

Auszug aus Sternkieker Nr. 1 aus 1995

20 Jahre Kompaktobjektive mit Ölfügung

1974–1994

Vom HAB zum APQ

Wolfgang Busch

1. Teil: 1972 – 1980

Dr. med. E. Gebhardt (s. Stk. 4/94, S. 190) war der erste Besitzer eines solchen Objektivs. Auch war er der Sponsor, der im fast(!) blinden Vertrauen gleich einen 6-Zöller "bestellte" und mir damit die ganze Entwicklung erst ermöglichte. Dieses Objektiv ist jetzt 20 Jahre alt, und Jost Reiche, Vechelde b. Braunschweig, der neue Besitzer, ist "begeistert über die hervorragende Auflösung und optimale Farbreinheit" (9). Ich kann auch nicht vergessen, wie Dr. Gebhardt mir Ende 1974 mitteilte, nun sähe er erst die wahren Farben der Jupiterbänder. "Kritische Vergleichsbeobachtungen (mit dem Zeiss-B-Vollapochromaten) zeigten an Planeten und Doppelsternen keinen Unterschied in der Erkennbarkeit von Details" (3).

1976 wurde dieses Objektiv im Rahmen der FOTOKINA Köln auf dem Messestand der Firma Reichmann, Brokdorf, (die mir die Linsen gefräst hatte), gezeigt. Ein Besucher aus Holland wollte alles ganz genau wissen: Harrie Rutten (Wer kennt nicht sein Buch "Telescope Optics"?). Sein spontaner Kommentar: "Öl... das ist ja überhaupt die Idee!" Er erfuhr alle Einzelheiten von mir, übersetzte einen Vorabdruck von (1) ins Holländische zwecks Publikation in der Astro-Zeitschrift "Zenit", bekam als erster einen "Bausatz 130/1900" (drei gefräste und rundierte Linsen samt Fassung) und wurde so zum zweiten Hersteller eines solchen Objektivs.

Als Öl-Immersion ist das Prinzip in der Mikroskopie seit langem bekannt: Die Immersionsobjektive (meistens mit 100facher Eigenvergrößerung) werden in einen Tropfen Öl, der sich auf dem Deckglas befindet, eingetaucht (lat. immergere). Damit wird erreicht, daß das Licht auf geradem Wege und somit unter großem Öffnungswinkel in die Frontlinse eintreten kann. Andernfalls geht viel Licht durch Totalreflexion an der oberen Fläche des Deckglases verloren.

Bei der "neuen Ära im Objektivbau" (Zeiss-Werbung) tritt das Öl an die Stelle des optischen Feinkitts. Zwar ist schon 1963 im 2. Band von Applied Optics ein deutlicher Hinweis, daß "liquid cements are now available..."; aber mir ist nicht bekannt, ob daraufhin jemand versucht hat, größere Fernrohrobjektive so zu bauen.

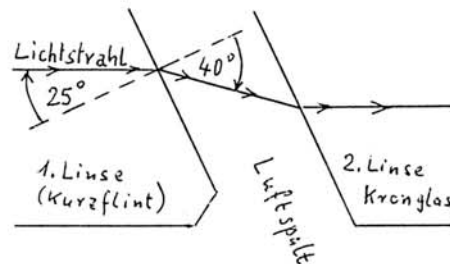
H A B – der Halb-Apochromaten-Bausatz oder The poor man's apochromatic lens

Sparsamkeit stand bei mir am Beginn der ganzen Entwicklungsarbeit. Ziel war es, nicht nur für mich selbst,

sondern auch für die "ATMs" ein Linsensystem zu entwickeln, das nicht schwerer herzustellen ist als ein Parabolspiegel.

Ein Hochleistungsobjektiv zu berechnen ist nicht sonderlich schwer, es dann auch zu bauen ist zumindest ein Risiko, erheblich größer als bei einem Spiegel, (den man notfalls ja aus jedem beliebigen Stück Glas machen kann). Ich suchte und fand eine bezahlbare Kombination aus optischen Gläsern, verwandt mit denen des seit 1927 bewährten AS-Objektivs von ZEISS-Jena, und eine Konstruktion, die in erträglich langer Arbeitszeit zu realisieren war. Ein Vierteljahr brauchte Wolfgang Rohr (2) und schreibt, dabei war "das erstmal, daß ich mich mit der Herstellung einer Fernrohr-Optik befaßt habe". Da ich selbst keine Schleif- und Poliermaschine hatte, war ich nur zu sehr an Erleichterungen aller Art interessiert.

Der Bausatz liefert dem Amateur, was er nicht hat und nicht kann: Die 3 Linsen fertig für Feinschliff und Politur, die Fassung und alles zur Fertigstellung nötige. Seitdem entstand/entsteht hier und da in Deutschland ein Halbapochromat in Heimarbeit. In Vorträgen 1979 in Würzburg, Laupheim und Karlsruhe habe ich die neue Möglichkeit vielen Sternfreunden bekanntgemacht.



Der Rand eines AS-Objektivs, 100 fach vergrößert. Ein Lichtstrahl wird beim Verlassen der 1. Linse um ca. 15° nach außen gebrochen, um schon nach 0.2mm Luftweg beim Eintreten in die 2. Linse um einen fast (!) gleichen Winkel zurückgebogen zu werden. Die Differenz der beiden Brechungen ist kleiner als 1/4°, muß aber auf 1/10000° genau eingehalten werden. Das ist es, was die Herstellung und das Zentrieren dieser Objektive so schwierig (und teuer) macht!

Die Entwicklung des Systems (nach (1))

Der Ausgangspunkt war dieser: Alle offenen, also nicht verkitteten Fernrohrobjektive haben eine für den Amateur kaum zu bewältigende Schwierigkeit; das ist die Zentrierempfindlichkeit der sehr dünnen, meniskusförmigen "Luftlinse" zwischen benachbarten Glaslinsen. Sie ist bei Halb- und Vollapochromaten wegen der stärkeren Krümmung der inneren Flächen so

gar um ein Vielfaches größer als bei den gewöhnlichen Fraunhofer-Objektiven.

Nur ein Objektiv, dessen Linsen in optischem Kontakt miteinander sind, kann in der Werkstatt des Amateurs sicher hergestellt werden. Als Kitt hat der übliche Kanadabalsam jedoch den Nachteil, daß man ihn nur unter ziemlich hoher Temperatur einbringen kann. Das bedeutet bei größeren Linsen immer erhebliche Gefahren. Kunstharze können zwar kalt aushärten, sind dann aber nur mit sehr hohen Temperaturen wieder zu lösen, was beim Mißlingen einer Ver kittung mit großer Wahrscheinlichkeit zu Beschädigungen führen würde.

So entschloß ich mich für ein Spezialöl, weil es alle Anforderungen erfüllt:

- Es bildet als eine Art flüssiges Glas die optische Brücke zwischen Kron- und Flintglas
- Es ist kalt einzubringen und wenn nötig, leicht auszuwechseln
- es "geht mit", wenn sich die Linsen bei Temperaturänderungen verschieden verhalten.

Darüberhinaus fielen uns Amateuren mit der Öllösung, dem "Immersionssprinzip", noch einige ganz wesentliche Erleichterungen zu:

1. Die mittlere Linse ist nun durch eine etwa 0.01 mm dicke Ölschicht mit den beiden Krongläsern verbunden; seitliche Verschiebungen wie beim Schleifen und Polieren sind aber möglich. So konnte ich leicht eine Fassung konstruieren, in welcher die mittlere, etwas kleinere Linse gegenüber den beiden anderen mittels vier Kunststoffschrauben bequem justiert werden kann. Es gibt kein Zentrierproblem mehr.
2. Das Luftspektrum (atmosphärische Dispersion), welches die Planetenbeobachtung in Horizontnähe so sehr beeinträchtigt, läßt sich durch eine gezielt eingesetzte, kleine Dezentrierung aufheben.
3. Die vier inneren Flächen stellen keine besonderen Präzisionsansprüche mehr; dadurch hat man beim Messen die Gewißheit, daß beispielsweise ein Zonenfehler ausschließlich an einer Außenfläche entstanden sein kann.
4. Die n-Werte (Brechungsindizes) der Gläser und des Öls sind so ähnlich, daß man auf das Polieren der vier Innenflächen ganz verzichten kann. Ich habe gemessen, daß die Aufhellung des Hintergrundes auf einen Wert von 1/100.000, das entspricht $-12.^m5$ des betrachteten Objekts, beschränkt bleibt.
5. Wegen der Ähnlichkeit der n-Werte reflektieren diese Flächen nicht; das Licht geht verlustfrei in die andere Glasart über. Es entstehen aber auch keine Innenreflexe, und somit ist für dieses dreilinsige System keine Entspiegelung erforderlich.

6. Beim Polieren der Außenflächen hat sich die ganzflächige Lagerung der bearbeiteten Linse auf den beiden anderen in der endgültigen Fassung bestens bewährt. Das gefürchtete Verspannen beim warmen Aufkitten entfällt.

Die optische Leistung

Das sekundäre Spektrum ist merklich kleiner als bei den üblichen Halbapochromaten: Die Längsabweichungen für den Bereich von rot (C-Linie) bis blau (F-Linie) sind kleiner als 0.00020f, beim Fraunhofer 0.00057f. Der Unterschied von der d-Linie (grün) bis zur g-Linie (violett) beträgt 0.006f, beim Fraunhofer 0.0025f. Die Abweichung von der Sinus-Bedingung (Koma)verschwindet im Restfarbfehler. Es lohnt nicht, deswegen den Vorteil einer Planfläche aufzugeben.



Der 2. Teil: "Von Roland Christen bis Carl Zeiss" erscheint in der nächsten Sternkicker-Ausgabe.

Quellen:

- (1) W. Busch, SuW 10/1977: Für erfahrene Spiegelschleifer. Herstellen eines fast apochromatischen Fernrohr-Objektivs aus vorgefertigten Teilen.
- (2) W. Rohr, SuW 9/1979: Erfahrungen mit einem "Immersionsobjektiv" HAB 130/1900.
- (3) B. Wedel, Wilhelm-Foerster-Sternwarte, SuW 12/1980: Ein Vergleichstest: "Immersionsobjektiv" von Wolfgang Busch - Zeiss-B-Objektiv.
- (9) Dr. E. Gebhardt, Leserbrief an SuW vom 12.3.1993 (ist dort nach 18 Monaten noch nicht erschienen!)

Leider haben wir die traurige Pflicht, mitzuteilen, daß Dr. Erwin Gebhardt am 12. Dezember verstorben ist. Ein ausführlicher Nachruf erscheint in der nächsten Sternkicker-Ausgabe. Die Red.

Auszug aus Sternkieker Nr. 2 aus 1995

20 Jahre Kompaktobjektive mit Ölfügung

Vom HAB zum APQ

Wolfgang Busch

2. Teil: Von Roland Christen bis Carl Zeiss

Im letzten Sternkieker (1/95) beschrieb ich, wie es zur Entwicklung des „Immersionsobjektivs“, so die ursprüngliche Bezeichnung, kam und welche Vorteile dieses Prinzip für die Fertigung und den praktischen Einsatz bietet. Ein Druckfehler ist unterlaufen. Die optische Leistung: Die Abweichung ist im Violett (g-Linie) natürlich nur 0.0006f (nicht etwa 0.006f!), also nur ein Viertel (!) so groß, wie beim gewöhnlichen Achromaten (Fraunhofer-Typ, Zeiss E- und C-Objektiv).

Ende 1981 publizierte Roland Christen in „Sky and Telescope“ eine Weiterentwicklung meines HAB-Objektivs: Ebenfalls ein „Dreilinsler in Öl“, allerdings unter Einbeziehung teurerer und schwererer Gläser. Dadurch war es ihm natürlich möglich, das Öffnungsverhältnis von 1:15 (wie bei meinem Objektiv) auf weniger als 1:10 zu steigern und zugleich noch bessere Annäherung an einen Vollapochromaten zu erzielen.

Auch er regte seine Leser zum Selbstbau an, sagt, wo man die Gläser beziehen kann und daß es – typisch amerikanisch! – auch mit Salatöl geht. Zum Selbstbau durch andere Amateure ist es aber anscheinend nicht gekommen; dieses Objektiv sei „an der Grenze des technologisch Machbaren“ schreibt Uwe Laux (8); (eine Aussage, die noch mehr für das Zeiss B Objektiv gilt, jenen „Ur-Apochromaten“, dessen Herstellung in den 40er Jahren auch aufgegeben wurde.) So geben auch die amerikanischen Amateure lieber etwas mehr Geld aus für ein fertiges Objektiv, anstatt sich in ein doch etwas riskantes Abenteuer zu stürzen. Ob das auch für die frühere DDR gilt, weiß ich nicht; immerhin ist in der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ (4) schon 1987 über das HAB-System berichtet worden. Im Schnittbild sieht auch Christens Objektiv aus wie das Zeiss B ohne dessen Luftspalte (s. Abb. 1).

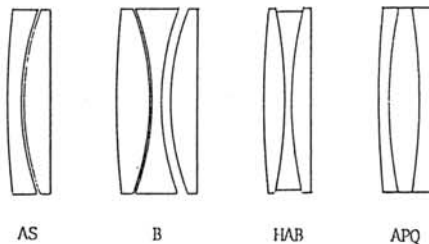


Abb. 1

Ein wenig Theorie ist an dieser Stelle nicht zu umgehen: Wirklich achromatisch, also farbfrei ist kein Achromat! Er leidet an „sekundärem Spektrum“.

Schuld daran ist die unangenehme Eigenschaft aller normalen Flintgläser, daß deren Lichtablenkung zum kurzwelligen (blauen) Licht hin stärker zunimmt als bei Krongläsern. Dieses Ärgernis hielt man seit Fraunhofer (und Goethe!) für unüberwindbar. Um 1880 aber beauftragte Ernst Abbe den Glaschemiker Dr. Otto Schott definitiv, nach einem neuen Ausweg zu suchen. Und Otto Schott wurde fündig, und er nannte das neue Glas „Kurzflint“, weil es im blau-violetten Bereich des Spektrums wesentlich weniger „ausscherte“ als alle bisher bekannten Flintgläser. Die zweite Version war die für Astroobjektive geeignete Kurzflintsorte „KzF2“. Carl Zeiss verwendet sie in den klassischen Typen A (seit 1985), B (seit 1905), AS (seit 1927) und sogar in dem Ende der 80er Jahre vorübergehend angebotenen AQ-Typ, welcher sich vom HAB relativ wenig unterscheidet.

KzF2 ist ein „niedrigbrechendes“ Glas ($n_e = 1.53129$; Flint 2 dagegen $n_e = 1.6241$). Auch die Krongläser beim HAB ($n_e = 1.52522$) und beim APQ ($n_e = 1.52294$) sind von dieser Art. In der Verbindung mit dem Öl ($n_e = 1.518$) bewirkt die Ähnlichkeit dieser Zahlen zweierlei:

1. Der Reflex an den Ölfächen ist ganz nahe bei Null. Die seit langem bekannte Formel dafür lautet:

$$\left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

Im Fall HAB ergibt das für alle vier Glas-Öl-Übergänge zusammen nur 1/200%. Nicht die modernste Mehrschichtentspiegelung kann da mithalten.

2. Die Toleranz gegenüber Herstellungsfehlern ist bei den Innenflächen der beiden Typen zehnmal größer als bei Glas-Luft-Übergängen (für Flußspat) und bis 100mal bei den Krongläsern. Das war für mich 1974 der Grund, die vier Innenflächen gar nicht zu polieren! Und Zeiss kann auf diese Weise die unglaubliche Qualität seiner APQ-Objektive mit diesem schwierigen Werkstoff Fluorit (Flußspat CaF_2) garantieren.

Warum beim APQ die konvexe Linse in der Mitte sitzt (s. Abb. 1)

Bei allen Objektiven aus echten Gläsern hat eine konvexe, also zerstreuernde wirkende Linse aus Flintglas die wichtige Aufgabe, die starke Farbzerlegung der Sammellinse, das sog. primäre Spektrum, zu kompensieren. Fluoritobjektive dagegen (Flußspat ist kein Glas sondern ein Kristall!) haben das nicht nötig: Das Spektrum des Flußspats ist so klein, daß nun Krongläser ausreichen. Die Farbkompensation passiert beim APQ also „außen“. Damit erreichten die

Konstrukteure Dr. Jürgen Pudenz und Dipl.-Ing. Alfred Karnapp neben der sphärischen und der Komakorrektur zugleich den absoluten Schutz des empfindlichen Kristalls. Die Abwesenheit von Flintgläsern sorgt außerdem für sehr hohe Transparenz bis ins UV; Flintglas ist nämlich UV-undurchlässig! Ich habe schon mehrere APQ-Objektive in Autokollimation, also mit Verdoppelung möglicher Restabweichungen geprüft und habe im Ronchitest immer denselben Eindruck wie bei einem fehlerfreien Hohlspiegel. Das APQ scheint mir das Non-plus-ultra der Objektiventwicklung.

Eine rückblickende Bemerkung (7)

Seit nunmehr 15 Jahren besitzt eine schwedische Schule jenes HAB Objektiv 150/2250mm, welches ich vorher der Wilhelm-Foerster-Sternwarte in Berlin zur monatelangen Prüfung überlassen hatte (3). Es hat in skandinavischen Wintern -30°C und in den Sommern eben soviel Plusgrade auszuhalten (6,7). Es ist mir unverständlich, warum man Kompaktobjektive vom HAB-Typ nicht schon um 1900 gebaut hat. Es war doch alles Notwendige vorhanden, von der Technologie bis zu den Materialien! Und weil man noch nicht entspiegeln konnte, hätte dieses Prinzip zum kontrastreichsten Objektiv der Welt geführt.

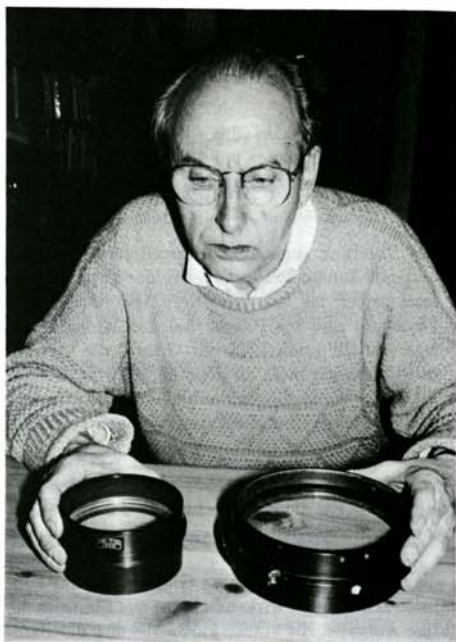


Abb.2 Anfang und Ende(?) einer Entwicklung. Wolfgang Busch mit dem ersten HAB-Objektiv 150/2250 und einem APQ 100/1000

Zum Schluß noch dieses: Jemand hatte Dieter Lichtenknecker vorgeschlagen, solche Objektive in Serie herzustellen, und der soll daraufhin berlinert haben: „...mit Öl? Nee, det mach ick nich.“ Eigentlich schade!

Quellen:

- (1) W. Busch in SuW 10/1977: Für erfahrene Spiegelschleifer. Herstellen eines fast apochromatischen Fernrohr-Objektivs aus vorgefertigten Teilen.
- (2) W. Rohr in SuW 9/1979: Erfahrungen mit einem „Immersionsobjektiv“ HAB 130/1900.
- (3) B. Wedel, Wilhelm-Foerster-Sternwarte, in SuW 12/1980: Ein Vergleichstest: „Immersionsobjektiv“ von Wolfgang Busch – Zeiss B Objektiv.
- (4) H. Scholze in *Astronomie und Raumfahrt* 1987 S. 114
- (5) Ö. Adell in SuW 7/1994: Ein 14 Jahre altes Kompakt-Objektiv mit Ölfügung.
- (6) Ö. Adell im *Ahnert-Kalender* 1995, S. 193: Die Volks- und Schulsternwarte in Lundsberg, Schweden.
- (7) W. Busch in *Pégase* (Société Fribougeoise d’Astronomie) Nr. 33: Le Developpement des Lentilles compactes a immersion a huile.
- (8) U. Laux: *Astrooptik* (SuW-Taschenbuch 11), S. 37/38
- (9) Dr. E. Gebhardt, Leserbrief an SuW vom 12.3.93 (Ist dort nach 18 Monaten noch nicht erschienen!)

Wie Phönix aus der Asche ...

Georg Dittié

Der Patient lebt und ist wohlauf. Eine nicht mehr erwartete Nachricht für den Besitzer eines AS 80/840 Objektivs von Zeiss. Wolfgang Busch und ich haben es nach über einem Jahr endlich geschafft, das arme Opfer eines Heizungswassereinbruchs wieder so herzurichten, daß es das tun kann, wozu es gebaut wurde: Einen Einblick in den Sternenhimmel von bester Qualität zu bieten.

Im November 93 sprach mich ein GvA-Mitglied an, ob ich ihm einen Gefallen tun könnte. Er zeigte mir das Objektiv, dessen Fassung mal ein halbes Jahr in einem Heizungswassersee stand und unbemerkt vor sich hin rosten konnte. Zeiss baut nämlich zwar sehr exakte Fassungen für seine AS-Objektive, aber die sind aus nicht gegen den Rostfraß gefeittem Material. Jedenfalls war auch Rostwasser in den Luftspalt gesickert und hatte die nur wenige Hundertstel große Einbaupassung in einen Rostbrei verwandelt. Tja, das kommt davon, wenn man wertvolle Stücke neben maroden Heizungen vergißt.

Ich nahm damals das Ding in die Hand und gab die Sache fast genauso auf wie der unglückliche Besitzer. Alles saß völlig fest: Der feine Gewinding der Fassung sowieso, und auch die Tiefe des Glases schimmerte mir mit rostiger Röte entgegen. Ein erstes Aufdrehen hätte alles zerstört. Nun ist ein AS so etwas Edles, daß sich eine Rettung immer lohnt.