

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 49 (1991)  
**Heft:** 244

**Artikel:** Bildfeldkorrektoren 2. Teil  
**Autor:** Klaus, Gerhardt [i.e. Gerhart]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-898938>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Die Formeln und Tabellenwerte wurden für die Kombination Parabolspiegel-Fangspiegel abgeleitet. A.S. Leonard weist jedoch darauf hin, dass die Kollimationsfehler auch bei anderen asphärischen Spiegeln und Element-Kombinationen von derselben Grössenordnung sind. Bei der Kombination mehrerer Kollimationsgruppen können sich allenfalls gewisse Fehler teilweise aufheben, wenn sie verschiedene Vorzeichen haben. Die Bildfehler-Theorie zeigt jedoch, dass dann in der Regel die Summen der anderen Fehlerterme grösser werden. Dies ist besonders bei der Cassegrain-Anordnung der Fall. Bei dieser kommt noch die Zentrierproblematik von zwei Spiegeln hinzu. Man hat weder am Haupt- noch am Sekundärspiegel genaue Zentriermarken um sie auszurichten. Zentrierfehler und eine schlechte Kollimation werden erst durch eine unbefriedigende Bildgüte manifest. Hier stellt sich die Frage, wie äussern sich solche Fehler konkret in der Abbildung und wie kann ein Teleskop einfach auf Kollimierfehler geprüft werden? Dazu wird ein hellerer Stern, möglichst aus der Zenitgegend, in die Bildfeldmitte gerückt. Zu bedenken ist dabei, dass für solche Prüfungen gute Sichtverhältnisse mit geringer Luftunruhe erforderlich sind. Man beginnt mit etwa 100 bis 150 facher Vergrösserung. Der Fokustrieb wird dann langsam inner- und ausserfokal verstellt. Das punktförmige Sternbild muss dabei in beiden Richtungen zu einem genau kreisförmigen Scheibchen expandieren. Bei einer guten Optik müssen zudem die Kreisflächen gleichmässig hell ausgeleuchtet sein. Sie dürfen weder eine helle Randzone mit dunkler Zentralpartie noch das Gegenteil davon aufweisen. Erhöht man die Vergrösserung, dann sollten bei gutem *seeing* die bekannten Beugungsringe sichtbar sein. Auch diese müssen intra- und extrafokal zu regelmässigen Kreisen expandieren. Sind die Sternscheib-

chen in den defokussierten Bereichen elliptisch oder länglich deformiert, dann liegt Astigmatismus vor. Ein weiteres Kennzeichen für diesen Fehler ist, dass sich beim Übergang von der intrafokalen Lage zur extrafokalen die Orientierung der Achse dieser Ellipsen um 90° dreht. Koma ist an ihrer charakteristischen kometenförmigen Bilddeformation zu erkennen. Bei solchen Prüfungen muss auch das Auge des Beobachters kontrolliert werden. Wenn man den Kopf dreht, darf sich die Deformation des Sternscheibchens nicht mitdrehen. Die beschriebenen Fehlersymptome sind jedoch nicht ausschliesslich für eine mangelhafte Kollimation charakteristisch. Sie können auch durch verspannte oder schlecht gelagerte Spiegel verursacht werden. Die Spiegelzellen, das Spiegel-Auflagesystem und die Fangspiegel-Halterung sind für eine einwandfreie Abbildung genau so wichtig wie die korrekte Kollimation. Auch Geometriefehler der optischen Flächen, die schon beim Polierprozess generiert wurden, können zu obigen Erscheinungen führen. Erst wenn eine Nachkollimation erfolglos bleibt, muss auf diese Fehlerursachen getippt werden.

- (1) H. Rohr: Das Fernrohr für jedermann. 7. Aufl. 1983 Zürich: Orell Füssli
- (2) Ingalls A.G.: Amateur Telescope Making, Book I und Book II. Scientific American, Inc.
- (3) Mackintosh A.: Advanced Telescope Making Techniques. 1986 Willmann-Bell, Inc. Collimation Tolerances for Reflecting Telescopes, by A.S. Leonard.
- (4) Rutten H., Venrooij M.: Telescope Optics, Evaluation and Design. 1989 Willmann-Bell, Inc.

H. G. ZIEGLER  
Ringstrasse 1a, 5415 Nussbaumen

## Bildfeldkorrektoren 2. Teil

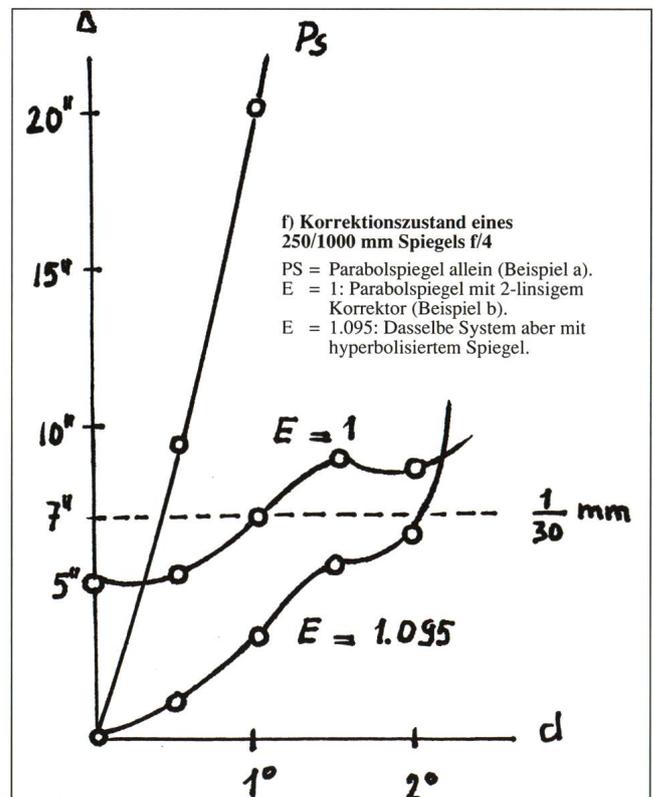
GERHARDT KLAUS

Im ORION 240 Seite 169 haben wir im Beispiel (b) gesehen, wie mit einem 2-linsigen, brechkraftlosen Korrektorsystem das fotografisch ausnutzbare Bildfeld eines Parabolspiegels auf einen Durchmesser von rund 2° gebracht werden kann, dass dabei aber leider die Verbesserung der Randschärfe auf Kosten der Mittelschärfe geht. Je grösser die relative Öffnung ist, umso schlimmer wird dieser Effekt. Dies lässt vermuten, dass es sich hier um neu eingeführte sphärische Aberration handelt, die gemäss Beispiel (c) mittels einer dritten Linse wieder aufgehoben werden kann. Da liegt natürlich die Frage nahe, ob nicht eventuell das gleiche Resultat durch eine leichte Verformung der Hauptspiegelfigur erreicht werden könnte. Die Durchrechnung mit verschiedenen Werten der Exzentrizität E hat nun ergeben, dass dies tatsächlich durch schwaches Hyperbolisieren möglich ist. Am Beispiel eines 250/1000 mm Spiegels zeigt sich, dass die Mittelschärfe unter den Wert des praktischen Auflösungsvermögens gebracht werden kann, so dass diese Kombination auch visuell voll einsatzfähig wird, verbunden mit dem Vorteil einer nochmals besseren Randschärfe im Bildfeld bis zu 2° Durchmesser.

### Anmerkung für Spiegelschleifer:

Die Verschiebung der Messerklinge in der Foucault-Probe ist proportional zu E<sup>2</sup>. Eine Hyperbolisierung für E = 1.095 heisst also: Die Abstände der Schneidestellungen bei der

(Fortsetzung auf Seite 115)



(Fortsetzung von Seite 108)

Zonenmessung müssen  $1.095^2 = 1.2$  mal so gross sein wie bei einem entsprechenden Parabolspiegel mit  $E = 1$ .

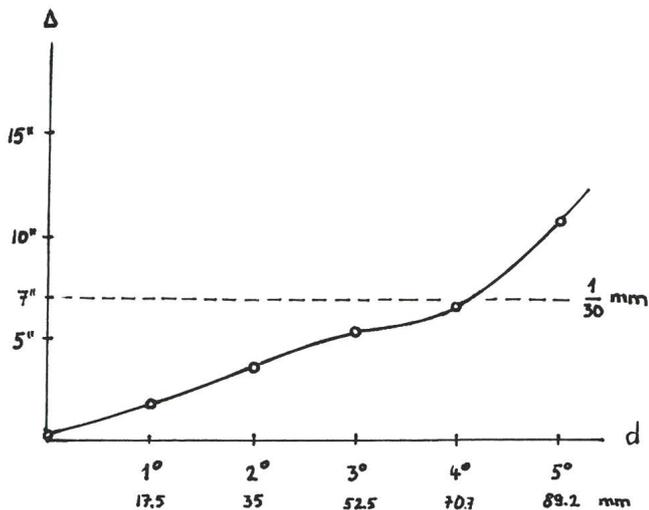
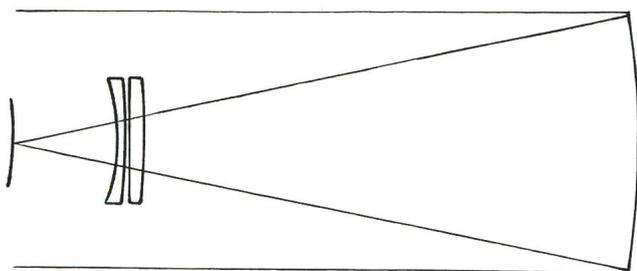
Natürlich ist nun ein solcher Hyperbolspiegel nur noch zusammen mit seinem Korrektor verwendbar. So kommt man fast automatisch zur Frage:

Wenn schon Hyperbolisieren, dann gleich optimal, oder: Kann man auf diesem Wege nicht noch mehr herausholen, z.B. ein noch grösseres Bildfeld?

In ihrem Buch "Fernrohre und Entfernungsmesser" von König und Koehler (1959) wird ein solches, ursprünglich von A. Sonnefeld 1942 bei Zeiss berechnetes System beschrieben, das nach Umrechnung und Optimierung auf Amateurverhältnisse wie folgt aussieht:

**g) Sonnefeld-Koehler 250/997 mm f/4**

R	D
1. -1970*	-788
2. -294.27	-16.6
3. plan	-0.1
4. -153.99	-9.7
5. -90.417	BFL = -171.7
*E = 1.44	Alle Gläser BK7



Ergebnis: Bis zum Bilddurchmesser von 4° bleiben die Sternbildchen kleiner als 7'', das Bildfeld ist allerdings jetzt elliptisch-konvex zum Spiegel gekrümmt mit einem praktisch verwendbaren Krümmungsradius von 735 mm.

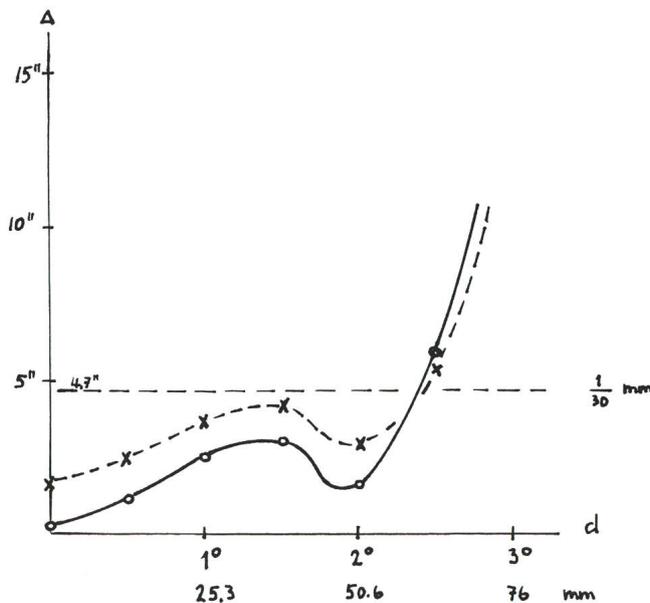
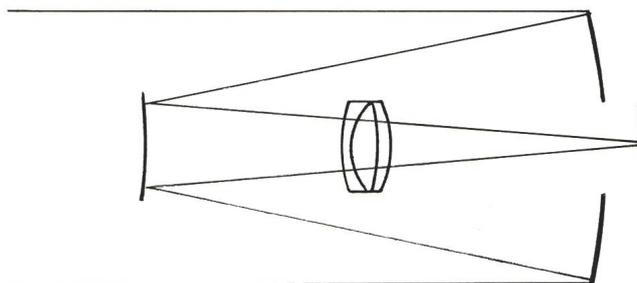
Zur genannten Optimierung ist noch folgende Bemerkung nötig: Die angegebenen Linsen-Krümmungsradien R2 bis R5 sind Werte, die im Optikkatalog von Spindler und Hoyer in

Göttingen enthalten sind. Man braucht also diese Linsen nicht unbedingt selbst zu schleifen, die genannte Firma hat die entsprechenden Werkzeuge am Lager.

Schliesslich stellt sich noch die Frage, ob man auch bei einem Cassegrain-System einen Linsenkorrektor anwenden kann. Es ist wiederum der schon früher genannte C.G. Wynne, der in Mon. Not. R. astr. Soc. (1973), 163, p. 357-367 diese Möglichkeit untersucht und gefunden hat, dass ein klassischer Cassegrain dem grosse Schwierigkeiten entgegenstellt. In einer weiteren Arbeit in derselben Zeitschrift Nr. 177 (1976) p. 25P-30P hat Wynne dann eine bestechende Lösung vorgestellt, die zu einem parabolischen Hauptspiegel einen sphärischen Sekundärspiegel verwendet. Zusammen mit einem zweilinsigen Korrektor erhält man so ein System, das ein Bildfeld von gut 2° Durchmesser auszeichnet. Ich habe die Originaldaten wieder für Amateurverhältnisse umgerechnet und für die Linsenradien ebenfalls Werte aus dem genannten Optikkatalog verwendet.

**h) Flatfield-Cassegrain 250/1447 mm f/5.8**

R	D	
1. -1735*	-517	*Parabolspiegel
2. -1767**	330	**Kugelspiegel
3. 125.89	10	
4. 100.0	9	
5. -193.87	5	
6. -147.49	BFL = 231.3	
	Alle Gläser BK7	



Ergebnis: Innerhalb eines Bildfeldes von  $2^\circ$  Durchmesser bleiben die Sternbildchen kleiner als  $3''$  (violett  $4''$ ), nachher wachsen sie aber sehr rasch an.

Hier ist nun noch eine Bemerkung zur Farbkorrektur am Platze. Auf den ersten Blick scheint es schade, die vollkommene Achromasie eines Spiegelsystems durch Einfügen einer Linsengruppe zu gefährden. Da wir hier aber nur nahezu afokale Systeme verwenden, bei denen die Brechkräfte der einzelnen Linsen sich also gegenseitig aufheben, können auch

nur sehr geringe Farbfehler auftreten. Dies ist in der letzten Figur aus der gestrichelten Kurve zu erkennen, welche die grösstmöglichen Abweichungen – im violetten Farbbereich darstellt. In der Bildmitte ergibt sich so ein maximaler Farbfehler von  $1.6''$ , das ist weniger als 10 Prozent des Violettfehlers eines  $f/8$  Fluorit-Apochromaten.

GERHART KLAUS  
Waldegstr. 10, 2540 Grenchen

## Bau eines Spiegelteleskops

CHRISTOPH SIEGEL

### Allgemeines

Leider scheint es heute unter den Amateurastronomen etwas aus der Mode gekommen zu sein, sein eigenes Fernrohr selber zu bauen. In Anbetracht der grossen Auswahl an hochtechnisierten Amateurinstrumenten ist dies zwar verständlich, jedoch keinesfalls Grund, den Selbstbau aufzugeben. Wenn man selber die Entwicklung eines Instruments vom "Rohmaterial" über die "Hochs" und "Tiefs" der Bauphase bis zum ersten Blick an den Himmel mitgemacht hat, so steht man auch in einem ganz andern Verhältnis zu diesem Instrument. Der Selbstbau eines Fernrohrs, was eben gerade das Schöne daran ist, kann von jedermann verwirklicht werden, da die Endausführung, vor allem der Montierung, den Fähigkeiten eines jeden einzelnen angepasst werden kann. Wer sich selbst überzeugen will, der lese "Das Fernrohr für jedermann" von Hans Rohr (Orell Füssli).

Nach den Anleitungen und Anregungen dieses Buches ist auch mein 20 cm Newton Spiegelteleskop entstanden.

### Der Spiegel

Der Schliff eines Spiegels, dem Fachmann eine vertraute Prozedur, stellt den Nichteingeweihten vor scheinbar unüberwindliche Probleme und unbeantwortbare Fragen. Auch mir ging es nicht besser, als die beiden Glasrundscheiben (Schleifschale und Spiegel) das erstmal knirschend übereinander glitten. Zur allgemeinen Beruhigung ist jedoch zu sagen, dass man sich schneller als erwartet an diesen neuen Arbeitsprozess gewöhnt und mit kaum zu ertragender Ungeduld dem Ende entgegenstrebt. Der Grobschliff mit Carborundum 80 war schneller erledigt als erwartet. Nach etwa vier Stunden war ich bis auf 15 cm an den angestrebten Krümmungsradius von 240 cm herangekommen und konnte mit dem Feinschliff (Carbo 120, 280, 400, 600, 800 und schliesslich Feinschmirgel) beginnen.

Ein etwas langwierigeres Thema beim Spiegelschliff ist die Politur des Spiegels, nicht nur weil sie insgesamt mehr Arbeitsstunden fordert, sondern auch weil jetzt mit grösseren Unterbrechungen – aufgrund der Erwärmung des Spiegels beim Poliervorgang – sowie unter dauernder Kontrolle (Foucault Schattenprobe) gearbeitet werden muss. Die Erwärmung des Spiegels deutet auf die Andersartigkeit des Poliervorgangs im Vergleich zum Schleifvorgang hin, bei welchem keine merkliche Erwärmung festzustellen ist. Während beim Schleifen mit dem Carborundum (SiC) Glasplitter "herausgedrückt" werden, wird beim Polieren davon Gebrauch gemacht, dass Glas ein Thermoplast ist, d.h. keine Fernordnung besitzt und somit bei genügender Bearbeitung zumindest in seinen äussersten Schichten strukturell

verändert werden kann. Im Klartext heisst das, dass beim Poliervorgang, der auf einer Pechhaut erfolgt, die mikroskopischen Löcher des Feinschmirgels "zugeschmiert" werden, was letztlich den zuvor trüben Spiegel zum Glänzen bringt.

Das letzte und zugleich diffizilste Kapitel in der Spiegelgeschichte ist das Parabolisieren. Mit der altbewährten Methode der Foucault'schen Schattenprobe, die man beim Hubble Teleskop glaubte weglassen zu können (...), wird der Spiegel während den Politurkorrekturen solange überprüft, bis sich der gewünschte Parabolschatten, welcher ein untrügliches Zeichen für eine auf etwa  $1/10$  Wellenlänge exakte Spiegelkurve ist, einstellt. Ich hatte dabei ziemlich viel Glück, denn Ende der Polierphase, während der ich allerdings schon laufend korrigiert hatte, stellte sich die gewünschte Parabel ziemlich rasch ein.

### Die Montierung

Wie schon erwähnt besteht beim Bau der Montierung ein grosses Feld von Möglichkeiten, aus welchem der Fernrohrbauer das für ihn Geeignete herausgreifen kann. Aufgrund der vorhandenen Werkstätten entschied ich mich für eine Holzmontierung, die allerdings nicht zu kompliziert konzipiert sein sollte. Auf diese Weise entstand eine Gabelmontierung in azimuthaler Aufstellung und eine offene Rohrkonstruktion. (siehe Skizze). Holz, ein übrigens im Fernrohrbau etwas verkannter Werkstoff, ist angenehm zu verarbeiten und weist eine ausgesprochen dämpfende Wirkung auf. Was bei Holzmontierungen allerdings beachtet werden muss ist, dass

