Krümmung und Aberration

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Mathématique et physique = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Mathematik und Physik**

Band (Jahr): **6 (1948)**

PDF erstellt am: **26.05.2024**

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

VIII. Krümmung und Aberration

§ 1. Vorkrümmung

In Kap. III § 1 (Vorkrümmung des Randes) wurde schon erwähnt, wie durch geeignete feste Vorkrümmung mit den Einspannringen der sphärischen Aberration entgegengewirkt wurde [1]. Bei kleinerer Vorkrümmung entsprachen die Resultate der Erwartung, die Korrektur war jedoch ungenügend. Erhöhung der Vorkrümmung führte nicht zum Ziel (siehe Abb. 6).

§ 2. Schwingringe

Bei Versuchen mit Silikatglasscheiben wurden die Ringe für die Vorkrümmung durch Schwingringe ersetzt: siehe Kap. III § 2, denn da für Glas eine Randvorkrümmung doch nicht mehr möglich ist, sollten die Verhältnisse denjenigen der frei aufliegenden Platte nähergeführt werden.

§ 3. Dicke der Glasscheiben

Wie das Experiment sowohl mit Silikatglas als auch mit Plexiglas zeigte, geben dünne Scheiben Linsen mit geringerer antisphärischer Aberration als dickere Scheiben. Die Überkorrektur der sphärischen Aberration nimmt also bei abnehmender Dicke der Linsenschalen ab. Bei Plexiglas wölben sich genügend geringe Dicken (etwa 0,5 mm) zu einer Linse mit sphärischer Aberration. Auch sehr dünne Silikatglasscheiben (von 0,2 mm und weniger) konnten sphärisch gemacht werden. Leider waren so dünne Gläser nur anfangs und in sehr beschränkter Anzahl erhältlich (Krieg !)

Die in den letzten zwei Jahren allein noch zur Verfügung stehenden Schalen ermöglichten es nur, Linsen mit antisphärischer Aberration zu

[1] I. S. 279.

erhalten. Die hauptsächliche Schwierigkeit, auf die die experimentelle Ermittlung einer Korrektur stieß, war deswegen durch die Zeitumstände bedingt, die es uns nicht erlaubten, genügend dünne Silikatglasscheiben zu beschaffen.

§ 4. Brennweiten verschiedener Zonen

Linsen mit Schalen aus Plexiglas oder genügend dünnem Silikatglas (Versuche mit Kautschukdichtungen) sind bei geringer Durchbiegung überkorrigiert (also antisphärisch) und gehen bei größerer Durchbiegung zu sphärischer Aberration über. Dies heißt also, daß im üblichen Diagramm mit dem Flüssigkeitsdruck als Abszisse und den Zonenbrennweiten als Ordinate die Kurven der Brennweitenänderung zum Beispiel der beiden innersten Zonen (0,5 und 1,0 cm vom Linsenmittelpunkt) sich schneiden (Abb. 22).

Bei dem diesem Schnittpunkt entsprechenden Druck ist somit die Aberration, wenigstens für diese Zonen, korrigiert. In einigen Fällen schnitten sich die drei inneren Zonenbrennweiten (0,5 ; 1,0 ; 1,5 cm von der Linsenachse) in demselben Punkt.

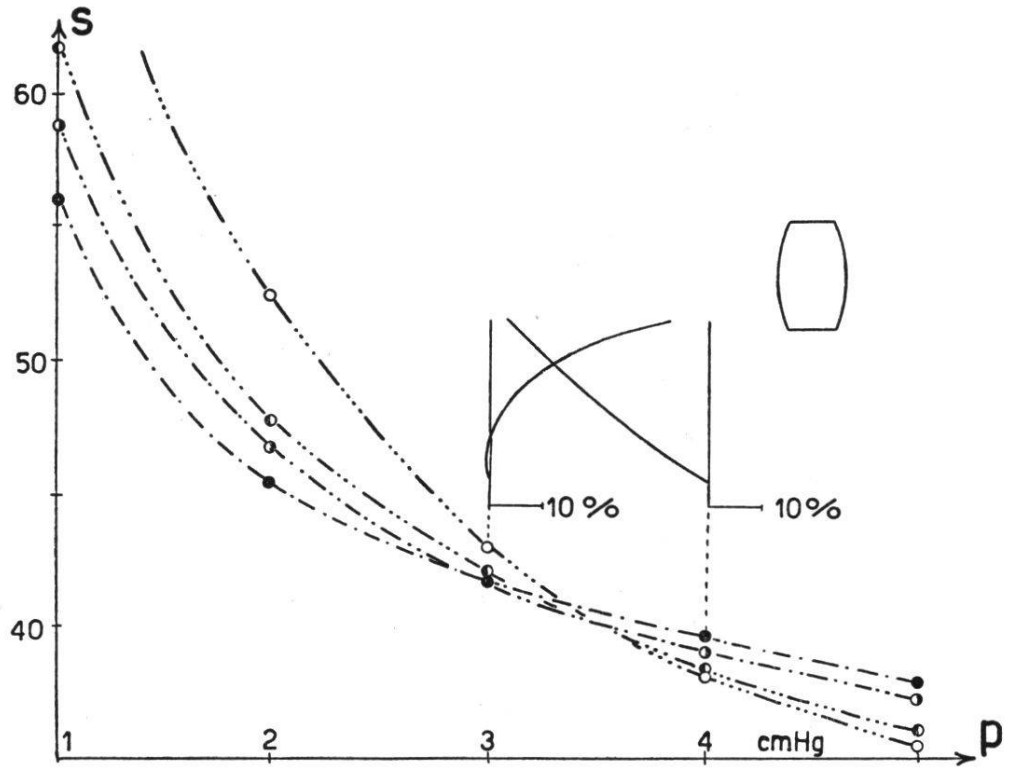

Abb. 22. Übergang von der antisphärischen zur sphärischen Aberration bei Druckzunahme.
Plexiglas d = 0,5 mm, ∅ = 65 mm.

Diese Korrektur der Aberration ist nur für eine Brennweite gültig. Bei höherem Druck ist die Linse sphärisch, bei geringerem antisphärisch. Wie man von der einzigen korrigierten Brennweite zu einem korrigierten Intervall der Brennweitenvariation gelangt, wird in den Kapiteln IX und X dargestellt werden.

Der Weg der Korrektur durch den stetigen Übergang von der einen Aberrationsart zur entgegengesetzten (bei Druckänderung) war vorläufig nur bei Anwesenheit von Kautschukringen möglich, denn ohne diese Dichtungen zeigten alle Silikatglaslinsen bei jedem Druck nur antisphärische Aberration, so daß der Schnittpunkt der Zonenbrennweiten fehlte. Der Grund zu diesem Verhalten lag am schon beschriebenen Umstand, daß festgeklebte Scheiben nicht mehr aus den Fassungsringen herausgleiten können. Indessen sind solche Kreuzungspunkte zu erwarten, wenn wieder genügend dünnes Silikatglas verwendet werden kann, dessen Durchbiegung dann für ein sphärisches Verhalten hinreichend wäre.

§ 5. Schalendicke und Schalenradius

Unter sonst gleichen Bedingungen ist bei Silikatglaslinsen die antisphärische Aberration geringer, bei dünnen Plexiglaslinsen (etwa 0,5 mm und weniger) die sphärische Aberration stärker, je dünner die Linsenschalen sind (Radius konstant).

Bei gleicher Dicke und gleichen Versuchsbedingungen ist die antisphärische Aberration von Silikatglaslinsen geringer, die sphärische Aberration von Plexiglaslinsen stärker, je größer der Linsenradius gewählt wird (Abb. 23 u. 24).

Zusammengefaßt: Die Abnahme der Dicke (bei konstantem Radius) wirkt in Bezug auf die Aberration im gleichen Sinne wie die Zunahme des Radius (bei konstanter Dicke). In beiden Fällen wird die Aberration mehr sphärisch.

Diese experimentellen Ergebnisse sind für die Korrektur brauchbar.

§ 6. Pressung der Einspannringe

Über die durch das leicht mögliche Gleiten der Scheiben aus den Fassungen verursachte geringere Krümmung bei schwacher Randpressung siehe Kap. III § 3. Das Resultat war dort: Möglichst hohe Randpressung verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Druck und Krümmung.

§ 7. Deformationen durch Unregelmäßigkeit in der Dicke

Beim Versuch, eine Linse, die auf der Prüfbank (d. h. also für einen Durchmesser) gut korrigiert war, als Projektionslinse zu benutzen, wies das Bild beträchtliche Zonenfehler auf. Die Oberfläche mußte große Unregelmäßigkeiten aufweisen. Hingegen gab eine Linse aus Plexiglas trotz größerer Aberration ein besseres Projektionsbild.

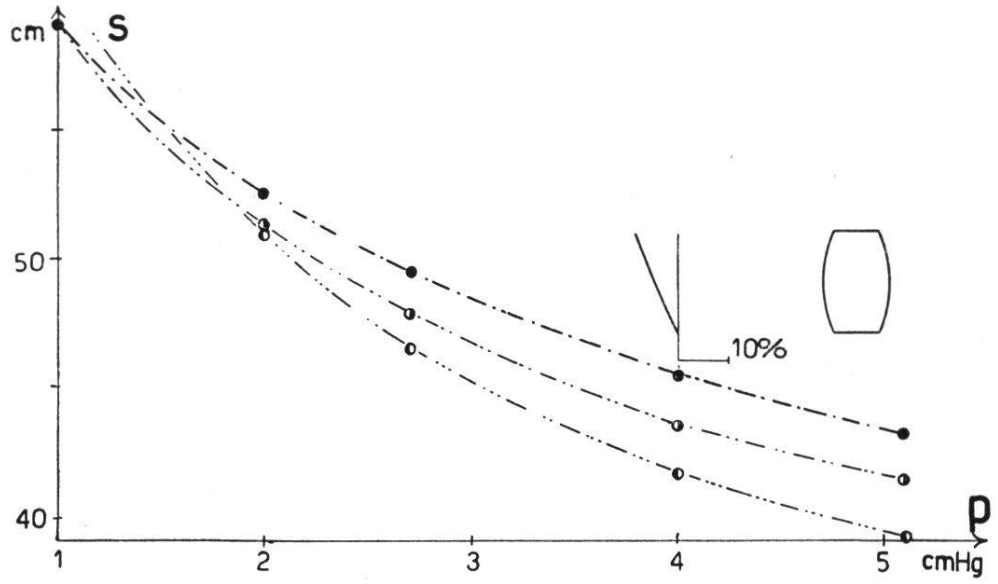

Abb. 23. Dünnes Plexiglas gibt Linsen mit sphärischer Aberration. d = 0,5 mm, ∅ = 85 mm, ∅s = 73 mm.

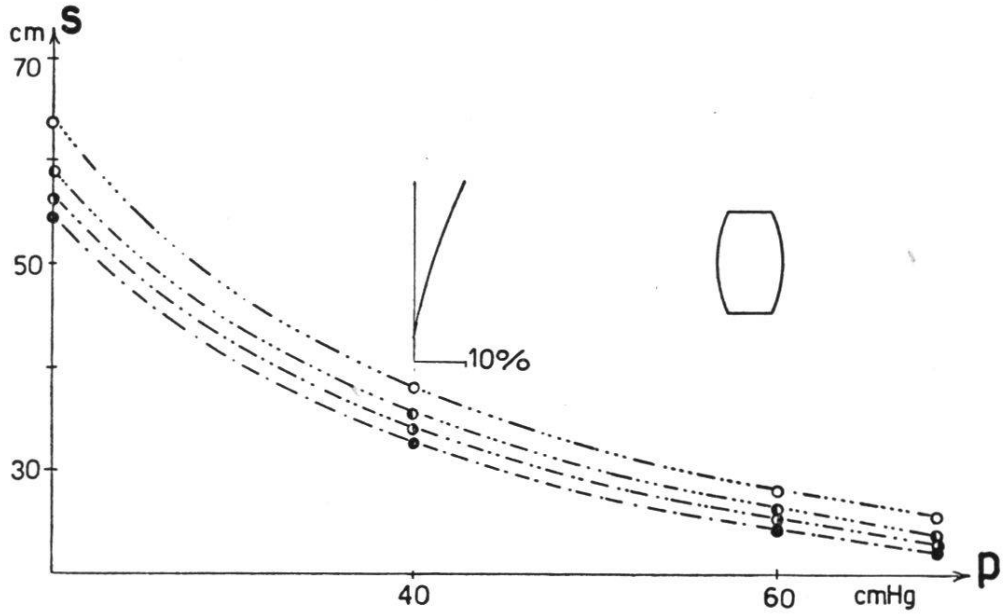

Abb. 24. Die Linse mit dickem Plexiglas hat antisphärische Aberration. d = 2 mm, ∅ = 100 mm, ∅s = 73 mm.

Näheres Untersuchen ergab, daß die Schalen letzterer Linse aus einer Plexiglasplatte mit homogener Dicke geschnitten worden war.

Die beiden Schalen der Silikatglaslinse hatten verschiedene Dicke zur Korrektur der Aberration (siehe weiter unten, Kap. X). Für die dickere (0,7 mm) Schale war eine Glasscheibe benützt worden, wie wir sie von der Glasfabrik erhalten hatten, ohne jede Vorbehandlung. Die dünnere Scheibe hingegen stammte aus einer Serie Gläser, die wir in einer optischen Werkstätte aus den dickeren Scheiben für uns schleifen ließen (0,3 mm). Es war also denkbar, daß die Zonenfehler von der Unregelmäßigkeit der dicken Scheibe herrühren könnten. Um diese Annahme zu prüfen, wurde die dickere Scheibe durch eine geschliffene Schale ersetzt, die Bilder blieben aber gleich schlecht. Die Unregelmäßigkeit mußte folglich selbst in den geschliffenen Scheiben beträchtlich sein.

Die direkte Messung der Scheibendicke an geschliffenen Gläsern ergab folgende Resultate (die Dicke wurde zuerst an der mit Zelluloselack überzogenen Scheibe und dann nochmals nach Entfernung des Überzuges gemessen):

Scheibe mit Überzug: 28 verschiedene Werte zwischen 308 μ und 337 μ.

Dieselbe Scheibe ohne Überzug (dieser wurde mit Amylacetat aufgelöst): 20 verschiedene Werte zwischen 308 μ und 318 μ.

Eine andere Scheibe ohne Überzug: 20 verschiedene Werte zwischen 778 μ und 793 μ.

Die verschiedenen Meßwerte waren regellos über die Fläche verteilt; es ließ sich keine Gesetzmäßigkeit finden, wie etwa Abnehmen der Dicke gegen den Rand oder dergleichen. Da die Schwankungen bei verschiedenen Dicken etwa gleich groß sind, ist der prozentuale Fehler für dünne Gläser beträchtlicher. In den erwähnten Beispielen beträgt dieser Fehler (ohne Überzug) für das dicke Glas 1,88 %, beim dünneren 3,7 %.

Die Unregelmäßigkeit der Dicke wirkt sich direkt auf die Krümmung aus und verursacht einen Zonenfehler der Linse. Der Zonenfehler, der aus diesem Fehler unseres Materials herrührt, ist für Linsen mit dünnen Scheiben größer.

ZWEITER TEIL

Die Korrektur des Zonenfehlers

Einleitung

Aus den bis dahin geschilderten Versuchen ergaben sich mehrere Wege zur Korrektur der sphärischen und der antisphärischen Aberration. Beschränkt man sich einzig auf die Verwendung der inneren Zonen, fällt die Korrektur leicht (Arbeit II S. 279), aber es ist wünschenswert, die Linse bis weiter an den Rand auszunützen.

Bei dynamischen Linsen gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten der Korrektur für die Aberration. Entweder läßt sie sich mit der Einzelfläche korrigieren, oder durch Kombination verschiedener Linsenschalen in derselben Linse.

Die Korrektur mit der Einzelfläche bedeutet, daß man jede die Linse abgrenzende Schale für sich so beeinflußt, daß sie sich einer Cartesianischen Fläche nähert.

Bei der zweiten Möglichkeit wird die Linse als Ganzes korrigiert, nicht mehr die einzelne Linsenfläche. Diese Art der Korrektur ist also analog der in der Optik starrer Linsen angewendeten. Bei dynamischen Linsen erreicht man sie, indem man in einer Einkammerlinse die beiden Scheiben zweckentsprechend aufeinander anpaßt, oder durch Verwendung von zwei verschiedenen Füllflüssigkeiten in der Dreikammerlinse.

Beide Wege sind in den nächsten Abschnitten näher zu erörtern.