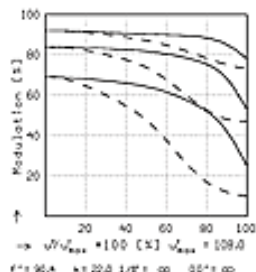




## MTF-Analyse



### Windows®- Programm mit diversen Darstellungsmöglichkeiten der Leistungsdaten ( [MTF](#) ) optischer Systeme

Mit dem interaktiven Programm "mtf\_analyse.exe" lassen sich vielfältigste Fragestellungen zur optischen Leistungsfähigkeit von SCHNEIDER-Objektiven schnell und zuverlässig beantworten.

Autor : Gerhard Schmitt, Bad Kreuznach



Freeware [[deutsch](#)] [[english](#)] (zip, 1 MB)

Häufig wird die [Leistungsfähigkeit eines Objektivs](#) dargestellt als Funktion des Bildkontrastes (Modulation) über die halbe Bilddiagonale ( $y'$ ), sprich Abstand optische Achse bis Bildecke, wobei drei Parameter

- [Auflösungsvermögen](#) bzw. Ortsfrequenz ( $R$  in LP/mm; LP = Linienpaare/mm),
- Blendenzahl ( $k$ ) und
- Abbildungsmaßstab ( $\beta'$ )

vorgegeben sind, im Beispiel unten  $k = 4.124$ ,  $R = 40$  LP/mm und  $\beta' = 0$ .

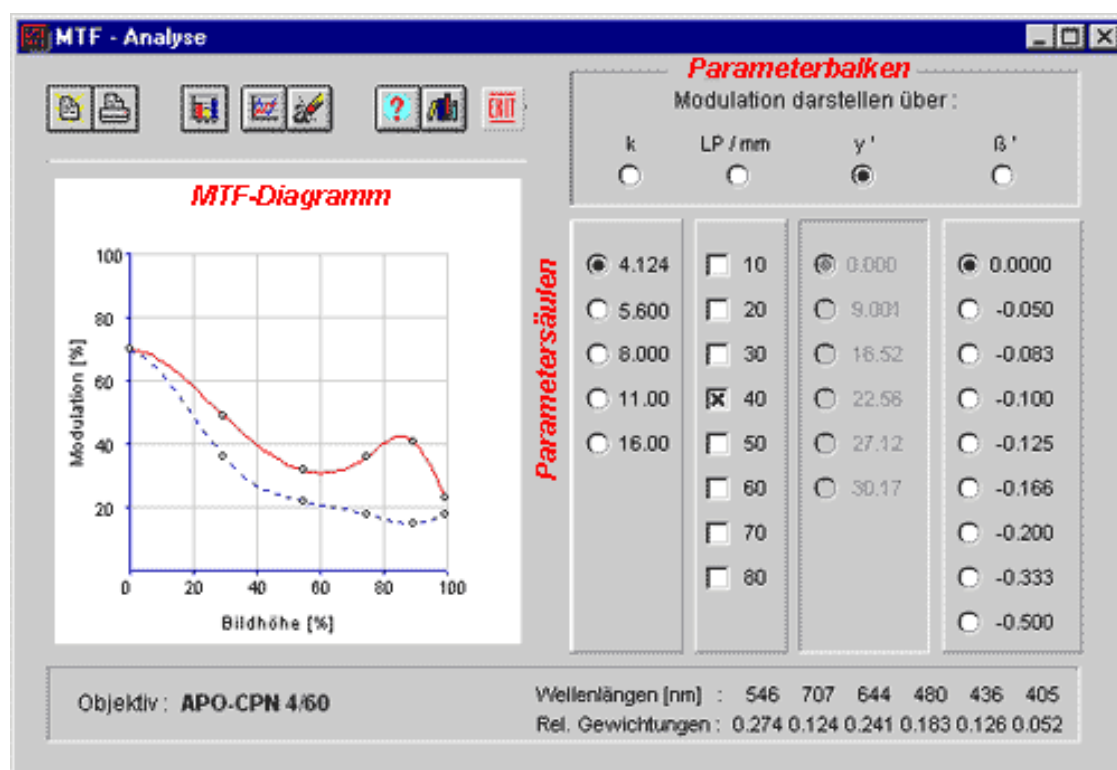


Fig. 1

Das Programmfenster (Fig. 1) läßt eine nützliche Erweiterung der Leistungs- und somit Einsatzbeurteilung eines Objektivs im Vergleich zur herkömmlichen Praxis erkennen:

Neben der abgebildeten häufigen Darstellungsweise

- [Modulation in Abhängigkeit der Bildhöhe \( \$y'\$ \)](#)

**gibt es drei zusätzliche grafische Alternativen, und zwar**

- [Modulation in Abhängigkeit der Blendenzahl \( \$k\$ \)](#)
- [Modulation in Abhängigkeit der Ortsfrequenz \( \$R\$ \)](#)
- [Modulation in Abhängigkeit des Abbildungsmaßstabs \( \$\beta'\$ \)](#) .

Wie die erweiterten Darstellungsmöglichkeiten genutzt werden können, wird nachfolgend beschrieben.

Die gewünschte Modulationscharakteristik wird ausgewählt durch Anklicken eines der vier relevanten Radiobuttons im *Parameterbalken* "*Modulation darstellen über*" - in unserem Beispiel über die Bildhöhe  $y'$ . Die *Parametersäule* mit den Werten "0.000 9.001 ... 30.17" wird dadurch inaktiv, am grauen Zustand des Wertebereichs zu erkennen.

Auf der Abszisse des Diagramms sind die festgelegten Parameterwerte aufgetragen - prozentual bezüglich ihres Maximalwertes<sup>1)</sup> - und darüber die Modulation als Kurve  $M = f(y')$ . Innerhalb der drei weiteren aktiven *Parametersäulen* ist wiederum jeweils ein Radiobutton anklickbar - von den Auswahlboxen der *Parametersäule* LP/mm können sogar mehrere Schaltfelder gleichzeitig markiert werden.

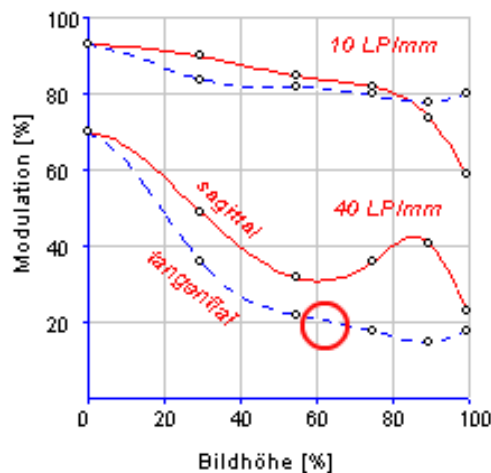


**Je höher und enger die [sagittalen](#) und [tangentialen](#) Kurven im Diagramm beisammen liegen, um so besser zeichnet das Objektiv. Fallen die Modulationskurven unter die 20%-Linie des MTF-Diagramms, ist der Grenzfall erreicht, ab dem die Leistung des Objektivs nicht mehr uneingeschränkt ausreicht für die Abbildungsaufgabe, die definiert ist durch die markierten Buttons in den einzelnen *Parametersäulen* des Programmfensters.**

Anhand des Objektivs **APO-Componon 4/60mm** wird nachfolgend eine MTF-Analyse erläutert.

### Variante 1: Modulation in Abhängigkeit der Bildhöhe, $M = f(y')$

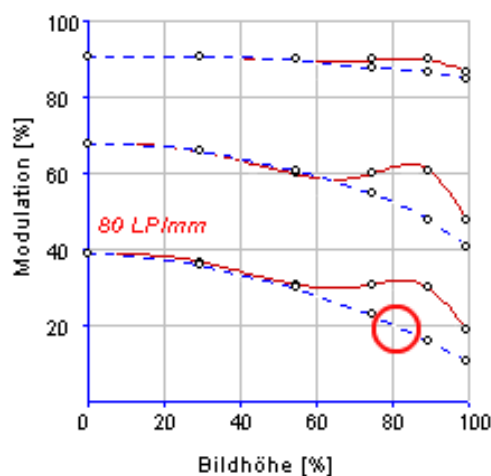
Nebenstehende Grafik zeigt die MTF-Kurven für die Ortsfrequenzen 10 LP/mm (oberes Kurvenpaar) und 40 LP/mm (unteres Kurvenpaar). Die durchgehenden repräsentieren **sagittale**, die gestrichelten **tangentiale Objektstrukturen**. Als 100% Bildhöhe gilt üblicherweise die halbe Bilddiagonale, beispielhaft 30,17 mm, zu sehen als letzter Wert im  $y'$ -Parameterfeld (Fig. 1).



Bei offener Blende (  $k = 4,12$  ) und Fokussierung auf Unendlich (  $\beta' = 0$  ) findet das Objektiv seine Einsatzgrenze für tangentielle Objektstrukturen bei

Fig. 2  
einer Ortsfrequenz von 40 LP/mm in einer Bildhöhe von ca. 60% des Maximalwerts, das entspricht 18,1 mm<sup>2</sup>).

Eine **nutzbare Bilddiagonale** oder **CCD-Zeilenbreite** von  $2 \times 18,1 \text{ mm} = 36,2 \text{ mm}$  wird demnach mit definitionsgemäß ausreichender Modulation ( 20% ) versorgt. Bei höheren Ortsfrequenzen (Auswahlboxen in der *Parametersäule* LP/mm nacheinander anklicken) wird dieser geometrische Wert - man könnte ihn als "Nutz-Bildkreis" bezeichnen - immer kleiner, da die MTF-Kurven im Diagramm bildlich gesehen tiefer sinken. Für die Ortsfrequenz von 80 LP/mm beträgt er dann im vorliegenden Beispiel gerade noch 12 mm.



Blendet man das Objektiv jedoch auf Blende  $k = 11$  ab, sind sogar noch tangentielle Strukturen gut aufzulösen bei einer Ortsfrequenz von 80 LP/mm, siehe untere der drei Kurvenpaare im nebenstehenden Bild. Dort wird die 20%-Modulationsgrenze gerade bei 80% der maximalen Bildhöhe erreicht, d.h. eine Bilddiagonale von 48,2 mm wird noch abgedeckt !

Fig. 3

Mit der Blende  $k = 8$  und dem optimalen Abbildungsmaßstab  $\beta' = -0,2$  (siehe [Erläuterungen](#) weiter unten) wird für das gesamte Bildformat sowohl für sagittale als auch für tangentielle Objektstrukturen bei einer Ortsfrequenz von 80 LP/mm noch eine ausreichende Abbildungsleistung erzielt!

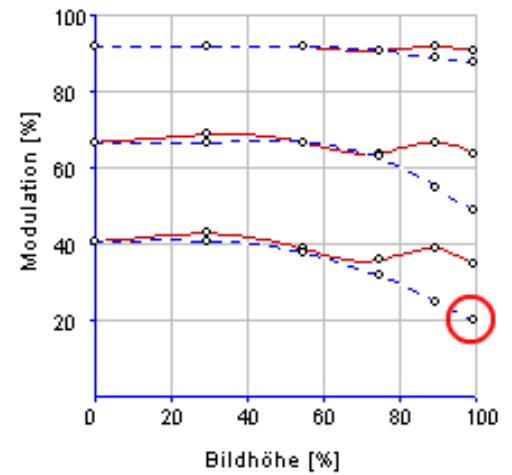


Fig. 4

- 1) Die *Parametersäule* beinhaltet jeweils den zulässigen, dem SCHNEIDER-Objektiv eigenen Wertebereich des Parameters, in Fig. 1 beispielsweise die halbe Bilddiagonale von  $y'_{\min} = 0$  mm bis  $y'_{\max} = 30,17$  mm.
- 2) Schnittpunkt der unteren blau gestrichelten Linie ( 40 LP/mm ) in Fig. 2 mit der 20%-Linie der Modulation entsprechen einer Bildhöhe von 18,1 mm, das sind 60% der max. Bildhöhe 30,17mm, siehe *Parameterbalken  $y'$*

[Fortsetzung](#) ►



**FON :** +49 ( 0 ) 671 - 60 10 ..... **FAX :** +49 ( 0 ) 671 - 60 11 08 ..... **E-mail :** [foto@schneiderkreuznach.com](mailto:foto@schneiderkreuznach.com)





## MTF-Analyse

... Fortsetzung

### Variante 2: Modulation in Abhängigkeit der Blendenzahl, $M = f(k)$

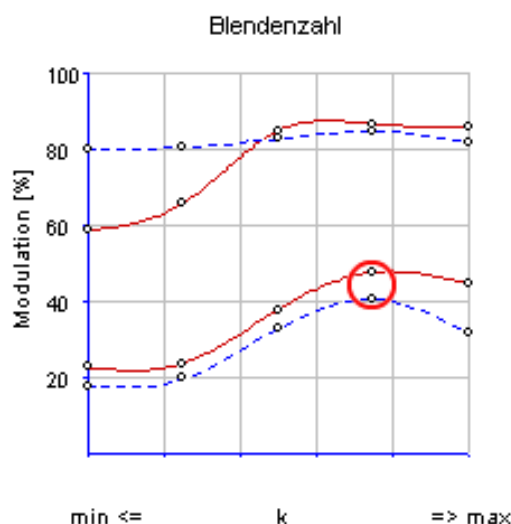


Fig. 5

In unserem Beispiel soll untersucht werden, bei welcher **Blendeneinstellung** hierbei die **beste Abbildungsleistung** erreicht wird.

In der Bildecke (-diagonalen) erhält man bei einer Ortsfrequenz von 40 LP/mm (unteres Kurvenpaar in Fig 5) und Fokussierung auf Unendlich ( $\beta' = 0$ ) mit der Blendeneinstellung  $k = 11$  (vorletzte Kreismarkierungen im Diagramm) die beste Abbildungsleistung des Objektivs: Modulation ca. 50% bei sagittalen, 40% bei tangentialen Strukturen.

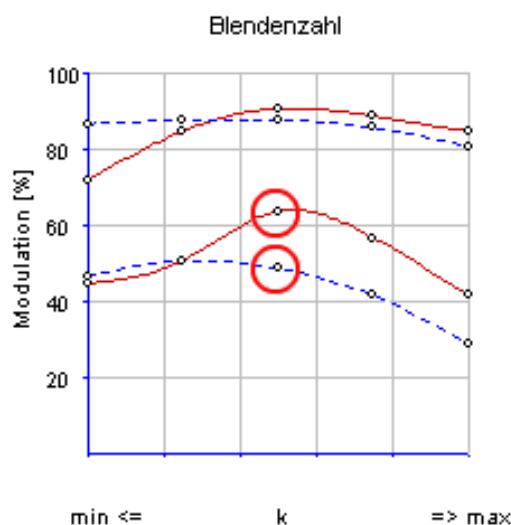


Fig. 6

In nebenstehender Diagramm-Variante sind die Modulationswerte für konkrete Blendenstellungen (siehe "Parametersäule  $k$ " in Fig. 1) durch Kreise gekennzeichnet, von der kleinsten Blendenzahl (min) links bis zur größten Blendenzahl (max) rechts.

Theorie und Praxis lehren, daß die Modulation in der Bildecke geringer ausfällt als in der Bildmitte.

Durchläuft man den Abbildungsbereich von  $\beta' = 0$  (Fokussierung auf Unendlich) bis zum größtmöglichen Wert  $\beta' = -0,5$ , dann zeigt sich deutlich eine Verschiebung der "optimalen Blende" hin zum Blendenwert  $k = 8$  für die Ortsfrequenz 40 LP/mm – von links gesehen die dritte Blendeneinstellung in der Grafik, sie korrespondiert mit dem dritten Wert in der Parametersäule  $k$  (s. Fig. 1).

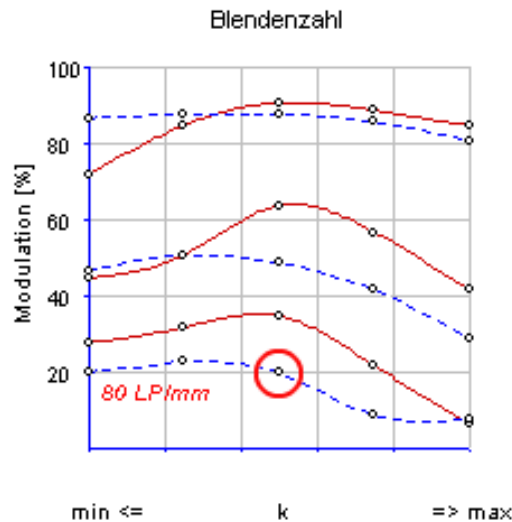


Fig. 7

Fig. 7 zeigt bei einer zusätzlichen gewählten Ortsfrequenz von 80 LP/mm (unteres Kurvenpaar), daß das Objektiv noch bis zur Blendeneinstellung  $k = 8$  tauglich ist, erkennbar am Schnittpunkt der tangentialen Modulationskurve (gestrichelt) mit der 20%-Marke. Kleinere Blendenöffnungen (größere Blendenzahlen) sind nicht mehr akzeptabel.

### Variante 3: Modulation in Abhängigkeit des Abbildungsmaßstabs, $M = f(\beta')$

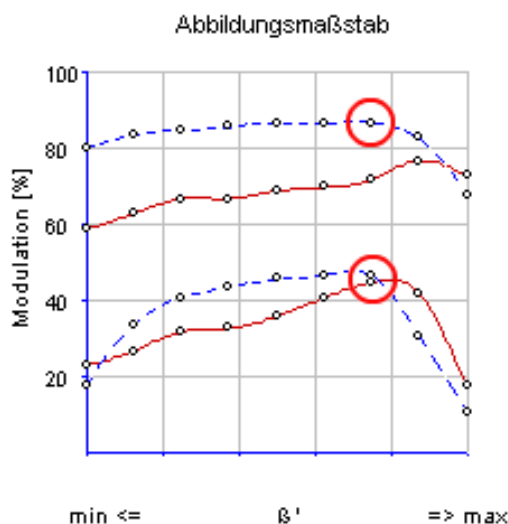


Fig. 8

In Fig. 8 stehen die Kreismarkierungen diesmal für die in der *Parametertabelle*  $\beta'$  (Fig. 1) aufgelisteten Abbildungsmaßstäbe 0, -0,05 ... -0,333 -0,5.

In der Bildecke  $y' = 30,17$  und beim Abbildungsmaßstab  $\beta' = -0,2$  – zu finden in der Grafik als drittletzte Kreismarkierung und drittletzter Spaltenwert in der *Parametertabelle*  $\beta'$  – ist bei offener Blende  $k = 4,12$  für die Ortsfrequenzen  $R = 10$  bzw. 40 LP/mm die Abbildungsleistung des Objektivs am besten! Das zeigen uns die Maxima nebenstehender Kurven.

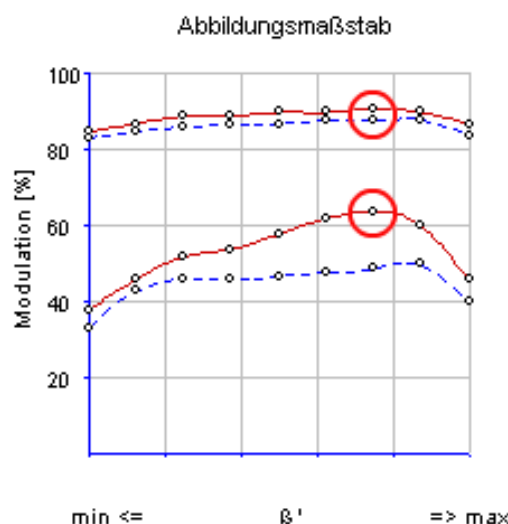


Fig. 9

Um zwei Blendenstufen abgeblendet auf den Blendenwert  $k = 8$  erhält man die **beste Abbildungsleistung für die Bilddiagonale** beim Abbildungsmaßstab  $\beta' = -0,2$  : eng beieinander liegende Kurven relativ hoch im Diagramm positioniert.

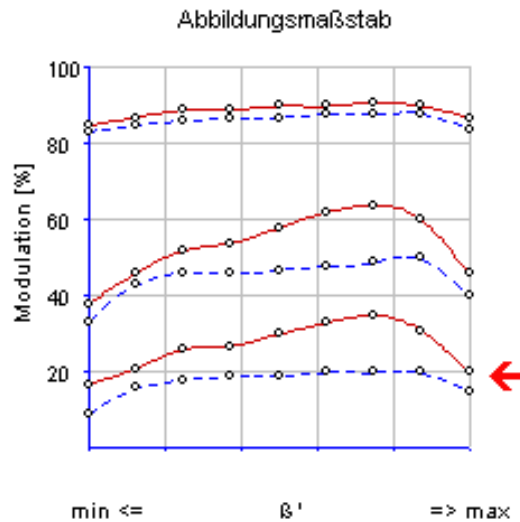


Fig. 10

Sogar für eine Ortsfrequenz von 80 LP/mm (unteres Kurvenpaar) würde das Objektiv bei Arbeitsblende  $k = 8$  in der Bilddiagonalen fast über den ganzen zulässigen Abbildungsmaßstab-Bereich noch akzeptable Ergebnisse erzielen, für sagittale und tangentielle Strukturen gleichermaßen: unterste Kurve liegt fast komplett bei 20% Modulation.

#### Variante 4: Modulation in Abhängigkeit der Ortsfrequenz, $M = f(R)$

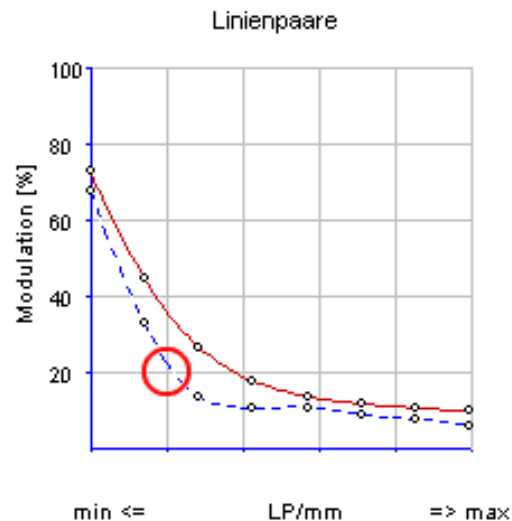


Fig. 11

Im Diagramm Fig. 11 sind die zugrunde gelegten Ortsfrequenzen von 10 bis 80 LP/mm von links nach rechts durch Kreise in den beiden Modulationskurven verdeutlicht.

In der Bildecke ( $y' = 30,17$ ) ist bei offener Blende ( $k = 4,12$ ) für den größten zulässigen Abbildungsmaßstab  $\beta' = -0,5$  die Auflösungsgrenze bei ca. 25 LP/mm erreicht - Schnittpunkt der gestrichelten Modulationskurve mit der 20%-Marke.

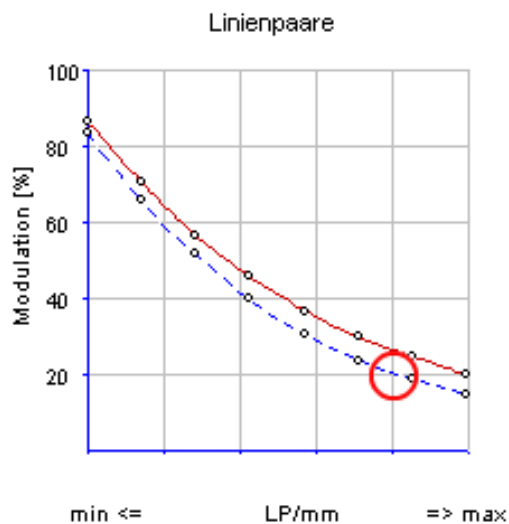


Fig. 12

Blendet man jedoch nur um zwei Stufen auf  $k = 8$  ab, dann liegt die Auflösungsgrenze bei ca. 65 LP/mm!

Wie die Beispiele zeigen, stehen mit wenigen Mausklicks Informationen zur Verfügung, die auf herkömmliche Weise ([MTF-Datenblätter](#)) oft durch zeitaufwendiges Recherchieren zusammengetragen werden müssen.



Freeware [[deutsch](#)] [[english](#)] (zip, 1 MB)

MTF-Analyse-Software mit Objektiven der Digital-Baureihe sowie Kompaktobjektiven für industrielle Anwendungen.

*Software for MTF-analysis of SCHNEIDER lenses especially for industrial applications (compact lenses ...).*



**FON :** +49 ( 0 ) 671 - 60 10 ..... **FAX :** +49 ( 0 ) 671 - 60 11 08 ..... **E-mail :** [foto@schneiderkreuznach.com](mailto:foto@schneiderkreuznach.com)

