Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 14 (1969)
Heft: 115

Artikel: Optik für Astro-Amateure [Fortsetzung]
Autor: Wiedemann, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899831

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.08.2025

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

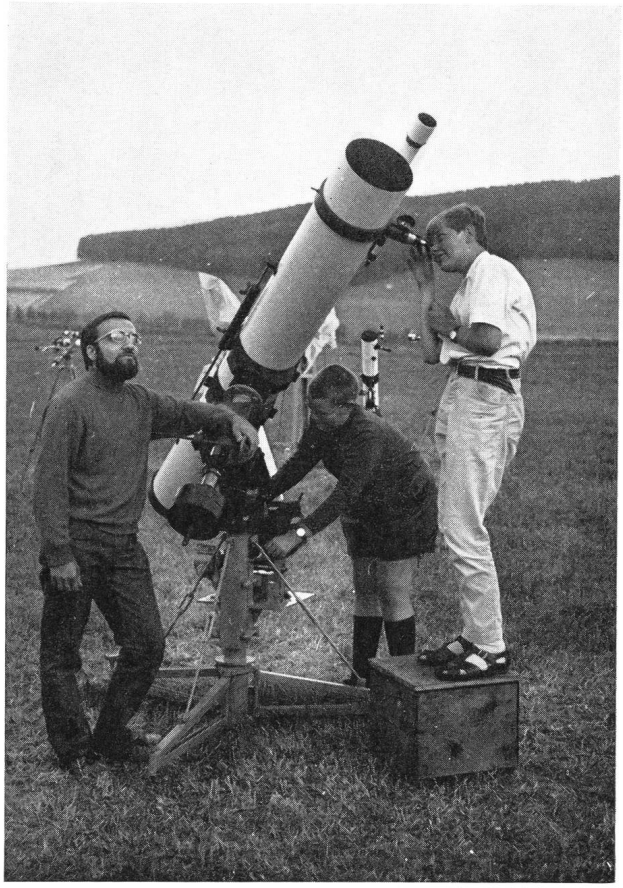
oder sich mit dem Studium der reichhaltigen Lagerbibliothek zu beschäftigen.

Besonders lehrreich für Teilnehmer wie Kursleiter war wohl der Besuch der Sternwarte Wetzlar am Sonntag. Unter fachkundiger Leitung wurde man mit der Instrumententechnik und insbesondere mit dem Aufbau der dort vorhandenen Geräte vertraut gemacht.

Einige Einladungen von benachbarten Städten und Firmen zu gemütlichem Zusammensein trugen dazu bei, in diesem sonst rein wissenschaftlichen Lager etwas von einer Lagerromantik verspüren zu lassen. Für die Unterkunft war in Form von zehn grossen Zelten der deutschen Bundeswehr ideal gesorgt.

So riskant es anfänglich auch erschien, ein solches Lager durchzuführen, so sehr hat die Reaktion der Teilnehmer gezeigt, dass hier etwas geschaffen wurde, das einem echten Bedürfnis jugendlicher Amateure nachkommt. Versierte junge Sternfreunde führen interessierte Anfänger im Rahmen kameradschaftlichen Zusammenseins in die Astronomie ein. Erfahrungen werden ausgetauscht und Bekanntschaften über die Grenzen des eigenen Landes hinaus geschlossen.

Noch etwas zur Teilnahme der Schweiz an diesem Lager: Leider war ich als einziger Vertreter unseres Landes an diesem Treffen. Es mag dies an einer zu kleinen Publikation im ORION liegen oder an einer Skepsis gegenüber neuartigen Experimenten. Es ist geplant, im nächsten Sommer ein zweites solches Lager im Sauerland durchzuführen, wobei dann bestimmt noch kleinere Anfangsmängel behoben sein werden. Ich hoffe, dass wir im nächsten Jahr eine bessere Vorstellung der astronomisch bestimmt sehr aktiven Schweizer Jugend abgeben werden. Nähere Angaben über den Zeitpunkt und die (sehr niedrigen!) Kosten des nächsten Treffens werden sicher in einer der nächsten ORION-Nummern erscheinen.



Die Teilnehmer des Jugendlagers brachten auch eigene Beobachtungsinstrumente mit wie z. B. der gezeigte 20 cm-Reflektor.

Ich empfehle dieses Lager allen ernsthaften jungen Sternfreunden und bitte alle Interessenten, bei mir die Anmeldungsformulare rechtzeitig anzufordern.

Adresse des Verfassers: Robert Baggenstos, Centralstrasse 22, 2540 Grenchen.

Optik für Astro-Amateure

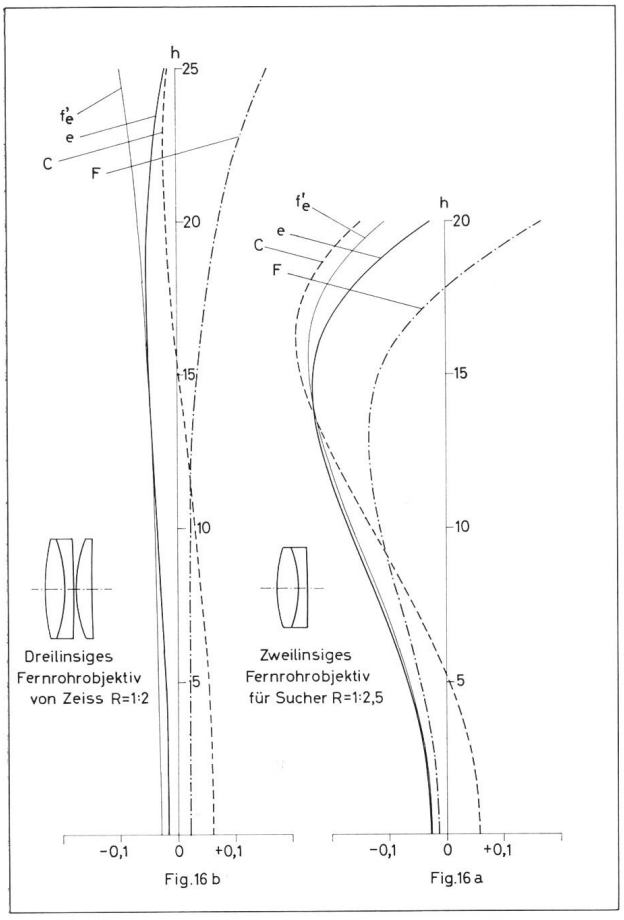
von E. Wiedemann, Riehen

5. Mitteilung

Die Fernrohr-Objektive

In der letzten Mitteilung[1]) ist ein kurzer Überblick über die wichtigsten aplanatischen Spiegelsysteme gegeben worden. Im Anschluss daran sollen nun die bekanntesten *Fernrohr-Objektiv-Typen* besprochen werden, wie man sie in der *Fach*astronomie vor allem für Sucher und Leitrohre verwendet. In der *Amateur*-Astronomie werden Fernrohr-Objektive darüber hinaus auch als Haupt-Systeme benützt, da der Amateur auf jene grossen Öffnungen und Brennweiten sowieso zu verzichten hat, bei welchen die Nachteile der Refraktionsoptik, vor allem ihr chromatischer Restfehler, störend in Erscheinung treten können.

In den bisherigen Mitteilungen wurde bereits erwähnt, dass Fernrohr-Objektive im allgemeinen aus 2 bis 3 Linsen bestehen, die ganz oder teilweise verkittet sein können oder/und kleine Luftabstände aufweisen. Daneben sind noch 4- bis 5linsige Systeme mit einem grösseren Luftabstand sowie 3- und 4linsige Systeme mit zwei grösseren Luftabständen bekannt. Die erstgenannten Systeme sind Abwandlungen des berühmten Petzval-Objektivs oder des Teleobjektivs, die letztgenannten leiten sich vom Triplet-Typ ab, der als Photo-Anastigmat sehr verbreitet ist. Alle diese Systeme sind, wie die eigentlichen Fernrohr-Objektive selbst, *aplanatisch*, also sphärisch und auf Koma korri-



giert; bei den vom PETZVAL-Objektiv abgeleiteten Typen ist ausserdem der Astigmatismus korrigiert, und bei den vom Teleobjektiv hergeleiteten Typen sowie bei den Abkömmlingen des Triplets ist zudem die Bildfeldwölbung beseitigt, so dass diese Objektive zu den Anastigmaten zählen. Diese «Astro-Anastigmate» haben vor allem dazu gedient, grössere Felder am Himmel zu photographieren, bis sie hierin durch die noch leistungsfähigeren SCHMIDT-Spiegel ersetzt wurden.

1. Die zweilinsigen Fernrohr-Objektive

a) Der verkittete Typ

Der einfachste Typ des Fernrohr-Objektivs besteht aus einer sammelnden Linse aus Kronglas, die mit einer zerstreuenden Linse aus Flintglas verkittet ist. Dieser Typ, der sich mit kleinen Restfehlern bis zu einem Öffnungsverhältnis von etwa 1:3.5 auskorrigieren lässt, wird vielfach für Sucher, Feldstecher und kleine Messfernrohre verwendet. Es lässt sich analytisch ableiten[2]), dass es für diesen Typ im Prinzip zwei Arten gibt, nämlich die Kombination einer bikonvexen Kronglaslinse mit einem Flintmeniskus, und die Kombination eines (etwas stärker durchgebogenen) Flintmeniskus mit einem Kronmeniskus[3]). Da die «Verkittungsbedingung», was die Gleichheit zweier Radien bedeutet, die Freiheitsgrade einschränkt, lassen sich verkittete Fernrohrobjektive nur aus bestimmten Glassorten konstruieren, wenn neben der sphärischen Korrektur auch die Sinus-Bedingung erfüllt sein soll. Im Vergleich mit den klassischen Ausführungsformen des verkitteten zweilinsigen Fernrohrobjektivs[3]) wird in *Fig. 16b* ein Beispiel mit Gläsern höherer Brechzahlen gegeben, das bei einer von 1:3.5 auf 1:2.5 gesteigerten relativen Öffnung, also bei doppelter Lichtstärke, nahezu denselben Korrektionszustand aufweist[4]). Geht man bei diesem Typ mit der Lichtstärke zurück, so ergeben sich kleinere Zonenfehler der sphärischen Aberration und der Abweichung gegen die Sinusbedingung, jedoch ohne Besserung der chromatischen Korrektur, die ja an die gewählten Glassorten gebunden ist.

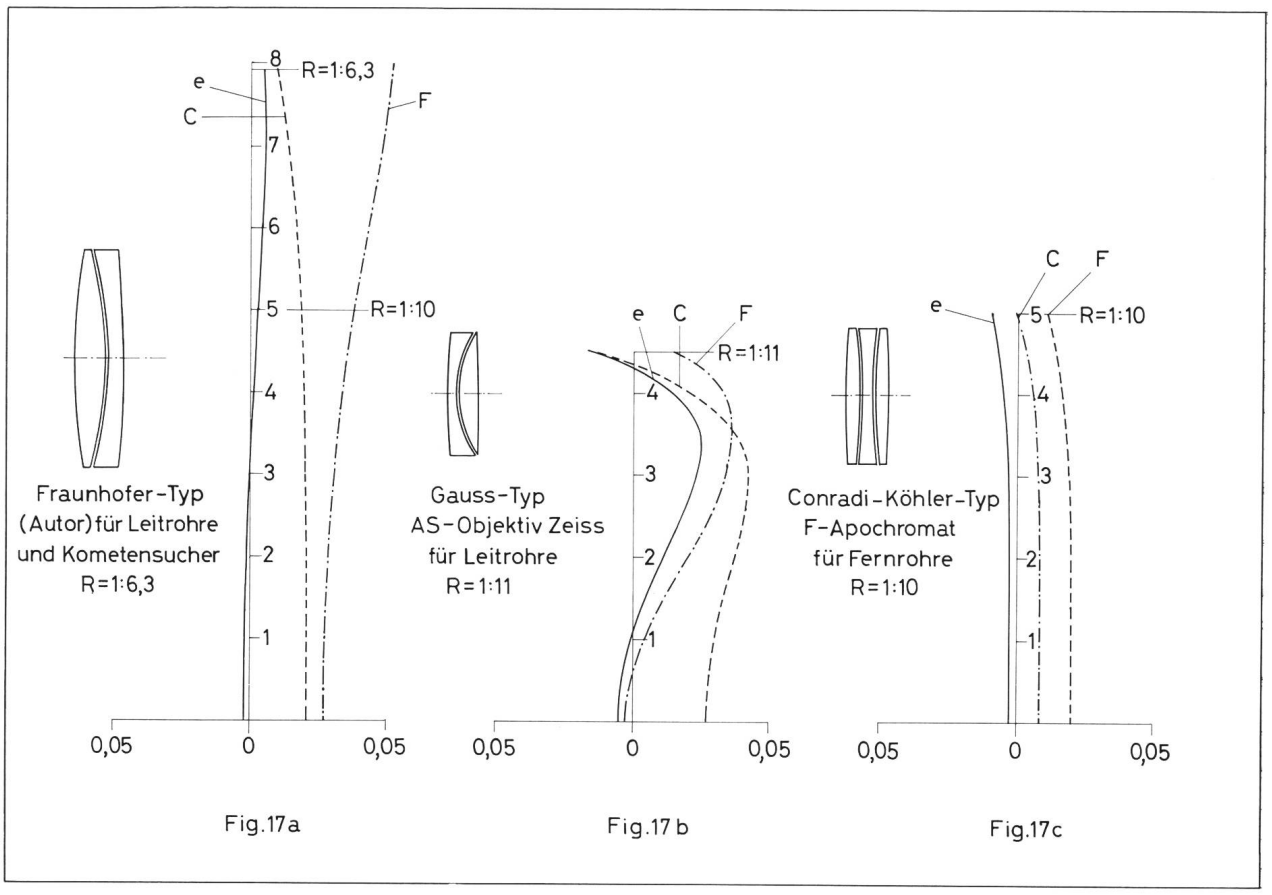
b) Der unverkittete Typ

Eine noch bessere Korrektur, insbesondere der sphärischen Abweichungen und jener gegen die Sinusbedingung, lässt sich erzielen, wenn man die beiden Linsen des vorangehenden Beispiels durch einen kleinen Luftabstand trennt. Man kann dann eine kleine Verschiedenheit der beiden inneren Radien mit zur Korrektur heranziehen und wird in der Glaswahl freier, die man dann zu einer noch besseren chromatischen Korrektur ausnützt. Objektive dieser Art eignen sich dank ihrer kleineren, fast verschwindenden Zonenfehler und ihrer besseren chromatischen Korrektur bereits für Brennweiten bis gegen 1000 mm, wobei der klassische Typ allerdings kein höheres Öffnungsverhältnis als etwa 1:11 zulässt. Mit neueren, hochbrechenden Gläsern lässt sich jedoch bei gleichbleibender Korrektur das Öffnungsverhältnis bis auf etwa 1:6.3 steigern, wofür das in *Fig. 17a* angegebene Fernrohrobjektiv[4]) ein Beispiel darstellt.

c) Der Halbapochromat

Bei Brennweiten über 1000 mm wird beim unverkitteten zweilinsigen Fernrohrobjektiv vor allem der chromatische Restfehler störend. Er macht sich besonders im blauvioletten Teil des Spektrums bemerkbar, weil in diesem Bereich der Gang der Dispersion der Kron- und Flintgläser den grössten Unterschied zeigt. Man kann dem dadurch begegnen, dass man das gewöhnliche Flintglas durch ein Antimonoxyd-haltiges Flintglas ersetzt, das im blauen Teil des Spektrums weniger zerstreut und deshalb als *Kurzflint* bezeichnet wird. Leider ist damit eine Herabsetzung der Differenz der ν-Werte verbunden, was stärkere Flächenkrümmungen bedingt. Das Öffnungsverhältnis bleibt deshalb auf etwa 1:11 beschränkt. Das bekannteste Beispiel eines Halbapochromaten ist das in *Fig. 17b* dargestellte ZEISS-AS-Objektiv[3]).

Erst in jüngster Zeit sind Spezialgläser entwickelt worden, die einen weiteren Fortschritt versprechen. Eine Kombination des neuen Fluor-Kronglases FKS 01 mit dem Antimonoxyd-Flintglas KzF 5 ergäbe nicht nur eine erwünscht grosse Differenz der ν-Werte, sondern auch eine viel bessere Annäherung des Ganges der Dispersionen, so dass mit dieser neuen Glaskombination nicht nur das Öffnungsverhältnis bis auf etwa 1:6 zu erhöhen wäre, sondern auch der chromatische Restfehler auf weniger als die Hälfte zurückgebracht werden könnte[5]). Zur Zeit scheint es allerdings noch schwierig zu sein, das neue Glas FKS 01 in der für Objektivscheiben erforderlichen Qualität herzustellen.



d) Das Gauss-Sommer-Objektiv

Der Vollständigkeit halber sei noch kurz auf einen weiteren unverkitteten Fernrohrobjektiv-Typ hingewiesen, der auf C. F. Gauss zurückgeht und von H. Zincke, gen. Sommer, weiterentwickelt worden ist. Hier ist die chromatische Differenz der sphärischen Aberrationen zusätzlich beseitigt (was jedoch nur bei entsprechend kleinen Restfehlern zu einer Bildverbesserung führt). Der originale Gauss-Typ besteht aus zwei Menisken (Flint-Kron), die ihre hohle Seite der grösseren Strahlenschnittweite zukehren; der Sommer-Typ weist einen Flint-Meniskus auf, der seine erhabene Seite der grösseren Strahlenschnittweite zukehrt und auf den eine bikonvexe Kronglaslinse folgt. Auch die umgekehrte Stellung dieser Linsen ergibt gute Fernrohrobjektive[3]). Da sich dieser Typ mit kleinen Zonenfehlern auskorrigieren lässt, wurde er schon vor längerer Zeit von P. Rudolph auch zur Konstruktion lichtstarker Photoanastigmate herangezogen[6]).

2. Die dreilinsigen Fernrohrobjektive

Wünscht man die Lichtstärke eines Fernrohrobjektivs bei gewöhnlicher chromatischer Korrektur über 1:3.5 zu steigern, oder die chromatische Korrektur eines Halbapochromaten bei gleichbleibender relativer Öffnung zu verbessern, so muss man die Linsenzahl erhöhen. Von den vielen damit gegebenen Möglichkeiten[3]) seien in der Folge die wichtigsten besprochen.

e) Das lichtstarke dreilinsige Fernrohrobjektiv mit normaler chromatischer Korrektur

Die einfache Sammellinse ungefähr kleinsten sphärischen und komatischen Fehlers kann durch ein chromatisch überkorrigiertes, verkittetes Zusatzglied aus zwei Linsen für die grosse relative Öffnung von 1:2 mit nur kleinen Zonenfehlern korrigiert werden[4]). Der Korrektionszustand des auf diese Weise gebildeten lichtstarken Fernrohrobjektivs ist in *Fig. 16a* dargestellt. Objektive dieses Typs werden in verschiedenen Modifikationen als Kollimatoren mit Brennweiten bis zu etwa 1000 mm verwendet. In neuerer Zeit haben sie auch als Frontlinsengruppe in Vario-Objektiven Bedeutung erlangt, wozu ihre Lichtstärke bis auf 1:1.4 gesteigert worden ist. Für die Astronomie, die ja Objektive relativ langer Brennweiten benötigt, erweist sich die chromatische Korrektur dieses Typs als nicht ganz ausreichend. Hier ist unter Verzicht auf grösste Lichtstärke eine weiter getriebene chromatische Korrektur wichtiger.

f) Der Zeiss B-Apochromat von A. König

Wie A. König gefunden hat[3]), ermöglicht der dreilinsige, unverkittete Typ, bei welchem eine bikonkave Zerstreuungslinse von zwei Sammellinsen mit kleinen Luftabständen eingeschlossen wird, dann eine ausgezeichnete chromatische Korrektur, wenn die Zerstreuungslinse aus einem Kurzflint besteht, während eine

der Sammellinsen aus einem Leichtflint hergestellt wird. Eine solche Glasfolge ist beispielsweise: BaLF 4 — KzF 2 — K 7. Da aber die ν-Werte dieser Gläser nur wenig verschieden sind, beträgt die grösste damit erreichbare Lichtstärke nur 1:15. Auch dieser Typ ist mehrfach abgewandelt worden. So ist es unter geringfügigem Nachlassen der chromatischen Korrektur möglich, die beiden ersten Linsen zu verkitten und somit ein Öffnungsverhältnis von 1:10 zu erreichen. Derart modifizierte Systeme sind unter Mitverwendung höher brechender Gläser, wie z. B. SK 16, ebenfalls für Kollimatoren hergestellt worden. Für die Astronomie konnte der ZEISS B-Apochromat inzwischen durch den chromatisch etwas weniger streng korrigierten, dafür aber lichtstärkeren ZEISS F-Apochromaten ersetzt werden.

g) Der Zeiss F-Apochromat von R. Conradi und H. Köhler

Ein anormaler Dispersionsverlauf, wie er mindestens für eines der Gläser erforderlich ist, um eine apochromatische Korrektur zu erzielen, kommt auch bei hochbrechenden Schwerflint-Gläsern vor. R. CONRADI und H. KÖHLER nutzten diese Möglichkeit zur Berechnung eines Apochromaten in verschiedenen Varianten, von denen jene mit drei freistehenden Linsen bei kleinen Luftabständen Bedeutung für die Astronomie erlangt hat. Dank einer etwas grösseren Differenz der ν-Werte konnte das Öffnungsverhältnis auf 1:11 gesteigert werden. Die Glasfolge ist: PSK 3 — SF 4 — SF 11[3]). Nach K. O. KIEPENHEUER[7]) wird bei dem Sonnenteleskop auf Capri jedoch die Glasfolge: BK 7 — SF 4 — SF 11 verwendet, und zwar auch in Verbindung mit einem Tele-System in Coudé-Anordnung, das die Glasfolge: SK 20 — SF 11 — K 1 aufweist. Die ursprüngliche Brennweite von 4460 mm wird damit unter gleichzeitiger Ebnung des Bildfeldes auf 15 Meter verlängert. Mit der an erster Stelle genannten Glasfolge wird die in *Fig. 17c* dargestellte Korrektur erreicht[4]).

3. Mehrlinsige Fernrohrobjektive und Astro-Triplets

Alle bisher angeführten Fernrohrobjektive sind zwar aplanatisch korrigiert, weisen aber keine spezielle Korrektur des Bildfeldes auf. Dieses ist gegen das Objekt zu hohl, wobei die meridionale Schale stärker als die sagittale Schale gekrümmt ist. Deshalb wird mit diesen Objektiv-Typen nur auf der Achse und in ihrer näheren Umgebung ein scharfes Bild erhalten. Um das nutzbare Bildfeld zu vergrössern, sind verschiedene Wege beschritten worden, von denen einer zum Teleobjektiv, ein anderer zu den Hemiplanaren von A. KÖNIG[3]) geführt hat. Beim Teleobjektiv lässt sich das Bildfeld im Ausmass von etwa $2 \times 7°$ durch die Erniedrigung der PETZVALsumme mittels des negativen Hintergliedes ebnen, während beim Hemiplanar ein relativ dicker Meniskus in ähnlichem Sinne wirksam ist. Astronomischen Zwecken dienende Teleobjektive bestehen aus 4 bis 6 Linsen in zwei Gruppen, die beide durch einen grösseren Abstand voneinander getrennt sind, Hemiplanare aus 3 bis 5 Linsen ebenfalls in zwei Gruppen, die aber nahe beieinander stehen. Bei einer Lichtstärke von etwa 1:5 und gewöhnlicher chromatischer Korrektur sind diese Systeme mit vergrössertem Bildfeld für Brennweiten bis gegen 1000 mm brauchbar. Für längere Brennweiten kommen indessen nur Kombinationen, wie unter *2. g)* erwähnt, in Frage.

Es ist auch versucht worden, unter Belassung einer gewissen Bildfeldwölbung astigmatismusfreie Fernrohroptik nach dem Prinzip des PETZVAL-Objektivs zu verwirklichen, das sich bekanntlich durch besonders kleine Zonenfehler der sphärischen Aberration und der Koma auszeichnet. Ein Beispiel dafür ist der lichtstarke Fernrohr-Aplanat[3]). Mit den Gläsern: BaF 7 — SF 10 im Vorderglied und den Gläsern: SK 5 — SF 2 im Hinterglied wird für das grosse Öffnungsverhältnis 1:2 eine sehr gute axiale Korrektion und dazu eine weitgehende Beseitigung des Astigmastismus bei allerdings gewöhnlicher chromatischer Korrektion erzielt.

Alle diese Systeme haben jedoch keine grössere Bedeutung für die Astrophotographie erlangt, da entweder ihr nutzbares Bildfeld noch zu klein oder ihre chromatische Korrektur bei längeren Brennweiten ungenügend ist. Einzig die nachstehend beschriebenen anastigmatischen Astro-Objektive konnten wenigstens in engen Spektralbezirken den gestellten Ansprüchen genügen, bis auch sie durch die völlig achromatische SCHMIDT-Kamera mit grossem Bildfeld verdrängt wurden.

h) Der Astro-Vierlinser von A. Sonnefeld

Wie H. D. TAYLOR 1894 zuerst gezeigt hat[8]), ist das aus drei einfachen Linsen bestehende Triplet, bei welchem zwei Sammellinsen eine bikonkave Zerstreuungslinse unter grösseren Luftabständen einschliessen, das einfachste Objektiv, das bei erheblicher Lichtstärke eine gute Korrektion *aller* Bildfehler, insbesondere auch der Koma, ermöglicht. Dieses einfache Triplet, dessen Lichtstärke bei Kleinbild-Objektiven ohne Einbusse an Bildschärfe bis auf 1:2.5 gebracht werden kann[9]), gewinnt durch seine zahlreichen Modifikationen, wie sie durch Aufspaltung seiner Linsen in verkittete oder nahe beieinander stehende Linsen möglich sind[10]), [11]), [12]), noch erheblich an Bedeutung. Es war daher naheliegend, diesen Objektiv-Typ auch für die Zwecke der Astrophotographie zu verwenden.

Während H. D. TAYLOR hierzu die Mittellinse des Triplets in zwei nahe beieinander stehende Linsen aufspaltete[13]), zog es A. SONNEFELD vor, die Frontlinse durch zwei Menisken zu ersetzen, die nahe benachbart ihre erhabenen Seiten der grösseren Strahlenschnittweite zukehren[3]). Zusätzlich wurden die Zonenfehler durch eine geringfügige Deformation der letzten Fläche des Systems fast völlig beseitigt. Damit war eine vorzügliche Mittenschärfe und eine hervorragende Ebnung des Bildfeldes in einem Ausmass von etwa $2 \times 3.5°$ erreicht worden, während der chromatische

Restfehler etwa dem eines Fernrohr-Achromaten entsprach. Dieser Astro-Vierlinser mit einem Öffnungsverhältnis von 1:5.6 wurde in Brennweiten bis zu 2000 mm ausgeführt und fand eine erhebliche Verbreitung. Man hat ihn in jüngerer Zeit nach den Rechnungen von K. HILDEBRAND[14]) zu einem System mit aufgespaltener Hinterlinse modifiziert, während die Deformation an der zweiten Fläche der nun einteiligen Frontlinse erfolgte. Dieses System wurde für eine Brennweite von 3750 mm bei einer relativen Öffnung von 1:7.7 hergestellt. Da der chromatische Restfehler bei dieser Brennweite recht beträchtlich ist, bleibt seine Verwendung allerdings auf schmale Spektralbezirke (H_α-Bereich oder H_γ-Bereich) beschränkt.

i) Die Mediale von Hamilton und Schupmann

Zum Schluss sei noch auf einen Fernrohr-Objektiv-Typ hingewiesen, der zwar im Prinzip zu den katadioptrischen Systemen zählt, bei welchem aber im Gegensatz zu diesen eine Front*linse* den grössten Anteil an der Bilderzeugung übernimmt. Es sind dies die Mediale von HAMILTON (1814) und SCHUPMANN (1899), die sich durch eine sehr gute Korrektur, besonders auch der Farbfehler, auf der Achse auszeichnen. Diese Korrektur wird ermöglicht durch ein Zusatz-System, dessen wesentlicher Bestandteil ein MANGIN-Spiegel ist[3]). Mediale haben um die Jahrhundertwende vor Einführung der Astrophotographie eine erhebliche Bedeutung gehabt. So benützte FAUTH zur Erstellung seiner berühmten Mondkarte ein Medial von SCHUPMANN.

Zusammenfassend ergibt sich, dass es bei der Refraktionsoptik für die Astronomie zwar möglich ist, Systeme bis zu etwa 5000 mm Brennweite *monochromatisch* für alle Bildfehler soweit zu korrigieren, dass bei einem Öffnungsverhältnis von 1:10 bis 1:5 ein Bildfeld von mehreren Winkelgraden mit hervorragender Schärfe ausgezeichnet wird, dass es aber bisher *nicht* gelungen ist, eine wirklich adäquate Farbkorrektur zu erreichen. Der Grund dafür liegt darin, dass sich die Farbkorrektur nicht wie jene der monochromatischen Bildfehler durch konstruktive Massnahmen immer noch verbessern lässt, sondern an die gewählten Glassorten gebunden ist und damit eine gegebene Grösse darstellt, die sich dann nur noch proportional mit der Brennweite ändert.

Wie weit sich gegenwärtig die chromatische Korrektur treiben lässt, wird durch die *Fig. 20* illustriert. Es sind zwar von M. HERZBERGER[15]), H. SCHULZ[16]) und anderen Vorschläge für «Superachromate» gemacht worden, doch beziehen sich diese zunächst auf unendlich dünne Linsensysteme; die Übertragung auf realisierbare Systeme endlicher Dicke pflegt die Verhältnisse merklich zu komplizieren[19]). Somit sind die Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der chromatischen Korrektur doch eher an die technologischen Fortschritte auf dem Gebiet der durchsichtigen, isotropen Stoffe gebunden. Eine derartige Möglichkeit wurde bereits oben mit dem neuen Glas FKS 01 erwähnt, eine weitere, von den Mikroskop-Objektiven hoher Apertur her bekannte, besteht in der Verwendung von Flußspat (Calciumfluorid) für Sammellinsen. Seitdem es gelingt, Flußspat in grösseren Stücken zu züchten, werden auch Objektive und Telesysteme bis zu 1000 mm Brennweite mit Flußspat-Linsen und damit mit erheblich verbesserter chromatischer Korrektur hergestellt[17]), die für den Amateur von Interesse sein können.

Bei Linsensystemen aus Glas mit gewöhnlicher chromatischer Korrektur hat man für den Wellenlängenbereich C—g (656.3—435.8 nm) bei einer Brennweite von 1000 mm mit einer chromatischen Differenz von etwa 2 mm zu rechnen, in welcher die entsprechenden Zonenfehler von Schnitt- und Brennweite untergehen; bei Apochromaten kann diese Differenz bis auf etwas unter 1 mm herabgedrückt werden. Bei Spiegellinsensystemen[1]) wird diese Differenz um so kleiner, je grösser der Anteil der Spiegelflächen an der Bilderzeugung wird; man rechnet mit Differenzen von 0.2 bis 0.1 mm. Bei Neuberechnungen hat der Verfasser Differenzen von weniger als 0.1 mm bei Öffnungsverhältnissen um 1:5 erreichen können[18]). Derartige Systeme mittlerer Grösse können dann bereits mit reinen Spiegelsystemen konkurrieren, bei denen diese Differenz schliesslich Null wird.

Da auch bei den besten Fernrohrobjektiven der chromatische Restfehler stets überwiegt, sobald die Brennweite 1000 mm oder mehr beträgt, ist es verständlich, dass auch in der Amateur-Astronomie zumindest von dieser Brennweite an aufwärts den reinen oder katadioptrischen Spiegelsystemen der Vorzug gegeben wird, und zwar auch unter Inkaufnahme eines kleineren scharf ausgezeichneten Bildfeldes.

Literatur:

1) E. WIEDEMANN, 4. Mitteilung, ORION *14* (1969) Nr. 110, 12–18.
2) M. BEREK, Grundlagen der praktischen Optik, Berlin und Leipzig 1930.
3) A. KÖNIG und H. KÖHLER, Die Fernrohre und Entfernungsmesser, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959.
4) Neu- bzw. Nachberechnungen des Verfassers.
5) E. WIEDEMANN, ORION *13* (1968) Nr. 109, 155–160.
6) H. HARTING, Die photographische Optik, Berlin 1925.
7) K. O. KIEPENHEUER, Umschau *66*, 228 (1966).
8) H. D. TAYLOR, D. R. P. 81.825 (1894).
9) vergleiche z. B. E. WIEDEMANN, Schweiz. Patentanmeldung 005710/69.
10) P. RUDOLPH, D. R. P. 142.294 (1902).
11) H. HARTING, D. R. P. 143.889 (1902).
12) M. BEREK, E. P. 381.135 (1932).
13) Handb. der Physik, Bd. *29*, Optische Instrumente: K. BAHNER, Teleskope, s. S. 291ff., Berlin, Heidelberg, New York 1967.
14) K. HILDEBRAND, D. B. P. 1.201.580 (1966).
15) M. HERZBERGER, Optica Acta, b, 197 (1959) u. a. a. O.
16) H. SCHULZ, Optik *25*, 208 (1967).
17) vergleiche z. B. Canon-Druckschrift GE 784 (1968).
18) Veröffentlichung erfolgt demnächst.
19) vergleiche z. B. M. HERZBERGER und N. MC CLURE, D.A.S. 1.299.900.

Adresse des Autors: Dr.-Ing. ERWIN J. TH. WIEDEMANN, Garbenstrasse 5, 4125 Riehen.