

Zeitschrift: astro sapiens : die Zeitschrift von und für Amateur-Astronomen
Band: 5 (1995)
Heft: 2

Artikel: Planetare Kontrastleistung von Teleskopen
Autor: Fankhauser, Beat
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-896800>

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: 17.07.2025

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

Planetare Kontrastleistung von Teleskopen

Beat Fankhauser

In as 4/94 ist ein informativer Artikel über das Auflösungsvermögen von Teleskopen erschienen [1]. Allerdings befasst er sich vor allem mit Beugungsscheiben-Durchmessern (was dem Auflösungsvermögen an Doppelsternen entspricht) und dem Trenn- bzw. Wahrnehmungsvermögen an anderen Hochkontrast-Objekten (wie die Cassini-Teilung der Saturnringe). Auf Planetenoberflächen sind die meisten Einzelheiten aber von anderer Art: Strukturen in der Jupiteratmosphäre oder Oberflächendetails auf Mars weisen Kontraste von 20% oder weniger auf. Für diesen Bereich gelten andere Gesetze.

Im wesentlichen bestimmt die Niederkontrastleistung des Teleskops über die gerade noch erkennbaren oder noch 'aufzulösenden' Details auf einer Planetenoberfläche. In den folgenden Ausführungen wird deshalb die Kontrastleistung an solchen Objekten als *planetare Kontrastleistung* bezeichnet. Die wichtigsten der für sie geltenden Gesetze zu umreißen, sowie Konsequenzen für die Wahl eines geeigneten Planetenteleskops aufzuzeigen, sind die Ziele des vorliegenden Artikels.

Abschattung durch den Fangspiegel

Die teilweise Blockade des Lichtwegs durch einen Fangspiegel verändert das Beugungsmuster von Sternen und verringert die planetare Kontrastleistung. Licht aus dem zentralen Beugungsscheibchen tritt in die

Beugungsringe über. Eine Planetenoberfläche kann man sich aus vielen Rasterpunkten zusammengesetzt denken, deren nunmehr verstärkte Beugungsringe sich gegenseitig überlagern. Ein Schleier legt sich über das Bild, der vor allem die Wahrnehmung von schwachen Kontrasten beeinträchtigt. Dieser Effekt verstärkt sich mit wachsendem Fangspiegel-Durchmesser.

Grundsätzlich ist die Kontrastübertragung einer Optik eine Funktion des primären Bildkontrastes und der Grösse des abzubildenden Objekts. Mit abnehmender Grösse des Objekts nimmt auch der übertragene Kontrast ab (vgl. Abb. 1). Theoretisch hätte die *Kontrastübertragungsfunktion* (engl. contrast transfer function, CTF) aller Teleskope gleicher Öffnung in Abbildung 1 denselben Kurvenverlauf. Kommen je-

doch weitere Faktoren wie der Fangspiegel dazu, findet eine zusätzliche Reduktion des übertragenen Kontrastes statt. Die Kontrastübertragung einer Gesamtoptik kann also erklären, warum ein planetares Detail in einem Teleskop sichtbar, in einem anderen derselben Öffnung aber nicht wahrnehmbar ist.

Untersuchungen in [2] haben ergeben, dass die Kurven der CTF oberhalb der Wahrnehmungsschwelle des menschlichen Auges sehr einfach aussehen, so dass Systeme mit verschieden grosser zentraler Abschattung, was ihre planetare Kontrastleistung betrifft, unmittelbar miteinander verglichen werden können. Das Resultat ist simpel und dennoch genau:

$$D_{\text{eff.1}} = D_{\text{Obj.}} - D_{\text{Obstr.}} \quad (1),$$

wobei $D_{\text{eff.}}$ = effektiv wirksamer Objektivdurchmesser, $D_{\text{Obj.}}$ = tatsächlicher Objektivdurchmesser, $D_{\text{Obstr.}}$ = Fangspiegel-Durchmesser. Z.B. hat ein SCT-8 (8-Zoll-Schmidt-Cassegrain-Teleskop) mit $D_{\text{Obj.}} = 200$ mm und $D_{\text{Obstr.}} = 68$ mm an Planetenoberflächen einen wirksamen Durchmesser von $200 - 68 = 132$ mm. Anders ausgedrückt: Ein SCT-8 mit 68 mm Fangspiegel-Durchmesser sollte an Planeten dasselbe leisten wie ein abschattungsfreies 132-mm-Teleskop *gleicher optischer Qualität*.

Sind in einem Teleskop noch Fangspiegel-Streben vorhanden, mindern diese zusätzlich die planetare Kontrastleistung. Dann gilt [2]:

$$D_{\text{eff.2}} = D_{\text{eff.1}} - n \cdot S \quad (2),$$

wobei n = Anzahl Streben, S = Stärke einer Strebe. Damit ist

$$D_{\text{eff.2}} = D_{\text{Obj.}} - D_{\text{Obstr.}} - n \cdot S \quad (3).$$

Um Fangspiegel-Streben zu vermeiden, kann der Fangspiegel an einer planparallelen Glasplatte befestigt werden. Dies wird jedoch mit zusätzlichem Streulicht erkauft und, falls die Platte optisch nicht absolut perfekt ist, mit zusätzlichen Fehlern (vgl. nachfolgendes Kapitel). Andererseits ist der effektive Gewinn nur sehr klein, wie man anhand eines Zahlenbeispiels selber verifizieren möge!

Jedenfalls ergibt sich, dass auch ein durch einen Fangspiegel abgeschattetes Teleskop hervorragende planetare Kontrastleistung erbringen könnte. Warum aber habe ich noch kein SCT-8 mit auch nur annähernd der planetaren Kontrastleistung eines perfekten 132-mm-Refraktors (wie oben gerechnet) gesehen? Der Grund dafür ist die

Optische Qualität

Ungenauigkeiten der optischen Wellenfront können verursacht werden durch Oberflächen-Ungenauigkeiten von Spiegeln oder Linsen, schiefe Anordnung der optischen Elemente auf der optischen Achse (= schlechte Kollimation) sowie durch Spannungen im Glas (z.B. durch Druck der Spiegel- oder Linsenzelle). Es muss betont werden, dass

hier nicht alleine der Primärspiegel oder das Linsenobjektiv in Betracht gezogen werden muss, sondern das optische *Gesamtsystem* inkl. Sekundärspiegel, Zenitprisma und Okular! Die planetare Kontrastleistung ist anfällig auf *jegliche* Störungen der optischen Wellenfront – auch durch schlechtes Seeing. Dies kann durch eine Näherungs-Formel ausgedrückt werden [2]:

$$D_{\text{eff.3}} = e^{(-33 E^2)} \cdot D_{\text{eff.2}} \quad (4)$$

$D_{\text{eff.3}}$ lässt sich vorstellen als die Öffnung eines in jeder Beziehung perfekten, abschattungsfreien Teleskops, das gleiche planetare Kontrastleistung aufweist wie das zu untersuchende Teleskop. Und E ist die durch die Summe aller obenerwähnten Ursachen bewirkte RMS-Abweichung (root-mean-square) der

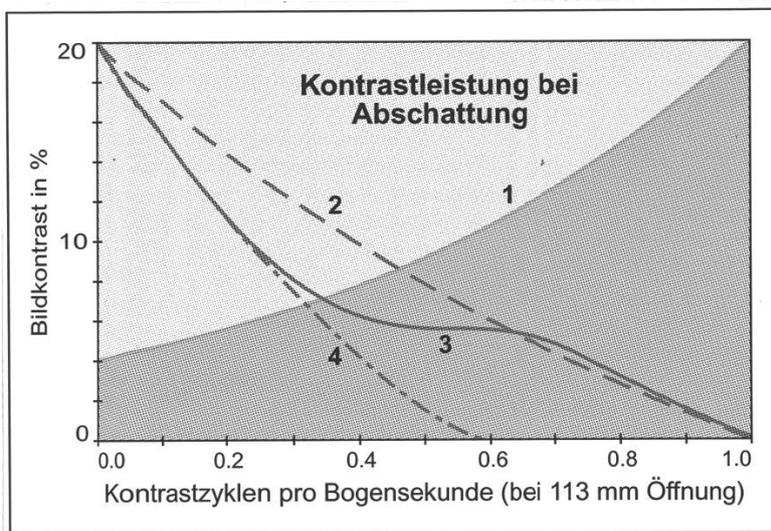


Abb. 1: Kontrastübertragung an Strukturen mit 20% Kontrast bei Abschattung. 1: Wahrnehmungsschwelle des menschlichen Auges, 2: Volle Öffnung, ohne Abschattung, 3: Volle Öffnung, mit 40% Abschattung, 4: Kleinere (60%) Öffnung, ohne Abschattung. Mit (von links nach rechts) abnehmender Größe der durch das Teleskop abgebildeten Strukturen nimmt der übertragene Kontrast von hier ursprünglich 20% ebenfalls ab, bis er unter die Wahrnehmungsschwelle fällt. Dieser Zusammenhang wird durch die drei CTF-Kurven 2, 3 und 4 dargestellt. Es ergibt sich, dass das Teleskop mit einem Fangspiegel, der 40% des Hauptspiegels misst, oberhalb der Wahrnehmungsschwelle praktisch die gleiche planetare Kontrastleistung aufweist, wie ein abschattungsfreies Teleskop mit 40% geringerer Öffnung. Darstellung aufgrund einer Grafik aus [2].

Wellenfront in Mehrfachem von λ . Falls man die P-V-Genauigkeit (peak-to-valley) eines optischen Systems kennt und zwecks Anwendung dieser Formel in die RMS umrechnen möchte, so gilt ungefähr folgender Zusammenhang:

$$\text{RMS} = 0.3 (\text{P-V}) \quad (5)$$

Nun lassen sich, wie in Tabelle 1 geschehen, die wirksamen Objektiv-Durchmesser für optische Systeme verschiedener Genauigkeit berechnen, wobei $D_{\text{eff.2}}$ wie oben für ein SCT-8 angenommen ist. Aus dieser Tabelle ist zum einen die altbekannte Tatsache ersichtlich, dass ein optisches System mit einer Genauigkeit von ($\frac{1}{4}$ P-V) bereits fast so viel

leistet, wie es gemäss Theorie überhaupt leisten kann. So sind die oben errechneten 109.7 mm effektiver Öffnung bereits 83% der theoretisch überhaupt erreichbaren 132 mm. Jede Steigerung der Genauigkeit besser als $\frac{1}{4}$ bringt zwar noch ein kleines Extra an (für die planetare Kontrastleistung) wirksamer Öffnung, aber grosse Verbesserungen liegen nicht mehr drin. Dagegen ist der Leistungsunterschied zwischen Optiken mit $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ frappant! Gemäss meiner persönlichen Einschätzung der planetaren Kontrastleistung von SCT-8-Teleskopen muss deren durchschnittliche optische Genauigkeit (des gesamten Systems) irgendwo zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ Wellenfront (P-V) liegen. Denn manche leisten *an Planeten* nicht, was ein guter 3-Zoll-Refraktor bringt, hie und da kommt bei wirklich gutem Seeing ein besonders gutes Exemplar vielleicht knapp an die planetare Leistung eines guten, abschattungs-freien Vierzöllers heran...

Typische abschattungs-freie Teleskope sind z.B. Refraktoren. Bei diesen tritt (in unterschiedlichem Masse) ein weiterer kontrast-mindernder Faktor auf – die chromatische Aberration: Lichtstrahlen verschiedener Wellenlängen fokussieren nicht in der gleichen Ebene. In [2] wird gezeigt, dass ein achromatischer, aber ansonsten perfekter 6-Zoll-f/15-Refraktor etwa die gleiche planetare Kontrastleistung erbringt wie ein farbfreies (und ebenfalls ab-

schattungs-freies) Objektiv mit einem Wellenfront-Fehler von $\frac{1}{4}$ (P-V). Wendet man wiederum Formel (4) an, so ergibt sich für einen 6-Zoll-f/15-Achromaten $D_{\text{eff.3}} = 0.83 \cdot 150 \text{ mm} = 125 \text{ mm}$. Da die chromatischen Fehler linear-proportional mit der Linsenöffnung ansteigen, hat ein 4-Zoll-f/10 Refraktor gleich starke Farbfehler wie ein 6-Zoll-f/15-Refraktor. Somit ergibt sich für einen 4-Zoll-f/10-Achromaten $D_{\text{eff.3}} = 0.83 \cdot 100 \text{ mm} = 83 \text{ mm}$. In Realität wird $D_{\text{eff.3}}$ natürlich wesentlich tiefer ausfallen, da ausser dem hier allein berücksichtigten Farbfehler natürlich andere zuvor erwähnte sowie weitere Aberrationen wirksam werden. Zum Beispiel wird $D_{\text{eff.3}}$ auch durch die trotz Vergütung nie ganz hebbaren Reflexionen an den einzelnen Linsenflächen samt daraus resultierendem Streulicht vermindert.

Bei einem apochromatischen Refraktor kann die Restchromasie (d.h. der restliche Farbfehler) praktisch auf Null heruntergedrückt werden. In einem Testvergleich von zwei Fluorit-Triplet-Refraktoren und zwei ED-Refraktoren (alle ca. 100-mm-f/6.4) wurde tatsächlich $D_{\text{eff.3}}$ als sogenannte *Definitionshelligkeit* [4] interferometrisch gemessen. Dabei zeigte sich jedoch, dass nur die ersten beiden auf über 90% kamen, während die letzteren zwei sich mit 52% (Borg) und 63% (Pentax) begnügen mussten. Dies lag sicher nur zum Teil an der besseren Farbkorrektur der echten Fluorit-Objektive,

P-V	RMS	Faktor	D _{eff.3}
$\lambda/2$	0.15 λ	0.476	62.8 mm
$\lambda/4$	0.075 λ	0.831	109.7 mm
$\lambda/6$	0.05 λ	0.921	121.6 mm
$\lambda/8$	0.0375 λ	0.955	126 mm
für D _{eff.2} = 132 mm			

Tab. 1: Wirksame Objektiv-Durchmesser bei sphärischer Aberration.

zum Teil sicher auch wie bereits erwähnt an anderen Aberrationen. Zeiss garantiert für seine APQ-Objektive sogar eine Definitionshelligkeit D_{eff.3} von mindestens 95%, was nur dank der verwendeten Ölfügung möglich ist. Das Takahashi-Triplett, welches ein luftspaltgetrenntes Objektiv desselben Typs APQ ist, hatte im erwähnten Test eine D_{eff.3} von 91%, weil die internen Reflexe (ohne Öl!) etwas höher sind. Dafür kann es aber später auch keine Luftblasen geben, wie dies bei den ölgefügt Objektiven je nach Temperaturverhältnissen oft beobachtet wird. Ein deutscher Verkäufer von Starfire- und Zeiss-Optiken hat jedenfalls bemerkt, 'das' komme nicht nur bei Starfire, sondern auch bei Zeiss vor...

Konsequenzen und Empfehlungen

Handelsübliche *Schmidt-Cassegrain-Teleskope* sind für die Planetenbeobachtung nicht besonders gut geeignet, und zwar, wie wir gesehen haben, nicht primär wie oft behauptet,

wegen ihrer aus grosser Öffnung resultierenden Anfälligkeit auf schlechtes Seeing. Es ist nicht so, dass das Schmidt-Cassegrain-Bauprinzip an sich eine schlechte Idee wäre; aber die kurzen Brennweiten seiner beiden Einzelspiegel, die dann zusammen wieder eine lange Gesamt-Brennweite ergeben, bergen grosse Fehlermöglichkeiten, die eine ungewöhnlich exakte Ausführung erfordern... Dass dies prinzipiell (aber gegen entsprechenden, massiven Aufpreis) machbar wäre, zeigen die ähnlich gebauten *Maksutow-Cassegrain-Teleskope* von *Questaar*.

Newton-Teleskope sollten einen möglichst kleinen Fangspiegel haben. Dies ist einerseits durch einen möglichst kurzen (Niedrig-Profil-) Okularauszug zu erreichen, andererseits durch ein kleines Öffnungsverhältnis (höchstens f/8). Für einen langbrennweitigen Spiegel spricht ausserdem die Tatsache, dass ein solcher einfacher herzustellen ist und somit die bessere Chance besteht, dass man einen 'guten' Spiegel (d.h. mindestens so gut wie $\lambda/4$ P-V) erhält, als das bei einem kurz-brennweitigen Spiegel der Fall wäre. Ein guter, langbrennweitiger Newton, dessen Kollimation (mal wieder) stimmt und dessen Fangspiegel minimiert ist, stellt ein hervorragendes und obendrein äusserst preiswertes Planetenteleskop dar! Zitat aus [5]: «Ich war überrascht, dass ein guter ($\lambda/10$ P-V!) 6-Zoll-f/8-Newton an Jupiter nahe an die Leistung mei-

CCD ASTRONOMIE

High End / low cost CCD - Kameras bis 3072 x 2048 Pixel in Profiqualität vom deutschen Hersteller OES

LcCCD 07 die Nachführkamera Einstufig gekühlt, 192 x 165 Pixel (2.64mm x 2.64mm), komplett, mit AT - Steckkarte, 12bit ADC, nur 0.6s Uebertragungsdauer, ink. LcCCD - Software

CHF 370.--

LcCCD 14 die Einsteigerkamera Einstufig gekühlt, bis 774 x 580 Pixel (6.6mm x 5.0mm), Printerport-anschluss, 12bit ADC, 32bit Verarbeitung, max. 3s Auslesezeit, ink. kompletter LcCCD - Bildaufnahmesoftware

CHF 640.--

Nachführadapter, Zwischensteckkarte für Printerport mit Relaisausgängen

CHF 100.--

LcCCD 11a Zweistufig gekühlt, 768 x 512 Pixel (6.91mm x 4.60mm / 9 x 9 μ Pixelgrösse), mit mechanischem Shutter und 16bit AT-Steckkarte (kein Kabalsalat, kein leuchtender Ausleseverstärker). nur ca. 1s Auslesezeit, 12bit ADC, 32bit Verarbeitung, ink. kompletter LcCCD - Bildaufnahme- und CoAdding Software

CHF 4250.--

Bildaufnahme und Verarbeitungssoftware LcCCDxx Läuft ab 386 mit Coprozessor, SVGA, min. 4MG-RAM, DOS 4.0, Steuerung aller OES und diverser anderer Kameras (zB SBIG), simultan Tracking, Serienbilder, Serien - Schiebemittel (auch sub - Pixel), Photometrie, div. Filter, Export in 15 Datenformate

CHF 35.--

CoAdding Läuft ab 386 mit Coprozessor und ET4000 kompatibler Grafikkarte, 8 MB RAM, DOS 4.0. Extrem auflösungs- und schärfesteigernder Algorithmus mit gleichzeitiger Rauschminderung, beseitigt Verwacklungsspuren, bzw. auch grobe Nachführfehler. Die super Bildverarbeitung für CCD - Freak's.

CHF 100.--

Echtfarben - Software Läuft ab 386 mit Coprozessor, ET 4000 kompatible Grafikkarte, 8MB RAM, DOS 4.0, Addition von 3 gefilterten SW Bilder zu einem Echtfarbenbild, diverse Hilfsfunktionen

CHF 100.--

Speckle - Interferometrie Läuft ab 386 mit Coprozessor, ET 4000 kompatible Grafikkarte, 8MB RAM, DOS 4.0. Steigert die Bildschärfe bis zur theoretischen Grenze auch bei schlechtem Seeing und optischen Fehlern. Es lassen sich echte Speckle - Interferometrische Arbeiten erstellen.

CHF 730.--

Astronomie-Software ab Lager zu Superpreisen

Bücher, Atlanten, riesige Okularauswahl zu Superpreisen, Sonnenfilter, H - alpha Filter, zB. BORG 4" ED - APO mit Metalltubus und 2" Okularauszug nur CHF 2790.--

LUMICON - Nebelfilter ab Lager zu Superpreisen

AOK swiss
ASTROOPTIK KOHLER
6020 EMMENBRÜCKE
Emmenweidstrasse, Bau 607 / M4
041 / 55'16'77

ein Besuch lohnt sich bestimmt!

nes 7-Zoll-[Star Fire]-Refraktors herankommt. Die übliche Ansicht, dass Refraktoren besser sind als Reflektoren, ist ganz bestimmt übertrieben worden. Vielleicht, weil Reflektoren mit marginaler Optik unfairerweise mit gutgemachten Refraktoren verglichen worden sind... Aus meinen Beobachtungen folgt, dass nur ein sehr feiner Unterschied besteht zwischen einem exzellenten Reflektor und einem exzellenten Refraktor.» – Aber eben: so viele Dinge müssen stimmen. Wegen seiner Dekollimations-Anfälligkeit kann ein kurz-brennweitiger Newton (f/6) wohl nur als stationäres Instrument an Planeten zuverlässig sein Bestes bringen. Langbrennweitige Newtons sind weniger dekollimationsanfällig. Ob die daraus resultierende grössere Baulänge dann noch zwecks Transport ins Auto passt, muss jeder für sich selbst entscheiden...

Alle *Schiefspiegler* sind von Natur aus abschattungsfrei. *Kutter-Schiefspiegler* (Bezugsquelle: [6]) weisen sehr lange Brennweiten auf (f/25 bis f/30). Die Beobachtung grossflächiger Deep-Sky-Objekte wird deshalb praktisch unmöglich, weil man die notwendigen geringen Vergrößerungen nicht erreichen kann. Haben sie aber eine sehr gute Optik und stimmt die Kollimation (hier besteht ebenfalls eine gewisse Anfälligkeit), so sind dies richtige Planeten-Spezialisten. *Katadioptrische* sowie *Tri-Schiefspiegler* können etwas kurz-brennweitiger gebaut werden (ca.

f/20), aber durch das Hinzukommen eines weiteren optischen Elements entstehen neue mögliche Fehlerquellen. Diese erste Gruppe von Schiefspiegler hat teilweise halboffene Tuben, womit sie empfindlich auf vom Beobachter selbst verursachte Thermik (bestens zu beobachten in einer kalten Winternacht) sowie auf Wind reagieren: Das solcherart verschlechterte Seeing beeinflusst die optische Wellenfront und verringert sofort $D_{\text{eff.3}}$. *Yolo-Schiefspiegler* (Bezugsquelle: [7]) bringen bei gleicher Qualität die gleiche planetare Kontrastleistung, sind aber wesentlich kurz-brennweitiger (ca. f/10) und somit vielfältiger verwendbar. Der Sekundärspiegel ist jedoch ein Toroid (d.h. hat zwei verschiedene Radien wie ein Stück Autoreifen) und damit in der Regel keine Optik für Anfänger in der Kunst des Spiegel-Selbstschliffs. Ausserdem sind auch sie nicht sehr kollimationsbeständig. Dafür kann diese zweite Schiefspiegler-Bauart gut mit einem geschlossenen Tubus gebaut werden, womit das oben beschriebene Turbulenz-Problem der Kutter'schen Schiefspiegler entfällt.

Achromatische Refraktoren sind leider erst einigermassen farbfrei bei ca. f/15 für einen 4-Zöller und bei ca. f/20 für einen 6-Zöller. Einen Ausweg bieten *halbapochromatische* Optiken mit spezielleren (und damit teureren) Gläsern. Mit einer solchen bringt es ein 6-Zoll-f/15-Refraktor auf $D_{\text{eff.3}} = 135$ mm (wie bereits er-

wähnt ohne Berücksichtigung anderer möglicher Aberrationen). Eine bestimmte Oberflächenungenauigkeit bewirkt beim zweilinsigen Refraktorobjektiv nur ungefähr einen Drittel des Wellenfront-Fehlers, den sie bei einem Zwei-Spiegel-Reflektor bewirken würde ([2] und [3]). Das heisst, dass Linsenfernrohre, was die Genauigkeit der optischen Wellenfront betrifft, ca. dreimal weniger anfällig auf Oberflächenungenauigkeiten sind als Spiegelteleskope. Daher ist die Wahrscheinlichkeit grösser, einem guten Linsenfernrohr zu begegnen, als einem guten Spiegelteleskop. Und da Refraktoren (und Schiefspiegler) dank fehlender Abschattung mit kleinerer Öffnung auf die gleiche planetare Leistungsfähigkeit kommen wie obstruierte Reflektoren gleicher Qualität, sind sie auch weniger anfällig auf schlechtes Seeing, was dann wiederum der optischen Wellenfront und damit auch $D_{\text{eff},3}$ zugute kommt. Eine praktische Faustregel (verifizierbar an jedem Teleskoptreffen!) besagt: Refraktoren haben an Planeten bei durchschnittlichem Seeing ungefähr die planetare Leistung von Spiegelteleskopen gleicher Qualität und

doppelten Kalibers. Refraktoren sind die kollimationsbeständigsten Teleskope, und dadurch wirklich transportabel, soweit dies nicht, wie bei langbrennweitigen Achromaten oft der Fall, durch ihre lange Brennweite und damit verbundene grosse Baulänge behindert wird. Eine Lösung dieses Problems besteht nur

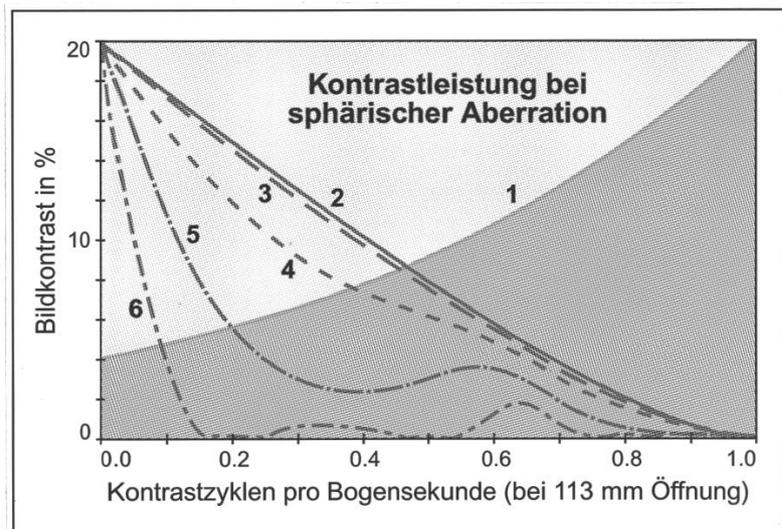


Abb. 2: Kontrastübertragung an Strukturen mit 20% Kontrast bei sphärischer Aberration. 1: Wahrnehmungsschwelle des menschlichen Auges, 2: Keine Aberration, 3: Aberration $\lambda/10$ P-V, 4: Aberration $\lambda/4$ P-V, 5: Aberration $\lambda/2$ P-V, 6: Aberration 1λ P-V. Darstellung aufgrund einer Grafik aus [2].

scheinbar in den gefalteten Coudé- oder Schär-Bauarten: Die dazu erforderlichen Planspiegel schlucken nicht nur Licht und erhöhen das Risiko einer Verschlechterung der optischen Wellenfront, sondern sind wiederum dekolimationsanfällig.

Apochromatische Refraktoren haben (praktisch) für alle sichtbaren Farben dieselbe Brennebene und weisen deshalb, falls perfekt hergestellt,

die gleiche $D_{\text{eff.3}}$ auf wie auch ihr wahrer Objektivdurchmesser misst. Dank ihrer kurzbrennweitigen Bauart (f/5 bis f/10) sind sie auch als Weitwinkelgeräte und ausgestattet mit einer zusätzlichen Bildfeldebennungs-Linse als Astrographen ideal. Laut Auskunft eines Zeiss-Sprechers sei z.B. der neue APQ 100/640 so gut korrigiert, dass der ältere APQ 100/1000 im Vergleich optisch 'unterfordert', weil nicht besser, sei – letzterer werde daher bald aus dem Programm genommen. Heutige moderne Okulare, teilweise mit eingebauten, fehlerkompensierenden (und nicht-vermehrenden!) Barlowlinsen werden mit einem Öffnungsverhältnis von f/6.4 ohne weiteres fertig. Daher ist bei richtigen Apochromaten der Ruf nach möglichst langen Brennweiten veraltet. Einziger Nachteil: hoher bis sehr hoher Preis! Bezugsquellen: Die besten sind die echten Fluorit-Apos von *Vixen*, *Takahashi* und *Zeiss*.

Spezialisierte *Maksutow-Newton*s (Bezugsquelle [8]), «H.D.» genannt (für «High Definition»), welche aus dem hier Dargestellten in punkto Qualität, dauerhafter Kollimation, minimiertem Fangspiegel (18% des Hauptspiegel-Durchmessers) usw. die erforderlichen Konsequenzen ziehen, sind in den USA neuerdings gross im Rennen und dürften all das Zeug zum guten und (wie die Apochromaten) erst noch wirklich transportablen Planetenteleskop aufweisen. Zudem leiden sie dank dem

Maksutow-Meniskus weniger unter achsferner Koma als ein gewöhnlicher Newton. Wegen des minimierten Fangspiegels ist die Brauchbarkeit grosser Gesichtsfelder allerdings eingeschränkt, da am Gesichtsfeldrande bald einmal eine kräftige Vignettierung stattfinden dürfte. ☆

Quellenverzeichnis

- [1] Dragesco, Jean; Hägi, Markus: Jenseits des Rayleigh-Kriteriums, in: *astro sapiens* 4/94, S. 20
- [2] Zmek, William P.: Rules of Thumb for Planetary Scopes, in: *Sky & Telescope*, July 1993, p. 91 and September 1993, p. 83
- [3] Rutten, Harrie; van Venrooij, Martin: *Telescope Optics – Evaluation and Design*, chapter 18.3–18.10. Willmann-Bell, Inc., Richmond 1988
- [4] Laux, Uwe: *Astrooptik*. SuW-Taschenbuch Nr. 11, S. 15, 16, 21, 65, 106–107
- [5] Ceravolo, Peter; Dickinson, Terence; George, Douglas: *Optical Quality in Telescopes*, in: *Sky & Telescope*, March 1992, p. 253
- [6] *Astrooptik Kohler*, Emmenweidstrasse, Bau 607/M4, CH-6020 Emmenbrücke
- [7] *Torus Optical Works*, 67 Bon-Aire, Iowa City, IA 52240, USA
- [8] *Ceravolo Optical Systems*, Box 151, 702 Pattersons Crns. Rd., Oxford Mills, Ontario, Canada, KOG 1 SO
- [9] Russel, Mark O.: *Telescopic Performance on the Planets*, in: *Sky & Telescope*, March 1993, p. 90

