

GAUSSOPT_ik,

ein vielfältiges Windows-Berechnungsprogramm für optische Abbildungsaufgaben.

Einführung

Nicht nur in der Fotografie und Bildverarbeitung, sondern auch in vielen technischen Anwendungsgebieten sind optische Systeme im Einsatz, die Abbildungs-, Projektions- oder Vergrößerungsfunktionen erfüllen, sei es bei der Videoüberwachung, bei Scheckkarten-Lesegeräten oder in der Overheadprojektion, um nur einige Beispiele zu nennen. Bei allen Anwendungen steht jedoch am Anfang die Frage, mit welcher Optik (Bild 1) ist die konkrete Abbildungsaufgabe eigentlich zu lösen? Bei welchen geometrischen Entfernungskonstellationen zwischen Gegenstandsebene, Optik und Bildebene erreicht man die gewünschte Bildvergrößerung? Wie groß ist der nutzbare Schärfentiefenbereich? Derartige Fragestellungen erfordern die Kenntnis mathematisch-physikalischer Zusammenhänge der geometrischen Optik. Häufig ist es nicht mit den üblichen Linsen-Abbildungsgleichungen getan. Hier setzt nun das Windows-Programm GAUSSOPT_ik an. Es erlaubt die Berechnung optischer Abbildungsstrecken entlang der optischen Achse, dem Gaußschen Gebiet, wie der Programmname auch andeutet. Mit einer Reihe menü- und symbolgestützter Interaktionsmöglichkeiten unterstützt es die professionelle Arbeit nicht nur von Entwicklern und Fotografen, sondern hilft auch Schülern und Studenten bei ihrer Ausbildung.

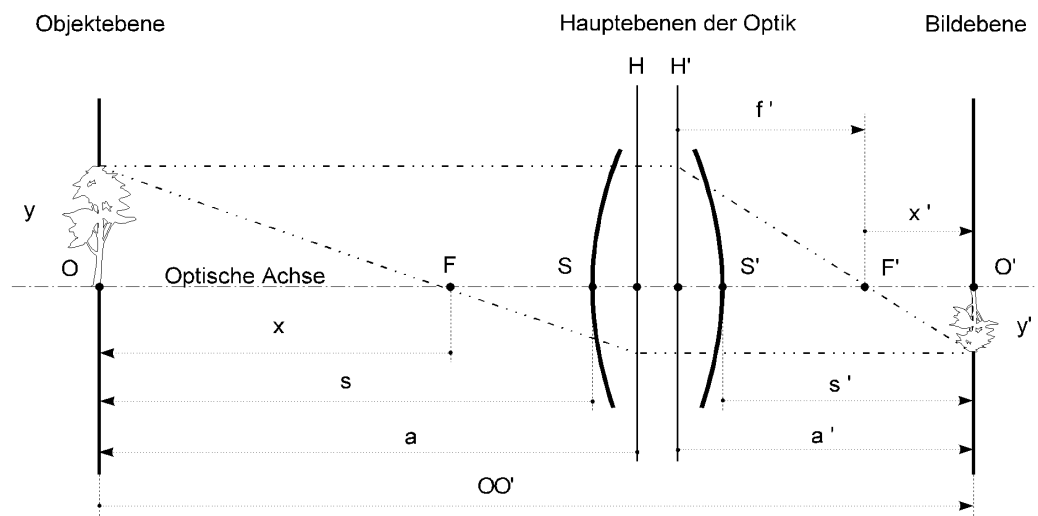


Bild 1. Optische Abbildung im Gaußschen Bereich

Allgemeine Programmbeschreibung

Das Programm wird gestartet mit einem Doppelklick des Mauszeigers auf das Programmsymbol im Windows-Desktop. Im geöffneten Standardfenster (Bild 2) sind die einzelnen Programmfunktionen entweder über die Menü- oder die Symbolleiste wählbar. Streift der Mauszeiger ein relevantes Auswahlfeld, erscheint in unmittelbarer Nähe ein kleines Hilfsfenster und erläutert mit entsprechendem Text die auswählbare Option. Weitere Informationen hält die Statuszeile parat. Ein Hilfemenü, basierend auf dem Windows-Helpsystem, zeigt dem Anwender bei Bedarf einen allgemeinen Überblick zur optischen Abbildung, spezielle Begriffsdefinitionen und Vorzeichenregeln. Weiterhin stehen vielfältige Texthilfen und grafische Visualisierungen im Laufe der Programmausführung zur Verfügung.

Eine wesentliche Eingabehilfe bietet das grafisch unterstützte Eingabefenster zur Dateneingabe: Ein einfacher Mausklick auf eines der Symbole „**Brennweite abschätzen**“, „**Optische Abbildung**“ oder „**Schärfentiefe**“ in der Symbolleiste öffnet ein zusätzliches Fenster mit einer Skizze zur optischen Abbildung.

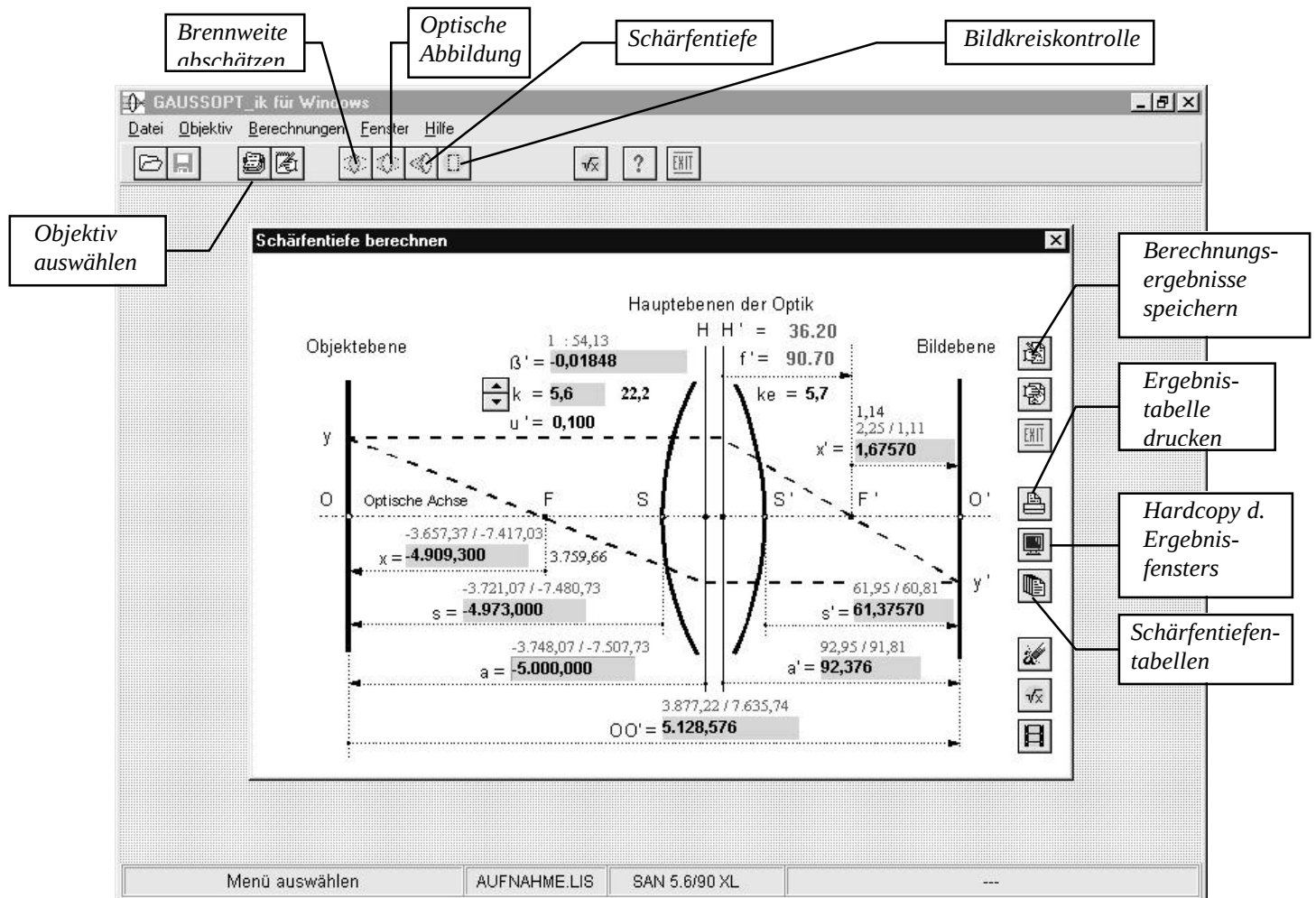


Bild 2. Standardfenster mit Menü-, Symbol- und Statusleiste sowie grafischem Eingabefenster mit Editierfeldern und ausgewähltem Objektiv SAN 5.6/90 XL zur Schärfentiefenberechnung.

Dicht bei den geometrischen Strecken sind blau unterlegte Eingabefelder angeordnet, um die betreffenden Zahlenwerte aufzunehmen. Dazu stehen die üblichen Editierfunktionen zur Verfügung, wie z.B. „Eintrag markieren“ und „Wert überschreiben“. Ganz gleich, ob der Benutzer die Zahlenwerte mit Punkt oder Komma im Editierfeld einträgt, das System wandelt die Dezimalzahlen selbständig in einheitliche Kommanotation um. Dabei erübrigt sich die Frage nach dem mathematischen Vorzeichen einer optischen Strecke, denn dieses wird vom Programm automatisch überwacht und nach DIN 1335 im Bedarfsfall angepaßt. Ist der Zahlenwert korrekt über die Tastatur eingetippt, bestätigt man die Eingabe mit der (RETURN)-Taste. Wenn die notwendigen Daten zur Abbildungsberechnung im Eingabefenster eingetragen sind - zur Brennweitenabschätzung sind zwei Werte, bei einer Abbildung mit ausgewähltem Objektiv

(Bild 2) ist nur ein Wert erforderlich ! - , berechnet das Programm automatisch alle noch fehlenden Strecken und Parameter und überschreibt die entsprechenden Eingabefelder.

Bei wiederholtem Aufruf eines Eingabefensters sind die zuvor berechneten Werte in den einzelnen Eingabefeldern verdeckt hinterlegt. Mit einem Mausklick in ein relevantes Editierfeld aktiviert man den zuvor eingegebenen oder berechneten Zahlenwert. Letztlich sind dadurch schriftliche Notizen unnötig. Werden beim Berechnen optische Grenzwerte erreicht, weist ein entsprechendes Meldungsfenster darauf hin: Wenn beispielsweise die Abbildungsentfernung zwischen Gegenstands- und Bildebene kleiner ist als die vierfache Brennweite des Objektivs - oder wenn die geometrische in die beugungsbegrenzte Schärfentiefe bei kleiner werdendem Blendendurchmesser übergeht - oder wenn bei einer konkret eingegebenen Abbildungsstrecke zwei Abbildungsmaßstäbe für ein „scharfes“ Bild zur Auswahl stehen. Ein kleines praktisches Beispiel soll nun einen typischen Berechnungsablauf mit GAUSSOPT_ik demonstrieren.

Berechnungsbeispiel

Angenommen, eine ($y=$)140 mm hohe kostbare Vase soll mit einer Fachkamera für einen Auktionskatalog fotografiert werden. Der Abstand zwischen Vase und Filmbühne der Kamera beträgt ($OO'=$)1,4 m, die Abbildung wird ($y'=$)80 mm groß gewünscht und zwar im Hochformat auf einem Film 4 " x 5 ". Welche Brennweite ist erforderlich, welches Aufnahmeobjektiv ist dazu geeignet, wie groß ist die Schärfentiefe bei offener Blende, die Beleuchtungszeitverlängerung, die horizontale und vertikale Verschiebemöglichkeit ?

Objektivbrennweite abschätzen

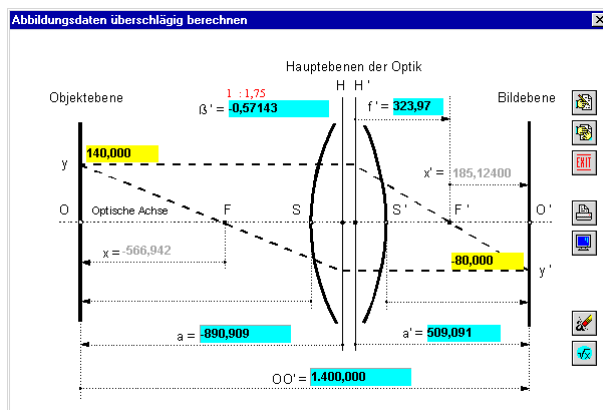


Bild 3. Eingabefenster zur Brennweitenabschätzung

Zunächst wird die notwendige Objektivbrennweite abgeschätzt. Dazu wählt man in der Menü- oder Symbolleiste die entsprechende Funktion aus (Bild 2), und es erscheint das grafisch unterstützte Eingabefenster auf dem Bildschirm (Bild 3). In die gelben Eingabefelder für y und y' sind die Werte 140 mm und 80 mm einzutragen und jeweils mit der (RETURN)-Taste abzuschließen.

Falls nicht anders angemerkt, werden Strecken in der Einheit [mm] eingegeben. Wie man leicht erkennt, geht das Programm von

einer reellen Abbildung aus und versieht den Wert 80 mm mit einem negativen Vorzeichen. In den Objekt- und Bildgrößenangaben steckt verdeckt der Abbildungsmaßstab β' . Es wäre demnach auch die Eingabe des Abbildungsmaßstabs in das blau gefärbte β' -Editierfeld möglich gewesen. Auch dort würde der reellen Abbildung entsprechend das Vorzeichen selbständig auf einen negativen Wert gesetzt. Was noch fehlt, ist der Eintrag im OO' -Feld. Danach berechnet das Programm automatisch alle fehlenden Streckenabschnitte und Parameter und überschreibt die entsprechenden Felder.

Wie man sieht, handelt es sich bei unserer Aufgabenstellung um eine Verkleinerung 1 : 1,75 mit einer theoretischen Objektivbrennweite von 323,97 mm.

Objektivauswahl

ausgewählte Objektivliste: AUFNAHME.LIS

Objektiv	f'	S'F'	HH'	SS'	SEP
Apo-SR 6.8/360	350,50	299,00	-5,70	108,50	67,90
GCM 9,0/305	305,00	272,40	1,70	66,80	32,50
SR-S 6.8/360	350,50	292,50	-5,50	109,80	65,10
XR 5.6/300	300,80	264,60	1,70	65,60	40,20

Objektiv durch Doppelklick wählen
Sollbrennweite: 323,97 +/- 30 mm

Bild 4. Registerfenster zur Objektivauswahl

Als nächster Schritt folgt die Objektivauswahl, eingeleitet mit einfachem Klick mit dem Mauszeiger auf den entsprechenden Button. In der Registerkarte der „**Aufnahme**“-Objektive (Bild 4) werden alle Objektive angezeigt, die im frei wählbaren Toleranzbereich um die soeben berechnete Sollbrennweite liegen. Ein Doppelklick mit dem Mauszeiger auf den Text „**Sollbrennweite**“ zeigt die komplette Objektivübersicht. Die Objektivauswahl geschieht ebenfalls mit einem Doppelklick, jedoch auf den entsprechenden Objektivseintrag in der Liste. Gleichzeitig erscheint der Name des ausgewählten Objektivs in der Statuszeile. Ein weiterer Doppelklick auf den Objektivnamen öffnet ein Informationsfenster, in dem die Gaußschen Objektivdaten aufgelistet sind.

Ausgewählt wird das Objektiv APO-SR 6.8/360 mit effektiver Brennweite von 350,50 mm.

Schärfentiefenberechnung

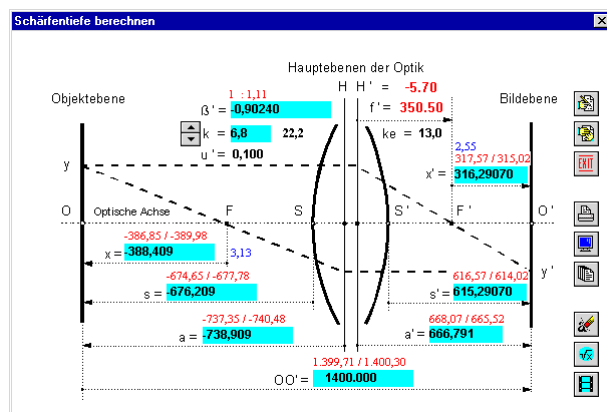


Bild 5. Eingabefenster zur Schärfentiefenberechnung

Nach Auswahl des Schärfentiefenbuttons zeigt sich zunächst ein Auswahlfenster, in dem man das Bildformat mit zugeordnetem Unschärfekreisdurchmesser auswählen muß. Während des Berechnungszyklus ist jederzeit ein Formatwechsel oder auch eine Korrektur des Unschärfekreises möglich. Eine derartige Änderung wirkt sich unmittelbar auf den Schärfentiefenbereich aus. Das Auswahlfenster wird über die „bestätigen“-Taste geschlossen und legt das Eingabefenster für die Schärfentiefenberechnung (Bild 5) frei. Brennweite und Hauptebenen-

abstand des ausgewählten Objektivs sind im aktuellen Eingabefenster bereits enthalten. Anklicken des OO'-Eingabefeldes mit dem Mauszeiger aktiviert (Notizfunktion) den verdeckten ursprünglichen Eingabewerte. Mit (RETURN) wird er übernommen, wobei gleichzeitig alle (!) weiteren Abbildungsdaten und Schärfentiefenwerte berechnet und angezeigt werden. In der Nähe der Blendenzahlangeabe „**k**“ sind zwei Pfeile angeordnet, der Blendenregler. Mit ihm läßt sich die Blendenzahl vergrößern oder verkleinern. Auch dabei folgt unverzüglich die Aktualisierung sämtlicher Abbildungsdaten.

In Abhängigkeit vom aktuellen Abbildungsmaßstab und des Pupillenabbildungsmaßstabs des Objektivs ergibt sich die effektive Blendenzahl, im Eingabefenster mit „**ke**“ dargestellt. Der Zahlenwert unmittelbar neben der Blendenzahl k kennzeichnet die Beugungsgrenze. Wird sie durch die effektive Blendenzahl überschritten, erfolgt ein Hinweis, daß der geometrische Schärfentiefenbereich in den beugungsbedingten übergeht. Ein in diesem Fall zusätzlich angezeigter Wert unterhalb ke entspricht einem äquivalenten geometrischen Unschärfekreis.

Zurück zur Fragestellung: Der Schärfentiefenbereich bei offener Blende erstreckt sich vom vorderen Linsenscheitel aus gemessen von 674,65 bis 677,78 mm, das sind 3,13 mm.

Schärfentieftabelle

Schärfentieftabellen

1/1 Blendenstufen 1/3 Blendenstufen Entfernungstabelle

6,8 8 11

(m)	E.v.	E.h.	E.v.	E.h.	E.v.	E.h.
20	18,105	22,349	17,808	22,823	17,107	24,102
15	13,927	16,257	13,754	16,502	13,340	17,148
10	9,529	10,522	9,451	10,620	9,261	10,873
7	6,778	7,238	6,740	7,282	6,648	7,394
5	4,894	5,111	4,876	5,131	4,831	5,183
4	3,937	4,066	3,926	4,078	3,899	4,108
3	2,969	3,032	2,963	3,038	2,950	3,052
2	1,991	2,009	1,989	2,011	1,985	2,015
1,7	1,695	1,705	1,694	1,706	1,692	1,708
1,40	1,396	1,396	1,396	1,396	1,396	1,396

OK drucken Abbruch

Bild 6. Schärfentieftabelle

der Betrag unterschritten werden sollte. Alle Angaben sind ausnahmsweise in der Längeneinheit [m] angegeben.

Bildkreiskontrolle

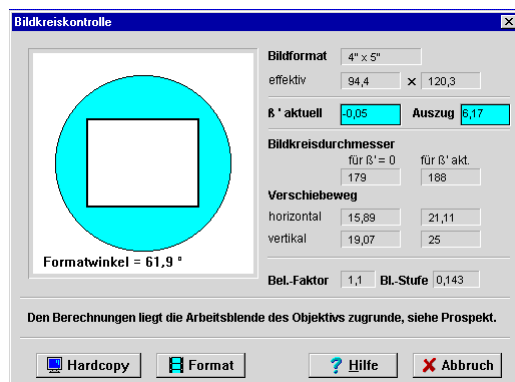


Bild 7. Fenster der Bildkreiskontrolle

Abbildungsmaßstab β'_{akt} die Werte negativ sind, liegt Vignettierung vor. Im Falle positiver Zahlen geben diese gleichzeitig die nutzbaren Objektiv-Verschiebemöglichkeiten wieder. Mit wachsendem Auszug, hier ist der Abstand des bildseitigen Objektivbrennpunktes von der Bildebene gemeint, vergrößert sich automatisch der Abbildungsmaßstab und auch der Bildkreisdurchmesser. Editiert man die Werte dieser Eingabefelder, passen sich alle abhängigen Daten und auch die Grafik automatisch der neuen Gegebenheit an. Mit einer dieser Änderungsmöglichkeiten geht auch eine Belichtungszeitveränderung einher. Der angegebene Faktor bezieht sich auf eine Belichtungszeit für die Entfernungseinstellung auf Unendlich ($\beta' = 0$). Eine Änderung der Belichtung ist wiederum einer Blendenstufenänderung äquivalent. Schließlich gibt der Formatwinkel im Grafikfeld Auskunft darüber, welcher Winkel von der Mitte der Austrittspupille bis zu den Formatecken eingenommen wird.

In unserem Beispiel, um die letzten Fragen zu beantworten, ist eine horizontale Verschiebung des Objektivs um 21,11 mm und eine vertikale um 25 mm möglich, die Belichtungszeit bei der Einstellung $\beta' = 0$ muß um den Faktor 1,1 verlängert werden..

Weitere interessante Informationen hält der Button „Schärfentieftabelle“ bereit. Das aufgerufene Registerfenster (Bild 6) bietet u.a. die Option, eine komplette Schärfentieftabelle für das aktuelle Objektiv anzuzeigen und auszudrucken, und zwar unter Berücksichtigung des vorher festgelegten Unschärfekreises. Die Berechnung mit einer beliebigen Einstellentfernung ist anhand des blau unterlegten Eingabefeldes möglich. Der dort angezeigte aktuelle Eintrag kennzeichnet die kürzestmögliche Einstellentfernung. Eine Warnung wird ausgelöst, wenn

Hardcopy, Ergebnisdatei

```

JOS. SCHNEIDER OPTISCHE WERKE KREUZNACH GmbH & CO.KG
Postfach 2463 55513 Bad Kreuznach
Tel.: +49 0671/601 0 FAX: +49 0671/601 109
=====

Objektiv : Apo-SR 6.8/360      Objektivdatei : AUFNAHME.LIS

f'  = 350.50      SS'  = 108.50
SF  = -287.80     S'F' = 299.00
SH  = 62.70      S'H' = -51.50      HH'  = -5.70
SEP = 67.90      S'AP = -46.38      B'PU = 0.985

DATEN ZUR SCHAERFENTIEFE :

Formatdiagonale = 153.00  Unschärfekreis = 0.100

Zum Objekt- und Bildabstand
a = -738.909  a' = 666.791
gehören folgende blendenabhängige Nah- und Fernpunkte:

      objektseitiger          bildseitiger
      Nahpunkt    Fernpunkt  Nahpunkt    Fernpunkt
6,8    -737.345    -740.480    668.069    665.517
8       -737.070    -740.758    668.296    665.293
11      -736.383    -741.453    668.862    664.732

=====
Programm : GAUSSOPT_ik Vers. 3.0    11.03.1997(21:18:35)

```

In den Eingabefenstern des Programms stehen u.a. die Optionen zur Wahl, eine **Hardcopy** des Ergebnisfensters zu erzeugen, Einzelergebnisse direkt über einen Tinten- oder Laserstrahldrucker tabellarisch auszugeben, oder die Berechnungsergebnisse in eine Datei zu sichern, um sie später als Dokument weiterzuverwenden. Wie eine derartige Datei aufgebaut ist, zeigt Bild 8.

Bild 8. Ausdruck der Datei „ERGEBNIS.DAT“

Fazit

Das Programm GAUSSOPT_ik bietet, kurz und ablaufnah zusammengefaßt, folgende wesentliche Unterstützungen zur geometrischen Abbildungsberechnung:

- **Objektivbrennweite abschätzen** anhand bekannter Abbildungsgrößen: Abbildungsmaßstab (β') oder Objekt- und Bildgröße (y, y'); Streckeneingabe wahlweise, gemessen von Brennpunkten (x, x'), Linsenscheiteln (s, s') oder Hauptebenen (a, a') des Objektivs; Abbildungsstrecke (OO'),
- **Objektiv** aus geeigneter Objektivdatei (Aufnahme, Vergrößerung, Reproduktion, CCTV, sonstige) **auswählen** mit der Option, die zuvor überschlägig berechnete Brennweite mit frei wählbarem Toleranzbereich einzusetzen,
- **Abbildungsberechnungen** mit aktuellem Objektiv und wahlfreien Eingabemöglichkeiten der Abbildungsgrößen **durchführen** bei gleichzeitiger automatischer Plausibilitätskontrolle durch das Programm,
- **Rechenergebnisse drucken** oder - auch mehrere Rechendurchgänge hintereinander (!) in einer Datei - **speichern**, sowie grafische Ergebnismaske (**Hardcopy**) drucken,
- **Bildformat** mit **Unschärfekreis auswählen** und damit **Schärfentiefe berechnen** oder **Schärfentieftabelle** für das gewählte Objektiv erzeugen,
- **Blende** während Berechnung **variieren** mit direkter Anzeige der Auswirkungen auf die geometrische Schärfentiefe sowie Hinweis, wenn **Beugungsgrenze** erreicht wird; Anzeige der **effektiven Blendenzahl** und eventuellem **beugungsbedingtem Unschärfekreis**,
- **Format** und **Bildkreis grafisch kontrollieren**, gleichzeitiges Anzeigen von: horizontalen und vertikalen **Verschiebemöglichkeiten**, **Belichtungszeitverlängerung** bzw. **äquivalente Blendenkorrektur** je nach Abbildungsmaßstab sowie **Formatwinkel**,
- **Objektivdateien ergänzen** oder **eigene Objektivliste** erstellen,
- **Editor** zur Manipulation z.B. der Ergebnisdatei oder zur Ergänzung bestehender Objektivdateien,
- **Windows-Taschenrechner** benutzen, wenn komplizierte Berechnung notwendig sein sollte,
- **Hilfesystem** - basierend auf Windows-Helpsystem - aufrufen, Hilfetexte ausdrucken.