

# Asphärische Linsen

Autor(en): **Schürer, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **37 (1979)**

Heft 170

PDF erstellt am: **06.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899594>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Asphärische Linsen

von M. SCHÜRER

Bekanntlich ist eine sphärische Linse wegen der chromatischen und sphärischen Aberration als Objektiv eines Fernrohrs unbrauchbar. Für Beobachtungen im monochromatischen Licht (beispielsweise Protuberanzenbeobachtungen im Licht der H-alpha-Linie) ist die chromatische Aberration irrelevant, und es bleibt neben der Verzeichnung und dem Astigmatismus nur noch die sphärische Aberration und die Koma übrig (wegen der optischen Begriffe vgl. man etwa die Artikelserie «Optik für Astro-Amateure» von E. Wiedemann in den Jahrgängen 1968—71 des «ORION»). Sphärische Aberration und Koma können mittels der sog. Durchbiegung der Linse zu einem Minimum gemacht, nicht aber zum Verschwinden gebracht werden.

Es mag interessieren, dass die beiden Fehler in erster Näherung gänzlich verschwinden, wenn man einer der Linsenflächen eine von der Sphäre abweichende Gestalt erteilt. Wählt man für diese Fläche eine solche zweiten Grades (Ellipsoid, Paraboloid oder Hyperboloid), so ist die Exzentrizität dieser Fläche neben der Durchbiegung ein zweiter Freiheitsgrad, und man kann die Durchbiegung und die Exzentrizität so bestimmen, dass die sphärische Aberration verschwindet und die Sinusbedingung erfüllt ist, eine Bedingung, die in erster Näherung für das Verschwinden der Koma befriedigt werden muss. Die Berechnung setzt etwas analytische Geometrie voraus und wird in den Anhang verwiesen. Das Folgende sollte auch ohne diesen verständlich sein.

Als Beispiel wurde eine Linse mit dem Öffnungsverhältnis 1:10 berechnet. Das Resultat war eine Bikonvexlinse mit den Krümmungsradien 565 mm und 5640 mm (Brennweite 1000 mm, Dicke 15 mm, Brechungsexponent 1.514). Die Vorderfläche der Linse muss ellipsoidisch mit einer Exzentrizität von 0.853 deformiert werden. Es ist dies eine Abweichung von der Sphäre, die etwas kleiner ist als die Parabolisierung eines Spiegels vom Öffnungsverhältnis 1:5. Diese Retouche an einer Bikonvexlinse sollte einem erfahrenen Spiegelschleifer ohne weiteres möglich sein.

Geprüft wird das Resultat am besten mittels Autokollimation (monochromatisches Prüflicht verwenden, für ein Protuberanzenfernrohr zum mindestens ein Rotfilter). Wird die Vorderfläche vorerst mit einem Krümmungsradius von 563.6 mm sphärisch geschliffen, so hat man zur Retouche im äusseren Drittel mit einem Ringpolier noch etwa  $0.8 \mu$  zu entfernen.

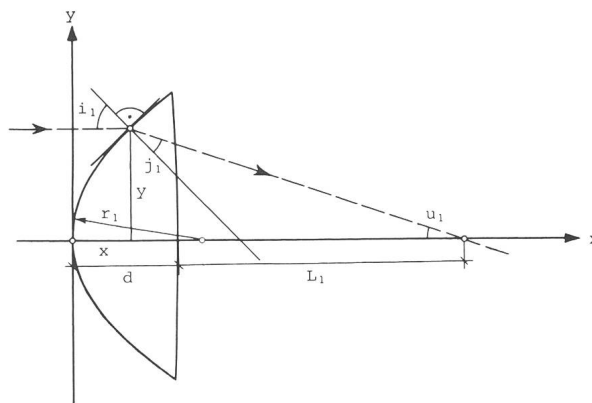
Auch die Zonenfehler sind bei dem Öffnungsverhältnis von 1:10 verschwindend klein, so dass Objektive mit wesentlich grösseren Öffnungsverhältnissen ohne Beeinträchtigung der Bildqualität gebaut werden könnten.

Interessant ist vielleicht noch die Bemerkung, dass das Verhältnis der Radien bei dieser Linse etwa 1:10 beträgt, während die sphärische Linse mit der geringsten sphärischen Aberration ein Radienverhältnis von 1:6.5, und die mit der geringsten Abweichung von der Sinusbedin-

gung gar 1:2.2 aufweist. Dies lässt vermuten, dass nach dem gleichen Prinzip sich auch sehr gute Achromate herstellen lassen.

Selbstverständlich kann man auch die Rückseite der Linse retouchieren. Sie müsste in diesem Fall hyperbolisch deformiert werden, was jedoch wegen des grossen Krümmungsradius keine grösseren Schwierigkeiten bereitet.

Der Autor ist gerne bereit, gegebenenfalls die Krümmungsradien und die Exzentrizität für eine spezielle Ausführung zu berechnen.



### Anhang

In der Figur denke man sich die Strahlen von links parallel zur x-Achse einfallend. Die Vorderfläche der Linse sei ellipsoidisch mit der Exzentrizität e. Die Ellipsengleichung lautet:

$$\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \text{ mit } b^2 = a^2(1-e^2)$$

und dem Krümmungsradius im Scheitel  $r_1 = a(1-e^2)$ .

Der einfallende Strahl in der Höhe y trifft das Ellipsoid im Punkte (x, y).

$$x = \frac{y^2}{2r_1 - x(1-e^2)}$$

(x ist klein und kann aus der Gleichung durch Iteration gefunden werden.)

Der einfallende Strahl bildet mit der Ellipsoidnormalen den Winkel  $i_1$  aus

$$\text{tgi}_1 = \frac{y}{r_1 - x(1-e^2)}$$

Nach dem Brechungsgesetz erhält man

$$\sin j_1 = \frac{\sin i_1}{n} \text{ und } u_1 = i_1 - j_1, L_1 = \frac{y}{\text{tgu}_1} + x - d.$$

Die Berechnung der Brechung an der zweiten, sphärischen Fläche erfolgt nach den bekannten Formeln:

$$\sin i_2 = \sin u_1 \frac{L_1 - r_2}{r_2}, \quad u_2 = u_1 + i_2 - j_2$$

$$\sin j_2 = n \sin i_2, \quad L_2 = \left( \frac{\sin j_2}{\sin u_2} + 1 \right) r_2$$

Damit die sphärische Aberration verschwindet, muss  $L_2$  für die verschiedenen Einfallshöhen  $y$  gleich sein. Die Sinus-Bedingung ist erfüllt, wenn für die verschiedenen Einfallshöhen  $y$  die Brennweite, gegeben durch

$$f = \frac{y}{\sin u_2}$$

gleich ist.

Die Brennweite ist nach der Linsenformel (für eine dünne Linse) gegeben durch

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right).$$

Man beachte, dass für eine Bikonvexlinse  $r_2$  negativ ist.

Wir lassen  $\left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = c$

konstant und variieren  $e$  und  $r_1$  so, dass die beiden Bedingungen für einen achsnahen und einen Rand-Strahl erfüllt sind.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. M. SCHÜRER, Sidlerstrasse 5, 3000 Bern.

## Der Basteltyp für den Instrumentenbauer

*Unter dieser Überschrift sollen in wahlloser Folge dem Amateur praktische Hinweise zum Bau seiner Instrumente und Beobachtungseinrichtungen gegeben werden. Es ist also eine Rubrik vom Praktiker für den Praktiker. Neben Basteltyps, Werkstattkniffen und Bearbeitungshinweisen sollen auch Angaben über Werkstoffe, Komponenten und im Handel erhältliche Bauteile gebracht werden. Es ist dies sicherlich ein Themenkreis, der bei vielen Amateuren auf Interesse stossen dürfte, der aber auch den Leser herausfordert Beiträge zu bringen. Ich meine, dass gerade dazu nicht wenige Amateure etwas zu sagen hätten, befinden sich doch zahlreiche routinierte*

*Praktiker und Instrumentenbauer in der Orion-Lesergemeinde. Zudem lassen sich Kniffe, Tricks und Bastelhinweise in der Regel in wenigen Sätzen bringen, so dass der Zeitaufwand für solche Kurzbeiträge nicht gross ist. Es wird daher an alle Spiegelschleifer und Instrumentenbauer appelliert, ihre praktische Erfahrungen in dieser Rubrik weiterzugeben. Beiträge dazu sind an Ihren Fachredaktor für Astro- und Instrumententechnik zu richten.*

H. G. ZIEGLER, Hertensteinstrasse 23, CH-5415 Nussbaumen

Hier der erste Typ für den Instrumentenbauer:

### Schmiermittel für Schneckentriebe und Gleitflächen an Teleskopmontierungen

Die Nachführung der Polachse erfolgt bei den meisten Montierungen durch einen Schneckentrieb. Während bei Zahnrädern die Zahnflanken aufeinander abrollen, tritt an den Flanken Schnecke-Schneckenrad eine mit Reibung verbundene Gleitbewegung auf. Damit der Trieb spielfrei läuft, muss die Schnecke «satt» an das Schneckenrad angestellt werden und dies hat eine beträchtliche Reibung und einen ungleichförmigen Lauf (*Stick-slip-Effekt*) zur Folge, wenn nicht ein geeignetes Schmiermittel eingesetzt wird. Gewöhnliche Schmieröle und auch Kugellagerfett sind für einen offenen Schneckentrieb wenig geeignete Schmierstoffe. An das Schmiermittel werden hier folgende Forderungen gestellt:

1. Es muss gute Schmiereigenschaften bei Mischreibung<sup>1)</sup> besitzen.
2. Es muss auf den Flächen sehr gut haften und darf bei höheren Flächenpressungen von den Gleitflächen nicht weggequetscht werden.
3. Es darf bei Temperaturen unter Null Grad nicht so steif werden, dass der Trieb zäh läuft. Andererseits

darf es bei Sommertemperaturen und wochenlanger Ruhe des Instrumentes nicht ablaufen oder abtropfen.

4. Es muss relativ unempfindlich gegen Schmutz und Staub sein, da die Triebe bei Amateurmontierungen in der Regel nicht gekapselt sind.

Dies sind nicht einfache Betriebsbedingungen für ein Schmiermittel. Der hier vorliegende Problemkreis fällt in die relativ junge Wissenschaft «Tribologie». Ich habe mich von einem Experten dieser Disziplin beraten lassen. Er schlug für diesen Fall das Spezialfett «Molykote Longterm-2» von Dow Corning vor. Es ist ein sehr gut haftendes Fett auf Lithiumseife-Molybdändisulfidbasis für hohe Flächenpressungen und kleine Gleitgeschwindigkeiten, überstreicht einen Arbeitsbereich von  $-25$  bis  $+110^\circ$ , ist wasserbeständig und besitzt zudem sehr gute Korrosionsschutzeigenschaften. Es ist daher ein Fett für ungeschützte Gleitflächen im Freien, das ausserdem durch den sich ausbildenden Molybdändisulfid-Feststoffschmierfilm wenig schmutzempfindlich ist. Selbstverständlich eignet es sich auch für Gewinde,