

DIE ERGEBNISSE VON BERECHNUNGEN UND KONTROLLMESSUNGEN BEI LINEAR KOMPENSIERTEN ZOOM-OBJEKTIVEN

P. KALLÓ

Ungarische Optische Werke (MOM),
Budapest

Eingegangen am 9. September 1986
Vorgelegt von Prof. Dr. O. Petrik

Abstract

Two pieces of newdevelopped Zoom-objectivs are presented in the paper. Both are protected by patents. The main section of these objectivs is the teleobjectiv with movable elements. The system also contains an other further objectiv called post-element. For 10 times magnifying anglesecs are characteristic for the imagequality of these systems.

Die jetztige Periode der technisch-wirtschaftlichen Entwicklung benötigt die Steigerung des qualifizierten ingenieur-techniker Arbeitsanteils, um die opti-mechanischen Produkte besser verkaufbar und konkurrenzfähig zu gestalten.

Bei kleinen Ländern-abgesehen von einigen traditionellen Gebieten — bedeutet die Entwicklung und Herstellung von großen Systemen eine sehr große Gefahr. Deswegen kommt jenen Hauptteilen eine große Bedeutung zu, die diese große Systeme ergänzen, und relativ autonom funktionieren. Hierher zählen die nicht traditionellen, in kleineren Serien hergestellten angewandten optischen Systeme, und innerhalb davon die Zoom-Objektive.

Die Zoom-Objektive für Amateur, und noch mehr für professionelle Zwecke enthalten wegen ihren hohen Leistungen viele Linsen, ihr feinmechanischer Aufbau ist kompliziert, so sind sie teuer, und empfindlich gegen die Einwirkungen der Umgebung.

Meine Zielsetzung war Zoom-Objektive zu entwickeln, die:

- eine bescheidenere Leistung
- niedrige Linsenzahl
- einfache feinmechanische Fassung haben
- extrem mechanisch und klimatisch beständig sind
- benutzt werden können bei Arbeiten, wo Zoom-Objektive noch nicht verwendet wurden.

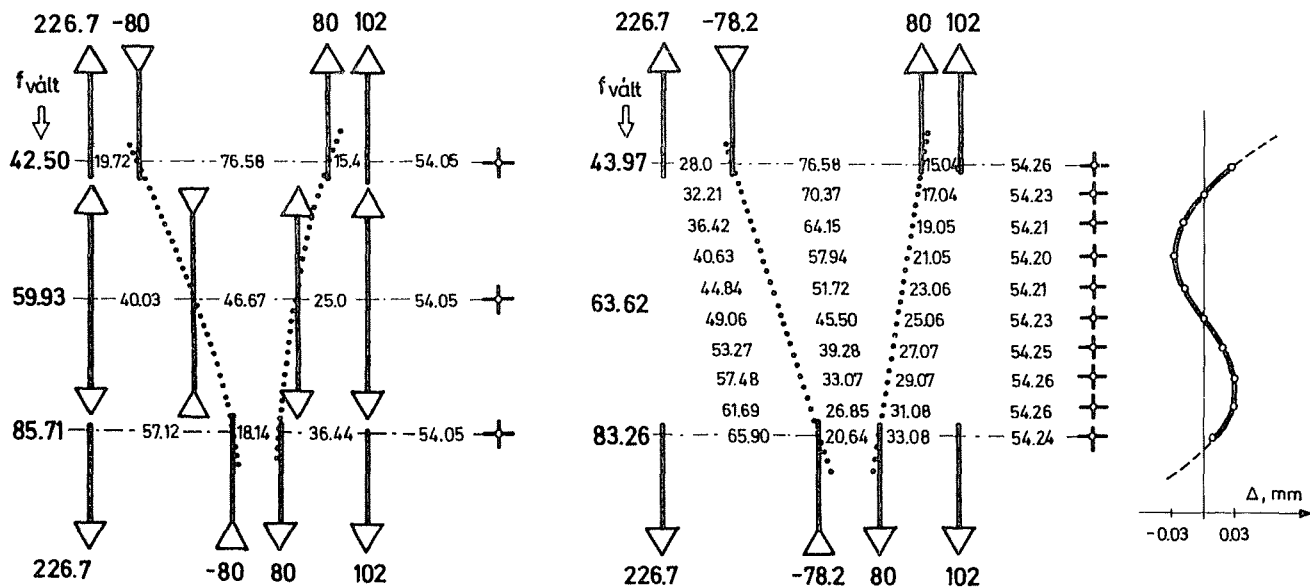


Abb. 1. Die Gauss-Parameter des linear kompensierten Objektivs mit veränderlichem Fokus, bestimmt von einem nichtlinearem Ausgang ausgehend, sowie die Werte der restlichen Bildwanderung

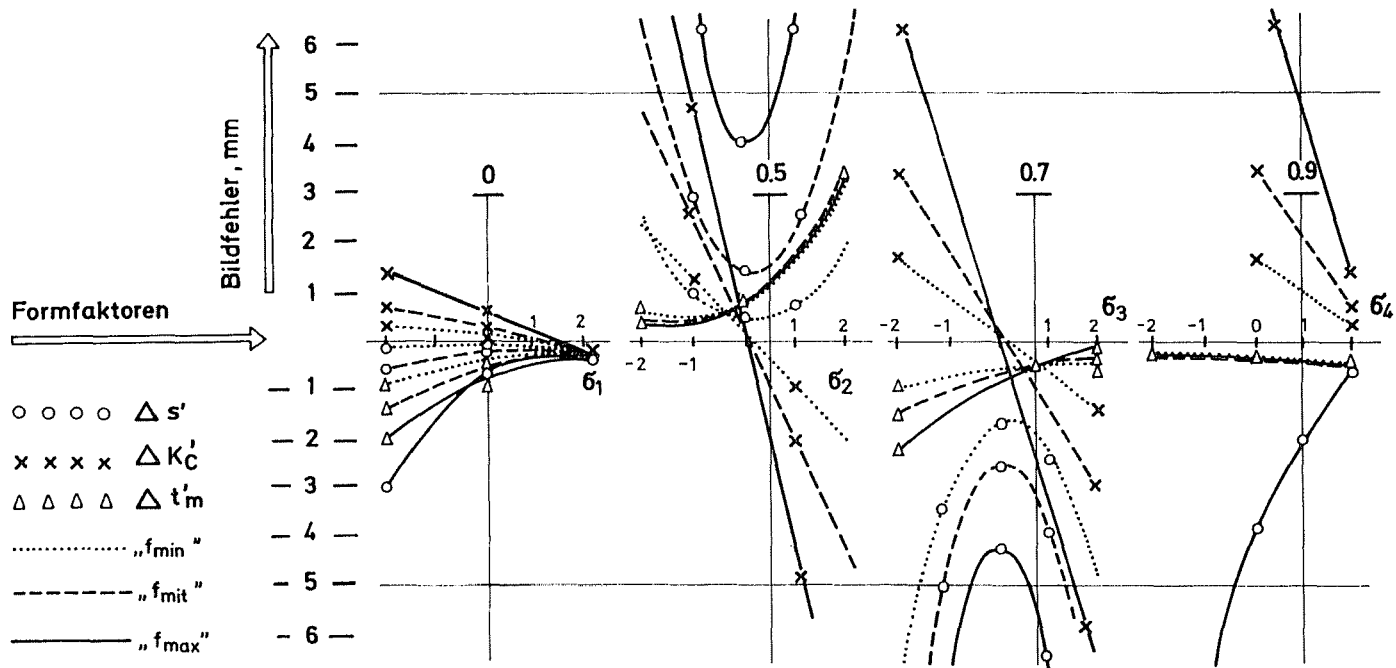


Abb. 2. Einfach aufgebautes Objektiv mit veränderlichem Fokus. Bildfehlerdiagramme dritter Ordnung der minimalen, mittleren und maximalen Fokuserfernung des Dünnlinsensystems in Abhängigkeit von den Gestaltfaktoren

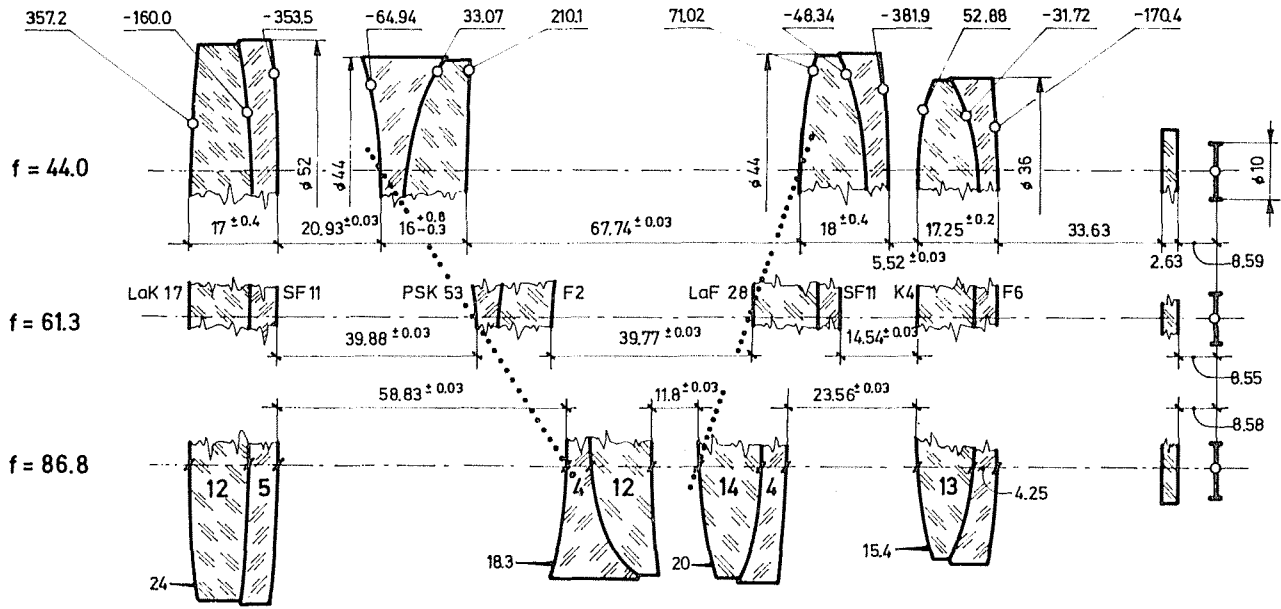


Abb. 3. Optischer Entwurf der Grundvariante des linear kompensierten Objektivs mit veränderlichem Fokus

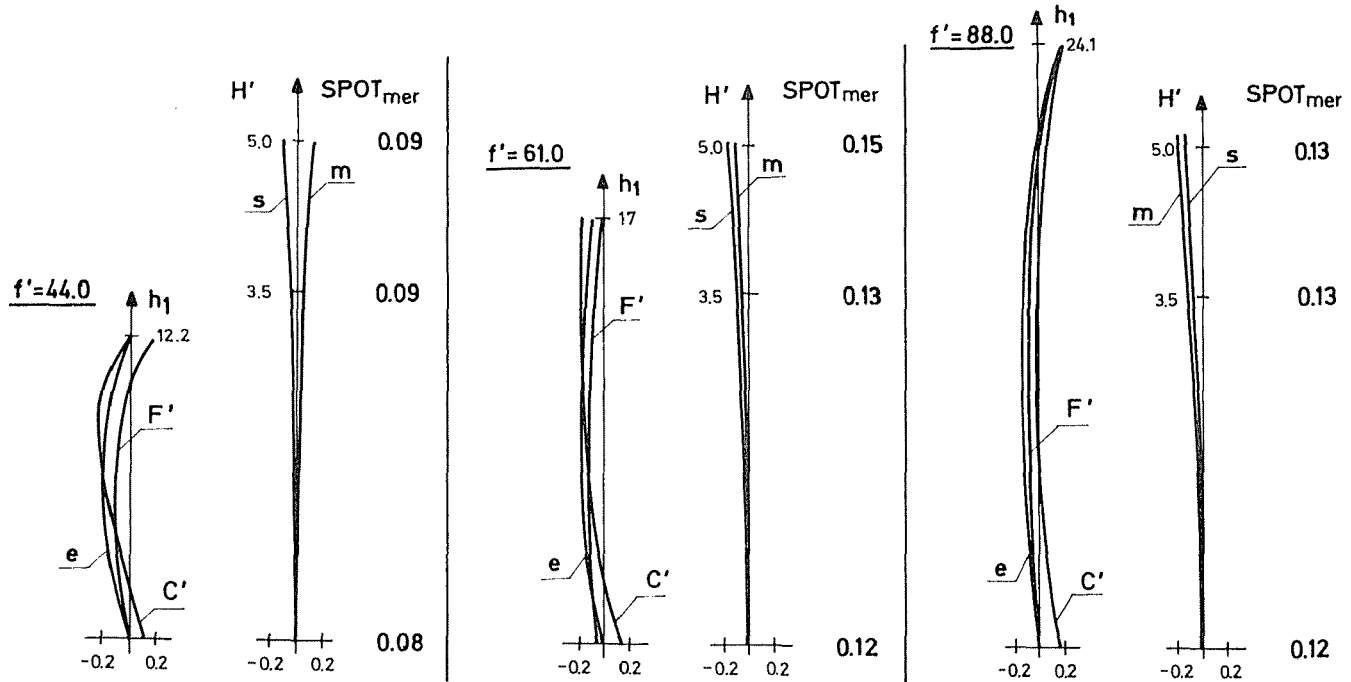


Abb. 4. Für die Bildqualität charakteristische Leistungsdiagramme des linear kompensierten Objektivs mit veränderlichem Fokus, und die meridionalen Abmessungen der Streuflächen

Zu der Verwirklichung dieser Zielsetzungen besaßen wir:

- ausgedehnte optische Konstruktionspraxis
- computerisierte optische Konstruktionsprogrammfamilie
- optisch-feinmechanische, technologische- und Herstellerpraxis.

Die Konstruktionseigenschaften bestimmen ein optisches System mit linear kompensierter Bildebene, das uns einfache und zuverlässige mechanische Bewegungen ermöglicht.

I. Variante: $f=44 \dots 88$ mm, $2\beta_{c1} = 10^\circ \dots 5^\circ$, $1:1,8$

Das optische System besteht aus 4 Linsen. Die Änderung der Brennweite wird durch die unterschiedliche lineare Steilbewegung der beiden mittleren Linsen erreicht. Der Wert der Bildebenenwanderung im ganzen Fokusbereich ist kleiner als $\pm 0,03$ mm. Bei minimaler, mittlerer und maximaler Fokussentfernung sichern die Bildfehler dritter Ordnung eine gute Korrektionsmöglichkeit. Das Dicksystem besteht — grundlegend wegen den Farbkorrekturen — aus vier geklebten Linsen. Die optischen und feinmechanischen Herstellungs-, und Montierstoleranzen, bzw. Genauigkeitsansprüche sind nicht strenger, als bei einem ähnlichen Objektiv mit relativer Öffnung, und ständiger Fokussentfernung. Die lineare Bewegung der mittleren Linsen wird durch eine zahnradbetriebene Zahnleiste gesichert. Die Bildqualität spiegelt die Bildfehlerkurven gut. Durch die Kontrollmessungen der Musterstücke des Zoom-Objektives kann festgestellt werden, daß durch die Bildebenenwanderung belastete Auflösung im variablen Fokusbereich, in der ganzen Bildfläche bei $80 \dots 120$ Linienpaaren/mm liegt.

II. Variante: $f=190 \dots 380$ mm, $2\beta_{c1} = 6^\circ \dots 3^\circ$, $1:3,0 \dots 1:6,0$

Anhand den guten Erfahrungen, die mit dem vorigen Objektiv gewonnen wurden ist für konkrete Verwenderzwecke ein Fernrohr mit großer Austrittspupille hergestellt worden, bei dem die Vergrößerung zwischen 10 und 20 mit Zoom-Objektiv gesichert wird.

Das Zoom-Objektiv besteht aus einem Teleobjektiv, und beweglichen Glieder, die die Variabilität der Fokussentfernung sichern, und einem einfachen Nachglied. Die beweglichen Glieder sind optisch äquivalent mit der vorigen Variante. Die Sammellinse ist aus Korrektionszwecken in zwei geklebte Linsen geteilt. Die Bewegung der Linsen wird durch zwei, entgegengesetzten Schrauben mit unterschiedlicher Höhe, und 16 Unterteilungen gesichert. Die Bildqualität charakterisieren bei 10 facher Vergrößerung 6 Sekunden, bei 20 facher Sekunden Auflösung.

Dr. Péter KALLÓ MOM H-1525 Budapest POB 52

ALIGNMENT OF A CCD DEVICE INTO THE IMAGE PLANE

GY. ÁBRAHÁM

Department of Precision Mechanics and Applied Optics,
Technical University, H-1521 Budapest

Received September 20, 1986
Presented by Prof. Dr. O. PETRIK

Abstract

Methods and instruments for the alignment of the optical sensors in the spacelabs Vega I. and II. are shown in this article. The determination of the best position of the CCD plane had become more exact applying OTF measurements in the focal plane.

It's known that the Spacelabs Vega I and Vega II took pictures of the comet Halley on the 6th and 9th March 1986. These pictures were recorded by a TV-camera which contained two optical systems with 2-2 CCD-s in their focal-plane. One of these optical systems was an 150 mm wide-angle objective and the other was an 1200 mm reflecting telephoto objective. It's shown in Fig. 1 that a dividing prism near at the focus of the reflecting telescope produces two images for being detected with varried colour filters on different wavelengths. The detectors were Silicium plates with polished surfaces where the images formed were neither visible with unarmed eye nor detectable with microscope. The quality image was expected only if the detector lays exactly in the focal plane of the optical systems since the distance to the comet was about 10 000 km and that means an infinite long distance in the optical practice.

To make a quite good decision about the quality of the optical image it would have been possible through the displayed information on a TV monitor but the accuracy wasn't satisfactory due to the wrong resolution.

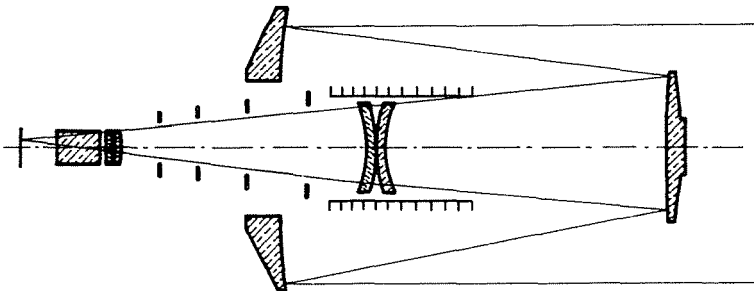


Fig. 1

Finding of the best image plane (best focus) is an old problem in the Optics. We tried to give a solution for this problem by using the OTF (Optical Transfer Function).

The effect was used that the measured OTF was connected with the distance of the image plane, from the supposed ideal image plane of the given optical system.

The MTF (Modulation Transfer Function) represented by the spatial-frequency is scaled on the X-axis and the contrast is scaled on the Y-axis in Fig. 2. The different diagrams represent measurements in different image planes.

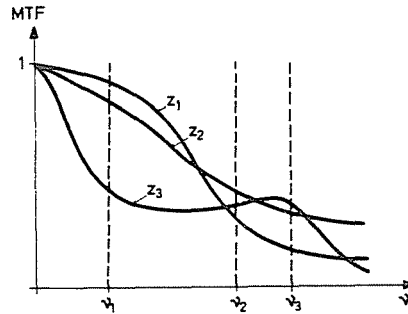


Fig. 2

The deviation of focus is shown on the X-axis and the contrast is represented on the Y-axis in Fig. 3. The diagrams had been measured by different MTF's.

It means a great difficulty to choose the optimal position of the image plane because of its dependency on the spatial-frequencies we have to use this optical system. Of course there is an ideal system without aberrations for every optical system as equivalent, where the OTF is only depending on the aperture and on the wavelength.

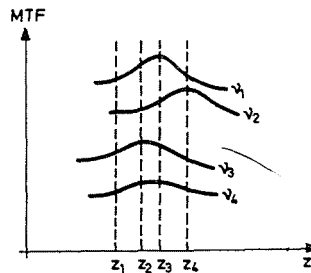


Fig. 3

An optical system and its alignment may be characterized by the difference between the OTF of the system without aberration and the OTF of the realised system.

Figure 4 shows that the quality of such an optical system might be measured by the extent of the ruled area.

$$\frac{dT(z)}{dz} = \frac{d}{dz} \left[\int_0^{v_h} MTF_{ab} dv - \int_0^{v_h} MTF(z) dv \right] = 0$$

$$\frac{d^2T(z)}{dz^2} > 0$$

where MTF_{ab} is the MTF of the optical system without aberration,
 $MTF(z)$ is the MTF expected in z -position of the given optical system
 v_h the highest spatial-frequency is necessary for the information processing.

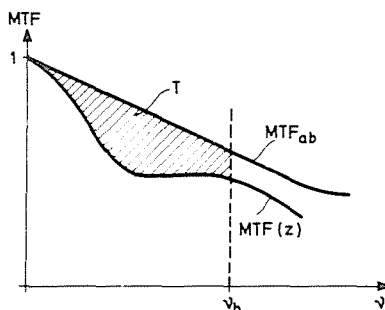


Fig. 4

Measuring of the OTF

It is then to follow by measures the deviations of the focus and the optimal position of the image plane may be found by the minimum of this area.

A „knife-edge” type object was imaged by the given optical system and the image was analysed. The distribution of intensity in the image-plane is shown in Fig. 5. (Direction x is normal to the optical axis).

The OTF may be calculated with computer after scanning and detecting of the intensity by a slit. [1]. If the intensity distribution would have been scanned by an edge with a photomultiplier behind it than the integral of the function would have been given. The OTF can be calculated from this integral too. [2].

In our case there was a small angle between the image of the knife-edge-like object and the CCD-columns. By that, reading out the information on the

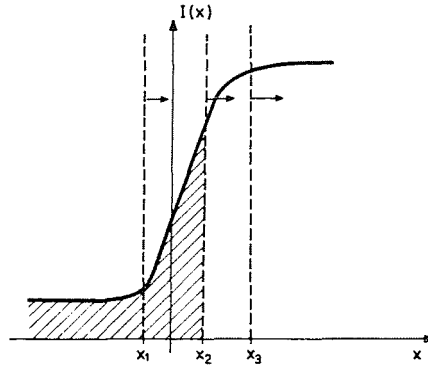


Fig. 5

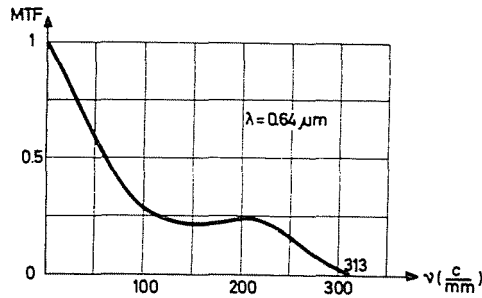
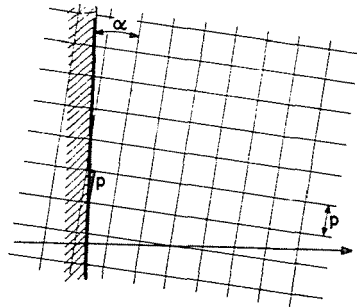


Fig. 6

pixel, the transition from illuminated to non-illuminated section was shifted. This shifting is equal to a virtually moving of the scanner-edge. By this it wasn't necessary to produce moving by the scanning. The measuring problem was traced back to the case showed in Fig. 4. After having measured the OTF with the method reported in this paper, the result was drawn in Fig. 6.

This computer aided method is suitable for the application in a control system. The optimal image-plane may be alignmented with this apparatus by moving a high-precision stepmotor.

References

1. G. ÁBRAHÁM: Optikai átviteli függvények mérése. *Finommechanika-Mikrotechnika* 20 214–215 (1981)
2. G. ÁBRAHÁM: Optikai átviteli függvények mérése élatmenet éllel történő letapogatása útján. *Finommechanika-Mikrotechnika*, 22, 371–376 (1983)

Dr. György ÁBRAHÁM H-1521 Budapest