

VERÖFFENTLICHUNGEN DER PRAGER STERNWARTE
PUBLIKACE PRAŽSKÉ HVĚZDÁRNY
Nr. 16. Č. 16.

BOHUMIL ŠTERNBERK

ÜBER DIE FEHLER
EINIGER ASTRONOMISCHEN
OBJEKTIVE UND SPIEGEL

PRAHA 1941

TISKÁRNA „PROMETHEUS“ PRAHA

Aus den Aufnahmen, die ich im Laufe der Jahre gewonnen habe, kann man nun die Aberrationen fast aller astronomischen optischen Systeme, die von tschechischen Astronomen benutzt worden sind, zahlenmäßig ermitteln. Eine kurze Mitteilung meiner Messungen dürfte berechtigt sein, weil die Angaben über auftretende optische Fehler für die Beurteilung der Arbeitsmöglichkeiten und Ergebnisse oft unentbehrlich sind. Die Veröffentlichung der vorliegenden Untersuchungen dürfte auch einen allgemeineren Wert haben, weil sich diese auf sehr verschiedenartige Systeme beziehen, für welche eine numerische Bestimmung kaum zu finden ist.

Es wurden geprüft: ein Porträtobjektiv von ROSS-PETZVAL, ein Triplet nach COOKE-TAYLOR, ein VOIGTLAENDER U. V. Anastigmat, Objektive von CLARK, REINFELDER-HERTL, ZEISS (E, D, UV), Spiegel von SCHMIDT und ZEISS (nach CASSEGRAIN und NEWTON). Die Brennweiten der Systeme lagen zwischen 10 m und 0,8 m, die Durchmesser zwischen 60 cm und 15 cm. Die Aufnahmen wurden mit Hilfe der Sterne und mittels irdischer Lichtquellen (weißes Licht, Hg-Linien, Monochromator), die 60 m bis 6 m entfernt waren, ausgeführt.

Den Gegenstand meiner Messungen bildeten überwiegend monochromatische Zonenabweichungen in der Achse; bei den Objektiven der Prager Sternwarte am Observatorium in Ondřejov bei Prag habe ich auch die Farblängsabweichung und in einem interessanten Falle außerdem noch den Farbenunterschied der sphärischen Abweichung gemessen.

Es wurde durchwegs das Verfahren von HARTMANN¹⁾ angewendet. Die Berechtigung der üblichen Formeln, die bei der Reduktion der Prüfung parabolischer Spiegel im Krümmungsmittelpunkt aufs Unendliche gebraucht werden, ist von mir vor kurzem in der Zeitschrift „Říše hvězd“ geprüft worden.²⁾ Für einige Systeme habe ich auch Fokogramme³⁾ aufgenommen. Einen Überblick über die untersuchten optischen Systeme gibt die Tabelle 1. Die

¹⁾ J. HARTMANN: Objektivuntersuchungen. Z. f. Instrkde. 24. 1. 1904.

²⁾ B. ŠTERNBERK: O brusičském paradoxu a jiných důsledcích vzorců pro astronomická zrcadla. Ř. H. 21. 194. 221. 1940.

³⁾ J. HARTMANN: Untersuchungen über das 80 cm-Objektiv des Potsdamer Refraktors. Publ. Potsdam 15. Nr. 46., 94. 1908.

Tabelle 1.
Liste der optischen Systeme.

Nr.	f/o, Optik, Hersteller, Fabriknummer	Muttersternwarte	Lichtquelle	s (m)	T _m	Anmerkung
1	600/10000 Parabolspiegel nach Cassegrain, Zeiss, Fangspiegel Nr. 7826	St. Āala (O'Gyalla)	Stern	∞	0,26	
2	600/3300 Parabolspiegel nach Newton, Zeiss, Fangspiegel Nr. 13586	St. Āala (O'Gyalla)	Stern	∞	0,18	
3	600/3000 Parabolspiegel ohne Fangspiegel, Schmidt	Prag Smichow ¹⁾	Weißes Licht	6	0,99	Nur bis o = 538 mm
4	250/3100 Objektiv für Beobachtung, Zeiss E, Nr. 13588	Prag Smichow	Hg 5461	57	0,18	
5	240/6000 Photographisches Objektiv, Zeiss, Nr. 739	Ondrejow	Mono-chromator	35	—	Nur Farbenlängsabweichung
6a	217/2450 Objektiv für Beobachtung, Reinfeldert-Hertl, Nr. 233	Prag Smichow	Hg 5461	57	1,70	Volle Öffnung
6b	Dasselbe	—, —	—, —	57	0,45	Bis o = 194 mm
7	205/2830 Objektiv für Beobachtung, Clark	Ondrejow	5250 A Monochr.	40	0,28	Korrigiert von I. A. Brashear
8	204/900 Photographisches Objektiv nach Taylor, Triplet, Cooke	Ondrejow	4440 A Monochr.	60	6,3	
9	200/1370 Objektiv für Beobachtung, Zeiss D, Nr. 12191	Prag ²⁾ Laurenziberg	Hg 5461	57	0,99	
10	170/3100 Photographisches Objektiv, Zeiss UV, Nr. 13925	Prag Smichow	Hg 4358	57	0,22	
11	155/1450 Photographisches Objektiv, UV Anastigmat, Voigtländer und Sohn, Nr. 101464	St. Āala (O'Gyalla)	Hg 4358	57	0,78	
12a	149/820 Photographisches Objektiv, Porträtobjektiv nach Ross-Petzval	Ondrejow	4460 Monochr.	60	2,8	
12b	Dasselbe	—, —	5260 Monochr.	60	0,9	

¹⁾ Astronomisches Institut der Tschechischen Karls-Universität.

²⁾ Volkssternwarte der Tschechischen Astronomischen Gesellschaft (Petřin)

Brennweite f und die Öffnung o in mm wird nach den Fabrik- oder Inventar-Angaben, beziehungsweise nach den Messungen anderer Verfasser wiedergegeben. Vorzugsweise wurde mit künstlicher Lichtquelle gearbeitet, da für die meisten Objektive und den SCHMIDTSchen Spiegel in der Zeit, als ich sie geprüft habe, keine Montierung oder keine entsprechende Pointierungsmöglichkeit vorhanden war. Beim Astrographen in Ondrejow lag zwar eine solche Einrichtung vor, da aber eine Bestimmung der Farbenlängsabweichung geplant war, mußte mit Rücksicht auf die gegebene Ausrüstung mit monochromatischen Lichtquellen gemessen werden. Für die Objektive bildet übrigens das monochromatische Licht die einzige Möglichkeit, wirklich scharfe HARTMANNsche Bilder zu gewinnen. Als Lichtquelle diente in solchen Fällen eine kreisförmige Öffnung, die, vom Objektiv aus gesehen, 20 Bogensekunden Durchmesser hatte. Zur Beleuchtung wurde entweder ein einfacher Monochromator oder eine Quecksilberbogenlampe und ein Flüssigkeitsfilter benutzt. Eine aluminisierte Gitterkopie (60×80 mm, $N = 600/\text{mm}$) für den Monochromator hat Frau Dr. BOH. NOVÁKOVÁ verfertigt. Die Breite der durch die Öffnung isolierten Wellenlängenbezirke betrug 100 Å. Wenn die Prüfung im Licht der Quecksilberlampe erfolgte, durchsetzten die Strahlen für die Linie λ 5461 Å die Lösungen von Didymchlorid und Natriumchromat. Das Bild wurde auf orthochromatischen Platten aufgenommen. Für die Linie λ 4358 wurden saure Chininsulfatlösung und gewöhnliche Platten verwendet.⁴⁾ Die Aufnahmen fanden bei den Systemen Nr. 3, 5 und 7 auf geeigneten Pfeilern statt, für die Objektive 4, 6, 9—11 hat Herr Mechaniker Břejla nach meinem Entwurf eine optische Bank konstruiert (Abb. 1).

An den übrigen Instituten haben die notwendigen mechanischen Einrichtungen die Mechaniker Herren SOUČEK und BUMBA besorgt. Die Objektive und die Lichtquelle wurden unter Benutzung der Spiegelbilder zentriert.

An die genaue Parallelität der Platte in beiden Lagen werden bei der Bestimmung der Zonenfehler keine besonderen Anforderungen gestellt. Ist e der Abstand der Durchstoßungspunkte eines Bündelpaares und Δe die Änderung dieses Abstandes durch eine kleine Drehung β der Platte um die Symmetrieachse des Hartmannschen Bildes, so kann man leicht zeigen, daß

$$\Delta e \leq \frac{\beta^2 e}{2}$$

Da $\Delta e = 1 \mu$ bedeutungslos ist, wird es klar, daß für $e = 5$ mm ein „Keilfehler“ von 1° keine Verschlechterung der Genauigkeit bedeutet. Ich hielt es für wichtig, darauf hinzuweisen, weil die Auszüge der Fernrohre meist nicht genug lang sind und eine Verlängerung derselben anzusetzen ist. Die ganze Einrichtung kann also ziemlich grob sein. Dann muß man allerdings eine Ungenauig-

⁴⁾ M. Ch. FABRY: La lumière monochromatique, sa production et son emploi en optique pratique. Rev. d'Optique 1. 425. 1922.

keit in der Ablesung der Lage und Entfernung der beiden Einstellebenen (extrafokal und intrafokal) in Kauf nehmen. Ein kleiner Fehler in dieser Entfernung hat zur Folge, daß alle Zonenfehler (d. i. kleine Differenzen der Schnittweiten) mit einem Faktor zu multiplizieren sind, der fast gleich 1 ist. Will man nur einen Maßstab für die Güte des optischen Systems gewinnen, ist der Fehler belanglos.

Die Tabelle 1 enthält noch eine Übersicht der Ergebnisse und zwar die Minimalwerte T_m der technischen Konstante nach LEHMANN.⁵⁾ Bekanntlich bezeichnet HARTMANN⁶⁾ Objektive mit $T < 0,5$ als „hervorragend gut“, solche mit T zwischen 0,5 und 1,5 als „gut“ und solche mit $T > 1,5$ als „mäßig“. Weiter unten werde ich auf die Beurteilung der Objektive zurückkommen.

Ich gehe jetzt zur Mitteilung meiner Beobachtungen über. Sie beruhen auf 132 Aufnahmen mit Blenden der üblichen Form (40 Kreislöcher 1/300 Brennweite). Ich habe im ganzen über 2500 Durchstoßungspunkte teils am PRINSEN Plattenmeßapparat der Prager Sternwarte, teils am ZEISSschen Blinkmikroskop des Observatoriums in O'Gyalla (Stará Ďála) vermessen. Die daraus sich ergebenden Zonenfehler aller Systeme sind in der Tabelle 2 und Abb. 2 zusammengestellt, einige Fokogramme zeigt Abb. 3.

Ich gebe für jedes System in der ersten Spalte unter *Nr* die Nummer der Tabelle 1 und in der ersten Zeile die Halbmesser der Zonen in mm, d. i. die Einfallshöhen h der zur Achse symmetrischen Bündelpaare an. Die zweite Zeile führt für jedes System die Schnittweiten der Teilbündel, von einem beliebig gewählten festen Achsenpunkt gerechnet, an. Die Zahlen stellen das Mittel für je zwei Bündelpaare, die sich im Positionswinkel um 90° unterscheiden, vor und wachsen mit der Entfernung vom Objektiv oder vom Spiegel. Die mit irdischen Lichtquellen in der Entfernung s (Tabelle 1) gewonnenen Zonenabweichungen sind aufs Unendliche reduziert worden. Dazu wurde der Differentialfaktor $\left(\frac{s-f}{s}\right)^2$ verwendet. Die Entfernungen waren verhältnismäßig groß, doch dürfte sich eine Überprüfung der Ergebnisse mit Sternen als Lichtquellen empfehlen.⁷⁾ Die Tabellenangaben dienen als Grundlage für die Berechnung von T im folgenden Text.

Ich habe noch die mittleren Fehler der Zonenabweichungen unter der Voraussetzung, daß sie proportional dem Verhältnisse f/h sind, berechnet

⁵⁾ H. LEHMANN: Anwendung der HARTMANN'schen Methode der Zonenprüfung auf astronomische Objektive. Z. f. Instrkde. 22. 103. 1902. Siehe auch HARTMANN a. a. O.¹⁾ Seite 46.

⁶⁾ J. HARTMANN: Objektivuntersuchungen. Z. f. Instrkde. 24. 46. 1904.

⁷⁾ M. G. SIADBEI: Sur la méthode de HARTMANN pour l'étude des objectifs. Rev. d'Optique 6. 257. 1927.

Tabelle 2.

Zonenfehler.

Nr.	Einfallshöhe h mm									\pm M.F. mm $\cdot 10^4 h/f$	\sqrt{n}
	Schnittweiten $\frac{1}{2}(\varphi A + \varphi + 90^\circ A)$ mm										
1	115 0,86	138 1,72	159 3,05	181 3,71	203 3,70	226 3,34	248 3,90	269 4,79	--	24	2,5
2	115 0,590	137 0,687	159 0,721	181 0,762	203 0,649	225 0,724	247 0,749	269 0,747	290 0,633	14	2
3	89 1,87	116 1,97	147 2,03	177 1,96	208 1,82	239 1,64	269 1,33	--	--	18	1,4
4	15 0,67	28 0,53	41 0,51	54 0,38	67 0,37	80 0,39	93 0,30	106 0,23	119 0,11	15	1,4
6	17 3,63	28 3,23	39 2,79	50 2,32	59 2,10	70 1,99	81 2,25	92 2,34	105 0,18	16	1,4
7	16 1,07	27 0,98	37 0,83	47 0,46	57 0,90	67 0,91	76 0,67	86 0,44	95 0,51	17	1,4
8	16 0,03	27 0,76	37 0,26	47 0,35	57 0,35	67 0,48	78 0,82	88 1,16	98 1,38	12	1,4
9	16 0,35	26 0,51	36 0,43	46 0,42	56 0,41	66 0,35	76 0,32	86 0,21	96 0,00	15	1,4
10	12 0,10	17 0,10	26 0,00	35 0,45	44 0,72	53 0,68	62 0,76	71 0,36	80 0,27	11	1,4
11	10 1,29	18 0,50	26 1,04	34 0,69	42 0,94	50 0,52	58 0,68	66 0,27	74 0,55	15	1,4
12a	12 0,50	19 0,40	27 0,54	34 0,68	41 0,84	49 0,98	56 1,11	64 1,27	70 1,27	15	1,4
12b	12 0,06	19 0,02	27 0,00	34 0,18	41 0,21	49 0,27	56 0,29	64 0,32	70 0,21	15	1,0

(HARTMANN a. a. O.¹⁾ Seite 12). Der Proportionalitätsfaktor ($\cdot 10^4$) ist in der vorletzten Spalte der Tabelle angegeben. Im ganzen stimmt er mit den Ergebnissen der HARTMANN- und LEHMANNschen Messungen überein, nur der Spiegel im CASSEGRAIN-FOKUS (10 m), weist eine kleinere Messungsgenauigkeit auf. Die angeführten Faktoren beziehen sich auf ein Aufnahmenpaar. Die wirklichen mittleren Fehler der Tabellenwerte bekommen wir, wenn wir die so erhaltenen Fehler durch den in der letzten Spalte mitgeteilten Koeffizienten \sqrt{n} dividieren. In der Abbildung 2 sind dieselben Werte als gestrichelte Hyperbel eingezeichnet. Diese Art der Darstellung entspricht der oben gemachten Voraussetzung.

Vor der Beurteilung der optischen Systeme soll nun noch der Astigmatismus untersucht werden. Die Zahlen der Tabelle 3 sind die Differenzen der

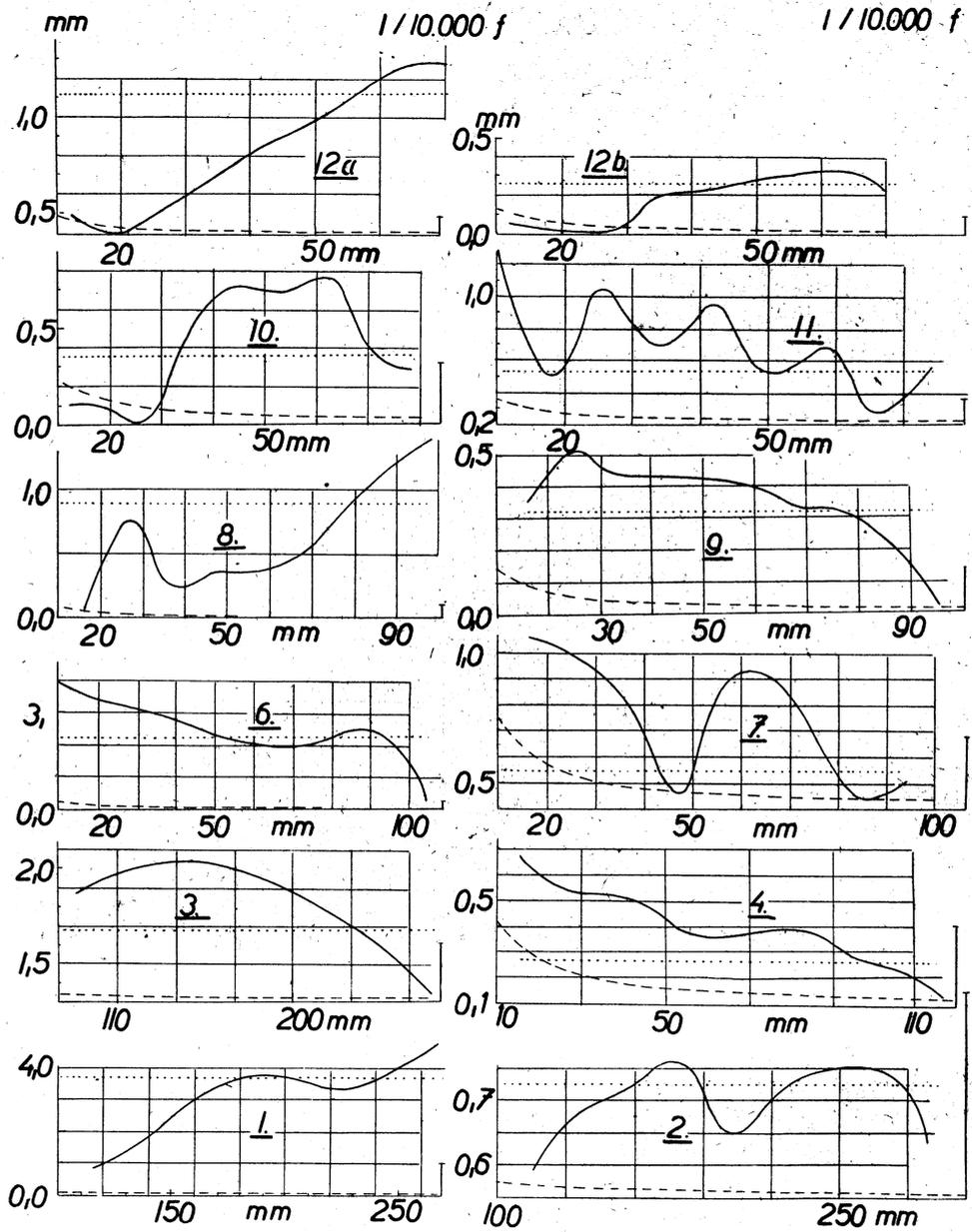


Abb. 2. Zonenfehler.

Abzissen: die Einfallshöhen in mm. Ordinaten: die Schnittweiten in mm.
 (—) die Zonenfehler, (.....) die Einstellebene für T_m , (---) die mittleren Fehler der Schnittweiten (von der X-Achse gemessen). Rechts: 1/10.000 Brennweite.

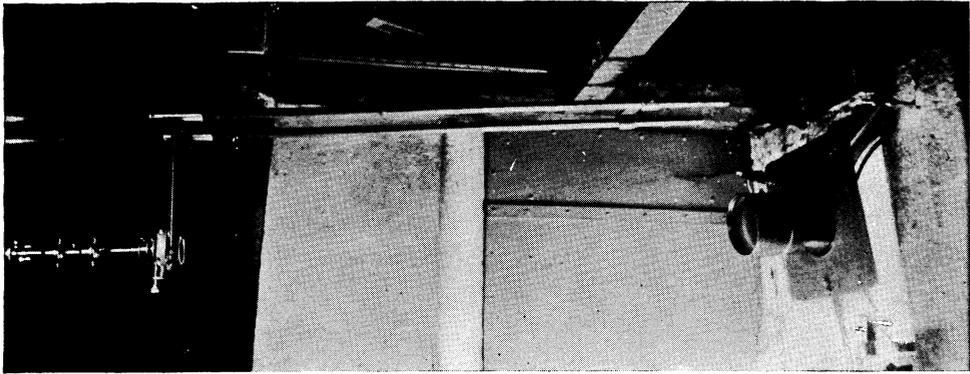
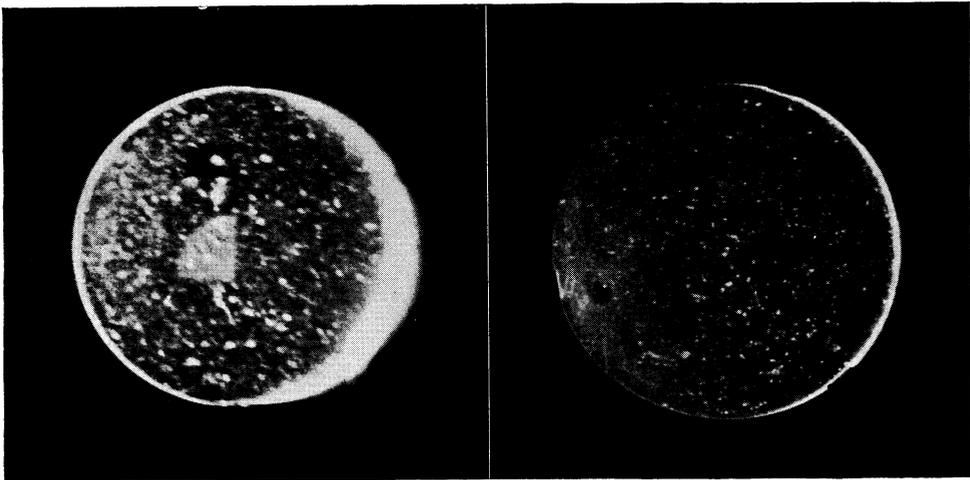
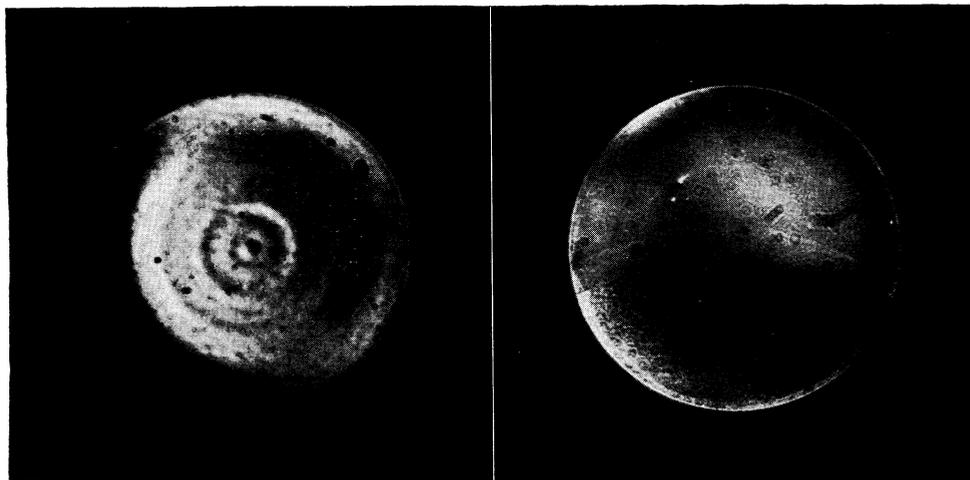


Abb. 1. Optische Bank.



Zeiss, Nr. 5. 4500 A

Clark, Nr. 7. 5250 A



Cooke, Nr. 8. 4660 A

Petzval, Nr. 12. 4800 A

Abb. 3. Fokogramme.

Schnittweiten für je zwei Bündelpaare, die sich im Positionswinkel (φ) um 90° unterscheiden. Diese Werte entsprechen also den zweifachen astigmatischen Resten der HARTMANNschen Arbeiten. Sie sind in zwei Zeilen ($22,5^\circ$ — $111,5^\circ$ und $67,5^\circ$ — $157,5^\circ$) für die in der ersten Zeile angegebenen Zonen berechnet, in beiden anderen Zeilen stellen sie das Mittel für beide benachbarten Zonen vor. In den übrigbleibenden Zeilen sind mittlere Fehler dieser Angaben und Werte von a (Brennstrecke) und φ_0 der Formel

$${}_{\varphi}A = {}_{\varphi_0}A + a \sin^2 (\varphi - \varphi_0).$$

Diese Formel (HARTMANN a. a. O. ¹⁾ Seite 5) gilt in den seltenen Fällen, wo der Astigmatismus regelmäßig und gering ist. Ich habe abweichend von HARTMANN die beiden Konstanten aus den angegebenen Differenzen nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Ich führe das Ergebnis nur dann an, wenn die Darstellung wenigstens annähernd gut ist und die astigmatischen Reste die Bestimmungsfehler übersteigen. Die Unterteilung a, b, c , bei den Systemen 1 und 2 bezieht sich auf die verschiedenen Lagen ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$) des drehbaren Oberteiles, der die Fangspiegel trägt. Man sieht, daß die Reste nirgends merkbar größer als die Zonenfehler sind. Jedoch ist offenbar jede Beurteilung bei Nr. 1, 2, 6 und 10, die nur auf die Zonen Rücksicht nimmt, recht einseitig.

Es wird nun gut sein, einen Blick auf die verschiedenen Methoden der Beurteilung optischer Systeme zu werfen:

1. STREHL⁸⁾ nimmt als Maßstab Z das Verhältnis zwischen der Lichtstärke im Mittelpunkt des vom Objektiv erzeugten Beugungsbildes und derjenigen im Mittelpunkt eines gleich großen idealen Objektivs an. Ein verwandtes Kriterium ist die Konstante ε VÄISÄLÄS, d. i. die mittlere Abweichung der Lichtwellenfläche von der Referenzkugel.⁹⁾

2. Die technische Konstante T nach LEHMANN⁶⁾ ist annähernd dem Halbmesser des geometrischen mittleren Bildes in Bogensekunden gleich.

3. Die Klasse K nach YVON¹⁰⁾ d. i. das Verhältnis zwischen dem Durchmesser des mittleren geometrischen Bildes und dem abgerundeten Durchmesser des idealen Beugungsbildes ($2\lambda f/o$).

Mit Rücksicht auf den letztgenannten Vorschlag und auf die Genauigkeit der HARTMANNschen Methode wollen wir die Erwägungen VÄISÄLÄS (a. a. O., Seiten 115—121) folgendermaßen ergänzen: Wenn wir das Verfahren von HARTMANN anwenden, ermitteln wir vor allem die Konstante T , aus welcher wir die YVONSche Klasse K nach folgenden Formeln berechnen:

$$K = T o / 11,2 \text{ (visuelle Optik)}$$

$$K = T o / 8,6 \text{ (photographische Optik)}$$

(YVON a. a. O., Seite 598). Für Systeme mit $K \gg 1$ ist T berechtigter Maßstab

⁸⁾ K. STREHL: Über Luftschlieren und Zonenfehler. Z. f. Instrkde. 22. 213. 1902.

⁹⁾ Y. VÄISÄLÄ: Neue Methoden zur Untersuchung der Objektive, 1922. Seite 107.

¹⁰⁾ M. G. YVON: Contrôle des surfaces optiques. Rev. d'Opt. 4. 596. 1925.

für die Güte (Kometensucher, kurzbrennweitige Objektive und Spiegel). Wenn $K \leq 1$, kann T keinen näheren Aufschluß über die Qualität geben, jedoch wenn T sehr klein ist, können wir — praktisch genommen — versichert sein, daß die betreffende Optik erstklassig ist. Die Optik braucht nicht unbedingt schlecht zu sein, wenn T verhältnismäßig groß ist (VAISALA, a. a. O., Seite 119). Die Entscheidung bei den besten optischen Geräten ist nur auf Grund der beugungstheoretischen Konstante Z möglich. Hier kann man aber nicht ohne nähere Kontrolle Z mit Hilfe der nach dem Verfahren von HARTMANN gewonnenen Zonenabweichungen berechnen.

Um dies einzusehen, wollen wir voraussetzen, daß die Zonenfehler durch die Gleichung

$$A - A_0 = \frac{kf}{h} \quad (1)$$

gegeben sind, wo k eine Konstante bedeutet. Wenn wir T in der Form

$$T = \frac{16 \cdot 10^5}{f^2 \sigma^2} \int_0^{\frac{\sigma}{2}} h^2 |A - A_0| dh$$

schreiben und die Gleichung (1) einsetzen, bekommen wir

$$T = \frac{2 \cdot 10^5 k}{f}$$

Für $k = 0,0015$ mm, d. i. wenn die Zonenabweichungen gleich ihren mittleren Fehlern sind, ergibt sich

$$T = \frac{300 \text{ mm}}{f \text{ mm}}$$

Bei dieser ganz unsicheren Zonenkurve und $f = 3$ m kommen wir in das Gebiet hervorragender Systeme mit $T = 0,1$. Es läßt sich übrigens zeigen, daß der mittlere Fehler von T annähernd $10^5 k/f$ ist. Für kürzere Brennweiten versagt also die Genauigkeit der HARTMANNschen Methode und wir müssen entweder die Zahl der Aufnahmen vergrößern oder ein neueres Verfahren anwenden (z. B. GARDNER-BENNETT, WETTHAUER, VAISALA).

Es ist allerdings fraglich, ob für den praktischen Optiker, und insbesondere den Astronomen, eine viel zu weit gehende Untersuchung einen Sinn hat. In dieser Richtung gibt schon die YVONSche Klasse eine Beschränkung an; der Durchmesser des Beugungsbildes einer fehlerhaften Optik kann aber kleiner sein, als derselbe eines idealen Systems. Entscheidend für die Grenzen der Untersuchung und die Anforderungen werden wohl andere bekannte Tatsachen sein: bei photographischen Instrumenten die Zitterscheibe, welche selten unter 1" sinkt und normal 5" beträgt, der Diffusionslichthof der photographischen Platte (einige Hundertstel Millimeter), ihre Körnigkeit (1—2 μ) und das

Tabelle 4.
Beurteilung der optischen Systeme.

Nr.	1	2	3	4	6a	6b	7	8	9	10	11	12a	12b
T_H	0,27	0,21	1,09	0,19	2,62	0,46	0,29	6,4	1,21	0,24	0,78	3,0	0,9
T_1	0,30	0,20	1,00	0,19	1,80	0,48	0,30	6,5	0,99	0,23	0,86	3,4	0,9
T_2	0,27	0,20	0,99	0,18	2,07	0,45	0,29	6,3	1,00	0,23	0,79	2,9	0,9
T_m	0,26	0,18	0,99	0,18	1,70	0,45	0,28	6,3	0,99	0,22	0,78	2,8	0,9
M. F. \pm	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,07	0,06	0,02	0,06	0,1	0,1
K_m	1,8	1,3	6,9	0,40	3,3	0,78	0,51	14,9	1,8	0,43	1,4	4,9	1,5
d''	1,3	0,60	3,0	0,56	7,3	1,8	0,93	19	3,2	0,72	3,4	8,5	3,5
r''	0,54	0,37	2,0	0,93	3,5	1,2	1,1	13	2,0	1,1	1,6	5,8	1,8
d_μ	63	10	44	8	86	22	13	83	21	11	24	34	14
r_μ	26	6	30	14	42	14	16	57	14	16	11	23	7

sekundäre Spektrum der Objektive (10"—20"). Ich teile deswegen in der Tabelle 4 außer den Bestimmungen von T und K auch die Winkel- und Linear-durchmesser des Zerstreungsscheibchens mit.

T und K hängen bekanntlich von der Wahl der Einstellebene ab. Die angeführten T sind für folgende Lagen der Einstellebene berechnet worden:

1. T_H für $A_H = \frac{A_1 r_1 + A_2 r_2}{r_1 + r_2}$ (HARTMANN)

2. T_1 für $A_1 = \frac{\Sigma A r}{\Sigma r}$

3. T_2 für $A_2 = \frac{\Sigma A r^2}{\Sigma r^2}$ (FOX)

4. T_m Minimalwert (für A_m : punktiert in Abb. 2).

Wir sehen, daß die Unterschiede bei guten Systemen vernachlässigt werden dürfen. Physikalische Bedeutung besitzen nur T_m (beste Strahlenvereinigung) und T_H (beste Einstellung auf helle Sterne, deren Bilder dann d'' Bogensekunden bzw. d_μ Mikron Durchmesser aufweisen), insofern eine Betrachtung vom Standpunkte der geometrischen Optik berechtigt ist. Zuletzt enthält die Tabelle für Systeme mit $K > 1$ den mittleren Durchmesser des geometrischen Bildes (Einstellebene A_m) und für $K < 1$ den abgerundeten Durchmesser des idealen Beugungsbildes (r'' und r_μ).

Die letzte Tabelle 5 und die Abb. 4 bringen die aufs Unendliche reduzierte Farbenlängsabweichung der Ondrejower Objektive. Für jedes Objektiv sind in der ersten Zeile die Wellenlängen, in der zweiten Zeile die Schnitt-

Tabelle 5.
Farbenlängsabweichung.

Nr.	Wellenlänge λ Schnittweiten $\frac{1}{2}(\varphi A + \varphi + 90A)$ mm										h mm	M. F. \pm mm
	4420	4450	4640	4820	4950	5200	5450	5850	6100	6350		
5	0,7	0,4	1,6	2,1	3,6	6,2	9,6	13,1	16,5	19,0	113	0,2
7	7,68	5,92	4,26	3,02	1,90	0,98	0,58	0,77	1,22	—	67	0,07
8	0,39	0,47	0,84	1,50	2,48	3,36	4,43	5,28	—	—	67	0,02
12	2,29	0,98	0,80	0,48	0,30	0,24	0,33	0,69	—	—	49	0,02

weiten für einzelne Farben (wieder von einem beliebig gewählten festen Achsenpunkt berechnet) zusammengestellt. In einer besonderen Spalte findet man die gemessenen Zonen und mittlere Fehler der Tabellenangaben.

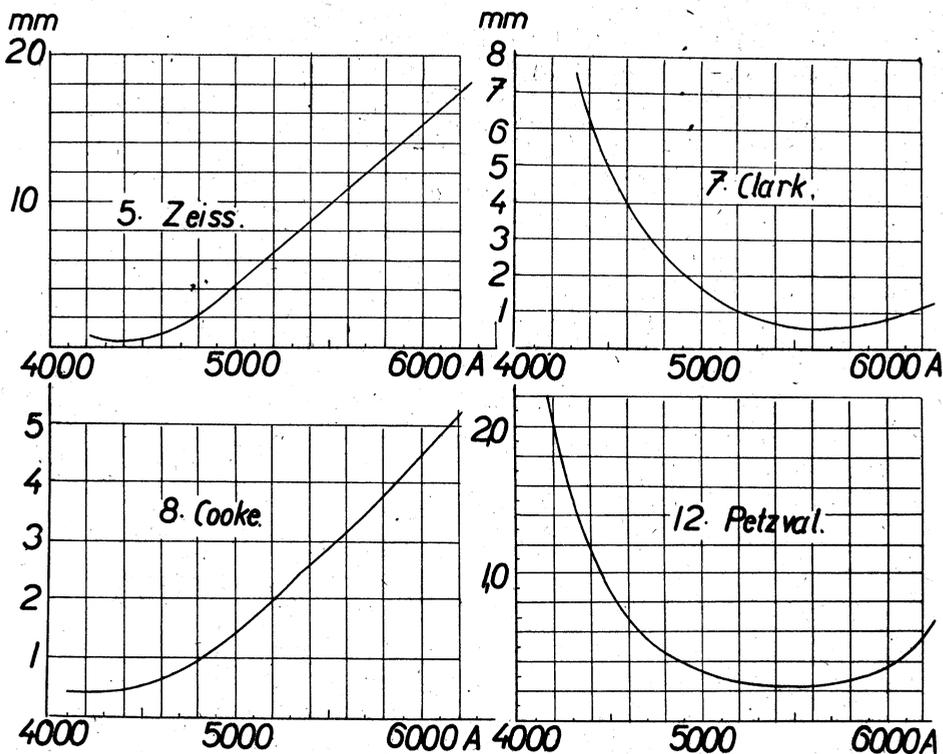


Abb. 4. Farbenlängsabweichung.

Abszissen: die Wellenlängen in Angstrom. Ordinaten: die Schnittweiten in mm.

Das Triplet nach COOKE-TAYLOR und das PETZVAL-Objektiv sind optische Zubehöriteile des einzigen Astrographen (NUŠL-FRIČ) unserer Sternwarte. Es wird sich also lohnen, der Untersuchung dieser Systeme (Nr. 8, 12) nähere Aufmerksamkeit zu widmen. Das COOKE-Triplet ist rein aktinisch, das PETZVAL-Objektiv dagegen fast optisch korrigiert. Das letztere könnte mit einem Gelbfilter ($\lambda > 4700 \text{ \AA}$) und panchromatischen Platten zur Bestimmung der photovisuellen Helligkeiten dienen. Hingegen muß man ohne Filter beim Petzval und beim Cooke auch für gewöhnliche Platten eine Farblängsabweichung bis 2 mm in Kauf nehmen. Für das COOKE-T. wird also ein Blaufilter gleichfalls eine Besserung der Definition bedeuten und außerdem die Anwendung der jetzt leichter zu besorgenden ortho- und panchromatischen Platten ermöglichen. Zur Ermittlung der Farbenindices kämen gleichzeitige Aufnahmen mit Cooke (Blaufilter) und Petzval (Gelbfilter) event. mit Wiederholung der Belichtungen auf ausgetauschten Platten in Frage; einige Versuche sind vom Verfasser schon im Jahre 1927 unternommen worden. Das PETZVAL-Objektiv ist überdies für gelbe Strahlen viel besser korrigiert als für blaue (für $\lambda = 4460 \text{ \AA}$ ist $T = 2,9$, für 5260 \AA $T = 0,9$, Tabelle 1 und 4). Dementsprechend werden photovisuelle Petzval-Aufnahmen bei ruhiger Luft in der Feldmitte eine bessere Definition aufweisen als photographische¹¹⁾ und viel besser herauskommen als Cooke-Aufnahmen. Es ist natürlich möglich, auch mit Cooke an der Grenze der Empfindlichkeit einer ortho- oder panchromatischen Emulsion mit Gelb- oder Orange-filter „scharfe“ Bilder zu erzielen. Bei gleicher Längsabweichung beträgt hier aber der Spektralbereich ungefähr 130 \AA , beim Petzval dagegen mit Gelbfilter 1600 \AA .

Die außeraxialen Eigenschaften sind bekanntlich beim COOKE-TAYLOR-Objektiv günstiger als beim PETZVAL-Objektiv. Dies gehört aber eher in eine dem Astrographen gewidmete Monographie als in diesen Überblick von 12 optischen Systemen.

Obsah: O vadách některých astronomických optik: Během let získal autor snímky, z nichž je možno určit vady téměř všech optik, jichž použili ve svých pracích čeští hvězdáři. Znalost těchto vad je pro pozorovatele často nezbytná; výsledky jsou však též obecně zajímavé, protože se vztahují na různorodé typy, pro které sotva nalezneme v literatuře číselné údaje. Také v metodě použil autor různých uspořádání a zkoumal požadavky na přesnost aparatury, jakož i přesnost výsledků. Přehled optik obsahuje tabulka 1. Metodou HARTMANNOVOU změřil pro ně jednobarevné vady podélné v ose, dále barevnou vadu pro ondřejovské objektivy a v jednom zajímavém případě barevný rozdíl kulové vady. U těchto objektivů získal fokogramy (obr. 3). Materiál obsahuje celkem 132 snímků, na nichž proměřil více než 2500 fotografických stop paprsků. Výsledné pásmové chyby jsou uvedeny v tabulce 2 a na grafu 2, astigmatism v ose v tabulce 3. V dalším připojuje autor některé poznámky k současnému názoru na třídění optik a shrnuje klasifikaci pro své optiky v tabulce 4. Poslední tabulka 5 a graf 4 obsahují barevné vady čtyř objektivů hvězdárny Žalov br. JOSEFA a JANA FRIČE v Ondřejově. Na základě předešlých výsledků upozorňuje autor na některé možnosti vhodného použití NUŠLOVA-FRIČOVA astrografu.

¹¹⁾ Die merkwürdigen Messungsergebnisse für das photographische Objektiv nach PETZVAL stehen im vollen Einklang mit den Angaben des Werkes M. v. ROHR: Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. 1899. Seite 67: „Die Strahlenvereinigung ist bei $\lambda = 540 \mu\mu$ sowohl sphärisch als chromatisch am besten.“

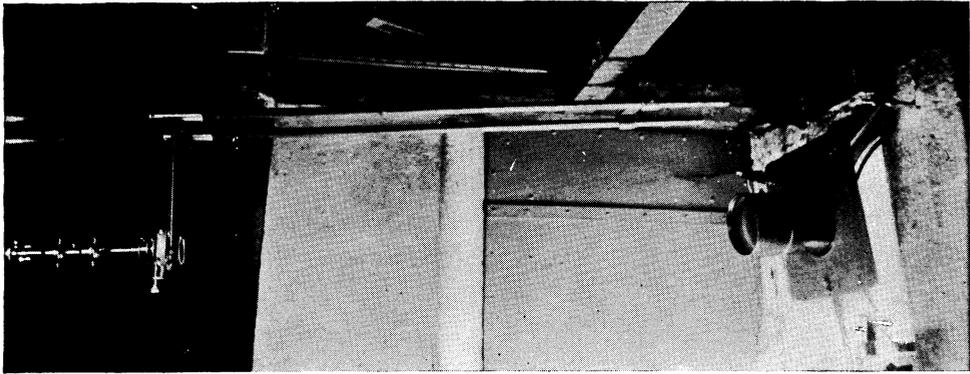
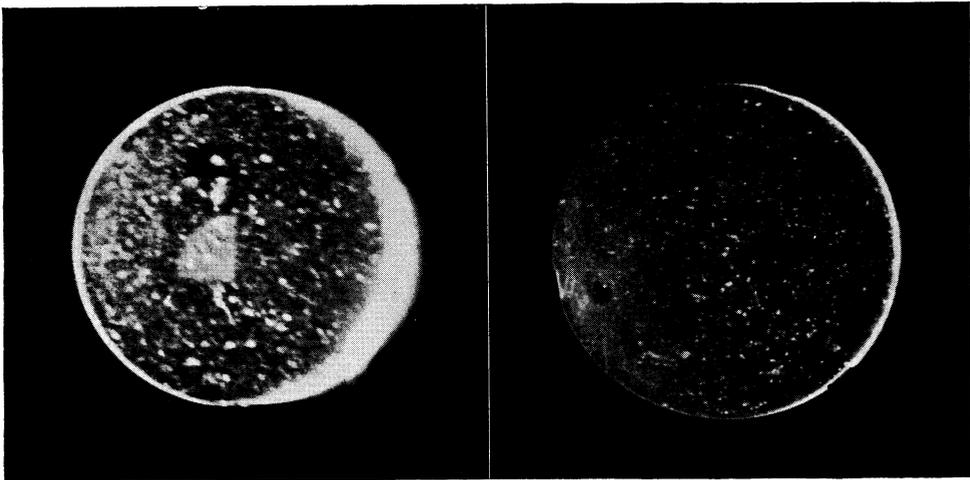
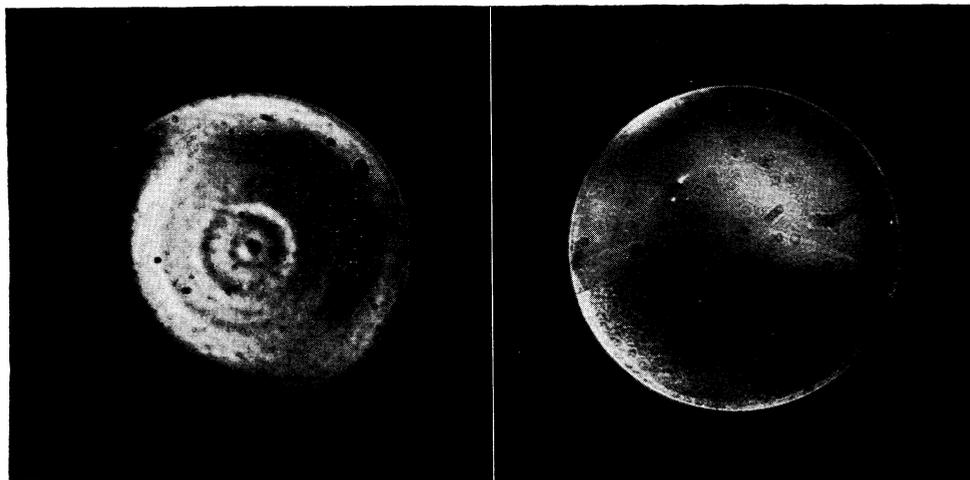


Abb. 1. Optische Bank.



Zeiss, Nr. 5. 4500 A

Clark, Nr. 7. 5250 A



Cooke, Nr. 8. 4660 A

Petzval, Nr. 12. 4800 A

Abb. 3. Fokogramme.