlich oder ausschließlich seitlich der Bühne angeordnet sein, so daß der Gerätewagen vor der Vorderkannte und innerhalb des Bühnenbodens in das Gehäuse eingeschoben werden kann.

Bei einer alternativen Ausführungsform ist auch die geneigte Optikscheibe am Gerätewagen befestigt, so daß der Gerätewagen parallel zur Vorderkante des Bühnenbodens in das Gehäuse einschiebbar ausgebildet sein muß.

Weil alle Bilderzeugungsgeräte im Gerätewagen ausgerichtet und befestigt sind und an einem Energieverteiler angeschlossen sind, ist nach dem Aufstellen des Gehäuses lediglich der Gerätewagen in das Gehäuse einzuschieben und an eine Stromquelle anzuschließen, um die Vorrichtung betriebsbereit zu haben und eine von einem Computer gesteuerte Show ablaufen kann.

Um dem Gehäuse eine große Formsteifigkeit zu geben, hat es eine Zylinderform. In diesem Zylinder ist eine große, der Bühne entsprechende Sichtöffnung angeordnet, deren Ebene innerhalb des Zylinders liegt, und zwar in einem Abstand von der Zylinderachse, der 0,5 - 0,6 mal dem Radius des Zylinders entspricht. Der Teil des zylindrischen Gehäuses, der sich vor der Ebene der Sichtöffnung befindet, ist als Steuerpult ausgebildet, an dem der Zuschauer interaktiv die auf der Bühne ablaufende Show beeinflussen oder steuern kann.

Das zylindrische Gehäuse mit Bühnenboden aber ohne Gerätewagen und ohne die relativ schweren Bilderzeugungsgeräte kann bei einem Durchmesser von 1 bis 2 m als einstückige Einheit transportiert werden. Damit das Gehäuse beispielsweise besser durch Türöffnungen oder dergleichen transportiert werden kann, kann es zweckmäßig sein das Gehäuse zu beiden Seiten der Sichtöffnung mit der Breite dieser Sichtöffnung abzuflachen.

Ist der Durchmesser des zylindrischen Gehäuses größer als 1,80 m, ist es zweckmäßig, das Gehäuse in zwei Halbzylinder teilbar auszubilden, wobei der erste Halbzylinder das Steuerpult, die Sichtöffnung und den die Sichtöffnung umgebenden rahmenartigen Teil aufweist und der zweite Halbzylinder den Bühnenboden.

Die Halbzylinder können über Scharniere miteinander verbunden werden, so daß im aufgeschwenkten Zustand der Gerätewagen in das Gehäuse einfahren kann. Im geschlossenen Zustand werden die Halbzylinder so miteinander verbunden, daß eine ausreichende Stabilität gewährleistet ist.

In der folgenden Beschreibung werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Fig. 1, 2 und 3 Vertikal-Schnittansichten von drei Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 4 eine schaubildliche Frontansicht und

Fig. 5 eine horizontale Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 6 die Vertikal-Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung und

Fig. 7 eine Ansicht nach der Schnittlinie VII-VII in Fig. 6.

In der folgenden Beschreibung sind gleichwirkende Teile unterschiedlicher Ausführungsformen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern 11, die für den Betrachter auf einer Bühne 3 erscheinen, weist ein zylindrisches Gehäuse 1 auf, in dem eine Sichtöffnung 4 eingearbeitet ist, die den Blick auf eine Bühne freigibt, die durch den Bühnenboden 3 und eine hohlzylindrische Seiten- und Rückwand 32 begrenzt ist. Hinter der Sichtöffnung 4 und vor der Bühne 3 ist im Winkel von etwa 45° eine durchsichtige und 10 bis 50 % reflektierende Optikscheibe 2 angeordnet. Unterhalb dieser Optikscheibe 2 befinden sich Bilderzeugungsgeräte, deren Bilder als Luftbilder 11 auf der Bühne 3 erscheinen. In Fig. 1 werden die Bilder in einem Bildschirm 5 von einem Fernsehgerät 6 erzeugt, das zusammen mit anderen Geräten, z.B. Video-Recordern 7, Verstärkern 8, in einem Gerätewagen 9 untergebracht ist. Das Gehäuse 1 ist auf der der Sichtöffnung 4 gegenüberliegenden Seite mit einer Einschuböffnung versehen, durch welche der Gerätewagen 9 in das Gehäuse 1 so einschiebbar ist, daß der Bildschirm 5 oder mehrere Bildschirme unter der geneigten Optikscheibe 2 stehen, wenn der Wagen 9 bis zum Anschlag 30 in das Gehäuse 1 eingefahren ist.

Unterhalb der Sichtöffnung 4 ist ein Steuerpult 19 angeordnet, von dem aus die im Gerätewagen 9 untergebrachten Geräte und auch andere Geräte, die im Gehäuse 1 untergebracht sind, gesteuert werden können. Oberhalb der Sichtöffnung 4 befinden sich im Gehäuse 1 Lautsprecher 18, ferner ein Projektor 14, der auf einer diffus reflektierenden Rück- und Seitenwand der Bühne 3 Bilder erzeugt. Auf der Decke des Gehäuses 1 befindet sich ein Projektor 15, der über einen Umlenkspiegel 16 auf dem Bühnenboden Bilder erzeugt. Der Bühnenboden 3 ist schwach so zum Zuschauer hin geneigt, daß die auf dem Bühnenboden 3 erscheinenden Projektionen für den Zuschauer sichtbar sind. In der Sichtöffnung 4 befindet sich eine entspiegelte Schutzscheibe 12. Ferner ist eine Sichtblende 13 vorgesehen, damit der Zuschauer nicht von oben auf die Bilderzeugungsgeräte schauen kann. Zwischen Bildschirm 5 und der Optikscheibe 2 kann noch ein Kontrastfilter 17 angeordnet sein. Der Gerätewagen 9 kann über eine Steckdose 20 an das elektrische Netz angeschlossen werden.

Die Rückwand 29 des Gerätewagens 9 verschließt bei eingefahrenem Gerätewagen 9 die Einschuböffnung des Gehäuses 1. Diese Rückwand 29 ist also derart zylindrisch gekrümmt wie auch das Gehäuse 1.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ist der Gerätewagen 9 kürzer ausgebildet, und im Gehäuse 1 befindet sich eine Tür 25, welche die Einschuböffnung zum Durchlaß des Gerätewagens 9 verschließt. Bei dieser Ausführungsform hat das Gehäuse 1 Bodenschienen 24, auf denen der Gerätewagen 9 mit seinen Rollen 10 verschiebbar geführt ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist der Gerätewagen 9 mit einem Projektor 26 und einem Umlenkspiegel 27 bestückt. Das vom Projektor 26 projizierte Bild erscheint auf einem Bildschirm 28, der im Gehäuse 1 vor dem Bühnenboden 3 und unterhalb der geneigten Optikscheibe 2 angeordnet ist.

Fig. 4 zeigt die Vorrichtung nach der Erfindung im Betrieb. Die hohlzylindrische Begrenzung des Bühnenraumes in Verbindung mit entsprechenden Projektionen auf der hohlzylindrischen Wand 32 täuscht eine große Raumtiefe vor, die noch gesteigert werden kann durch die Projektionen auf den Bühnenboden 3.

Die Fig. 5 zeigt einen Horizontalschnitt durch ein zylindrisches Gehäuse, das sich aus zwei Halbzylindern 1 und 1' zusammensetzt. Die beiden Halbzylinder 1 und 1' sind über Scharniere 31 miteinander verbunden. Zum Einfahren und Ausfahren des Gerätewagens 9 wird der Halbzylinder 1' in Öffnungsstellung geschwenkt. In Schließstellung wird der Halbzylinder 1' an der aufschwenkbaren Seite mit der anderen Gehäusehälfte verschraubt, um dem Gehäuse eine ausreichende Stabilität zu geben. In der aufschwenkbaren Gehäusehälfte 1' befindet sich noch eine Tür 36, die zur Inspektion der Vorrichtung geöffnet und geschlossen werden kann.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 6 und Fig. 7 ist der Gerätewagen 9 mit drei großflächigen Fernsehgeräten 6 bestückt. Der Gerätewagen 9 ist von der Seite, d.h. parallel zur Vorderkante des Bühnenbodens 3, in das Gehäuse 1 einfahrbar.

Im Bühnenboden 3 befinden sich drei Drehbühnen 33, 34 und 35. Mit Hilfe dieser Drehbühnen können auf dem Bühnenboden 3 auch stehende Objekte unabhängig voneinander bewegt werden.

Das Steuerpult 19 ist ausgerüstet mit einem Joystick 37 für Bildmanupulationen, einem Touchscreen 38, mit dessen Hilfe durch Druck auf die dort erschei-

nenden Symbole das gewünschte Bildprogramm gewählt werden kann, einem Telefon 39 mit direkter Standleitung zum Beispiel zu einem Informationsservice und einem Drucker 40 von dem der Kunde Ausdrucke über ihn interessierende Themen erhalten kann.

Schließlich kann - wie Fig. 7 zeigt - ein größeres Gehäuse auch aus drei Teilen 41, 42 und 43 zusammengesetzt sein, dabei besteht das Vorderteil 41 aus dem Steuerpult 19 und dem die Sichtöffnung umgebenden rahmenartigen Teil in das eine Schutzscheibe 12 eingesetzt sein kann. Das Mittelteil 42 verbindet das Vorderteil 41 mit dem Hinterteil 43 und umfaßt im wesentlichen den Raum, der den Gerätewagen aufnimmt und die schrägstehende Optikscheibe. Das Hinterteil 43 enthält den Bühnenboden 3.

An den Stoßfugen der drei Teile 41, 42, 43 sind versteifende Profile angebracht, die über Schrauben oder Spannverschlüsse miteinander verbunden werden.

Bezugszeichenliste:

1 Gehäuse
2 Optikscheibe
3 Bühnenboden
4 Sichtöffnung
5 Bildschirm
6 Fernsehgerät
7 Video-Recorder
8 Verstärker
9 Gerätewagen
10 Rollen
11 Luftbild
12 entspiegelte Schutzscheibe
13 Sichtblende
14 Projektor für Rückwand-Projektion
15 Projektor für Boden-Projektion
16 Umlenkspiegel
17 Kontrastfilter
18 Lautsprecher
19 Steuerpult
20 Steckdose
21 Steckleiste
22 Stecker
23 Revisionsluke
24 Bodenplatte oder -schiene
25 Tür
26 Projektor
27 Umlenkspiegel
28 Bildschirm
29 Rückwand des Wagens
30 Anschlag
31 Scharnier
32 Bühnenwand
33 Drehbühne
34 Drehbühne
35 Drehbühne
36 Tür
37 Joystick
38 Touchscreen
39 Telefon
40 Drucker

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern (11)

   - mit einem Gehäuse (1), in dem ein Bühnenboden (3) angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung (4) aufweist,
   - mit einer hinter der Sichtöffnung (4) und vor der Bühne im Winkel von 40° - 50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50 % reflektierenden Optikscheibe (2) und
   - mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe (2) angeordneten Bildschirm (5), dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild (11) auf der Bühne erscheint,

   dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) aus einem, zwei oder drei transportablen Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb der geneigten Optikscheibe (2) ein Gerätewagen (7) einfahrbar ist, der mit Bilderzeugungsgeräten wie Bildschirm (5), Fernsehgerät (6), Video-Recorder (7), Video-, Film-, Dia- oder Laser-Projektoren (26), Steuergeräten, Verstärkern (8) oder dergleichen bestückt ist.

2. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern (11)

   - mit einem Gehäuse (1), in dem ein Bühnenboden (3) angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung (4) aufweist,
   - mit einer hinter der Sichtöffnung (4) und vor der Bühne im Winkel von 40° - 50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50 % reflektierenden Optikscheibe (2) und
   - mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe (2) angeordneten Bildschirm (5), dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild (11) auf der Bühne erscheint,

   dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) aus einem, zwei oder drei transportablen Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb und vor der Bühne ein Gerätewagen (7) einfahrbar ist, der mit Bilderzeugungsgeräten (5,6,7,8) und mit der Optikscheibe (9) bestückt ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß am Boden des Gehäuses (1)

Schienen (24) für die Räder (10) des Gerätewagens (9) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die optimale Stellung des Gerätewagens (9) innerhalb des Gehäuses (1) durch einen Anschlag (30) oder einen Rastpunkt bestimmt ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rückwand (29) des Gerätewagens (9) in Einschubstellung die Einschuböffnung im Gehäuse (1) verschließt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einschuböffnung für den Gerätewagen (9) durch eine Tür (25) am Gehäuse (1) verschließbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einschuböffnung für den Gerätewagen (9) auf der der Sichtöffnung (4) gegenüberliegenden Seite des Gehäuses (1) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Gerätewagen (9) eine Steckerleiste (21) aufweist, an die die Geräte des Gerätewagens (9) anschließbar sind und die zum Beispiel über eine Steckdose (20) an eine Stromquelle anschließbar ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bilderzeugungsgeräte des Gerätewagens (9) an ein unterhalb der Sichtöffnung (4) am Gehäuse (1) angeordnetes Steuerpult (19) anschließbar sind für eine interaktive Programm- und/oder Bild- und Ton-Anwahl.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Boden (3) der Bühne zur Sichtöffnung (4) hin schwach geneigt ist und in der Decke der Bühne eine Öffnung zum Durchlaß einer Bühnenbodenprojektion angeordnet ist.

11. Vorrichtung insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Boden (3) der Bühne etwa halbkreisförmig ist und die entsprechend gebogene, hohlzylindrische Bühnenwand (32) als diffus reflektierende Fläche ausgebildet ist, auf die von einem oberhalb der Sichtöffnung (4) angeordneten Projektor (14) ein Bild, z.B. eine Landschaft, projizierbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gehäuse (1) zylindrisch ist und als einstückige Einheit transportabel ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das zylindrische Gehäuse (1) in zwei Halbzylinder teilbar ist.

FIG.1

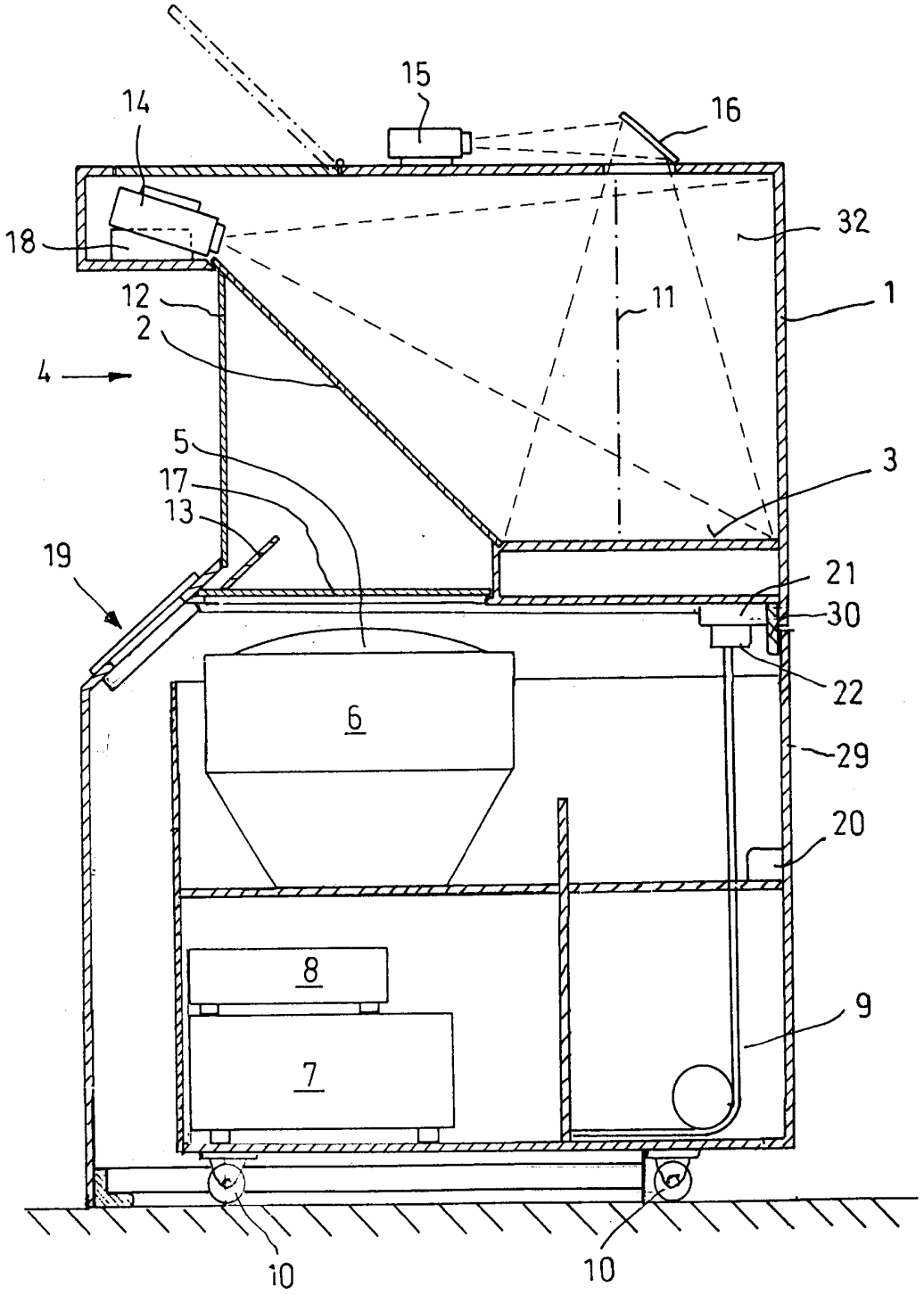


FIG. 2

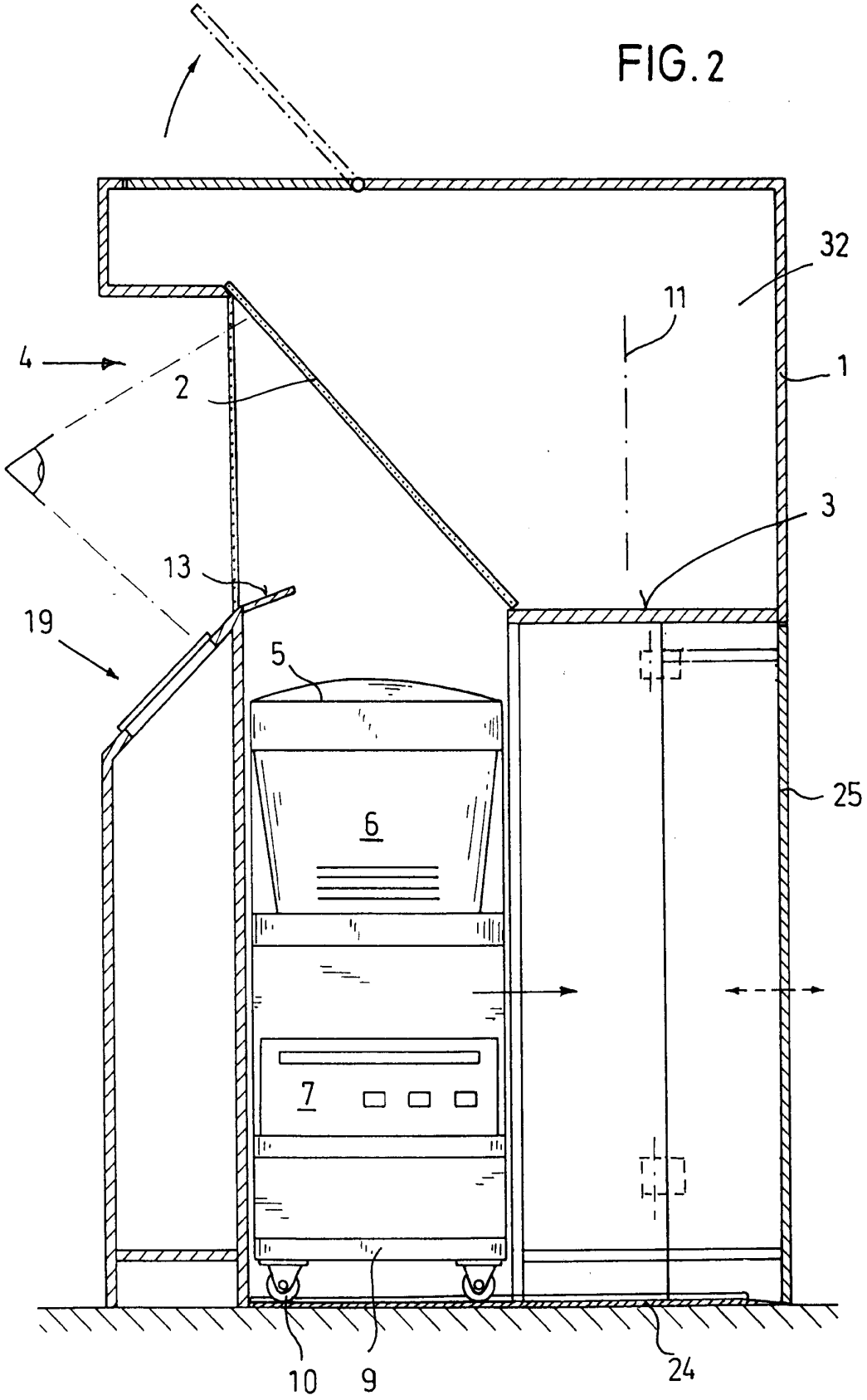


FIG. 3

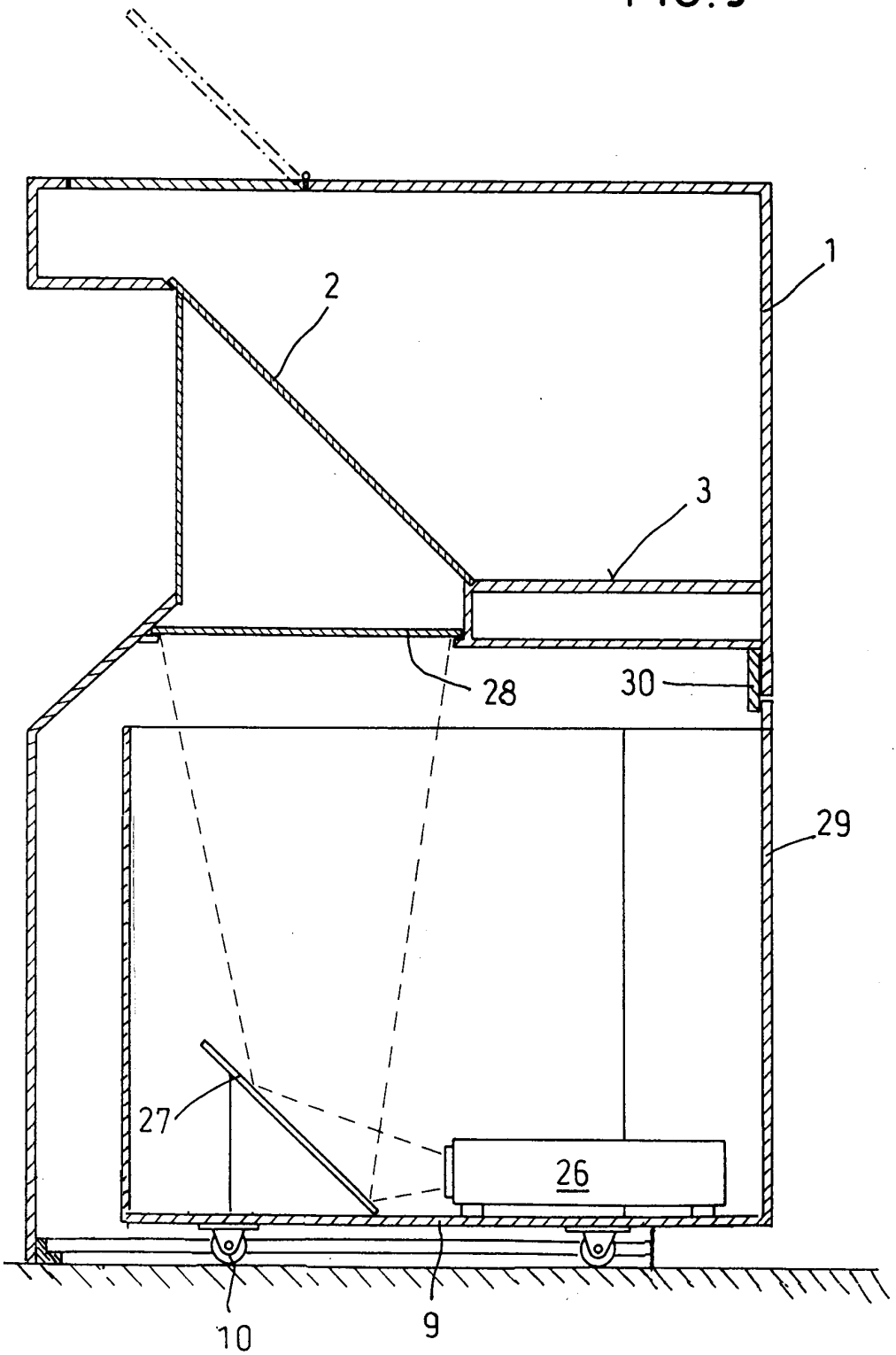


FIG.4

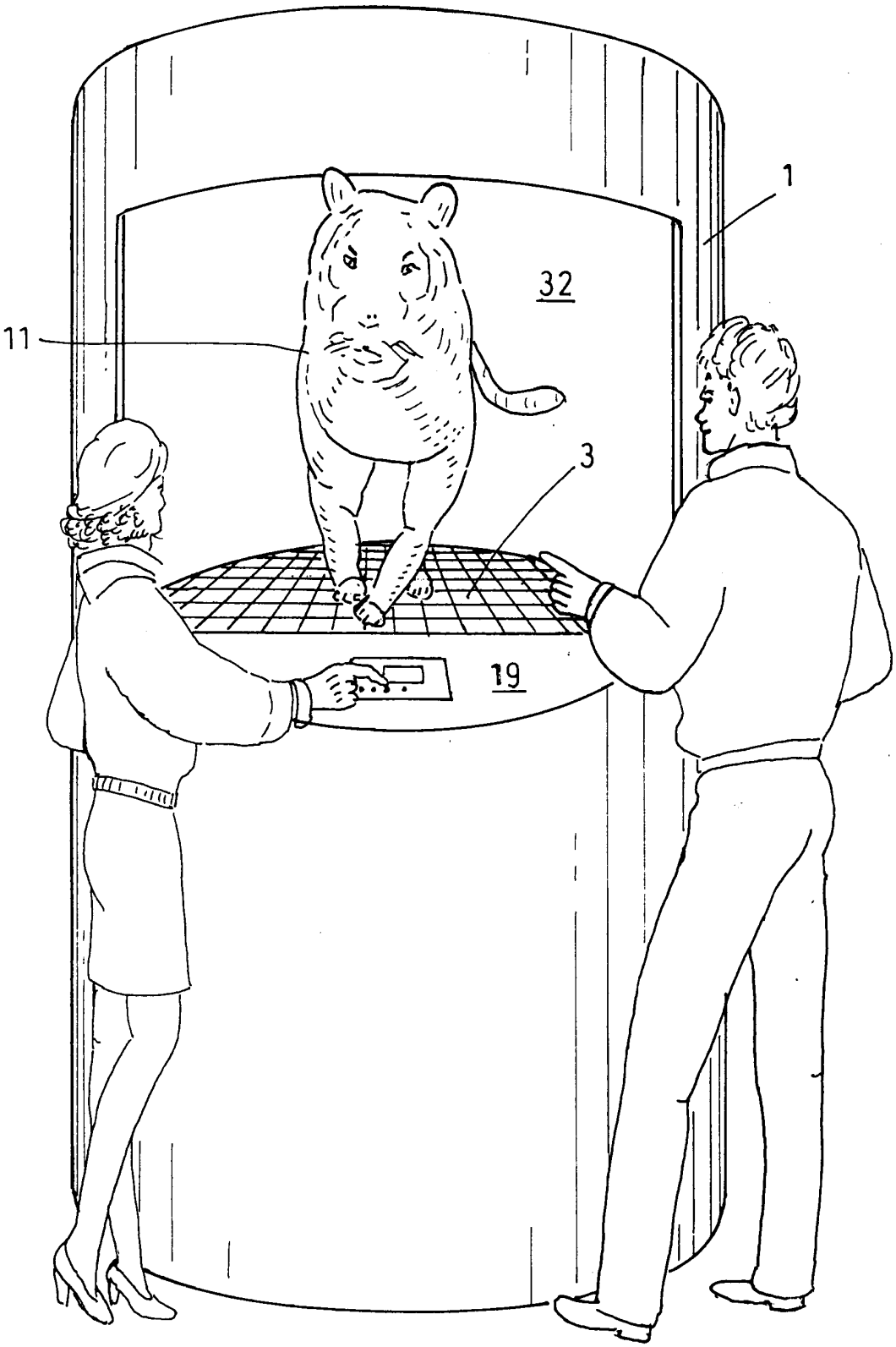


FIG.5

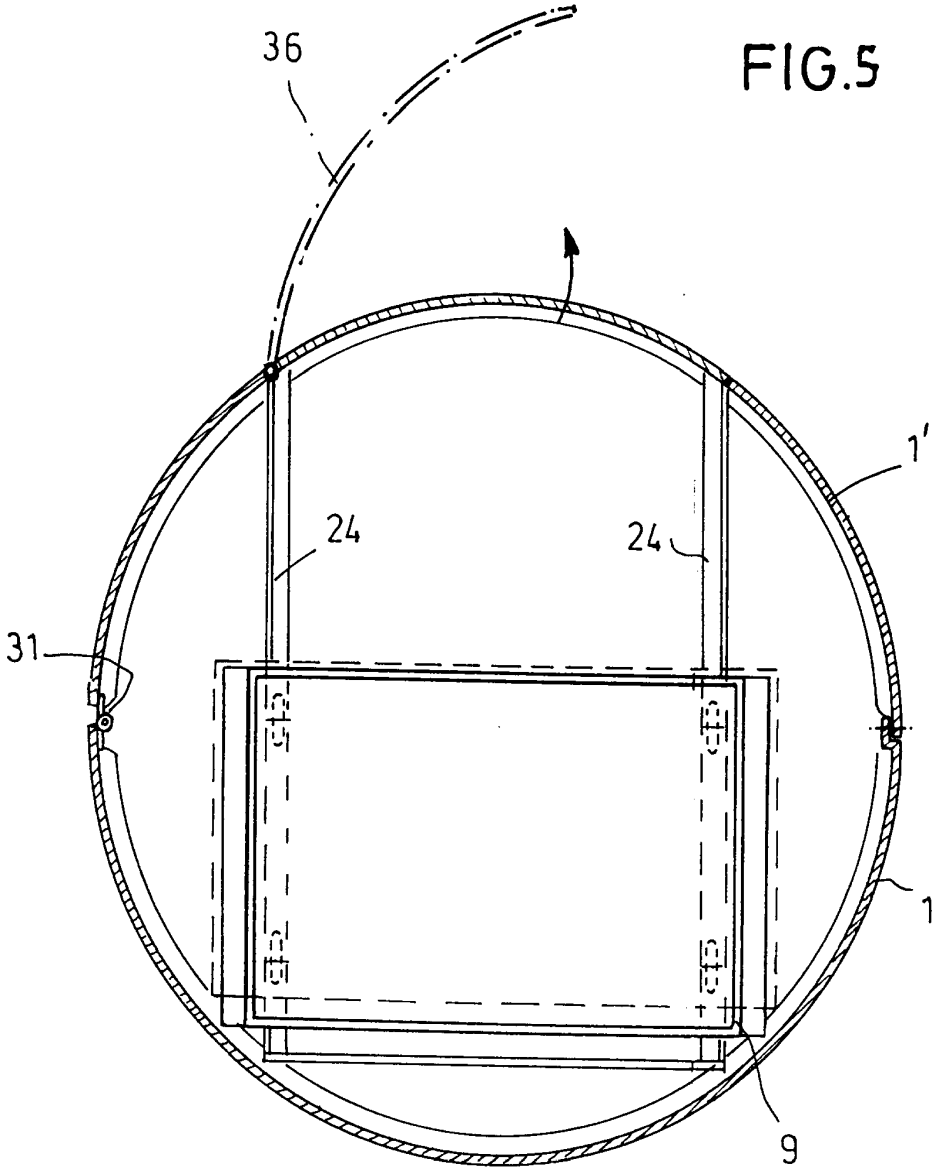


FIG.6

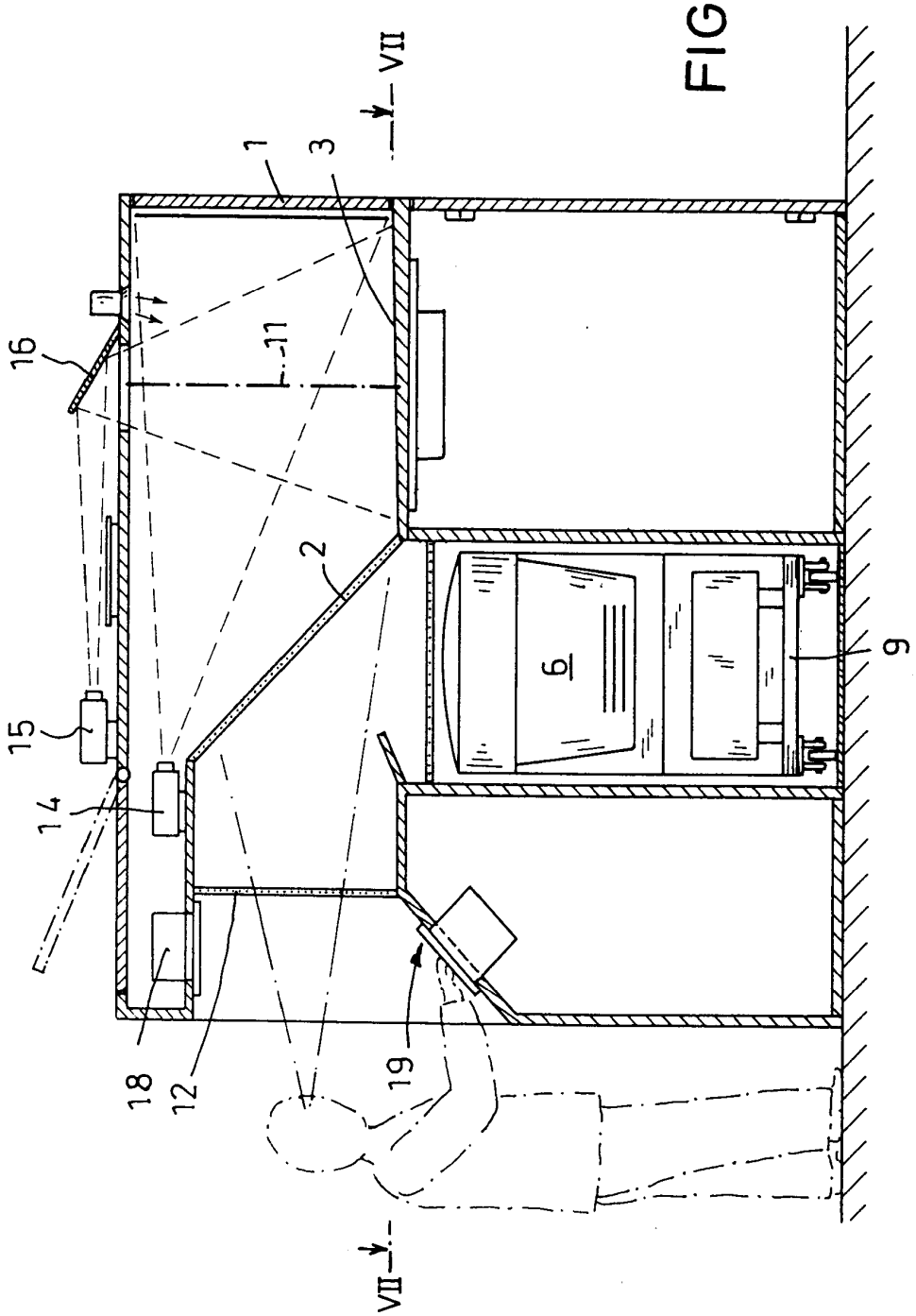
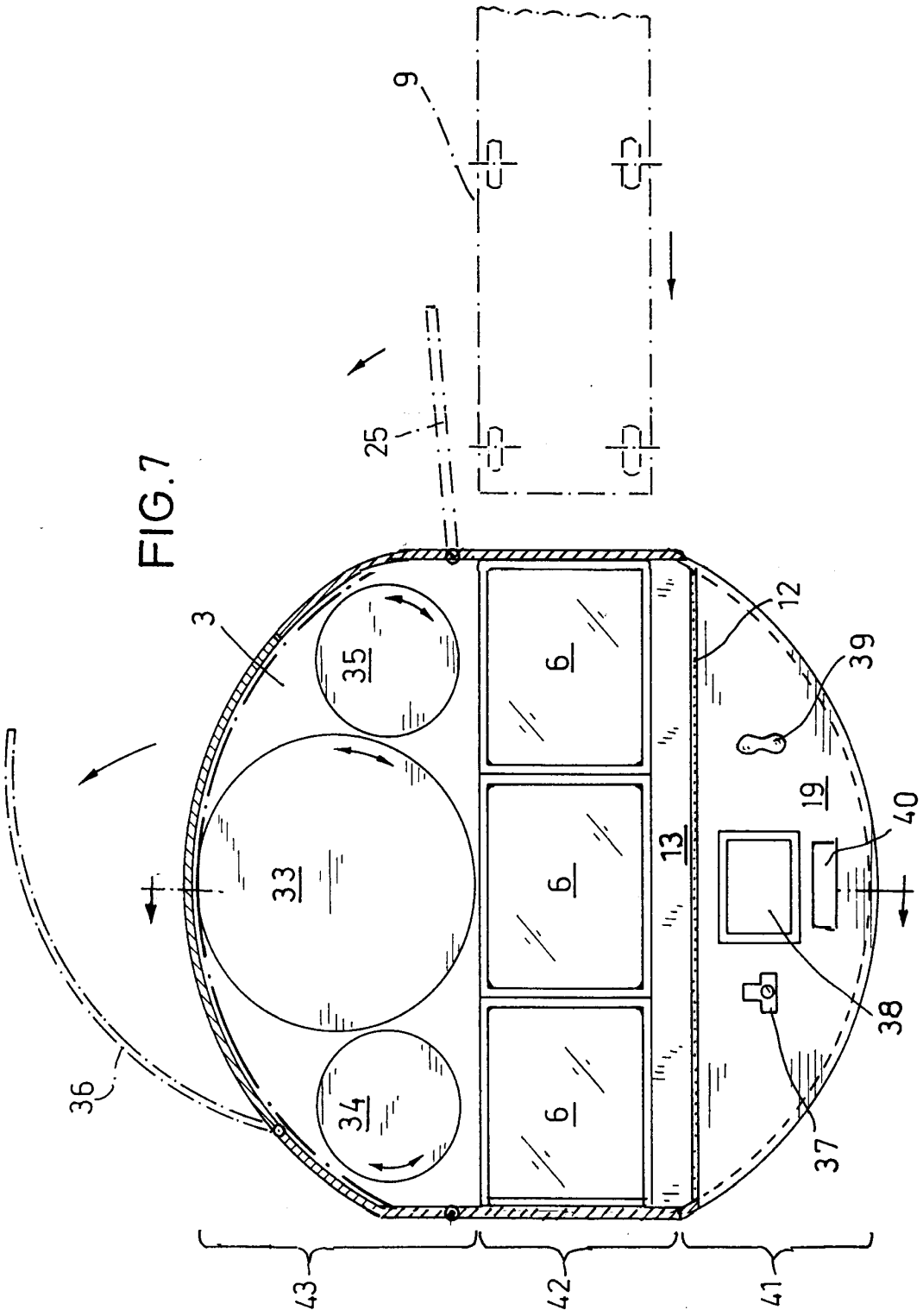


FIG.7



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 10 5440

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,A	EP-A-0 310 077 (LETTNER WOLFGANG) 5.April 1989 * das ganze Dokument * ---	1,2	G02B27/22 G02B27/24 G09F19/18 H04N9/31
A	JP-A-06 348 817 (FUJITA CORP) 22.Dezember 1994 * das ganze Dokument * ---	1,2,7,9	
A	US-A-5 313 276 (TAAFFE KELLY) 17.Mai 1994 * das ganze Dokument * ---	1,2	
A	US-A-3 316 803 (CARPENTER ET AL) 2.Mai 1967 * das ganze Dokument * ---	1-3	
A	EP-A-0 075 495 (MALIBU STAR MARKETING INC) 30.März 1983 * das ganze Dokument * -----	1,2	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
G02B G09F H04N

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	21.August 1996	Ward, S

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus andern Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 737 879 B1

(12) EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
06.10.1999 Patentblatt 1999/40

(51) Int Cl.[6]: **G02B 27/22**, G02B 27/24, G09F 19/18, H04N 9/31

(21) Anmeldenummer: **96105440.0**

(22) Anmeldetag: **04.04.1996**

(54) Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

Device for generating aerial images by means of reflection

Dispositif pour la génération d'images aériennes par réflexion

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB LI

(30) Priorität: **10.04.1995 DE 19512962**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.10.1996 Patentblatt 1996/42

(73) Patentinhaber: **Cinetics Performance W. Lettner GmbH**
53945 Blankenheim-Mühlheim (DE)

(72) Erfinder: **Lettner, Wolfgang**
53945 Blankenheim-Mühlheim (DE)

(74) Vertreter: **Freischem, Werner, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte Freischem,
An Gross St. Martin 2
50667 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 075 495
EP-A- 0 310 077
JP-A- 6 348 817
US-A- 3 316 803
US-A- 5 313 276

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 737 879 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern

- mit einem Gehäuse, in dem ein Bühnenboden angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung aufweist,
- mit einer hinter der Sichtöffnung und vor der Bühne im Winkel von 40° - 50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50 % reflektierenden Optikscheibe und
- mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe angeordneten Bildschirm, dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild auf der Bühne erscheint.

[0002] Eine Vorrichtung dieser Art ist bekannt aus der DE 38 08 406 A1. Die bekannte Vorrichtung hat eine 3 bis 9 m breite und entsprechend tiefe Bühne, die innerhalb eines im wesentlichen kubischen Gehäuses untergebracht ist. Die Optikscheibe ist so angeordnet, daß sie den Zuschauern den Blick auf die Bühne freigibt und gleichzeitig durch Spiegelung Luftbilder auf der Bühne erzeugt.

[0003] Das Gehäuse ist durch eine von der Rückwand bis zum mittleren Bereich des Gehäuses sich erstrekkende, als Bühne dienende Zwischenwand in einen unteren Projektionsraum und einen oberen Bühnenraum unterteilt, wobei im Projektionsraum in Nähe der Rückwand mindestens ein Projektor und im Abstand davon ein durchscheinender Bildschirm angeordnet sind und vor dem Projektionsraum ein um eine waagerechte, rechtwinklig zu den Seitenwänden verlaufende Achse geneigter Umlenkspiegel und über dem Umlenkspiegel eine gleichsinnig zum Umlenkspiegel geneigte Optikscheibe angeordnet sind. Gehäuse und die Bühne bestehen aus leicht zusammensetzbaren Elementen und Wänden, die auf Ausstellungen, Messen oder dergleichen zusammengesetzt und zu einem Gehäuse mit Bühne aufgebaut und mit Optikscheibe, Umlenkspiegel und mit Bilderzeugungsgeräten wie Dia-, Film- oder Video-Projektoren, Bildschirmen und mit Steuergeräten und Computern bestückt werden.

[0004] Auch wenn die Wände des Gehäuses und der Bühne leicht zusammensetzbar sind, ist der Aufbau einer derartigen Vorrichtung und das Einsetzen, Ausrichten und Anschließen der Bilderzeugungsgeräte arbeits- und zeitaufwendig.

[0005] Aus der DE 38 08 406 A1 ist auch eine displayartige Vorrichtung zum Erzeugen von Luftbildern bekannt, bei der auf eine Bühne verzichtet wurde und die von einem Fernsehgerät oder von einem Objekt abgeleiteten Luftbilder für den Betrachter frei im Raum schweben.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art so auszubilden, daß sie schnell und mit geringem Arbeitsaufwand aufgebaut oder zusammengesetzt werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Gehäuse aus einem, zwei oder drei transportablen Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb der geneigten Optikscheibe ein Gerätewagen einfahrbar ist, der mit Bilderzeugungsgeräten wie Bildschirm, Fernsehgerät, Video-Recorder, Video-, Film-, Dia- oder Laser-Projektoren, Steuergeräten, Verstärkern oder dergleichen bestückt ist.

[0008] Der Gerätewagen kann unter dem Boden der Bühne in das Gehäuse eingeschoben werden, wenn die Einschuböffnung auf der der Sichtöffnung gegenüberliegenden Seite des Gehäuses angeordnet ist. Die Einschuböffnung kann aber auch zusätzlich oder ausschließlich seitlich der Bühne angeordnet sein, so daß der Gerätewagen vor der Vorderkannte und innerhalb des Bühnenbodens in das Gehäuse eingeschoben werden kann.

[0009] Bei einer alternativen Ausführungsform ist auch die geneigte Optikscheibe am Gerätewagen befestigt, so daß der Gerätewagen parallel zur Vorderkante des Bühnenbodens in das Gehäuse einschiebbar ausgebildet sein muß.

[0010] Weil alle Bilderzeugungsgeräte im Gerätewagen ausgerichtet und befestigt sind und an einem Energieverteiler angeschlossen sind, ist nach dem Aufstellen des Gehäuses lediglich der Gerätewagen in das Gehäuse einzuschieben und an eine Stromquelle anzuschließen, um die Vorrichtung betriebsbereit zu haben und eine von einem Computer gesteuerte Show ablaufen kann.

[0011] Um dem Gehäuse eine große Formsteifigkeit zu geben, hat es eine Zylinderform. In diesem Zylinder ist eine große, der Bühne entsprechende Sichtöffnung angeordnet, deren Ebene innerhalb des Zylinders liegt, und zwar in einem Abstand von der Zylinderachse, der 0,5 - 0,6 mal dem Radius des Zylinders entspricht. Der Teil des zylindrischen Gehäuses, der sich vor der Ebene der Sichtöffnung befindet, ist als Steuerpult ausgebildet, an dem der Zuschauer interaktiv die auf der Bühne ablaufende Show beeinflussen oder steuern kann.

[0012] Das zylindrische Gehäuse mit Bühnenboden aber ohne Gerätewagen und ohne die relativ schweren Bilderzeugungsgeräte kann bei einem Durchmesser von 1 bis 2 m als einstückige Einheit transportiert werden. Damit das Gehäuse beispielsweise besser durch Türöffnungen oder dergleichen transportiert werden kann, kann es zweckmäßig sein das Gehäuse zu beiden Seiten der Sichtöffnung mit der Breite dieser Sichtöffnung abzuflachen.

[0013] Ist der Durchmesser des zylindrischen Gehäuses größer als 1,80 m, ist es zweckmäßig, das Gehäuse in zwei Halbzylinder teilbar auszubilden, wobei der erste Halbzylinder das Steuerpult, die Sichtöffnung und den die Sichtöffnung umgebenden rahmenartigen Teil auf-

weist und der zweite Halbzylinder den Bühnenboden. Die Halbzylinder können über Scharniere miteinander verbunden werden, so daß im aufgeschwenkten Zustand der Gerätewagen in das Gehäuse einfahren kann. Im geschlossenen Zustand werden die Halbzylinder so miteinander verbunden, daß eine ausreichende Stabilität gewährleistet ist.

[0014] In der folgenden Beschreibung werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Fig. 1, 2 und 3	Vertikal-Schnittansichten von drei Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung,
Fig. 4	eine schaubildliche Frontansicht und
Fig. 5	eine horizontale Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,
Fig. 6	die Vertikal-Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung und
Fig. 7	eine Ansicht nach der Schnittlinie VII-VII in Fig. 6.

[0015] In der folgenden Beschreibung sind gleichwirkende Teile unterschiedlicher Ausführungsformen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0016] Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern 11, die für den Betrachter auf einer Bühne 3 erscheinen, weist ein zylindrisches Gehäuse 1 auf, in dem eine Sichtöffnung 4 eingearbeitet ist, die den Blick auf eine Bühne freigibt, die durch den Bühnenboden 3 und eine hohlzylindrische Seiten- und Rückwand 32 begrenzt ist. Hinter der Sichtöffnung 4 und vor der Bühne 3 ist im Winkel von etwa 45° eine durchsichtige und 10 bis 50 % reflektierende Optikscheibe 2 angeordnet. Unterhalb dieser Optikscheibe 2 befinden sich Bilderzeugungsgeräte, deren Bilder als Luftbilder 11 auf der Bühne 3 erscheinen. In Fig. 1 werden die Bilder in einem Bildschirm 5 von einem Fernsehgerät 6 erzeugt, das zusammen mit anderen Geräten, z.B. Video-Recordern 7, Verstärkern 8, in einem Gerätewagen 9 untergebracht ist. Das Gehäuse 1 ist auf der der Sichtöffnung 4 gegenüberliegenden Seite mit einer Einschuböffnung versehen, durch welche der Gerätewagen 9 in das Gehäuse 1 so einschiebbar ist, daß der Bildschirm 5 oder mehrere Bildschirme unter der geneigten Optikscheibe 2 stehen, wenn der Wagen 9 bis zum Anschlag 30 in das Gehäuse 1 eingefahren ist.

[0017] Unterhalb der Sichtöffnung 4 ist ein Steuerpult 19 angeordnet, von dem aus die im Gerätewagen 9 untergebrachten Geräte und auch andere Geräte, die im Gehäuse 1 untergebracht sind, gesteuert werden können. Oberhalb der Sichtöffnung 4 befinden sich im Gehäuse 1 Lautsprecher 18, ferner ein Projektor 14, der auf einer diffus reflektierenden Rück- und Seitenwand der Bühne 3 Bilder erzeugt. Auf der Decke des Gehäuses 1 befindet sich ein Projektor 15, der über einen Umlenkspiegel 16 auf dem Bühnenboden Bilder erzeugt. Der Bühnenboden 3 ist schwach so zum Zuschauer hin geneigt, daß die auf dem Bühnenboden 3 erscheinenden Projektionen für den Zuschauer sichtbar sind. In der Sichtöffnung 4 befindet sich eine entspiegelte Schutzscheibe 12. Ferner ist eine Sichtblende 13 vorgesehen, damit der Zuschauer nicht von oben auf die Bilderzeugungsgeräte schauen kann. Zwischen Bildschirm 5 und der Optikscheibe 2 kann noch ein Kontrastfilter 17 angeordnet sein. Der Gerätewagen 9 kann über eine Steckdose 20 an das elektrische Netz angeschlossen werden.

[0018] Die Rückwand 29 des Gerätewagens 9 verschließt bei eingefahrenem Gerätewagen 9 die Einschuböffnung des Gehäuses 1. Diese Rückwand 29 ist also derart zylindrisch gekrümmt wie auch das Gehäuse 1.

[0019] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ist der Gerätewagen 9 kürzer ausgebildet, und im Gehäuse 1 befindet sich eine Tür 25, welche die Einschuböffnung zum Durchlaß des Gerätewagens 9 verschließt. Bei dieser Ausführungsform hat das Gehäuse 1 Bodenschienen 24, auf denen der Gerätewagen 9 mit seinen Rollen 10 verschiebbar geführt ist.

[0020] Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist der Gerätewagen 9 mit einem Projektor 26 und einem Umlenkspiegel 27 bestückt. Das vom Projektor 26 projizierte Bild erscheint auf einem Bildschirm 28, der im Gehäuse 1 vor dem Bühnenboden 3 und unterhalb der geneigten Optikscheibe 2 angeordnet ist.

[0021] Fig. 4 zeigt die Vorrichtung nach der Erfindung im Betrieb. Die hohlzylindrische Begrenzung des Bühnenraumes in Verbindung mit entsprechenden Projektionen auf der hohlzylindrischen Wand 32 täuscht eine große Raumtiefe vor, die noch gesteigert werden kann durch die Projektionen auf den Bühnenboden 3.

[0022] Die Fig. 5 zeigt einen Horizontalschnitt durch ein zylindrisches Gehäuse, das sich aus zwei Halbzylindern 1 und 1' zusammensetzt. Die beiden Halbzylinder 1 und 1' sind über Scharniere 31 miteinander verbunden. Zum Einfahren und Ausfahren des Gerätewagens 9 wird der Halbzylinder 1' in Öffnungsstellung geschwenkt. In Schließstellung wird der Halbzylinder 1' an der aufschwenkbaren Seite mit der anderen Gehäusehälfte verschraubt, um dem Gehäuse eine ausreichende Stabilität zu geben. In der aufschwenkbaren Gehäusehälfte 1' befindet sich noch eine Tür 36, die zur Inspektion der Vorrichtung geöffnet und geschlossen werden kann.

[0023] Bei der Ausführungsform nach Fig. 6 und Fig. 7 ist der Gerätewagen 9 mit drei großflächigen Fernsehgeräten 6 bestückt. Der Gerätewagen 9 ist von der Seite, d.h. parallel zur Vorderkante des Bühnenbodens 3, in das Gehäuse 1 einfahrbar.

[0024] Im Bühnenboden 3 befinden sich drei Dreh-

bühnen 33, 34 und 35. Mit Hilfe dieser Drehbühnen können auf dem Bühnenboden 3 auch stehende Objekte unabhängig voneinander bewegt werden.

[0025] Das Steuerpult 19 ist ausgerüstet mit einem Joystick 37 für Bildmanupulationen, einem Touchscreen 38, mit dessen Hilfe durch Druck auf die dort erscheinenden Symbole das gewünschte Bildprogramm gewählt werden kann, einem Telefon 39 mit direkter Standleitung zum Beispiel zu einem Informationsservice und einem Drucker 40 von dem der Kunde Ausdrucke über ihn interessierende Themen erhalten kann.

[0026] Schließlich kann - wie Fig. 7 zeigt - ein größeres Gehäuse auch aus drei Teilen 41, 42 und 43 zusammengesetzt sein, dabei besteht das Vorderteil 41 aus dem Steuerpult 19 und dem die Sichtöffnung umgebenden rahmenartigen Teil in das eine Schutzscheibe 12 eingesetzt sein kann. Das Mittelteil 42 verbindet das Vorderteil 41 mit dem Hinterteil 43 und umfaßt im wesentlichen den Raum, der den Gerätewagen aufnimmt und die schrägstehende Optikscheibe. Das Hinterteil 43 enthält den Bühnenboden 3.

[0027] An den Stoßfugen der drei Teile 41, 42, 43 sind versteifende Profile angebracht, die über Schrauben oder Spannverschlüsse miteinander verbunden werden.

Bezugszeichenliste:

[0028]

1 Gehäuse
2 Optikscheibe
3 Bühnenboden
4 Sichtöffnung
5 Bildschirm
6 Fernsehgerät
7 Video-Recorder
8 Verstärker
9 Gerätewagen
10 Rollen
11 Luftbild
12 entspiegelte Schutzscheibe
13 Sichtblende
14 Projektor für Rückwand-Projektion
15 Projektor für Boden-Projektion
16 Umlenkspiegel
17 Kontrastfilter
18 Lautsprecher
19 Steuerpult
20 Steckdose
21 Steckleiste
22 Stecker
23 Revisionsluke
24 Bodenplatte oder -schiene
25 Tür
26 Projektor
27 Umlenkspiegel
28 Bildschirm
29 Rückwand des Wagens
30 Anschlag
31 Scharnier
32 Bühnenwand
33 Drehbühne
34 Drehbühne
35 Drehbühne
36 Tür
37 Joystick
38 Touchscreen
39 Telefon
40 Drucker

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern (11)

   - mit einem Gehäuse (1), in dem ein Bühnenboden (3) angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung (4) aufweist,
   - mit einer hinter der Sichtöffnung (4) und vor der Bühne im Winkel von 40° - 50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50 % reflektierenden Optikscheibe (2) und
   - mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe (2) angeordneten Bildschirm (5), dessen Bild für die Augen des Betrachters als Luftbild (11) auf der Bühne erscheint,

   dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung einen Gerätewagen aufweist, der mit Bilderzeugungsgeräten wie Bildschirm (5), Fernsehgerät (6), Video-Recorder (7), Video-, Film-, Dia- oder Laser-Projektoren (26), Steuergeräten, Verstärkern (8) oder dergleichen bestückt ist, und daß das Gehäuse (1) aus insgesamt einem, zwei oder drei getrennt transportierbaren Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb der geneigten Optikscheibe (2) der Gerätewagen (7) einfahrbar ist.

2. Vorrichtung zur Erzeugung von durch Spiegelung entstehenden Luftbildern (11)

   - mit einem Gehäuse (1), in dem ein Bühnenboden (3) angeordnet ist und das eine die Sicht auf die Bühne freigebende Sichtöffnung (4) aufweist,
   - mit einer hinter der Sichtöffnung (4) und vor der Bühne im Winkel von 40° - 50° angeordneten durchsichtigen und 10 bis 50 % reflektierenden Optikscheibe (2) und
   - mit mindestens einem im Abstand unterhalb der Optikscheibe (2) angeordneten Bildschirm (5), dessen Bild für die Augen des Betrachters

als Luftbild (11) auf der Bühne erscheint,

dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung einen Gerätewagen aufweist, der mit Bilderzeugungsgeräten (5,6,7,8) und mit der Optikscheibe (9) bestückt ist, und daß das Gehäuse (1) aus insgesamt einem, zwei oder drei getrennt transportierbaren Teilen besteht und mindestens eine Einschuböffnung aufweist, durch die in den Raum unterhalb und vor der Bühne der Gerätewagen (7) einfahrbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß am Boden des Gehäuses (1) Schienen (24) für die Räder (10) des Gerätewagens (9) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß die optimale Stellung des Gerätewagens (9) innerhalb des Gehäuses (1) durch einen Anschlag (30) oder einen Rastpunkt bestimmt ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Rückwand (29) des Gerätewagens (9) in Einschubstellung die Einschuböffnung im Gehäuse (1) verschließt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Einschuböffnung für den Gerätewagen (9) durch eine Tür (25) am Gehäuse (1) verschließbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Einschuböffnung für den Gerätewagen (9) auf der der Sichtöffnung (4) gegenüberliegenden Seite des Gehäuses (1) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Gerätewagen (9) eine Steckerleiste (21) aufweist, an die die Geräte des Gerätewagens (9) anschließbar sind und die zum Beispiel über eine Steckdose (20) an eine Stromquelle anschließbar ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Bilderzeugungsgeräte des Gerätewagens (9) an ein unterhalb der Sichtöffnung (4) am Gehäuse (1) angeordnetes Steuerpult (19) anschließbar sind für eine interaktive Programm- und/oder Bild- und Ton-Anwahl.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Boden (3) der Bühne zur Sichtöffnung (4) hin schwach geneigt ist und in der Decke der Bühne eine Öffnung zum Durchlaß einer Bühnenbodenprojektion angeordnet ist.

11. Vorrichtung insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Boden (3) der Bühne etwa halbkreisförmig ist und die entsprechend gebogene, hohlzylindrische Bühnenwand (32) als diffus reflektierende Fläche ausgebildet ist, auf die von einem oberhalb der Sichtöffnung (4) angeordneten Projektor (14) ein Bild, z. B. eine Landschaft, projizierbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Gehäuse (1) zylindrisch ist und als einstückige Einheit transportabel ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet,** daß das zylindrische Gehäuse (1) in zwei Halbzylinder teilbar ist.

Claims

1. A device for generating virtual images (11) by means of reflection, having

   - a housing (1), in which a stage floor (3) is arranged and which comprises a viewing opening (4) providing a view of the stage,
   - a transparent, 10 to 50 % reflective optical plate (2) arranged behind the viewing opening and in front of the stage at an angle of 40° to 50° and
   - at least one screen (5) arranged at a distance below the optical plate (2), the image from which screen appears to the eye of the observer as a virtual image (11) on the stage,

   characterised in that the device comprises an equipment truck, which is equipped with image generating devices such as a screen (5), television set (6), video-recorder (7), video, film, slide or laser projectors (26), control devices, amplifiers (8) or the like, and in that the housing (1) consists altogether of one, two or three separately transportable parts and comprises at least one insertion opening, through which the equipment truck (7) may be introduced into the space beneath the inclined optical plate (2).

2. A device for generating virtual images (11) by means of reflection, having

   - a housing (1), in which a stage floor (3) is arranged and which comprises a viewing opening (4) providing a view of the stage,
   - a transparent, 10 to 50 % reflective optical plate (2) arranged behind the viewing opening and in front of the stage at an angle of 40° to 50° and
   - at least one screen (5) arranged at a distance

below the optical plate (2), the image from which screen appears to the eye of the observer as a virtual image (11) on the stage,

characterised in that the device comprises an equipment trucks, which is equipped with image generating devices (5, 6, 7, 8) and with the optical plate (9), and in that the housing (1) consists altogether of one, two or three separately transportable parts and comprises at least one insertion opening, through which the equipment truck (7) may be introduced into the space beneath and in front of the stage.

3. A device according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** rails (24) are arranged on the floor of the housing (1) for the wheels (10) of the equipment truck (9).

4. A device according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the optimum position of the equipment truck (9) inside the housing (1) is determined by a limit stop (30) or a locking point.

5. A device according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the rear wall (29) of the equipment truck (9) closes the insertion opening in the housing (1) when said truck (9) is in the inserted position.

6. A device according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the insertion opening for the equipment truck (9) may be closed by a door (25) on the housing (1).

7. A device according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the insertion opening for the equipment truck (9) is arranged on the opposite side of the housing (1) from the viewing opening (4).

8. A device according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the equipment truck (9) comprises a plug board (21), to which the devices on the equipment truck (9) may be connected and which may be connected to a current supply for example by means of a socket (20).

9. A device according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** the image generating devices on the equipment truck (9) may be connected to a control panel (19) arranged on the housing (1) beneath the viewing opening (4) for interactive programme and/or image and sound selection.

10. A device according to any one of claims 1 to 9, **characterised in that** the floor (3) of the stage is inclined slightly towards the viewing opening and an opening for projection onto the stage floor is arranged in the ceiling of the stage.

11. A device in particular according to any one of claims 1 to 10, **characterised in that** the floor (3) of the stage is approximately semi-circular and the correspondingly curved, hollow-cylindrical stage wall (32) takes the form of a diffusely reflecting surface, onto which an image, e.g. of a landscape, may be projected by a projector (14) arranged above the viewing opening (4).

12. A device according to claim 11, **characterised in that** the housing (1) is cylindrical and may be transported as a one-piece unit.

13. A device according to claim 11, **characterised in that** the cylindrical housing (1) may be divided into two half-cylinders.

Revendications

1. Dispositif pour la génération d'images aériennes (11) par réflexion

   - avec une enveloppe (1), dans laquelle est agencé un plancher de scène (3) et présentant une ouverture de visualisation (4) permettant d'observer la scène,
   - avec un verre optique (2) transparent et 10 à 50% réfléchissant, agencé derrière l'ouverture de visualisation (4) et devant la scène selon un angle de 40 à 50°, et
   - avec au moins un écran (5) agencé à distance sous le verre optique (2), et dont l'image apparaît aux yeux de l'observateur comme une image aérienne (11) située sur la scène,

   caractérisé en ce que le dispositif comprend un chariot d'appareillage qui est équipé d'appareils de génération d'images tels que l'écran (5), le téléviseur (6), le magnétoscope (7), les projecteurs de vidéos, films, diapositives ou images laser (26), d'appareils de commande, d'amplificateurs (8) ou similaires, et en ce que l'enveloppe (1) se compose au total d'une, deux ou trois parties transportables séparément et présente au moins une ouverture d'insertion, à travers laquelle le chariot d'appareillage (9) peut être introduit dans l'espace situé sous le verre optique (2) incliné.

2. Dispositif pour la génération d'images aériennes (11) par réflexion

   - avec une enveloppe (1), dans laquelle est agencé un plancher de scène (3) et présentant une ouverture de visualisation (4) permettant d'observer la scène,
   - avec un verre optique (2) transparent et 10 à 50% réfléchissant, agencé derrière l'ouverture

de visualisation (4) et devant la scène selon un angle de 40 à 50°, et

- avec au moins un écran (5) agencé à distance sous le verre optique (2), et dont l'image apparaît aux yeux de l'observateur comme une image aérienne (11) située sur la scène,

caractérisé en ce que le dispositif comprend un chariot d'appareillage qui est équipé d'appareils de génération d'images (5, 6, 7, 8) et du verre optique (9) et en ce que l'enveloppe (1) se compose au total d'une, deux ou trois parties transportables séparément et présente au moins une ouverture d'insertion, à travers laquelle le chariot d'appareillage (9) peut être introduit dans l'espace situé sous et devant la scène.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que des rails (24) pour les roues (10) du chariot d'appareillage (9) sont agencées au fond de l'enveloppe (1).

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la position optimale du chariot d'appareillage (9) à l'intérieur de l'enveloppe (1) est définie par une butée (30) ou un cran d'arrêt.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'en position d'insertion, la paroi arrière (29) du chariot d'appareillage (9) obture l'ouverture d'insertion que présente l'enveloppe (1).

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'ouverture d'insertion du chariot d'appareillage (9) peut être fermée au moyen d'une porte (25) que présente l'enveloppe (1).

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'ouverture d'insertion du chariot d'appareillage (9) est agencée sur le côté de l'enveloppe (1) qui est opposé à l'ouverture de visualisation (4).

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le chariot d'appareillage (9) présente une barrette de connexion (21) à laquelle les appareils du chariot d'appareillage (9) peuvent être raccordés et qui peut elle-même être raccordée à une source de courant au moyen d'une prise de courant (20) par exemple.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les appareils de génération d'images du chariot d'appareillage (9) peuvent être raccordés à un pupitre de commande (19) agencé sur l'enveloppe (1), au-dessous de l'ouverture de visualisation (4), pour la sélection d'un programme interactif et/ou d'image et de son.

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le plancher (3) de la scène est légèrement incliné en direction de l'ouverture de visualisation (4) et en ce que le plafond de la scène présente une ouverture de passage d'une projection sur le plancher de la scène.

11. Dispositif en particulier selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le plancher (3) de la scène est sensiblement semi-circulaire et en ce que la paroi de scène (32) en forme de cylindre creux de courbure correspondante se présente sous la forme d'une surface à réflexion diffuse, sur laquelle une image, par exemple un paysage, peut être projeté par un projecteur (14) agencé au-dessus de l'ouverture de visualisation (4).

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'enveloppe (1) est cylindrique et peut être transportée en tant qu'unité monobloc.

13. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'enveloppe cylindrique (1) peut être divisée en deux demi-cylindres.

FIG.1

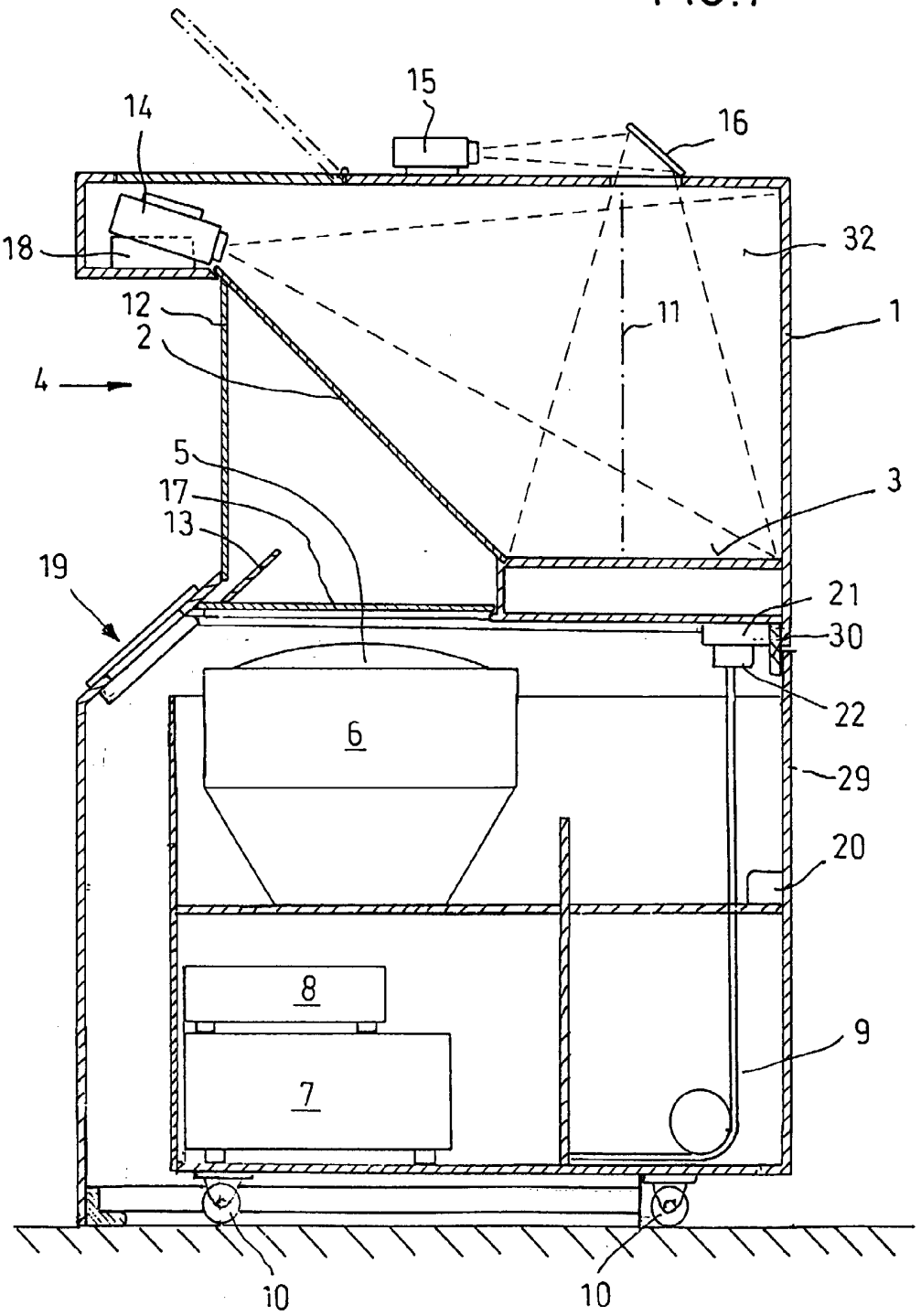


FIG. 2

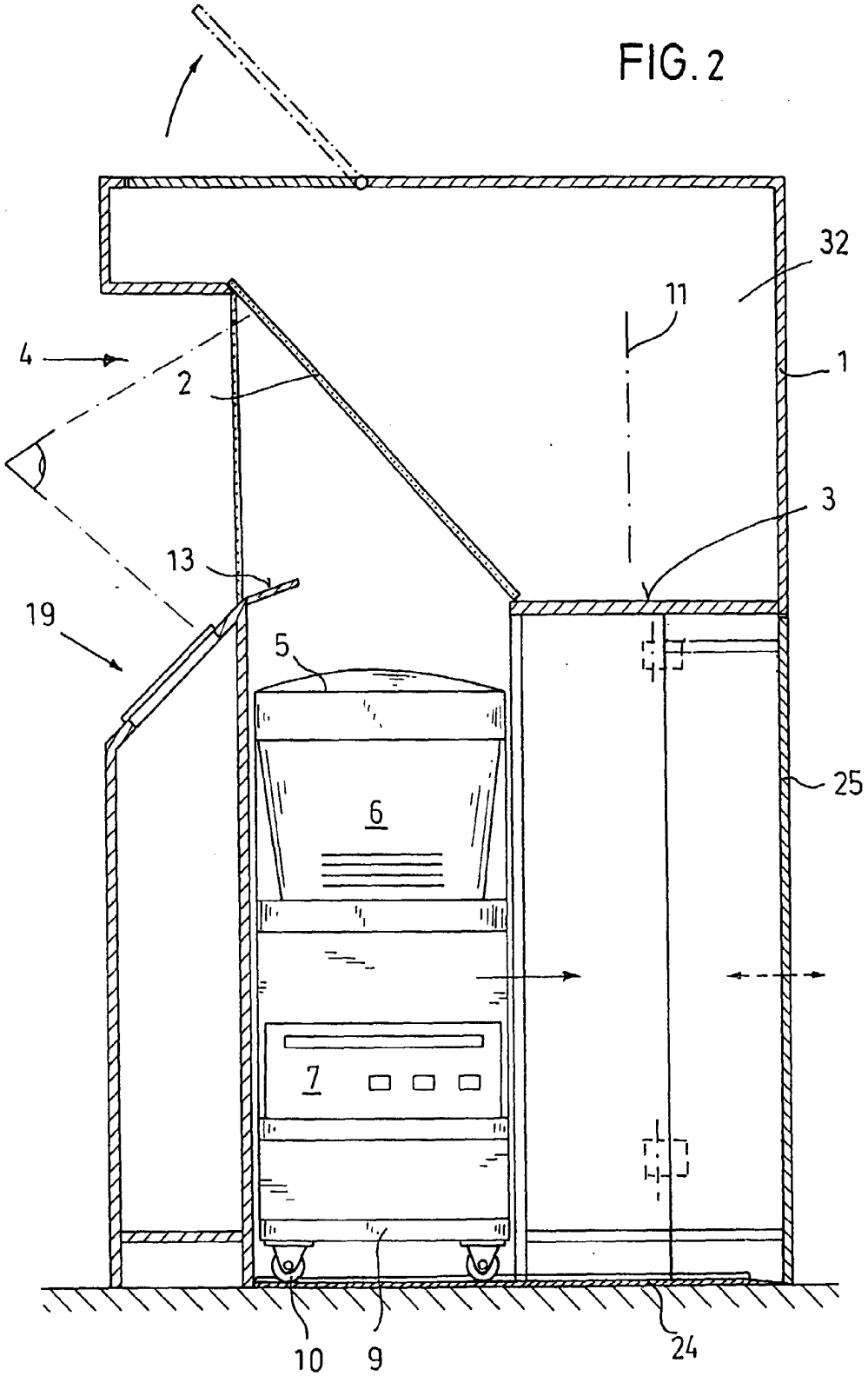


FIG. 3

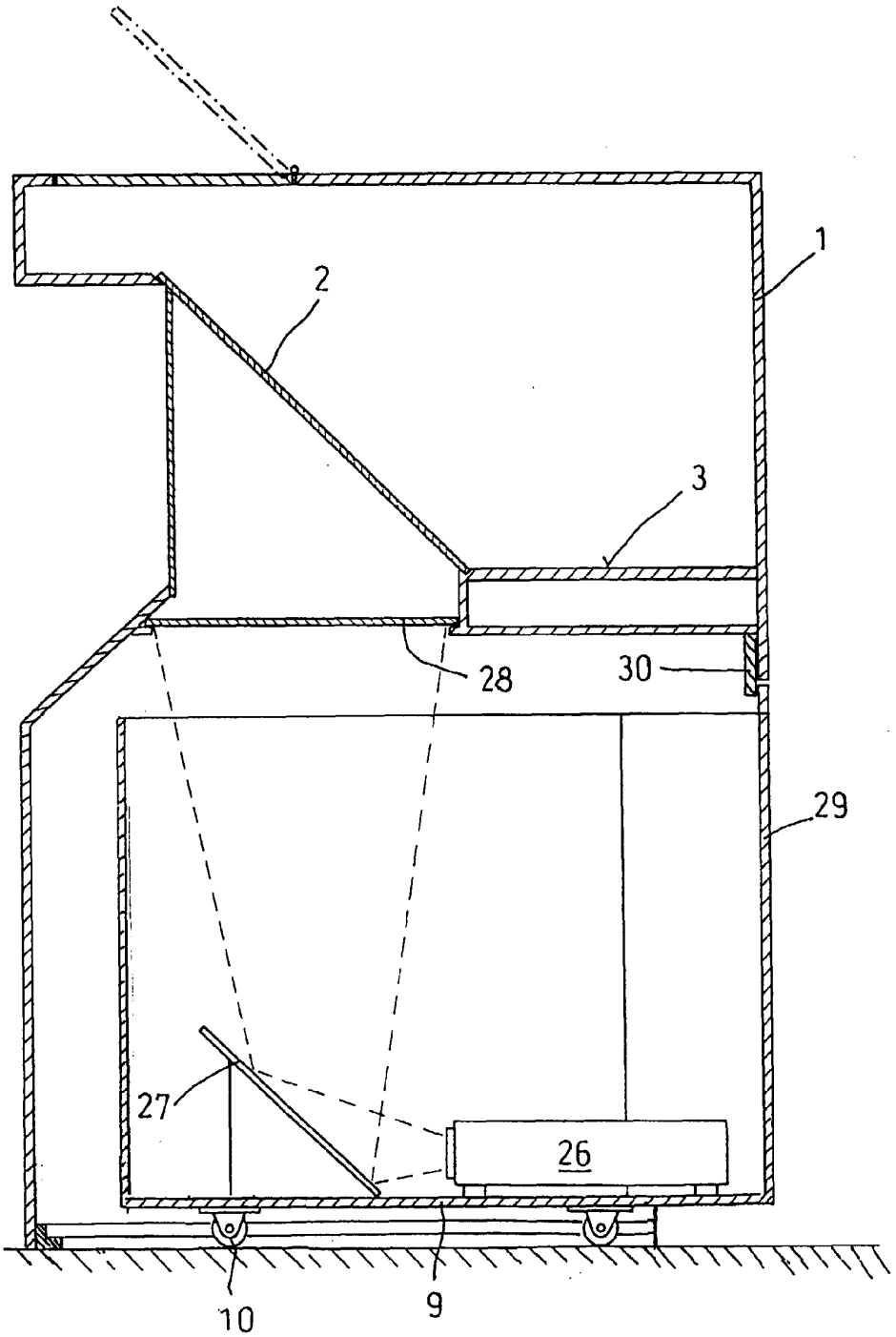


FIG.4

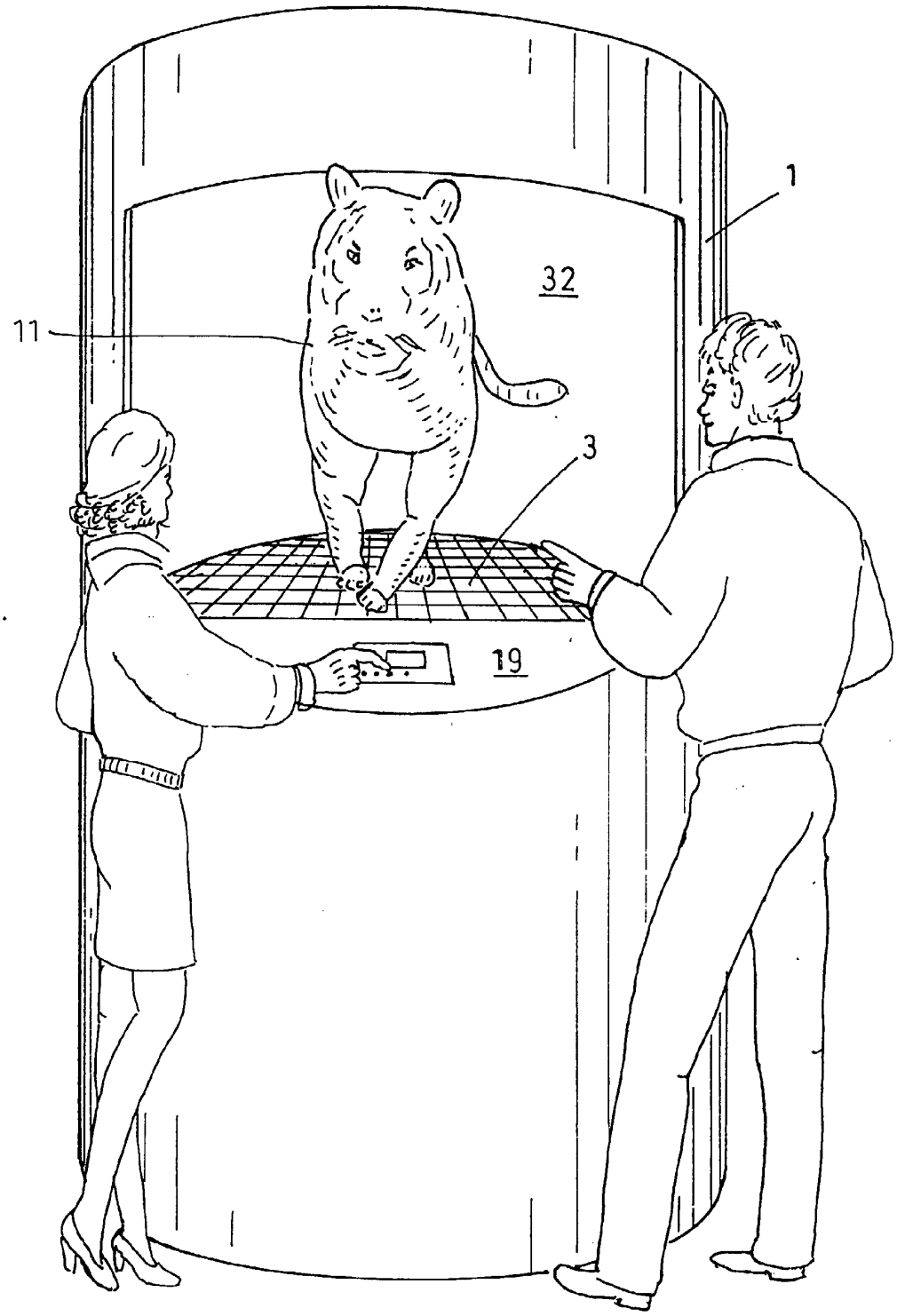
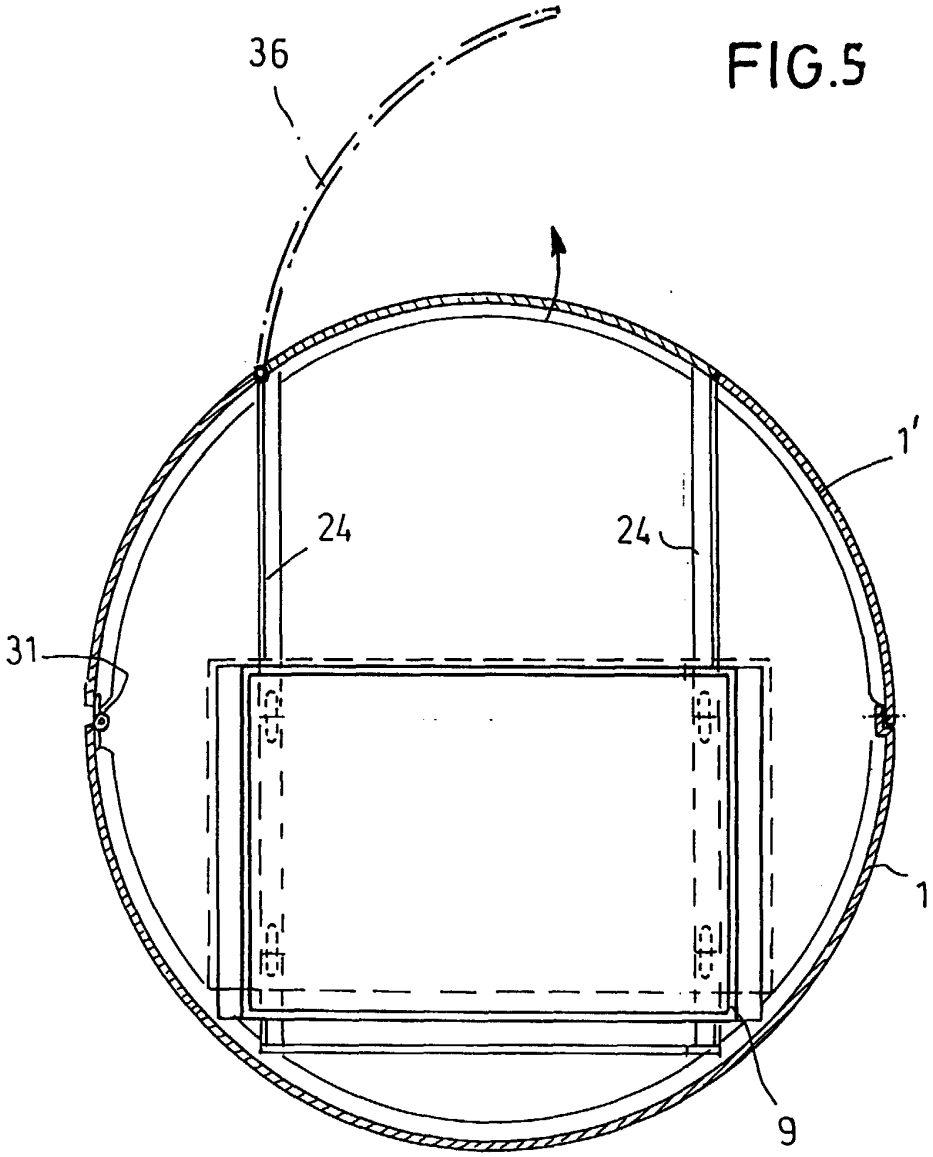


FIG.5



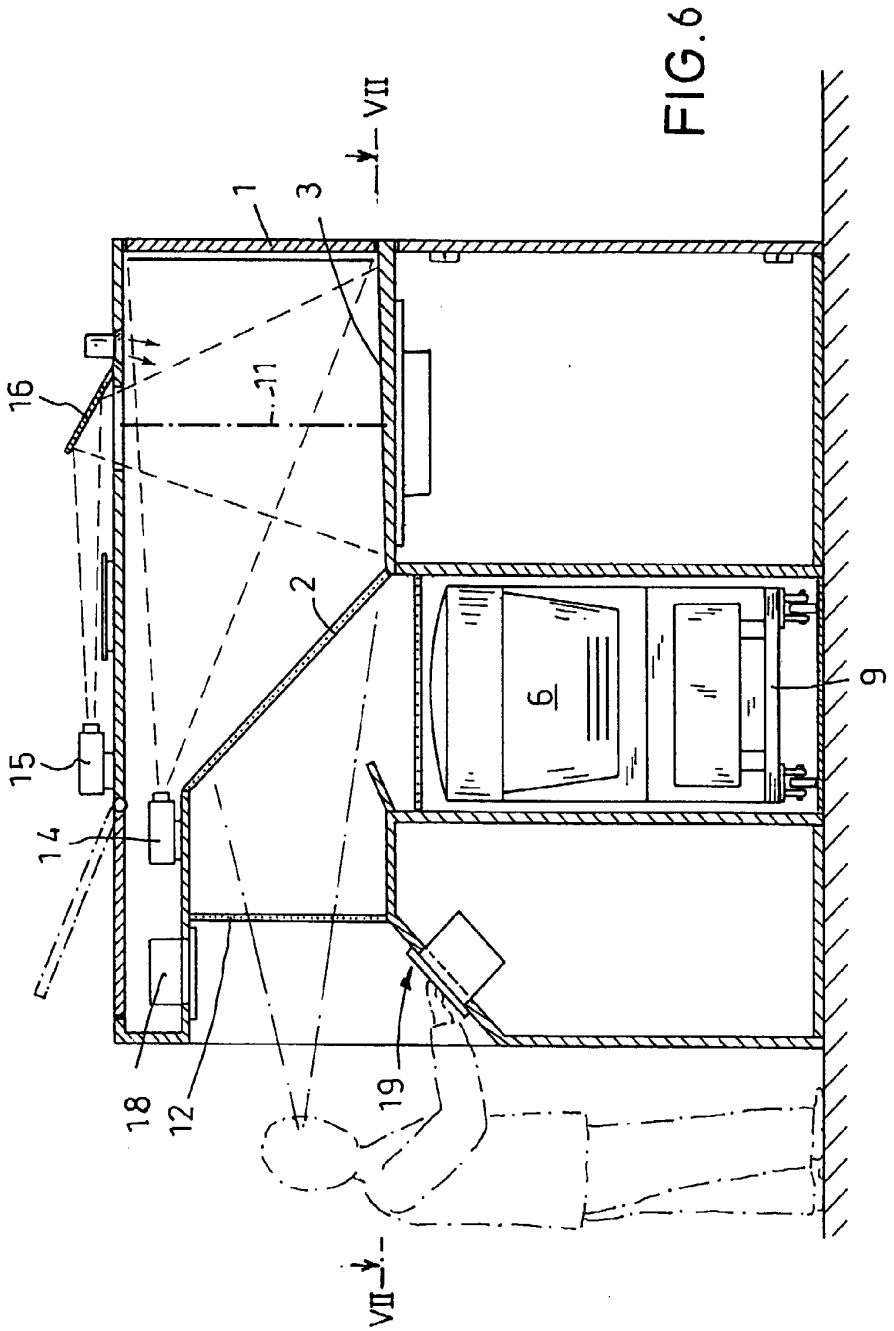
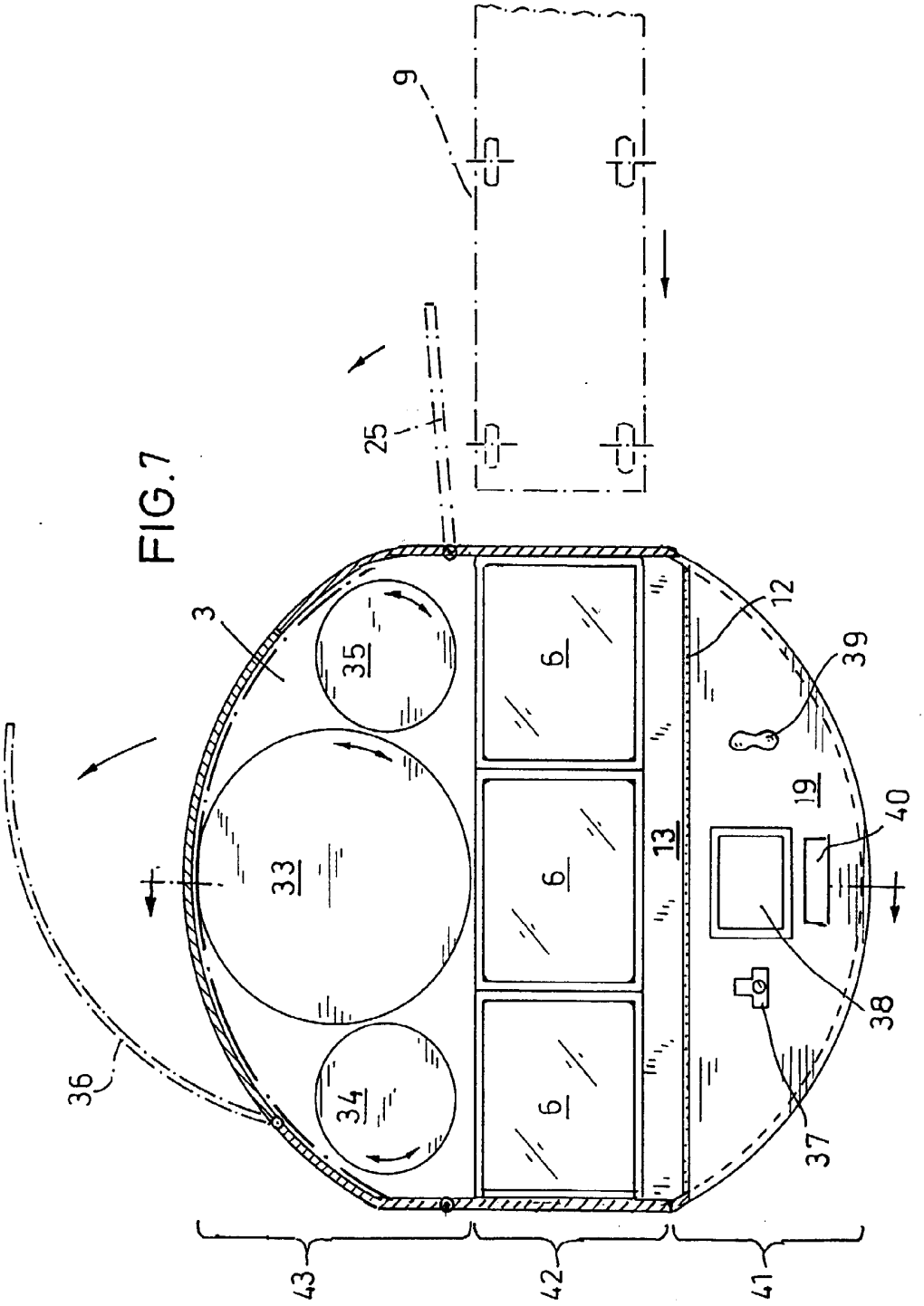


FIG.6

FIG.7



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 771 729 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
07.05.1997 Bulletin 1997/19

(51) Int. Cl.[6]: **B64D 47/08**, G03B 15/00

(21) Application number: **96202392.5**

(22) Date of filing: **28.08.1996**

(84) Designated Contracting States:
DE DK ES FR GB IE IT NL SE

(30) Priority: **28.08.1995 CA 2157105**

(71) Applicant: **Carwardine, Ian**
Nepean, Ontario K2E 1A3 (CA)

(72) Inventor: **Carwardine, Ian**
Nepean, Ontario K2E 1A3 (CA)

(74) Representative: **Kupecz, A., Drs. c.s.**
Octrooibureau Los en Stigter B.V.
Weteringschans 96
1017 XS Amsterdam (NL)

(54) Aerial camera platform and signal transmission and reception system

(57) An aerial camera platform (3), signal transmission and reception system is based on an aerostat (12) adapted to hold a load beneath its body. A stabilized camera platform is provided beneath the aerostat for mounting a videa camera (8) for angular movement of said video camera about at least rotational axis and for stability against roll and pitch induced motion. Tether means (13) are attached to the aerostat, and includes a strength element (14) for tethering the aerostat against drift, a video signal transmission element, and a remote control signal transmission element. Power means are also provided, along with a ground station (15) to which the tether is attached. The ground station includes video signal reception means, and remote control signal transmission means.

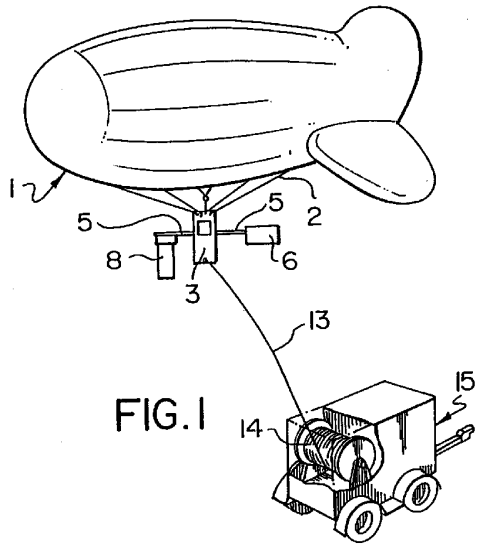


FIG. 1

EP 0 771 729 A1

Description

The present invention relates to the field of aerial camera platforms. In particular, the present invention provides a video camera platform integral with a tethered blimp.

Conventionally, aerial shots for use in the television broadcast or video taping of sports events or other outdoor activities are obtained by mounting one or more cameras on a piloted airship or helicopter. The video signal from the camera or cameras is transmitted to a receiver on the earth via microwave. Accordingly, it is necessary for a skilled operator situated with the receiver to track the airship or helicopter borne microwave transmitter at all times, to ensure a continuous link. In fact, airships and helicopters are certified aircraft operating commercially and it is for this reason that they both must operate above 1,000 feet to adhere to transport regulations. Both types of aircraft vibrate and because of the greater distance from the target, both require the use of expensive, stabilized camera mounts.

It will further be appreciated that airships because of their massive dimensions, must be operated at substantial altitudes. Therefore, they are impractical for use in obtaining acceptable resolution close-up images. Helicopters, on the other hand, must be operated at levels that comply with a panoply of aviation regulations, and in any event are a nuisance when hovered at low altitudes. A helicopter borne camera, moreover, vibrates to such an extent that acceptable images are not readily available without the use of expensive and bulky gyro-stabilization equipment.

Accordingly, it will be appreciated that it is not economically feasible, in most instances to obtain aerial shots for use in the television broadcast or videotaping of a sports event. Furthermore, the quality of the shot that can be obtained is often less than adequate.

One solution to the problem of providing high quality, low cost aerial television camera shots has been to employ a domed or covered stadium in which to conduct the sports event in question. Short stadiums of this sort are equipped with fixed or mobile, very stable, camera platforms in their interior roof structures. Obviously, this solution is feasible in only a small percentage of instances, and will be completely unavailable for such events as alpine skiing, horse racing, yachting, road racing of bicycles or automobiles, and a large number of other events that will be apparent to a broadcaster.

The object of the present invention, in view of the foregoing, is to provide a simple and economical, substantially self-contained system including a tethered aerostat mounting a camera, and a stationary or mobile ground station linked thereto by a tether including aerostat and camera control transmission means and a video signal transmission means.

In a broad aspect, the present invention relates to an aerial camera platform and signal transmission and reception system including, in combination: (i)an aerostat adapted to hold a load beneath its body; (ii) a stabilized camera platform for mounting a video camera; for angular movement of said video camera about at least rotational axis; and for stability against roll and pitch induced motion; (iii) tether means including a strength element for tethering said aerostat against drift; a video signal transmission element; and a remote control signal transmission element; (iv) power means; (v) a ground station to which said tether is attached, and including video signal reception means, and remote control signal transmission means.

In drawings that illustrate the present invention by way of example:

Figure 1 is a schematic diagram of a first embodiment of a tethered aerostat aerial camera platform video transmission and reception system of the present invention;

Figure 2 is a schematic diagram of a second embodiment of a tethered aerostat camera platform/video transmission and reception system of the present invention; and

Figure 3 is a side view partially in phantom, of the stabilized camera mount of the present invention.

Referring now to Figures 1 and 2, the two generalized embodiments of the present invention are illustrated. Figure 1 shows an aerostat camera platform tethered to a ground station 15. The aerostat 1 is an unmanned blimp, the size of which will be dictated by expected payload. A typical design for the blimp 1 will be teardrop shaped, with a three or four finned tail. A length of about 46 feet, with a 14 foot beam, a volume of 4,000 cubic feet (to be filled with helium) and a payload capacity of 86 pounds will be typical. It is to be particularly noted, though, that the design of the blimp or aerostat is not considered critical, and a person skilled in the field will be able to choose an appropriate design with no difficulty. Factors that will be considered in choosing a design will include payload, expected wind and/or weather conditions, expected working height, and the design of any advertising material the blimp will be carrying.

Slung beneath the blimp, by lines 2 that may be nylon, Kevlar, or any other conventional material, is a main platform frame 3. At the lowermost end of the main platform frame 3, the tether 13 that secures the blimp to the ground station 15/16 is attached.

The tether 13 is extremely lightweight, and strong, being capable of holding the blimp secure against any expected loading due to wind conditions. The tether 13 also serves as structural or supporting member to guide more fragile and non-stress resistant cabling from the blimp 1 to the ground station 15/16. In a typical embodiment, the tether will include at least the following elements:

1. 1 element, for instance, of Mil Spec 17 RG179U co-axial cable that carries camera control multiplex signal to the aerostat from the ground control sys-

tem.

2. 2 copper AWG 16 gauge conductors that supply appropriate power to on-board power systems.

3. 1 or more individually buffered fibre optic elements. The optical fibre(s) carries the fibre optic camera signal down to the ground. This element of the system is required to keep the camera signal free of RF (Microwave specifically) interference.

4. All of these elements are wrapped in Kevlar™ 49, a strength member, to hold on to the blimp itself. Significant wind induced loads are anticipated at all times, so this element has been designed with a 5 times safety margin; a minimum design break strength of about 1,500 pounds.

5. The entire package is extruded through a machine that applies a very tough, waterproof material to serve as a protective jacket.

In a typical embodiment, the tether will be approximately 3/8" in diameter. The strength element is terminated at each end with eye thimbles, with all other elements "pig-tailed" out the side of the tether for individual terminations.

With reference to Figure 3, and as noted above, between the tether 13 and the aerostat or blimp 1, attached by lines 2 to the aerostat, is the main frame 3 of the camera platform, which is comprised of a pair of downwardly depending plates 3a. The main frame 3 is apertured at its upper and lower ends for attachment of the blimp lines 2 and the tether 13. Generally centrally located on main frame 3 between the plates 3a is a pivot axis A (the direction of pivoting motion shown by the arrow) defined by a swivel bearing 4 made for instance of DELRIN™, affixed to the main frame by an axle bolt 11 that extends between the plate 3a. The swivel 4 is thus loosely affixed to the main frame 3, so that it will pivot when the blimp 1 pitches due to wind conditions.

A second axis B being the roll axis, is provided perpendicular to the pitch axis A. The roll axis is defined by a pair of bearings in pillow blocks 9 that house bearings for a longitudinal shaft 5 that extends in a fore and aft direction relative to the blimp 1. Affixed to the aft end of the longitudinal shaft 5 are two or more gyroscopic stabilizers 6, at 90° to one another. The provision of two stabilizers, such as KenLab KS-8 gyro stabilizers, off set by 90°, provides excellent damping against sudden motion in any direction. In the event of any motion, the system is damped by the gyros 6, and then promptly stabilized by elastic shock absorbing cording 7, or alternatively velocity squared viscous dampers and springs.

At the fore end of the longitudinal shaft 5 (which is preferably fabricated from high strength cold rolled steel) is located at mating adaptor 17, the function of which is to provide a mount for pan/tilt head 8 of a video camera that also includes a zoom lens 12. Vertically through adaptor 17 extends a third axis C (defined by the arrow shown in Figure 3). Adaptor 17 includes a servo-electric motor, or other suitable actuating means, to permit rotation of the pan-tilt head 8 in a 360° circle around axis C. It will be understood, however, that the 60° of view behind the pan-tilt head will be obstructed. Pan-tilt head 8 is provided around its centre with a further axis D around pivot point 10 that permits the camera to pivot up and down in an arc as indicated by the arrow at D. Axis D is perpendicular to axis C.

It will be understood that axis A and axis B are passive, and are provided to stabilize the camera mounting platform. Axis C and axis D, however, are active, and are controllable by a multiplexed signal (or other suitable means) carried by the aforementioned coaxial cable in the tether 13. The signal from the camera which may, for instance be a PANASONIC™ WV-E550 Digital camera with a FUJINON™ lens, is carried by the optical fibre link in the tether. Moreover, it will be understood that the camera will be controlled and the video signal transmitted by means of conventional miniaturized broadcast components E located on the main frame 3. These components will typically include a multiplexer, a power distributor/transformer, and a fibre optic transmitter, for transmitting picture signals. The transmitter may also be used to transmit wind measurement data from anemometer 18.

Moreover, the main frame may have attached thereto one or more RF receiving units for receiving signals, e.g., microwave signals, from cameras recording images at remote and dispersed ground locations. In this regard, it will be understood that at many events, free roaming camera operators may provide optimal images, but to utilize the picture from such camera operators on a live basis, the signal from the camera must be collected while the picture is being shot. This is conventionally accomplished by microwave transmission of the signal to a single location at an elevated location, such as a crane. The signal is then fed to a mobile production trailer, where a broadcast is being directed. The tethered camera platform of the present invention may, therefore, be utilized at low cost as a signal collection station, and with its fibre optic retransmissions capability, it is not difficult to accommodate five or more RF receivers.

The earth end of the tether 13 is wound around a rotatable drum 14 provided either in a fixed ground station 15, as may be the case in the example of a stadium, or in a mobile ground station, e.g., a specially constructed van that can be located near a remote event location. The video signal received by the ground station is processed conventionally, and utilized by a program director in a conventional manner. Control of the two active axis C and D will be effected by remote actuators in connection with the ground station 15/16, through a multiplexed signal carried by the coaxial cable in the tether 13. Control of the take up drum 14, which will be part of a winch (not illustrated) will be achieved through the use of an SCR electronic speed controller.

The fibre optic signal carried down from the platform inside the tether will feed an optical to digital converter which will physically be mounted inside the winch drum or in the ground vehicle.

It is to be understood that the examples described above are not meant to limit the scope of the present invention. It is expected that numerous variants will be obvious to the person skilled in the art, without any departure from the spirit of the invention. The appended claims, properly construed, form the only limitation upon the scope of the invention.

Claims

1. An aerial camera platform and signal transmission and reception system including, in combination:

   i) an aerostat adapted to hold a load beneath its body;
   ii) a stabilized camera platform for mounting a video camera; for angular movement of said video camera about at least rotational axis; and for stability against roll and pitch induced motion;
   iii) tether means including a strength element for tethering said aerostat against drift; a video signal transmission element; and a remote control signal transmission element;
   iv) power means;
   v) a ground station to which said tether is attached, and including video signal reception means, and remote control signal transmission means.

2. An aerial camera platform and signal transmission and reception system as described in claim 1, wherein said power means comprise an electrical power source in said ground station; a power transmission element of said tether, and power reception and distribution means in said platform.

3. An aerial camera platform and signal transmission and reception system as described in claim 2, wherein said platform further includes means for angular movement of said camera about two rotational axis comprising a pan axis and a tilt axis.

4. An aerial camera platform and signal transmission and reception system as described in claim 3, wherein said video signal transmission means is an optical fibre.

5. An aerial camera platform and signal transmission and reception system as described in claim 4, wherein said remote control signal transmission means is through a co-axial cable, said signal being a multiplexed signal, said remote control signal controlling angular movement of said video camera in said pan axis and said tilt axis, and camera set-up functions.

6. An aerial camera platform and signal transmission and reception system as described in any one of claims 1, 2, 3, 4 or 5, wherein said camera platform includes a main frame member connected to said aerostat by lines from the body of said aerostat, and to said ground station by said tether.

7. An aerial camera platform and signal transmission and reception system as described in claim 6, wherein a substantially horizontal rod extends through a block pivoted to main frame, in a fore and aft direction, said horizontal rod being rotatable in said main frame, there being a gyroscopic stabilization means depending from one end of said rod, and said video camera being mounted on the other end of said rod.

8. An aerial camera platform and signal transmission and reception system as described in Claim 7, wherein said gyroscopic stabilizer means includes two gyroscopes, mounted for rotation at 90° to one another, at the aft end of said rod.

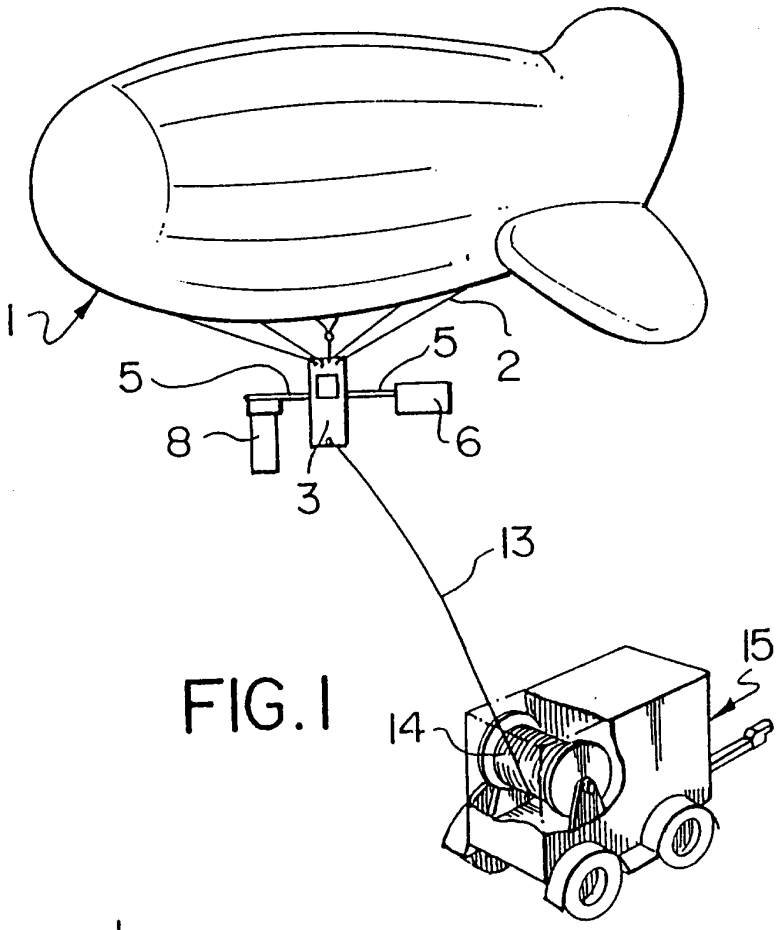


FIG. 1

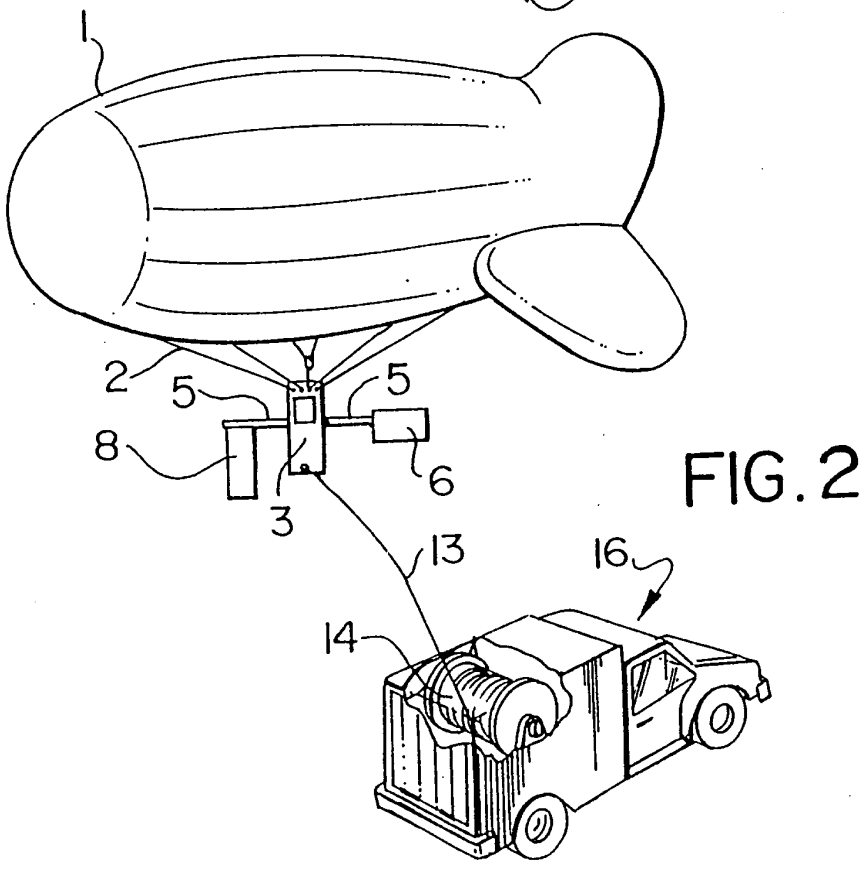


FIG. 2

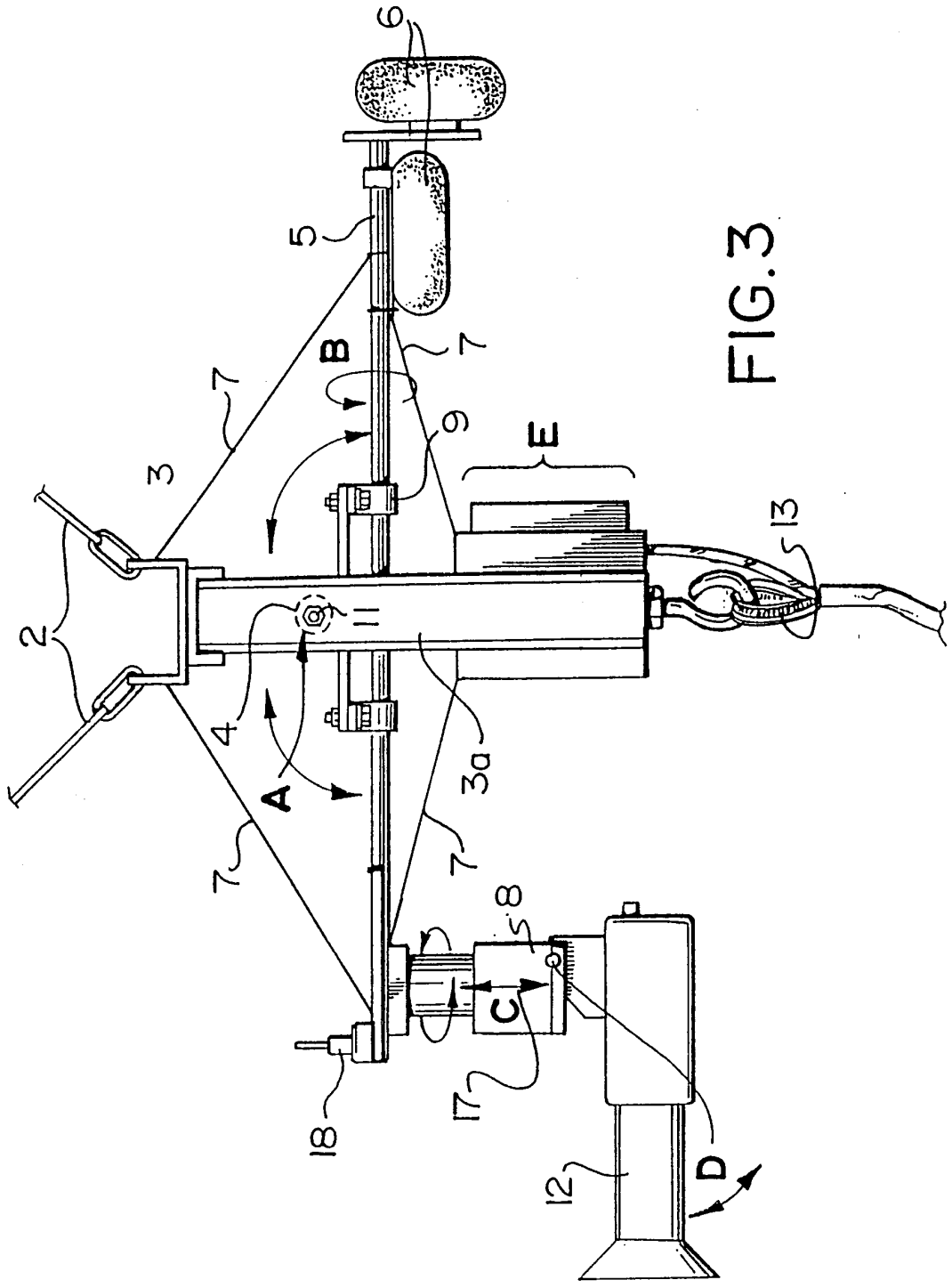


FIG.3

European Patent Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 96 20 2392

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.6)
X	WO-A-91 07317 (WATSON RONALD) 30 May 1991 * claim 1 *	1-3,6	B64D47/08 G03B15/00
X	US-A-5 186 414 (HOLZSCHUH JACK E ET AL) 16 February 1993 * column 1, line 58 - line 68 *	4	
X	US-A-5 310 134 (HSU HUI-PIN ET AL) 10 May 1994 * column 2, line 44 - line 68 * * column 5, line 33 - line 43 *	4,5	
X	US-A-5 184 521 (TYLER NELSON) 9 February 1993 * column 1, line 62 - column 2, line 16 *	7,8	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 286 (P-324), 27 December 1984 & JP-A-59 149341 (ASAHI SHIYOUKAI:KK;OTHERS: 01), 27 August 1984, * abstract *	1	
A	FR-A-2 504 490 (ROUSSEL LUCIEN) 29 October 1982 * the whole document *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 232 (P-389), 18 September 1985 & JP-A-60 086531 (NIWA KIKAKU JIMUSHIYO), 16 May 1985, * abstract *	1	

TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.6)
B64D
G03B

The present search report has been drawn up for all claims

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
THE HAGUE	15 October 1996	Hauglustaine, H

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 3 : G03B 7/081

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 82/ 04131

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 25. November 1982 (25.11.82)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH82/00066

(22) Internationales Anmeldedatum: 6. Mai 1982 (06.05.82)

(31) Prioritätsaktenzeichen: 3028/81-5

(32) Prioritätsdatum: 11. Mai 1981 (11.05.81)

(33) Prioritätsland: CH

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US):* WILD HEERBRUGG AKTIENGESELLSCHAFT [CH/CH]; CH-9435 Heerbrugg (CH).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US) :* KUCHER, Gerhard [AT/AT]; Reichsstr. 23a, A-6890 Lustenau (AT).

(74) Anwalt: A.R. EGLI & CO; Horneggstrasse 4, CH-8008 Zürich (CH).

(81) Bestimmungsstaaten: AU, DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), JP, US.

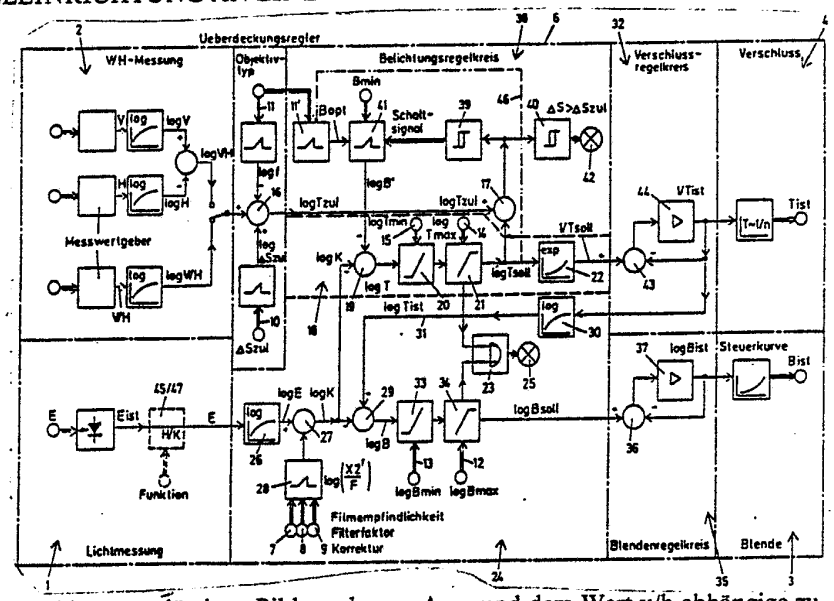
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: DEVICE FOR ADJUSTING THE EXPOSURE OF AN AERIAL PHOTOGRAPH CAMERA

(54) Bezeichnung: BELICHTUNGSREGELEINRICHTUNG AN EINER LUFTBILDKAMERA

(57) Abstract

The device for adjusting the exposure of an aerial photograph camera provides for a fully automatic adjustment of the light intensity which depends on the luminosity of the land which is flown over and of which the limit value is fixed by the shutter time $T_{admissible}$ depending on a prefixed image displacement value $\delta s_{admissible}$, as well as on the value of the ratio v/h (v being the speed and h being the flight height). The diaphragm value $B_{optimum}$ for optimum shots is thus provided. Further, the condition $\Delta s_{effective} < \Delta s_{admissible}$ is substantially satisfied.



(57) Zusammenfassung

Belichtungsregeleinrichtung an einer Luftbildkamera welche eine von einer vorgebbaren, zulässigen Bildwanderung Δs_{zul} und dem Wert v/h abhängige zulässige Verschlusszeit T_{zul} als Grenzwert für die vollautomatische, von der Helligkeit des überflogenen Terrains abhängige Belichtungssteuerung unter Verwendung eines im wesentlichen optimale Abbildungsqualität liefernden Blendenwertes B_{opt} verwendet. Dabei bleibt im wesentlichen immer $\Delta s_{effektiv} < \Delta s_{zul}$.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea
AU	Australien	**LI**	Liechtenstein
BE	Belgien	**LK**	Sri Lanka
BR	Brasilien	**LU**	Luxemburg
CF	Zentrale Afrikanische Republik	**MC**	Monaco
CG	Kongo	**MG**	Madagaskar
CH	Schweiz	**MW**	Malawi
CM	Kamerun	**NL**	Niederlande
DE	Deutschland, Bundesrepublik	**NO**	Norwegen
DK	Dänemark	**RO**	Rumania
FI	Finnland	**SE**	Schweden
FR	Frankreich	**SN**	Senegal
GA	Gabun	**SU**	Soviet Union
GB	Vereinigtes Königreich	**TD**	Tschad
HU	Ungarn	**TG**	Togo
JP	Japan	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika

BELICHTUNGSREGELEINRICHTUNG AN EINER LUFT-BILDKAMERA

Die Erfindung bezieht sich auf eine Belichtungsregeleinrichtung an einer Luftbildkamera mit einer Anordnung, an deren Eingängen Signale der gemessenen Werte für die Fluggeschwindigkeit v und die Flughöhe h, oder dem Quotienten $\frac{v}{h}$, sowie der zulässigen Bildwanderung Δs_{zul} zur Ermittlung einer maximal zulässigen Belichtungszeit T_{zul} nach der Formel $T_{zul} = \frac{\Delta s\ zul}{\frac{v}{h} \cdot f}$ sowie der Bildfolgezeit liegen, mit einem Belichtungsmesser zur kontinuierlichen integralen Messung der Helligkeit des überflogenen Terrains und mit Blenden- und Verschlusssteuereinrichtungen.

Bei einer bekannt gewordenen Einrichtung wird von einem Belichtungsmesser, der auf das zu fotographierende Terrain gerichtet ist, ein Signal abgegeben, das die kürzest mögliche Verschlusszeit und die Blende auf den zugehörigen Wert einstellt. Bei schwächer werdender Helligkeit wird die Blende jeweils entsprechend den Lichtverhältnissen bis zu ihrem maximalen Durchmesser geöffnet. Wird die Beleuchtung noch schwächer, so wird auch die Verschlusszeit zu längeren Werten hin verstellt (Manual of color aerial photography, Seite 144, 1968).

Bei einer anderen bekannt gewordenen Einrichtung zur automatischen Belichtungssteuerung wird mit einem Belichtungsmesser das zu fotographierende Terrain abgetastet und die zugehörigen Signale einem Operationsverstärker eingespeist,

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

der ein Ausgangssignal erzeugt, das zur Steuerung der Belichtung für die Aufnahme verwendet wird.

Dabei wird bei einer Belichtungssteuereinrichtung diese mit dem $\frac{v}{h}$ - Sensor verbunden, dessen Signale direkt die Belichtungssteuerung entsprechend beeinflussen und zusätzlich die Bildfolge steuern (Manual of Photogrammetry, Seite 172, 1966, 3. Auflage)

Bei wieder einer anderen Belichtungssteuereinrichtung wird ebenfalls der Wert $\frac{v}{h}$ zusammen mit anderen fotographischen Werten, wie Filterfaktor, zulässige Bildwanderung etc. benützt, um eine maximal zulässige, vom $\frac{v}{h}$ - Wert abhängige Belichtungszeit zu ermitteln und diese einzustellen. In einem zweiten Rechner wird zu dieser Zeiteinstellung in Abhängigkeit von den mit einem Belichtungsmesser gemessenen Helligkeitsverhältnissen die zugehörige Blende errechnet und ebenfalls eingestellt. Ausserdem kann eine weitere Regeleinrichtung in den Grenzlagen der (maximalen und minimalen) Blendeneinstellung auf die Anordnung zur Steuerung der Belichtungszeit zurückwirken (DE-PS 24 03 862).

Bei diesen Geräten ist nachteilig, dass die Belichtungssteuereinrichtung im wesentlichen auf einer fest eingestellten oder von $\frac{v}{h}$ abhängigen und eingestellten Zeit basiert, der die Blende entsprechend den Beleuchtungsverhältnissen nachgeführt wird.

Somit steht für die Aufnahme im allgemeinen nicht die Objektivblende mit der optimalen Abbildungsleistung zur Verfügung.

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

Es ist jedoch zweckmässig, die optimale Abbildungsqualität der verwendeten Objektive zu nutzen. Diese liegt im Bereich der optimalen Blende.

Es ist ein Ziel der Erfindung, eine Belichtungsregeleinrichtung für eine Luftbildkamera zu schaffen, die diese Nachteile vermeidet und die die Blende und Verschlusszeit unter Berücksichtigung von der im wesentlichen laufend gemessenen Helligkeit des überflogenen und zu fotographierenden Terrains, von der im wesentlichen optimale Abbildungsleistung ergebenden Objektivblende, von den dynamischen Steuereigenschaften der Blenden- und Verschlusssteuereinrichtungen und von der zulässigen oder tolerierbaren Bewegungsunschärfe nach Kriterien optimierend einregelt, um im wesentlichen immer im optimalen Aufnahmebereich auch bei wechselnden Aufnahmebedingungen, gelände- wie beleuchtungsmässig, arbeiten zu können. Dennoch soll die Belichtungsregeleinrichtung einfach aufgebaut sein und dem Operateur manuellen Eingriff zur Korrektur oder eine automatische Korrektur bei den Bildinhalt verfälschenden Helligkeitsverhältnissen erlauben.

Ausserdem ist es wünschenswert, wenn die Belichtungsregeleinrichtung eine Selbstüberwachungseinrichtung aufweist, um Fehlerfunktionen schon während des Bildfluges erkennen und eventuell korrigieren zu können.

Dieses Ziel lässt sich erreichen, wenn erfindungsgemäss an den Ausgang der Anordnung zur Bestimmung der maximal zulässigen Belichtungszeit und der Bildfolgezeit und an den des Belichtungsmessers eine Belichtungsregelkreiseinrichtung geschaltet und mit der Blenden- und Verschluss-

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

steuereinrichtung derart verbunden ist, dass unter Berücksichtigung von den Signalen für T_{zul} und der mittleren Helligkeit, sowie von den Zustandssignalen der Blenden- und Verschlussregelkreise und den Prozessignalen bei einem Blendenwert B die Verschlusszeit T entsprechend den Aufnahmeverhältnissen im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ - dem Normalarbeitsbereich - nachregelbar ist, wobei bei Erreichen der durch T_{min} gegebenen Grenze des Normalarbeitsbereiches die Blende im Intervall $[B \quad , B_{max}]$ (B_{max} = minimaler Blendendurchmesser) entsprechend den Helligkeitsverhältnissen nachführbar und bei Erreichen der durch T_{zul} gegebenen Grenze eine Blendenverstellung im Intervall $[B \quad , B_{min}]$ (B_{min} = grösster Blendendurchmesser) ausführbar ist, wobei die Blendenverstellung vom Blendenwert B nacheinander auf diskrete Werte $B' < B$ vorgenommen wird und für jeden dieser diskreten Werte die Regelung der Verschlusszeit in Abhängigkeit von der Helligkeit des Terrains im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ erfolgt, sowie bei Erreichen des minimalen Blendenwertes B_{min} die Verschlusszeit im Intervall $[T_{min}, T_{max}]$ regelbar ist.

Vorzugsweise wird für den Blendenwert B der Wert B_{opt} gewählt.

Ausserdem kann von der Verschlusssteuereinrichtung zur Belichtungsregelkreiseinrichtung für die Ist-Verschlusszeit T_{ist} eine Rückmeldeleitung vorgesehen sein, wobei die Belichtungsregelkreiseinrichtung das zu T_{ist} gehörende Δs_{ist} mit Δs_{zul} vergleicht und für Δs_{ist} grösser Δs_{zul} ein Signal abgibt, das einer Fehlermeldeeinrichtung zugeführt ist.

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

Darüber hinaus kann die Belichtungsregelkreiseinrichtung ein Halteglied zur Speicherung von Signalen während einem Zeitintervall aufweisen, die bei die Expositionsdaten verfälschenden mittleren Helligkeitswerten die Signale der vorangegangenen Blenden- und Zeitkombination an die Blenden- bzw. Verschlusssteuereinrichtung abgibt.

Zweckmässig kann auch die Belichtungsregelkreiseinrichtung einen Korrekturkreis aufweisen in welchem die momentan gemessenen Expositionsdaten durch manuell eingegebene Werte korrigierbar sind und dieser Korrekturkreis zur Abgabe der den korrigierten Blenden- und Verschlusszeitwerten entsprechenden Signale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuereinrichtung angeschlossen ist.

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

Weiterhin kann die Belichtungsregelkreiseinrichtung ein Halteglied zur Speicherung von Signalen und einen Korrekturkreis aufweisen, wobei die Signale der Momentanwerte für Blende und Verschlusszeit nach einer Kontrolle und Gewichtung mit den gespeicherten Signalen kombiniert werden und diese Kombinationssignale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuereinrichtung angeschlossen sind.

Vorteilhaft ist auch ein Selbstüberwachungskreis für die Belichtungsregelkreiseinrichtung, der bei einer Störung ein Signal an die Fehlermeldeeinrichtung abgibt.

Weitere Einzelheiten und Merkmale ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. In dieser zeigt

Fig. 1 ein Schaltbild der Belichtungsregeleinrichtung (incl. 2 Varianten),

Fig. 2 die Arbeitskennlinie der Belichtungsregeleinrichtung nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Darstellung der kurzzeitigen, örtlich begrenzten Blendensteuer- und Verschlusssteuer-Kennlinien zufolge des dynamischen Verhaltens der Blenden- und Verschlusssteuereinrichtungen bei einer Beleuchtungsänderung,

Fig. 4 die Arbeitskennlinie der Ausführung mit der Rückkoppelleitung der Belichtungsregeleinrichtung nach Fig. 1. (2 Strich-2 Punktlinie).

Die Belichtungsregeleinrichtung weist einerseits einen

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

Belichtungsmesser - 1 - sowie eine Einrichtung - 2 - zur Abgabe eines $\frac{v}{h}$ - Signals, welche das $\frac{v}{h}$ - Signal aus den Einzelmesswerten von v (Fluggeschwindigkeit) und h (Flughöhe) oder mittels eines $\frac{v}{h}$ - Sensors ermittelt, und andererseits je eine Blenden- und Verschlusssteuereinrichtung - 3 bzw. 4 - auf, wobei die beiden Sensorkreise und die beiden Steuerkreise ausgangsseitig bzw. eingangsseitig an eine Belichtungsregelkreiseinrichtung - 5 - angeschlossen sind. Diese Belichtungsregelkreiseinrichtung - 5 - weist zusätzliche Eingänge zur Eingabe der Werte für die Filmempfindlichkeit (X) - 7 -, einen Filterfaktor $f^{(F)}$ - 8 -, einen Korrekturfaktor $f^{(r)}$ - 9 -, die zulässige Bildwanderung Δs_{zul} - 10 - und die automatisch beim Aufsetzen der Objektive eingegebene Objektivbrennweite - 11 - und einen Ueberdeckungsregler auf. Darüber hinaus sind auch noch Eingänge für die Werte der maximalen und minimalen Blendenöffnung - 12 bzw. 13 -, welche auch vom eingesetzten Objektiv abgreifbar sind, so wie für die Einstellung der maximalen und minimalen Verschlusszeit - 14 bzw. 15 - in Abhängigkeit von der eingebauten Verschlusseinrichtung - 4 - vorgesehen.

Der Belichtungsregelkreis - 6 - (als Teil der Belichtungsregelkreiseinrichtung - 5 -) arbeitet, wie beispielsweise in Fig. 1 dargestellt, arithmetisch, wobei die Signale der effektiven Werte in entsprechende logarithmische Signale umgewandelt und die bekannten Zusammenhänge zwischen den Eingangsgrössen und der Belichtungszeit T sowie der Blende B verwendet werden, um diese zu bestimmen und zu regeln.

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

Beispielsweise weist eine Variante des Belichtungsregelkreises - 6 - einen an den Eingängen für Δs_{zul}, für f und für $\frac{v}{h}$ - 10 bzw. 11 - ersten Summierverstärker - 16 - auf, der das Signal für log $T_{zul} = \log \frac{\Delta s\ zul}{(v/h).f_v}$ in Abhängigkeit von den $\frac{v}{h}$ - Signalen erzeugt, das mit $\frac{v}{h}$ veränderlich ist und einen Vergleichswert für die in Abhängigkeit von den vom Belichtungsmesser - 1 - gemessenen Helligkeitswerten einzuregelnde Belichtungszeit darstellt. Dieses Signal log T_{zul} wird einem zweiten Summierverstärker - 17 - zusammen mit einem Signal log T_{soll} zugeführt.

Dieses Signal log T_{soll} ist das Zwischen-Ausgangssignal eines Begrenzerkreises - 18 -, der einen dritten Summierverstärker - 19 - mit ihm nachgeschaltetem ersten unteren Spannungsbegrenzungsglied - 20 - und dem folgend ein erstes oberes Spannungsbegrenzungsglied - 21 -, sowie einen an diesem liegenden Exponentierverstärker - 22 - aufweist, wobei der letztere ein Signal $\frac{1}{T_{soll}}$ - an seinem Ausgang abgibt. Das erste untere Spannungsbegrenzungsglied - 20 - weist einen Eingang/für die minimale Verschlusszeit T_{min} und das erste obere Spannungsbegrenzungsglied - 21 - weist einen Eingang/für die maximale Verschlusszeit T_{max} sowie einen Ausgang auf, an dem ein ODER-Glied - 23 - eines ersten Subkreises - 24 - des Belichtungsregelkreises - 6 - liegt, auf. An diesem ODER-Glied liegt eine Bereichsgrenzenanzeige - 25 -, welche jeweils bei Erreichen der unteren und oberen Regelbereichsgrenzwerte, also T_{min} und B_{max} sowie T_{max} und B_{min} in Funktion tritt.

Am Eingang dieses Subkreises liegt der Belichtungsmesser - 1 - und gibt ein Signal E_{ist} an einen ersten Logarithmierverstärker - 26 - ab. Ein mit diesem verbundener vierter

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

Summierverstärker - 27 - erhält von einem Eingabeschalter - 28 - das Signal $\log \frac{x \cdot 2^r}{F}$, wobei x die Filmempfindlichkeit, r ein Korrekturfaktor und F ein Filterfaktor ist, und gibt sein Signal, $\log K = \log (E \cdot \frac{x \cdot 2^r}{F})$ einerseits an den dritten Summierverstärker - 19 - des Begrenzerkreises und andererseits an einen fünften Summierverstärker - 29 - ab, welcher mit einem zweiten Logarithmierverstärker - 30 -, der in der Rückmeldeleitung - 31 - für T_{ist} des Verschlussregelkreises - 32 - liegt, verbunden ist und das Rückmeldesignal T_{ist} aufnimmt. Sein Ausgang liegt an einem zweiten unteren Spannungsbegrenzungsglied - 33 -, welches noch einen zusätzlichen Eingang für den minimalen Blendenwert B_{min} (= grösster Blendendurchmesser) - 13 - aufweist, und dieses liegt an einem zweiten oberen Spannungsbegrenzungsglied - 34 -, welches einen Eingang für den maximalen Blendenwert B_{max} (=minimaler Blendendurchmesser) und einen am ODER-Glied - 23 - liegenden Ausgang sowie einen an einem Blendenregelkreis - 35 - liegenden Ausgang für $\log B_{soll}$ aufweist.

Der Blendenregelkreis - 35 - weist einen das Signal B_{soll} aufnehmenden sechsten Summierverstärker - 36 - auf, der auch noch das Rückmeldesignal $\log B_{ist}$ empfängt und seinerseits ein Signal an einen ersten Leistungsverstärker - 37 - abgibt, an dem die Blendensteuereinrichtung - 3 - liegt.

Das Zwischen-Ausgangssignal $\log T_{soll}$ liegt an einem Eingang des zweiten Summierverstärkers - 17 -, an dessen anderem Eingang das Signal $\log T_{zul}$ des ersten Summierverstärkers - 16 - liegt. Der Ausgang liegt an einem zweiten Subkreis - 38 - des Belichtungsregelkreises - 6 - zwischen einem ersten Hystereseglied - 39 - und einem zwei-

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

ten Hystereseglied - 40 -, welche eine Umschaltung auf je einen benachbarten Blendenwert im Intervall $[B_{opt}, B_{min}]$ bewirken. Das erste Hystereseglied - 39 - gibt ein Schaltsignal an einen Eingabeschalter - 41 - ab, der von einem weiteren Eingabeschalter-11' - ein dem optimalen Blendenwert B_{opt} des eingesetzten Objektives entsprechendes Signal, das ebenso wie die Eingabe der Objektivbrennweite automatisch vom Objektiv abgenommen wird, erhält und ein Signal log B' an den dritten Summierverstärker/des Begrenzerkreises - 18 - abgibt. Das zweite Hystereseglied - 40 - ist mit einer Fehlermeldeeinrichtung - 42 - verbunden, die anzeigt, wann $\Delta s > \Delta s_{zul}$ ist.

Das Ausgangssignal $\frac{1}{T_{soll}}$ des Exponentierverstärkers - 22 - liegt an einem siebenten Summierverstärker - 43 - des Verschlussregelkreises - 32 -, wobei dieser Summierverstärker an einem weiteren Eingang ein Rückmeldesignal $1/T_{ist}$ empfängt und mit seinem Ausgang an einem zweiten Leistungsverstärker - 44 - liegt, der ein Ausgangssignal an die Verschlusssteuereinrichtung - 4 - abgibt.

Im Normalfall, wenn die Helligkeit genügend gross ist, wird für richtige bzw. entsprechend gewünschte Filmbelichtung eine Zeit-Blendenpaarung erhalten, für die bei Wahl der konstantgehaltenen optimalen Blende B_{opt}, d.h. der Blende, bei welcher das Objektiv die optimale Abbildungsleistung aufweist, eine Belichtungszeit T kleiner T_{zul} möglich ist. In diesem abgeschlossenen Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ - dem Normalarbeitsbereich - ist immer

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

$\Delta s_{effektiv} < \Delta s_{zul}$ und darin wird die optimale Blende konst. gehalten sowie die Belichtungszeit gemäss der jeweilig wechselnden Helligkeit bestimmt und nachgeführt. Erreicht die nachgeführte Zeit den Wert T_{min}, d.h. die minimal am Verschluss einstellbare Zeit, dann wird, um eine richtige bzw. gewünschte Filmbelichtung zu erhalten, diese Verschlusszeit T_{min} konst. gehalten und die Blende in Abhängigkeit von der Helligkeit nachgeregelt. Wenn die Beleuchtungsverhältnisse nicht ausreichen und die Verschlusszeit den mit $\frac{v}{h}$ variablen Wert T_{zul} annimmt, wird einerseits ein Signal an eine Fehlermeldeeinrichtung - 42 - abgegeben. Diese Fehlermeldeeinrichtung kann eine Signallampe sein. Andererseits wird, um ebenfalls noch richtig bzw. gewünscht belichteten Film zu erhalten, die Blende um einen diskreten Betrag, der nicht eine ganze Blendenstufe sein muss, auf einen kleineren Blendenwert B_1 (also mit grösserem Blendendurchmesser als B_{opt}) verstellt und für diesen Blendenwert $B_1 < B_{opt}$ wieder die Verschlusszeit T im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ gemäss der mit dem Belichtungsmesser gemessenen Helligkeit verstellt. Vorzugsweise wird aber bei ausreichender Helligkeit unter Einhaltung eines festsetzbaren Hysteresebetrages die Blende vom diskreten Wert B_1 wieder auf den Wert B_{opt} zurückgeregelt. Bei weiterhin abnehmender Helligkeit, wenn auch für diesen Blendenwert B_1 T_{zul} erreicht wird, wird wieder ein Signal an eine Fehlermeldeeinrichtung - 42 - abgegeben und die Blende um einen weiteren diskreten Betrag auf den Blendenwert $B_2 < B_1 < B_{opt}$ eingestellt und die Verschlusszeit T wieder im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ *) wie bei B_1 bzw. mit einer Hysterese geregelt; usw. bis als Blendenwert B_{min} (grösster Blendendurchmesser) erreicht ist. Dabei

*) oder einem Teil davon

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

ist immer $\Delta s_{effektiv} < \Delta s_{zul}$. Auch kann dabei immer mit einer relativ kleinen Verschlusszeit fotographiert werden, was wegen der Flugzeugvibrationen von Vorteil ist.

Die Zeit T_{zul} dient also einzig der Umstellung auf eine andere, wieder konst. gehaltene Blende bzw. der Warnung des Operateurs.

Diese Kennlinienregelabschnitte bzw. Arbeitsbereiche erhält man bei geeigneter Auslegung der Schaltelemente zufolge einer Reihe Optimierungsbedingungen je nach deren Gewichtung. Beispielsweise wird die in Fig. 2 dargestellte Arbeitskennlinie durch die Reihe der Optimierungsbedingungen: mögliches Gesamtstellintervall für die Blende; dynamische Eigenschaften der Blendensteuereinrichtung, insbesondere die notwendige Einstellzeit für eine gwünschte Aenderung des Blendenwertes; dynamische Eigenschaften der Verschlusszeitsteuereinrichtung, insbesondere deren notwendige Einstellzeit für eine gewünschte Aenderung der Verschlusszeit; zulässige Bewegungsunschärfe der Fotografie bzw. der entsprechende Grenzwert der Verschlusszeit T_{zul}; Umgebung des Blendenwertes mit optimaler Abbildungsleistung bzw. optimales Blendenintervall; Lebensdauerfaktor der Verschlusseinrichtung in Abhängigkeit von den jeweils gewählten Verschlusszeiten erhalten. Dabei ist eine Gewichtung in der angegebenen Reihenfolge vorgenommen. Die Bezeichnung optimale Blende bezieht sich auch auf einen Blendenwert aus der Umgebung des theoretischen optimalen Blendenwertes.

Zufolge der beiden Bedingungen, welche die dynamischen Eigenschaften berücksichtigen, treten kurzzeitige Kenn-

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIO

linienmodifikationen auf, da beispielsweise bei einer helligkeitsbedingten Aenderung der Belichtungszeit zunächst die Blende zufolge der rascheren Verstellmöglichkeit, d.h. kürzeren Reaktionszeit der Blendenverstelleinrichtung, den neuen Helligkeitsverhältnissen angepasst und anschliessend die Verschlusszeit, bei gleichzeitiger Rückstellung der Blende auf den vorhergehend eingestellten optimalen Wert, nachgeregelt wird (schematisch in Fig. 3).

Die aus $\frac{v}{h}$ berechnete zulässige Belichtungszeit T_{zul} dient als Grenzwert-Indikator, der ein Warnsignal oder eine Reihe von Korrektursignalen für die diskrete Verstellung der Blende bis zu ihrem Minimalwert (grösste Oeffnung) auslöst, ohne selbst zur Belichtungssteuerung für den Normalarbeitsbereich $\left[T_{zul}, T_{min}\right]$ verwendet zu sein.

Bei einer anderen Variante der Belichtungsregeleinrichtung nach Fig. 1 (in Fig. 1 strichliert eingetragen) ist im Belichtungsmesser - 1 - vor der Belichtungsregelkreiseinrichtung - 5 - ein Halteglied - 45 - vorgesehen, welches das Signal des Belichtungsmessers während einem geeignet vorgebbaren Zeitraum oder in Abhängigkeit von anderen Signalen speichert und anschliessend an die Belichtungsregelkreiseinrichtung - 5 - zur Weiterverarbeitung abgibt.

Eine andere Variante einer Belichtungsregeleinrichtung (2 Strich—2 Punktlinie in Fig. 1) weist eine Rückkopplung - 46 - vom Ausgang des ersten oberen Spannungsbegrenzungsgliedes - 21 - zum Eingang - 11' - für die Objektivbrennweite und optimale Blende B_{opt} (Objektivtyp) auf.

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

Durch diese Rückmeldeleitung ist eine Neigung des Kennlinienabschnittes zwischen T_{min} und T_{zul}, also der Kennlinie des Normalarbeitsbereiches der Belichtungsregeleinrichtung, gegenüber der Koordinatenachse für die Belichtungszeit T möglich. Eine solche Variante wird dann von Vorteil sein, wenn bei einem Objektiv eine breitere Umgebung der optimalen Blende brauchbare Resultate liefert und der Rotorverschluss möglichst geschont werden, d.h. mit eher niedriger Drehzahl laufen soll. Bei dieser Variante ist eine andere Gewichtung der Optimierungsbedingungen vorgenommen als bei den vorausgehenden Ausführungsbeispielen.

Es ist auch im Rahmen einer anderen Variante der Belichtungsregeleinrichtung möglich, anstelle des Haltekreises - 45 - (strichliert in Fig. 1) einen Korrekturkreis - 47 - vorzusehen, welcher die gemessenen Expositionsdaten entweder durch manuell eingegebene Werte oder nach einer Kontrolle und Gewichtung nach festsetzbaren, praxisbezogenen Bedingungen korrigiert bzw. mit den gespeicherten Signalen kombiniert und diese korrigierten Signale bzw. Kombinationssignale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuereinrichtung (3 bzw. 4) abgibt.

In einer vorteilhaften weiteren Ausführungsvariante kann ein Selbstüberwachungskreis für die Belichtungsregeleinrichtung vorgesehen sein, welcher bei einer technischen Störung eines Bereiches ein Signal an die Fehlermeldeeinrichtung - 42 - abgibt. Dabei kann diese so differenziert ausgeführt sein, dass aus der Art der Anzeige (z.B. mittels eines Codes etc.) die Art des Fehlers erkannt wird. Gewisse

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

Fehler können dadurch eventuell noch während des Bildfluges behoben werden, was wesentliche Kosten und Zeit einspart.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass diese Funktionen der Belichtungsregeleinrichtung und deren Kennlinienverlauf auch mit Hilfe von Mikrocomputern und dergleichen Bauelementen aufgebaut und verwirklicht werden können.

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

PATENTANSPRUECHE

1. Belichtungsregeleinrichtung an einer Luftbildkamera mit einer Anordnung, an deren Eingängen Signale der gemessenen Werte für die Fluggeschwindigkeit v und die Flughöhe h, oder dem Quotienten $\frac{v}{h}$, sowie der zulässigen Bildwanderung Δs_{zul} zur Ermittlung einer maximal zulässigen Belichtungszeit T_{zul} nach der Formel $T_{zul} = \frac{\Delta s\ zul}{\frac{v}{h} \cdot f}$ sowie der Bildfolgezeit liegen, mit einem Belichtungsmesser zur kontinuierlichen integralen Messung der Helligkeit des überflogenen Terrains mit Blenden- und Verschlusssteuereinrichtungen, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass an den Ausgang dieser Anordnung und an den des Belichtungsmessers (1) eine Belichtungsregelkreiseinrichtung (5) geschaltet, diese an einer Fehlermeldeeinrichtung (42) liegt und mit der Blenden- und Verschlusssteuereinrichtung (3 bzw. 4) derart verbunden ist, dass unter Berücksichtigung von den Signalen für T_{zul} und der mittleren Helligkeit, sowie von den Zustandssignalen der Blenden- und Verschlussregelkreise (35 bzw. 32) und den Prozessignalen bei einem Blendenwert B die Verschlusszeit T entsprechend den Aufnahmeverhältnissen im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ - dem Normalarbeitsbereich - nachregelbar ist, wobei bei Erreichen der durch T_{min} gegebenen Grenze des Normalarbeitsbereiches die Blende im In-

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

tervall $[B \quad , B_{max}]$ (B_{max} = minimaler Blendendurchmesser) entsprechend den Helligkeitsverhältnissen nachführbar und bei Erreichen der durch T_{zul} gegebenen Grenze eine Blendenverstellung im Intervall $[B \quad , B_{min}]$ (B_{min} = grösster Blendendurchmesser) ausführbar ist, wobei die Blendenverstellung vom Blendenwert B nacheinander auf diskrete Werte $B' < B$ vorgenommen wird und für jeden dieser diskreten Werte die Regelung der Verschlusszeit in Abhängigkeit von der Helligkeit des Terrains im Intervall $[T_{min}, T_{zul}]$ erfolgt, sowie bei Erreichen des minimalen Blendenwertes B_{min} die Verschlusszeit im Intervall $[T_{zul}, T_{max}]$ regelbar ist.

2. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Blendenwert B der optimale Blendenwert B_{opt} ist.

3. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von der Verschlusssteuereinrichtung (4) zur Belichtungsregelkreiseinrichtung (5) für die Ist-Verschlusszeit T_{ist} eine Rückmeldeleitung vorgesehen ist, wobei die Belichtungsregelkreiseinrichtung (5) das zu T_{ist} gehörende Δs_{ist} mit Δs_{zul} vergleicht und für $\Delta s_{ist} > \Delta s_{zul}$ ein Signal abgibt, das einer Fehlermeldeeinrichtung (42) zugeführt ist.

4. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungsregelkreiseinrichtung (5) ein Halteglied (45) zur Speicherung von Signalen während einem Zeitintervall aufweist, die bei die Expositionsdaten verfälschenden mittleren Helligkeitswerten die Signale der vorangegangenen Blenden - Zeitkombination

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

an die Blenden- bzw. Verschlusssteuereinrichtung (3 bzw. 4) abgibt.

5. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungsregelkreiseinrichtung (5) einen Korrekturkreis (47) aufweist, in welchem die momentan gemessenen Expositionsdaten durch manuell eingegebene Werte korrigierbar sind und dieser Korrekturkreis (47) zur Abgabe der den korrigierten Blenden- und Verschlusszeitwerten entsprechenden Signale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuereinrichtung (3 bzw. 4) angeschlossen ist.

6. Belichtungsregeleinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungsregelkreiseinrichtung (5) ein Halteglied (45) zur Speicherung von Signalen und einen Korrekturkreis (47) aufweist, wobei die Signale der Momentanwerte für Blende und Verschlusszeit nach einer Kontrolle und Gewichtung mit den gespeicherten Signalen kombiniert werden und diese Kombinationssignale an die Blenden- bzw. Verschlusssteuereinrichtung (3 bzw. 4) angeschlossen sind.

7. Belichtungsregeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Selbstüberwachungskreis für die Belichtungsregelkreiseinrichtung (5) vorgesehen ist, der bei einer Störung ein Signal an die Fehlermeldeeinrichtung (42) abgibt.

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

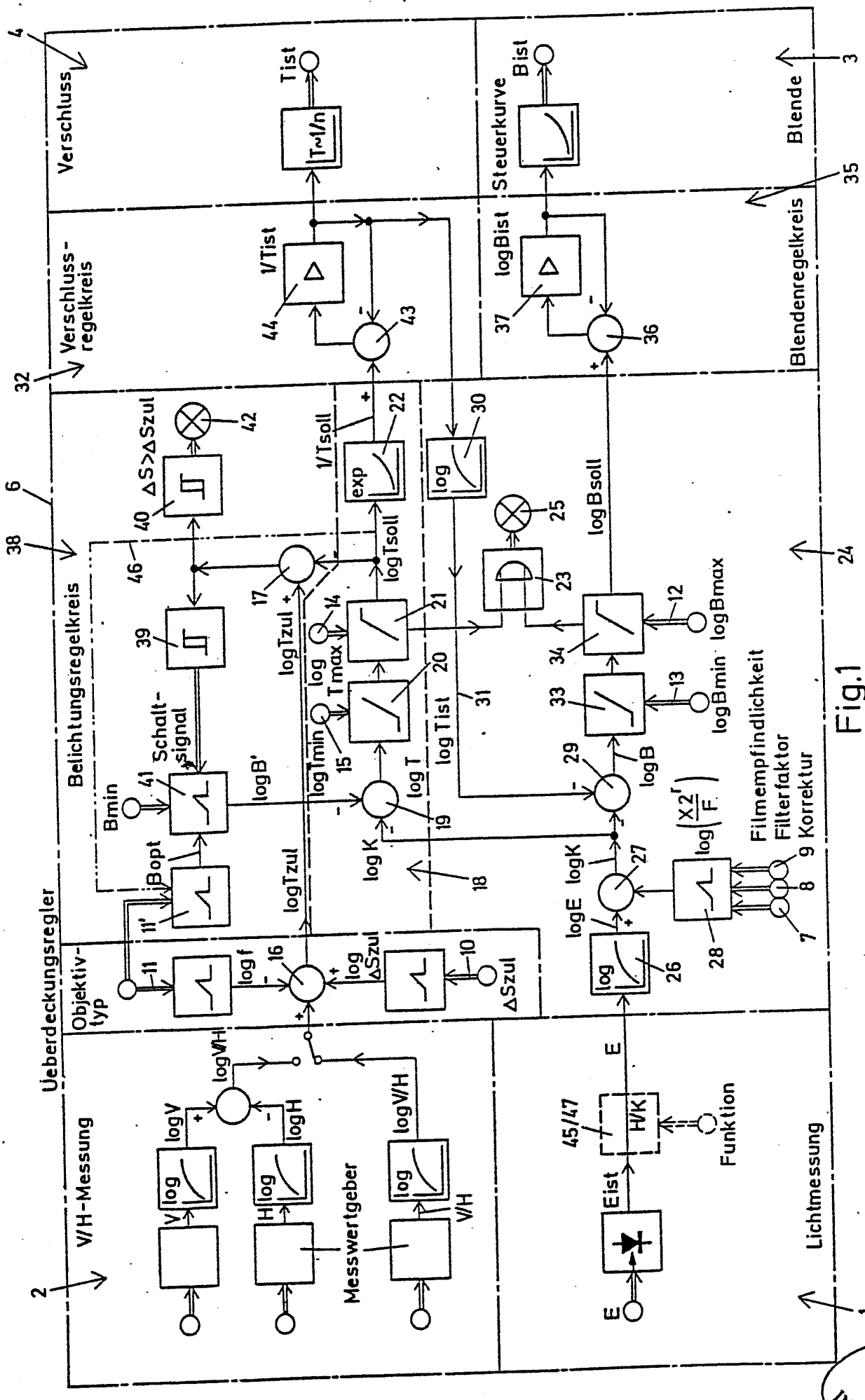

Verschluss
Tist
T~1/n
Steuerkurve
Bist
Blende
Verschluss-regelkreis
1/Tist
logBist
Blendenregelkreis
Belichtungsregelkreis
1/Tsoll
exp
log
logBsoll
ΔS>ΔSzul
Schalt-signal
logTzul
logTsoll
logTmax
logTmin
log Tist
logBmax
logBmin
Bmin
Bopt
logB'
log T
logB
log K
logE
logK
Filmempfindlichkeit
Filterfaktor
Korrektur
Überdeckungsregler
Objektiv-typ
logf
log ΔSzul
ΔSzul
V/H-Messung
logV
logH
logV/H
V/H
Messwertgeber
Lichtmessung
Eist
H/K
Funktion
E

Fig.1

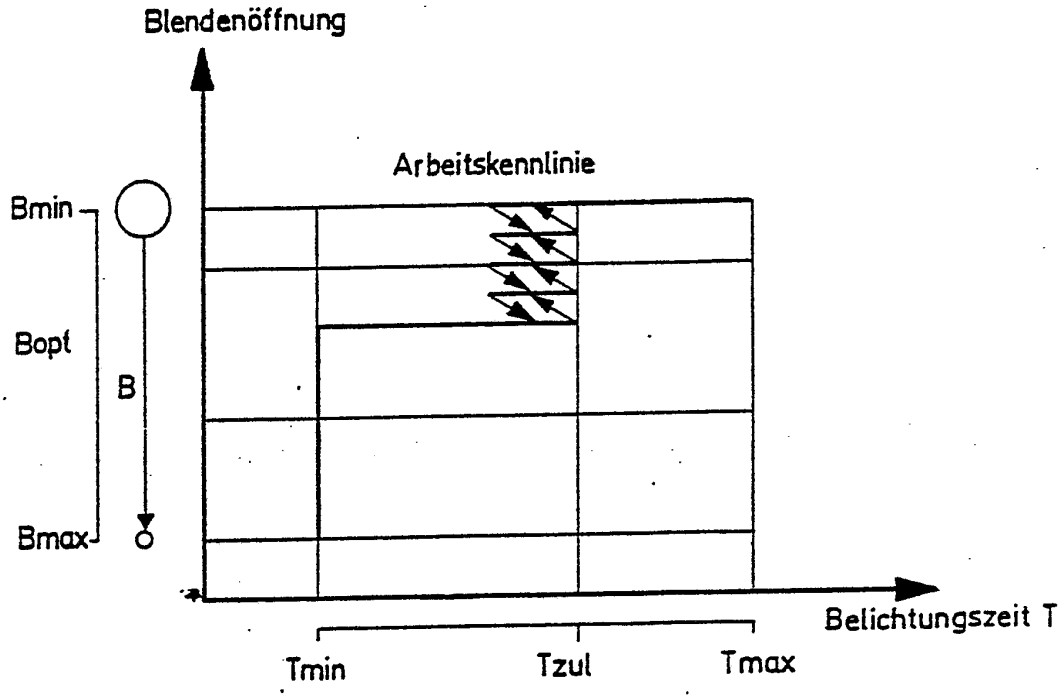


Fig.2

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

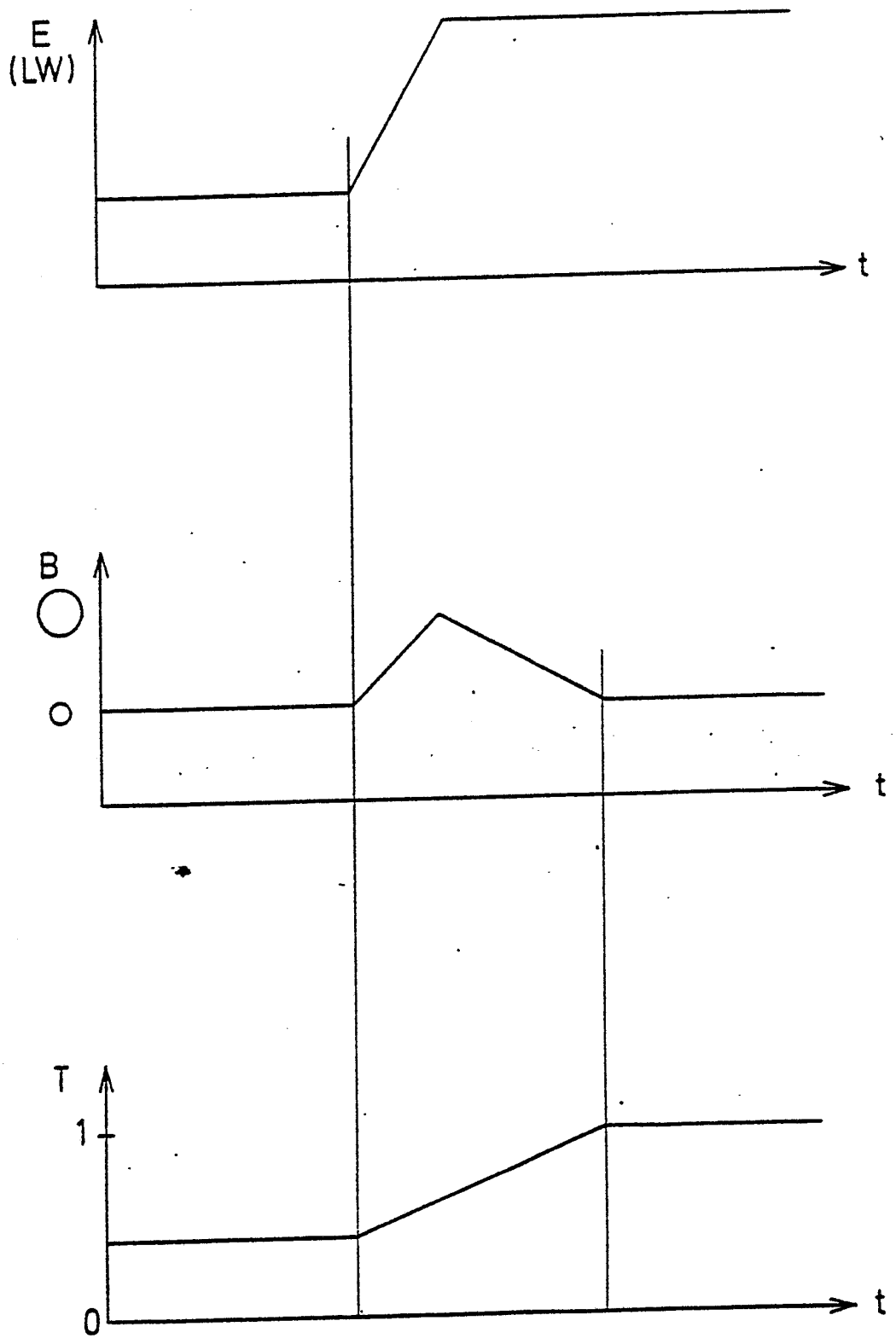


Fig.3

BUREAU
OMPI
WIPO
INTERNATIONAL

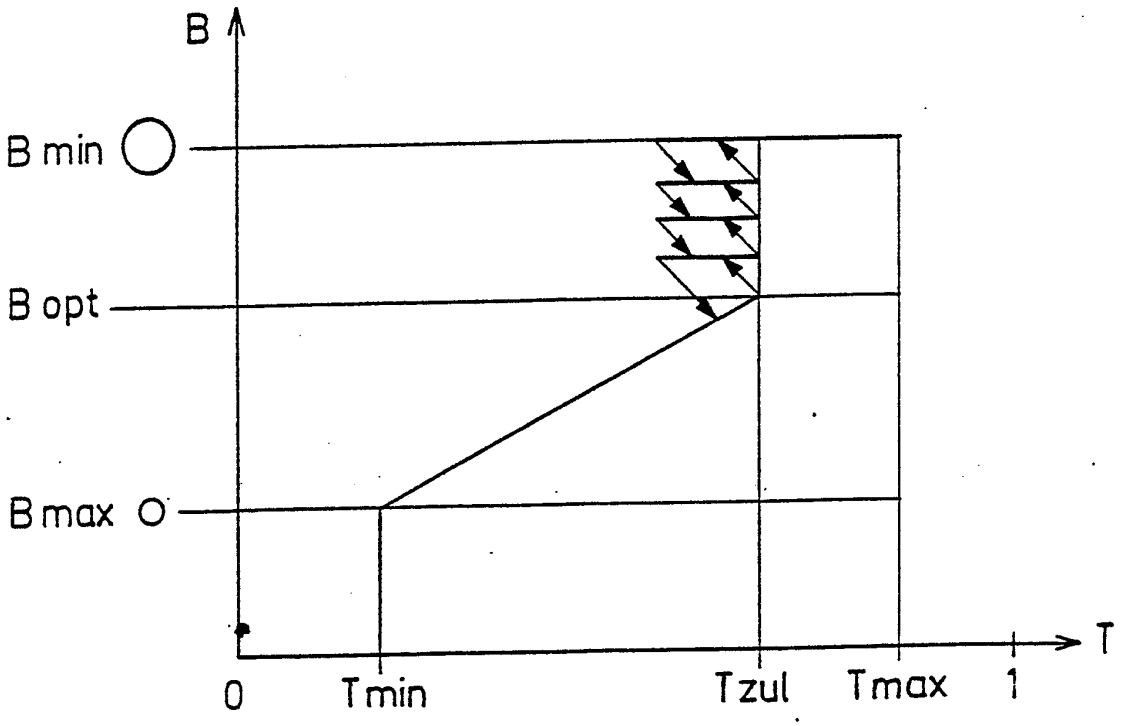


Fig.4

BUREAU OMPI WIPO INTERNATIONAL

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/CH 82/00066

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) [3]

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int. Cl.[3] : G 03 B 7/081

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched [4]

Classification System	Classification Symbols
Int. Cl.[3]	G 03 B 7/081; G 03 B 7/091

Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are included in the Fields Searched [5]

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT [14]

Category *	Citation of Document, [16] with indication, where appropriate, of the relevant passages [17]	Relevant to Claim No. [18]
A	DE, A, 2403863 (CARL ZEISS) 07 August 1975, see page 4, lines 7 to 34 cited in the application	1
A	DE, A, 2403862 (CARL ZEISS) 07 August 1975, see page 4, line 25 to page 7, line 27	1
A	DE, A, 2715265 (EASTMAN KODAK CO.) 13 October 1977, see figure 6	1

* Special categories of cited documents: [15]

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search [2]	Date of Mailing of this International Search Report [2]
07 June 1982 (07.06.82)	22 June 1982 (22.06.82)
International Searching Authority [1]	**Signature of Authorized Officer [20]**
European Patent Office	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/CH 82/00066

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Kl.[3]: G 03 B 7/081

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff[4]

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.Kl.[3]	G 03 B 7/081; G 03 B 7/091

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen[5]

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN[14]

Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der Maßgeblichen Teile[17]	Betr. Anspruch Nr.[18]
A	DE, A, 2403863 (CARL ZEISS) 7. August 1975, siehe Seite 4, Zeilen 7 bis 34 (In der Anmeldung angeführt)	1
A	DE, A, 2403862 (CARL ZEISS) 7. August 1975, siehe Seite 4, Zeile 25 bis Seite 7, Zeile 27	1
A	DE, A, 2715265 (EASTMAN KODAK CO.) 13. Oktober 1977, siehe Abbildung 6	1

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen[15]:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche[2]	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts[2]
7. Juni 1982	22. Juni 1982
Internationale Recherchenbehörde[1]	**Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten**
Europäisches Patentamt	G.L.M.KRUYDENBERG

PCT WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION
International Bureau

INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification 6 : H04N 7/18 | A1

(11) International Publication Number: **WO 96/38003**

(43) International Publication Date: 28 November 1996 (28.11.96)

(21) International Application Number: PCT/US96/06771

(22) International Filing Date: 13 May 1996 (13.05.96)

(30) Priority Data:
08/449,350 24 May 1995 (24.05.95) US

(71) Applicant: OMNI SOLUTIONS INERNATIONAL, LTD. [US/US]; Suite 700, 8614 Westwood Center Drive, Vienna, VA 22182 (US).

(72) Inventors: HEDGES, Thomas, M.; 636 Springvale Road, Great Falls, VA 22066 (US). WEIR, David, G.; 4 Petrea Terrace, Ormond Beach, FL 32174 (US). SPEASL, Jerry, A.; 4172 Grant Court, Pleasanton, CA 94566 (US).

(74) Agent: FISH, Paul, W.; Christie, Parker & Hale, P.O. Box 7068, Pasadena, CA 91109-7068 (US).

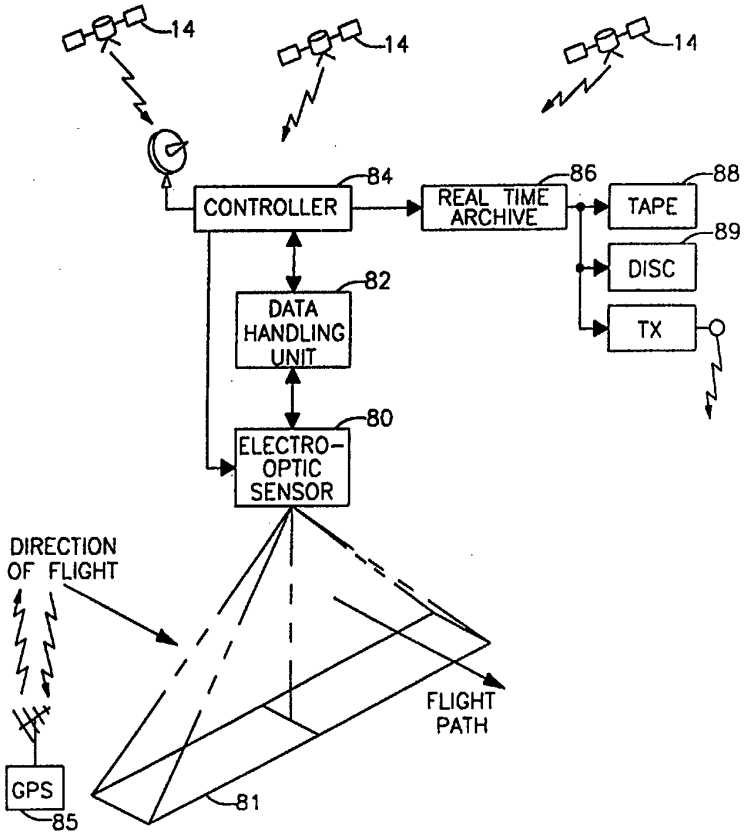
(81) Designated States: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, ARIPO patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published
With international search report.

(54) Title: DIRECT DIGITAL AIRBORNE PANORAMIC CAMERA SYSTEM AND METHOD

(57) Abstract

The present invention relates to an improved airborne, direct digital panoramic camera system and method in which an in-line electro-optical sensor (80) operating in conjunction with a data handling unit (82), a controller unit (84), and real time archive unit (86), eliminates the need for photographic film and film transport apparatus normally associated with prior art airborne reconnaissance cameras and yet still retains the very high image resolution quality which is so important in intelligence operations and commercial geographic information systems (GIS), mapping and other remote sensing applications. Precise geographic data for the system is provided by the use of navigation aids which include the Global Positioning Satellite (GPS) System (14) and an airborne platform carried GPS receiver (85). The present invention provides a simpler, more efficient and less costly panoramic camera by utilizing a simpler and less expensive line-focus type of lens in conjunction with an electro-optical line array sensor.



FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AM	Armenia	**GB**	United Kingdom	**MW**	Malawi
AT	Austria	**GE**	Georgia	**MX**	Mexico
AU	Australia	**GN**	Guinea	**NE**	Niger
BB	Barbados	**GR**	Greece	**NL**	Netherlands
BE	Belgium	**HU**	Hungary	**NO**	Norway
BF	Burkina Faso	**IE**	Ireland	**NZ**	New Zealand
BG	Bulgaria	**IT**	Italy	**PL**	Poland
BJ	Benin	**JP**	Japan	**PT**	Portugal
BR	Brazil	**KE**	Kenya	**RO**	Romania
BY	Belarus	**KG**	Kyrgystan	**RU**	Russian Federation
CA	Canada	**KP**	Democratic People's Republic of Korea	**SD**	Sudan
CF	Central African Republic			**SE**	Sweden
CG	Congo	**KR**	Republic of Korea	**SG**	Singapore
CH	Switzerland	**KZ**	Kazakhstan	**SI**	Slovenia
CI	Côte d'Ivoire	**LI**	Liechtenstein	**SK**	Slovakia
CM	Cameroon	**LK**	Sri Lanka	**SN**	Senegal
CN	China	**LR**	Liberia	**SZ**	Swaziland
CS	Czechoslovakia	**LT**	Lithuania	**TD**	Chad
CZ	Czech Republic	**LU**	Luxembourg	**TG**	Togo
DE	Germany	**LV**	Latvia	**TJ**	Tajikistan
DK	Denmark	**MC**	Monaco	**TT**	Trinidad and Tobago
EE	Estonia	**MD**	Republic of Moldova	**UA**	Ukraine
ES	Spain	**MG**	Madagascar	**UG**	Uganda
FI	Finland	**ML**	Mali	**US**	United States of America
FR	France	**MN**	Mongolia	**UZ**	Uzbekistan
GA	Gabon	**MR**	Mauritania	**VN**	Viet Nam

DIRECT DIGITAL AIRBORNE PANORAMIC CAMERA SYSTEM AND METHOD

Background of the Invention

The present invention relates to airborne panoramic camera systems and more particularly to a direct digital panoramic camera system and method in which an electro-optical digital sensor eliminates the need for the film and film transport apparatus normally associated with prior art airborne reconnaissance cameras.

Airborne camera reconnaissance or surveillance systems are nearly as old as the use of military and civilian aircraft. The prior art camera or photo reconnaissance systems generally involved camera photos taken from an aircraft flying over the area of interest, and the exposed film was returned to the ground after the flight where it was developed and processed before it could be delivered to the intelligence agencies or groups who could then determine whether the photographs contain the desired intelligence. A number of prior art reconnaissance systems, including those disclosed in U.S. Patent No. 3,066,589, disclose an airborne reconnaissance system which includes an airborne film processing, scanning and transmission of the data to associated ground stations. U.S. Patent No. 4,143,971 discloses an airborne photo reconnaissance system in which photo cells and color filter techniques are employed to identify specific targets of interest which have an unique optical or IR pattern. U.S. Patent No. 4,442,453 discloses a combined film and electro-optical sensor for converting the exposed film to data suitable for relay over a radio link to a ground station where it may be demultiplexed and displayed on television type monitors.

The above-described and other similar prior art photo reconnaissance systems employ film as the light-sensing medium and therefore have the attendant drawbacks of a bulky film system and film transport apparatus, delays in developing the film and further generally include a more complex and substantially more costly lens that utilize a square focal plane system which must focus in two dimensions.

It is therefore a primary object of the present invention to prove an improved airborne panoramic camera system and method which is less costly and more efficient in operation.

It is another object of the present invention to provide a direct digital airborne panoramic camera system and method in which an electro-optical sensor eliminates the need for the film and film transport apparatus of the prior art airborne camera systems.

It is yet another object of the present invention to provide an improved airborne panoramic camera system and method in which panoramic errors are easily correctable in the digital image data.

It is yet another object of the present invention to provide an improved airborne panoramic camera system and method which employs a simplified, less costly optical system.

It is yet another object of the present invention to provide a direct digital, massive data rate airborne panoramic camera and system capable of efficiently supporting mapping and other remote sensing applications by producing massive data bases which are efficiently organized and appropriate for use with geographic information systems.

It is yet another object of the present invention to provide a direct digital airborne panoramic camera system and method which eliminates the need for photographic film in airborne data collection process.

It is yet another object of the present invention to provide an improved airborne panoramic camera system and method having high image quality data particularly with respect to contrast and dynamic range.

It is yet another object of the present invention to provide an improved direct digital airborne panoramic camera system and method in which the images may be conveniently, accurately, and easily geo-referenced.

It is a further object of the present invention to provide an improved direct digital airborne panoramic camera system and method in which the massive amounts of digitized image data are rapidly and efficiently available to the user in computer friendly formats.

These and other advantages of the present invention will become more apparent from the following detailed description taken in conjunction with the illustrative embodiments shown in the accompanying drawings.

Summary of the Invention

The present invention relates to an improved airborne, direct digital panoramic camera system and method in which an in-line, electro-optical sensor eliminates the need for photographic film and film transport apparatus normally associated with prior art airborne reconnaissance cameras and yet still retains the very high image resolution quality which is so important in intelligence operations and in commercial geographic information systems (GIS), mapping and other remote sensing applications. The present invention provides a simpler, more efficient and less costly panoramic camera by utilizing a simplified optical system in conjunction with the electro-optical line array sensor wherein the lens can be simpler and less expensive because it essentially requires quality focus in only one dimension and in only one place. The massive amounts of digital data generated by the camera are compressed, and any motion induced or panoramic errors are easily correctable in the digital data while such errors were nearly impossible to correct in film images. The compressed digital image data may be stored and retrieved later for utilization in computer type networks or alternatively can be transmitted from the aircraft to a ground station for prompt utilization.

Brief Description of the Drawings

FIG. 1 is a schematic pictorial diagram of one embodiment of applicants' improved airborne direct digital panoramic camera.

FIG. 2 is a geometric optical diagram illustrating pixel design dimensions of applicants' improved airborne panoramic camera system.

FIG. 3 is a partial block diagram of the preferred embodiment of applicants' improved airborne panoramic camera.

FIG. 4 is a perspective view of an electro-optical in-line imaging device usable in applicants' improved airborne panoramic camera system and method.

FIG. 5 is a top view of an improved in-line electro-optical sensor in accordance with another aspect of applicants' invention.

FIG. 6A is a top view of an alternate embodiment of an improved in-line electro-optical sensor utilizable in applicants' improved airborne digital panoramic camera.

FIG. 6B is a perspective view of another alternate embodiment of an electro-optical sensor utilizable in applicants' improved digital panoramic camera system and method.

FIG. 7 is a pictorial representation of a portion of the improved in-line pixel array of applicants' electro-optical sensor utilizable in accordance with applicants' improved digital panoramic camera and method.

FIG. 8 is a logic block diagram illustrating principal system components of applicants' improved airborne digital panoramic camera system and method.

FIG. 9 is a partial pictorial illustrating the picture or frame relationship generated in the operation of applicants' improved airborne digital panoramic camera system and method.

FIG. 10 is an expanded pictorial diagram of the multiple frame interrelationship of the video data generated in accordance with applicants' improved airborne panoramic camera and method.

FIG. 11 is a logic block diagram illustrating the overall system operation of applicants' improved airborne direct digital panoramic camera and method.

FIG. 12 is a logic flow diagram illustrating another embodiment of applicants' improved airborne digital panoramic camera and process.

FIG. 13 is a schematic logic diagram illustrating the overlap operation of a dual port memory utilizable in accordance with principles of applicants' improved airborne digital panoramic camera and system.

FIGS. 14A and 14B are graphs illustrating pixel calibration data utilizable in accordance with another aspect of applicants' invention.

FIG. 15 is a block diagram of a dynamic calibration system utilizable in accordance with another aspect of applicants' improved airborne digital panoramic camera and method.

FIG. 16 is a graph of platform attitude parameters utilizable in accordance with a dynamic platform stabilization apparatus and process in accordance with another aspect of applicants' invention.

FIG. 17 is a block diagram of an error correction system and method for the improved sensor arm positioning mechanism utilizable in accordance with another aspect of applicants' invention.

FIG. 18 is a graph of a portion of the electromagnetic spectrum illustrating remote multi-spectral data utilizable in accordance with another aspect of applicants' improved airborne digital panoramic camera.

FIGS. 19 and 19A are a schematic logic illustration of data storage utilizable in applicants' improved airborne direct digital panoramic camera system and method.

Detailed Description

In today's rapidly changing world of instant communications, governmental agencies, private businesses and the news media require more intelligence in ever more detail and from more remote locations thus making the efficient, flexible gathering of image information more critical every day. Panoramic airborne cameras are a key to these new mission requirements due to their ability to collect, in a very short time, massive data on geographically dispersed areas at very high image quality. For example, at IQ-7, a panoramic camera at an altitude of 5000 feet in one hour can collect imagery data covering more than 500 square miles which yields over 87 gigabytes of compressed digital image data. This is the equivalent of 87,000 3-1/2" floppy disks which, as will be recognized by those skilled in the digital memory arts, is a massive volume of data, and the extremely high data rates involved present substantial problems in terms of system design, cost and implementation.

Referring now to FIG. 1, there is schematically shown an improved direct digital airborne panoramic camera system and method in accordance with applicants' invention. As shown in FIG. 1, an aircraft 10, flying at an altitude of 5000 feet, would yield a bowtie photo frame 12 that is approximately 1774 feet long and 10,000 feet wide. As will be more fully described hereafter in connection with FIGS. 16 and 17, aircraft 10 incorporates as part of its navigation instruments a global position system (GPS) receiver, not shown, which receives navigational data from a series of orbiting satellites 14 which are part of the global positioning system which are well known to those skilled in the art of navigation.

The GPS navigation system permits the exact location of the aircraft in terms of latitude and longitude when a picture is taken and as will be hereinafter described to accurately determine and correlate the position of the sensor arm 16 of camera 18 shown in FIG. 3 in relationship to a fixed position on the earth.

In order to be commercially competitive, applicants' improved airborne direct digital panoramic camera system and method must be equivalent in performance to the currently available film systems. While comparison between film and electro-optical cannot be exact, set forth below in Table 1 is a set of performance parameters based on design and system tradeoffs.

Design Objectives	System Parameters
Image Quality at 5000 AGL	IIRS-7 @ Nadir ±5°
Velocity at 5000'	300 Knots or less
Sun Angle	Local Noon ±2 hours
Modes of Operation	10% and 55% Overlap
Sustainability	> 1000 Frames of Data

Table 1

As illustrated schematically in FIG. 1, the above-listed parameters yield a bowtie photo frame 12 of approximately 1700 feet long and 10,000 feet wide for an aircraft flying at an altitude of 5000 feet at 300 knots or less. The number of picture elements (pixels) in a frame 12 can be calculated as:

$$\text{Pixels/Frame} = (\text{Frame Width/GSD}) \times (\text{Frame Length/GSD})$$

where GSD is the ground's sample distance as illustrated in FIG. 2. Image Quality (IQ) ≥ 7 implies a GSD of no more than 1/3 of a foot. Therefore each frame of data will contain at least 119,340,000 pixels, 26. Thus the average data rate can be calculated as:

$$\text{Data Rate} = \text{Pixels P/Frame} \times \text{Frames P/Sec} \times \text{Bytes/Pixel}$$

Bytes/pixel is measured after compression and the frames per second is determined by the mission parameters. For a minimum set of requirements, 0.25 bytes/pixel will be stored and frames or pictures will be taken as often as every 2 seconds with 0.5 frames per second. This yields a minimum data rate of 15 megabytes per second.

Turning now to FIG. 3 there is shown a partial breakout of an the airborne panoramic camera 18 having a rockably mounted sensor arm 16 which houses the lens and optical train, not shown. Mounted on top of the rockably mounted sensor arm 16 is an electro-optical assembly sensor 20. There are a number of commercially available airborne panoramic cameras, however in the preferred embodiment, applicants have utilized an optical system of an airborne panoramic camera built by Hycon and used by the U.S. military for several years. Panoramic cameras generally take pictures over a 90-degree angle and each frame represents a ±45 degree by a ±10 degree look at the ground. As the aircraft moves forward along a line of flight 22, the sensor arm 16 sweeps from starboard to port in about 0.5 seconds thereby transferring or generating the image signals to the electro-optical sensor.

This mode of taking picture data in a cross flight line direction is commonly called a whisk broom technique.

As is known to those skilled in the photographic arts, airborne panoramic cameras, for example the KA-54A, KA-56A and KA-60 manufactured by Fairchild, the KA-55A manufactured by Hycon and the KA-80A manufactured by Itek, incorporate an image motion compensation (IMC) feature, not shown. The IMC virtually ensures that the picture is not blurred by aircraft movement because the forward motion of the aircraft in flight is removed or compensated for by the image compensation feature. In general, the image compensation feature moves the lens forward before initiating a picture-taking cycle and during the picture-taking period the lens moves aft as the aircraft moves forward thus compensating for the aircraft motion during frame exposure.

As is known to those skilled in the airborne panoramic camera arts, the relationship of the image compensation rate, aircraft velocity, aircraft height and aircraft velocity are important parameters in determining the pixel data rates.

The image compensation rate (IMC) may be expressed as:

IMC = Focal Length x (Velocity/Height of Aircraft)

Referring again to FIG. 2, one of the most important parameters of the electro-optical sensor design is the determination of the appropriate ground sample distance (GSD) 24. As shown in FIG. 2, the ground sample distance 24 is simply how much ground each picture element (pixel) represents in a frame. The conversion of the GSD to pixel pitch (assuming for simplicity the pixel size for square pixels) may be stated by the following formula:

Pixel Pitch = Focal Length x (Min GSD/Altitude)

Therefore in applicants' preferred embodiment, any sensor with a pitch less than 20 microns would produce an Image Quality (IQ) of 7 at an altitude of 5000 feet. In applicants' preferred embodiment, the pixel pitch of the sensor is 13 microns, which at an altitude of 5000 feet yields a GSD of 2.56 in. and 3.62 in. at nadir and ± 45 degree look angle, respectively. This is equivalent to Image Quality 8.

With a pixel pitch of 13 microns the line rate can be calculated as:

Line Rate = (Cross Track Width/GSD)/Scan Time

The preferred embodiment of applicants' improved camera has a scan time as small as 0.5 seconds and therefore at an altitude of 5000 feet has a cross-track width of 10,000 feet. From the above equation it can be seen that this yields a line rate of 73,631 lines per

second. Knowing the line rate permits the calculation of the pixels per port and the clock rate for the sensor from the following formula:

Max Pixels/Port = Clock Rate/Line Rate

Thus assuming a reasonable clock rate of 12.5 MHz, this would yield a maximum pixels per port of 170. This implies that the line array sensor is preferably segmented into sections of length of 170 pixels or less. In building applicants' improved camera, a number of design tradeoffs involving costs/service were made between scan time, clock rate and maximum pixels per port. In the preferred embodiment of applicants' improved camera, the scan time is in the order of .75 seconds, the clock rate is in the order of 12.5 MHz, and the maximum pixels per port were set at 256. These values yield a corresponding line rate of 49,100 lines per second. This slight slowing of the camera's scan time allows very useful tradeoffs and facilitates using less costly, commercially available sensors.

Referring now to FIG. 4, there is shown an electro-optical sensor assembly 20 which is designed to be mounted on the optical sensor arm 16 and become an integral part of the optical assembly, not shown. In this manner the electro-optical detector is fixedly mounted at the top of the optical path thus facilitating the maintaining of focus during flight operation. In prior art panoramic cameras, failing to keep the film flat and thus at a fixed distance from the lens was a major source of errors. Applicants, by fixedly mounting the sensor 20 to the arm 16 and thus with respect to the lens, eliminate a major source of so-called panoramic type errors.

The electro-optical sensor assembly comprises planer mounting board 30 which may be made of any insulating material, for example a glass epoxy type. Mounted on board 30 are four time-domain integration lined arrays 32, 34, 36 and 38. There are a number of commercially available TDI line arrays which are suitable for use, including the Dalsa 2048 x 96 sensor elements from Dalsa, Inc. in Waterloo, Ontario, Canada. The Dalsa 2048 x 96 sensor line array elements are a 13 x 13 micron pitch and can be operated at a 15 megahertz clock rate. An alternative TDI line array is commercially available from Loral Fairchild which includes a 1024 x 128 element with a 15 x 15 micron pixel pitch. Both the Dalsa and the Loral arrays are front side illuminated charge coupled (CCD) devices and imaging is accomplished by integrating photons which must pass through one of more levels of polysilicone. Thus the resulting image is heavily filtered in the blue and green response of those imagers. The plain sensor array assembly 20 further includes a plurality of power and control connections 40, a digital timing and control processor 42, and thirty-two channel video preamplifiers 44. Preamplifiers 44 on the sensor array assembly perform the first step of video signal conditioning and may be any of the commercially available preamplifiers used, for example an emitter follower circuit MMBT 3904, manufactured by Motorola. As

shown in FIG. 4 the electro-optical sensor assembly 30 preferably includes the sensors 32, 34, 36 and 38, drive electronics 42 and preamplifiers 44 to precondition the image signals. The minimal inter-array spacing is desirable because it facilitates the use of relatively short interconnecting wires, thus facilitating impedance matching of the CCD clocking signals which helps in maintaining the low signal-to-noise ratio required when dealing with low-level signals and the short integration times, as will be discussed hereinafter.

Design of the sensor assembly 30 is in a large measure dictated by the active picture area of the airborne camera. Airborne panoramic cameras generally have an active picture area of 4 inches, and therefore an ideal sensor array would use a 4-inch line array with something in the order of 2000 pixels per inch. While an in-line array on the order of 4 inches is certainly commercially feasible, the actual design of applicants' improved sensor array is a tradeoff utilizing cost, number of ports and clock speed as the primary determinants. In the preferred embodiment of applicants' improved electro-optical sensor, 4 Dalsa 2048 x 96 element TDI line arrays 32, 34, 36 and 38 are utilized as shown which gives an active optical area of four inches. Obviously for other applications a single one-inch line array, or alternatively up to seven or eight line arrays in straight line or staggered parallel lines, could be utilized for different applications, as will be understood by those skilled in the photographic and airborne reconnaissance arts.

It should be understood that the one-inch line array sensor will result in a substantially less resolution or picture quality and the seven or eight-inch sensor would be comparable to a framing camera operation which could be utilized for mapping.

In another embodiment of applicants' improved airborne panoramic digital camera and method, the electro-optical sensor 30 or one or more of the line arrays 32, 34, 36 or 38 of FIG. 4 or line arrays illustrated in other embodiments may be replaced by or supplemented with an additional infrared sensor for various applications. The structure and function of commercially available infrared sensors, for example HgCdTe (Mercury Cadmium Telluride) are well known to those skilled in the remote sensing arts. By utilizing various sensors, detectors or filters alone or in combination facilitates remote sensing of radiation from 0.3 microns wavelength up to about 14 microns wavelength. In general, multi-spectral imagery data is collected in several discrete bands, as illustrated in FIG. 18, to obtain good quality data.

Referring now to FIG. 5, sensor line array overlap, as illustrated in FIGS. 4 and 5, will be described. Four electro-optical sensors, for example of the Dalsa type each comprising a 2048 x 96 element TDI line array are mounted on a glass member substrate 50 which is, for example 1.5 inches long by 0.5 inches wide. The pixel line array length of the illustrated Dalsa sensor is one inch with in the order of 2000 pixels per inch. The overlap 52 as shown in FIG. 5 is necessary in order to avoid gaps in picture line data which if uncorrected would be a major source of error in the picture data. The optical sensor 20

moves as the optical column scans the ground scene for each frame. If a single line of pixel elements were employed, this movement would not present any optical difficulties in the resulting picture data. However with the use of Timed Domain Integration (TDI), it is critical that the line arrays be oriented perpendicularly to the travel of the camera scan. As is known to those skilled in the art of airborne photography, this can be accomplished through the appropriate positioning of the fixtures and the use of optical correction mechanism, to be more fully explained hereinafter. In applicants' improved airborne digital panoramic camera a new picture (frame) is taken every 1/75 of a second. With 2000 pixels per sensor element and four sensor elements there are thus 320 million pixel signals per second generated by the operation of the airborne camera. The analog video signals are read from the sensor array 30, as will hereinafter more fully be described, via four sets of 8-channel graphic data outputs 44 from each Dalsa sensor line array at an effective clock speed of 28 megahertz. A new picture scan is initiated every 2.25 seconds. As shown in FIG. 5 there is a pixel line seam separation 52 of approximately 3/4-inch, which for the Dalsa line array is equal to approximately 1500 pixel widths. There is also a sensor line overlap of approximately one millimeter creating duplicate pixel data on both sides of the seam 52. The seam separation is a potential error source which requires control of the scan arm velocity VO to within 0.1%. As will be hereinafter discussed in connection with FIG. 11 the post processing of the seam data uses the overlap data to calibrate the actual velocity of the scan arm. The post processing uses a Fourier type analysis in two dimensions to calculate the actual velocity errors which can be used to compensate or correct the graphic or picture data.

Referring now to FIG. 6, an alternate embodiment of applicants' improved electro-optical line sensor array 60 is shown which is particularly useful in multi-spectral imagery of agricultural crops. For years the U.S. Agriculture Department has undertaken a number of research projects to explore the feasibility of developing improved remote multi-spectral sensing to identify and quantify various ground conditions which would be useful in improving land use. Remote spectral sensing in agriculture is concerned with a determination of various parameters and characteristics of crops through an analysis of data taken at a distance. Remote multi-spectral sensing in agriculture has the broad objective to increase the yield and quality of agricultural cultivation and decrease losses in production which are due to disease or weed or insect infestation thereby increasing the quantity and quality of agricultural production. As will be hereinafter more fully described, certain portions of the electromagnetic spectrum are particularly useful in agricultural multi-spectral imaging. A biological mass or other properties of certain vegetation can be estimated as a ratio of the infrared to the green-yellow spectrum. An improved electro-optical line sensor assembly 60 illustrated in FIG. 6A and 6B would be useful in such agricultural remote multi-spectral imagery of crops. As shown in FIG. 6A, there are two electro-optical line

arrays 62 and 64 which are overlaid by color filters 66 and 68. As hereinabove described, the color filter on sensor 62 may comprise an infrared filter while the filter on array 64 might be a green/yellow filter thus yielding the picture data useful in determining the biomass of certain crops overflown by a plane equipped with a detector similar to that in FIG. 6A. Alternatively, as illustrated in FIG. 6B, a single sensor 36 could be utilized in conjunction with a color wheel 63 which when rotated would generate output data taken through the respective filter segments 65. Electro-optical sensors have dynamic ranges which are greater than that offered by film and therefore applicants' improved electro-optical sensor has a spectral response which offers distinct advantages in such applications as crop surveys and operating under hazy or less than ideal conditions.

Prior art film-based panoramic cameras have shutters which are set by an automatic exposure control system with shutter speeds of between 1/100 to 1/3000 of a second being selectable. If a single electro-optical line array were utilized, the corresponding shutter speed for the modified prior art camera would be 1/49,100 second which would be too fast to obtain reasonable signal-to-noise ratios in the video data. Therefore in applicants' preferred embodiment the effective shutter speed is lowered through the use of time domain integration (TDI). As is known to those skilled in the electro-optical sensor arts, commercially available electro-optical line scanners, such as those referred to above by Dalsa and Loral Fairchild, utilize TDI to lower the effective shutter speed. In FIG. 7 the length of the pixel line is divided into 2000 rows with each row containing 100 pixels. In operation the charge from pixel 1 of row 1 (P_{11}) is clocked or transferred to pixel 2 of row 1, i.e. the adjacent pixel (P_{12}). The velocity of the scan arm V with 100 stages (i.e. pixels in each row) is thus V $\pm 1\%$. Thus the incoherent integration accomplished by the TDI effectively increases the exposure time in this example by a factor of 100, thus increasing the dynamic range of the sensor and compensating for variations of the individual pixel output. For a complete understanding of the TDI incorporated in the Dalsa sensor, reference may be had to the Dalsa technical literature for the electro-optical sensors available from Dalsa, Inc., Waterloo, Ontario, Canada.

As shown in FIG. 7, a source of clock pulses is connected to terminal 70 and at successive clock times the accumulated charge for example from the first pixel, P_{11} is clocked or transferred to the adjacent pixel P_{12}. Thus with the illustrative hundred stages of TDI, the incoherent integration effectively increases exposure time by a factor of 100 thus increasing the dynamic range of the sensor and compensating for any variations in the individual pixel outputs. As is known to those skilled in the electro-optical sensor art, commercially available scanners commonly utilize a TDI type principle to achieve these desirable features.

Referring now to FIG. 8, there is shown a logic block diagram of the applicants' improved airborne digital panoramic system and method. As illustrated in FIG. 8 applicants'

improved system and method includes four major components: an electro-optical sensor 80 which as shown generates a bowtie photo frame approximately 1700 feet long and 10,000 feet wide at an aircraft altitude of 5000 feet (above ground length AGL), a data handling unit 82 which calibrates the electro-optical sensor and digitizes, compresses and stores the video data in a high speed buffer memory, a controller unit 84 which includes a computer to control the overall calibration and operation of the system and real time archive unit 86.

The data handling requirements for applicants' improved airborne direct digital panoramic camera and method are quite high. The output of the camera is more than 450 megapixels per second. Utilizing a ten-bit analog-to-digital converter, as will hereinafter be described, the data rate increases to over 550 megabytes per second. To put this number into perspective, a single page of printed text is in the order of 10,000 characters or bytes of data. Applicants' improved camera thus can be viewed as creating the equivalent of over 40,000 pages of printed text every second. Applicants challenge in designing their improved airborne digital panoramic camera and method was to deal with this very high data rate in a cost effective, commercially competitive manner which meant that the data rate had to be substantially reduced through the system in order to be compatible with current commercially available recorders having up to 32 megabytes per second inputs, as will hereinafter be more fully described in connection with FIG. 11. Applicants preferred system embodiment employs a number of data rate reduction schemes to effectively reduce the camera data rate of over 550 megabytes per second peak to the data rate in the order of 32 megabytes per second which can be handled by current state-of-the-art commercially available data recorders. The first major data reduction process involves utilization of the camera's duty cycle. Although each frame of data is taken in about 0.75 seconds, pictures normally will not be taken any more often than every 2 seconds. Thus by employing applicants' leveling buffer, the graphic data after being digitized is stored in the buffer at the 0.75 second rate and read out every 2 seconds thus yielding a 2.85:1 reduction in the data rate. The next step to achieve reduced data rates is to employ data compression techniques. As is known to those skilled in the data handling arts, there are a number of commercially available compression circuits for digital signals. For example, the Joint Photographic Experts Group (JPEG) compression circuits are available which yield compression ratios in the order of 5:1 in the data rate. Thus data compression would yield in the case of applicants' preferred design that there would be 2 bits per pixel after compression as opposed to the original 10 bits per pixel. An additional reduction in the data rate is accomplished by utilizing a process of calibrating the individual pixels. As will hereinafter be described, a look-up table is utilized to map the sample values from each individual pixel into a corrected value utilizing a log conversion. This is similar to the gamma correction sometimes utilized with film. As is known to those skilled in the panoramic arts, the calibration of the output of individual pixels in each line is required either during the collection of the data or in the post-collection

processing procedure. Without the individual calibration of the pixels, lines generally would appear in the imaging making the pictures very streaked or bandy. These lines would also appear as data features to the compression algorithm which would have to work very hard to keep them in the picture. Therefore by calibrating the pixels before compression, there is an additional advantage that the compression function will be more effective and further reduce the data stream rate. In the preferred embodiment of applicants' improved airborne panoramic camera, the JPEG algorithm is employed in the data compression function. A set of JPEG data compression chips are commercially available from LSI Logic, Inc. (L64735 QC-35 Discrete Cosine Transfer and L64745 QC-30 JPEG Compression). In the data reduction processes as described above, the composite reduction is in the order of 14:1 and thus the output of the data handling unit may be recorded on commercially available magnetic tape or disk. As will be hereinafter more fully described, the data handling unit comprises a data processing unit, for example of the Intel 486/66, with appropriate software programs to provide setup, maintenance and overall operation control. The two major modes of the data processing unit are (a) single frame, where a single frame of data is taken and displayed on a local monitor, and (b) operation where multiple sequential frames of data are taken continuously and stored on magnetic tape, e.g. tape unit 88 or disk 89. The real time archive unit receives digital data from the data handling unit at rates up to 32 megabytes per second. The unit, for example, TSC/STX Interface manufactured by Tri-Plex Systems, Inc. Tape and disk units 88 and 89 respectively may be of any type commercially available, for example, the Sony Dir 1000 Tape unit which employs the standard D-1 tape in which the tape cassette stores approximately 100 gigabytes of data which in applicants' improved camera would be more than 1000 frames of data or an IBM 3350 type disk unit.

Turning now to FIG. 9, there is shown a pictorial representation of a portion of an imaged ground strip 94 on which the path of flight 96 is indicated by an arrow. The sequential bowtie shaped photo frames are shown along the flight path and numbered F_1 through F_R which as hereinabove described are taken, for example, every two seconds during normal reconnaissance flight operations. As described in connection with FIGS. 1 and 8, a GPS receiver in conjunction with other normal navigation instrumentation, not shown, can give the exact latitude and longitude for the start, beginning or center of each frame in relationship to the GPS coordinate system. As is known to those skilled in the mapping and surveying arts, the U.S. National Geodetic Survey data sheets describe the location of known or fixed survey points and such data can be used to reference the aircraft data to such fixed points on the earth.

As described above in connection with FIGS. 1 and 8, the data stream out of the camera is in the order of 450 megapixels per second. The utilizing a 10-bit analog-to-digital converter magnifies the digitized data stream to more than 550 megabytes per second, which is roughly equivalent to over 40,000 pages of printed text every second. Panoramic cameras

generally have the ability to collect massive amounts of data in a relatively short time. For example, at IQ-7 the KA-55 in one hour can collect imagery data covering over 500 square miles and generate more than 87 gigabytes of imagery data. This is equivalent roughly to 87,000 three and one-half inch floppy disks. As is known to those skilled in the computer and data processing arts, inputting massive amounts of data into a computer system is a time-consuming and basically inefficient process. In addition, the massive data stream of applicants' improved airborne digital panoramic camera system and method is compressed using for example the JPEG chip set. As is known to those skilled in the arts, in order to utilize compressed data it must be decompressed, that is in effect run through the decompress chip set or similar software routine to restore its original noncompressed state. Since the information from applicants' improved airborne digital camera and system will go in the ordinary course to multiple users, it is desirable that convenient data address systems be developed to permit the user to access the exact portion of the data which is relevant to their particular current needs.

As will be fully explained hereinafter in connection with FIGS. 11 and 17, knowing where the sensor arm is pointing in terms of exact latitude and longitude coordinates is important in accordance with another aspect of applicants' invention, basically by using the differential GPS data to pinpoint the exact position of the aircraft GPS antenna to ± 1 centimeter. This can be utilized to correct errors and to simplify addressing specific portions of the imagery data.

Referring now to FIG. 10, there is shown a pictorial representation of the rows and columns which make up a picture width and length respectively. As hereinabove described, each of the eight row segments, row 1, row 2 . . . row 8, includes the data from 64,000 pixels divided into eight 8 by 1000 sub-blocks. Each picture has up to 4000 rows and therefore 32,000 sub-blocks, 100 are illustrated in FIG.10. It would be possible to address the image digital data segments 100 by a standard row column address scheme as is well known to those skilled in the computer memory arts. However in applicants' improved airborne panoramic camera and system, it is possible to address a sub-block 100 by its geo-reference, i.e. the latitude and longitude coordinates determined at the beginning, edge or center of a frame. As will hereinafter be described in detail in connection with FIGS. 11 and 16, geo-reference of sub-blocks of data by latitude-longitude coordinate data will permit the user of applicants' camera and method to access, decompress and load into the computer system only those sub-blocks as small as 8000 pixel bytes, desired and then expand from there rather than loading an entire data base and accessing it in a more conventional and less efficient manner.

Thus in accordance with another aspect of applicants' invention, the sub-blocks 100 may be individually addressed in the compressed data by specifying the latitude-longitude

coordinate data at the beginning of the frame and designating which of the eight sub-blocks are of interest.

Referring now to FIG. 11, there is shown an overall logic block diagram of applicants' improved airborne digital panoramic system and method. The electro-optical sensor 80, as hereinabove described, is a four inch electro-optical line sensor with a 13 micron pixel size and 96 stage time domain integration. The analog signal from the electro-optical sensor 80 is pretreated in parallel channels from the sensor to amplifier 110 where the analog signals are amplified and subjected to a correlated double sampling. The correlated double sampling requires two sample-and-hold circuits and a subtracting amplifier, not shown, which is available as an integrated circuit from Kodak as product number KASP-120. During each clock period, one of the sample-and-hold circuits is loaded with the "noisy zero" value of the line array, while the other sample-and-hold circuit is loaded with the pixel value plus "noisy zero." Through analog subtraction the "noisy zero" value which represents the most significant noise source in the CCD array output signal is eliminated. The resulting signal is then amplified and fed to a standard analog-to-digital converter 112 such as Analog Devices product number AD 773. The output of the A/D converter, which may be of any of the well-known commercially available types capable of operating at clock rate of 15 megahertz, is fed to the pixel calibration unit and log function unit 114. The pixel calibration unit 114 comprises a lookup table which maps the sample values for each pixel into a corrected or normalized value. FIGS. 14A and B illustrate a pixel calibration curve where 116 is the desired linear relationship between light intensity expressed in lumens and the amplitude of the pixel analog signal. The actual output curve for each pixel is designated 118 with the crosshatched area representing the differential plus or minus deviation from the linear desired relationship. This data is developed using a standard light source and measuring the signal output amplitude of each pixel. FIG. 14B shows the output of the calibration log unit in a digital eight-bit value with the desired linear relationship being indicated in a curve 120 and the dynamic response indicated as 122. After each pixel in the electro-optical array has been statically calibrated, the values and log function are loaded into the pixel calibration unit which in turn provides data for the calibration unit 114. As will hereinafter be more fully explained, the static pixel calibration table can be modified in flight, preferably with the input of picture data taken during the flight so that the pixel calibration unit can be dynamically altered to correspond to the actual mission conditions.

The output of the A/D converter 112 is at a data rate of 3.28 gigabits per second and with the 10:8 log function conversion table 114, the output of the pixel calibration unit is at a data rate of 2.624 gigabits per second which is inputted into the dual port memory 126. The first major data rate reduction occurs by taking advantage of the camera's duty cycle with each frame of data being taken in about 0.75 seconds with pictures being taken on the order of every 2 seconds. By using a leveling dual port memory which may comprise any

semiconductor memory system having dual, separately clocked input and output ports, data are stored in a buffer at the 0.75 second rate and read out at the 2 second rate, thereby yielding a 2.85:1 reduction in data rate. Operation of the dual port leveling memory is shown in FIG. 13 with the data read in occurring at t_0, i.e. the beginning of the initial 2-minute interval. The subsequent frame data is read in 1.25 sec. later at t_1 and the initial data is read out at t_2 which is 2 min. after it was read in to the leveling memory 126. The output of the dual port memory 126 is inputted into the JPEG compression circuit 128. There are a number of commercially available data compression chip sets which could be employed in applicants' improved airborne digital panoramic camera, however in the preferred embodiment applicants employ the JPEG chip set of integrated circuits from LSI Logic Inc. The LSI Logic integrated circuit chip set was selected because of its very high implementation speed and high image quality with respect to compression ratio. The output of the JPEG compression circuit 128 is fed to memory control unit 130. With the 5:1 reduction in the data rate out of the JPEG compression circuit, the input to the memory control unit is at a rate of 123 megabytes per second. The memory control unit takes the compressed data and formats it for the output devices. In the preferred embodiment, memory control unit 130 comprises an 8-bit ECL interface to the TRI-Plex interface. The output of the memory control unit may be selectively directed to tape storage unit 132 or transmitter modem 134. The function of the memory control unit is to record all camera data on removable memory without adversely affecting the mission planning, e.g. record in real time. To accomplish this, the key parameters are the maximum data rate and data storage capacity of the memory control unit 130 and tape storage units 132. A number of tape storage units are compatible with the peak and average data rates encountered in applicants' improved airborne digital panoramic camera system and method. For a typical mission taking pictures every 4 seconds and where 10% of the mission time is taken in executing turns, the peak data rate of 32 megabytes per second would equate to an average mission data rate of 14.4 megabytes per second. One such commercially available high speed tape storage unit is available from General Electric in its family of high performance 19 millimeter Rotary Digital Recorders which include both ground and airborne units. Alternatively, the data from applicants' improved airborne panoramic camera may be directed from the memory control unit 130 to a transmitter modem 134. Several design options are available for transmitting the video data via antenna 136 to a ground station, not shown. For example, the data representing a single frame or a few frames of data could be segregated in the memory control unit 130 and, for example, reduced from the order of 64 megabytes to the order of 2 megabytes of data. This compressed data stream file could then be transmitted over a standard 54 kilobaud transmitter in the order of 6 minutes which is consistent with worldwide low-cost satellite communications systems.

In accordance with another aspect of applicants' invention, data from global position system satellites 14 (FIGS. 1 and 8) is utilized to compensate for panoramic or pointing errors in the imagery data which result from the sensor arm 16 (FIG. 3) not being normal to the ground due to motion of the aircraft 10. As shown in FIG. 11, a GPS Receiver and Calibration unit 129 receives signals from a plurality of global position system satellites 14. Antenna 131 is mounted on plane 10 and thus through the GPS Receiver 129 computes the latitude-longitude coordinates of the GPS antenna 131, and thus the exact position coordinates of the pixel array can be calculated. As hereinafter will be described in connection with FIG. 17, the dynamic calibration apparatus and method may comprise a plurality of airborne GPS receivers in combination with an inertial guidance system to accurately determine the attitude of the sensor arm relative to motion induced by roll, pitch or yaw movements. The dynamic calibration setup table data is calculated using mission setup data from the sensor 80, and static pixel calibration data is utilized to update the Pixel Calibration Unit 114 during mission setup procedures.

Referring now to FIG. 12, there is shown a logic flow diagram of applicants' improved digital panoramic camera and method. Before operation is initiated by a frame start command, initial camera calibration and test maintenance and setup procedures, not shown, are accomplished. In the camera calibration process various lookup tables are loaded with appropriate values in accordance with the mission data, e.g. anticipated altitude, velocity and overlap parameters. In normal operation of the camera the pixel calibration lookup table function would be loaded with static conditions data which are generated under ideal or laboratory test conditions. To provide better imagery data the pixel calibration lookup table function may be calibrated for each particular flight or mission by generating dynamic pixel calibration data from the camera at the initiation of the flight. The dynamic pixel calibration data would then be compared with the static pixel data and a modified lookup table would be generated which would better define the actual flight conditions.

During the setup procedure, the normal functions of various elements of the camera system would be tested to ensure proper operation. In the picture-taking mode the next step is to execute the fixed scan, as hereinabove described for the whisk broom type across flight line camera involves a sweep from starboard to port in approximately 0.75 seconds thereby transferring an image through the optical train to the electro-optical CCD sensor. The data output of the camera is in the order of 450 megapixels per second and as hereinabove described in connection with FIG. 4, the sensor head provides 32 parallel channels for the four line arrays with each having eight output ports. Imagery data is read from the electro-optical scanner in a burst mode with CCD line array having a plurality of parallel output sections and each section having four A/D converters, each sampling in a 14.28 mega-sample per second data rate with ten data bits of resolution. The analog signals are converted to digital signals through appropriate A/D converter circuits. The next step in the

imagery data handling process is to calibrate the output signal from the individual pixel elements. For each CCD sensor output (there are 8096 pixels per array) as shown in FIG. 4, a conversion table is created which maps the 10-bit output from the A/D converter to a 8 bit output which is suitable for compression. This also reduces the data rate by 1.25:1. In addition as shown in FIGS. 14 A and B the output of each pixel element is calibrated by creating a lookup conversion table data which depending upon the light intensity and the output of each individual pixel in terms of voltage is calibrated in the dynamic output. As hereinabove described, the ideal operation involves the generation of a dynamic pixel calibration table data which would reflect the actual mission conditions and that dynamic data is used to modify the static calibration data table.

As hereinabove described, the calibration of the pixels is desirable prior to the data compression process in order to eliminate lines or streaks which may appear in the image data making them almost unusable and further complicating the compression algorithms which would treat such lines as picture data. Therefore by calibrating pixels before compression, additional advantages are gained in that the compression is less costly and more effective.

A major data rate reduction occurs by taking advantage of the camera's duty cycle. Although each frame of data is taken in about 0.75 seconds, pictures will be taken generally no faster than every 2 seconds. Thus by storing data in a buffer memory at the 0.75 second rate and reading it out at the 2 second rate yields a substantial 2.85:1 reduction in data rate.

The next step in the imagery data handling process is to compress the digitized data. There are a number of commercially available compression circuits, for example the National Imagery Transmission Format Standard (NITFS) or the JPEG which are commercially available as data compression chip sets. In the preferred embodiment, after compression it is anticipated that there will be two bits per pixel as opposed to the original ten bits per pixel thus yielding a 5:1 reduction in data rate which when combined with the other reductions, reduces the imagery data rate by a factor of more than 14:1.

The next step is to record the digital imagery data on appropriate magnetic recorders or similar memory devices. With the substantial data rate reductions described above, there are a number of magnetic recording systems capable of handling the imagery data, which as hereinabove described is at a peak data rate of 32 mega bytes/second.

During initial setup, the frame start command triggers the calculation by the global position system receiver, not shown, in the aircraft which calculates the latitude/longitude coordinates at the time the frame start command is issued. The next step in the process is to record the latitude/longitude coordinate data for each frame start command pulse which can then be utilized to coordinate or address the storing of the data for each frame. As hereinabove described latitude/longitude coordinate data facilitates or permits the location of the frame and subframe data when stored. As shown, this latitude/longitude address data can

be recorded with the recorded data imagery so that it is tracked and easily accessible in that manner. For high quality images, as hereinabove described, it is necessary to ensure that the electro-optical sensor's position and pointing is known with respect to the surface of the earth. In order to correct and calibrate imagery data, as hereinabove described, it is desirable to monitor the three degrees of motion of the electro-optical sensor. As described in connection with FIGS. 15, 16 and 17, locating a plurality of GPS units on the aircraft and on the ground can be utilized to determine not only the exact position of the aircraft and therefore the sensor arm within the aircraft, but also the roll, pitch and yaw motions of the sensor arm due to turbulence, etc.

This motion correction data is then correlated with, for example as shown in connection with FIG. 17, the inertial guidance data to give the exact position and of the sensor arm 16 (FIG. 3). By utilizing such motion correction data and the data from the same picture taken by the seam or overlap of the four line sensors, the digitized imagery data can be compared and corrected to eliminate errors which result when the film or image plane is not kept exactly parallel to the earth's surface during picture or frame operations.

Following the correction of the imagery data to eliminate panoramic and other types of errors, the corrected digitized data may be outputted to various users, for example being accessed by the lat/lon coordinates which were recorded with the digital data at the start of each frame.

Referring now to FIG. 15 there is shown a logic block diagram of a dynamic calibration system in accordance with another aspect of applicants' invention. As hereinabove described, a static calibration table 140 is created by measuring the voltage out of each pixel for a controlled level of illumination as illustrated in FIGS. 14A and 14B. This calibration table data is utilized in correcting output variations between the individual pixel elements. In addition to the static calibration, for improved results it is desirable to incorporate dynamic calibration during an actual mission flight. The dynamic calibration table 142 in effect sets the exposure or shutter speed for actual mission conditions. In accordance with the dynamic calibration feature of applicants' improved camera, the initial step is to take a picture as the mission flight begins. The camera data along with the static calibration table data 140 are fed as inputs to the mission setup data controller 144. The mission data controller 144 calculates the DC offsets and gains for the new picture element data and compares it to the static calibration table data and feeds the output to a new dynamic calibration table unit 142. By recalculating the lookup table values and comparing them with the static calibration table in the comparator circuit 146, the appropriate offsets for the actual mission conditions are integrated into and reloaded into the static calibration table 140 which then would be utilized as hereinabove described in connection with FIG. 11. The static calibration table 140 and the dynamic calibration table 142 may comprise semiconductor or disk memory devices, for example MT5C1005DJ manufactured by Micron

Technologies which include a separate memory location for each of the individual pixel elements. The mission data controller 144 comprises a processing unit, for example an Intel 486, which accepts the input data stream from the static calibration table 140 and the camera data taken from the calibration picture data and pairs them and loads the difference into the dynamic calibration table 142. The comparator circuit which, for example may comprise a comparator algorithm or an adder circuit of any known type, compares the input from the static calibration table and the dynamic calibration table for each pixel, and the difference being the variation of the dynamic calibration table 142 from the static calibration table values is reloaded into the static calibration table 140 for that flight.

One of the principal problems with airborne panoramic cameras is the assumption that the camera pointing angle is fixed with respect to the ground. For any variation in the camera position relative to the normal position to the ground results in pointing errors. Referring now to FIG. 16, there is shown a graphic plot of the amplitude of variations which occur in normal flight as a function of time. The amplitude variations may be due to the roll, pitch or yaw type movements of the aircraft about the three axis as the plane is in flight due to variations in wind and general air turbulence. As illustrated in FIG. 16, the amplitude variations as a function of time may vary from -10 to +10 units. The graph illustrates several points 150 which represent the instantaneous variation at a point in time due to such variations in upper air turbulence. A similar graph would be made with regard to each of the major axis of the plane and would be indicative of the amplitude of the motion variations due to either roll, pitch or yaw movements of the aircraft about its normal line of flight.

Referring now to FIG. 17, there is shown a pictorial and block diagram of an improved motion compensation circuit which can be employed to further calibrate the pixel calibration table and unit 114 to correct panoramic errors in the imagery data. In the case of the airborne film-based reconnaissance systems, fixed ground points are commonly used to recalculate the film data. In accordance with applicants' improved airborne panoramic system and method, the instantaneous attitude of the aircraft at any instant in time and in reference to a known ground position enables post processing to correct pointing errors introduced by the movement of the aircraft about its normal flight path.

As shown in FIG. 17, aircraft 10 has four antennas, 150, 152, 154, and 156 which communicate with GPS satellites 14. In addition, one ground GPS unit 158 is operating simultaneously. The ground unit 158 can be in radio communication with the GPS 162 and 164 on plane 10 which thus yield real time differential correction data. The three ADF aircraft mounted receivers having antennas 152, 154 and 156 track the roll, pitch and yaw movements of the aircraft respectively. The GPS receivers on the aircraft and on the ground respectively through direct triangulation on the three or four GPS satellites 14 develop the latitude-longitude coordinates of the exact position on the aircraft antenna 150 within a few centimeters. By combining the inertial navigation system, shown schematically in block 160

which may be of the inertial platform or accelerometer type, yields a very high accuracy angular position of sensor arm 16 (FIG. 3) and when interpolated with the GPS data from antenna 150 yields position accuracy data for the GPS antenna 150 with a ± 1 cm accuracy. Thus by using the dynamic calibration system described in FIG. 17, the position of sensor arm 16 can be calculated to better than 200 micro radians. With the differential GPS processors 168 in combination with the inertial navigation system motion differential processor 170 it is possible to calculate the position of the sensor arm 16 to a fraction of a radian. Using the dynamic error correction system described in FIG. 17 it is possible to remove any significant positional errors in the imagery data allowing the data to be ortho-rectified to the earth. Thus the primary errors introduced in digital panoramic airborne cameras, that of a moving focal point, can be corrected using applicants' dynamic calibration system and method.

As hereinabove described, comparison of remotely sensed spectral response data is useful in many applications including remote multi-spectral sensing of agriculture crops. Remote multi-spectral sensing for agriculture crops is primarily concerned with determining various crop parameters by analyzing spectral data to enable farmers to detect and correct crop conditions due, for example, to disease, weed or insect infection or fertilizer or irrigation needs. As shown in FIGS. 6A and 6B, utilizing applicants' improved electro-optical sensors and system facilitates the collection of imagery data by utilizing a plurality of color filters 63, 66 or 68. As described above, applicants' improved sensor arrays 60 and 62 have a spectral response superior to film systems.

Referring now to FIG. 18 there is shown a plot of spectral bands for blue, green, red, near infrared and infrared respectively which may be generated utilizing the combination of applicants' in-line optical sensors and the color filters 63-66 shown in FIGS. 6A and 6B. As hereinabove described, the biological mass or other properties of agricultural crops can be determined for example as a function of the ratio of green-yellow or other spectral data. Such data is useful to a farmer in detecting crop conditions such as disease, weed or insect infestation thereby permitting the farmer to take appropriate actions to correct or counteract such conditions to increase the quality and quantity of production.

Referring now to FIG. 19, there is shown a diskette 190 having thereon magnetized tracks 192, 194 and 196. With reference to track 192, for example, an imagery data file 198 may be recorded as digital bits in a manner well known to those skilled in the computer arts. Along with the imagery data, related lat/ lon coordinate data may likewise be recorded on the same track in a combined address-data format or alternatively they may be related through an additional related addressing scheme. For example, as shown in FIG. 19A, by incorporating a tagging approach, related lat/lon coordinate data and the imagery data generated by that frame may be associated and recorded at predetermined addresses shown as 198 or through a scheme of look up tables well known to those skilled in the magnetic and

recording arts. But in accordance with another aspect of applicants' invention, the imagery data file associated with each frame is preferably recorded with or proximate the corresponding lat/lon data as illustrated in FIG. 19A to enable easy access to the recorded imagery data. In this manner a convenient reference to the lat/lon coordinate data recorded at the time the frame imagery data was generated greatly simplifies accessing the associated imagery data. Thus by incorporating this lat/lon data tagging approach illustrated as 198 in FIG. 19, it is possible to access specific frame imagery data without the necessity for decompressing and searching an entire voluminous data file generated during a particular operation or mission.

While applicants' invention has been described with reference to several particular illustrative embodiments, it is not to be restricted by those embodiments but only by the appended claims. Those skilled in the art will appreciate that the illustrative embodiments can be changed or modified without departing from the scope of the present invention.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. In an airborne whisk broom-type panoramic camera having an optical system for focusing a ground area to be imaged onto a focal plane, image motion compensation means for correcting aircraft motion during camera operation, a rockably mounted sensor arm for housing a lens and optical train, drive means for moving said sensor arm across the line of flight of the aircraft during camera operation, the improvement comprising:

electro-optical sensor means for converting images of said ground area to be imaged into analog electric image signals,

means for fixedly mounting said electro-optical sensor means on said sensing arm at the focal plane of the camera,

image signal processing means for digitizing said analog image signals,

data compression means for compressing said digitized image signals,

memory means for storing said compressed digitized image signals and for slowing the output data rate of said compressed digitized image signals.

2. The improved airborne panoramic camera of claim 1 wherein said electro-optical sensor means comprises a multi-port line array including a plurality of pixel elements wherein the pixel pitch is in the range of 5 to 20 microns.

3. The improved airborne panoramic camera of claim 1 wherein said electro-optical sensor means has a plurality of separate output taps.

4. The improved airborne panoramic camera of claim 1 wherein said electro-optical sensor means comprises a plurality of parallel lines of pixel elements and wherein each of said plurality of parallel lines of pixel elements has a plurality of separate output taps.

5. The improved airborne panoramic camera of claim 4 wherein at least one group of said plurality of pixel lines are arranged in a staggered, overlapping arrangement with the others of said plurality of lines of pixel elements and wherein the overlapping pixel elements generate like image signals at different time intervals during each frame operation of the camera.

6. The improved panoramic camera of claim 2 wherein said multi-port electro-optical line scanner includes a plurality of stages of time domain integration for each pixel element.

7. The improved airborne panoramic camera of claim 1 wherein said mounting means comprises means for mounting a plurality of front-side illuminated charge coupled devices comprising the electro-optical sensor means and a plurality of image signal amplifiers for amplifying said analog image signals.

8. The improved airborne panoramic camera of claim 7 wherein said plurality of image signal amplifiers includes signal conditioning means for performing a correlated double sampling process to reduce noise in the analog image signals.

9. The improved airborne panoramic camera of claim 8 wherein said signal conditioning means includes a plurality of sample-and-hold circuits and an analog subtracting amplifier for reducing noise from said analog image signals.

10. The improved airborne panoramic camera of claim 7 wherein said plurality of front-side illuminated charge couple devices are arranged in a plurality of offsetting parallel lines.

11. The improved airborne panoramic camera of claim 10 wherein one of said plurality of offset lines overlap operationally with others of said plurality of lines and thus generate like image signals at different times during each frame operation of the camera.

12. The improved airborne panoramic camera of claim 1 wherein the analog image signals have a peak data rate out of the camera in the order of 3000 to 10,000 megabits per second and wherein the maximum input data rate of said memory means is in the order of 8 to 32 to megabits per second.

13. The improved airborne panoramic camera of claim 1 additionally including leveling buffer memory means for storing digitized image signals at a first data rate and for delivering the digitized image signals at a first data and for delivering the digitized image signals from the buffer memory at a second data rate which is substantially lower than said first data rate.

14. The improved airborne panoramic camera of claim 13 wherein said first data rate is in the order of 4000 megabits per second and said second data rate is in the order of 1400 megabits per second, thus effecting a data compression ratio in the order of 3 to 1.

15. The improved airborne panoramic camera of claim 1 wherein a differential data rate between the maximum data rate out of the camera of image signal data and the maximum input data rate for the memory means is in the order of 4000 megabits per second.

16. The improved airborne panoramic camera of claim 15 wherein the camera image signal data rate is in the order of 5000 megabits per second and the input data rate of said memory means is in the order of 4000 megabits per second.

17. The improved airborne panoramic camera of claim 2 additionally including optical filter means operatively associated with said array of pixel elements.

18. The improved airborne panoramic camera of claim 4 additionally including a plurality of optical filter means operatively associated with said pixel elements.

19. The improved airborne panoramic camera of claim 18 where one set of said plurality of optical filter means have different spectral response characteristics and additionally including means for selectively positioning or activating ones of said plurality of optical filter means relative to ones of said pixel means.

20. The improved airborne panoramic camera of claim 1 additionally including global position system receiver means for determining position data for said sensor arm in terms of latitude and longitude coordinates for each picture frame operation of the camera and data addressing means for specifying or tagging digitized image signals corresponding to a particular frame as a function of the determined latitude-longitude coordinate data.

21. The improved airborne panoramic camera of claim 20, additionally including a plurality of parallel data processing path means for processing parallel segments of the digitized image signals and subframe addressing means for specifying or tagging said plurality of segments of a frame of image signals.

22. A method for generating and processing remote imagery data from an airborne digital whisk broom-type panoramic camera comprising the steps of:

generating analog image signals by exposing a multi-output port line array of pixel elements to illumination from an area to be imaged,

converting said analog image signals into digital image signals,

first reducing the output data rate of said digital image signals as a function of the frame cycle time and picture cycle time of said camera operations,

further reducing the rate of said digital image data by subjecting the digital data to a compression algorithm process, and recording the compressed digital data in a digital memory device.

23. The method of claim 22 wherein the step of first reducing comprises the steps of reading said digital image signals into a digital memory at an input data rate in the order of 4000 megabits per second and reading said stored digital image signals out from said digital memory at an output data rate in the order of 1400 megabits per second.

24. The method of claim 22 further including the steps of

generating a static calibrating data table with unique values for each pixel element, and

correcting said digital image signals as a function of said static calibrating data for each pixel element.

25. The process of claim 22 further including the steps of

generating static calibrating data with data conversion values for each pixel element,

generating dynamic calibrating data with data derived from setup picture data representative of actual mission conditions, and

correcting said digital image signals as a function of a differential between said static calibrating data and said dynamic calibrating data.

26. The method of claim 22 further including the steps of

determining the exact latitude and longitude coordinates for the location of said line array of pixel elements by triangulation calculations involving signals received from a plurality of global position system satellites, and

designating the memory storage location for digital image signals for each picture frame of camera operations as a function of the latitude-longitude coordinates data calculated at the initiation of each respective picture frame operation of the camera.

27. The method of claim 26 further including the steps of

determining the exact latitude and longitude coordinates of said pixel element array by triangulation calculations by a global position system receiver located on the airborne platform,

determining an exact position of a predetermined point on the earth by means of triangulation calculation by a global position system receiver located on the ground in the area to be imaged, and

determining the exact location of the ground sample to be imaged at the initiation of a camera photo frame operation by differential triangulation between the data from the airborne global position system receiver and the global position system receiver located on the ground in the area to be imaged.

28. The process of claim 24 including the additional steps of

determining the magnitude of any motion of the pixel element array by comparing the differential outputs of three ADF receivers fixedly mounted on the airborne platform and the output of an inertial guidance system monitoring the motion of said pixel element array, and

correcting any panoramic errors introduced into the digital image signals by any roll, pitch or yaw movements of the airborne platform or pixel element array.

29. The process of claim 28 wherein the step of correcting is within the range of 50 to 200 micro radians.

30. An improved airborne digital panoramic camera comprising:

lens means for focusing a ground area to the imaged onto a focal plane,

image motion compensation means for compensating for aircraft motion during camera operations,

a movably mounted sensor arm for housing said lens means,

drive means for moving said sensor arm during camera operation,

sensor means responsive to incident radiation through said lens means for converting images of said ground area into analog electric image signals,

means for fixedly mounting said sensor means on said sensor arm at the focal plane of the camera,

image signal processing means for digitizing said analog image signals,

data compression means for compressing said digitized image signals, and

memory means for storing said compressed digitized image signals and for slowing the output data rate of said compressed digitized image signals.

31. The improved airborne panoramic camera of claim 30 wherein said sensor means comprises a multi-port line array including a plurality of pixel elements wherein the pixel pitch is in the range of 5 to 20 microns.

32. The improved panoramic camera of claim 30 additionally including output controller processor means for controlling the input and output data rate of said memory means.

33. The improved camera of claim 30 wherein said sensor means includes a plurality of output signal taps.

34. The improved camera of claim 30 wherein said sensor means comprises a plurality of parallel line arrays and wherein at least one line array is arranged in a spaced apart overlapping arrangement with at least another one of said plurality of line arrays.

35. The improved camera of claim 33 wherein at least one of said sensor means comprises an infrared sensing element.

36. The improved camera of claim 30 additionally including a plurality of color filter means for filtering portions of the spectrum of incident radiation passing through said lens means.

37. The improved camera of claim 30 wherein said memory means includes means for storing said digitized image signals at a first data rate and for delivering said digitized image signals from said memory at a second data rate which is substantially lower than said first data rate.

38. The method of claim 22 additionally including the steps of

generating latitude/longitude coordinate data associated with each frame of camera operation, and

accessing a portion of said compressed digital data stored in said digital memory by referencing said latitude/longitude coordinate data for a specific frame included in said portion of compressed data.

39. The method of claim 38 wherein the step of accessing includes the step of determining the latitude/ longitude data for the center of a frame included within said portion of said compressed data.

40. The improved panoramic camera of claim 1 additionally including means for generating latitude/ longitude data associated with each frame of camera operation, and

means for tagging each portion of said compressed digital data associated with each frame of camera operation with its associated latitude/longitude data.

41. The method of claim 22 wherein the step of generating analog image signals includes the step of converting image-wise radiation into analog image signals utilizing a plurality of parallel, offset sensor arrays to generate gap image data signals, and additionally including the step of correcting errors in said digital image signals as a function of said gap image data.

42. The improved panoramic camera of claim 1 wherein said sensor means comprises a plurality of parallel lines of sensor elements arrayed in a staggered, overlapping arrangement, and additionally including means for correcting errors in said digital image signals as a function of data from said overlapping, offset sensor elements.

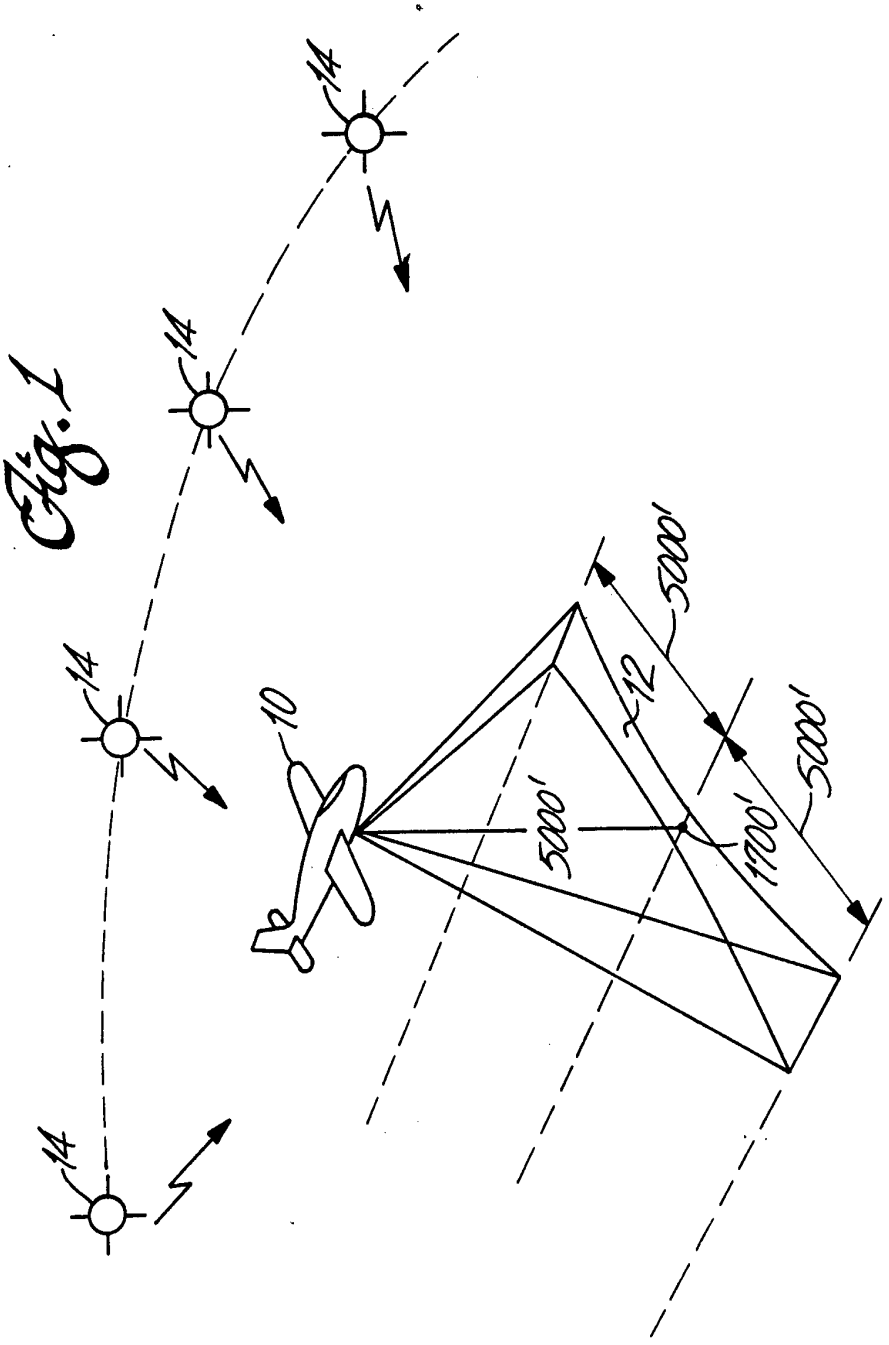


Fig. 1

Fig. 2

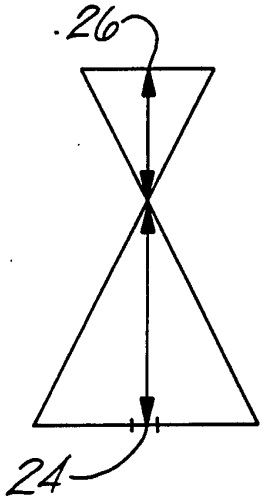


Fig. 3

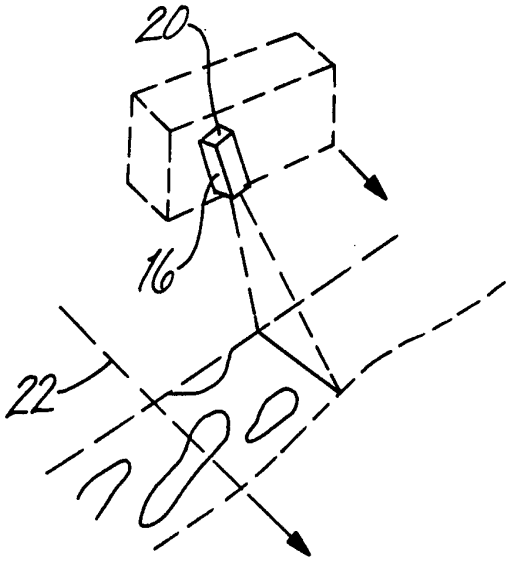


Fig. 4

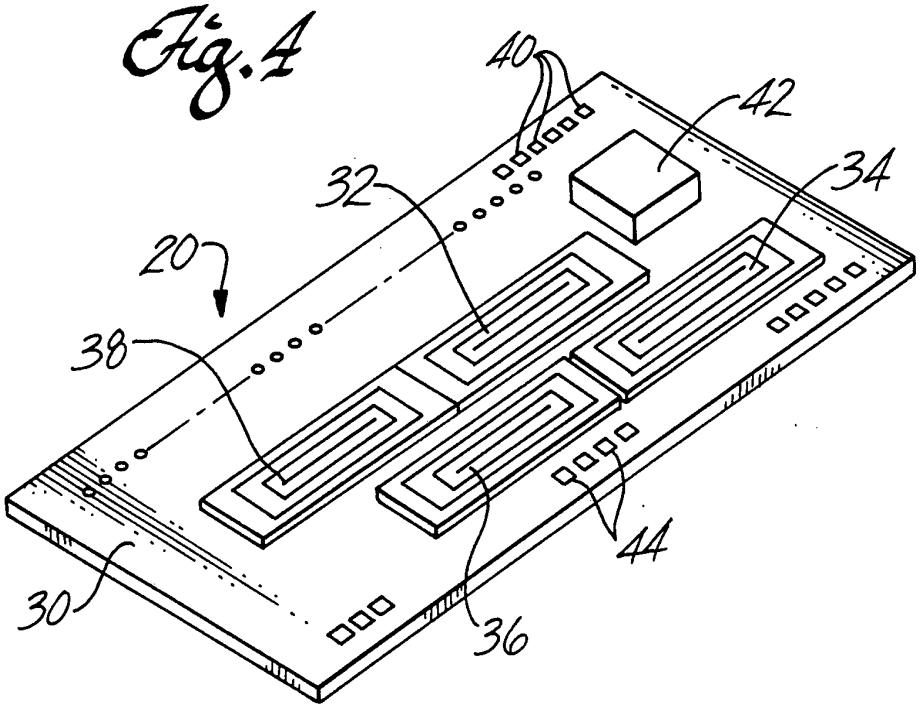


FIG.5

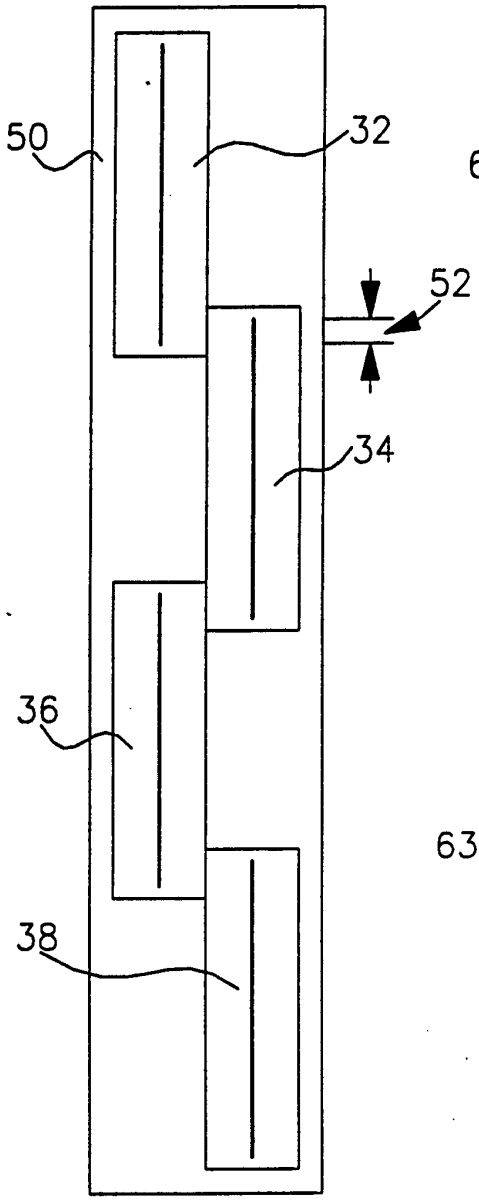


FIG.6A

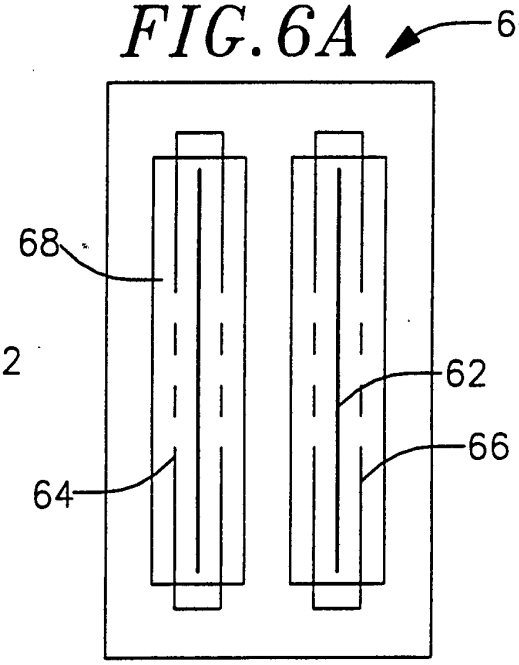


FIG.6B

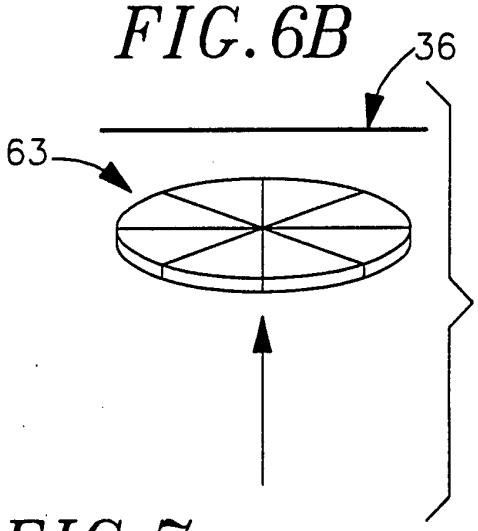


FIG.7

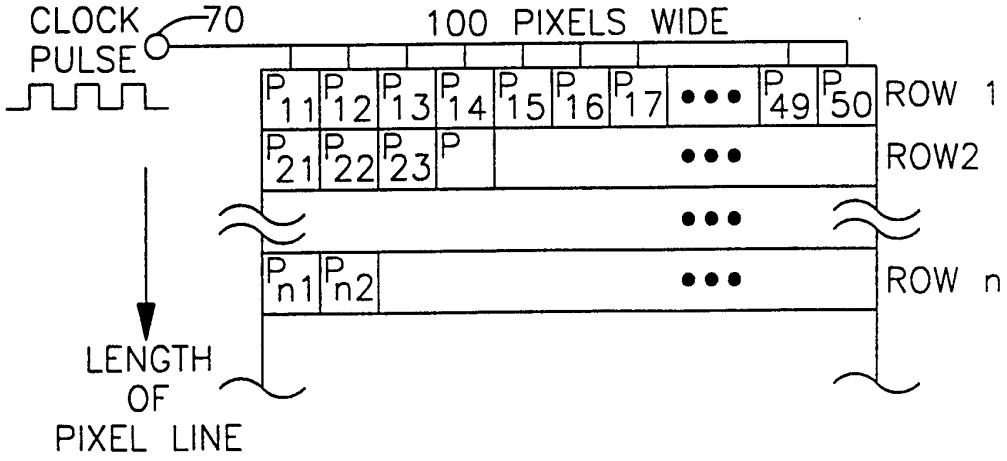


FIG.8

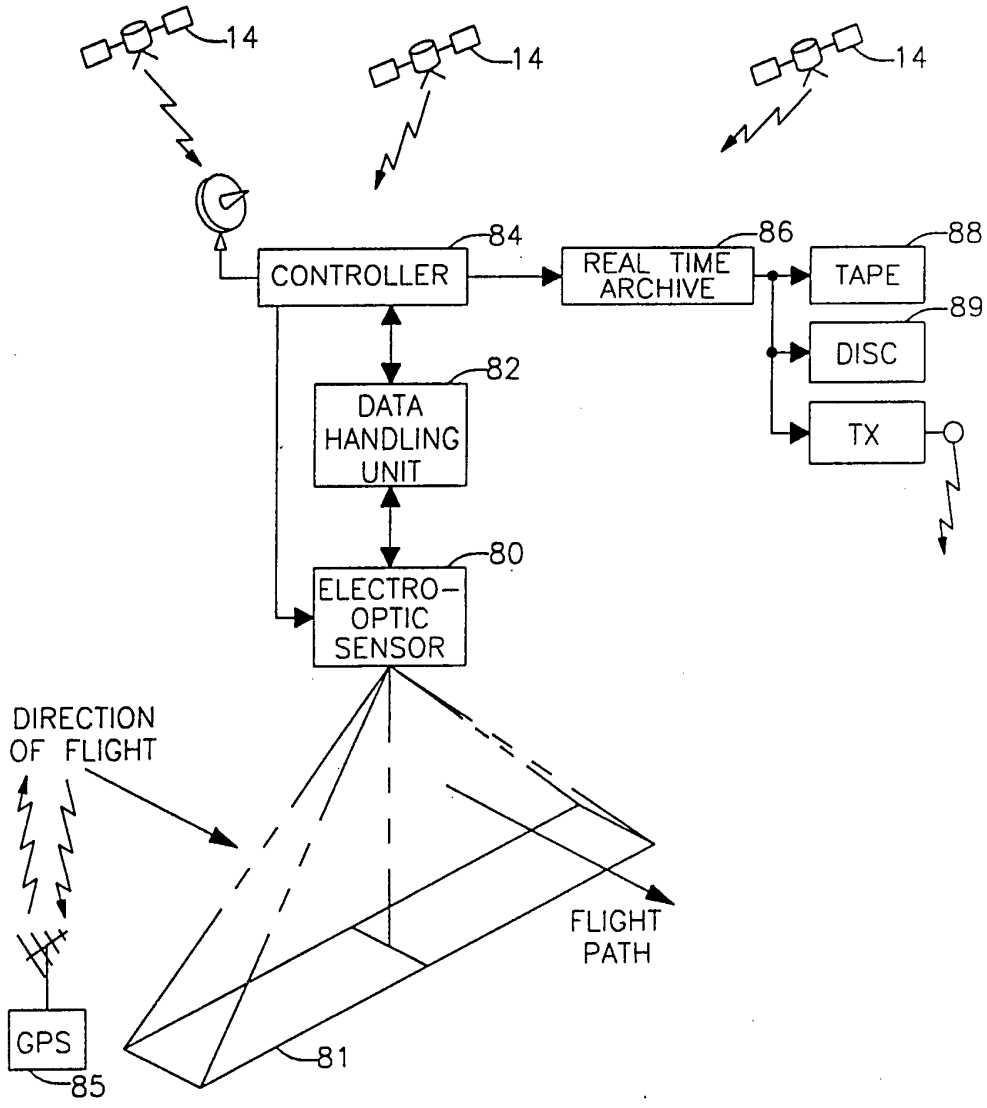

14
14
14
84
CONTROLLER
86
REAL TIME ARCHIVE
88
TAPE
89
DISC
TX
82
DATA HANDLING UNIT
80
ELECTRO-OPTIC SENSOR
DIRECTION OF FLIGHT
FLIGHT PATH
GPS
85
81

FIG. 9

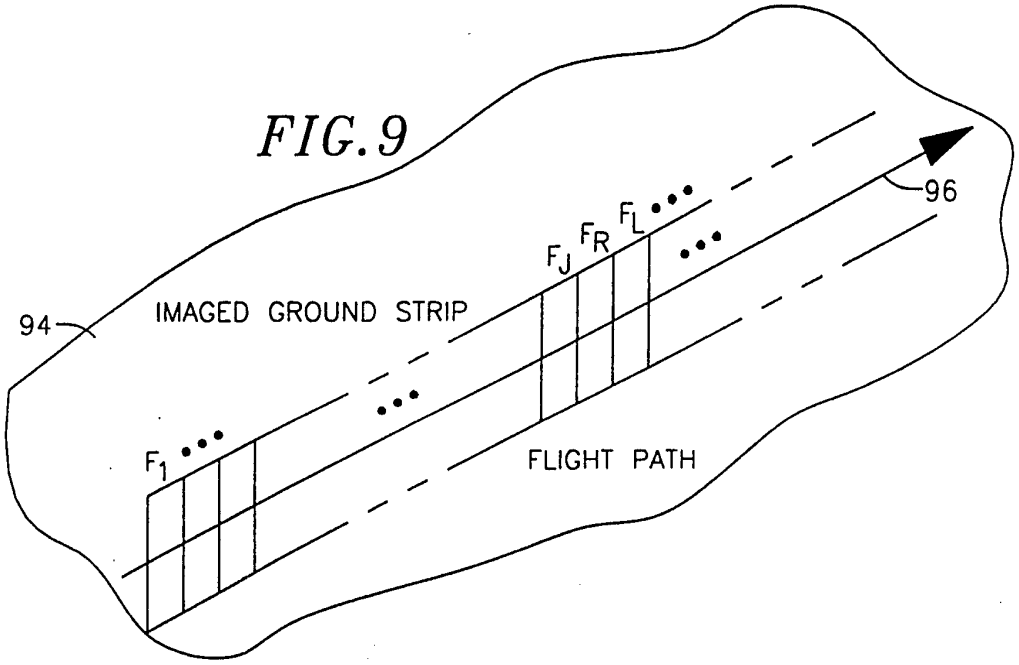

94
IMAGED GROUND STRIP
96
F_1
F_J
F_R
F_L
FLIGHT PATH

FIG. 10

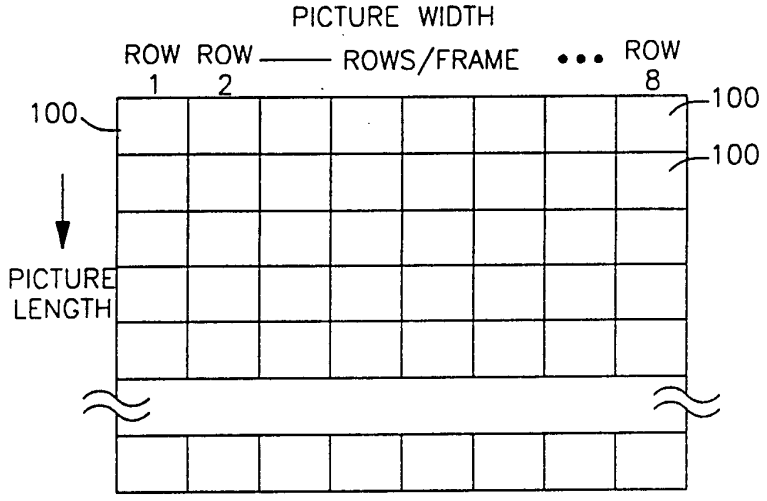

PICTURE WIDTH
ROW 1
ROW 2
ROWS/FRAME
ROW 8
100
100
100
PICTURE LENGTH

FIG. 11

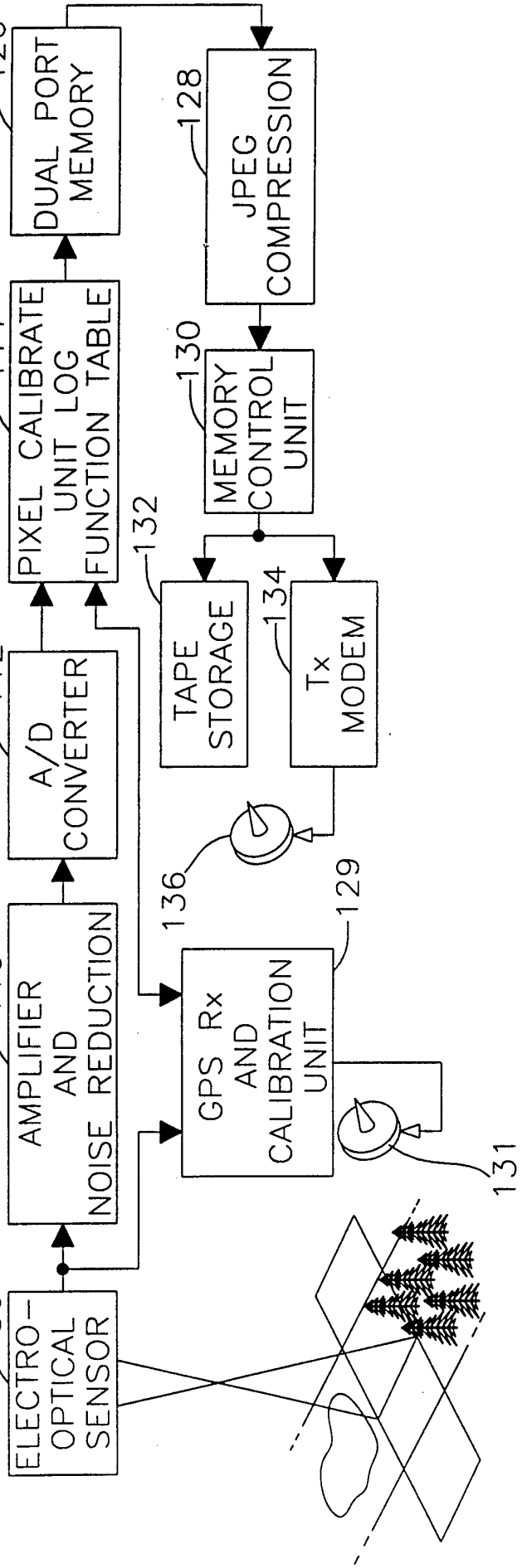

80
ELECTRO-OPTICAL SENSOR
110
AMPLIFIER AND NOISE REDUCTION
112
A/D CONVERTER
114
PIXEL CALIBRATE UNIT LOG FUNCTION TABLE
126
DUAL PORT MEMORY
128
JPEG COMPRESSION
130
MEMORY CONTROL UNIT
132
TAPE STORAGE
134
Tx MODEM
136
129
GPS Rx AND CALIBRATION UNIT
131

FIG. 12

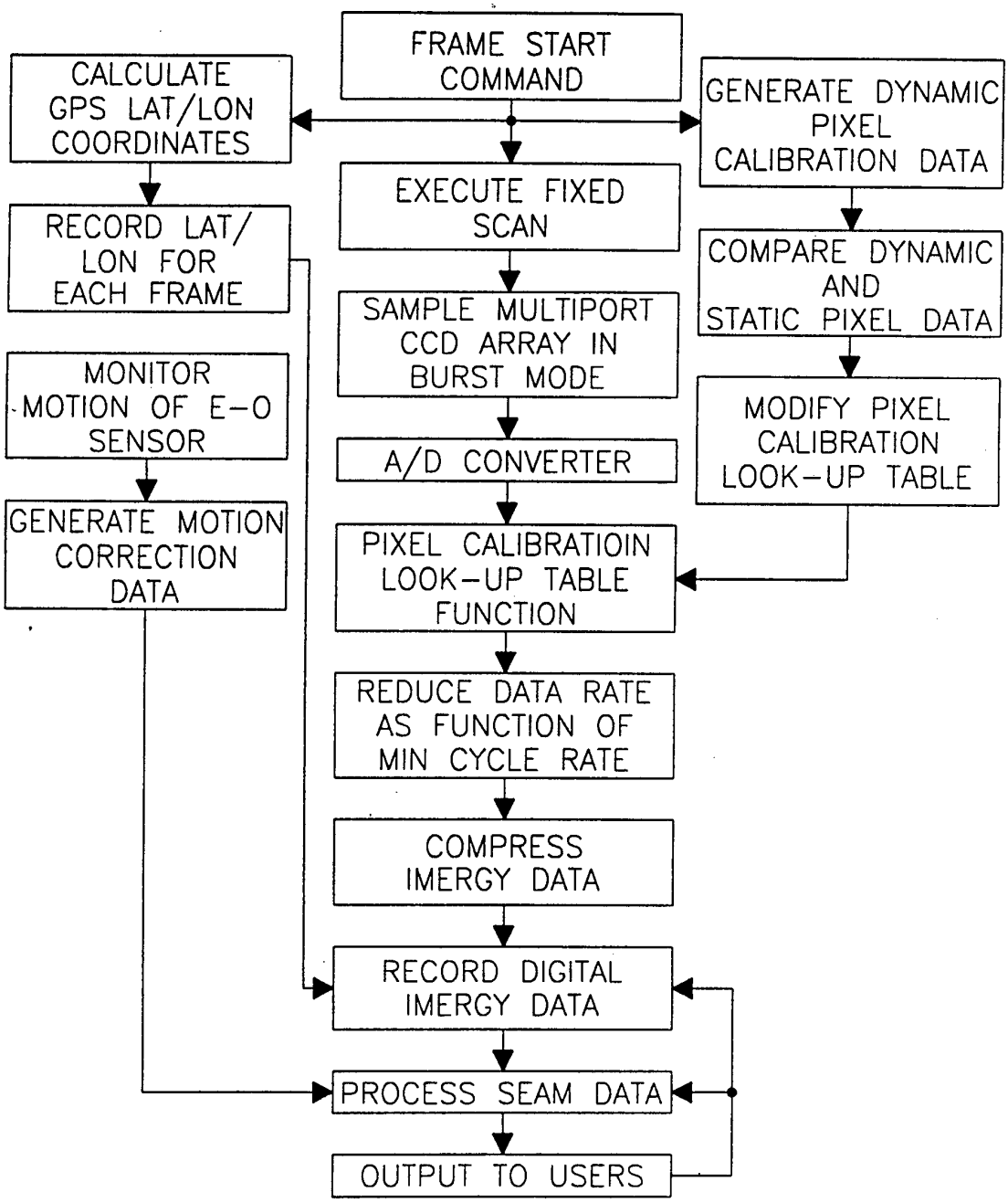

FRAME START COMMAND
CALCULATE GPS LAT/LON COORDINATES
GENERATE DYNAMIC PIXEL CALIBRATION DATA
EXECUTE FIXED SCAN
RECORD LAT/ LON FOR EACH FRAME
COMPARE DYNAMIC AND STATIC PIXEL DATA
SAMPLE MULTIPORT CCD ARRAY IN BURST MODE
MONITOR MOTION OF E-O SENSOR
MODIFY PIXEL CALIBRATION LOOK-UP TABLE
A/D CONVERTER
GENERATE MOTION CORRECTION DATA
PIXEL CALIBRATIOIN LOOK-UP TABLE FUNCTION
REDUCE DATA RATE AS FUNCTION OF MIN CYCLE RATE
COMPRESS IMERGY DATA
RECORD DIGITAL IMERGY DATA
PROCESS SEAM DATA
OUTPUT TO USERS

FIG. 13

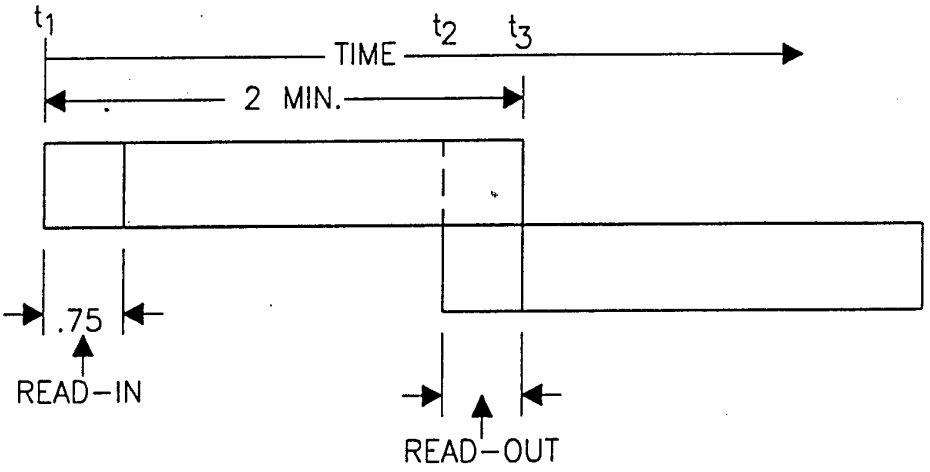


FIG. 14A

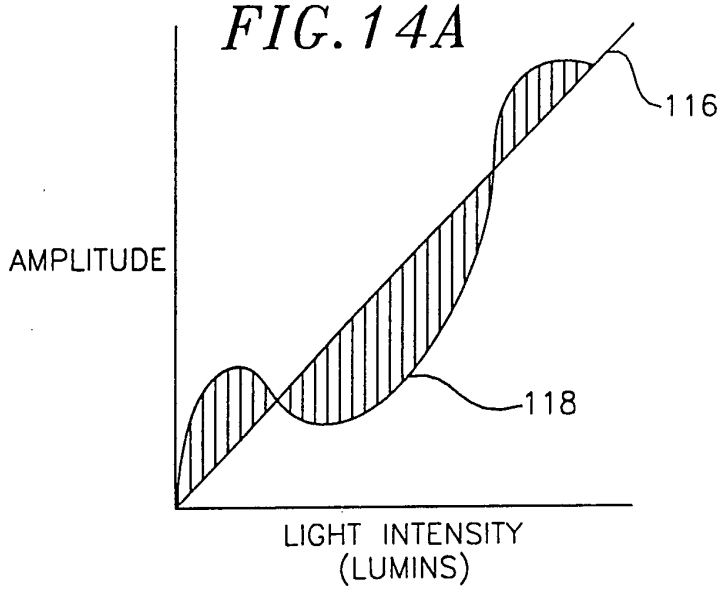


FIG. 14B

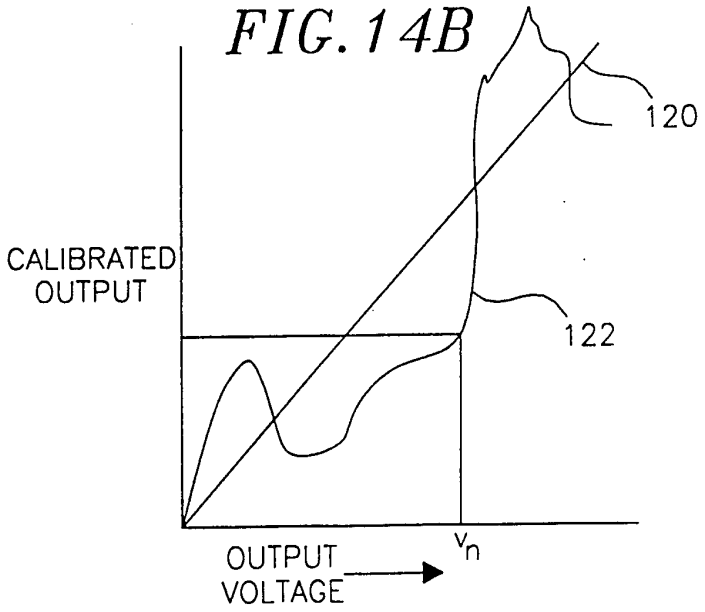


FIG. 15

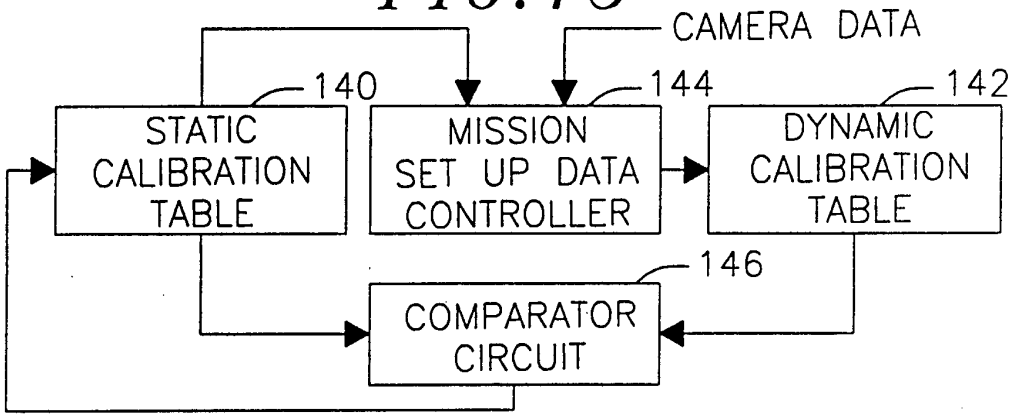

CAMERA DATA
140
144
142
STATIC CALIBRATION TABLE
MISSION SET UP DATA CONTROLLER
DYNAMIC CALIBRATION TABLE
146
COMPARATOR CIRCUIT

FIG. 16

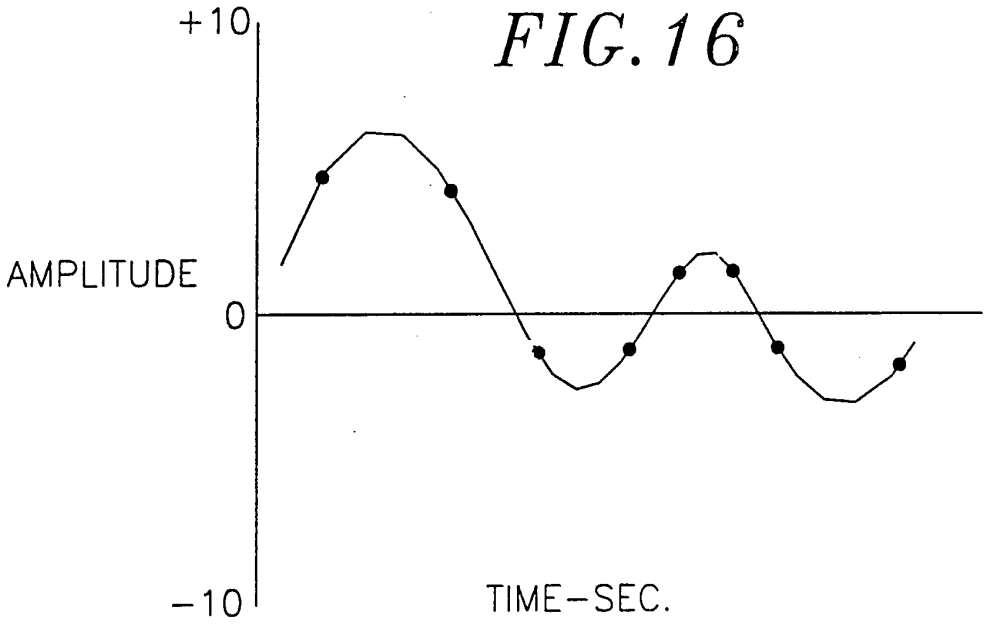

+10
AMPLITUDE
0
-10
TIME-SEC.

FIG. 17

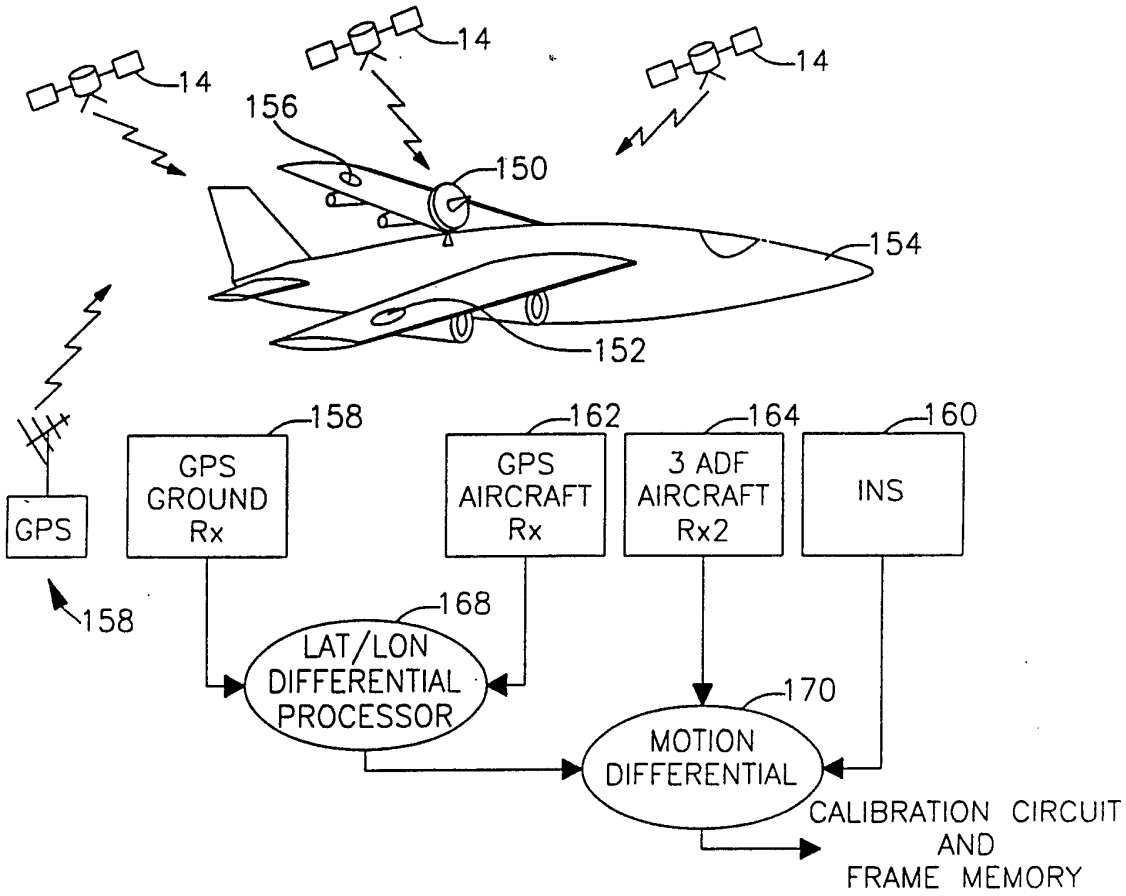

14
14
14
156
150
154
152
158
GPS
GPS GROUND Rx
158
162
GPS AIRCRAFT Rx
164
3 ADF AIRCRAFT Rx2
160
INS
168
LAT/LON DIFFERENTIAL PROCESSOR
170
MOTION DIFFERENTIAL
CALIBRATION CIRCUIT AND FRAME MEMORY

FIG. 18

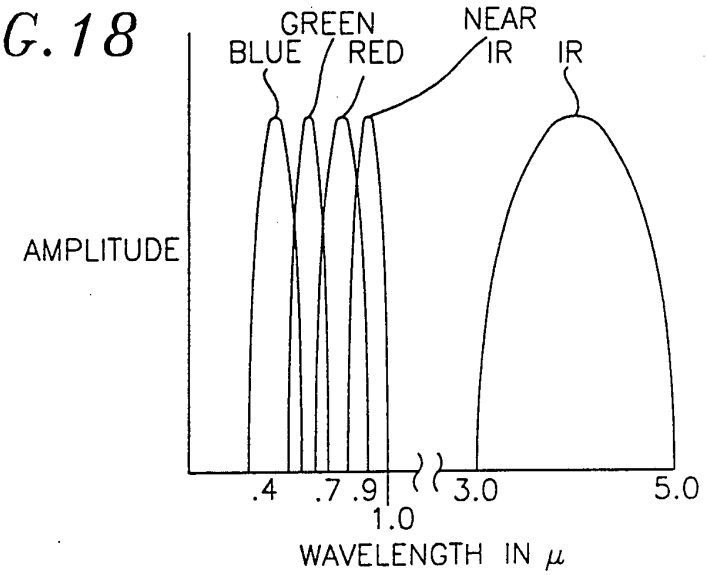

BLUE
GREEN
RED
NEAR IR
IR
AMPLITUDE
.4
.7
.9
1.0
3.0
5.0
WAVELENGTH IN μ

FIG. 19

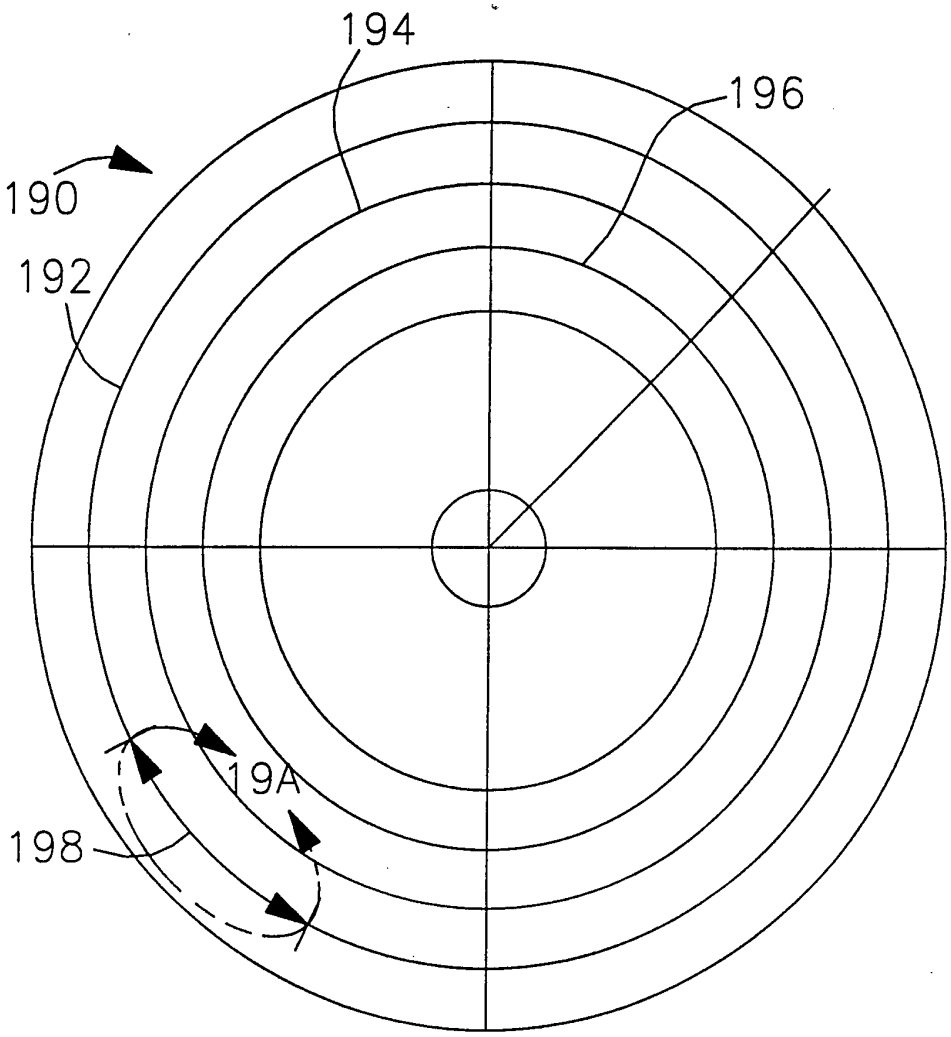
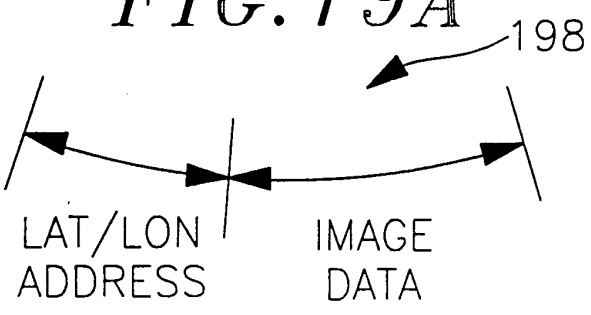


FIG. 19A



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US96/06771

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) :H04N 7/18
US CL :348/144

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 348/144, 61,106, 113, 116, 117, 135, 145; 364/449; 395/127

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y,P	US, A, 5,481,479 (WIGHT ET AL) 02 JANUARY 1996, FIG. 7.	1-42
Y	US, A, 5,166,789 (MYRICK) 24 NOVEMBER 1992, FIG. 1.	1-42
Y	US, A, 4,829,304 (BAIRD) 09 MAY 1989, FIG. 1.	1-42
A	US, A, 5,414,462 (VEATCH) 09 MAY 1995, FIG. 3.	1-42
A	US, A, 5,381,338 (WYSOCKI ET AL) 10 JANUARY 1995, FIG. 1.	1-42
A	US, A, 5,353,055 (HIRAMATSU) 04 OCTOBER 1994, FIG. 5.	1-42

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [ ] See patent family annex.

*	Special categories of cited documents:	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E"	earlier document published on or after the international filing date	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&"	document member of the same patent family
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search 12 JUNE 1996	Date of mailing of the international search report 09 JUL 1996
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230	Authorized officer TOMMY CHIN Telephone No. (703) 305-4715

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US96/06771

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 5,267,042 (TSUCHIYA ET AL) 30 NOVEMBER 1993, FIG. 6.	1-42
A	US, A, 5,247,356 (CIAMPA) 21 SEPTEMBER 1993, FIG. 1.	1-42
A	US, A, 5,248,979 (ORME ET AL) 28 SEPTEMBER 1993, FIG. 4.	1-42
A	US, A, 5,204,818 (LANDECKER ET AL) 20 APRIL 1993, FIG. 1.	1-42
A	US, A, 4,814,711 (OLSEN ET AL) 21 MARCH 1989, FIG. 1.	1-42
A	US, A, 4,682,160 (BECKWITH, JR ET AL) 21 JULY 1987, FIG. 10.	1-42
A	US, A, 3,660,594 (MARSH) 02 MAY 1972, FIG. 1.	1-42

European Patent Office

0829168

Application Number
EP 96 91 5741

SUPPLEMENTARY EUROPEAN SEARCH REPORT

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.6)
A	WO 92 10059 A (RECON OPTICAL INC) 11 June 1992 (1992-06-11) * the whole document * -----	1,7	H04N7/18

TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.6)

H04N
G01C
G01V

The supplementary search report has been based on the last set of claims valid and available at the start of the search.

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
THE HAGUE	16 July 1999	Fuchs, P

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

EPO FORM 1503 03.82 (P04C04)

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO. EP 96 91 5741

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

16-07-1999

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9210059 A	11-06-1992	US 5155597 A	13-10-1992
		CA 2097179 A,C	29-05-1992
		DE 69121417 D	19-09-1996
		DE 69121417 T	09-01-1997
		EP 0559764 A	15-09-1993
		IL 100106 A	15-03-1995
		SG 44900 A	19-12-1997

In the Claims:

Cancel claims 3, 4, 6-12, 14-17, 19, 21, 23, 27, 29-32, 34, 39, and 40.

1. (Amended) In **[an]** a direct digital airborne whisk broom-type panoramic camera having an optical system for focusing a ground area to be imaged onto a focal plane, image motion compensation means for correcting aircraft motion during camera operation, a rockably mounted sensor arm for housing a lens and optical train, drive means for moving said sensor arm across the line of flight of the aircraft during camera operation, the improvement comprising:

electro-optical multi-port line array sensor means for converting images of said ground area to be imaged into analog electric image signals having an initial image data rate in the order of at least 100 million pixel signals per second.

means for fixedly mounting said electro-optical sensor means on said sensing arm at the focal plane of the camera,

image signal processing means for digitizing said analog image signals,

data compression means for compressing said digitized image signals, and memory means for storing said compressed digitized image signals **[and for slowing the output data rate of said compressed digitized image signals.]** whereby the overall image data rate is substantially reduced before storage.

2. (Amended) The improved airborne panoramic camera of claim 1 wherein said electro-optical multi-port line array sensor means comprises **[a multi-port line array including]** a plurality of pixel elements wherein the pixel pitch is in the range of 5 to 20 microns and additionally including buffer memory means for temporarily storing said digitized image signals and for slowing said data rate as a function of a frame duty cycle rate of said camera.

3. (Amended) The improved airborne panoramic camera of claim **[4]** 1 wherein said sensor means comprises at least one group of **[said]** a plurality of pixel lines **[are]** arranged in a staggered, overlapping arrangement with at least one of the others of said plurality of lines of pixel elements and wherein the overlapping pixel elements generate like image signals at different time intervals during each frame operation of the camera and wherein said multi-port line array includes a plurality of stages of time-domain integration for each pixel element.

4. (Amended) The improved airborne panoramic camera of claim 1 additionally including leveling buffer memory means for storing digitized image signals at a first data rate **[and for delivering the digitized image signals at a first data]** and for delivering the digitized image signals from the buffer memory at a second data rate which is substantially lower than said first data rate.

5. (Amended) The improved airborne panoramic camera of claim **[4]** 1 additionally including a plurality of optical filter means **[operatively]** functionally associated with said **[pixel elements]** sensor means.

6. (Amended) The improved airborne panoramic camera of claim 1 additionally including differential global position system **[receiver]** means for determining position data for said sensor arm in terms of latitude and longitude coordinates for each picture sub-frame of operation of the camera and data addressing means for **[specifying or]** tagging digitized image signals corresponding to a particular sub-frame as a function of the determined latitude-longitude coordinate data.

7. (Amended) A method for generating and processing remote image data from **[an]** a direct digital airborne **[digital whisk broom-type]** panoramic camera having a predetermined frame and picture cycle time of operation comprising the steps of:

generating analog image signals by exposing a multi-output port line array of pixel elements having in the order of 8 to 16 output data ports to illumination from an area to be imaged,

converting said analog image signals into digital image signals,

first reducing the output data rate of said digital image signals as a function of the frame cycle time and picture cycle time of said camera operations,

further reducing the rate of said digital image data by subjecting the digital data to a compression algorithm process, and

recording the compressed digital data in a digital memory device whereby the image data rate is substantially reduced before storage.

8. (Amended) The method of claim **[22]** 7 further including the steps of:

generating a static calibrating data table with unique values for each pixel element, **[and]**

correcting said digital image signals as a function of said static calibrating data for each pixel element**[.]**, and

further reducing the data rate of said digital image signals by utilizing individual pixel calibration data.

9. (Amended) The **[process]** method of claim **[22]** 7 further including the steps of:

generating static calibrating data with data conversion values for each pixel element,

generating dynamic calibrating data with data derived from setup picture data representative of actual mission conditions, and

correcting said digital image signals as a function of a differential between said static calibrating data and said dynamic calibrating data.

10. (Amended) The method of claim **[22]** 7 further including the steps of:

determining the exact latitude and longitude coordinates for the location of said line array of pixel elements by differential **[triangulation calculations involving signals received from a plurality of]** global position system **[satellites]** techniques, and

designating **[the]** a memory storage location for digital image signals for each picture line sub-frame of camera operations as a function of the latitude-longitude coordinates data **[calculated at]** corresponding to the initiation of each respective picture line sub-frame operation of the camera.

11. (Amended) The process of claim **[24]** 8 including the additional steps of:

determining the magnitude of any motion of the pixel element array by comparing the differential outputs of **[three]** a plurality of ADF receivers fixedly mounted on the airborne platform and the output of an inertial guidance system monitoring the motion of said pixel element array,

correcting any panoramic errors introduced into the digital image signals by any roll, pitch or yaw movements of the airborne platform or pixel element array, and

wherein the step of correcting is within the range of 50 to 200 micro radians.

12. (Amended) The improved camera of claim **[33]** 1 wherein at least one of said sensor means comprises an infrared sensing element.

13. (Amended) The improved camera of claim **[30]** 12 additionally including a plurality of color filter means for filtering portions of the spectrum of incident radiation passing through said lens means.

14. (Amended) The method of claim **[22]** 7 additionally including the steps of generating latitude/longitude coordinate data associated with each frame of camera operation, and

[accessing] storing a portion of said compressed digital data stored in said digital memory **[by referencing]** utilizing said latitude/longitude coordinate data for a specific frame **[included in said portion]** of compressed data.

15. (Amended) The method of claim **[22]** 7 wherein the step of generating analog image signals includes the step of converting image-wise radiation into analog image signals utilizing a plurality of parallel, offset sensor arrays to generate overlap gap image data signals, and additionally including the step of correcting panoramic type errors in said digital image signals as a function of said gap image data.

16. (Amended) The improved panoramic camera of claim 1 wherein said sensor means comprises a plurality of parallel lines of sensor elements arrayed in a staggered, **[overlapping]** overlapped arrangement, and additionally including means for correcting panoramic type errors in said digital image signals as a function of data from said **[overlapping, offset]** overlapped sensor elements.

REMARKS

Present claims 1-16 as set forth in the replacement pages correspond to originally filed claims 1, 2, 5, 13, 18, 20, 22, 24-26, 28, 35, 36, 38, 41 and 42. Originally filed claims 3, 4, 6-12, 14-17, 19, 21, 23, 27, 29-32, 34, 37, 39, and 40 have been cancelled.

In the July 9, 1996 search report the claims are indicated to lack an inventive step in view of Wight (5,481,479), Myrick (5,166,789) and Baird (4,829,304). As amended, the claims define an inventive step. It is important to understand Applicants' meaning of direct digital in their improved airborne direct digital panoramic camera and method. The structure and function as disclosed and claimed for Applicants' improvements involve direct scan and therefore no film and a multi-output tap line array to generate extremely high data rates and means to slow or compress the digitized imagery data before recording.

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 829 168 B1

(12) EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention of the grant of the patent:
16.04.2003 Bulletin 2003/16

(21) Application number: **96915741.1**

(22) Date of filing: **13.05.1996**

(51) Int Cl.[7]: **H04N 7/18**

(86) International application number:
PCT/US96/06771

(87) International publication number:
WO 96/038003 (28.11.1996 Gazette 1996/52)

(54) DIRECT DIGITAL AIRBORNE PANORAMIC CAMERA SYSTEM AND METHOD

DIREKTES DIGITALES PANORAMA-LUFTBILDSYSTEM UND -VERFAHREN

SYSTEME ET PROCEDE PERMETTANT DES PRISES DE VUE AERIENNES PANORAMIQUES DIRECTES EN NUMERIQUE

(84) Designated Contracting States:
CH DE GB LI

(30) Priority: **24.05.1995 US 449350**

(43) Date of publication of application:
18.03.1998 Bulletin 1998/12

(73) Proprietor: **ImageAmerica, Inc.**
Chesterfield, Missouri (US)

(72) Inventors:
- **HEDGES, Thomas, M.**
Great Falls, VA 22066 (US)
- **WEIR, David, G.**
Ormond Beach, FL 32174 (US)
- **SPEASL, Jerry, A.**
Pleasanton, CA 94566 (US)

(74) Representative: **Viering, Jentschura & Partner**
Postfach 22 14 43
80504 München (DE)

(56) References cited:

WO-A-92/10059	**US-A- 3 660 594**
US-A- 4 682 160	**US-A- 4 814 711**
US-A- 4 829 304	**US-A- 5 166 789**
US-A- 5 204 818	**US-A- 5 247 356**
US-A- 5 248 979	**US-A- 5 267 042**
US-A- 5 353 055	**US-A- 5 381 338**
US-A- 5 414 462	**US-A- 5 481 479**

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

EP 0 829 168 B1

Description

Background of the Invention

[0001] The present invention relates to airborne panoramic camera systems and more particularly .to a direct digital panoramic camera system and method in which an electro-optical digital sensor eliminates the need for the film and film transport apparatus normally associated with prior art airborne reconnaissance cameras.

[0002] Airborne camera reconnaissance or surveillance systems are nearly as old as the use of military and civilian aircraft. The prior art camera or photo reconnaissance systems generally involved camera photos taken from an aircraft flying over the area of interest, and the exposed film was returned to the ground after the flight where it was developed and processed before it could be delivered to the intelligence agencies or groups who could then determine whether the photographs contain the desired intelligence. A number of prior art reconnaissance systems, including those disclosed in U.S. Patent No. 3,066,589, disclose an airborne reconnaissance system which includes an airborne film processing, scanning and transmission of the data to associated ground stations. U.S. Patent No. 4,143,971 discloses an airborne photo reconnaissance System in which photo cells and color filter techniques are employed to identify specific targets of interest which have an unique optical or IR pattern. U.S. Patent No. 4,442,453 discloses a combined film and electro-optical sensor for converting the exposed film to data suitable for relay over a radio link to a ground station where it may be demultiplexed and displayed on television type monitors.

[0003] The above-described and other similar prior art photo reconnaissance systems employ film as the light-sensing medium and therefore have the attendant drawbacks of a bulky film system and film transport apparatus, delays in developing the film and further generally include a more complex and substantially more costly lens that utilize a square focal plane system which must focus in two dimensions.

[0004] Further, US. Patent No. 5,481,479 discloses a system and a method for a long range, non-linear, sector scan panoramic electro-optical reconnaissance of a scene from an airborne craft. A focal plane array is configured to detect an image of the scene, and to convert the image into electronic charge information. A main electronic unit converts the electronic charge information into an electronic signal which is a digital representation of the image. A lens arrangement is used to focus a narrow slit of the scene onto the focal plane array, and a rotating prism scans the slit across the scene at a non-linear scanning velocity. The electronic signal is transmitted to a ground station where it is processed to provide visual image data. The distortion induced into this data as a result of the non-linear scan velocity is removed to provide a distortion free final image.

[0005] It is therefore a primary object of the present invention to prove an improved airborne panoramic camera system and method which is less costly and more efficient in operation.

[0006] It is another object of the present invention to provide a direct digital airborne panoramic camera system and method in which an electro-optical sensor eliminates the need for the film and film transport apparatus of the prior art airborne camera systems.

[0007] It is yet another object of the present invention to provide an improved airborne panoramic camera system and method in which panoramic errors are easily correctable in the digital image data.

[0008] It is yet another object of the present invention to provide an improved airborne panoramic camera system and method which employs a simplified, less costly optical system.

[0009] It is yet another object of the present invention to provide a direct digital, massive data rate airborne panoramic camera and system capable of efficiently supporting mapping and other remote sensing applications by producing massive data bases which are efficiently organized and appropriate for use with geographic information systems.

[0010] It is yet another object of the present invention to provide a direct digital airborne panoramic camera system and method which eliminates the need for photographic film in airborne data collection process.

[0011] It is yet another object of the present invention to provide an improved airborne panoramic camera system and method having high image quality data particularly with respect to contrast and dynamic range.

[0012] It is yet another object of the present invention to provide an improved direct digital airborne panoramic camera system and method in which the images may be conveniently, accurately, and easily geo-referenced.

[0013] It is a further object of the present invention to provide an improved direct digital airborne panoramic camera system and method in which the massive amounts of digitized image data are rapidly and efficiently available to the user in computer friendly formats.

[0014] These and other advantages of the present invention will become more apparent from the following detailed description taken in conjunction with the illustrative embodiments shown in the accompanying drawings.

Summary of the Invention

[0015] The present invention relates to an improved airborne, direct digital panoramic camera system and method in which an in-line, electro-optical sensor eliminates the need for photographic film and film transport apparatus normally

associated with prior art airborne reconnaissance cameras and yet still retains the very high image resolution quality which is so important in intelligence operations and in commercial geographic information systems (GIS), mapping and other remote sensing applications. The present invention provides a simpler, more efficient and less costly panoramic camera by utilizing a simplified optical system in conjunction with the electro-optical line array sensor wherein the lens can be simpler and less expensive because it essentially requires quality focus in only one dimension and in only one place. The massive amounts of digital data generated by the camera are compressed, and any motion induced or panoramic errors are easily correctable in the digital data while such errors were nearly impossible to correct in film images. The compressed digital image data may be stored and retrieved later for utilization in computer type networks or alternatively can be transmitted from the aircraft to a ground station for prompt utilization.

Brief Description of the Drawings

[0016]

FIG. 1 is a schematic pictorial diagram of one embodiment of applicants' improved airborne direct digital panoramic camera.

FIG. 2 is a geometric optical diagram illustrating pixel design dimensions of applicants' improved airborne panoramic camera system.

PIG. 3 is a partial block diagram of the preferred embodiment of applicants' improved airborne panoramic camera.

FIG. 4 is a perspective view of an electro-optical in-line imaging device usable in applicants' improved airborne panoramic camera system and method.

FIG. 5 is a top view of an improved in-line electro-optical sensor in accordance with another aspect of applicants' invention.

FIG. 6A is a top view of an alternate embodiment of an improved in-line electro-optical sensor utilizable in applicants' improved airborne digital panoramic camera.

FIG. 6B is a perspective view of another alternate embodiment of an electro-optical sensor utilizable in applicants' improved digital panoramic camera system and method.

FIG. 7 is a pictorial representation of a portion of the improved in-line pixel array of applicants' electro-optical sensor utilizable in accordance with applicants' improved digital panoramic camera and method.

FIG. 8 is a logic block diagram illustrating principal system components of applicants' improved airborne digital panoramic camera system and method.

FIG. 9 is a partial pictorial illustrating the picture or frame relationship generated in the operation of applicants' improved airborne digital panoramic camera system and method.

FIG. 10 is an expanded pictorial diagram of the multiple frame interrelationship of the video data generated in accordance with applicants' improved airborne panoramic camera and method.

FIG. 11 is a logic block diagram illustrating the overall system operation of applicants' improved airborne direct digital panoramic camera and method.

FIG. 12 is a logic flow diagram illustrating another embodiment of applicants' improved airborne digital panoramic camera and process.

FIG. 13 is a schematic logic diagram illustrating the overlap operation of a dual port memory utilizable in accordance with principles of applicants' improved airborne digital panoramic camera and system.

FIGS. 14A and 14B are graphs illustrating pixel calibration data utilizable in accordance with another aspect of applicants' invention.

FIG. 15 is a block diagram of a dynamic calibration system utilizable in accordance with another aspect of applicants' improved airborne digital panoramic camera and method.

FIG. 16 is a graph of platform attitude parameters utilizable in accordance with a dynamic platform stabilization apparatus and process in accordance with another aspect of applicants' invention.

FIG. 17 is a block diagram of an error correction system and method for the improved sensor arm positioning mechanism utilizable in accordance with another aspect of applicants' invention.

FIG. 18 is a graph of a portion of the electromagnetic spectrum illustrating remote multi-spectral data utilizable in accordance with another aspect of applicants' improved airborne digital panoramic camera.

FIGS. 19 and 19A are a schematic logic illustration of data storage utilizable in applicants' improved airborne direct digital panoramic camera system and method.

Detailed Description

[0017] In today's rapidly changing world of instant communications, governmental agencies, private businesses and the news media require more intelligence in ever more detail and from more remote locations thus making the efficient,

flexible gathering of image information more critical every day. Panoramic airborne cameras are a key to these new mission requirements due to their ability to collect, in a very short time, massive data on geographically dispersed areas at very high image quality. For example, at IQ-7, a panoramic camera at an altitude of 5000 feet in one hour can collect imagery data covering more than 500 square miles which yields over 87 gigabytes of compressed digital image data. This is the equivalent of 87,000 3-1/2" floppy disks which, as will be recognized by those skilled in the digital memory arts, is a massive volume of data, and the extremely high data rates involved present substantial problems in terms of system design, cost and implementation.

[0018] Referring now to FIG. 1, there is schematically shown an improved direct digital airborne panoramic camera system and method in accordance with applicants' invention. As shown in FIG. 1, an aircraft 10, flying at an altitude of 5000 feet, would yield a bowtie photo frame 12 that is approximately 1774 feet long and 10,000 feet wide. As will be more fully described hereafter in connection with FIGS. 16 and 17, aircraft 10 incorporates as part of its navigation instruments a global position system (GPS) receiver, not shown, which receives navigational data from a series of orbiting satellites 14 which are part of the global positioning system which are well known to those skilled in the art of navigation.

[0019] The GPS navigation system permits the exact location of the aircraft in terms of latitude and longitude when a picture is taken and as will be hereinafter described to accurately determine and correlate the position of the sensor arm 16 of camera 18 shown in FIG. 3 in relationship to a fixed position on the earth.

[0020] In order to be commercially competitive, applicants' improved airborne direct digital panoramic camera system and method must be equivalent in performance to the currently available film systems. While comparison between film and electro-optical cannot be exact, set forth below in Table 1 is a set of performance parameters based on design and system tradeoffs.

Design Objectives	System Parameters
Image Quality at 5000 AGL	IIRS-7 @ Nadir ±5°
Velocity at 5000'	300 Knots or less
Sun Angle	Local Noon ±2 hours
Modes of Operation	10% and 55% Overlap
Sustainability	> 1000 Frames of Data

Table 1

[0021] As illustrated schematically in FIG. 1, the above-listed parameters yield a bowtie photo frame 12 of approximately 1700 feet long and 10,000 feet wide for an aircraft flying at an altitude of 5000 feet at 300 knots or less. The number of picture elements (pixels) in a frame 12 can be calculated as:

$$\text{Pixels/Frame} = (\text{Frame Width/GSD}) \times (\text{Frame Length/GSD})$$

where GSD is the ground's sample distance as illustrated in FIG. 2. Image Quality (IQ) ≥7 implies a GSD of no more than 1/3 of a foot. Therefore each frame of data will contain at least 153,000,000 pixels, 26. Thus the average data rate can be calculated as:

$$\text{Data Rate} = \text{Pixels P/Frame} \times \text{Frames P/Sec} \times \text{Bytes/Pixel}$$

[0022] Bytes/pixel is measured after compression and the frames per second is determined by the mission parameters. For a minimum set of requirements, 0.25 bytes/pixel will be stored and frames or pictures will be taken as often as every 2 seconds with 0.5 frames per second. This yields a minimum data rate of 15 megabytes per second.

[0023] Turning now to FIG. 3 there is shown a partial breakout of an the airborne panoramic camera having a rockably mounted sensor arm 16 which houses the lens and optical train, not shown. Mounted on top of the rockably mounted

sensor arm 16 is. an electro-optical assembly sensor 20. There are a number of commercially available airborne panoramic cameras, however in the preferred embodiment, applicants have utilized an optical system of an airborne panoramic camera built by Hycon and used by the U.S. military for several years. Panoramic cameras generally take pictures over a 90-degree angle and each frame represents a ±45 degree by a ±10 degree look at the ground. As the aircraft moves forward along a line of flight 22, the sensor arm 16 sweeps from starboard to port in about 0.5 seconds thereby transferring or generating the image signals to the electro-optical sensor. This mode of taking picture data in a cross flight line direction is commonly called a whisk broom technique.

[0024] As is known to those skilled in the photographic arts, airborne panoramic cameras, for example the KA-54A, KA-56A and KA-60 manufactured by Fairchild, the KA-55A manufactured by Hycon and the KA-80A manufactured by Itek, incorporate an image motion compensation (IMC) feature, not shown. The IMC virtually ensures that the picture is not blurred by aircraft movement because the forward motion of the aircraft in flight is removed or compensated for by the image compensation feature. In general, the image compensation feature moves the lens forward before initiating a picture-taking cycle and during the picture-taking period the lens moves aft as the aircraft moves forward thus compensating for the aircraft motion during frame exposure.

[0025] As is known to those skilled in the airborne panoramic camera arts, the relationship of the image compensation rate, aircraft height and aircraft velocity are important parameters in determining the pixel data rates.

[0026] The image compensation rate (IMC) may be expressed as:

$$\text{IMC} = \text{Focal Length} \times (\text{Velocity/Height of Aircraft})$$

[0027] Referring again to FIG. 2, one of the most important parameters of the electro-optical sensor design is the determination of the appropriate ground sample distance (GSD) 24. As shown in FIG. 2, the ground sample distance 24 is simply how much ground each picture element (pixel) represents in a frame. The conversion of the GSD to pixel pitch (assuming for simplicity the pixel size for square pixels) may be stated by the following formula:

$$\text{Pixel Pitch} = \text{Focal Length} \times (\text{Min GSD/Altitude})$$

Therefore in applicants' preferred embodiment, any sensor with a pitch less than 20 microns would produce an Image Quality (IQ) of 7 at an altitude of 5000 feet. In applicants' preferred embodiment, the pixel pitch of the sensor is 13 microns, which at an altitude of 5000 feet yields a GSD of 2.56 in. and 3,62 in. at nadir and ±45 degree look angle, respectively. This is equivalent to Image Quality 8.

[0028] With a pixel pitch of 13 microns the line rate can be calculated as:

$$\text{Line Rate} = (\text{Cross Track Width/GSD})/\text{Scan Time}$$

[0029] The preferred embodiment of applicants' improved camera has a scan time as small as 0.5 seconds and therefore at an altitude of 5000 feet has a cross-track width of 10,000 feet. From the above equation it can be seen that this yields a line rate of 73,631 lines per second. Knowing the line rate permits the calculation of the pixels per port and the clock rate for the sensor from the following formula:

$$\text{Max Pixels/Port} = \text{Clock Rate/Line Rate}$$

Thus assuming a reasonable clock rate of 12.5 MHz, this would yield a maximum pixels per port of 170. This implies that the line array sensor is preferably segmented into sections of length of 170 pixels or less. In building applicants' improved camera, a number of design tradeoffs involving costs/service were made between scan time, clock rate and maximum pixels per port. In the preferred embodiment of applicants' improved camera, the scan time is in the order of .75 seconds, the clock rate is in the order of 12.5 MHz, and the maximum pixels per port were set at 256. These values yield a corresponding line rate of 49,100 lines per second. This slight slowing of the camera's scan time allows very useful tradeoffs and facilitates using less costly, commercially available sensors.

[0030] Referring now to FIG. 4, there is shown an electro-optical sensor assembly 20 which is designed to be mounted on the optical sensor arm 16 and become an integral part of the optical assembly, not shown. In this manner the electro-optical detector is fixedly mounted at the top of the optical path thus facilitating the maintaining of focus during flight operation. In prior art panoramic cameras, failing to keep the film flat and thus at a fixed distance from the lens was a major source of errors. Applicants, by fixedly mounting the sensor 20 to the arm 16 and thus with respect to the lens,

eliminate a major source of so-called panoramic type errors.

[0031] The electro-optical sensor assembly comprises planer mounting board 30 which may be made of any insulating material, for example a glass epoxy type. Mounted on board 30 are four time-domain integration lined arrays 32, 34, 36 and 38. There are a number of commercially available TDI line arrays which are suitable for use, including the Dalsa 2048 x 96 sensor elements from Dalsa, Inc. in Waterloo, Ontario, Canada. The Dalsa 2048 x 96 sensor line array elements are a 13 x 13 micron pitch and can be operated at a 15 megahertz clock rate. An alternative TDI line array is commercially available from Loral Fairchild which includes a 1024 x 128 element with a 15 x 15 micron pixel pitch. Both the Dalsa and the Loral arrays are front side illuminated charge coupled (CCD) devices and imaging is accomplished by integrating photons which must pass through one of more levels of polysilicone. Thus the resulting image is heavily filtered in the blue and green response of those imagers. The plain sensor array assembly 20 further includes a plurality of power and control connections 40, a digital timing and control processor 42, and thirty-two channel video preamplifiers 44. Preamplifiers 44 on the sensor array assembly perform the first step of video signal conditioning and may be any of the commercially available preamplifiers used, for example an emitter follower circuit MMBT 3904, manufactured by Motorola. As shown in FIG. 4 the electro-optical sensor assembly 30 preferably includes the sensors 32, 34, 36 and 38, drive electronics 42 and preamplifiers 44 to precondition the image signals. The minimal inter-array spacing is desirable because it facilitates the use of relatively short interconnecting wires, thus facilitating impedance matching of the CCD clocking signals which helps in maintaining the low signal-to-noise ratio required when dealing with low-level signals and the short integration times, as will be discussed hereinafter.

[0032] Design of the sensor assembly 30 is in a large measure dictated by the active picture area of the airborne camera. Airborne panoramic cameras generally have an active picture area of 4 inches, and therefore an ideal sensor array would use a 4-inch line array with something in the order of 2000 pixels per inch. While an in-line array on the order of 4 inches is certainly commercially feasible, the actual design of applicants' improved sensor array is a tradeoff utilizing cost, number of ports and clock speed as the primary determinants. In the preferred embodiment of applicants' improved electro-optical sensor, 4 Dalsa 2048 x 96 element TDI line arrays 32, 34, 36 and 38 are utilized as shown which gives an active optical area of four inches. Obviously for other applications a single one-inch line array, or alternatively up to seven or eight line arrays in straight line or staggered parallel lines, could be utilized for different applications, as will be understood by those skilled in the photographic and airborne reconnaissance arts.

[0033] It should be understood that the one-inch line array sensor will result in a substantially less resolution or picture quality and the seven or eight-inch sensor would be comparable to a framing camera operation which could be utilized for mapping.

[0034] In another embodiment of applicants' improved airborne panoramic digital camera and method, the electro-optical sensor 30 or one or more of the line arrays 32, 34, 36 or 38 of FIG. 4 or line arrays illustrated in other embodiments may be replaced by or supplemented with an additional infrared sensor for various applications. The structure and function of commercially available infrared sensors, for example HgCdTe (Mercury Cadmium Telluride) are well known to those skilled in the remote sensing arts. By utilizing various sensors, detectors or filters alone or in combination facilitates remote sensing of radiation from 0.3 microns wavelength up to about 14 microns wavelength. In general, multi-spectral imagery data is collected in several discrete bands, as illustrated in FIG. 18, to obtain good quality data.

[0035] Referring now to FIG. 5, sensor line array overlap, as illustrated in FIGS. 4 and 5, will be described. Four electro-optical sensors, for example of the Dalsa type each comprising a 2048 x 96 element TDI line array are mounted on a glass member substrate 50 which is, for example 1.5 inches long by 0.5 inches wide. The pixel line array length of the illustrated Dalsa sensor is one inch with in the order of 2000 pixels per inch. The overlap 52 as shown in FIG. 5 is necessary in order to avoid gaps in picture line data which if uncorrected would be a major source of error in the picture data. The optical sensor 20 moves as the optical column scans the ground scene for each frame. If a single line of pixel elements were employed, this movement would not present any optical difficulties in the resulting picture data. However with the use of Timed Domain Integration (TDI), it is critical that the line arrays be oriented perpendicularly to the travel of the camera scan. As is known to those skilled in the art of airborne photography, this can be accomplished through the appropriate positioning of the fixtures and the use of optical correction mechanism, to be more fully explained hereinafter. In applicants' improved airborne digital panoramic camera a new picture (frame) is taken every 1/75 of a second. With 2000 pixels per sensor element and four sensor elements there are thus 320 million pixel signals per second generated by the operation of the airborne camera as may be calculated utilizing the aforesaid equation for data rate as a function of the number of pixels per frame times the number of frames per second multiplied by the bytes per pixel having a minimum of 0.25 for the defined system requirements. The analog video signals are read from the sensor array 30, as will hereinafter more fully be described, via four sets of 8-channel graphic data outputs 44 from each Dalsa sensor line array at an effective clock speed of 28 megahertz. A new picture scan is initiated every 2.25 seconds. As shown in FIG. 5 there is a pixel line seam separation 52 of approximately 3/4-inch, which for the Dalsa line array is equal to approximately 1500 pixel widths. There is also a sensor line overlap of approximately one millimeter creating duplicate pixel data on both sides of the seam 52. The seam separation is a potential error source which requires control of the scan arm velocity VO to within 0.1%. As will be hereinafter discussed in connection with FIG.

11 the post processing of the seam data uses the overlap data to calibrate the actual velocity of the scan arm. The post processing uses a Fourier type analysis in two dimensions to calculate the actual velocity errors which can be used to compensate or correct the graphic or picture data.

[0036] Referring now to FIG. 6, an alternate embodiment of applicants' improved electro-optical line sensor array 60 is shown which is particularly useful in multi-spectral imagery of agricultural crops. For years the U.S. Agriculture Department has undertaken a number of research projects to explore the feasibility of developing improved remote multi-spectral sensing to identify and quantify various ground conditions which would be useful in improving land use. Remote spectral sensing in agriculture is concerned with a determination of various parameters and characteristics of crops through an analysis of data taken at a distance. Remote multi-spectral sensing in agriculture has the broad objective to increase the yield and quality of agricultural cultivation and decrease losses in production which are due to disease or weed or insect infestation thereby increasing the quantity and quality of agricultural production. As will be hereinafter more fully described, certain portions of the electromagnetic spectrum are particularly useful in agricultural multi-spectral imaging. A biological mass or other properties of certain vegetation can be estimated as a ratio of the infrared to the green-yellow spectrum. An improved electro-optical line sensor assembly 60 illustrated in FIG. 6A and 6B would be useful in such agricultural remote multi-spectral imagery of crops. As shown in FIG. 6A, there are two electro-optical line arrays 62 and 64 which are overlaid by color filters 66 and 68. As hereinabove described, the color filter on sensor 62 may comprise an infrared filter while the filter on array 64 might be a green/yellow filter thus yielding the picture data useful in determining the biomass of certain crops overflown by a plane equipped with a detector similar to that in FIG. 6A. Alternatively, as illustrated in FIG. 6B, a single sensor 36 could be utilized in conjunction with a color wheel 63 which when rotated would generate output data taken through the respective filter segments. Electro-optical sensors have dynamic ranges which are greater than that offered by film and therefore applicants' improved electro-optical sensor has a spectral response which offers distinct advantages in such applications as crop surveys and operating under hazy or less than ideal conditions.

[0037] Prior art film-based panoramic cameras have shutters which are set by an automatic exposure control system with shutter speeds of between 1/100 to 1/3000 of a second being selectable. If a single electro-optical line array were utilized, the corresponding shutter speed for the modified prior art camera would be 1/49,100 second which would be too fast to obtain reasonable signal-to-noise ratios in the video data. Therefore in applicants' preferred embodiment the effective shutter speed is lowered through the use of time domain integration (TDI). As is known to those skilled in the electro-optical sensor arts, commercially available electro-optical line scanners, such as those referred to above by Dalsa and Loral Fairchild, utilize TDI to lower the effective shutter speed. In FIG. 7 the length of the pixel line is divided into 2000 rows with each row containing 100 pixels. In operation the charge from pixel 1 of row 1 (P_{11}) is clocked or transferred to pixel 2 of row 1, i.e. the adjacent pixel (P_{12}). The velocity of the scan arm V with 100 stages (i.e. pixels in each row) is thus V $\pm$1%. Thus the incoherent integration accomplished by the TDI effectively increases the exposure time in this example by a factor of 100, thus increasing the dynamic range of the sensor and compensating for variations of the individual pixel output. For a complete understanding of the TDI incorporated in the Dalsa sensor, reference may be had to the Dalsa technical literature for the electro-optical sensors available from Dalsa, Inc., Waterloo, Ontario, Canada.

[0038] As shown in FIG. 7, a source of clock pulses is connected to terminal 70 and at successive clock times the accumulated charge for example from the first pixel, P_{11} is clocked or transferred to the adjacent pixel P_{12}. Thus with the illustrative hundred stages of TDI, the incoherent integration effectively increases exposure time by a factor of 100 thus increasing the dynamic range of the sensor and compensating for any variations in the individual pixel outputs. As is known to those skilled in the electro-optical sensor art, commercially available scanners commonly utilize a TDI type principle to achieve these desirable features.

[0039] Referring now to FIG. 8, there is shown a logic block diagram of the applicants' improved airborne digital panoramic system and method. As illustrated in FIG. 8 applicants' improved system and method includes four major components: an electro-optical sensor 80 which as shown generates a bowtie photo frame approximately 1700 feet long and 10,000 feet wide at an aircraft altitude of 5000 feet (above ground length AGL), a data handling unit 82 which calibrates the electro-optical sensor and digitizes, compresses and stores the video data in a high speed buffer memory, a controller unit 84 which includes a computer to control the overall calibration and operation of the system and real time archive unit 86.

[0040] The data handling requirements for applicants' improved airborne direct digital panoramic camera and method are quite high. The output of the camera is more than 450 megapixels per second. Utilizing a ten-bit analog-to-digital converter, as will hereinafter be described, the data rate increases to over 550 megabytes per second. To put this number into perspective, a single page of printed text is in the order of 10,000 characters or bytes of data. Applicants' improved camera thus can be viewed as creating the equivalent of over 40,000 pages of printed text every second. Applicants challenge in designing their improved airborne digital panoramic camera and method was to deal with this very high data rate in a cost effective, commercially competitive manner which meant that the data rate had to be substantially reduced through the system in order to be compatible with current commercially available recorders having

up to 32 megabytes per second inputs, as will hereinafter be more fully described in connection with FIG. 11. Applicants preferred system embodiment employs a number of data rate reduction schemes to effectively reduce the camera data rate of over 550 megabytes per second peak to the data rate in the order of 32 megabytes per second which can be handled by current state-of-the-art commercially available data recorders. The first major data reduction process involves utilization of the camera's duty cycle. Although each frame of data is taken in about 0.75 seconds, pictures normally will not be taken any more often than every 2 seconds. Thus by employing applicants' leveling buffer, the graphic data after being digitized is stored in the buffer at the 0.75 second rate and read out every 2 seconds thus yielding a 2.85:1 reduction in the data rate. The next step to achieve reduced data rates is to employ data compression techniques. As is known to those skilled in the data handling arts, there are a number of commercially available compression circuits for digital signals. For example, the Joint Photographic Experts Group (JPEG) compression circuits are available which yield compression ratios in the order of 5:1 in the data rate. Thus data compression would yield in the case of applicants' preferred design that there would be 2 bits per pixel after compression as opposed to the original 10 bits per pixel. An additional reduction in the data rate is accomplished by utilizing a process of calibrating the individual pixels. As will hereinafter be described, a look-up table is utilized to map the sample values from each individual pixel into a corrected value utilizing a log conversion. This is similar to the gamma correction sometimes utilized with film. As is known to those skilled in the panoramic arts, the calibration of the output of individual pixels in each line is required either during the collection of the data or in the post-collection processing procedure. Without the individual calibration of the pixels, lines generally would appear in the imaging making the pictures very streaked or bandy. These lines would also appear as data features to the compression algorithm which would have to work very hard to keep them in the picture. Therefore by calibrating the pixels before compression, there is an additional advantage that the compression function will be more effective and further reduce the data stream rate. In the preferred embodiment of applicants' improved airborne panoramic camera, the JPEG algorithm is employed in the data compression function. A set of JPEG data compression chips are commercially available from LSI Logic, Inc. (L64735 QC-35 Discrete Cosine Transfer and L64745 QC-30 JPEG Compression). In the data reduction processes as described above, the composite reduction is in the order of 14:1 and thus the output of the data handling unit may be recorded on commercially available magnetic tape or disk. As will be hereinafter more fully described, the data handling unit comprises a data processing unit, for example of the Intel 486/66, with appropriate software programs to provide setup, maintenance and overall operation control. The two major modes of the data processing unit are (a) single frame, where a single frame of data is taken and displayed on a local monitor, and (b) operation where multiple sequential frames of data are taken continuously and stored on magnetic tape, e.g. tape unit 88 or disk 89. The real time archive unit receives digital data from the data handling unit at rates up to 32 megabytes per second. The unit, for example, TSC/STX Interface manufactured by Tri-Plex Systems, Inc. Tape and disk units 88 and 89 respectively may be of any type commercially available, for example, the Sony Dir 1000 Tape unit which employs the standard D-1 tape in which the tape cassette stores approximately 100 gigabytes of data which in applicants' improved camera would be more than 1000 frames of data or an IBM 3350 type disk unit.

[0041] Turning now to FIG. 9, there is shown a pictorial representation of a portion of an imaged ground strip 94 on which the path of flight 96 is indicated by an arrow. The sequential bowtie shaped photo frames are shown along the flight path and numbered F_1 through F_R which as hereinabove described are taken, for example, every two seconds during normal reconnaissance flight operations. As described in connection with FIGS. 1 and 8, a GPS receiver in conjunction with other normal navigation instrumentation, not shown, can give the exact latitude and longitude for the start, beginning or center of each frame in relationship to the GPS coordinate system. As is known to those skilled in the mapping and surveying arts, the U.S. National Geodetic Survey data sheets describe the location of known or fixed survey points and such data can be used to reference the aircraft data to such fixed points on the earth.

[0042] As described above in connection with FIGS. 1 and 8, the data stream out of the camera is in the order of 450 megapixels per second. The utilizing a 10-bit analog-to-digital converter magnifies the digitized data stream to more than 550 megabytes per second, which is roughly equivalent to over 40,000 pages of printed text every second. Panoramic cameras generally have the ability to collect massive amounts of data in a relatively short time. For example, at IQ-7 the KA-55 in one hour can collect imagery data covering over 500 square miles and generate more than 87 gigabytes of imagery data. This is equivalent roughly to 87,000 three and one-half inch floppy disks. As is known to those skilled in the computer and data processing arts, inputting massive amounts of data into a computer system is a time-consuming and basically inefficient process. In addition, the massive data stream of applicants' improved airborne digital panoramic camera system and method is compressed using for example the JPEG chip set. As is known to those skilled in the arts, in order to utilize compressed data it must be decompressed, that is in effect run through the decompress chip set or similar software routine to restore its original noncompressed state. Since the information from applicants' improved airborne digital camera and system will go in the ordinary course to multiple users, it is desirable that convenient data address systems be developed to permit the user to access the exact portion of the data which is relevant to their particular current needs.

[0043] As will be fully explained hereinafter in connection with FIGS. 11 and 17, knowing where the sensor arm is

pointing in terms of exact latitude and longitude coordinates is important in accordance with another aspect of applicants' invention, basically by using the differential GPS data to pinpoint the exact position of the aircraft GPS antenna to ±1 centimeter. This can be utilized to correct errors and to simplify addressing specific portions of the imagery data.

[0044] Referring now to FIG. 10, there is shown a pictorial representation of the rows and columns which make up a picture width and length respectively. As hereinabove described, each of the eight row segments, row 1, row 2 ... row 8, includes the data from 64,000 pixels divided into eight 8 by 1000 sub-blocks. Each picture has up to 4000 rows and therefore 32,000 sub-blocks, 100 are illustrated in FIG. 10. It would be possible to address the image digital data segments 100 by a standard row column address scheme as is well known to those skilled in the computer memory arts. However in applicants' improved airborne panoramic camera and system, it is possible to address a sub-block 100 by its geo-reference, i.e. the latitude and longitude coordinates determined at the beginning, edge or center of a frame. As will hereinafter be described in detail in connection with FIGS. 11 and 16, geo-reference of sub-blocks of data by latitude-longitude coordinate data will permit the user of applicants' camera and method to access, decompress and load into the computer system only those sub-blocks as small as 8000 pixel bytes, desired and then expand from there rather than loading an entire data base and accessing it in a more conventional and less efficient manner.

[0045] Thus in accordance with another aspect of applicants' invention, the sub-blocks 100 may be individually addressed in the compressed data by specifying the latitude-longitude coordinate data at the beginning of the frame and designating which of the eight sub-blocks are of interest.

[0046] Referring now to FIG. 11, there is shown an overall logic block diagram of applicants' improved airborne digital panoramic system and method. The electro-optical sensor 80, as hereinabove described, is a four inch electro-optical line sensor with a 13 micron pixel size and 96 stage time domain integration. The analog signal from the electro-optical sensor 80 is pretreated in parallel channels from the sensor to amplifier 110 where the analog signals are amplified and subjected to a correlated double sampling. The correlated double sampling requires two sample-and-hold circuits and a subtracting amplifier, not shown, which is available as an integrated circuit from Kodak as product number KASP-120. During each clock period, one of the sample-and-hold circuits is loaded with the "noisy zero" value of the line array, while the other sample-and-hold circuit is loaded with the pixel value plus "noisy zero." Through analog subtraction the "noisy zero" value which represents the most significant noise source in the CCD array output signal is eliminated. The resulting signal is then amplified and fed to a standard analog-to-digital converter 112 such as Analog Devices product number AD 773. The output of the AID converter, which may be of any of the well-known commercially available types capable of operating at clock rate of 15 megahertz, is fed to the pixel calibration unit and log function unit 114. The pixel calibration unit 114 comprises a lookup table which maps the sample values for each pixel into a corrected or normalized value. FIGS. 14A and B illustrate a pixel calibration curve where 116 is the desired linear relationship between light intensity expressed in lumens and the amplitude of the pixel analog signal. The actual output curve for each pixel is designated 118 with the crosshatched area representing the differential plus or minus deviation from the linear desired relationship. This data is developed using a standard light source and measuring the signal output amplitude of each pixel. FIG. 14B shows the output of the calibration log unit in a digital eight-bit value with the desired linear relationship being indicated in a curve 120 and the dynamic response indicated as 122. After each pixel in the electro-optical array has been statically calibrated, the values and log function are loaded into the pixel calibration unit which in turn provides data for the calibration unit 114. As will hereinafter be more fully explained, the static pixel calibration table can be modified in flight, preferably with the input of picture data taken during the flight so that the pixel calibration unit can be dynamically altered to correspond to the actual mission conditions.

[0047] The output of the AID converter 112 is at a data rate of 3.28 gigabits per second and with the 10:8 log function conversion table 114, the output of the pixel calibration unit is at a data rate of 2.624 gigabits per second which is inputted into the dual port memory 126. The first major data rate reduction occurs by taking advantage of the camera's duty cycle with each frame of data being taken in about 0.75 seconds with pictures being taken on the order of every 2 seconds. By using a leveling dual port memory which may comprise any semiconductor memory system having dual, separately clocked input and output ports, data are stored in a buffer at the 0.75 second rate and read out at the 2 second rate, thereby yielding a 2.85:1 reduction in data rate. Operation of the dual port leveling memory is shown in FIG. 13 with the data read in occurring at t_0, i.e. the beginning of the initial 2-second interval. The subsequent frame data is read in 1.25 sec. later at t_1 and the initial data is read out at t_2 which is 2 sec. after it was read in to the leveling memory 126. The output of the dual port memory 126 is inputted into the JPEG compression circuit 128. There are a number of commercially available data compression chip sets which could be employed in applicants' improved airborne digital panoramic camera, however in the preferred embodiment applicants employ the JPEG chip set of integrated circuits from LSI Logic Inc. The LSI Logic integrated circuit chip set was selected because of its very high implementation speed and high image quality with respect to compression ratio. The output of the JPEG compression circuit 128 is fed to memory control unit 130. With the 5:1 reduction in the data rate out of the JPEG compression circuit, the input to the memory control unit is at a rate of 123 megabytes per second. The memory control unit takes the compressed data and formats it for the output devices. In the preferred embodiment, memory control unit 130 comprises an 8-bit ECL interface to the TRI-Plex interface. The output of the memory control unit may be selectively

directed to tape storage unit 132 or transmitter modem 134. The function of the memory control unit is to record all camera data on removable memory without adversely affecting the mission planning, e.g. record in real time. To accomplish this, the key parameters are the maximum data rate and data storage capacity of the memory control unit 130 and tape storage units 132. A number of tape storage units are compatible with the peak and average data rates encountered in applicants' improved airborne digital panoramic camera system and method. For a typical mission taking pictures every 4 seconds and where 10% of the mission time is taken in executing turns, the peak data rate of 32 megabytes per second would equate to an average mission data rate of 14.4 megabytes per second. One such commercially available high speed tape storage unit is available from General Electric in its family of high performance 19 millimeter Rotary Digital Recorders which include both ground and airborne units. Alternatively, the data from applicants' improved airborne panoramic camera may be directed from the memory control unit 130 to a transmitter modem 134. Several design options are available for transmitting the video data via antenna 136 to a ground station, not shown. For example, the data representing a single frame or a few frames of data could be segregated in the memory control unit 130 and, for example, reduced from the order of 64 megabytes to the order of 2 megabytes of data. This compressed data stream file could then be transmitted over a standard 54 kilobaud transmitter in the order of 6 minutes which is consistent with worldwide low-cost satellite communications systems.

[0048] In accordance with another aspect of applicants' invention, data from global position system satellites 14 (FIGS. 1 and 8) is utilized to compensate for panoramic or pointing errors in the imagery data which result from the sensor arm 16 (FIG. 3) not being normal to the ground due to motion of the aircraft 10. As shown in FIG. 11, a GPS Receiver and Calibration unit 129 receives signals from a plurality of global position system satellites 14. Antenna 131 is mounted on plane 10 and thus through the GPS Receiver 129 computes the latitude-longitude coordinates of the GPS antenna 131, and thus the exact position coordinates of the pixel array can be calculated as hereinafter more fully described in conjunction with FIGS. 8, 11 and 17 utilizing differential GPS techniques. As hereinafter will be described in connection with FIG. 17, the dynamic calibration apparatus and method may comprise a plurality of airborne GPS receivers in combination with an inertial guidance system to accurately determine the attitude of the sensor arm relative to motion induced by roll, pitch or yaw movements. The dynamic calibration setup table data is calculated using mission setup data from the sensor 80, and static pixel calibration data is utilized to update the Pixel Calibration Unit 114 during mission setup procedures.

[0049] Referring now to FIG. 12, there is shown a logic flow diagram of applicants' improved digital panoramic camera and method. Before operation is initiated by a frame start command, initial camera calibration and test maintenance and setup procedures, not shown, are accomplished. In the camera calibration process various lookup tables are loaded with appropriate values in accordance with the mission data, e.g. anticipated altitude, velocity and overlap parameters. In normal operation of the camera the pixel calibration lookup table function would be loaded with static conditions data which are generated under ideal or laboratory test conditions. To provide better imagery data the pixel calibration lookup table function may be calibrated for each particular flight or mission by generating dynamic pixel calibration data from the camera at the initiation of the flight. The dynamic pixel calibration data would then be compared with the static pixel data and a modified lookup table would be generated which would better define the actual flight conditions.

[0050] During the setup procedure, the normal functions of various elements of the camera system would be tested to ensure proper operation. In the picture-taking mode the next step is to execute the fixed scan, as hereinabove described for the whisk broom type across flight line camera involves a sweep from starboard to port in approximately 0.75 seconds thereby transferring an image through the optical train to the electro-optical CCD sensor. The data output of the camera is in the order of 450 megapixels per second and as hereinabove described in connection with FIG. 4, the sensor head provides 32 parallel channels for the four line arrays with each having eight output ports. Imagery data is read from the electro-optical scanner in a burst mode with CCD line array having a plurality of parallel output sections and each section having four AID converters, each sampling in a 14.28 mega-sample per second data rate with ten data bits of resolution. The analog signals are converted to digital signals through appropriate AID converter circuits. The next step in the imagery data handling process is to calibrate the output signal from the individual pixel elements. For each CCD sensor output (there are 8096 pixels per array) as shown in FIG. 4, a conversion table is created which maps the 10-bit output from the A/D converter to a 8 bit output which is suitable for compression. This also reduces the data rate by 1.25:1. In addition as shown in FIGS. 14 A and B the output of each pixel element is calibrated by creating a lookup conversion table data which depending upon the light intensity and the output of each individual pixel in terms of voltage is calibrated in the dynamic output. As hereinabove described, the ideal operation involves the generation of a dynamic pixel calibration table data which would reflect the actual mission conditions and that dynamic data is used to modify the static calibration data table.

[0051] As hereinabove described, the calibration of the pixels is desirable prior to the data compression process in order to eliminate lines or streaks which may appear in the image data making them almost unusable and further complicating the compression algorithms which would treat such lines as picture data. Therefore by calibrating pixels before compression, additional advantages are gained in that the compression is less costly and more effective.

[0052] A major data rate reduction occurs by taking advantage of the camera's duty cycle. Although each frame of data is taken in about 0.75 seconds, pictures will be taken generally no faster than every 2 seconds. Thus by storing data in a buffer memory at the 0.75 second rate and reading it out at the 2 second rate yields a substantial 2.85:1 reduction in data rate.

[0053] The next step in the imagery data handling process is to compress the digitized data. There are a number of commercially available compression circuits, for example the National Imagery Transmission Format Standard (NITFS) or the JPEG which are commercially available as data compression chip sets. In the preferred embodiment, after compression it is anticipated that there will be two bits per pixel as opposed to the original ten bits per pixel thus yielding a 5:1 reduction in data rate which when combined with the other reductions, reduces the imagery data rate by a factor of more than 14:1.

[0054] The next step is to record the digital imagery data on appropriate magnetic recorders or similar memory devices. With the substantial data rate reductions described above, there are a number of magnetic recording systems capable of handling the imagery data, which as hereinabove described is at a peak data rate of 32 mega bytes/second.

[0055] During initial setup, the frame start command triggers the calculation by the global position system receiver, not shown, in the aircraft which calculates the latitude/longitude coordinates at the time the frame start command is issued. The next step in the process is to record the latitude/longitude coordinate data for each frame start command pulse which can then be utilized to coordinate or address the storing of the data for each frame. As hereinabove described latitude/longitude coordinate data facilitates or permits the location of the frame and subframe data when stored. As shown, this latitude/longitude address data can be recorded with the recorded data imagery so that it is tracked and easily accessible in that manner. For high quality images, as hereinabove described, it is necessary to ensure that the electro-optical sensor's position and pointing is known with respect to the surface of the earth. In order to correct and calibrate imagery data, as hereinabove described, it is desirable to monitor the three degrees of motion of the electro-optical sensor. As described in connection with FIGS. 15, 16 and 17, locating a plurality of GPS units on the aircraft and on the ground can be utilized to determine not only the exact position of the aircraft and therefore the sensor arm within the aircraft, but also the roll, pitch and yaw motions of the sensor arm due to turbulence, etc.

[0056] This motion correction data is then correlated with, for example as shown in connection with FIG. 17, the inertial guidance data to give the exact position and of the sensor arm 16 (FIG. 3). By utilizing such motion correction data and the data from the same picture taken by the seam or overlap of the four line sensors, the digitized imagery data can be compared and corrected to eliminate errors which result when the film or image plane is not kept exactly parallel to the earth's surface during picture or frame operations.

[0057] Following the correction of the imagery data to eliminate panoramic and other types of errors, the corrected digitized data may be outputted to various users, for example being accessed by the lat/lon coordinates which were recorded with the digital data at the start of each frame.

[0058] Referring now to FIG. 15 there is shown a logic block diagram of a dynamic calibration system in accordance with another aspect of applicants' invention. As hereinabove described, a static calibration table 140 is created by measuring the voltage out of each pixel for a controlled level of illumination as illustrated in FIGS. 14A and 14B. This calibration table data is utilized in correcting output variations between the individual pixel elements. In addition to the static calibration, for improved results it is desirable to incorporate dynamic calibration during an actual mission flight. The dynamic calibration table 142 in effect sets the exposure or shutter speed for actual mission conditions. In accordance with the dynamic calibration feature of applicants' improved camera, the initial step is to take a picture as the mission flight begins. The camera data along with the static calibration table data 140 are fed as inputs to the mission setup data controller 144. The mission data controller 144 calculates the DC offsets and gains for the new picture element data and compares it to the static calibration table data and feeds the output to a new dynamic calibration table unit 142. By recalculating the lookup table values and comparing them with the static calibration table in the comparator circuit 146, the appropriate offsets for the actual mission conditions are integrated into and reloaded into the static calibration table 140 which then would be utilized as hereinabove described in connection with FIG. 11. The static calibration table 140 and the dynamic calibration table 142 may comprise semiconductor or disk memory devices, for example MT5C1005DJ manufactured by Micron Technologies which include a separate memory location for each of the individual pixel elements. The mission data controller 144 comprises a processing unit, for example an Intel 486, which accepts the input data stream from the static calibration table 140 and the camera data taken from the calibration picture data and pairs them and loads the difference into the dynamic calibration table 142. The comparator circuit which, for example may comprise a comparator algorithm or an adder circuit of any known type, compares the input from the static calibration table and the dynamic calibration table for each pixel, and the difference being the variation of the dynamic calibration table 142 from the static calibration table values is reloaded into the static calibration table 140 for that flight.

[0059] One of the principal problems with airborne panoramic cameras is the assumption that the camera pointing angle is fixed with respect to the ground. For any variation in the camera position relative to the normal position to the ground results in pointing errors. Referring now to FIG. 16, there is shown a graphic plot of the amplitude of variations

which occur in normal flight as a function of time. The amplitude variations may be due to the roll, pitch or yaw type movements of the aircraft about the three axis as the plane is in flight due to variations in wind and general air turbulence. As illustrated in FIG. 16, the amplitude variations as a function of time may vary from -10 to +10 units. The graph illustrates several points which represent the instantaneous variation at a point in time due to such variations in upper air turbulence. A similar graph would be made with regard to each of the major axis of the plane and would be indicative of the amplitude of the motion variations due to either roll, pitch or yaw movements of the aircraft about its normal line of flight.

[0060] Referring now to FIG. 17, there is shown a pictorial and block diagram of an improved motion compensation circuit which can be employed to further calibrate the pixel calibration table and unit 114 to correct panoramic errors in the imagery data. In the case of the airborne film-based reconnaissance systems, fixed ground points are commonly used to recalculate the film data. In accordance with applicants' improved airborne panoramic system and method, the instantaneous attitude of the aircraft at any instant in time and in reference to a known ground position enables post processing to correct pointing errors introduced by the movement of the aircraft about its normal flight path.

[0061] As shown in FIG. 17, aircraft 10 has four antennas, 150, 152, 154, and 156 which communicate with GPS satellites 14. In addition, one ground GPS unit 158 is operating simultaneously. The ground unit 158 can be in radio communication with the GPS 162 and 164 on plane 10 which thus yield real time differential correction data. The three ADF aircraft mounted receivers having antennas 152, 154 and 156 track the roll, pitch and yaw movements of the aircraft respectively. The GPS receivers on the aircraft and on the ground respectively through direct triangulation on the three or four GPS satellites 14 develop the latitude-longitude coordinates of the exact position on the aircraft antenna 150 within a few centimeters. By combining the inertial navigation System, shown schematically in block 160 which may be of the inertial platform or accelerometer type, yields a very high accuracy angular position of sensor arm 16 (FIG. 3) and when interpolated with the GPS data from antenna 150 yields position accuracy data for the GPS antenna 150 with a $\pm$1 cm accuracy. Thus by using the dynamic calibration System described in FIG. 17, the position of sensor arm 16 can be calculated to better than 200 micro radians. With the differential GPS processors 168 in combination with the inertial navigation system motion differential processor 170 it is possible to calculate the position of the sensor arm 16 to a fraction of a radian. Using the dynamic error correction system described in FIG. 17 it is possible to remove any significant positional errors in the imagery data allowing the data to be ortho-rectified to the earth. Thus the primary errors introduced in digital panoramic airborne cameras, that of a moving focal point, can be corrected using applicants' dynamic calibration system and method.

[0062] As hereinabove described, comparison of remotely sensed spectral response data is useful in many applications including remote multi-spectral sensing of agriculture crops. Remote multi-spectral sensing for agriculture crops is primarily concerned with determining various crop parameters by analyzing spectral data to enable farmers to detect and correct crop conditions due, for example, to disease, weed or insect infection or fertilizer or irrigation needs. As shown in FIGS. 6A and 6B, utilizing applicants' improved electro-optical sensors and system facilitates the collection of imagery data by utilizing a plurality of color filters 63, 66 or 68. As described above, applicants' improved sensor arrays 62 and 64 have a spectral response superior to film systems.

[0063] Referring now to FIG. 18 there is shown a plot of spectral bands for blue, green, red, near infrared and infrared respectively which may be generated utilizing the combination of applicants' in-line optical sensors and the color filters 63, 66 and 68 shown in FIGS. 6A and 6B. As hereinabove described, the biological mass or other properties of agricultural crops can be determined for example as a function of the ratio of green-yellow or other spectral data. Such data is useful to a farmer in detecting crop conditions such as disease, weed or insect infestation thereby permitting the farmer to take appropriate actions to correct or counteract such conditions to increase the quality and quantity of production.

[0064] Referring now to FIG. 19, there is shown a diskette 190 having thereon magnetized tracks 192, 194 and 196. With reference to track 192, for example, an imagery data file 198 may be recorded as digital bits in a manner well known to those skilled in the computer arts. Along with the imagery data, related lat/ lon coordinate data may likewise be recorded on the same track in a combined address-data format or alternatively they may be related through an additional related addressing scheme. For example, as shown in FIG. 19A, by incorporating a tagging approach, related lat/lon coordinate data and the imagery data generated by that frame may be associated and recorded at predetermined addresses shown as 198 or through a scheme of look up tables well known to those skilled in the magnetic and recording arts. But in accordance with another aspect of applicants' invention, the imagery data file associated with each frame is preferably recorded with or proximate the corresponding lat/lon data as illustrated in FIG. 19A to enable easy access to the recorded imagery data. In this manner a convenient reference to the lat/lon coordinate data recorded at the time the frame imagery data was generated greatly simplifies accessing the associated imagery data. Thus by incorporating this lat/lon data tagging approach illustrated as 198 in FIG. 19, it is possible to access specific frame imagery data without the necessity for decompressing and searching an entire voluminous data file generated during a particular operation or mission.

[0065] While applicants' invention has been described with reference to several particular illustrative embodiments,

it is not to be restricted by those embodiments but only by the appended claims. Those skilled in the art will appreciate that the illustrative embodiments can be changed or modified without departing from the scope of the present invention.

Claims

1. A direct digital airborne whisk broom-type panoramic camera having an optical system for focusing a ground area to be imaged onto a focal plane, a rockably mounted sensor arm (16) for housing a lens and optical train, and drive means for moving said sensor arm (16) across the line of flight (22) of the aircraft (10) during camera operation, further comprising:

   electro-optical sensor means (20, 80) for converting images of said ground area to be imaged into analog electric image signals,
   means for fixedly mounting said electro-optical sensor means (20, 80) on said sensor arm (16) at the focal plane of the camera,
   image signal processing means (110, 112) for digitizing said analog image signals,
   data compression means (128) for compressing said digitized image signals, and
   memory means (132) for storing said compressed digitized image signals,
   whereby the overall image data rate is substantially reduced before storage in said memory means,

   characterized in that
   the electro-optical sensor means (20, 80) is a multi-port line array sensor means (20, 80),
   the direct digital airborne whisk broom-type panoramic camera further has an image motion compensation means for correcting the picked up image according to the aircraft motion during camera operation,
   the panoramic camera further includes a leveling buffer memory means (126) for storing said digitized image signals in a frame read-in period at a first data rate and for reading out the digitized image signals from the buffer memory means in a picture period at a second data rate, which is substantially lower than said first data rate, thereby slowing said data rate as a function of the ratio between said frame read-in period and said picture period,
   the analog electric image signals have an analog initial image data rate in the order of 150 to 450 million pixel signals per second.

2. The airborne panoramic camera of Claim 1, wherein said electro-optical multi-port line array sensor means (20, 80) comprises a plurality of pixel elements wherein the pixel pitch is in the range of 5 to 20 microns.

3. The airborne panoramic camera of Claim 1, wherein said sensor means (20, 80) comprises at least one group of a plurality of pixel lines (32, 34, 36, 38) arranged in a staggered, overlapping arrangement with at least one of the others of said plurality of lines of pixel elements (32, 34, 36, 38) and wherein the overlapping pixel elements (32, 34, 36, 38) generate like image signals at different time intervals during each frame operation of the camera and wherein said multi-port line array (20, 80) includes a plurality of stages of time-domain integration for each pixel element.

4. The airborne panoramic camera of Claim 1, additionally including a plurality of optical filter means (66, 68) functionally associated with said sensor means (20, 80).

5. The airborne panoramic camera of Claim 1, additionally including differential global position system means (129) for determining position data for said sensor arm in terms of latitude and longitude coordinates for each picture sub-frame of operation of the camera and data addressing means for tagging digitized image signals corresponding to a particular sub-frame as a function of the determined latitude-longitude coordinate data.

6. The airborne panoramic camera of Claim 1, wherein at least one of said sensor means (20, 80) comprises an infrared sensing element.

7. The airborne panoramic camera of Claim 1, additionally including a plurality of color filter means (66, 68) for filtering portions of the spectrum of incident radiation passing through said lens .

8. The airborne panoramic camera of Claim 1, wherein said sensor means (20, 80) comprises a plurality of parallel lines of sensor elements (32, 34, 36, 38) arrayed in a staggered, overlapped arrangement, and additionally including means for correcting panoramic type errors in said digital image signals as a function of data from said overlapped

sensor elements (32, 34, 36, 38).

9. A method for generating and processing remote image data from a direct digital airborne whisk broom-type panoramic camera having a predetermined picture period and a predetermined frame read-in period comprising the steps of:

generating analog image signals by exposing a multi-output port line array of pixel elements having in the order of 8 to 16 output data ports to illumination from an area to be imaged,
converting said analog image signals into digital image signals,
first reducing the first output data rate of said digital image signals to a second data rate using a leveling buffer memory means (126) for storing digitized image signals in said frame read-in period at said first data rate and for reading out the digitized image signals from the buffer memory means in said picture period at said second data rate, which is substantially lower than said first data rate, thereby slowing said data rate as a function of the ratio between the frame read-in period and the picture period of said camera,
further reducing said second data rate of said digital image data by subjecting the digital data to a compression algorithm process, and
recording the compressed digital data in a digital memory device, whereby the image data rate is substantially reduced before storage.

10. The method of Claim 9, further including the steps of:

generating a static calibrating data table with unique values for each pixel element,
correcting said digital image signals as a function of said static calibrating data for each pixel element, and further reducing the data rate of said digital image signals by utilizing individual pixel calibration data.

11. The method of Claim 9, further including the steps of:

generating static calibrating data with data conversion values for each pixel element,
generating dynamic calibrating data with data derived from setup picture data representative of actual mission condition, and
correcting said digital image signals as a function of a differential between said static calibrating data and said dynamic calibrating data.

12. The method of Claim 9, further including the steps of:

determining the exact latitude and longitude coordinates for the location of said line array of pixel elements (32, 34, 36, 38) by differential global position system techniques, and
designating a memory storage location for digital image signals for each picture line sub-frame of camera operations as a function of the latitude-longitude coordinates data corresponding to the initiation of each respective picture line sub-frame operation of the camera.

13. The method of Claim 10, including the additional steps of:

determining the magnitude of any motion of the pixel element array (32, 34, 36, 38) by comparing the differential outputs of a plurality of aircraft mounted receivers fixedly mounted on the airborne platform and the output of an inertial guidance system monitoring the motion of said pixel element array (32, 34, 36, 38),
correcting any panoramic errors introduced into the digital image signals by any roll, pitch or yaw movements of the airborne platform or pixel element array (32, 34, 36, 38), and
wherein the step of correcting is within the range of 50 to 200 micro radians.

14. The method of Claim 9, additionally including the steps of:

generating latitude/longitude coordinate data associated with each frame of camera operation, and
storing a portion of said compressed digital data stored in said digital memory utilizing said latitude/longitude coordinate data for a specific frame of compressed data.

15. The method of Claim 9, wherein the step of generating analog image signals includes the step of converting image-wise radiation into analog image signals utilizing a plurality of parallel, offset sensor arrays to generate overlap

gap image data signals, and additionally including the step of correcting panoramic type errors in said digital image signals as a function of said gap image data.

Patentansprüche

1. Flugzeuggestützte Direkt-Digital-Panoramakamera gemäß dem Whisk-Broom-Prinzip mit einem optischen System zum Fokussieren eines abzubildenden Flächenbereiches auf eine Brennebene, einem schwenkbar befestigten Sensorarm (16) zum Unterbringen einer Linse und einer optischen Kette und einem Antriebsmittel zum Bewegen des Sensorarms (16) während des Kamerabetriebs quer zur Fluglinie (22) des Flugzeugs (10), ferner aufweisend:

   elektro-optische Sensormittel (20, 80) zum Umwandeln der Bilder vom abzubildenden Flächenbereich in analoge elektrische Bildsignale,
   Mittel zum festen Montieren des elektro-optischen Sensormittels (20, 80) an dem Sensorarm (16) bei der Brennebene der Kamera,
   Bildsignal-Verarbeitungs-Mittel (110, 112) zum Digitalisieren der analogen Bildsignale,
   Daten-Komprimierungsmittel (128) zum Komprimieren der digitalisierten Bildsignale, und
   Speichermittel (132) zum Speichern der komprimierten digitalisierten Bildsignale,
   wodurch die Gesamt-Bilddatenrate vor der Speicherung in dem Speichermittel wesentlich reduziert ist,

   dadurch gekennzeichnet, dass:

   das elektro-optische Sensormittel (20, 80) ein Multi-Port-Zeilen-Feld-Sensormittel (20, 80) ist,
   die flugzeuggestützte Direkt-Digital-Panoramakamera gemäß dem Whisk-Broom-Prinzip ferner ein Mittel zur Bildbewegungs-Kompensation zum Korrigieren des aufgenommenen Bildes gemäß der Bewegung des Flugzeugs während des Kamerabetriebs aufweist,
   die Panoramakamera ferner ein Ausgleichs-Puffer-Speichermittel (126) zum Speichern der digitalisierten Bildsignale in einer Frame-Einlese-Periode mit einer ersten Datenrate und zum Auslesen der digitalisierten Bildsignale aus dem Puffer-Speichermittel in einer Bildperiode mit einer zweiten Datenrate aufweist, die wesentlich geringer ist als die erste Datenrate, wodurch die Datenrate als Funktion von dem Verhältnis zwischen der Frame-Einlese-Periode und der Bildperiode herabgesetzt wird,
   die analogen elektrischen Bildsignale eine anfängliche Analog-Bild-Datenrate in der Größenordnung von 150 bis 450 Millionen Pixelsignalen pro Sekunde aufweisen.

2. Flugzeuggestützte Panoramakamera gemäß Anspruch 1, wobei das elektro-optische Multi-Port-Zeilen-Feld-Sensormittel (20, 80) eine Mehrzahl von Pixelelementen aufweist, wobei der Pixelabstand im Bereich von 5 bis 20 Mikrometer liegt.

3. Flugzeuggestützte Panoramakamera gemäß Anspruch 1, wobei das Sensormittel (20, 80) zumindest eine Gruppe einer Mehrzahl von Pixelzeilen (32, 34, 36, 38) aufweist, die zu zumindest einer der anderen der Mehrzahl von Zeilen von Pixelelementen (32, 34, 36, 38) verschoben und diese überlappend angeordnet sind, und wobei die sich überlappenden Pixelelemente (32, 34, 36, 38) bildähnliche Signale mit unterschiedlichen Zeitabständen während jeder Frame-Operation der Kamera erzeugen, und wobei das Multi-Port-Zeilen-Feld (20, 80) eine Mehrzahl von Zeitauflösungs-Integrations-Stufen für jedes Pixelelement aufweist.

4. Flugzeuggestützte Panoramakamera gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend eine Mehrzahl von optischen Filtermitteln (66, 68), die funktional mit dem Sensormittel (20, 80) verbunden sind.

5. Flugzeuggestützte Panoramakamera gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend ein globales Satelliten-Navigationssystem-Mittel (129) zum Ermitteln der Positionsdaten für den Sensorarm bezüglich der Breitengrad- und Längengrad-Koordinaten für jedes Bild-Teilframe beim Kamerabetrieb sowie ein Daten-Adressiermittel zum Kennzeichnen digitalisierter Bildsignale entsprechend einem bestimmten Teilframe als eine Funktion von den ermittelten Breitengrad-Längengrad-Koordinatendaten.

6. Flugzeuggestützte Panoramakamera gemäß Anspruch 1, wobei zumindest eines der Sensormittel (20, 80) ein Infrarot-Sensorelement aufweist.

7. Flugzeuggestützte Panoramakamera gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend eine Mehrzahl von Farbfilter-Mitteln (66, 68) zum Filtern von Spektralbereichen der einfallenden Strahlung, die die Linse passiert.

8. Flugzeuggestützte Panoramakamera gemäß Anspruch 1, wobei das Sensormittel (20, 80) eine Mehrzahl von parallelen Zeilen von Sensorelementen (32, 34, 36, 38) aufweist, die zueinander verschoben und überlappend angeordnet sind, und ferner aufweisend Mittel zum Korrigieren der panoramatypischen Fehler in den digitalen Bildsignalen als eine Funktion von den Daten von den überlappenden Sensorelementen (32, 34, 36, 38).

9. Verfahren zum Erzeugen und Verarbeiten von entfernten Bilddaten von einer flugzeuggestützten Direkt-Digital-Panoramakamera gemäß dem Whisk-Broom-Prinzip mit einer vorbestimmten Bildperiode und einer vorbestimmten Frame-Einlese-Periode, aufweisend die Schritte:

Erzeugen analoger Bildsignale mittels Freilegens eines Multi-Ausgangs-Port-Zeilen-Feldes von Pixelelementen in der Größenordnung von 8 bis 16 Ausgabe-Daten-Ports zur Anstrahlung von einem aufzunehmenden Bereich,
Umwandeln der analogen Bildsignale in digitale Bildsignale,
zunächst Reduzieren der ersten Ausgabe-Datenrate der digitalen Bildsignale zu einer zweiten Datenrate unter Verwenden eines Ausgleichs-Puffer-Speichermittels (126) zum Speichern digitalisierter Bildsignale in der Frame-Einlese-Periode mit der ersten Datenrate und zum Auslesen der digitalisierten Bildsignale aus dem Puffer-Speichermittel in der Bildperiode mit der zweiten Datenrate, die wesentlich geringer ist als die erste Datenrate, wodurch die Datenrate als eine Funktion von dem Verhältnis zwischen der Frame-Einlese-Periode und der Bildperiode der Kamera herabgesetzt wird,
ferner Reduzieren der zweiten Datenrate der digitalen Bilddaten mittels Unterwerfens der digitalen Daten einem Komprimierungs-Algorithmus-Prozess, und
Aufzeichnen der komprimierten digitalen Daten in einer digitalen Speichervorrichtung, wobei die Bilddatenrate vor der Speicherung wesentlich reduziert ist.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, ferner aufweisend die Schritte:

Erzeugen einer statischen Kalibrierungs-Datentabelle mit eindeutigen Werten für jedes Pixelelement,
Korrigieren der digitalen Bildsignale als eine Funktion von den statischen Kalibrierungsdaten für jedes Pixelelement, und
weiteres Reduzieren der Datenrate der digitalen Bildsignale mittels Verwendens der einzelnen Pixel-Kalibrierungsdaten.

11. Verfahren gemäß Anspruch 9, ferner aufweisend die Schritte:

Erzeugen statischer Kalibrierungsdaten mit Daten-Umwandlungswerten für jedes Pixelelement,
Erzeugen dynamischer Kalibrierungs-Daten mit Daten, die von den gesetzten Bilddaten abgeleitet worden sind, die für den eigentlichen Auftragszustand repräsentativ sind, und
Korrigieren der digitalen Bildsignale als eine Funktion von einem Differential zwischen den statischen Kalibrierungsdaten und den dynamischen Kalibrierungsdaten.

12. Verfahren gemäß Anspruch 9, ferner aufweisend die Schritte:

Ermitteln der exakten Breitengrad- und Längengrad-Koordinaten für die Position des Zeilen-Feldes von Pixelelementen (32, 34, 36, 38) mittels der Techniken des globalen Satelliten-Navigationssystems, und
Bestimmen eines Speicherortes für die Speicherung der digitalen Bildsignale für jedes Kamerabetriebs-Bildzeilen-Teilframe als eine Funktion von den Breitengrad-Längengrad-Koordinatendaten entsprechend dem Beginn jeder entsprechenden Bildzeilen-Teilframe-Operation der Kamera.

13. Verfahren gemäß Anspruch 10, ferner aufweisend die weiteren Schritte:

Ermitteln der Größe irgendeiner Bewegung des Pixelelement-Feldes (32, 34, 36, 38) mittels Vergleichens der unterschiedlichen Ausgaben einer Mehrzahl von am Flugzeug befestigten Empfängern, die fest auf der Flugzeug-Plattform montiert sind, und der Ausgabe eines Trägheits-Navigationssystems, das die Bewegung des Pixelelement-Feldes (32, 34, 36, 38) überwacht,
Korrigieren irgendwelcher Panoramafehler, die in die digitalen Bildsignale mittels irgendeiner Roll-, Stei-

gungsoder Scherbewegung der Flugzeug-Plattform des Pixelelement-Feldes (32, 34, 36, 38) eingeführt worden sind, und
wobei der Korrekturschritt innerhalb des Bereiches von 50 bis 200 Mikroradiant liegt.

14. Verfahren gemäß Anspruch 9, ferner aufweisend die Schritte:

Erzeugen der Breitengrad-/Längengrad-Koordinatendaten, die jeweils einem Frame der Kameraoperation zugeordnet sind, und
Speichern eines Abschnitts der komprimierten digitalen Daten, die in dem digitalen Speicher gespeichert sind, unter Verwenden der Breitengrad-/Längengrad-Koordinatendaten für ein spezifisches Frame der komprimierten Daten.

15. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei der Schritt des Erzeugens analoger Bildsignale den Schritt des Umwandelns der bildweisen Strahlung in analoge Bildsignale unter Verwenden einer Mehrzahl von parallelen Offset-Sensorfeldern aufweist, um Überlappungs-Abstands-Bilddaten-Signale zu erzeugen, und ferner aufweisend den Schritt des Korrigierens der panoramatypischen Fehler in den digitalen Bildsignalen als eine Funktion von den Abstands-Bilddaten.

Revendications

1. Caméra panoramique numérique directe embarquée du type pouvant prendre des vues dans la direction transversale à la ligne de vol d'un avion, comportant un système optique pour focaliser une zone terrestre à visualiser sur un plan focal, un bras détecteur (16) monté de manière à pouvoir tourner, pour loger une lentille et un train optique et un moyen d'entraînement pour déplacer ledit bras détecteur (16) sur la ligne de vol (22) de l'avion (10) au cours du fonctionnement de la caméra, comprenant en outre:

un moyen (20, 80) formant détecteur électro-optique pour convertir des images de ladite zone terrestre à visualier en signaux d'image électriques analogiques,
un moyen pour monter de manière fixe ledit moyen (20, 80) formant détecteur électro-optique sur ledit bras détecteur (16) au niveau du plan focal de la caméra,
un moyen (110, 112) de traitement de signal d'image pour numériser lesdits signaux d'image analogiques,
un moyen (128) de compression de données pour comprimer lesdits signaux d'image numérisés, et
un moyen (132) formant mémoire pour stocker lesdits signaux d'image numérisés comprimés,
à la suite de quoi la cadence de données d'image totale est sensiblement réduite avant le stockage dans ledit moyen formant mémoire,

caractérisée en ce que

le moyen (20, 80) formant détecteur électro-optique est un moyen (20, 80) formant détecteur de réseau de lignes à accès multiples,

la caméra panoramique numérique directe embarquée du type pouvant prendre des vues dans la direction transversale à la ligne de vol d'un avion comporte en outre un moyen de compensation de mouvement d'image pour corriger l'image prise en fonction du mouvement de l'avion au cours du fonctionnement de la caméra,

la caméra panoramique comporte en outre un moyen (126) formant mémoire tampon de nivellement pour stocker lesdits signaux d'image numérisés au cours dune période de Lecture de trame, à une première cadence de données, et pour lire les signaux d'image numérisés à partir du moyen formant mémoire tampon, au cours d'une période de représentation, à une deuxième cadence de données qui est sensiblement inférieure à ladite première cadence de données, afin de ralentir ladite cadence de données en fonction du rapport entre ladite période de lecture de trame et ladite période de représentation,

les signaux d'image électriques analogiques ont une cadence de données d'image initiale analogique de l'ordre de 150 à 450 millions de signaux de pixel par seconde.

2. Caméra panoramique embarquée selon la revendication 1, dans laquelle ledit moyen (20, 80) formant détecteur électro-optique de réseau de lignes à accès multiples comprend une pluralité d'éléments de pixels, le pas des pixels étant compris dans la plage de 5 à 20 microns.

3. Caméra panoramique embarquée selon la revendication 1, dans laquelle ledit moyen (20, 80) formant détecteur comprend au moins un groupe d'une pluralité de lignes (32, 34, 36, 38) de pixels, agencées selon un agencement

superposé et étagé avec au moins l'une des autres de ladite pluralité de lignes d'éléments de pixels (32, 34, 36, 38) et dans laquelle les éléments de pixels qui sont superposés (32, 34, 36, 38) génèrent des signaux d'image identiques à différents intervalles de temps au cours de chaque opération de trame de la caméra et dans laquelle ledit réseau (20, 80) de lignes à accès multiples comporte une pluralité d'étages d'intégration dans le domaine temporel pour chaque élément de pixel.

4. Caméra panoramique embarquée selon la revendication 1, comportant en outre une pluralité de moyens (66, 68) formant filtre optique, associés de manière fonctionnelle avec ledit moyen (20, 80) formant détecteur.

5. Caméra panoramique embarquée selon la revendication 1, comportant en outre un moyen (129) formant système différentiel GPS de satellites pour déterminer des données de position pour ledit bras détecteur en termes de coordonnées de latitude et de longitude pour chaque trame secondaire de représentation de fonctionnement de la caméra et un moyen d'adressage de données pour référencer des signaux d'image numérisés correspondant à une trame secondaire particulière en fonction des données déterminées de coordonnées de latitude-longitude.

6. Caméra panoramique embarquée selon la revendication 1, dans laquelle au moins l'un desdits moyens (20, 80) formant détecteur comprend un élément de détection à infrarouge.

7. Caméra panoramique embarquée selon la revendication 1, comportant en outre une pluralité de moyens (66, 68) formant filtre en couleurs pour filtrer des parties du spectre de rayonnement incident passant à travers ladite lentille.

8. Caméra panoramique embarquée selon la revendication 1, dans laquelle lesdits moyens (20, 80) formant détecteur comprennent une pluralité de lignes parallèles d'éléments (32, 34, 36, 38) formant détecteur, agencées dans un agencement étagé superposé, et comportant en outre un moyen pour corriger des erreurs de type panoramique dans lesdits signaux d'image numériques en fonction de données en provenance desdits éléments (32, 34, 36, 38) superposés formant détecteur.

9. Procédé pour générer et traiter des données d'image à distance en provenance d'une caméra panoramique numérique directe embarquée du type pouvant prendre des vues dans la direction transversale à la ligne de vol d'un avion, ayant une période de représentation prédéterminée et une période de lecture de trame prédéterminée, comprenant les étapes:

de génération de signaux d'image analogiques par exposition d'un réseau de lignes à accès de sortie multiples d'éléments de pixels ayant de l'ordre de 8 à 16 accès de données de sortie pour un éclairage à partir d'une zone à visualiser,
de conversion desdits signaux d'image analogiques en signaux d'image numériques,
d'une première réduction de la première cadence de données de sortie desdits signaux d'image numériques à une deuxième cadence de données en utilisant un moyen (126) formant mémoire tampon de nivellement pour stocker des signaux d'image numérisés au cours de ladite période de lecture de trame, à ladite première cadence de données et pour lire les signaux d'image numérisés à partir du moyen formant mémoire tampon au cours de ladite période de représentation, à ladite deuxième cadence de données qui est sensiblement inférieure à ladite première cadence de données, afin de ralentir ladite cadence de données en fonction du rapport entre la période de lecture de trame et la période de représentation de ladite caméra,
d'une autre réduction de ladite deuxième cadence de données desdites données d'image numériques en soumettant les données numériques à un processus d'algorithme de compression, et
d'enregistrement des données numériques comprimées dans un dispositif formant mémoire numérique, à la suite de quoi la cadence de données d'image est sensiblement réduite avant stockage.

10. Procédé selon la revendication 9, comportant en outre les étapes:

de génération d'une table de données d'étalonnage statique avec des valeurs uniques pour chaque élément de pixel,
de correction desdits signaux d'image numériques en fonction desdites données d'étalonnage statique pour chaque élément de pixel, et
d'une autre réduction de la cadence de données desdits signaux d'image numériques en utilisant des données individuelles d'étalonnage de pixel.

11. Procédé selon la revendication 9, comportant en outre les étapes :

de génération de données d'étalonnage statique avec des valeurs de conversion de données pour chaque élément de pixel,
de génération de données d'étalonnage dynamique avec des données obtenues à partir de données de représentation établies, représentatives d'une condition de mission réelle, et
de correction desdits signaux d'image numériques en function d'une différentielle entre lesdites données d'étalonnage statique et lesdites données d'étalonnage dynamique.

12. Procédé selon la revendication 9, comportant en outre les étapes:

de détermination des coordonnées exactes de latitude et de longitude pour l'emplacement dudit réseau de lignes d'éléments de pixels (32, 34, 36, 38), par des techniques de système GPS différentiel, et
de désignation d'un emplacement de stockage en mémoire pour des signaux d'image numériques pour chaque ligne de trame secondaire d'opérations de caméra en fonction des données de coordonnées de latitude-longitude correspondant à l'amorce de chaque exécution de ligne de trame secondaire respective de la caméra.

13. Procédé selon la revendication 10, comportant les étapes supplémentaires:

de détermination de l'amplitude de tout mouvement du réseau (32, 34, 36, 38) d'éléments de pixels en comparant les sorties différentielles d'une pluralité de récepteurs montés sur un avion, montés de manière fixe sur la plateforme embarquée et la sortie d'un système de guidage inertiel surveillant le mouvement dudit réseau (32, 34, 36, 38) d'éléments de pixels,
de correction d'erreurs panoramiques quelconques introduites dans les signaux d'image numériques par tous mouvements de roulis, de tangage ou de lacet de la plateforme embarquée ou le réseau (32, 34, 36, 38) d'éléments de pixels, et
dans lequel l'étape de correction est comprise dans la plage de 50 à 200 microradians.

14. Procédé selon la revendication 9, comportant en outre les étapes:

de génération de données de coordonnées de latitude/longitude associées avec chaque trame de fonctionnement de caméra, et
de stockage d'une partie desdites données numériques comprimées, stockées dans ladite mémoire numérique, en utilisant lesdites données de coordonnées de latitude/longitude pour une trame spécifique de données comprimées.

15. Procédé selon la revendication 9, dans lequel l'étape de génération de signaux d'image analogiques comporte l'étape de conversion de radiation en forme d'image en signaux d'image analogiques en utilisant une pluralité de réseaux parallèles de détecteurs de décalage pour générer des signaux de données d'image à intervalle de superposition, et comportant en outre l'étape de correction d'erreurs de type panoramique dans lesdits signaux d'image numériques en fonction desdites données d'image à intervalle.

Fig. 1

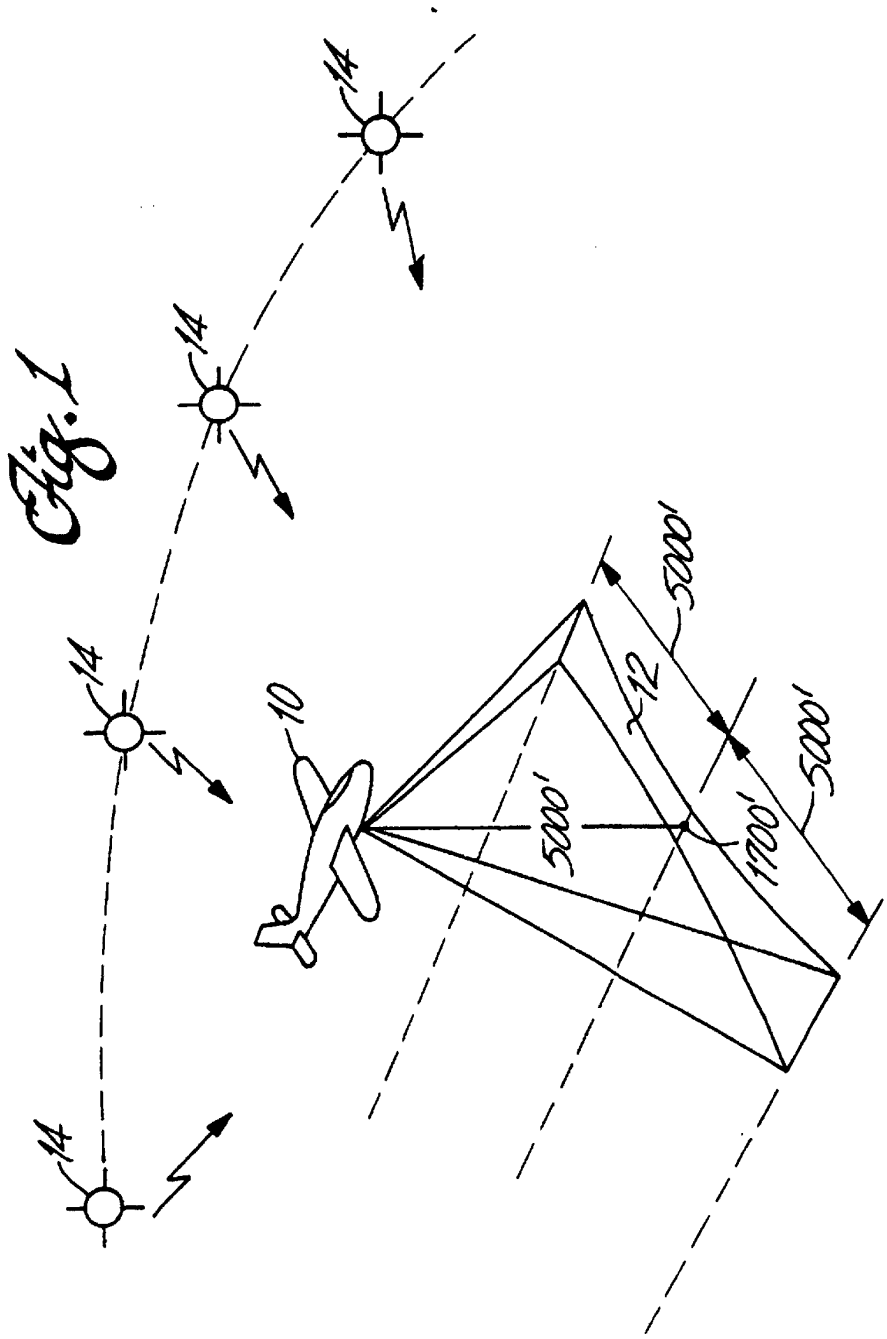


Fig.2

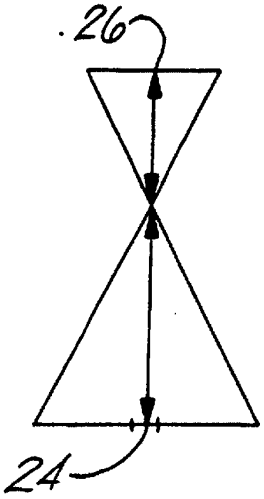


Fig.3

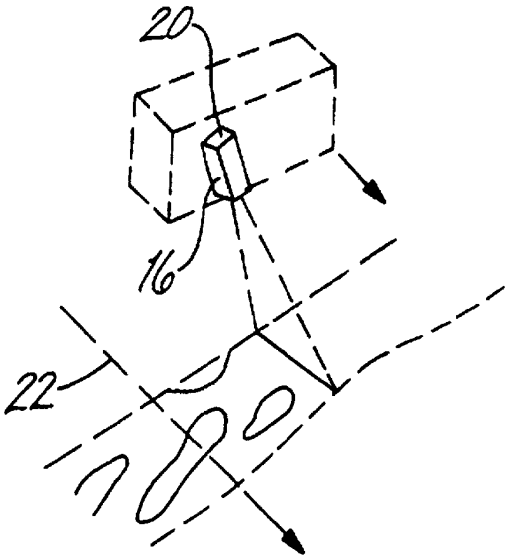


Fig.4

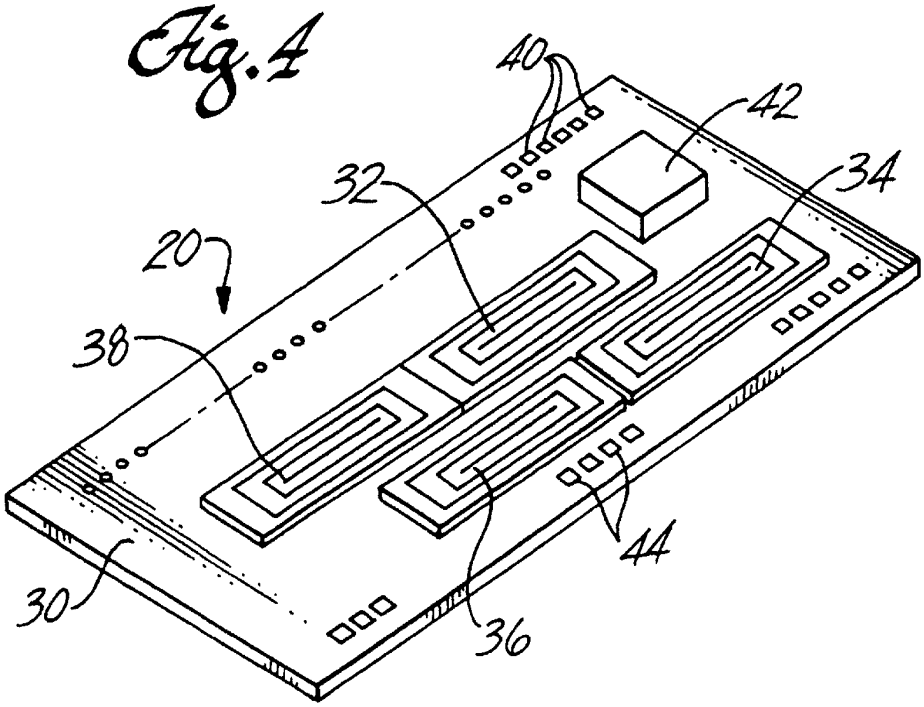


FIG.5

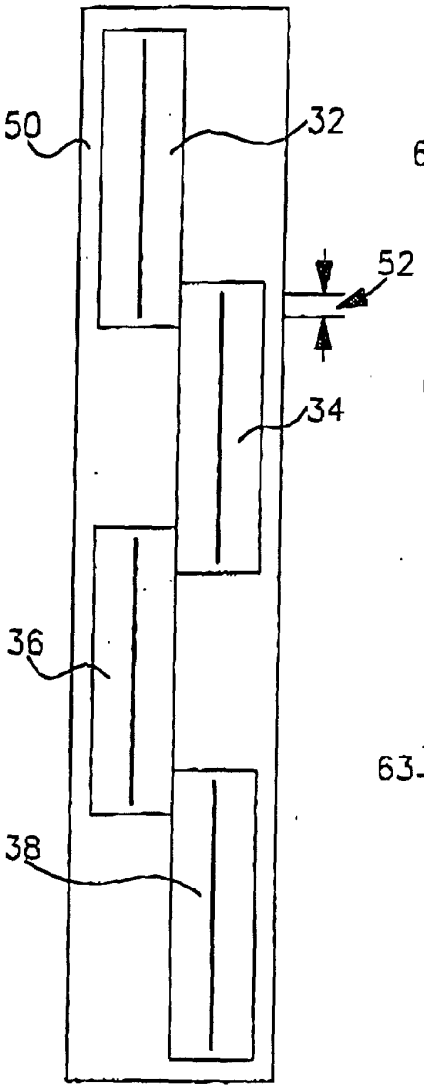


FIG.6A

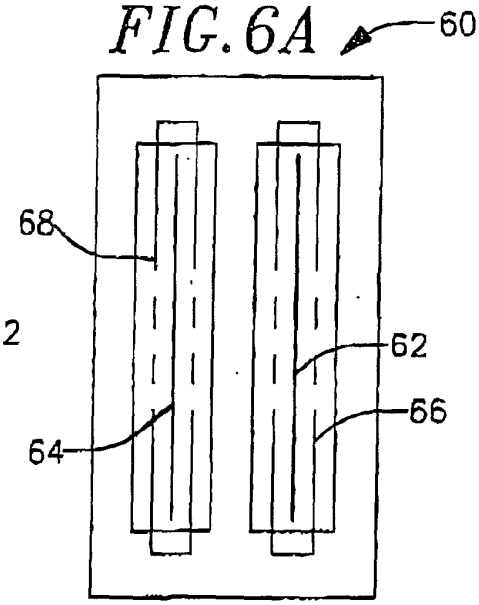


FIG.6B

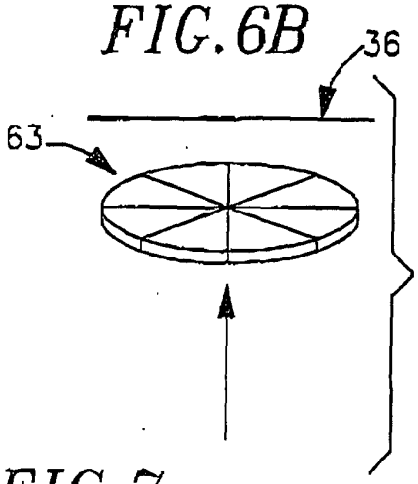


FIG.7

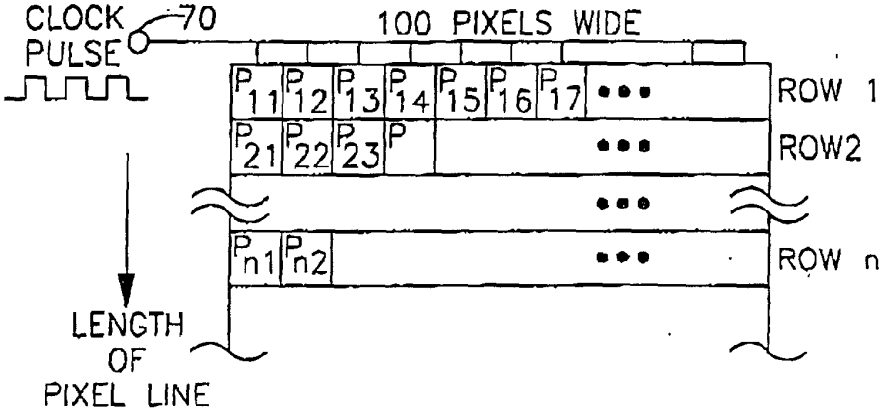


FIG. 8

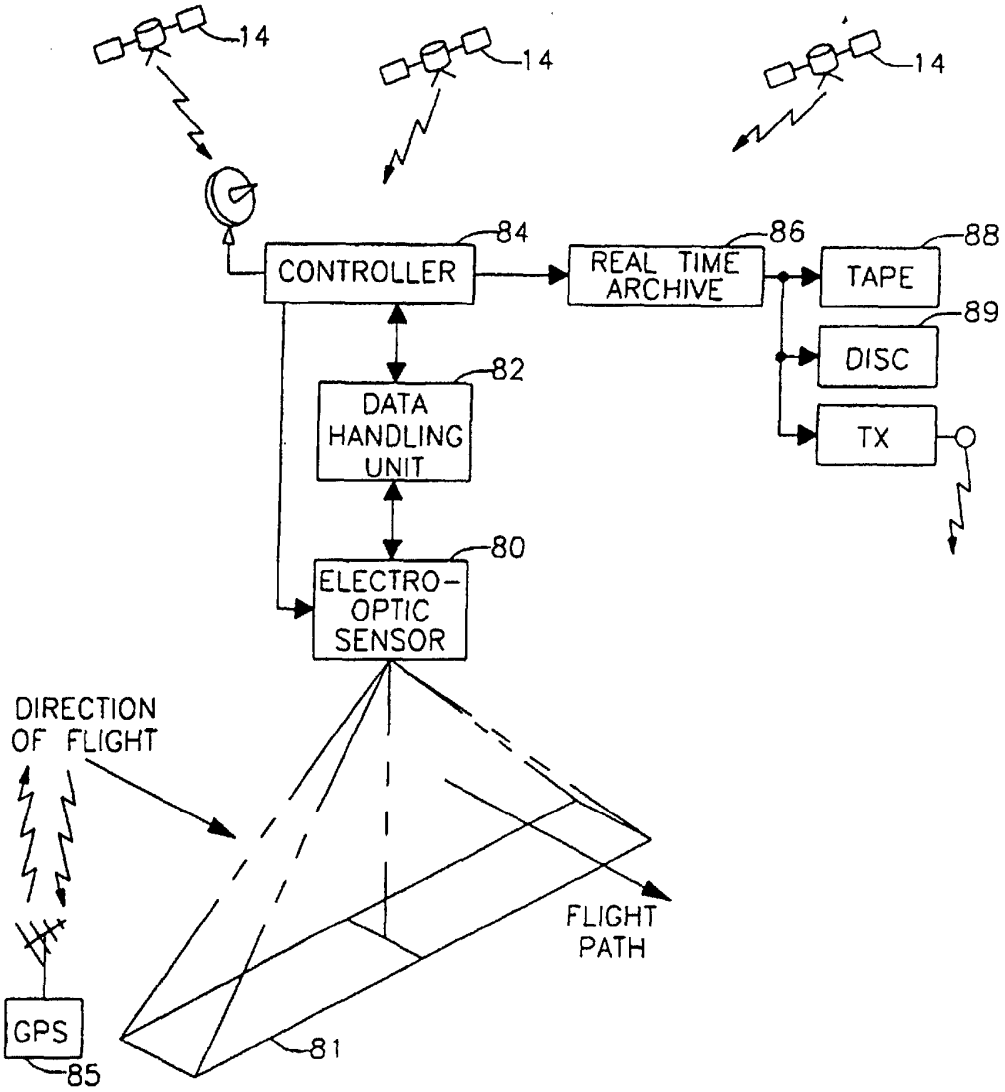

14
14
14
84
CONTROLLER
86
REAL TIME ARCHIVE
88
TAPE
89
DISC
TX
82
DATA HANDLING UNIT
80
ELECTRO-OPTIC SENSOR
DIRECTION OF FLIGHT
FLIGHT PATH
GPS
85
81

FIG. 9

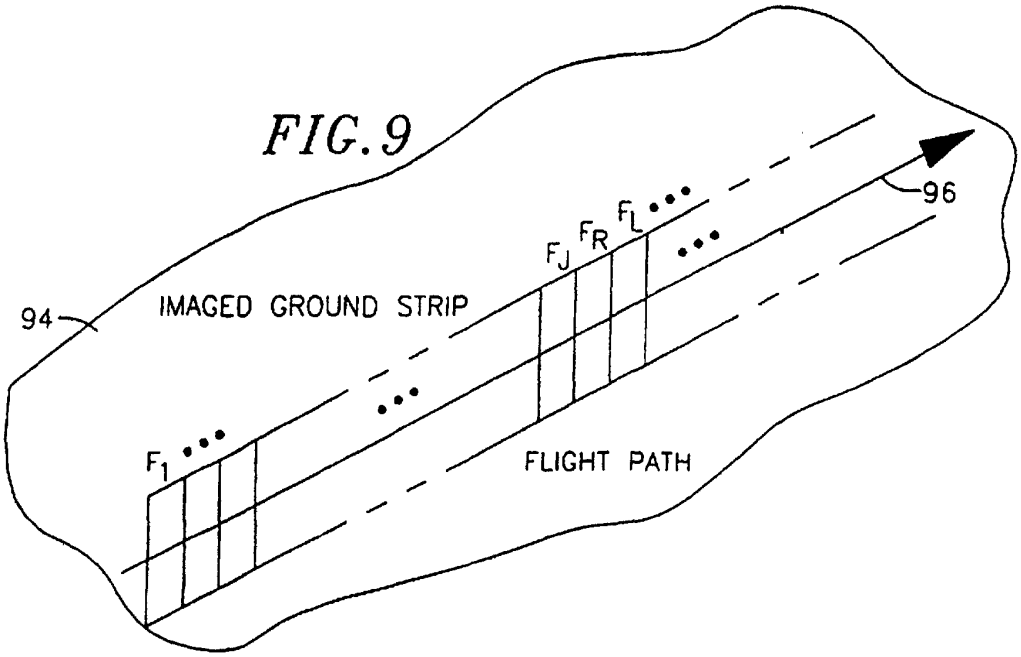

94
IMAGED GROUND STRIP
96
F_1
F_J
F_R
F_L
FLIGHT PATH

FIG. 10

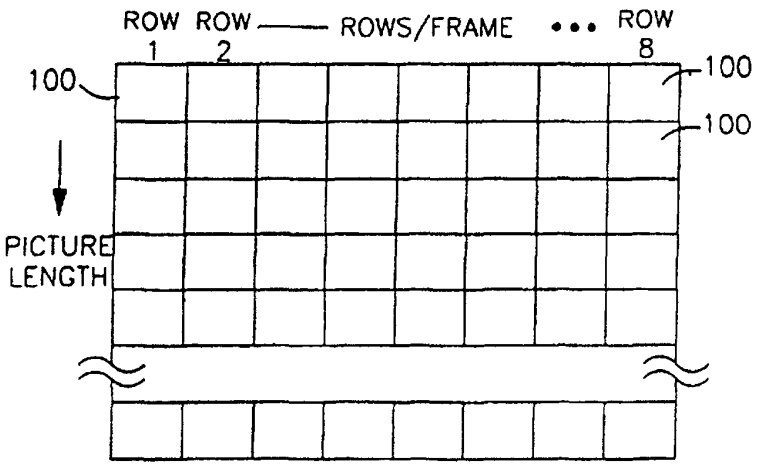

PICTURE WIDTH
ROW 1
ROW 2
ROWS/FRAME
ROW 8
100
100
100
PICTURE LENGTH

FIG. 11

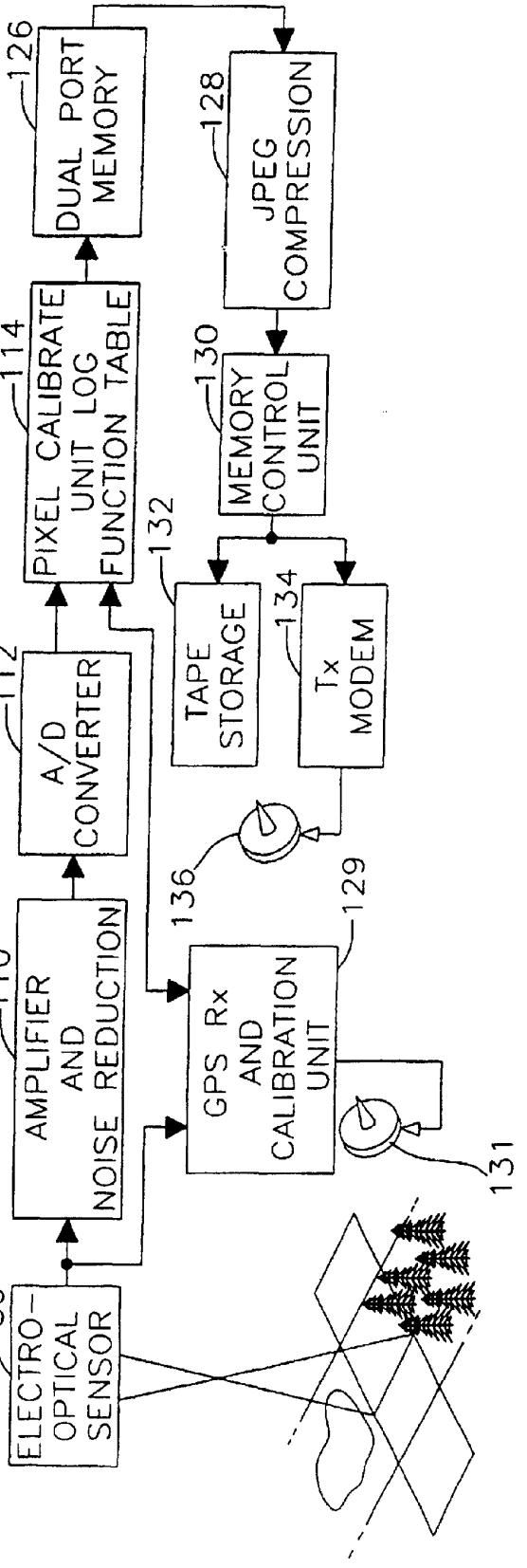

ELECTRO-OPTICAL SENSOR
80
AMPLIFIER AND NOISE REDUCTION
110
A/D CONVERTER
112
PIXEL CALIBRATE UNIT LOG FUNCTION TABLE
114
DUAL PORT MEMORY
126
JPEG COMPRESSION
128
MEMORY CONTROL UNIT
130
TAPE STORAGE
132
Tx MODEM
134
GPS Rx AND CALIBRATION UNIT
129
136
131

FIG. 12

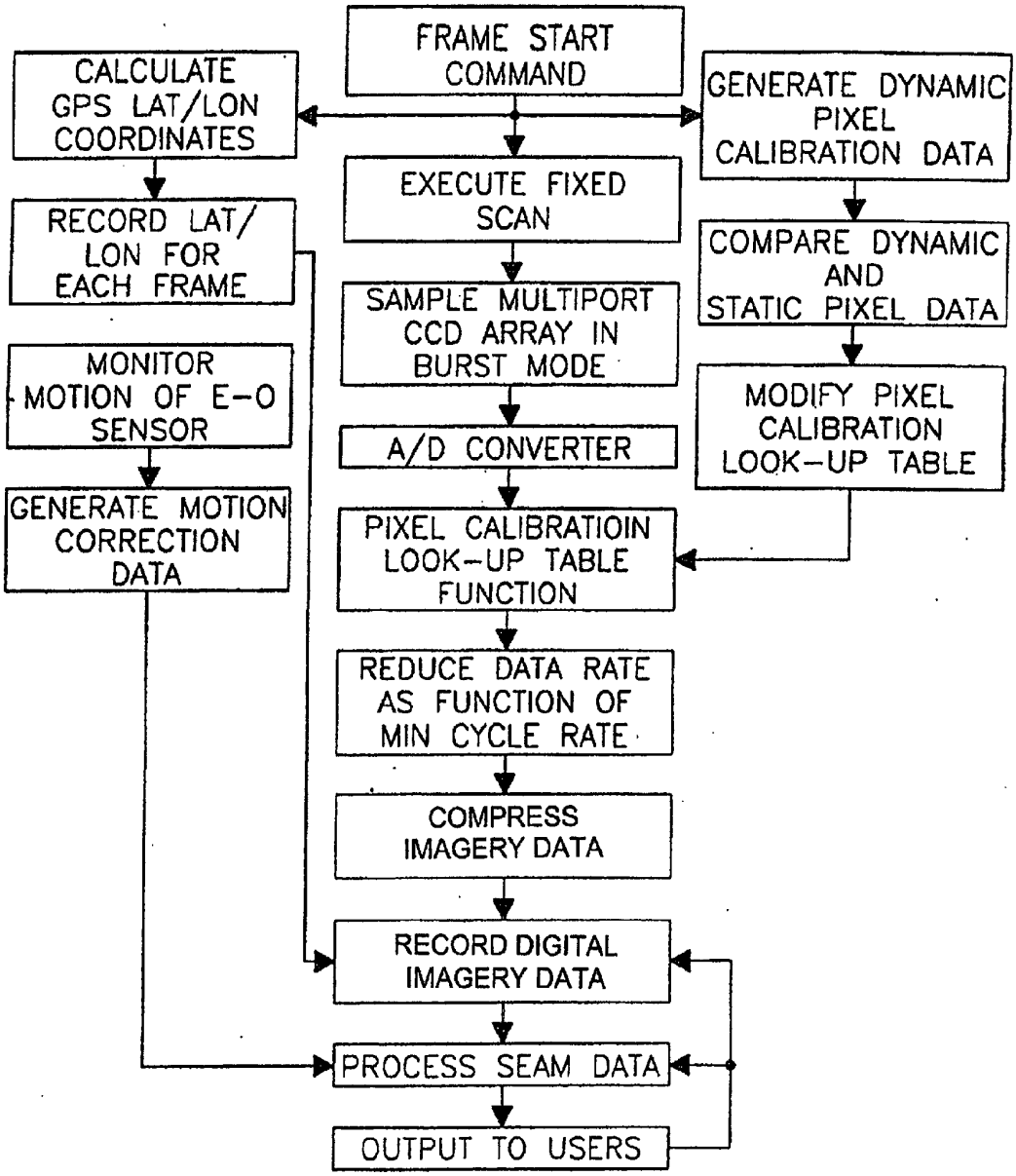

FRAME START COMMAND
CALCULATE GPS LAT/LON COORDINATES
RECORD LAT/ LON FOR EACH FRAME
MONITOR MOTION OF E-O SENSOR
GENERATE MOTION CORRECTION DATA
EXECUTE FIXED SCAN
SAMPLE MULTIPORT CCD ARRAY IN BURST MODE
A/D CONVERTER
PIXEL CALIBRATIOIN LOOK-UP TABLE FUNCTION
REDUCE DATA RATE AS FUNCTION OF MIN CYCLE RATE
COMPRESS IMAGERY DATA
RECORD DIGITAL IMAGERY DATA
PROCESS SEAM DATA
OUTPUT TO USERS
GENERATE DYNAMIC PIXEL CALIBRATION DATA
COMPARE DYNAMIC AND STATIC PIXEL DATA
MODIFY PIXEL CALIBRATION LOOK-UP TABLE

FIG. 13

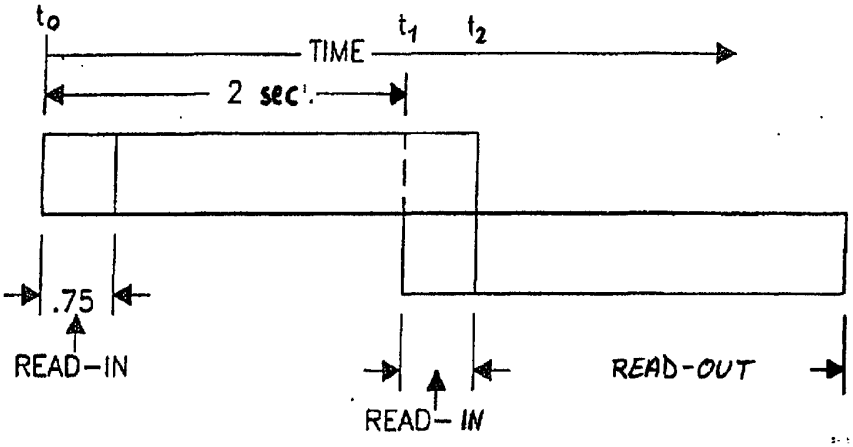


FIG. 14A

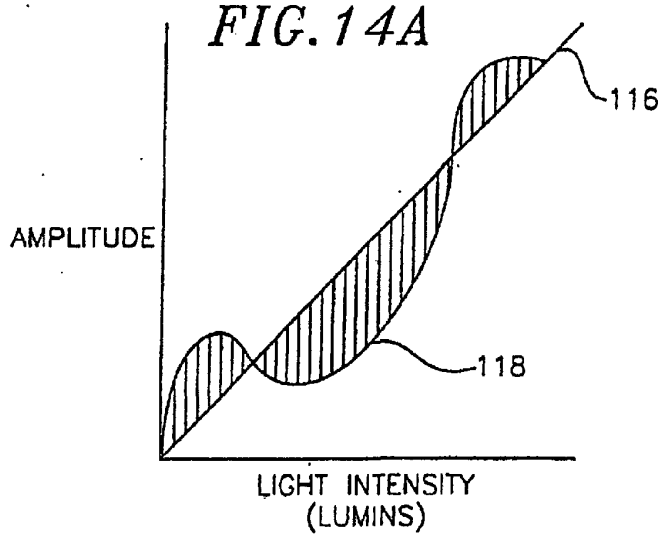


FIG. 14B

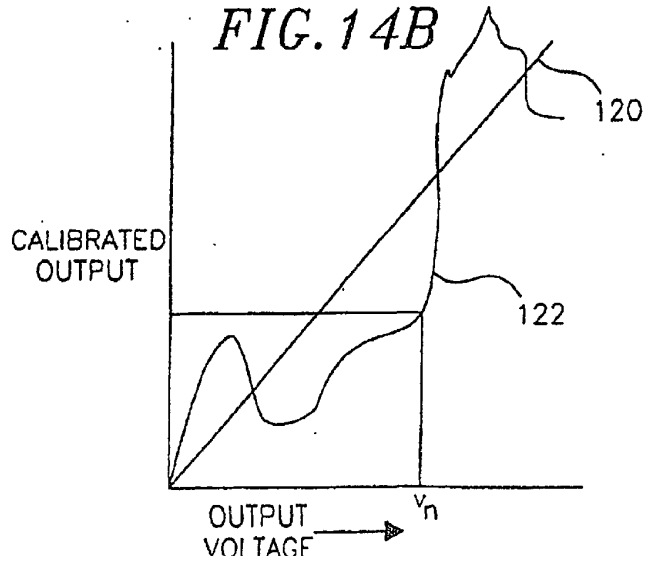


FIG. 15

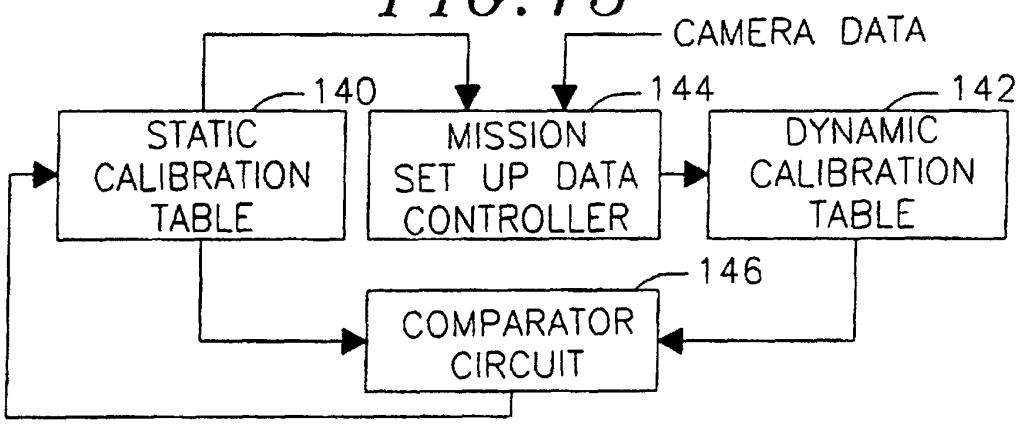

CAMERA DATA
140
144
142
STATIC CALIBRATION TABLE
MISSION SET UP DATA CONTROLLER
DYNAMIC CALIBRATION TABLE
146
COMPARATOR CIRCUIT

FIG. 16

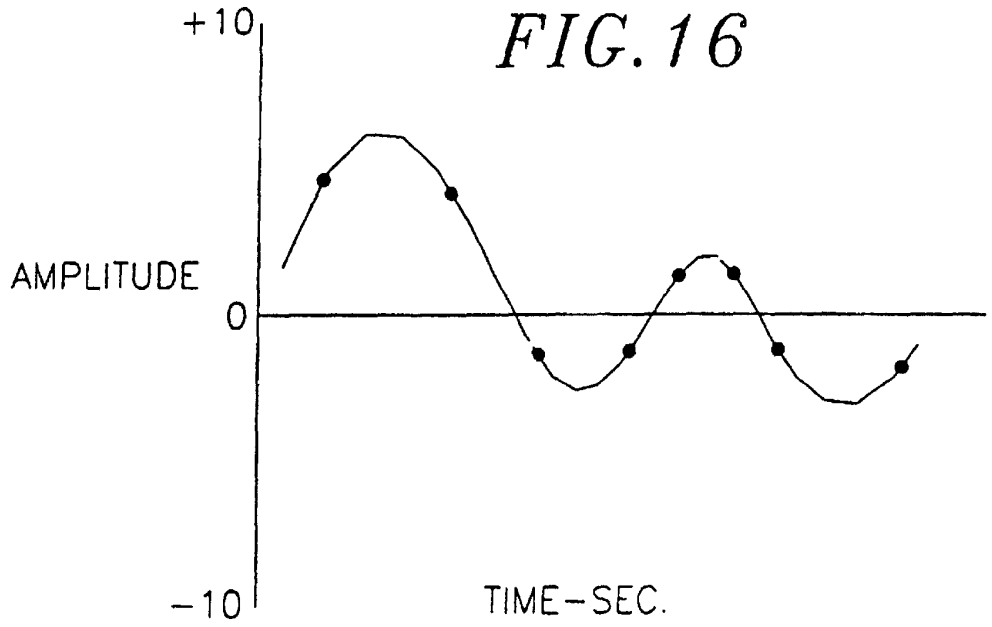

+10
AMPLITUDE
0
-10
TIME-SEC.

FIG. 17

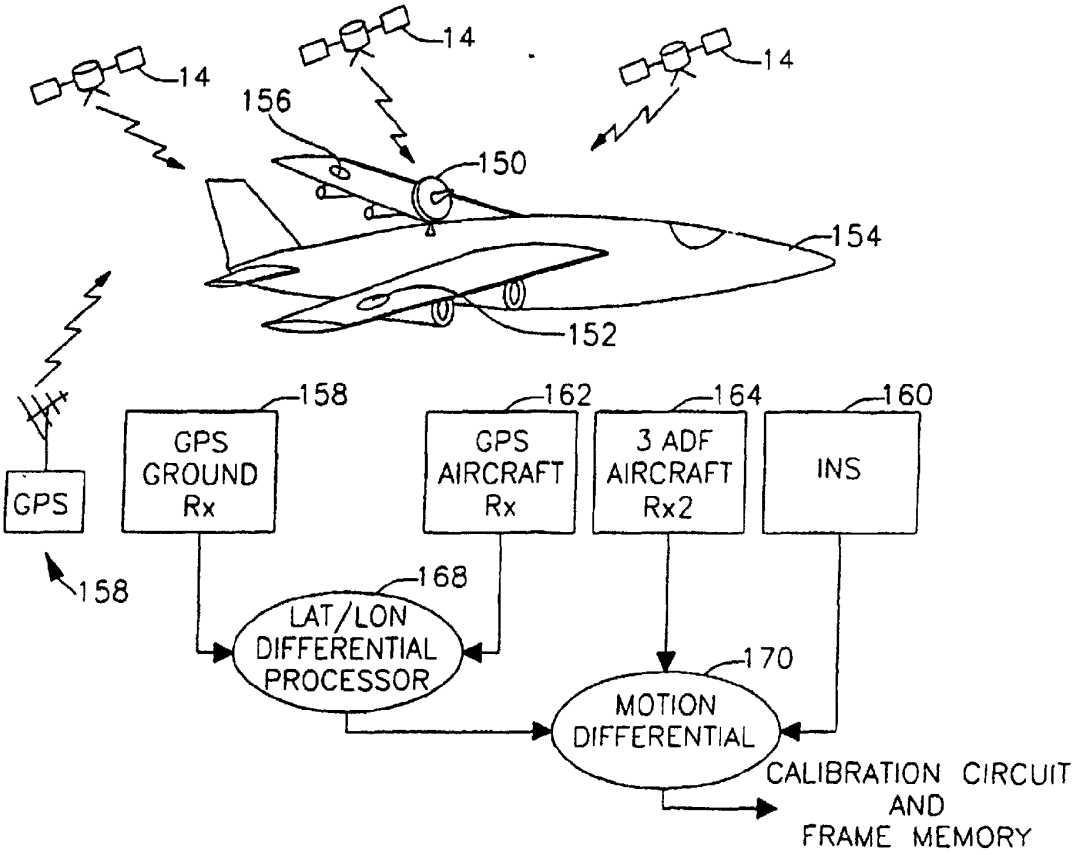

14
14
14
156
150
154
152
158
GPS
GPS GROUND Rx
158
162
GPS AIRCRAFT Rx
164
3 ADF AIRCRAFT Rx2
160
INS
168
LAT/LON DIFFERENTIAL PROCESSOR
170
MOTION DIFFERENTIAL
CALIBRATION CIRCUIT AND FRAME MEMORY

FIG. 18

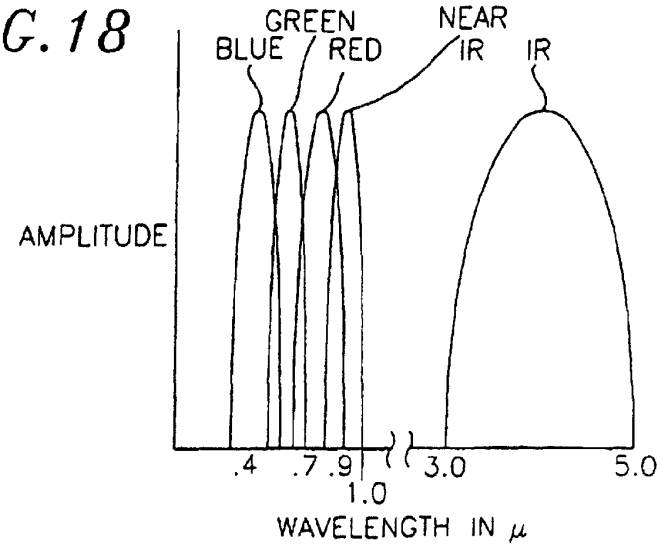

BLUE
GREEN
RED
NEAR IR
IR
AMPLITUDE
.4
.7
.9
1.0
3.0
5.0
WAVELENGTH IN μ

FIG. 19

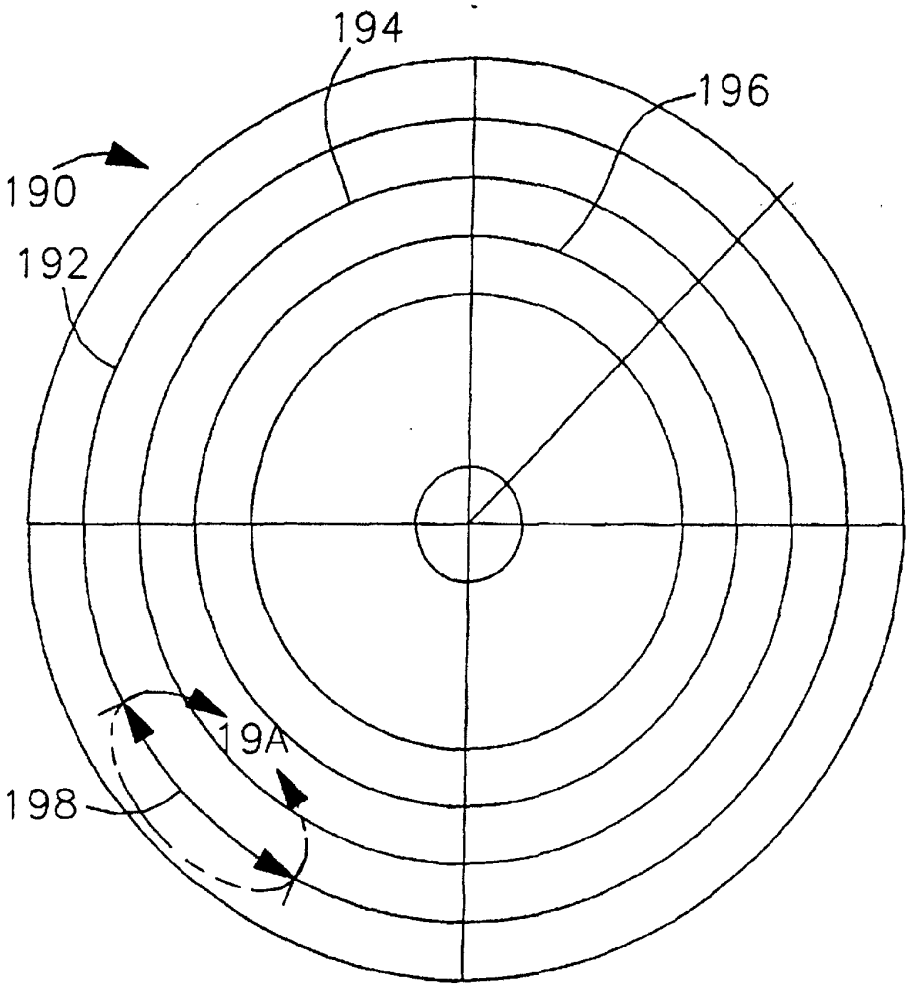
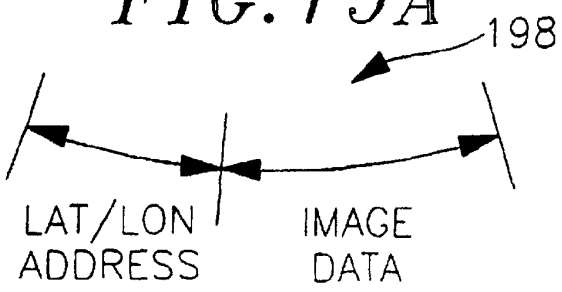


FIG. 19A



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 950 918 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.10.1999 Patentblatt 1999/42

(51) Int. Cl.[6]: **G03B 15/00**, H04N 7/18

(21) Anmeldenummer: **99107154.9**

(22) Anmeldetag: **13.04.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **15.04.1998 DE 19816561**

(71) Anmelder: **Teuchert, Wolf D., Dr.**
89551 Königsbronn (DE)

(72) Erfinder: **Teuchert, Wolf D., Dr.**
89551 Königsbronn (DE)

(74) Vertreter:
KOHLER SCHMID + PARTNER
Patentanwälte
Ruppmannstrasse 27
70565 Stuttgart (DE)

(54) Kamera zur Aufnahme von Luftbildern

(57) Eine Kamera (1), insbesondere zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen, weist ein Objektiv (2), mindestens zwei Flächendetektoren (3a, 3b) und mindestens einen jeweils im Strahlengang zwischen dem Objektiv (2) und den zwei Flächendetektoren (3a, 3b) vorgesehenen Strahlteilor (4) auf, der das auftreffende Lichtbündel (5) in Richtung auf die beiden Flächendetektoren (3a, 3b) aufteilt, wobei am einen Flächendetektor (3b) die eine Lichtbündelhälfte (5a) und am anderen Flächendetektor (3a) die andere Lichtbündelhälfte (5b) des Lichtbündels (5) auftrifft. Die zwei Flächendetektoren werden jeweils mit unterschiedlichen Bildhälften des Bildes bzw. Lichtbündels belichtet. Dies ermöglicht eine schnelle Bildaufnahme durch die gleichzeitige Belichtung der Flächendetektoren, eine hohe Empfindlichkeit durch die gleicttzeitige Belichtung aller Detektoren, eine stabile Geometrie in zwei Dimensionen und eine im Vergleich zu einem einzigen Flächendetektor höhere Bildwiederholrate durch schnelleres Auslesen aus zwei kleineren Detektoren.

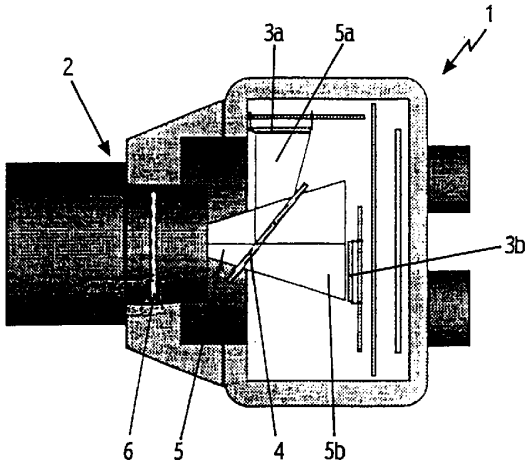


Fig. 1

EP 0 950 918 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kamera, insbesondere zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen.

[0002] Zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen werden heute noch vorwiegend Kameras mit Luftbildfilm verwendet, jedoch wird in steigendem Maß digitale Technik eingesetzt. Die digitale Technik bietet viele Vorteile, die hauptsächlich in der Fähigkeit liegen, während des Flugs Bilder aufzunehmen und wiederzugeben, sie zum Boden zu übertragen, digital noch an Bord weiterzuverarbeiten und digital am Boden auszuwerten.

[0003] Der Stand der digitalen, opto-elektronischen (kurz optronischen) Kameratechnik wird derzeit durch vier Technologien geprägt:

- CCD(Charge Coupled Device)-Zeilenkameras
- Fernsehkamera
- elektronische Kleinbildkameras
- Kameras mit großflächigen CCD-Flächendetektoren.

[0004] Bei Zeilenkameras wird ein Abtastverfahren eingesetzt, das in Form eines breiten Schiebebesens (pushbroom) das ganze Bild in einem geraden Zug überdeckt. Detektoren mit CCD-Zeilen bieten durch die lineare Anordnung der Elemente die beste Detektorqualität, die höchste Speicherkapazität pro Element und beste Bildgüte in festen Anordnungen. Sie ist jedoch für viele Bereiche der Luftbildfotografie durch die von einem Zeilenbild zum nächsten nicht zusammenhängenden, linearen Bildelemente in ihrer Genauigkeit limitiert. Für schnelle Bildfolgen ist die Technologie durch das serielle Abtastprinzip mit der Verknüpfung von Bildaufnehmen und Bildauslesen, damit dem hohen Zeitbedarf und der geringen Empfindlichkeit nicht geeignet.

[0005] Durch den Einsatz von Flächendetektoren erreicht man eine Entkopplung von Aufnahme pro Element und Ausleseprozeß. Zwar sind Flächendetektoren bezogen auf das einzelne Detektorelement nicht so leistungsstark wie diejenigen in CCD-Zeilen, doch bieten Flächendetektoren durch die zweidimensionale Anordnung eine Reihe von Vorteilen. Da die Bildaufnahme parallel für alle Detektoren erfolgt, wird viel Zeit gewonnen, so daß länger belichtet und so eine Empfindlichkeitssteigerung erreicht werden kann. Es ist leicht möglich, solche Kameras mit einer elektronischen Bildwanderungskompensation (engl. FMC = Forward Motion Compensation) auszustatten, indem das Bild während der Aufnahme elektronisch verschoben wird. Die maximal erreichbare Geschwindigkeit ist allerdings durch die maximale Taktrate des Detektors begrenzt.

[0006] Fernsehkameras beruhen auf CCD-Detektoren in der sogenannten "Frame Transfer"-Technologie und bestehen aus einem CCD-Detektor mit zwei nebeneinander liegenden Bildspeichern, von denen einer lichtdicht abgedeckt, der andere mit einem Fenster versehen und lichtempfindlich ist. Bei der Bildaufnahme werden periodisch Bilder im Aufnahme-CCD aufgenommen, dann in den daneben liegenden Speicher-CCD verschoben und von dort sukzessive ausgelesen. Das Auslesen kann im Zeilensprungverfahren (erst alle ungeraden, dann alle geraden Zeilen entsprechend dem Bildaufbau im Fernsehen) oder im progressiven Verfahren, bei dem alle Zeilen nacheinander ausgelesen werden, erfolgen. Die Bildfolge beträgt bei der europäischen Fernsehnorm im Zeilensprungverfahren 50 Halbbilder pro Sekunde, im progressiven Verfahren 25 Vollbilder pro Sekunde. Fernsehkameras spielen wegen der geringen Detektorabmessungen für die Luftbildfotografie keine Rolle.

[0007] Die elektronische Kleinbildfotografie beginnt mit Detektoren zu 1K x 1,5K bzw. 2K x 3K Detektorelementen (1K = 1024) inzwischen die Luftbildaufnahme zu erobern. Dabei wird die "Full Frame"-Technologie eingesetzt, d.h., es gibt kein separates Auslese-CCD.

[0008] Eine Erweiterung dieser Technologie kommt aus dem Bereich der elektronischen Kameras für die militärische Luftbildaufnahme. Hier sind "Full Frame"-Detektoren mit 4K x 4K, 5K x 5K oder mehr im Einsatz. Durch die großen Abmessungen dieser Detektoren steigen die Kapazitäten der zu treibenden CCD-Zeilenstrukturen derart an, daß keine höhere Geschwindigkeit für das Bildauslesen erreicht werden kann. Weiterhin sinkt die Ausbeute bei der Produktion der Detektoren auf ein Minimum, so daß die Kosten ins Unermeßliche steigen.

[0009] Die Anwendung in der Luftbildaufnahme im Mittel- und Nahbereich bedeutet eine sehr hohe Datenmenge, die sich durch die schnelle Bildfolge, die große Auflösung bei gleichzeitig großem Sichtfeld und die lange Flugdauer ergibt. Das größte Hindernis ist dabei die Forderung nach einer Kompensation der Bildwanderung, um keine Verschlechterung der Bildschärfe durch die Bildbewegung zu erleiden. Die Entwicklung verlief so, daß parallel Auslesegeschwindigkeit und Bildelementezahl in gleicher Weise gesteigert wurden. Typische Werte liegen heute bei ca. 40 MHz und mehreren Tausend Detektorelementen in zwei Dimensionen. Als typische Maßzahl für die Bildwanderungsgeschwindigkeit wird das Verhältnis v/h der Fluggeschwindigkeit v und der Flughöhe h angegeben. Je nach Brennweite liegt diese Zahl seit mindestens 15 Jahren bei einem v/h-Wert von 0,2 bis 1 rad/s, ohne daß wesentliche Fortschritte erzielt worden wären. Zum Vergleich: die schnellsten Luftbild-Aufklärungskameras auf Filmbasis erreichen Werte bis zu v/h = 10 rad/s.

[0010] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Kamera mit einem Flächendetektor derart zu verbessern, daß das Auslesen des Flächendetektors möglichst schnell erfolgen kann.

[0011] Die oben genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Kamera mit einem Objektiv, mindestens zwei Flächendetektoren und mindestens

einem, jeweils im Strahlengang zwischen dem Objektiv und den zwei Flächendetektoren vorgesehenen (zweiten) Strahlteiler, der das auftreffende Lichtbündel in Richtung auf die beiden Flächendetektoren auf-teilt, wobei am einen Flächendetektor die eine Lichtbündelhälfte und am anderen Flächendetektor die andere Lichtbündelhälfte des Lichtbündels auftrifft.

[0012] Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht darin, daß die zwei Flächendetektoren jeweils mit unterschiedlichen Hälften des Bildes bzw. Lichtbündels belichtet werden. Dies ermöglicht eine schnelle Bildaufnahme durch die gleichzeitige Belichtung der Flächendetektoren bzw. aller Bildelemente, eine hohe Empfindlichkeit durch die gleichzeitige Belichtung aller Detektoren, eine stabile Geometrie in zwei Dimensionen und eine im Vergleich zu einem einzigen Flächendetektor höhere Bildwiederholrate durch schnelleres Auslesen aus zwei kleineren Detektoren meist über mehrere Ausgänge pro Detektor. Die Flächendetektoren sollten ein Bildformat (z.B. 6 x 6 cm^2 oder das Luftbildformat 9,5 x 9,5 $Zoll^2$) abdecken, für das kommerzielle Objektive verfügbar sind.

[0013] Vorzugsweise ist der zweite Strahlteiler ein physikalischer Strahlteiler, der das Lichtbündel in zwei Teile aufteilt, wobei von dem einen Teil die eine Lichtbündelhälfte auf den einen Flächendetektor und von dem anderen Teil die andere Lichtbündelhälfte auf den anderen Flächendetektor abgebildet wird. Dieser physikalische Strahlteiler kann z.B. ein teildurchlässiger, ein mit mehreren teilverspiegelten Flächen unterschiedlicher Reflektivität bzw. Transmission versehener oder insbesondere ein dichroitischer Spiegel sein. Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist im Strahlengang vor zwei zweiten Strahlteilern ein weiterer (erster) Strahlteiler vorgesehen, der das auftreffende Lichtbündel auf die beiden zweiten Strahlteiler aufteilt. Durch den ersten und die beiden zweiten Strahlteiler ist die Zerlegung des Bildes auf vier Flächendetektoren möglich.

[0014] Vorzugsweise ist der erste Strahlteiler ein geometrischer Strahlteiler, der das auftreffende Lichtbündel in eine Lichtbündelhälfte für den einen zweiten Strahlteiler und in eine Lichtbündelhälfte für den anderen zweiten Strahlteiler unterteilt. Dieser geometrische Strahlteiler kann z.B. ein nur in die eine Strahlenhälfte eingreifender Spiegel sein. Aus Intensitätsgründen erfolgt im Strahlengang zwischen Objektiv und den Flächendetektoren zunächst die geometrische und dann die physikalische Strahlteilung.

[0015] Um die nutzbare Fläche noch weiter zu vergrößern, kann eine mehrstufige (3fach oder höher) Kaskadierung der Strahlteilung vorgesehen sein.

[0016] In besonders bevorzugter Ausführungsform sind die Flächendetektoren der Kamera digital auslesbare Detektoren, insbesondere CCD- oder CMOS-Detektoren, so daß es sich bei der erfindungsgemäßen Kamera um eine digitale, opto-elektronische (kurz optronische) Kamera handelt. Solche Flächendetektoren können z.B. sein:

- CCD-, CMOS im Visuellen,
- CCD mit Micro-channel Bildverstärker im UV,
- Pt:Si, IR-CMOS Si/CMT, Quantum Well-, Si/InSb, ferro-elektrische, bolometrische oder sonstige ungekühlte Detektoren im infraroten Spektralbereich.

[0017] Von besonderem Vorteil ist es, wenn ein digital auslesbarer Flächendetektor aus mehreren, nebeneinander angeordneten und parallel auslesbaren, insbesondere streifenförmigen Detektoren zusammengesetzt ist. Diese einzelnen Detektoren können monolithisch oder optisch aneinandergereiht sein. Zum Beispiel sind CCDs erhältlich, bei denen bei der Herstellung 1024 x 1024 Elemente (1K x 1K Block) innerhalb der Größe eines Wafers beliebig aneinandergereiht werden können. Diese CCDs, die eine hervorragende Basis für große Flächendetektoren (maximal sind bei den jetzigen Wafers 7K x 9K möglich) bieten, liefern auch eine günstige Architektur für streifenförmige Detektoren. Die optimale Auslegung wird durch die gewünschte, maximal hohe Auslesegeschwindigkeit vorgegeben. Diese wird erreicht, wenn jedem 1K x 1K Block ein Ausleseregister zugeordnet wird. Es sind auch längere Register möglich, die typischerweise halb so lang sind wie der Detektor; bei einem 3K Detektor also 1,5K. Wird ein Bildformat passend zu existierenden Objektiven der professionellen 6 x 6 Formate gewählt, so können zwei Streifendetektoren mit 2K Breite bei einer Länge von insgesamt 2 x 3K = 6K untergebracht werden. Dies bedeutet bei diesem Bildformat ein Aspektverhältnis von 1:3 bei einer maximalen Bildfolgefrequenz von 20 Vollbildern pro Sekunde (bei diesem Detektor). Die Parallelarchitektur der Streifendetektoren ermöglicht eine hohe Bildwiederholrate durch schnelles Auslesen über mehrere, parallele (typischerweise vier) Ausgänge. Es kann eine parallele Auslesestruktur mit einem oder mehreren Ausgängen pro Detektor, typisch in verteilten Bus-Systemen, wie z.B. der Fibrechannel-Architektur, Verwendung finden. Die ausgelesenen Daten können in parallel angeordneten Datenträgersysteme wie z.B. Magnetplatten in RAID-Systemen gespeichert werden bzw. in verteilten Bus-Systemen und parallel angeordneten Speichermedien (Magnetplatte, Magnetband, optisches Band, Magnetkassette, MO, CD, DVD) parallel ausgelesen werden.

[0018] Die Bildaufnahme mit Flächendetektoren erfordert das Stillhalten des Bildes auf dem Detektor für die einige Millisekunden dauernde Aufnahme. Danach wird der Verschluß geschlossen, das Bild ausgelesen und gewartet, bis die nächste Aufnahmeposition erreicht ist. Der entscheidende Punkt für ein extrem schnelles FMC-Verhalten ist einerseits die Aufnahme eines möglichst großen Bildfelds in Flugrichtung, andererseits eine opto-mechanische und/oder elektronische FMC-Ausgleichseinrichtung, die es ermöglicht, die schnelle

FMC-Bewegung in eine Folge von einzelnen Standbildern zu verwandeln. Als opto-mechanische FMC-Ausgleichseinrichtung können vor oder nach dem Objektiv entgegen der Flugrichtung bewegte Spiegel, z.B. ein Richtspiegel oder eine Spiegelradwalze, vorgesehen werden. Alternativ wäre es möglich, auch eine Bewegung des Detektors in der Bildebene, z.B. durch einen Schlitten in der Fokalebene vorzunehmen. Derartige Verfahren ähneln dem Aufbau eines Fotokopierers oder Flachbettscanners. Speziell für CCDs (Full Frame, Frame Transfer oder speziell CCD-Zeilendetektoren, die mit TDI ausgerüstet und damit eigentlich auch Flächendetektoren sind) kann eine (Fein-) Stabilisierung mit Hilfe eines elektronischen FMC über Time Delayed Integration (TDI), d.h. einer elektronischen Verschiebung der Ladungsträgerwolke, vorgesehen sein. In diesem Fall kann ggfs. die Vorkompensation entfallen.

[0019] Zur Aufnahme von in oder quer zur Flugrichtung hinter- bzw. nebeneinander liegenden Sehfeldern können in der Kamera mindestens zwei Objektive vorgesehen sein, die z.B. gegeneinander entsprechend verkippt sind.

[0020] Die Erfindung betrifft auch ein Kamerasystem mit mindestens zwei Kameras, wie sie oben beschrieben sind. Mit einem solchen Kamerasystem kann ein entsprechend größeres Sehfeld abgedeckt und ein größeres v/h-Verhältnis erzielt werden. Durch die Bildbewegung bei der Aufnahme aus Flugzeugen ergibt sich eine Vorzugsrichtung entsprechend der Bildwanderung, die dazu genutzt werden kann, Detektorkosten zu sparen. Daher ist ein Streifenformat im Aspektverhältnis von 1:1 - 1:3 besonders günstig. Die Detektoren können monolithisch oder optisch aneinandergereiht sein.

[0021] Zur Vergrößerung des Sehfeldes in Flugrichtung sind vorteilhaft mindestens zwei Kameras nebeneinander so gekoppelt angeordnet, daß ihre Sehfelder, in Flugrichtung gesehen, am Boden möglichst aneinandergrenzen. Zum Beispiel können die Kameras in Flugrichtung gegeneinander verkippt sein.

[0022] Um die Winkelabdeckung zur Seite zu vergrößern, sind mindestens zwei Kameras zur Aufnahme von quer zur Flugrichtung nebeneinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet, insbesondere quer zur Flugrichtung gegeneinander verkippt. Auch in einer Kamera bzw. einem Objektiv können mehrere Detektoren quer zur Flugrichtung gruppiert sein.

[0023] In bevorzugter Ausführungsform des Kamerasystems kann ein gemeinsamer Antrieb für die FMC-Ausgleichseinrichtungen der mindestens zwei Kameras vorgesehen sein. Sind die FMC-Ausgleichseinrichtungen z.B. als Spiegel ausgebildet, können diese von einer gemeinsamen Drehachse angetrieben werden, wobei die Spiegel, ebenso wie die Kameras auch, so um einen Winkel verdreht sind, daß die Sehfelder am Boden in Flugrichtung möglichst aneinandergrenzen. Die seitlich nebeneinander oder hintereinander liegenden Kameras können bzw. müssen mit unterschiedlichen FMC-Geschwindigkeiten angesteuert sein. Hierfür muß eine geeignete Synchronisierung zur Plazierung der Aufnahmen am Boden vorgesehen sein.

[0024] Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt auch ein Verfahren zum Aufnehmen von Luftbildern aus Flugzeugen, insbesondere mittels einer oder mehrerer Kameras, bei dem in Flugrichtung hintereinander liegende Sehfelder jeweils mit in Flugrichtung entsprechend ausgerichteten, insbesondere gegeneinander verkippten Kameras bzw. in einer Kamera vorgesehenen Objektiven gleichzeitig aufgenommen werden.

[0025] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

[0026] Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Luftbildkamera mit einem Strahlteiler und zwei Flächendetektoren;

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Luftbildkamera mit drei Strahlteilern und vier Flächendetektoren;

Fig. 3 schematisch einen in einzelne Bereiche unterteilten streifenförmigen CCD-Detektor;

Fig. 4 eine der Luftbildkamera vorgeschaltete FMC-Ausgleichseinrichtung in Form einer Spiegelwalze (Fig. 4a) bzw. eines Richtspiegels (Fig. 4b);

Fig. 5 ein Kamerasystem aus zwei Luftbildkameras und einem gemeinsamen Antrieb für ihre FMC-Ausgleichseinrichtungen in einer Seitenansicht (Fig. 5a) und in einer Draufsicht (Fig. 5b);

Fig. 6 die Anordnung von drei in Fig. 5 gezeigten Kamerasystemen quer zur Flugrichtung nebeneinander; und

Fig. 7 die Anordnung von vier FMC-Detektorreihen in der Bildebene einer photogrammetrischen Luftbildkamera (Fig. 7a) und in einer Draufsicht auf die Bildebene (Fig. 7b).

[0027] In Fig. 1 ist mit 1 eine digitale optronische Kamera bezeichnet, mit der aus einem Flugzeug Luftbilder digital aufgenommen werden können.

[0028] Die Kamera 1 umfaßt ein Objektiv 2, zwei digitale Flächendetektoren 3a, 3b und einen im Strahlengang zwischen dem Objektiv 2 und den beiden

Flächendetektoren 3a, 3b angeordneten Strahlteiler 4. Dieser Strahlteiler 4 ist entweder als physikalischer Strahlteiler oder als geometrischer Strahlteiler durch eine teilverspiegelte Teilerplatte ausgeführt. Der Strahlteiler 4 teilt das vom Objektiv 2 kommende Lichtbündel 5 bei gleichbleibendem Bündeldurchmesser in zwei Bündelteile 5a und 5b auf. Der eine Flächendetektor 3a wird nur mit der einen Bündelhälfte des Bündelteils 5a, der andere Flächendetektor 3b nur mit der jeweils anderen Bündelhälfte des Bündelteils 5b belichtet, so daß die beiden Flächendetektoren 3a, 3b mit jeweils unterschiedlichen Bündel- bzw. Bildhälften belichtet werden. Weiterhin ist im Strahlengang noch ein Verschluß 6 vorgesehen, der für CCD-Detektoren in Full Frame Technologie erforderlich ist.

[0029] Fig. 2 zeigt eine weitere Kamera 7, bei der das vom Objektiv 2 kommende Lichtbündel 5 auf vier Flächendetektoren 3a bis 3d aufgeteilt bzw. zerlegt wird. Dazu wird das Lichtbündel 5 zunächst durch einen geometrischen (ersten) Strahlteiler 8 in zwei Lichtbündelhälften 5' und 5" unterteilt, die dann, jeweils durch einen physikalischen (zweiten) Strahlteiler 4a bzw. 4b aufgeteilt, auf zwei Detektoren 3a, 3b bzw. 3c, 3d abgebildet werden. Die vier Flächendetektoren 3a bis 3d werden so mit jeweils unterschiedlichen Bildhälften belichtet.

[0030] Der in Fig. 3 schematisch dargestellte Flächendetektor 3 ist ein streifenförmiger 3K x 2K CCD-Detektor, der für eine parallele Auslesung in einzelne 1K x 1K-große Detektorbereiche 9 unterteilt ist. Jeder Detektorbereich 9 ist über einen eigenen Ausgang in jeweils ein 1,5K großes Ausleseregister 10 in Richtung auf einen Datenspeicher (nicht gezeigt) auslesbar. Die Flächendetektoren 3a-3d sind vorzugsweise durch Aneinanderreihen von mehreren solcher streifenförmiger Flächendetektoren 3 auf einem Wafer gebildet.

[0031] In Fig. 4 ist der Kamera 1 eine FMC-Ausgleichseinrichtung 11 vorgeordnet, die das mit der in Flugrichtung 12 bewegten Kamera 1 aufzunehmende Bild für die Dauer der Aufnahme (einige Millisekunden) stillhält. In Fig. 4a ist die FMC-Ausgleichseinrichtung 11 als Spiegelwalze 13 und in Fig. 4b als Richtspiegel 14 ausgebildet, die sich jeweils in Drehrichtung 15 entgegengesetzt zur Flugrichtung 12 drehen, um das Bild während der Bildaufnahme entsprechend nachzuführen. Danach wird der Verschluß 6 geschlossen, das Bild ausgelesen und gewartet, bis die nächste Aufnahmeposition erreicht ist. Erfolgt die Bildaufnahme mit Frame Transfer CCDs, so ist kein Verschluß erforderlich.

[0032] Das in Fig. 5 gezeigte Kamerasystem 16 besteht aus zwei Kameras 1, die in Flugrichtung 12 so gegeneinander verkippt sind, daß ihre Sehfelder, in Flugrichtung 12 gesehen, am Boden aneinander liegen. Beiden Kameras 1 ist eine gemeinsame FMC-Ausgleichseinrichtung 17 in Form zweier Spiegel 18a, 18b vorangestellt, die über eine gemeinsame Drehachse 19 in Drehrichtung 15 angetrieben werden. Die beiden Spiegel 18a, 18b sind, wie die Kameras 1 auch, so um einen Winkel gegeneinander verdreht, daß ihre Sehfelder am Boden in Flugrichtung 12 aneinandergrenzen.

[0033] In Fig. 6 ist schließlich noch ein Kamerasystem 20 gezeigt, bei dem drei Kamerasysteme 16 quer zur Flugrichtung 12 nebeneinander angeordnet sind. Die Kamerasystem 16 sind dabei quer zur Flugrichtung 12 gegeneinander jeweils so verkippt, daß ihre Sehfelder am Boden quer zur Flugrichtung 12 aneinandergrenzen.

[0034] Es bietet sich an, die Sehfeldvergrößerung für ein möglichst großes v/h in zwei Stufen zu erreichen. Für den mittleren Abstandsbereich wird die Aufklärungskamera 1, 7 mit einer möglichst großen Ausnutzung des Sehfeldbereichs in der Kamera verwendet. Unter den geometrischen Verhältnissen der Schnittweite, in welcher der Strahlteiler untergebracht werden muß, ist bei einem Seitenverhältnis von 1:3 bei einer 6 x 6 cm^2 Kamera ein mittlerer Entfernungsbereich mit 80 bis 300 mm Brennweite möglich. Die zweite Stufe ist durch die Reihung von mehreren Kameras 1, 7 hintereinander mit in Flugrichtung 12 aneinander grenzenden Sehfeldern erreichbar (Fig. 5). Die seitliche Reihung vergrößert die Winkelabdekkung zur Seite (Fig. 6).

[0035] Das in der Fokalebene einer Luftbildkamera genutzte Bildfeld hat typisch eine Größe von 230 x 230 mm^2. Verwendet man große Detektoren mit mehreren tausend Elementen, so dauert das Auslesen z.B. bei 4K x 7K Größe über 4 parallele Ausgänge schon mindestens eine halbe Sekunde. Um ein genügend großes v/h zu erreichen, müssen also kleinere Detektoren in einer Parallelanordnung verwendet werden. Schon der Übergang zu dem bereits zitierten Detektor mit 2K x 3K Größe erhöht die Bildfolge auf maximal 20 Bilder pro Sekunde.

[0036] Um ein Bildfeld mit der genannten Größe mit dem Ziel einer möglichst hohen Bildfolge abzudecken, muß

- das Gesamtfeld in einzelne Teilfelder unterteilt werden, die quer zur Flugrichtung optisch lückenlos aneinander gesetzt sind,
- eine solche Detektorreihe mit einer gemeinsamen FMC-Einrichtung in Form einer Spiegelwalze oder eines Richtspiegels versehen werden,
- das Gesamtfeld in Flugrichtung mit mehreren solchen FMC-Detektorgruppen ausgestattet werden.

[0037] Da es nicht möglich ist, auf diese Weise das gesamte Bildfeld optisch dicht abzudecken, müssen zwei (oder mehrere) Aufnahmen gemacht werden, die in Flugrichtung so versetzt sind, daß mit der nachfolgenden Aufnahme die Lücke der vorherigen Aufnahme geschlossen wird. Bei einem optischen Füllfaktor von 50% benötigt man zwei Aufnahmen. Durch diese Mehrfachaufnahme verringert sich der maximal erreichbare v/h-Wert entsprechend; bei 50% Füllfaktor und zwei Aufnahmen bleibt nur noch die Hälfte des vorher möglichen maximalen v/h.

[0038] Fig. 7a zeigt im Schnitt schematisch die Anord-

nung von vier in Flugrichtung 12 hintereinander angeordneten FMC-Detektorreihen 21 in der Bildebene einer photogrammetrischen Luftbildkamera 22, während Fig. 7b die Draufsicht auf die Bildebene bzw. die Detektoren 3 zeigt. Die Detektorreihen 21 in Fig. 7b sind in Form der lichtempfindlichen Fläche dargestellt. Diese liegt durch den Strahlteiler (nicht gezeichnet) alternierend in der Zeichenfläche, oder senkrecht zu ihr. Diese Anordnung entspricht einem Füllfaktor von 50%. Auf die Darstellung der FMC-Einrichtung wurde in dieser Ansicht verzichtet.

[0039] Eine digitale Kamera zur Aufnahme von Bildern aus einem Flugzeug mit Blick nach unten. Diese Aufnahmesituation ist gekennzeichnet durch eine Bildwanderung, die senkrecht nach unten am höchsten ist und zur Seite oder nach vorne/hinten abnimmt. Die Kamera hat meist mehrere Objektive mit mehreren Detektoren in einer Fokalebene. Diese Detektoren nehmen durch geometrische und/oder physikalische Strahlteilung Teile des Gesamtbildes so auf, daß die Gesamtszene komplett abgedeckt wird und die Detektoren sich dennoch nicht stören. Hierfür wird in der Regel eine einfache oder kaskadierte Strahlteilung erforderlich sein. Es muß darauf geachtet werden, daß eine Szenenabdeckung auch durch örtliche hintereinander liegenden Anordnung der Detektoren erreicht werden kann, so daß die Flugbewegung dafür sorgt, daß erst nacheinander die ganze Szene abgedeckt wird. Zur Verbesserung der Situation bei der Bildaufnahme werden mehrere Detektoren parallel betrieben, mehrere Ausgänge benutzt, das Sehfeld zur Seite und nach vorne/hinten ausgeweitet. Die notwendige Kompensation der Bildwanderung erfolgt meist kaskadiert: zunächst optomechanisch in einer gemeinsamen Baugruppe oder je einer Baugruppe pro Objektiv (Spiegel, Spiegelwalze oder sich drehendes Prisma), danach elektronisch, wobei die unterschiedliche, verbleibende Bildwanderung typisch für jeden Detektor einzeln und unterschiedlich stark kompensiert wird.

Patentansprüche

1. Kamera (1; 7), insbesondere zur Aufnahme von Luftbildern aus Flugzeugen, mit einem Objektiv (2), mindestens zwei Flächendetektoren (3a, 3b; 3c, 3d) und mindestens einem, jeweils im Strahlengang zwischen dem Objektiv (2) und den zwei Flächendetektoren (3a, 3b; 3c, 3d) vorgesehenen (zweiten) Strahlteiler (4; 4a; 4b), der das auftreffende Lichtbündel (5; 5'; 5") in Richtung auf die beiden Flächendetektoren (3a, 3b; 3c, 3d) aufteilt, wobei am einen Flächendetektor (3a; 3c) die eine Lichtbündelhälfte (5a) und am anderen Flächendetektor (3b; 3d) die andere Lichtbündelhälfte (5b) des Lichtbündels (5; 5'; 5") auftrifft.

2. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Strahlteiler (4, 4a, 4b) ein physikalischer Strahlteiler ist, der das Lichtbündel (5; 5'; 5") in zwei Teile aufteilt, wobei von dem einen Teil die eine Lichtbündelhälfte (5a) auf den einen Flächendetektor (3a) und von dem anderen Teil die andere Lichtbündelhälfte (5b) auf den anderen Flächendetektor (3b) abgebildet wird.

3. Kamera nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang vor zwei zweiten Strahlteilern (4a, 4b) ein weiterer (erster) Strahlteiler (8) vorgesehen ist, der das auftreffende Lichtbündel (5) auf die beiden zweiten Strahlteiler (4a, 4b) aufteilt.

4. Kamera nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Strahlteiler (8) ein geometrischer Strahlteiler ist, der das auftreffende Lichtbündel (5) in eine Lichtbündelhälfte (5') für den einen zweiten Strahlteiler (4a) und in eine Lichtbündelhälfte (5") für den anderen zweiten Strahlteiler (4b) unterteilt.

5. Kamara nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch eine mehrstufige Kaskadierung der Strahlteilung.

6. Kamera nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächendetektoren (3a-3d) digital auslesbare Detektoren, insbesondere CCD- oder CMOS-Detektoren, sind.

7. Kamera nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein digital auslesbarer Flächendetektor (3a-3d) aus mehreren, nebeneinander angeordneten und parallel auslesbaren, insbesondere streifenförmigen Detektoren (3) zusammengesetzt ist.

8. Kamera nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß vor oder nach dem Objektiv (2) eine die Bildwanderung in Flugrichtung (12), insbesondere opto-mechanisch und/oder elektronisch, ausgleichende FMC(Forward Motion Compensation)-Ausgleichseinrichtung (11) vorgesehen ist.

9. Kamera nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Objektive (2) vorgesehen sind, die zur Aufnahme von in oder quer zur Flugrichtung (12) hinter- bzw. nebeneinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet, insbesondere gegeneinander verkippt sind.

10. Kamerasystem (16:20) mit mindestens zwei Kameras (1; 7) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

11. Kamerasystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Kameras (1;

7) zur Aufnahme von in Flugrichtung (12) hintereinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet sind, insbesondere in Flugrichtung (12) gegeneinander verkippt sind.

12. Kamerasystem nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Kameras (1; 7) zur Aufnahme von quer zur Flugrichtung (12) nebeneinander liegenden Sehfeldern ausgerichtet sind, insbesondere quer zur Flugrichtung (12) gegeneinander verkippt sind.

13. Kamerasystem nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsamer Antrieb für die FMC-Ausgleichseinrichtungen (Spiegel 18a, 18b) der mindestens zwei Kameras (1; 7) vorgesehen ist.

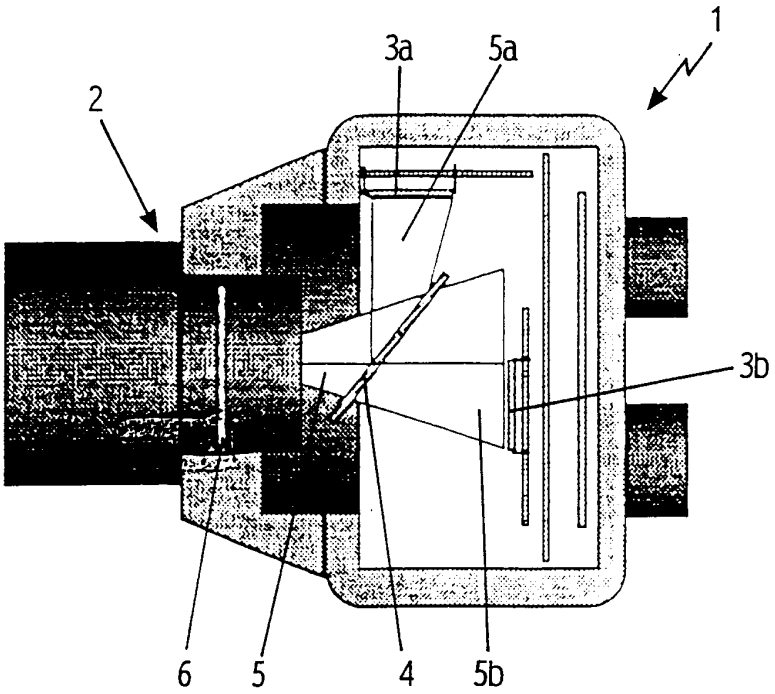


Fig. 1

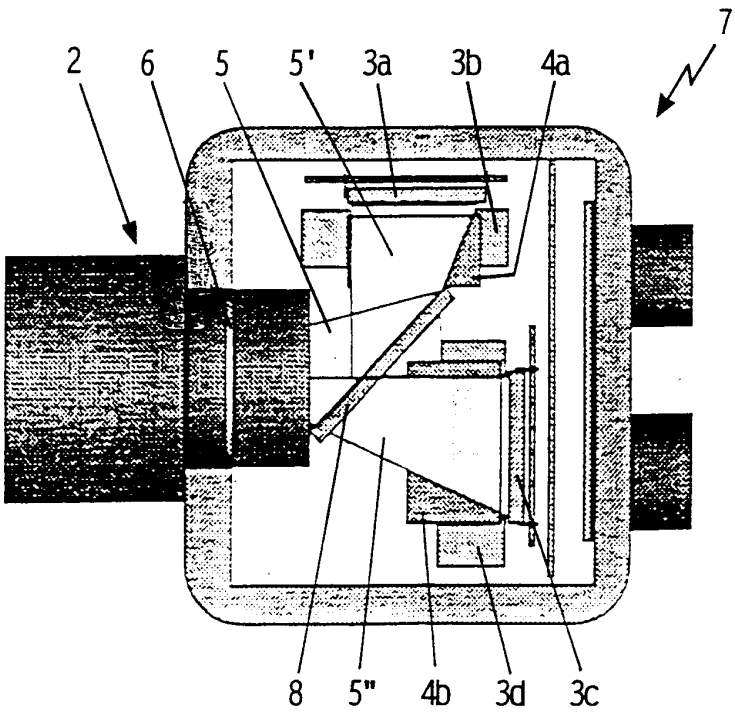


Fig. 2

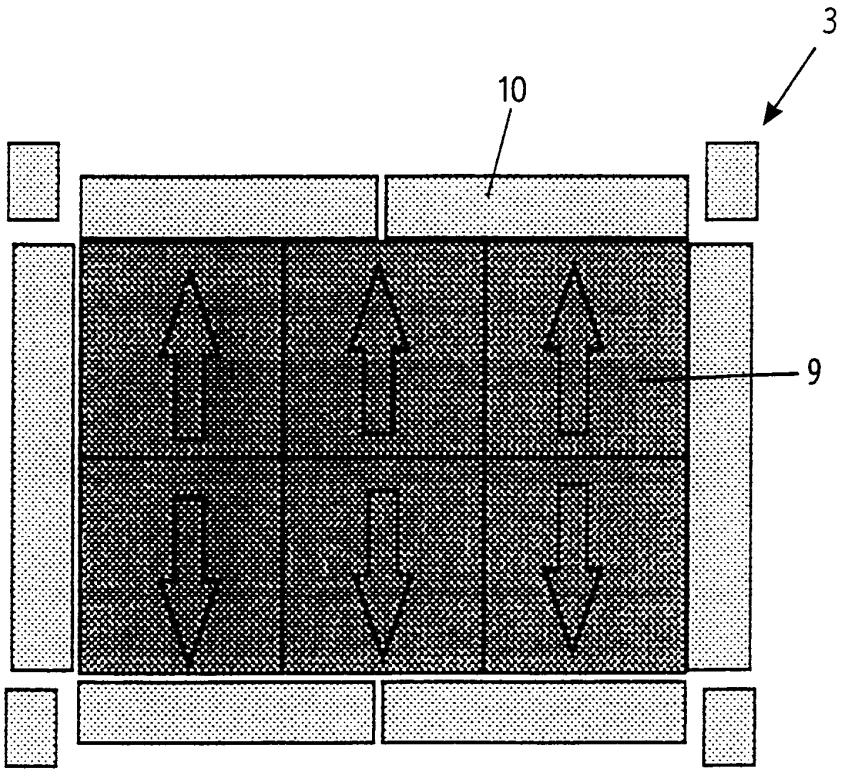


Fig. 3

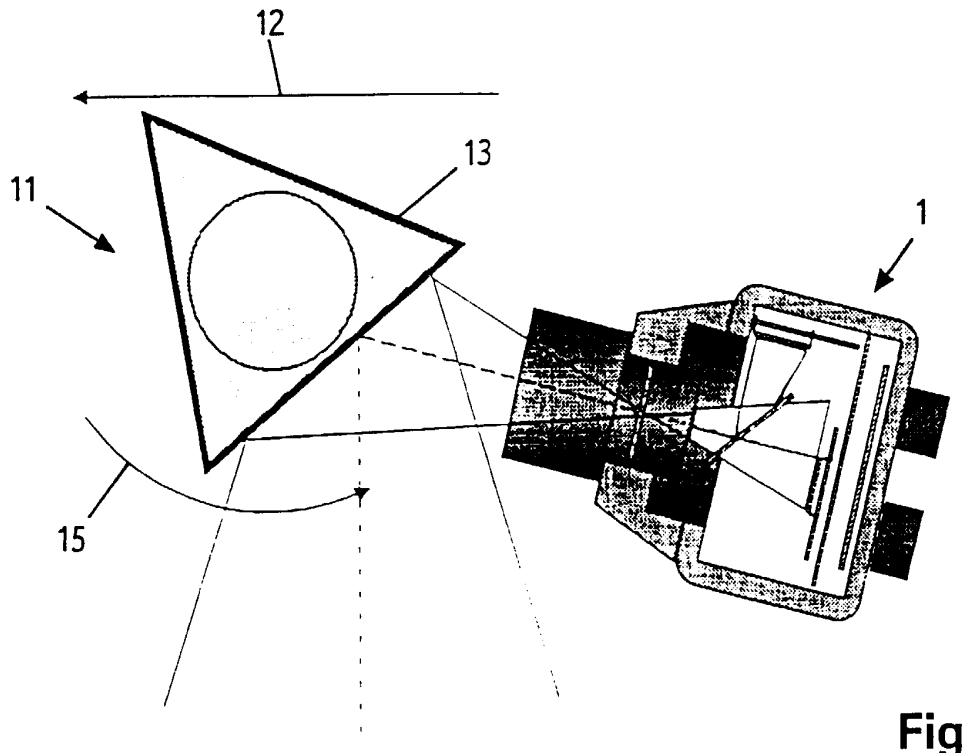


Fig. 4a

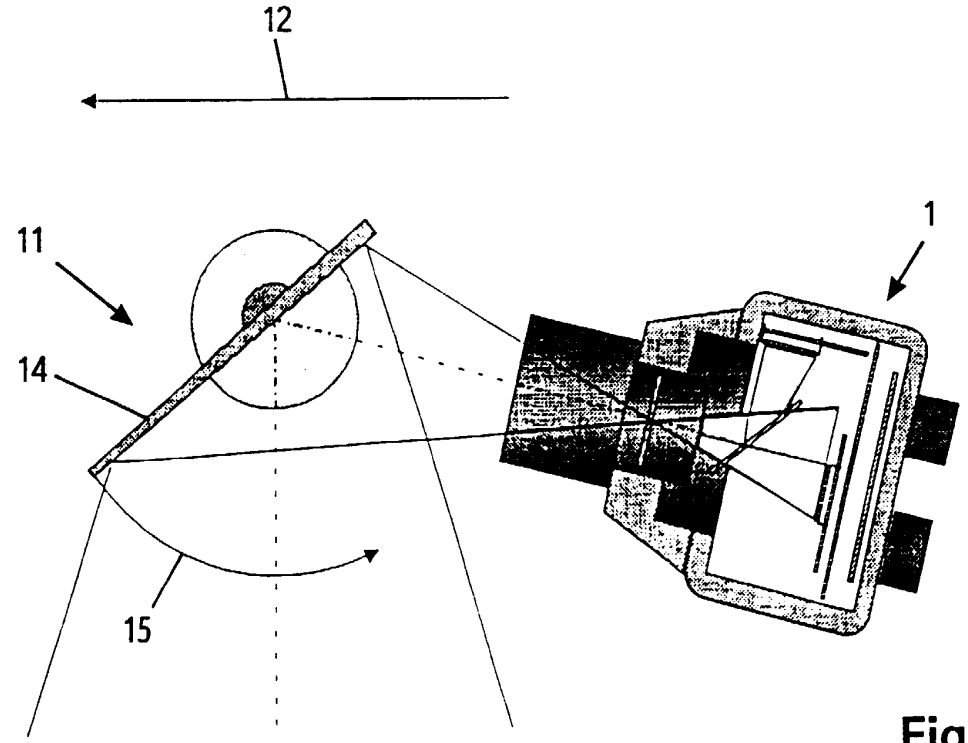


Fig. 4b

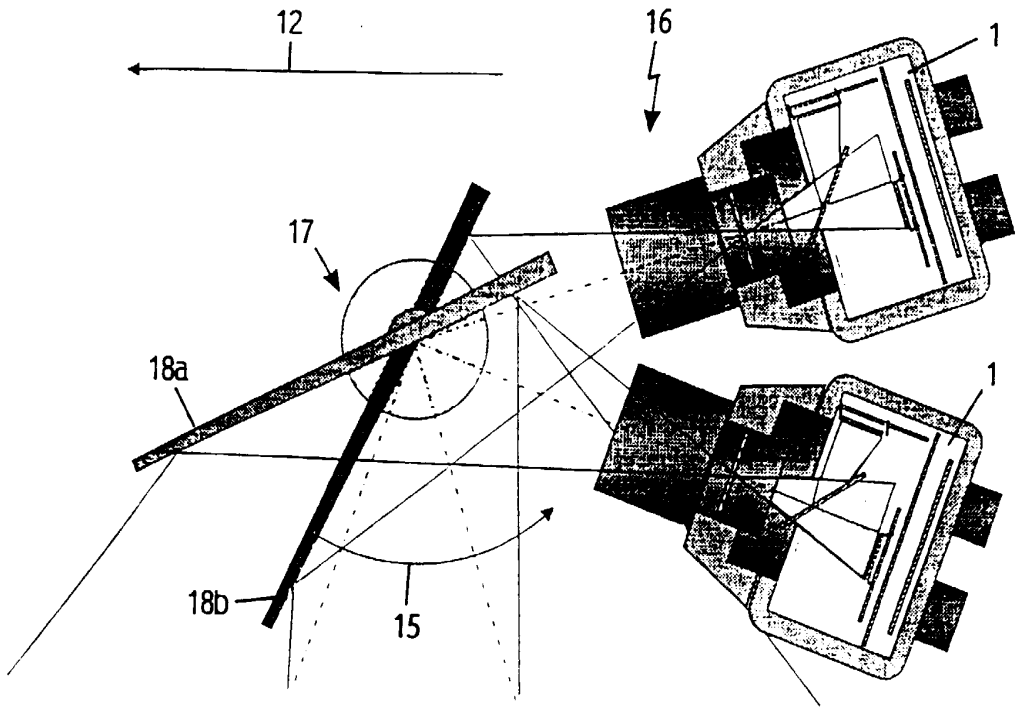


Fig. 5a

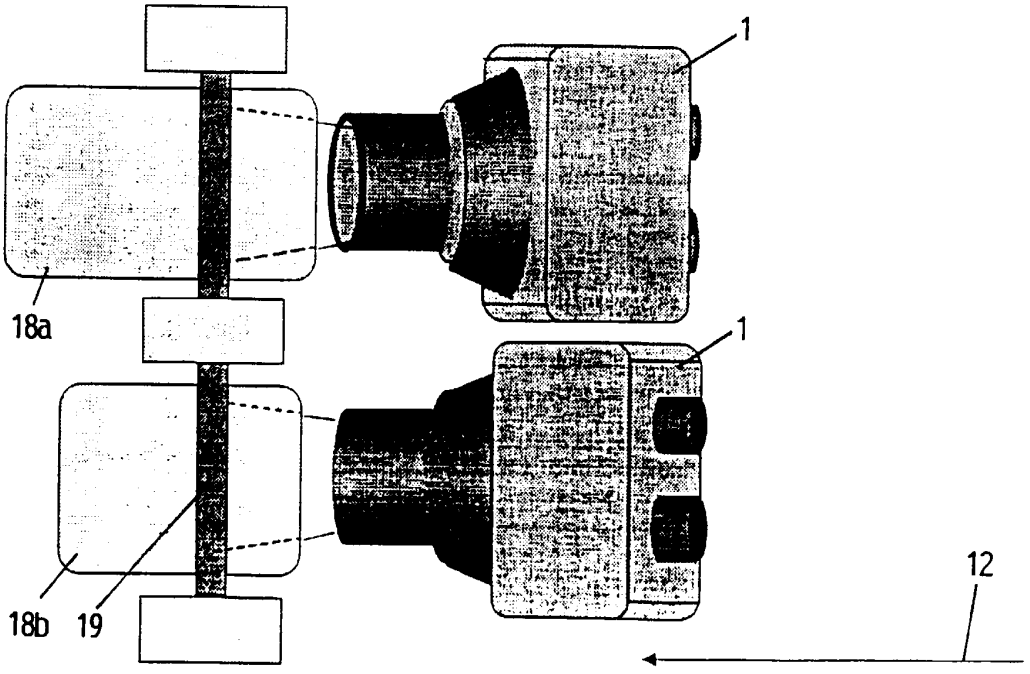


Fig. 5b

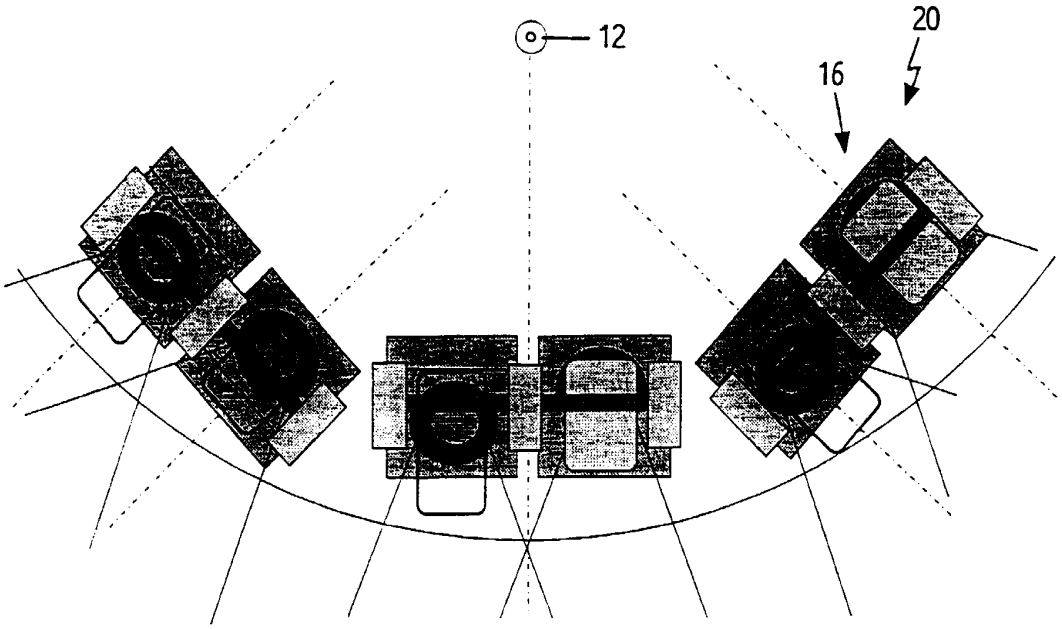


Fig. 6

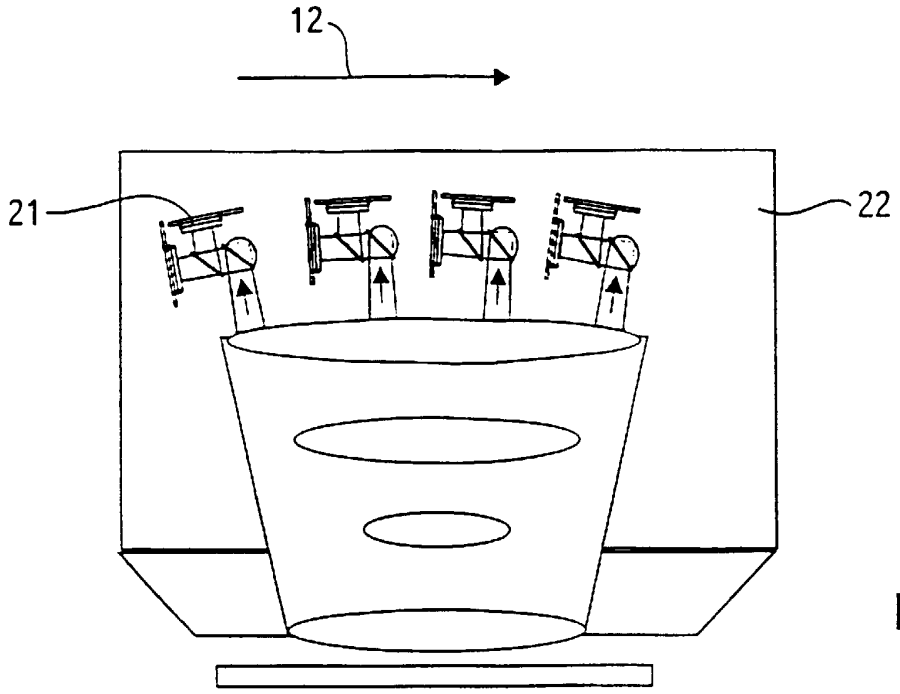


Fig. 7a

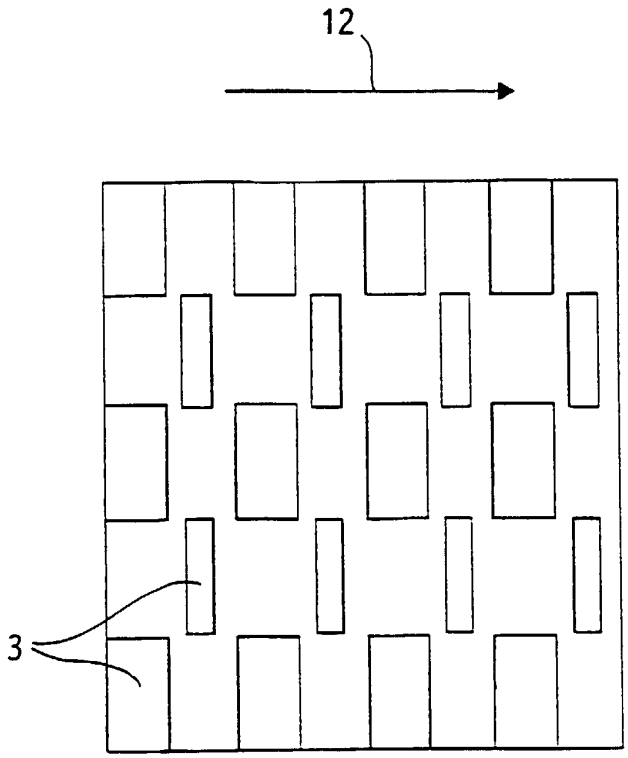


Fig. 7b

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 10 7154

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US 3 808 361 A (O.HOFFMANN) 30. April 1974 (1974-04-30) * Spalte 2 - Spalte 6; Abbildungen 1-6 *	1,2,4	G03B15/00 H04N7/18
A	US 5 734 507 A (R.P.HARVEY) 31. März 1998 (1998-03-31) * Spalte 3 - Spalte 5; Abbildungen 1,2 *	1,2,6	
A	FR 2 384 407 A (SOC.NATIONALE INDUSTRIELLE AEROSPATIALE) 13. Oktober 1978 (1978-10-13) * Seite 3 - Seite 12; Abbildungen 1-7 *	1,6-8	
A	US 5 604 534 A (T.M.HEDGES) 18. Februar 1997 (1997-02-18) * Spalte 4 - Spalte 18; Abbildungen 1-19 *	1,6-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) G03B H04N

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	5. August 1999	Boeykens, J

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 99 10 7154

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-08-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3808361 A	30-04-1974	DE 2363407 A	03-07-1975
		DE 2106268 A	30-05-1973
		FR 2124582 A	22-09-1972
		GB 1377426 A	18-12-1974
US 5734507 A	31-03-1998	GB 2284273 A	31-05-1995
		EP 0731933 A	18-09-1996
		WO 9514951 A	01-06-1995
		JP 9505672 T	03-06-1997
FR 2384407 A	13-10-1978	DE 2812323 A	21-09-1978
US 5604534 A	18-02-1997	AU 5744096 A	11-12-1996
		CA 2221683 A	28-11-1996
		EP 0829168 A	18-03-1998
		WO 9638003 A	28-11-1996

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82