Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 56 (1998)
Heft: 288

Artikel: Kompakte Yolo-Teleskope mit deformierten Hauptspiegeln
Autor: Wolter, Heino
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-897521

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: 02.10.2025

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

Kompakte Yolo-Teleskope mit deformierten Hauptspiegeln

HEINO WOLTER

Obstruktionsfreie Spiegelteleskope liefern eine optimale, nur durch die Beugung an der Eintrittsblende begrenzte Auflösung und sind zudem frei von Farbfehlern. Damit bieten sie insbesondere für Mond- und Planetenbeobachtungen eine Alternative zu den recht kostspieligen Refraktoren. Durch eine entsprechende Neigung des Hauptspiegels läßt sich der Sekundärspiegel außerhalb des einfallenden Lichtbündels anordnen. Dabei erscheinen jedoch erhebliche Bildfehler (Koma und Astigmatismus) auf der optischen Achse. Ein Newton-Teleskop mit einem parabolischen Hauptspiegel ist hingegen für achsenparallele Strahlen optisch fehlerfrei. Verwendet man einen konvexen (Schiefspiegler-System [1, 2]) oder einen konkaven (Yolo-System, siehe [3], Seite 228) Sekundärspiegel von geeigneter Brennweite und mit entsprechender Neigung, läßt sich eine Kompensation dieser Bildfehler erzielen. Beim Schiefspiegler lassen sich jedoch nicht beide Bildfehler gleichzeitig vollständig kompensieren, so daß für größere Öffnungen noch eine Korrekturlinse vor dem Fokus eingefügt wird (katadioptischer Schiefspiegler [2], Öffnungsverhältnis f/20).

Beim Yolo-System gelingt bei einem bestimmten Spiegelabstand und Neigung des Sekundärspiegels eine Kompensation der axialen Koma. Der Astigmatismus läßt sich hingegen nur durch eine zylindrische Deformation eines Spiegels beseitigen (d. h. der Spiegel besitzt 2 unterschiedliche Krümmungsradien: In der Symmetrieebene des Teleskops (R-tan) und senkrecht dazu (R-sag)). Die erforderliche Brennweitendifferenz beträgt nur einige cm und kann durch mechanisches Verspannen erreicht werden, wie es von A. S. LEONARD praktisch demonstriert wurde (siehe [3], Seite 230). Um die entstehenden Bildfehler bzw. die erforderlichen optischen Korrekturen klein zu halten, werden auch beim Yolo-System kleine Öffnungsverhältnisse (etwa f/17) realisiert. Ein praktischer Nachteil beider Systeme sind die großen Abmessungen der Spiegelanordnung. Instrumente mit größeren Öffnungen (ab etwa 200 mm) können praktisch nur noch stationär auf einer stabilen Säule und Montierung aufgebaut werden.

Eine Modifikation des Yolo-Systems wurde von J. SASIAN realisiert [4, 5]. Bei diesem sogenannten Yolo-Newton reflektiert ein um 45° geneigter, torisch geschliffener Sekundär-Spiegel in den Fokus. Dieser besitzt eine sehr große Differenz von R-sag und R-tan, die bereits im Feinschliff realisiert werden muß. Der Strahlengang entspricht einem obstruktionsfreien Newton-Teleskop und kann relativ kompakt gebaut werden (Öffnungsverhältnis etwa f/9). Aufgrund zunehmender Bildfehler ist diese Variante jedoch auf relativ kleine Öffnungen begrenzt. Der Verfasser hat selbst ein solches System aufgebaut und damit gute Beobachtungserfahrungen gemacht. Es wurde ein kommerzieller Parabolspiegel (150 mm, f/10) eingesetzt und der torische Sekundärspiegel nach der Beschreibung von J. SASIAN [5] geschliffen. Dabei konnte auf den Einsatz einer mechanischen Führung für die Schleifstriche, wie sie in [5] beschrieben ist, verzichtet werden. Ein Rest von Astigmatismus ließ sich bei einem Sternentest mittels Okular durch leichte Drehung des Sekundärspiegels in seiner Fassung korrigieren.

Um ein noch kompakteres und optisch möglichst einfaches System zu realisieren, hat der Verfasser Simulationen mit dem TCT-Programm von J. SASIAN durchgeführt [6] und eine Variante des Yolo-Newton entwickelt. Unter Verwendung von 2 zusätzlichen Planspiegeln läßt sich der Strahlengang falten und die erforderliche Brennweitendifferenz für den Hauptspiegel (oder Sekundärspiegel) verringern. Anstelle des torischen Sekundärspiegels kann nun ein sphärischer Spiegel (für die 3. Reflexion) eingesetzt werden. Der entsprechende Strahlengang ist in Fig. 1a und b mit dem zugehörigen Spotdiagramm für Design 1 (Bildfeld 1°) dargestellt. Der angegebene Längenmaßstab entspricht der zweifachen Beugungsscheibe (2 x AD). Das Instrument ist mit einem Öffnungsverhältnis von f/15.3 bereits etwas lichtstärker und kompakter. Es wird ein parabolischer Hauptspiegel verwendet, der zylindrisch deformiert werden muß. Die entsprechenden technischen Daten sind in der Tabelle unter Design 1 aufgeführt.

Eine erhebliche Vereinfachung der Optik wird erreicht, wenn der Sekundärspiegel zurück auf den Hauptspiegel reflektiert (doppelte Reflexion, Strahlengang siehe Fig. 2a). In diesem Fall genügt ein Sekundärspiegel mit Planfläche und der in Design 1 benötigte sphärische Spiegel kann entfallen. Die 3. Reflexion wird nun vom Hauptspiegel selbst ausgeführt. Die optischen Eigenschaften werden einzig durch die Geometrie und den Hauptspiegel festgelegt. Um den Diagonalspiegel (4. Reflexion) weiterhin ausserhalb des einfallenden Lichtbündels zu positionieren, muß die erneute Reflexion am Hauptspiegel allerdings versetzt von der optischen Achse erfolgen. Bedingt durch diesen Versatz ist es notwendig, daß der Hauptspiegel größer als die Eintrittsöffnung dimensioniert wird. In Fig. 2a und b wird ein Spiegel mit 150 mm Durchmesser und einer Öffnung von 125 mm verwendet. Das Spotdiagramm wurde für Design 2 der Tabelle1 berechnet. Es handelt sich um eine relativ kompakte Konstruktion mit einem Öffnungsverhältnis von f/13.4. Zu beachten ist, daß Fig. 1 und Fig. 2 relativ zueinander nicht maßstäblich dargestellt sind (Design 2 ist deutlich gegenüber Design 1 verkürzt).

Zur Kompensation der sphärischen Aberration wird ein parabolischer bzw. hyperbolischer Hauptspiegel eingesetzt (konische Konstante $c = -2.4$, $c = -[\text{Exzentrizität}]^2$). Bei einem Instrument mit einem Öffnungsverhältnis kleiner als etwa f/18 (siehe Design 3) genügt hingegen ein sphärischer Hauptspiegel ($c = 0$), der mit einer Spannfassung (wie in [3] beschrieben) so deformiert werden kann, daß der konstruktionsbedingte Astigmatismus kompensiert wird.

Design 3 der Tabelle 1 beschreibt eine Konstruktion mit 200 mm Öffnung (f/19.5), die einen sphärischen Haupt-

Fig. 1a

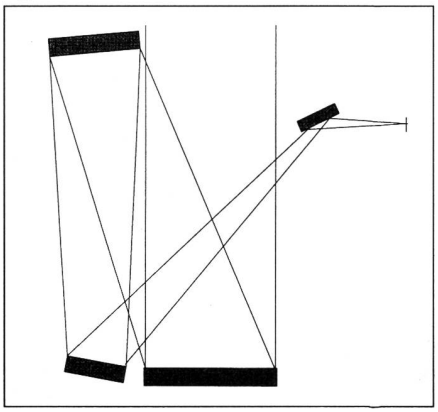
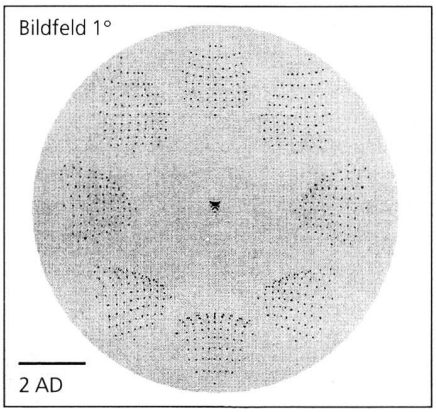


Fig. 1b: Design 1



spiegel von 250 mm Durchmesser verwendet. Der Strahlengang entspricht etwa dem von Fig. 2a und das Spotdiagramm (Fig. 2b) ist mit dem von Design 1 (Fig. 1b) vergleichbar und wurde daher nicht dargestellt.

Da das TCT-Programm keine dezentrierten Spiegel mit einem Versatz der Strahlen von der optischen Achse berücksichtigen kann (3. Reflexion), sind die dargestellten Strahlensimulationen bei einer Verwendung von asphärischen Hauptspiegeln nur näherungsweise gültig. Eine exakte Berechnung mit KDP-raytrace (freie software von http://www.kdpoptics.com) hat jedoch gezeigt, daß dabei nur geringe Fehler entstehen. Bei einer Optimierung mit KDP ergab sich ein geringfügig geänderter Wert zur Korrektur des Astigmatismus für R-sag oder R-tan. Die mit KDP berechneten Spotdiagramme zeigen außerdem eine leichte Veränderung der außeraxialen Spotverteilung gegenüber einer Optimierung mit TCT.

Die erforderliche Deformation des Hauptspiegels (Differenz von R-sag und R-tan) läßt sich mit der zentralen Druckschraube der Spannfassung leicht einstellen. Die Justierung kann recht einfach am kompletten Teleskop bei Betrachtung eines hellen Sterns erfolgen.

Zwei weitere Varianten von Yolo-Teleskopen mit insgesamt 4 Reflexionen und einer Fokuslage, die einem Refraktor entspricht, sind in den Fig. 3, 4 und in der Tabelle 1 (Design 4, 5) aufgeführt. Die zweimalige Reflexion wird in beiden Varianten am Sekundärspiegel ausgeführt. In Design 4 wird als Sekundärspiegel eine Planfläche und ein sphärischer 3. Spiegel verwendet. Der Abstand zwischen dem 2. und 3. Spiegel kann dabei relativ klein gehalten werden, welches einen schlanken Aufbau ermöglicht. Nachteilig wirkt sich bei diesem System aus, daß ein relativ großer (kostspieliger) Planspiegel benötigt wird. In Design 5 ist die Anordnung von sphärischen Spiegel und Planspiegel vertauscht. Dabei läßt sich die Baulänge erheblich verkürzen. In beiden Konstruktionen muß der Hauptspiegel eine zylindrische Deformation und hyperbolische Kurvenform besitzen. Letzeres ist zur Kompensation der sphärischen Aberration notwendig. Mit dieser Variante lassen sich relativ lichtstarke Instrumente realisieren (Öffnungsverhältnis etwa f/12). Die Schwierigkeit bei der Herstellung eines solchen Systems liegt in der komplexen Hauptspiegelform begründet. Dies dürfte wohl nur durch Spiegel-

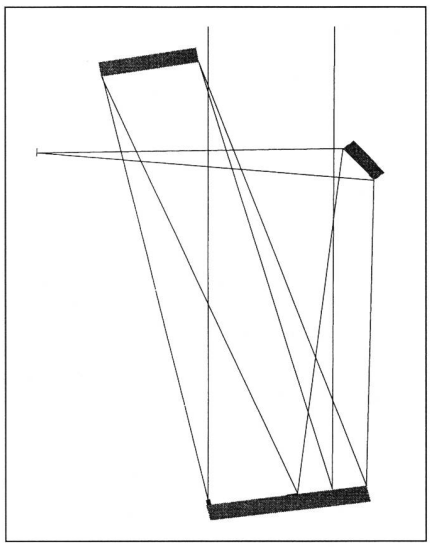


Fig. 2a

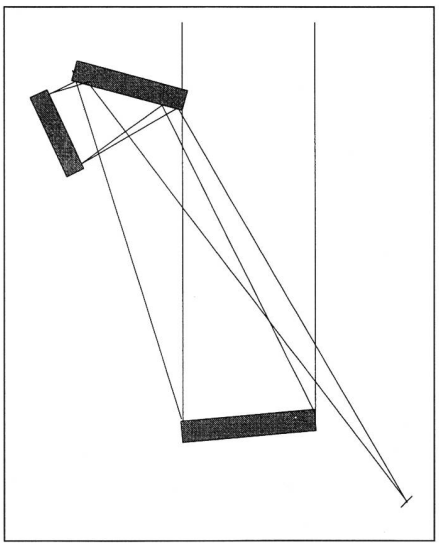


Fig. 3a

Fig. 2b: Design 2

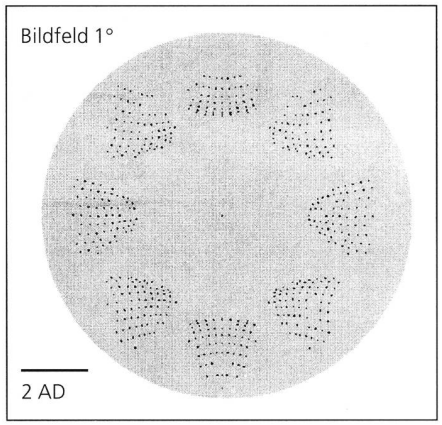
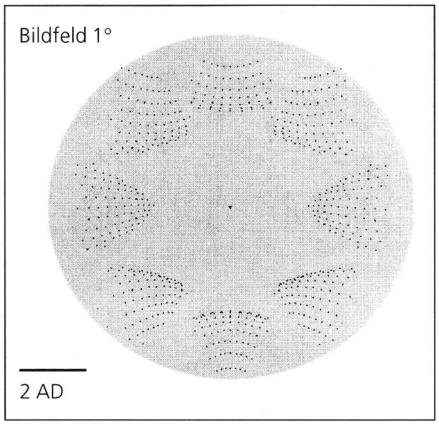


Fig. 3b: Design 4



Tab. 1: Daten der Yolo-Teleskope (Design 1-5) (Alle Größenangaben in mm, Vorzeichen entsprechen dem TCT-Programm)

Design Nr. (freie Öffnung)	Spiegel Nr.	Durch-messer	R-sag	R-tan	Abstand	Spiegel-neigung	Konische Konstante
1	1	150	-6500	-6565	-1000	-4.0°	-1.0
(150)	2	113	0	0	+990	+4.0°	0
f/15.3	3	77	-6000	-6000	-750	+10.0°	0
	4	51	0	0	+145	-55.0°	0
2	1	150	- 4900	- 4953	- 645	- 5°	- 2.4
125	2	103	0	0	+652	- 2.25°	0
f/13.4	3	83	- 4900	- 4953	- 500	+8.9°	- 2.4
	4	69	0	0	+292	+45°	0
3	1	250	-11500	-11570	-1500	-3.8°	0
(200)	2	174	0	0	+1508	-1.6°	0
f/19.5	3	-	-11500	-11570	-1300	+6.6°	0
	4	129	0	0	+566	+44°	0
4	1	150	-6304	-6354	-950	-4.5°	-4.4
(150)	2	155	0	0	+90	+35°	0
f/12.4	3	119	-6000	-6000	-99	+3.5°	0
	4	-	0	0	+1144	-42.0°	0
5	1	150	-7200	-7601	-480	+9.0°	-8.1
(150)	2	150	+8100	+8100	+480	+9.5°	0
f/11.5	3	102	0	0	-491	+3.0°	0
	4	-	+8100	+8100	+685	-15.1°	0

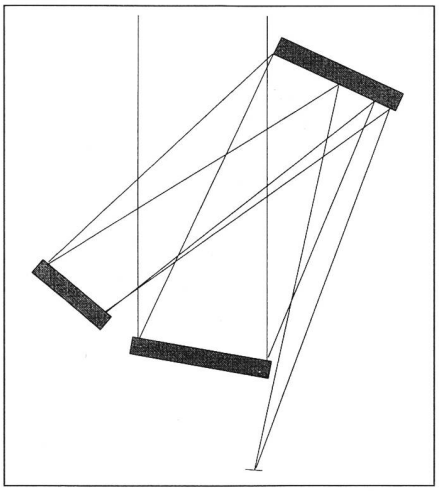
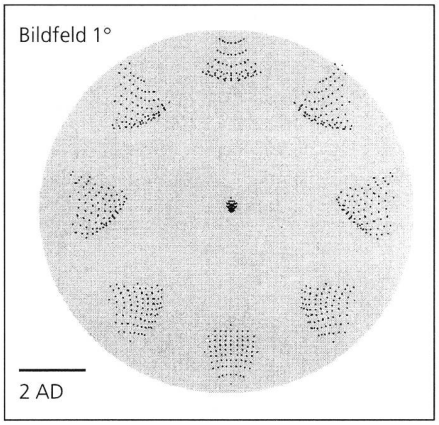


Fig. 4a

Fig. 4b: Design 5



retusche in Zusammenhang mit einem geeigneten Nulltest oder einem Test des Gesamtsystems in Autokollimation gelingen.

Der Verfasser hat zur praktischen Erprobung dieser Konstruktionen ein Instrument mit den Daten von Design 2 aufgebaut. Es ist auf den Fotos (Fig. 5 und 6) zusammen mit einer einfachen äquatorialen Montierung abgebildet. Zur Vereinfachung des Spiegelschliffs wurde ein sphärischer Hauptspiegel eingesetzt und zunächst auf die hyperbolische Kurvenform verzichtet. Damit besitzt das Instrument eine höhere sphärische Aberration (in der Größe von 1 x AD für den zentralen Spot). Zur Fixierung der Optik wurde eine offene, relativ leichte Rahmenkonstruktion aus dünnen Stahlprofilrohr aufgebaut und verschweißt. Wird die Optik in einen geschlossenen Tubus eingebaut, könnte dieser mit einem elliptischen Querschnitt realisiert werden, um das Volumen besser zu nutzen. Die Spiegel Nr. 1 und Nr. 2 sind in kommerziellen 3-Punkt-Fassungen und Nr. 4 wie ein Diagonalspiegel gehaltert (Spiegel Nr. 3 bezeichnet die doppelte Reflexion am Hauptspiegel Nr. 1). Dabei wird der Hauptspiegel zunächst in die Spannfassung eingesetzt und diese mit der eigentlichen Spiegelfassung verschraubt. Die Spannfassung wurde gegenüber der in [3] dargestellten Ausführung mit zusätzlichen Halteklammern versehen, weil sonst die Gefahr besteht, daß der Spiegel beim Entspannen aus der Fassung fällt. Ein Nachteil dieser Spiegelmontage besteht darin, daß jede Änderung der Deformation auch zu einer leichten Dejustierung des Hauptspiegels führt.

Die Justierung der Spiegel erfolgte mit einem Laserpointer, der zentral in der Eintrittsblende befestigt wurde. Der Strahl trifft zunächst zentral auf den Hauptspiegel und sollte dann zentriert den Sekundärspiegel erreichen. Letzterer wird nun so geneigt, daß eine erneute Reflexion am Hauptspiegel mit einem Versatz des 2. Lichtflecks von näherungsweise $\sin 4.5° * 645\ mm = 51\ mm$ entlang der Symmetrieebene des Teleskops auftritt. Damit trifft der erneut vom Hauptspiegel reflektierte Strahl automatisch den Diagonalspiegel, der ihn in den Fokus lenkt. Mit etwas Erfahrung dauert diese Prozedur nur wenige Minuten. Eine Feinjustierung des Instruments unter Kompensation von Astigmatismus und Koma sollte bei Betrachtung eines hellen Sterns mit einem Okular erfolgen. Die Druckschraube der Spannfassung braucht dabei nur leicht angezogen zu werden, um den Astigmatismus auszugleichen. Dieser wird bei intra- und extrafokaler Betrachtung der Sternscheibe im Okular als Ellipse sichtbar, die ihre Achsen um 90° dreht. Etwas aufwendiger gestaltet sich die Kompensation der Koma. Dafür sollte der Abstand von Haupt- und Sekundärspiegel um einige cm verändert werden oder die Neigung des Hauptspiegels variiert werden. Der Abstand (bzw. die Spiegelneigung) wird nun solange verändert (Nachjustierung des Strahlengangs und erneute Kompensation von Astigmatismus ist erforderlich), bis eine optimale Sternabbildung erreicht wird. Eine Hilfe bietet auch die rechnerische Nachoptimierung der Spiegelabstände mit dem TCT-Programm unter Verwendung der genauen Werte der Spiegelbrennweiten. Die Daten in Tabelle 1 lassen sich für kleinere Öffnungen entsprechend reskalieren. Grös-

Fig. 5: Gesamtansicht mit Montierung und Stativ. Der Gitterrahmen ist mittels des ovalen dunklen Ringes (im Zentrum) in die Aluminiumringe eingeschraubt. Die Drehpunkte definieren die Deklinationsachse. Der obere Aluring ist auf Rollen abgestützt und dreht sich um die Stundenachse, die hier einfach mit einer Verschraubung realisiert ist (am Stativ unten rechts). Die Orientierung des Instruments entspricht dem Strahlengang in Fig. 2a. Oben im Bild sind die Eintrittsöffnung, die beiden Planspiegel und der Okularauszug zu erkennen. Am unteren Teleskopende ist der in einer Spannfassung montierte Hauptspiegel zu erkennen.

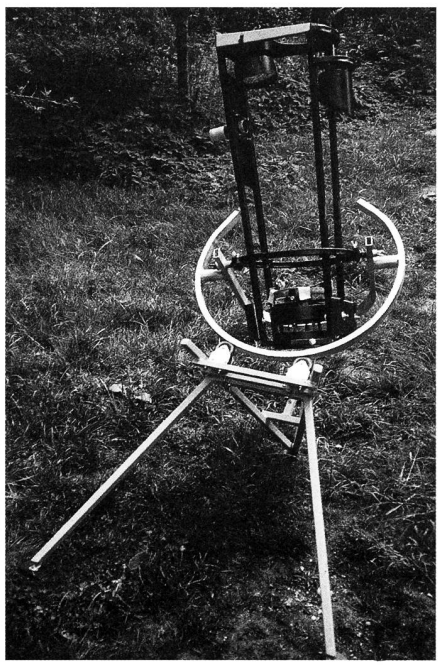
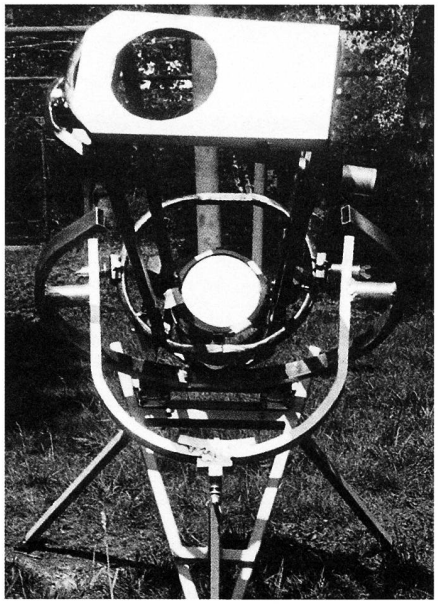


Fig. 6: Instrument von der Eintrittsöffnung her. Der um etwa 5° geneigte Hauptspiegel ist im Zentrum zu sehen. Rechts am Gitterrahmen ist der Okularauszug zu erkennen, gegenüber befindet sich die Halterung des Diagonalspiegels. Der Teleskoprahmen ist von einem ovalen Haltering umgeben und damit verschweißt (schwarzer Ring in Bildmitte). Dieser wird in die beiden u-förmigen Backen der Montierung eingeschraubt. Letztere sind drehbar in der u-förmigen Montierungsgabel aus Aluminium gelagert und definieren die Deklinationsachse. Der hintere Alu-Ring ist auf Rollen gelagert und rotiert um die Stundenachse. Letztere besteht aus einer einfachen Verschraubung am Stativ (im Vordergrund).



sere Öffnungen erfordern hingegen eine Neuberechnung der Systeme (Anstieg der Bildfehler).

Eine einfache und elegante Justiermethode wurde von T. SJOGREN in [3] auf Seite 210 angegeben. Dabei wird ein Sternentest unter Benutzung einer Lochblende ausgeführt. Der Autor beschreibt in diesem Artikel auch die Verwendung einer zylindrischen Linse zur Korrektur des Astigmatismus und verzichtet auf eine Deformation des Hauptspiegels. Die Linse besitzt typischerweise 1- 2 Dioptrien und wird einige cm vor dem Fokus positioniert. Dabei kann ein herkömmliches Brillenglas verwendet werden, der Farbfehler bleibt vernachlässigbar klein. Auch bei den hier vorgestellten Yolo-Systemen ist eine solche Lösung anstelle einer Spannfassung möglich. Eine Strahlensimulation hat jedoch gezeigt, daß sich in diesem Fall die außeraxialen Bildfehler insbesondere bei relativ lichtstarken Systemen (Öffnungsverhältnis f/12) vergrößern, daher wurde auf diese Lösung verzichtet.

Die Betrachtung des Vollmonds bietet eine weitere Justierhilfe, um eventuelle Vignettierungen zu erfassen und zu beseitigen. Dabei läßt sich bei der offenen Gitter-Konstruktion ein Streulichtfleck auf den Spiegeloberflächen beobachten, der keine Abschattungen aufweisen darf. Diese Beobachtungen zeigen auch einen konstruktiv bedingten, geringfügigen Nachteil der Doppelreflexion am Hauptspiegel auf. Da sich die beiden Streulichtscheiben auf dem Hauptspiegel überlappen, gelangt auch etwas Streulicht der 1. Reflexion mit in das Okular. Wie weit sich dies praktisch bei der Beobachtung des Mondes (als dem hellsten Objekt) auswirkt, müssen vergleichende Beobachtungen mit anderen Instrumenten noch zeigen.

Ein gewisser Nachteil der vorgestellten Konstruktion sind auch die erforderlichen 4 Reflexionen, die zu einem deutlichen Lichtverlust führen. Aus diesem Grunde sollten hochreflektierende Beschichtungen bzw. versilberte Spiegel verwendet werden. Auch ist das Instrument etwas justierempfindlicher, da sich durch die doppelte Reflexion Winkelabweichungen verstärken. Für fotografische Anwendungen ist eine Bildfeldneigung in der Tangentialebene je nach Konstruktion von 4° - 6° zu beachten. Bedingt durch die offene Konstruktion ist das Instrument recht empfindlich gegenüber externem Streulicht. In diesem Fall kann es mit einer schwarzen Folie umhüllt und abgeschirmt werden.

Der Teleskoprahmen ist fest von einem Ring umgeben. Das Gerät kann damit in eine einfache äquatoriale Montierung gesetzt werden, deren Konstruktion in [7] beschrieben ist. Die Fixierung erfolgt mit 2 Halteklammern. Nach dem Lösen der Klammern läßt sich das Instrument rotieren, um die jeweils günstigste Lage des Einblicks einzustellen. Der äquatoriale Montierungsring besteht aus gewalzten Aluminiumprofil und bewegt sich auf 2 Stützrollen. Der andere Lagerpunkt entspricht der Stundenachse. Das Stativ wurde ebenfalls aus dünnem Stahlprofilrohr hergestellt und ist in 2 Teile zerlegbar. Die Nachführung des Teleskops ließe sich durch Montage eines Schneckengetriebes am Stundenlager noch erheblich erleichtern.

Vergleichbare kompakte und lichtstarke Konstruktionen lassen sich auch bei Schiefspieglern realisieren. Dabei werden zweifache Reflexionen an einem konvexen Hauptspiegel und einem konkaven Spiegel ausgeführt. Diese Systeme wurden von E. HERRIG entwickelt und in mehreren Arbeiten bereits vorgestellt [8, 9]. Den interessierten Amateuren möchte ich den Nachbau dieser neuen kompakten Schiefspiegler oder der hier beschriebenen Yolo-Varianten [10] empfehlen, um eine möglichst weitreichende praktische Erprobung dieser interessanten Systeme zu erreichen.

HEINO WOLTER
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Fachgruppe Oberflächen- und Grenzflächenphysik
Friedemann-Bach-Platz 6, D-06108 Halle

Bibliographie

[1] KUTTER A., *Sky & Telescope*, 1, Seite 46, (1975) und 2, Seite 115, (1975)
[2] RUTTEN H., AND VAN VENROOIJ M., *Telescope Optics*, Willmann-Bell Inc., Seite 113, (1988)
[3] MACKINTOSH A. (editor): *Advanced Telescope Making Techniques*, Vol. 1, Willmann-Bell Inc., (1986)
[4] SASIAN J. M., *Sky & Telescope*, 3, Seite 320, (1991)
[5] SASIAN J. M., *Telescope Making*, N° 37 und 38, (1989)
[6] SASIAN J. M., *Sky & Telescope*, 11, Seite 88, (1993)
[7] SHUTT B., *Sky & Telescope*, 10, Seite 93, (1976)
[8] HERRIG E., *interstellarum*, 13, Seite 56, (1998)
[9] HERRIG E., *Sky & Telescope*, 11, Seite 113, (1997)
[10] Weitere Yolo-Konstruktionen des Autors im internet: www.ep3.uni-halle.de/user/heino/Astro

Planetenbeobachtung: Wer sieht mehr?

JAN DE LIGNIE

Unter schlechten atmosphärischen Bedingungen sollen Teleskope kleinerer Öffnung (bis 15cm) mehr Oberflächendetails zeigen als grössere Teleskope, wird immer wieder behauptet. Im Sommer 1997 hatte ich die Gelegenheit, zwei Teleskope mit 10 und 25 cm Öffnung an Jupiter und Saturn vergleichen zu können. Dabei stellte sich das Gegenteil heraus: Das grössere Teleskop zeigte auch unter schlechten Bedingungen mehr Details als das kleinere!

Die Planetenbeobachtung ist *die* Königsdisziplin der visuellen Beobachtung am Teleskop. Sie stellt die höchsten Anforderungen an Teleskop, Atmosphäre und Beobachter. Wer sich ernsthaft mit der Planetenbeobachtung befasst, wird sich sehr bald fragen, welches Teleskop dafür am geeignetsten ist. Beginnt man herumzufragen oder besucht ein Treffen von Sternfreunden, gehen die Meinungen in die Richtung eines kleineren apochromatischen Refraktors. Und der Blick durch die verschiedenen Teleskope spricht eine deutliche Sprache: Überzeugend in Kontrast und Bildästhetik sind in erster Linie apochromatische Refraktoren von geringerer Öffnung. In anwesenden Spiegelteleskopen sind selten ähnlich «schöne» Bilder zu sehen. So entsteht der Eindruck, dass in kleineren, aber guten und ebenso teuren Teleskopen «mehr» zu sehen sei als in den grösseren.

Unterstützung findet dies auch in diverser Literatur (z.B. im Märzheft von Sterne & Weltraum, 1991 oder im *Handbuch für Sternfreunde* von G.D. ROTH), wo sich in einem Diagramm aus Luftunruhegrad und Auflösung sogar eine maximal nutzbare Öffnung von ca. 15 cm bei hoher Luftunruhe bestimmen lässt. Die Kurvenverläufe entstammen jedoch Modellrechnungen. Ob tatsächlich eine Öffnungsgrenze bei schlechtem Seeing existiert, beschäftigte mich schon seit einiger Zeit.

Planeten vergleichen in verschiedenen Teleskopen ist aber keine simple Angelegenheit. Folgende Punkte müssen unbedingt beachtet werden:

– Die optische Qualität der zu vergleichenden Teleskope sollte wenigstens qualitativ bekannt sein, damit nicht ein schlechtes grosses Teleskop mit einem guten kleinen verglichen wird. Ideal wären optisch per-