

Sonderdruck aus
Jenaer Jahrbuch
zur Technik- und Industriegeschichte
Band 11 / 2008

Wolfgang Busch

**Das ZEISS-B-Objektiv.
Erfahrungen nach restaurierender Bearbeitung**

Jenaer Jahrbuch zur Technik- und Industriegeschichte Band 11 - 2008

Herausgeber: Manfred Steinbach

Inhalt:

	Seite
Vorwort	6
Klaus-Dieter Gattnar: Kommandogeräte zur Flugabwehr von 1915 bis 1945 in den Zeiss-Werken entwickelt und produziert	9
Bruno Spessert: Die Gothaer Waggonfabrik und der Beginn des strategischen Bombenkrieges im Ersten Weltkrieg	101
Lambert Grolle: Friedrich Rielef Schomerus. Sein Werden und Wirken	134
Doris Ehrt und Adrian C. Wright: Werner Vogel – ein Virtuose mit dem Elektronenstrahl	155
Wolfgang Nebe: Gedenken an Carl Pulfrich zu seinem 150. Geburtstag	179
Konrad Moras: 40 Jahre Röntgenfeinstruktur-Geräteentwicklung in Freiberg	189
Volker Guyenot: Justierdrehen – die Historie einer Montagetechnologie für Objektive	239
Peter Köhler: Das Geschäftsfeld „Astronomische Projekte“ in der Carl Zeiss Jena GmbH von 1990 bis zur Auflösung im Jahre 2007	261
Mathias Ball und Karl-Heinz Weßlau: Positioniermodell für das 2,3-m-Teleskop „ARISTARCHOS“	301
Horst H. Schaler: Das Unternehmen „Zeiss-Aerotopograph GmbH Jena“	319
Rainer Schwennicke: Läppen von großen Werkstücken für die Feingerätetechnik	357
Peter Hebenstreit: Die manuelle optische Toleranzrechnung	377
Karl-Heinz Weßlau: Anwendung der Distributionsrechnung bei der Ermittlung der Biegelinie elastischer Balken	389
Joachim Arnz: Die wechselvolle Geschichte der Firma Hugo Arnz, Optische Werkstätte, Jena	399
Bernhard Gänswein: Calciumfluorid als kristalliner Werkstoff für die Optik	419
Wolfgang Busch: Das ZEISS-B-Objektiv – Erfahrungen nach restaurierender Bearbeitung	425

448 S., 409 Abb., z.T. farbig, 44 Tabellen, brosch., 27,00 €, ISBN 978-3-940265-16-6

Alle Bände des **Jenaer Jahrbuch zur Technik- und Industriegeschichte**
können bezogen werden

– vom Vertriebsbeauftragten des Vereins

Dipl.-Phys. Erich Greger, Lindenstraße 3, 07747 Jena

Tel und Fax: 03641-334414

Mail: greger@technikgeschichte-jena.de

– oder von gut sortierten Buchhandlungen

Das ZEISS-B-Objektiv Erfahrungen nach restaurierender Bearbeitung

Rolf Riekher in Verehrung gewidmet

Die Geschichte der Fernrohrobjektive ist ganz besonders eine Geschichte des Kampfes gegen die chromatische Aberration, gegen das sogenannte sekundäre Spektrum.

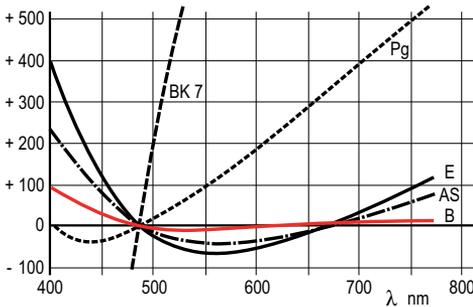


Bild 1: Farb­längs­fehler für verschiedene Objektive. An der Ordinate ist der Farb­längs­fehler in Hunderttausendstel der Brennweite aufgetragen. BK7: einfache Linse aus Kronglas; Pg: „photographisch“ (also blau) korrigierter Zweilinsler; E: Fraunhofer-Achromat bzw. Zeiss-Typ E; AS=Zeiss-Halbachromat nach Sonnefeld; B=dreilinsiger Zeiss-Apochromat nach König (nach Lit. 12)

Ein großer Fortschritt war das bei Zeiss von Albert König berechnete B-Objektiv, das zu seiner Zeit legendären Ruf hatte. Allerdings war dieses Objektiv extrem zentrierempfindlich. In dem folgenden Aufsatz nimmt diese Frage einen breiten Raum ein.

In die Werkstatt des Autors kamen in den letzten beiden Jahren fünf B-Objektive. Zwei davon waren so unsachgemäß zerlegt und gereinigt worden, dass sie jahrelang zur Beobachtung völlig unbrauchbar waren.

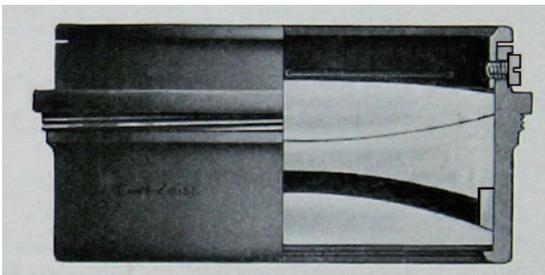
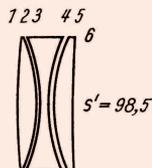


Bild 2: Schnittdarstellung eines B-Objektives aus dem Zeiss-Katalog von 1930 (nach Lit. 13)

Bild 3: Konstruktionsgrundlagen des B-Objektives (Lit. 1). Das Objektiv wurde für das Öffnungsverhältnis 1:15 gebaut, es ist korrigiert gegen sphärische Fehler, Zonenfehler, chromatische Differenz der sphärischen Abweichung (Gaußfehler), und es ist die volle angenäherte Korrektur des sekundären Spektrums erreicht. Selbstverständlich ist auch die Sinusbedingung erfüllt.

	r	d	n_d	v_d	θ_d
Nr. 9. B-Objektiv von Zeiss (A. KÖNIG), Apochromat, $\bar{O} < 1:15$, korrig. f. S. Sb. Z. Ch. (I u. II) ChS.	1: + 36,2	0,94	1,5796	53,86	1,552
	2: — 9,40	0,007			
	3: — 9,15	0,445	1,5294	51,80	1,551
	4: + 7,75	0,364			
	5: + 8,04	0,94	1,5111	60,49	1,542
	6: + 70,8				



Öffnung/ Brennweite	Fabrikationsnummer	Stückzahl	Baujahr ca.	Material der Fassung	Besonderheiten der Fixierung	Standort
B 80/1200	606	1	1903	Messing	Federring beiderseits	Berlin
B 130/1940	11519	10	1919	Stahl	32 Schrauben	Hannover
B 110/1620	12685	10	1922	Messing	keine	Columbia/ USA
B 200/3000	13652	2	1924	Stahl	keine	Tübingen
B 150/2250	16799	?	1930	Stahl	mit Kolophonium geklebt	Berlin

Tabelle 1: Die vom Autor restaurierten B-Objektive.

Zur Entwicklung der dreilinsigen Hochleistungsobjektive für die Astronomie

Schon in den 1890er Jahren stellte Max Pauly einen zweilinsigen Apochromaten (212/4450) her. „Das Objektiv war aus dem damals neuen Schottischen Glaspaar Fernrohrflint und Fernrohrkron hergestellt worden“.² Dieser Objektivtyp war zwar nur bis 1:20 korrigierbar, fungierte aber als Vorläufer des bei Zeiss danach vielfach gefertigten A-Objektivs. Max Wolf hat dieses Objektiv in Heidelberg astronomisch genutzt und genau vermessen. 1899 publizierte er in der Zeitschrift für Instrumentenkunde seine Messungen und verglich sie mit dem Fraunhoferobjektiv, mit welchem J. G. Galle 1846 den Planeten Neptun entdeckte.

Wellenlänge	Zeiss-Obj. nach Pauly	Fraunhofer-Obj. der Berliner Sternwarte (243 mm)
690 nm	+2	-19
660 nm	-2	-30
590 nm	-3	-65
520 nm	-0	-28
486 nm	±0	±0
434 nm	+53	+92
410 nm	+116	+362

Bild 4: Chromatische Abweichung in Hunderttausendstel der Brennweite (aus Rieker, Lit. 3)

Erfunden wurde der dreilinsige Apochromat von H.D. Taylor, der schon 1894⁴ – drei Jahre vor Gründung der Astro-Abteilung im Zeisswerk Jena – alle Prinzipien dieses Objektivtyps publizierte. Das B-Objektiv von Zeiss, gerechnet in den Jahren um 1898/1899 von Dr. Albert König, ging schon über Taylors Konstruktion hinaus:

- Taylors Apochomat konnte nur für das Öffnungsverhältnis 1:18 realisiert werden; dagegen war das Zeiss-B-Objektiv mit 1:15 schon austauschbar gegen die Fraunhoferobjektive. Das galt auch für die späteren AS-Objektive.
- In Taylors Apochomat hatten die Radien der Flächen 2 und 3 exakt gleiche Krümmung, ebenso die Radien 4 und 5, wodurch die jeweilige Hohlfläche als Probeglas für die konvexe Fläche genutzt werden konnte. Das B-Objektiv dagegen hat sechs verschiedene Radien.

- Der von Taylor verwendete Distanzring aus Messing wurde bei Zeiss bald durch einen solchen aus Glas ersetzt, um Störungen durch ungleiche Wärmedehnung zu minimieren.

Beibehalten wurde Taylors Forderung, das Linsensystem solle frei sein von so genannter Sphärochromasie (Gaußfehler). Daher ist auch (bedingt durch die damaligen Glassortimente) bei allen B-Objektiven ein größerer Luftspalt unumgänglich.

Dr. Albert König forderte als Konstrukteur einfach alles, was der Optimierung des Systems diene – und zwar ohne Rücksicht auf die Schwierigkeiten der technischen Machbarkeit. So wurde das B-Objektiv von Zeiss jahrzehntelang zwar das bestkorrigierte, doch zugleich empfindlichste Astro-Objektiv der Welt.

Ursache für die extreme Zentrier- und Temperaturempfindlichkeit sind die beiden von den vier inneren Flächen paarweise umschlossenen Luftspalte in Verbindung mit sehr starker Krümmung: die vier Radien sind kürzer als 10% der Systembrennweite. (Zum Vergleich: ein Fraunhoferobjektiv hat nur einen Spalt und die Radien liegen oberhalb 30% der Brennweite.) Computersimulationen wie auch Foucault- und Ronchitests zeigen, dass Abstandsänderungen beim B-Objektiv in der Größenordnung einiger weniger Mikrometer zu sichtbarer Minderung der Bildqualität führen.

Dass mit diesen Objektiven keine sensationellen Entdeckungen gelungen sind, liegt zum einen daran, dass man B-Objektive nicht größer als 200 mm, im äußersten Falle 250 mm bauen kann. Auch kamen sie forschungsgeschichtlich zu spät, denn um 1900 war die Entwicklung der großen Spiegelteleskope, die ja von Natur aus farbfehlerfrei sind, schon in vollem Gange. Dieses und steigende Produktionskosten nach dem Zweiten Weltkrieg führten das Ende dieser Serie herbei: „Das von der Firma Carl Zeiss etwa 50 Jahre lang geführte B-Objektiv wird wegen seiner großen Zentrierempfindlichkeit nicht mehr hergestellt.“⁴⁵

Unterschiedliche Versuche zur sicheren und dauerhaften Fixierung des Linsensystems in der Fassung

Allein die fünf von mir restaurierten Objektive zeigten vier unterschiedliche Arten der Fixierung:

B 80: Fester Messingring als Teil der Fassung. Getrennte Einbringung der Linsen von beiden Seiten, Fixierung jeweils mit separaten Federringen. Feinzentrierung nur mit drei Distanzplättchen zwischen erster und zweiter Linse.

B 130: Distanzring aus Glas, Feinzentrierung mit sechs Distanzplättchen. Zusätzliche Sicherung aller vier Glasteile durch jeweils acht Gewindestifte (M2,6 × 4).

B 110: wie B 130, aber ohne Gewindestifte.

B 200: wie B 110

B 150: In dieser „modernsten“ Fassung werden alle vier Glasteile einzeln während der Endjustage zwischen zwei Auflageflächen und einer

Bild 5: B 80, Fassung mit festem Distanzring



Bild 6: B 130, Fassung mit Gewindestiften



Bild 7: B 110, Fassung wie bei Fraunhoferobjektiven üblich.





Bild 8: B150, Fassung mit Verklebung und Gewindestiften

Halteschraube vor seitlicher Verschiebung bewahrt. Dann erst erhält jede der Linsen eine dauerhafte Verklebung durch Kolophonium, welches durch 15 kleine Bohrungen von außen eingebracht werden kann.

Von Anfang an war also nicht die rechnerkonforme Herstellung der drei Linsen das zentrale Problem, sondern deren präzise und dauerhafte Fixierung in der Fassung. Diesbezüglich schrieb noch 1941 August Sonefeld: „man ist dem Idealzustand sehr nahe gekommen.“⁶

Die Berechnung astronomischer Objektive erforderte damals siebenstellige Logarithmen, eine Bogensekunde ist der 206265. Teil des Radius⁷, erfordert also schon sechs gültige Dezimalen. Die Brechzahlen der Glasschmelzen konnten jedoch nur fünfstellig angegeben werden. Man umging diesen Informationsmangel sehr elegant, indem man Radiusänderungen an der Austrittsfläche des eigentlich schon „fertigen“ Systems vornahm. Ein Beispiel dazu: Laut Fertigungsunterlagen⁷ für das B200 änderte man diesen Radius von schon berechneten 2292 mm auf 2315 mm; gemessen hat der Autor für den endgültigen Wert 2325 mm. Zusätzlich beseitigte man sphärische Restfehler durch leichte Deformation dieser letzten Fläche, die ja wie ein langbrennweitiger (sphärischer) Hohlspiegel am leichtesten zu prüfen ist.

Zu bemerken ist an dieser Stelle, dass neben diesem B200 ein zweites Exemplar (B200/3000 Nr. 13653) gefertigt wurde. Da aber die Kronglasschmelze keine zweite Rundscheibe in Astroqualität hergab, wurden bei diesem „Zwilling“ alle sechs Radien den leichten Abweichungen der Brechwerte der anderen Schmelze entsprechend neu berechnet. Man würde ein so konsequentes Vorgehen heute vermutlich „Zeiss-Philosophie“ nennen.

Zur Restaurierung von Zeiss-B-Objektiven

Reinigung

Notwendig wird eine Reinigung nur, wenn die Optik unsachgemäß – z.B. zu feucht – gelagert wurde. In diesem Fall kann sich Fungus (ein Pilz) auf den unzugänglichen Innenflächen ausbreiten.



Bild 9: Fungus im B 130

Ohne ein Zerlegen des Systems ist dem nicht beizukommen. In dem besonderen Fall des B 130 mit seinen Schraub Sicherungen aller Elemente reichte es aus, nur die erste Linse herauszunehmen und die damit zugänglich gewordenen Flächen zu reinigen.

Zentrierung

Die Erfahrung hat leider gezeigt, dass alle B-Objektive an einer bestimmten Stelle „altern“ – und keins ist jünger als 50 Jahre: Die Distanzplättchen aus Stanniol zwischen der ersten und zweiten Linse waren nämlich bei allen fünf untersuchten Exemplaren mit der Zeit zu dünn geworden, was sich generell in sphärischer Überkorrektion äußern muss. Beim B 80 war dieser Defekt nach 100 Jahren so stark geworden, dass der federnde Haltering keinerlei Druck mehr ausüben konnte. Die Frontlinse klapperte sogar hörbar. Versuche zeigten, dass an dieser überaus kritischen Stelle 0,020 mm fehlten. Als Ursache hierfür kommen zwei Effekte in Frage:



Bild 10: Entnehmen der ersten Linse des B130

1. Es scheint so – beweisen lässt sich das wohl nicht – dass man generell nicht genügend bedacht hat, dass die ungleichen Krümmungen der Flächen 2 und 3 idealerweise keilförmige Distanzplättchen verlangen; denn nur dann wirkt das relativ weiche Material mit seiner ganzen Fläche als Auflage. Unter diesem Gesichtspunkt müsste beim B 200 der Keil bei seiner Breite von 2,5 mm an der Außenkante 0,020 mm dünner sein als an der Innenkante. Das ist ungefähr das Zehnfache der hier zulässigen Toleranz!

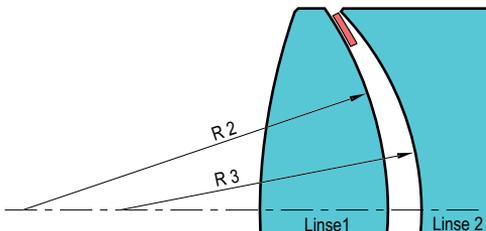


Bild 11: Die nicht ideale Form der Distanzplättchen (Zeichnung nicht maßstabsgerecht)

2. Der Druck des Federrings wirkt permanent auf das weiche Metall; dazu kommt, besonders bei Fassungen aus Messing, die stärkere Wärmeausdehnung des Metalls verglichen mit der von Glas. Möglicherweise wurden dem B 80 die großen Temperaturschwankungen des kontinentalen Berliner Klimas mit seinen kalten Wintern zum Verhängnis.

Zum Zentrieren von dreilinsigen Fernrohrobjektiven

Grundsätzlich kann man sagen: Die Methode „trial and error“, die bei Zweilinsern mit Luftspalt – sogar bei AS-Objektiven – immer zum Erfolg geführt hat, ist auf das B-Objektiv wegen dessen größerer Zahl freier Parameter nur für die letzten Feinkorrekturen anwendbar; B 200 und B 110 kamen in so unbrauchbarem Zustand in meine Werkstatt, dass die üblichen Messungen in Autokollimation nach Foucault und Ronchi keine Ausgangsbasis für ein zielgerichtetes Zentrieren hergaben.

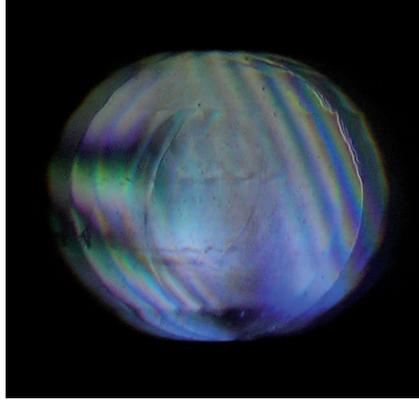


Bild 12: B 110 - Erster Ronchi-test (Gitter mit 10 Linien/mm)

Deshalb baute ich zuerst ein Gerät, mit dessen Hilfe ich die wirksame Dicke der Abstandsplättchen zwischen der ersten und zweiten Linse auf 1/1000mm genau messen und vergleichen konnte, und welches außerdem gezielt auf den geforderten Keilwinkel einzustellen war.



Bild 13: Messaufbau zur Kontrolle der Distanzplättchen

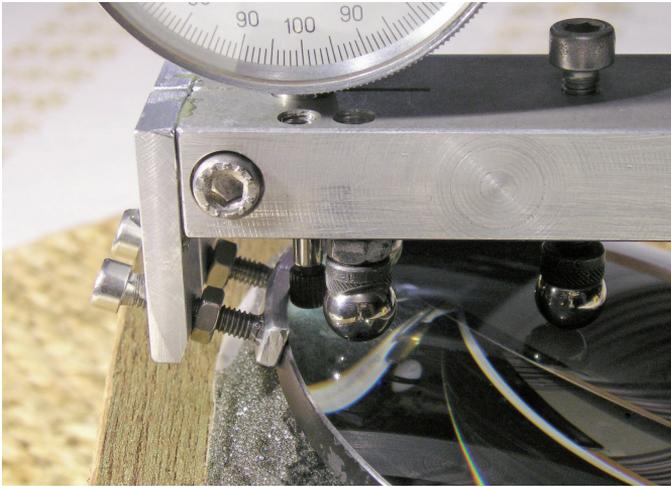


Bild 14: Messaufbau-Detail

Erst wenn exakte Gleichheit dieser drei Abstandsplättchen erreicht ist, kann mit Sicherheit gesagt werden, dass die Ursache für einen Rest-Astigmatismus nicht hier zu suchen ist. Dies setzt voraus, dass die Linsen in sich selbst perfekt zentriert worden sind.

Herstellen der Keilform durch gezieltes Quetschen

Der Keilwinkel von ca. $0,5^\circ$ ist durch die Geometrie der Linsen vorgegeben. Zwischen zwei biegesteifen Stahlprofilen lässt sich der Winkel mit Hilfe eines definierten Abstandshalters an bestimmter Stelle einstellen. Für das Stanniolplättchen gibt es einen Ort, an dem es auf die gewünschte Gesamtstärke gebracht werden kann. Die Verformung des Stanniols erfolgt durch Pressung zwischen den Stahlprofilen, z.B. in einem kräftigen Schraubstock.



Bild 15: Quetscheinrichtung

Messung des zweiten Luftabstands

Der zweite, wesentlich größere Luftspalt ist durch den gläsernen Distanzring hindurch nicht messbar. Weder dessen Breite noch die in die Linsen eingefrästen Nuten weisen die für diese Messung notwendige Parallelität von $1/1000\text{ mm}$ auf. Daher war eine indirekte Methode nahe liegend: Ein aus Aluminium gefrästes Hilfsteil legt sich dem „Randwinkel“ von 25° der dritten Fläche an und folgt mit seiner oberen Fläche dem Randwinkel der sechsten Linsenfläche $2,5^\circ$, so dass die beiden Messflächen des Schraubenmikrometers systemgemäß exakt parallel arbeiten können. Beliebig viele Messungen sind damit rundum vergleichend möglich.

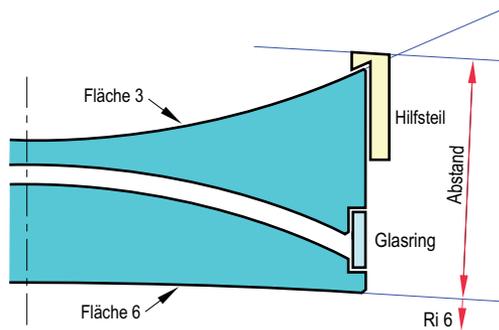


Bild 16: Schema mit Hilfsteil für indirekte Messung.
 Ri 6 = Richtung zum Zentrum von Fläche 6

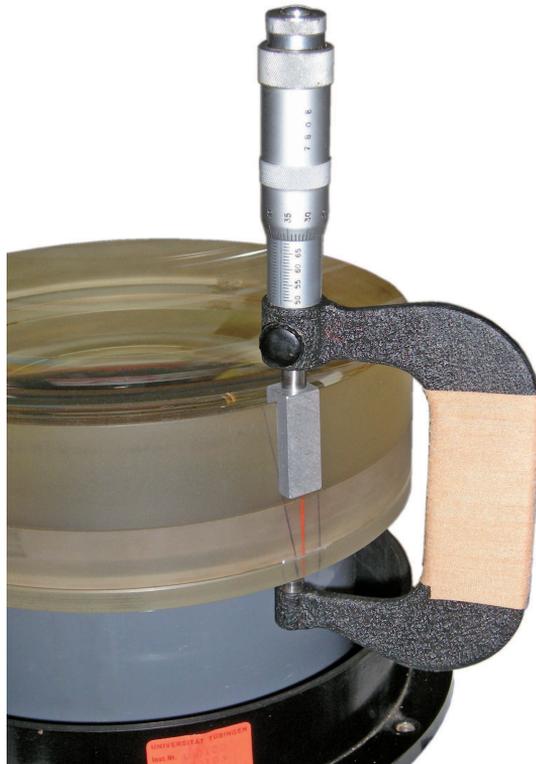


Bild 17: B 200, Messaufbau

Das letzte Feinzentrieren und Beseitigen der Reste von Asymmetrie

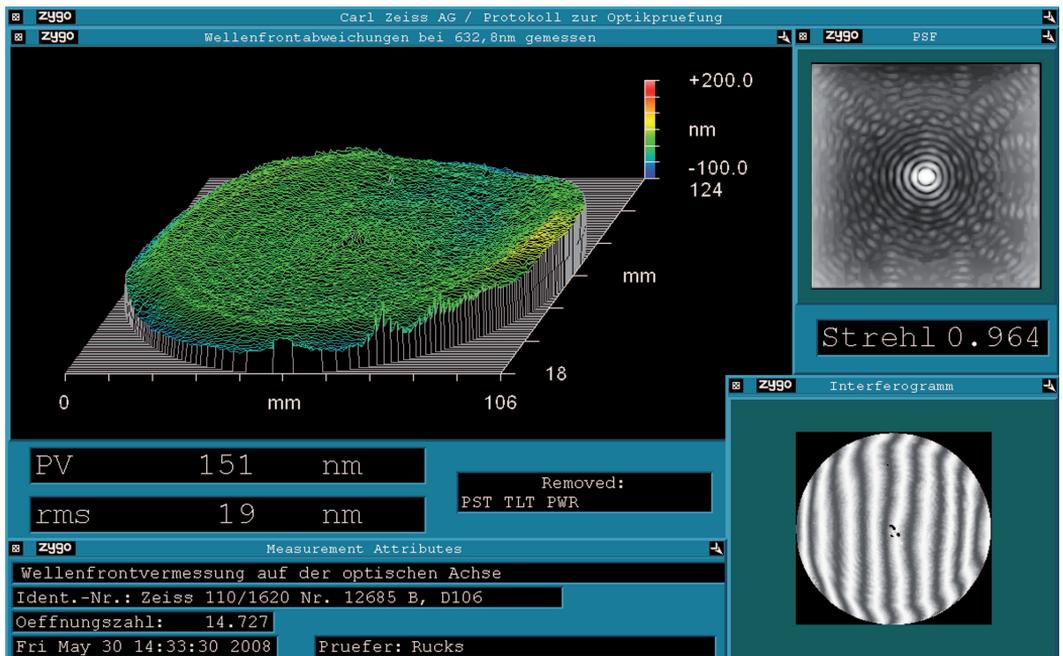
Praktikabel erwiesen hat sich hier ein Abschleifen der Distanzplättchen zwischen erster und zweiter Linse „vor Ort“. Dies geschah in kleinsten Schritten Mikrometer für Mikrometer.



Bild 18: B110 – letzte Korrekturen an den Distanzplättchen

Ein offener Ring hält die beiden Linsen hinreichend zentriert, und das Schleifpapier stützt sich mit seiner glatten Rückseite an der zweiten Linse ab. Dadurch arbeitet die aktive Seite des Schleifpapiers immer im gewünschten Keilwinkel.

Bild 19: Protokoll zur Optikprüfung des B110/1620



Nach allen diesen Schritten zeigte das zuvor unbrauchbare B110 im Laserinterferometer des Zeisswerks das im Bild 19 gezeigte Prüfergebnis.

Eine Nachgeschichte: Objektive mit Ölfügung

In den 70er Jahren wollte der Autor als Amateur ein eigenes „vereinfachtes B-Objektiv“ herstellen. Die Ausgangsüberlegung hieß:

- Dreilinser ohne Luftspalt
- Zentriermöglichkeit durch Verschieben der mittleren Linse von außen
- Ölverbund anstelle einer festen Verkittung
- Restspektrum kleiner als beim AS-Objektiv
- Für Amateure nicht nur herstellbar, sondern auch bezahlbar

Angeregt durch genaue Kenntnis des A-, B- und AS-Objektivs ergab sich ein dreilinsiges System mit der Glasfolge B270-KzF2-B270. Die Brechzahlen dieser Gläser sind nicht nur untereinander sehr ähnlich, sondern stimmen auch weitgehend mit denen des Immersionsöls aus der Mikroskopie überein. „Im Ölfilm schwimmend“ waren alle für den Amateur sonst unüberwindbaren Schwierigkeiten gelöst; die vier inneren Flächen brauchten nicht einmal poliert zu werden. Als Halb-Apochromaten-Bausatz (HAB)⁸ ist es seit 1976 auf dem Markt. Bei ölgefügt Systemen ist die sphärische Aberration durch geeignete Glaswahl wie bei jedem Kittachromaten weitgehend korrigierbar, muss allerdings beim HAB durch leichte Deformation einer der Außenflächen optimiert werden. Ein 1979 an der Wilhelm-Förster-Sternwarte Berlin durchgeführter Test gegenüber einem gleichgroßen B-Objektiv ergab: „Kritische Vergleichsbeobachtungen an Planeten und Doppelsternen zeigten keinen Unterschied in der Erkennbarkeit von Details.“⁹

Ein Halbapochromat gleichen Typs, das AQ mit der Glasfolge ZK2-KzF2-BaK2, wurde auch bei Zeiss gebaut.¹⁰ Zum Vollapochromaten APQ reifte das Prinzip „Kompaktobjektiv mit Ölfügung“ aber erst durch den Einsatz von Kalziumfluorit an Stelle von Kurzflintglas aus.¹¹

Danksagung

Hilfreich für diese Arbeit waren intensive Kontakte mit den Herren Dr. Jürgen Pudenz/Jena, Hans-Georg Beck/Jena, Dr. Hans-Christian Schroeder/Handeloh, Manfred Hoffmann/Jena, Dr. Roger Ceragioli/Tuscon/Arizona und Vancouver, Canada, Dr. Wolfgang Wimmer/Jena, Walter Stephani/Bad Oldesloe u. a.

Literatur

- 1 König A.; Köhler H.: *Die Fernrohre und Entfernungsmesser*. Berlin: Göttingen: Heidelberg: Springer. 1959. S.134
- 2 Rohr, Moritz v.: *Ernst Abbe*. Jena: Gustav Fischer Verlag. 1940. S.195
- 3 Riekher, Rolf: *Fernrohre und ihre Meister*. Berlin(Ost): Verlag Technik. 1990. S.213

- 4 Taylor, H. D.: Description of a perfectly achromatic refractor. *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.* **54** (1894) 328–337
- 5 Carl Zeiss Oberkochen, Prospekt Astronomische Instrumente (1964) Abs. 8.1
- 6 Sonnefeld, A.: Der Königsche Apochromat B. *Zeitschrift für Instrumentenkunde* **61** (1941) 261–264
- 7 Unterlagen im Archiv des Zeiss-Werks. Archiv-Nr. Astro 993, Auskunft Dr. W. Wimmer
- 8 Busch, Wolfgang: Für erfahrene Spiegelschleifer. *Sterne und Weltraum* **10** (1977) 338–341
- 9 Wedel, B.: Ein Vergleichstest: Immersionsobjektiv von Wolfgang Busch – Zeiss-B-Objektiv, *Sterne und Weltraum* **12** (1980) 422–423
- 10 Laux, Uwe: *Astrooptik*. Heidelberg: Verlag Sterne und Weltraum. 1999. S. 38
- 11 Pudenz, Jürgen: Die Entstehungsgeschichte des Jenaer APQ-Objektivs. *Jenaer Jahrbuch zur Technik- und Industriegeschichte* **10** (2007) 393
- 12 Bahner, K.: Teleskope. In: *Handbuch der Physik*, Hrsg. S. Flügge, Bd. XXIX. Berlin: Heidelberg: New York: Springer. 1967. S. 83
- 13 Astro 30. Katalog des Zeiss-Werkes Jena aus dem Jahre 1930

Oberstudienrat i.R. Wolfgang Busch

Geboren 1927 in Hamburg, 1943–1945 Kriegsdienst, 1947 Abitur, 1948 Volontär an der Bergedorfer Sternwarte unter Prof. Dr. P. Wellmann (optische Berechnungen) und Feinmechanikerlehre bei Fa. I. D. Möller/Wedel, 1950 Staatsexamen als Klavierpädagoge, 1953–1958 Studium Musikhochschule (Schulmusik) und Universität Hamburg (Geographie), 1960–1989 Lehrer an Hamburger Gymnasien, seitdem Pensionär.

Astroamateur seit 1940 mit Schwerpunkt Fernrohrbau, seit 1954 Herstellen von Parabolspiegeln. Ab 1971 Entwicklung des ölgefügten „Immersionsobjektivs“ in Zusammenarbeit mit der Firma Heinrich Reichmann, Feinoptik. 1976 Ausstellung des ersten dieser Objektive (HAB 150/2250) auf der Fotokina in Köln, 1977 Publikation der Prinzipien des HAB. 1980 Entwicklung einer speziellen Schleiftechnik für asphärische Flächen. 1992 Entwicklung und Bau spezieller Objektive für das MPI für Strömungsforschung in Göttingen. 2006 Restaurierung der gesamten Linsenoptik am Bergedorfer 1-Meter-Spiegelteleskop, seit 1990 Kontakte mit der Astro-Abteilung Carl Zeiss Jena. Website: www.wolfgangbusch.eu



Bild 20: Autor mit B 130