

Newton-Kollimation ganz einfach

Elf Justierhilfen für Newton-Teleskope in Vergleich und Anwendung

VON FRANK GASPARINI

Die optimale Justierung eines Newton-Teleskops ist – neben ausreichender Oberflächenqualität von Haupt- und Sekundärspiegel – eine entscheidende Voraussetzung für optimale Abbildungsleistung. Um dies zu erreichen, müssen die optischen Achsen von Hauptspiegel, Fangspiegel und Okular in Übereinstimmung gebracht werden. Trifft eine dieser Bedingungen nicht zu, liefert ein Newton-Teleskop fehlerbehaftete Bilder. Daher werden dem Sternfreund zur Überprüfung des Justierzustandes zahlreiche Hilfsmittel zur Verfügung gestellt.

KARL THURNER

Testarrangement

Für den Produktvergleich standen elf Justierhilfen zur Verfügung, darunter fünf Justierlaser, fünf Justierokulare und ein Gerät, das LEDs als Leuchtmittel benutzt. Unter den Laser-Kollimatoren waren der »Laser Kollimator« der Firma Antares, der »ICS Justierlaser A« und »ICS Collimaster« von Intercon Spacotec (ICS) aus Augsburg, ein 1,25"-Laser der Firma Göbel und ein »barlowed Laser« von VTSB aus Bremen. Unter den Justierokularen waren das »Collimating Eyepiece« von Orion, das »Justage Set Newton II« von Spherotec in der 2" Version, ein dreiteiliges »Kollimator Set« von Astrocom, das »ICS Justierokular« von Intercon Spacotec und ein Justierokular der Firma Göbel vertreten. Weiterhin wurde der »GMK-Multikollimator« von Wolfgang Grzybowski aus Nürtingen getestet.

Die Justierlaser

Die getesteten Justierlaser können in zwei Typen unterschieden werden. Während die Modelle von Göbel, VTSB, und Antares im Inneren ihrer Gehäuse jeweils einen handelsüblichen Laserpointer aufnehmen, verwenden beide Modelle von

ICS präzise Laserdioden als Leuchtmittel. Das Einschalten der Geräte offenbart den grundlegenden Unterschied: Alle Pointer weisen typischerweise eine ungleichmäßige Aufweitung des Laserstrahls auf, was sich in einer asymmetrischen Strahlgeometrie äußert, während die Laserdioden der ICS-Laser sehr kleine und kreisrunde Lichtpunkte erzeugen.

Die Laserpointermodelle werden alle mechanisch durch eine seitlich am Gehäuse sitzende Schraube in Betrieb gesetzt, die auf den jeweiligen Taster des intern verbauten Pointer drückt. Mit Ausnahme des Lasers von Antares ist dabei kein eindeutiger Einschaltedruckpunkt zu verspüren, so dass eine gefühlvolle Kraftdosierung notwendig ist. Ein zu starkes Andrehen dieser Schraube kann zu einer Zerstörung des internen Schalters führen. Die Bedienungsanleitung von Antares warnt ausdrücklich vor einer Beschädigung durch Überdrehen der Schraube. Die Laserdioden der ICS-Modelle werden über elektrische Schalter in Betrieb genommen.

Die Leuchtmittel der Laser sind in der Regel mittels sechs versenkter Madenschrauben in den Gehäusen fixiert und damit zugleich auf die Achse der 1,25"-Steckhülsen justierbar. Eine Ausnahme stellt

diesbezüglich der Laser-Kollimator von Antares dar, bei dem der Pointer nur von drei Madenschrauben gehalten wird. Der Erhalt der internen Justierung soll daher mit einer starken Spiraldruckfeder sicher gestellt werden, die – wie bei gängigen Stabtaschenlampen bekannt – in den Deckel des Gehäuses eingesetzt ist und von oben Druck auf den Pointer ausübt. Aufgrund dieser Konstruktion sitzt der Pointer recht tief im Gehäuse, was zur Folge hat, dass das Öffnen des eigentlichen Batteriedeckels nur mit einer kleinen Zange gelingt. Bei allen anderen Modellen erfolgt der Batteriewechsel werkzeuglos. Beim ebenfalls vollständig gekapselten Modell von Göbel ist dazu zuerst die abschraubbare Verschlusskappe zu entfernen, bevor der Batteriedeckel des Pointers zugänglich ist. Beim Modell von VTSB ragt der Batteriedeckel des Pointers am rückseitigen Ende leicht heraus. Das Batteriefach beider ICS-Laser ist jeweils nach Öffnen der rückseitigen Gehäusedeckel zugänglich.

Allen Pointermodellen gemeinsam ist, dass sie die Lage des von den optischen Teleskopkomponenten reflektierten Laserstrahls auf einer 45° geneigten Reflektionsfläche darstellen, die der Benutzer – auch bei Bedienung der Hauptspiegeljustier-

Abb. 1: **Eine Wissenschaft für sich ist das Kollimieren** von Newton-Teleskopen keineswegs – zumindest mit den richtigen Hilfsmitteln.

schrauben – bequem einsehen kann. Einen deutlich anderen konstruktiven Weg gehen die ICS-Justierlaser. Beim Modell A, das keine Öffnungen für Mattscheibe oder Reflektionsflächen enthält, ist das Gehäuse so lang, dass es bei voller Einstecktiefe in das Tubusinnere hineinragt. Dort kann am Gehäuseboden die Lage des reflektierten Strahls neben der sehr kleinen Austrittsöffnung für den Laserstrahl kontrolliert werden. Beim ICS-Collimaster ist am teleskopseitigen Ende des Gehäuses ein exakt justierter Planspiegel integriert. Der Laserstrahl tritt durch eine Bohrung in diesem Planspiegel aus. Vom Fangspiegel umgelenkt trifft der Strahl den Hauptspiegel, und erzeugt dort einen primären Laserpunkt. Bei nicht korrekter Justierung wird der Laserstrahl reflektiert, trifft über den Fangspiegel auf die Autokollimations-Spiegelfläche, und wird zwischen den Spiegeln hin und her geworfen. Es entstehen Cluster von Lichtpunkten, die bei perfekter Justierung in einem Punkt auf der Mitte des Hauptspiegels konzentriert werden.

Den Modellen von Göbel und VTSB liegen einfache, z.T. bebilderte Anleitungen bei, die die Handhabung der Laser erklären. Die Bedienungsanleitung des Kollimators von Antares geht in Ansätzen auf mögliche Probleme bei der Kollimation von Newton-Teleskopen ein. Beispielhaft ist die Bedienungsanleitung für die ICS-Justierlaser. Beiden Modellen wird die Broschüre »Newton Collimation« von Martin Birkmaier [2] beigelegt, die auf 39 Seiten ausführlich und mittels zahlreicher Abbildungen anschaulich sämtliche Aspekte der Justierung von Newton-Teleskopen darstellt, wobei auch auf die Eigenheiten des Collimasters detailliert eingegangen wird.

Als Besonderheit weisen die Justierlaser von Göbel und VTSB frontseitig ein Filtergewinde auf, in das grundsätzlich eine Barlowlinse eingeschraubt werden kann, so dass diese Laser auch als »barlowed Laser« eingesetzt werden können (siehe Kasten). Dem VTSB-Laser war als Zubehör solch ein Barlowelement beigelegt, die Fa. Göbel bietet passende Barlowlinsen nicht in ihrem Programm an.

Der von Wolfgang Grzybowski entwickelte »GMK-Multi-Kollimator« ist ein Justiersystem, an das okularseitig mittels



Abb. 2: **Justierlaser zeigen den Verlauf von Lichtstrahlen im Teleskop** und helfen so bei der Justage. Hintere Reihe von links: ICS Collimaster, Grzybowski GMK, ICS Justierlaser A, VTSB Justierlaser. Vorne liegend: Göbel Justierlaser (links) und Antares Justierlaser (rechts).



Abb. 3: **Justierokulare erzeugen Muster**, anhand derer die Justage erleichtert wird. Hintere Reihe von links: Orion Collimating Eyepiece, Justage Set Newton II von Spheretec, ICS Justierokular. Vordere Reihe von links: Göbel Justierokular sowie das dreiteilige Astrocom Kollimator Set.

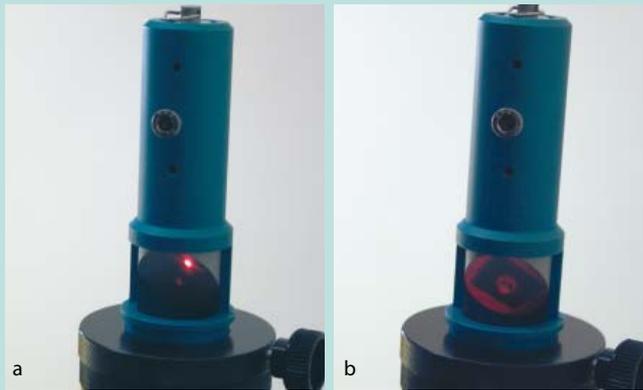
eines T2-Gewindes Bauteile zur Aufnahme von Okularen angesetzt werden können. Im eigentlichen Kollimatorgehäuse sitzen quadratisch angeordnet vier weiße LEDs, die ein Leuchtdioden-Punktequadrat in die Optik projizieren, das an den optischen Elementen des Teleskops gespiegelt wird. Das Reflektionsbild dieser Punkte kann unter Verwendung einer Feldlinse im Kollimator mit einem 1,25"-Okular betrachtet werden. Dazu wird der Kollimator in den Okularauszug des Teleskops geschoben, die Stromquelle mit dem beiliegenden Kabel angeschlossen und ein Okular in die Aufnahme eingesteckt. Bei richtiger Lage des Okulars sieht der Nutzer bei einem Newton System drei gespiegelte Punktequadrate, wobei allein die richtige Positionierung des Okulars in Bezug zum Kollimator entscheidend ist [5]. Bei

Kongruenz der optischen Achsen sind die Punktequadrate konzentrisch ausgerichtet [6]. Der GMK-Kollimator eignet sich für die Justierung aller gängigen Teleskoptypen, was jedoch nicht Gegenstand dieses Produktvergleichs war.

Mit dem zuerst gelieferten Kollimator konnte mit keinem der zur Verfügung stehenden Teleskop/Okularkombinationen der Brennpunkt erreicht werden. Nach Rücksprache wurde ein zweites Gerät mit um 15mm verkürztem Gehäuse geliefert, bei dem diese Probleme nicht auftraten. Auch hier fanden sich unter zehn zur Verfügung stehenden Okularen verschiedener Bautypen nur zwei Okulare, die eine Erkennbarkeit aller drei Punktequadrate bei gleichzeitig guter Auflösung ermöglichten. Dies waren Okulare des Typs Plössl mit 10mm bzw. 7mm Brennweite. Auf

Was ist ein »barlowed laser«?

Speziell bei transportablen Newton-Teleskopen ist vor der Beobachtung regelmäßig die korrekte Justierung des Hauptspiegels erforderlich. Bei Verwendung von Justierlasern werden hierbei jedoch oft nicht zufriedenstellende Resultate erzielt, was meist in einer Verkipfung des Lasers im Okularauszug begründet ist. Wird bei verkipptem Laser der Laserstrahl durch eine Korrektur der Hauptspiegellage in sich



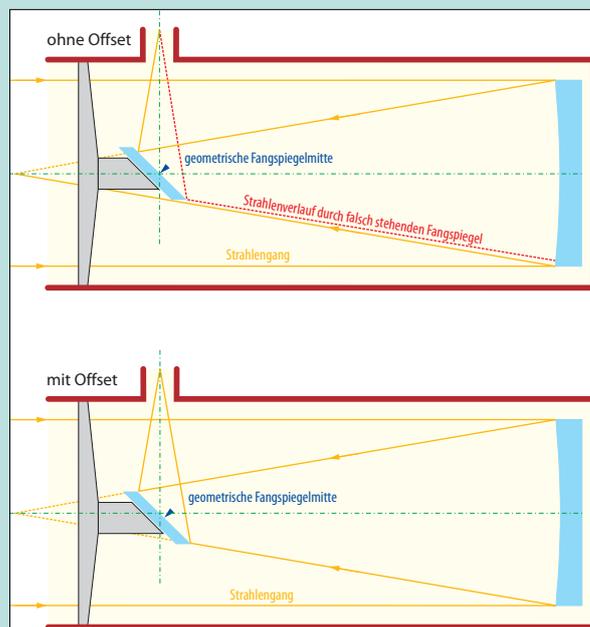
selbst zurück reflektiert, liegt der Nullpunkt des Spiegels nicht in der optischen Achse und Bildfehler, insbesondere Koma, machen sich bemerkbar. Abhilfe aus dieser Problematik kann der Einsatz eines Lasers in Kombination mit einer Barlowlinse schaffen. Der Hauptspiegel muss dazu eine Mittenmarkierung, idealerweise eine aufgeklebte Lochrandverstärkung aufweisen. Die Barlowlinse führt zu einer Aufweitung des Laserstrahls, wodurch auf dem Hauptspiegel ein größerer Bereich um die Spiegelmitte ausgeleuchtet wird. Das eintreffende Licht wird reflektiert, im Bereich der Mittenmarkierung jedoch diffus gestreut, so dass auf der Mattscheibe bzw. Reflektionsfläche des Lasers ein dunkler Ring abgebildet wird. Durch Kippen des Hauptspiegels wird dieser dunkle Ring auf die Öffnungsbohrung für den Laserstrahl zentriert und der Hauptspiegel ist exakt auf die optische Achse justiert. Dies funktioniert auch bei stark verkipptem Laser zuverlässig, solange der aufgeweitete Laserstrahl noch die Mittenmarkierung trifft.

Ein korrekt justierter Newton mit bewusst verkippt eingestetztem VTSB-Laser ohne und mit Barlowelement. Der Laser ohne Barlowlinse zeigt eine Abweichung, eine Korrektur der Hauptspiegellage würde zu falscher Kollimation führen (a), der »barlowed laser« (b) zeigt trotz der Laserverkipfung den korrekten Justierzustand des Teleskops an.

Der konstruktiv einfachste Vertreter im Testfeld ist das Justierokular von Göbel. Lediglich eine durchgängige 3,3mm Bohrung zentriert den Einblick. Einblickseitig ist ein M4-Gewinde eingeschnitten, in das eine beigegefügte Rändelschraube eingedreht werden kann, so dass das Okular bei Nichtgebrauch als Staubschutzkappe im Okularauszug verbleiben kann. Bei dem Justage-Set »Newton II« der Firma Spheretec handelt es sich um ein Justierokular mit 2" Steckdurchmesser. Teleskopseitig ist am unteren Ende des Gehäuses eine durchsichtige Kunststoffscheibe eingesetzt, die eine zentrale Bohrung und acht dazu konzentrisch eingravierte Kreise aufweist. Wenn das Justage-Set in den Okularauszug eingesetzt ist, erscheinen diese Ringe beim Einblick in das Okular als matt durchscheinende Ringe vor den optischen Bauteilen des Teleskops. Eine Anleitung zum Gebrauch liegt dem Gerät nicht bei und ist auch nicht auf der Homepage des Herstellers abrufbar.

Die Einstellung des Offset

Der so genannte Offset ist ein definierter Versatz des Fangspiegels, der zum Hauptspiegel hin und vom Okularauszug weg gerichtet ist. Dieser ist bei Newton-Teleskopen mit großem Öffnungsverhältnis nötig, damit eine vollständige Ausleuchtung des Bildfeldes ermöglicht wird. Ohne Offset kann der Fangspiegel bei schnellen Systemen an seinem zum Hauptspiegel zeigenden, tieferen Ende den breiten Lichtkegel nicht vollständig abbilden, wodurch das Bildfeld ungleichmäßig ausgeleuchtet wird.



Strahlengang in einem Newton-Teleskop mit einem Fangspiegel ohne und mit Offset.

der Homepage von Herrn Grzybowski kann eine Bedienungsanleitung als pdf-Datei heruntergeladen werden, in der die Vorgehensweise für unterschiedliche Teleskoptypen in knapper Form beschrieben ist.

Die Justierokulare

Alle Justierokulare weisen eine zentrale axiale Bohrung auf, die den Einblick des Nutzers am Okularauszug zentriert. In Abhängigkeit von der Konstruktion dienen noch weitere Elemente der Überprüfung des korrekten Justierzustandes der einzelnen optischen Teleskopkomponenten.

Das ICS-Justierokular und das »Collimating Eyepiece« von Orion sind vom Bautyp her Cheshire-Okulare, deren Konstruktion auf der Veröffentlichung »Exhibit of a foco-collimator« von Prof. F. J. Cheshire aus dem Jahr 1920 basiert. Es handelt sich dabei um ein Justierokular mit einem axial zentrischen Einblickloch an der Gehäuseoberseite. Durch eine seitliche Öffnung wird über eine 45° geneigte Reflektionsfläche Licht in

das Teleskopsystem einlenkt, so dass eine helle ringförmige Zone beim Einblick in das Okular auf dem Hauptspiegel sichtbar wird. In Verbindung mit der Hauptspiegelmittenmarkierung wird diese helle Reflektionsfläche des Cheshire für die Justierung genutzt. Beim Modell von Orion ist am teleskopseitigen Ende zudem ein Fadenkreuz integriert. Auffällig beim ICS-Justierokular sind die aufwendigen Maßnahmen zur Minderung von internen Reflexen, die hochwertige Verarbeitung und die umfassende Justieranleitung »Newton Collimation« [2] von Martin Birkmaier. Beim Modell von Orion ist die interne Streulichtminderung weniger konsequent umgesetzt, das Okular wird mit einer recht umfangreichen, aber englischsprachigen Anleitung ausgeliefert.

Das dreiteilige Kollimator-Set von Astrocom besteht aus einem Fadenkreuz-Okular (»Sight Tube«), einem Cheshire-Okular und einem Autokollimator, so dass hier für die unterschiedlichen Justiervorgänge jeweils ein spezialisiertes Okular zur Verfügung steht. Das Set wird von der Firma Astrocom mit einer umfassenden und sehr anschaulichen Anleitung ausgeliefert [1], die sämtliche Aspekte der Justierung von Newton-Teleskopen mit Hilfe des Kollimator-Sets darstellt.

Handhabung der Testgeräte

Mittels eines Reduzierstückes 2" auf 1,25", das an einer geeigneten Wandhalterung in 1,40m Höhe montiert war, wurde zunächst die interne Justierung der Laserjustierhilfen überprüft. Die Laser wurden senkrecht in das Reduzierstück eingesteckt, lagen dabei auf ihrem jeweiligen Einsteckanschlag flächig auf und konnten bei nur leicht angezogener Klemmung noch frei gedreht werden. Auf diese Weise sollte ein Verkippen aufgrund von Maßunterschieden zwischen den Lasergehäusen und der Stecköffnung des Reduzierstückes vermieden werden. Der Laserstrahl wurde auf ein am Boden befestigtes Blatt Millimeterpapier gerichtet und eine mögliche Abweichung des Laserpunktes bei Drehung des Lasers geprüft. Bei diesem Vorgang neigte der Laser von Antares zu deutlicher, nicht reproduzierbarer Verkipfung. Ursache dafür ist, dass an dessen Übergang von der 1,25"-Steckhülse zum Anschlag ein kleiner Radius angedreht ist, wodurch der Laser nie mit dem Anschlag auf dem Reduzierstück

aufliegt. In Abhängigkeit der Maßhaltigkeit des Reduzierstückes tritt dieser Effekt mehr oder weniger in Erscheinung, so dass eine Überprüfung der internen Justierung nur schwer möglich war. Alle anderen Geräte zeigten eine gute Justierung, die Abweichungen lagen durchweg bei weniger als 0,5mm. Eine exaktere Beurteilung lässt diese einfache Prüfmethode speziell bei den verbauten Laserpointern mit der stark asymmetrischen Strahlaufweitung generell nicht zu.

Der praktische Einsatz der Justierhilfen wurde ausschließlich an Newton-Teleskopen durchgeführt. Es standen ein 10" f/6 mit geschlossenem Tubus, sowie in Gittertubus-Bauweise ein 4" f/4, ein 6" f/7,5 und ein 14" f/5,3 zur Verfügung. Mit allen Testgeräten wurde am 10" f/6 nach Ausbau der Optik eine komplette Neujustierung des Systems durchgeführt. Die Gitterrohrteleskope wurden einmalig vollständig grundjustiert, nach Demontage und Wiederaufbau im heimischen Garten wurde die Kollimation des Hauptspiegels mit den Testgeräten geprüft, bei Bedarf korrigiert und anschließend am Stern getestet.

Einsatz am Teleskop

Damit der eigentliche Justiervorgang möglichst einfach realisiert werden kann, sind zunächst einige Vorarbeiten erforderlich. Mit Ausnahme des Modells von Grzybowski erfordern alle Justierhilfen eine Mittenmarkierung des Hauptspiegels. Ein möglichst in die Mitte des Tubus zentriert eingebauter Hauptspiegel ist nicht zwingend erforderlich, erleichtert das weitere Geschehen aber deutlich. Schließlich ist die Fangspiegelspinne mit der Fangspiegelfassung in der Mitte des Tubus zu zentrieren, was jedoch nicht für schnelle Newton-Systeme bei Berücksichtigung des Fangspiegelversatzes gilt (siehe Kasten). Nach diesen Vorarbeiten folgt die eigentliche Justierung des Teleskops in vier Schritten.

1. Okularauszug justieren

Unter der Annahme, dass die optische Achse des Teleskops mit der mechanischen Achse des Tubus übereinstimmt (zentrierter Einbau des Hauptspiegels), setzt eine genaue Justierung die rechtwinklige Montage des Okularauszuges auf dem Tubus voraus. Durch entsprechendes Vermessen ist eine Justiermarkierung an der Tubuswand exakt gegenüber dem Oku-

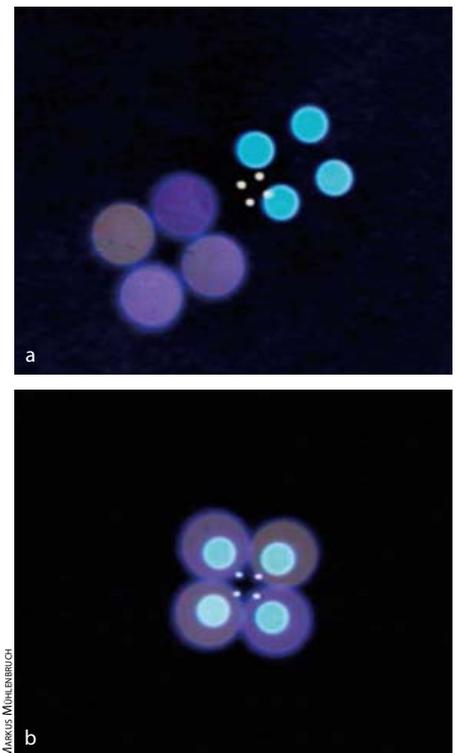


Abb. 4: **Einen anderen Weg als herkömmliche Justierhilfen** geht der GMK von Wolfgang Grzybowski, der mit LEDs als Leuchtmittel arbeitet. Die Abbildung zeigt die Reflexionen dieser LEDs im dejustierten Teleskop (a) und nach der Kollimation (b).

larauszug anzubringen, der dann so auszurichten ist, dass er genau auf diesen Punkt zielt.

Dieser Vorgang kann schnell und einfach mit allen Justierlasern und dank der hochwertigen Laserdioden besonders präzise mit den beiden ICS-Modellen durchgeführt werden. Bei Verwendung eines Justierokulars ist auf eine gute Ausleuchtung im Tubus zu achten, damit die Markierung sicher erkannt wird. Die Justierokulare mit zentralem Fadenkreuz, also das »Collimating Eyepiece« von Orion und das »Sight Tube« von Astrocom, leisten unter dieser Voraussetzung gute Dienste, wenngleich die dicken Fadenkreuze die Erkennbarkeit kleiner Markierungen erschweren. Vielseitig zeigt sich hier das Justage-Set »Newton II« von Spheretec, das aufgrund der zentralen Bohrung in der durchsichtigen Sichtscheibe auf alle Arten von Markierungen einfach und sicher ausgerichtet werden kann. Eine Justierung des Okularauszuges ist auch mit dem GMK-Modell möglich, wenn in den im Okularauszug befindlichen Multikollimator ein Okular eingesteckt und die gegenüberlie-

Die Justierhilfen wurden zur Verfügung gestellt von Astrocom, Martinsried, Albert Göbel, Nistertal, Intercon Spacetec, Augsburg, Spheretec, Erkelenz, Wolfgang Grzybowski, Nürtingen, Teleskop-Service, Putzbrunn und VTSB, Bremen

Produktvergleich

gende Justiermarkierung fokussiert wird. Bei Tubusdurchmessern kleiner ca. 25cm wandert der Fokus jedoch so weit nach außen, dass zusätzliche T2-Verlängerungen erforderlich sind. Beste Justierergergebnisse werden bei Verwendung eines Fadenkreuz-Okulars erzielt.

2. Fangspiegel zentrisch auf den Okularauszug positionieren

Im nächsten Justierschritt ist der Fangspiegel korrekt unter dem Okularauszug zu positionieren, d.h. die Höhe entlang der optischen Achse des Hauptspiegels so zu verändern, dass er mittig unter dem Okularauszug sitzt. Weiterhin ist der Fangspiegel in die richtige Position zum Auszug zu drehen, so dass er kreisrund erscheint.

Mit dem Newton-Justage-Set II von Spherotec gelingt dieser Vorgang einfach und intuitiv. Der Fangspiegel wird durch Verschieben und Drehen so positioniert, bis sein Außenrand mit einem Kreis auf der Sichtscheibe passender Größe übereinstimmt. Bereits kleinste Abweichungen von der Idealposition werden sicher erkannt, so dass eine hohe Präzision der Einstellung gewährleistet ist. Der axiale Fangspiegelversatz (Offset) wird dabei automatisch berücksichtigt! Gute Ergebnisse werden mit dem Fadenkreuz-Okular von Astrocom und dem Orion »Collimating Eyepiece« erzielt. Das Gehäuse wird im Okularauszug soweit eingesteckt, bis beim Einblick das untere Ende des Justierokulars geringfügig größer als der komplette Fangspiegel erscheint. Auffällig ist hier, im Gegensatz zur Justierhilfe von Spherotec, der eng begrenzte Tunnelblick, der die Orientierung und das sichere Erkennen kleinster Abweichungen erschweren kann. Zur korrekten Positionierung des Fangspiegels in Bezug auf den Okularauszug sind sämtliche Justierlaser nur bedingt geeignet und setzen voraus, dass der Spiegel eine Mittenmarkierung (bei Berücksichtigung des Offset mit entsprechendem Versatz) aufweist. Mit dem Justierokular von Göbel gelingt eine exakte Höhenpositionierung des Fangspiegels nur schwerlich, da aufgrund der durchgängig kleinen Bohrung der Innenrand des Justierokulars nur unscharf gesehen wird. Der Einsatz des GMK-Kollimators erfordert ein Weitwinkelokular, das den gesamten Fangspiegel im Gesichtsfeld erfassen kann und ausreichend Fokussierweg bzw. T2-Verlängerungshülsen, so dass der Brennpunkt erreicht wird. Die Lage und Drehung des Fangspiegels ist so zu verändern, bis dieser zentrisch und kreisrund im Okular erkennbar ist.

3. Fangspiegel zentrisch auf den Hauptspiegel ausrichten

Beim dritten Justierschritt wird der Fangspiegel mit Hilfe der Justierschrauben an seiner Fassung so lange geschwenkt, bis er zentrisch auf den Hauptspiegel ausgerichtet ist.

Einen Laser im Okularauszug eingesteckt, kann der Nutzer beim Blick von vorne in den Tubus die Justierschrauben der Fangspiegelhalterung bedienen und die Auswirkung seiner Bemühungen direkt beobachten. Der rote Laserpunkt ist durch geeignete Einstellung auf die Mittenmarkierung des Hauptspiegels zu zentrieren – fertig. Mit keiner anderen Justierhilfe gelingt dieser Arbeitsgang schneller und anschaulicher, wobei allerdings dringend darauf zu achten ist, dass der Laser nicht verkippt im Auszug geklemmt wird. Vorteilhaft fällt hier der ICS-Justierlaser »A« auf, der mit seinem langen Gehäuse und der großen Auflagefläche des Deckels wirklich kippfrei geklemmt werden kann. Der Laser von Antares ist diesbezüglich problematisch in der Handhabung. Auch bei diesem Justiervorgang zeigt sich die Handhabung des Justage-Sets II von Spherotec als einfach, intuitiv und exakt. Während des Einblickens in das Okular wird die Verkipfung des Fangspiegels mit den Justierschrauben so verändert, bis die helle Spiegelung des Hauptspiegels im Fangspiegel mit den Kreisen der Sichtscheibe konzentrisch steht. Sämtliche Justierhilfen nach Cheshire-Bauart (Astrocom, ICS, Orion) dienen hier lediglich der Zentrierung des Einblicks in den Okularauszug. Die Ausrichtung des Fangspiegels wird daran beurteilt, ob der Hauptspiegel zentrisch zum Fangspiegelrand erscheint. Bei Verwendung des GMK-Kollimators zur Ausrichtung des Fangspiegels ist ein Okular in den Kollimator einzustecken und in seiner Lage so zu verschieben, bis

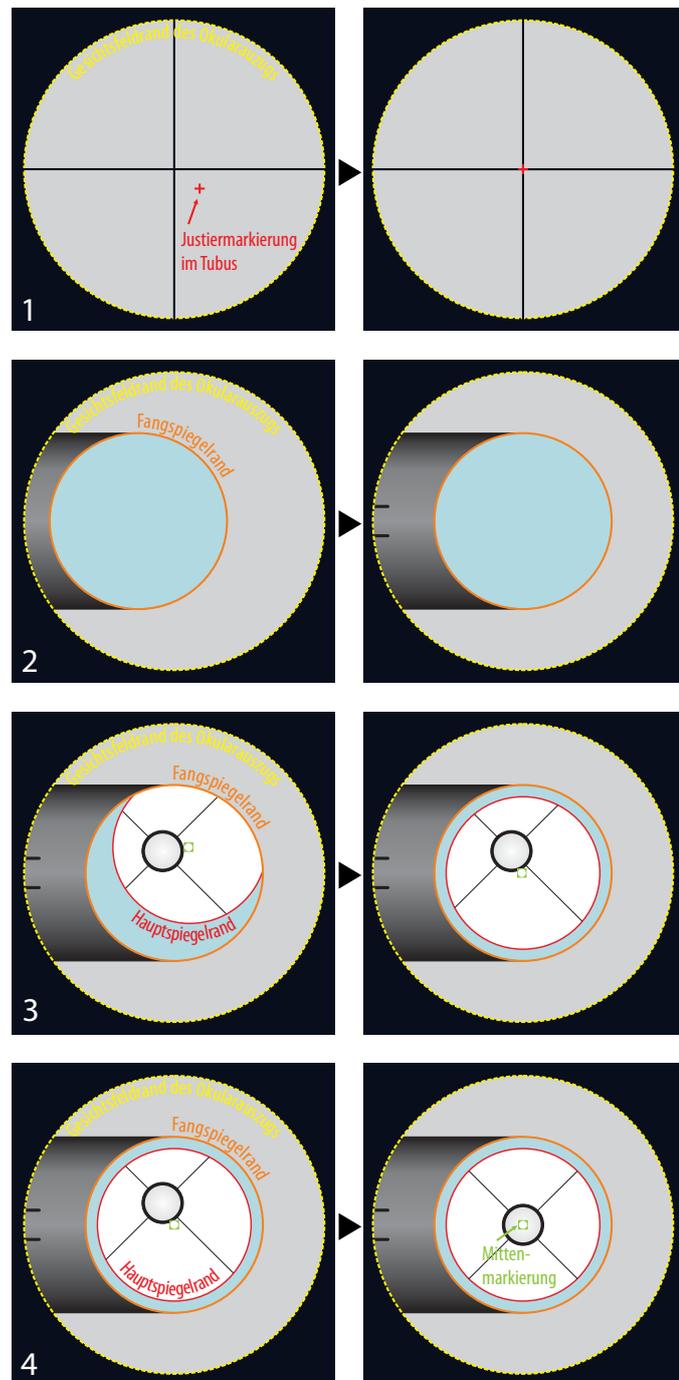


Abb. 5: **Justieranleitung in vier Schritten.** Ausführliche Anleitung im Text. 1. Okularauszug auf Justiermarkierung im Tubus ausrichten (z.B. mit Fadenkreuz-Okular), 2. Fangspiegel zentrisch unter Okularauszug positionieren (Hauptspiegel zur Erleichterung abdecken), 3. Fangspiegel zentrisch auf Hauptspiegel ausrichten, 4. Hauptspiegel auf die optische Achse des Okularauszugs ausrichten.

gleichzeitig drei Punktequadrate zu erkennen sind. Nun ist die Verkipfung des Fangspiegels zu verändern bis der dunkle Reflex des Fangspiegels in der Mitte des Gesichtsfelds steht und das mittlere Punktequadrat zentral innerhalb des äußeren, größeren Diodenquadrats steht. Der GMK reagiert hierbei sehr empfindlich gegen Verkipfung im Okularauszug, daher sollte der Tubus nach Möglichkeit so

gedreht werden, dass der Okularauszug senkrecht nach oben steht und der Kollimator plan aufliegt.

4. Hauptspiegel auf die optische Achse ausrichten

Im vierten Justierschritt wird der Hauptspiegel mit den Justierschrauben an seiner Fassung so eingestellt, dass seine optische Achse genau in der Mitte des Okularauszugs zu liegen kommt.

Während der Dunkelheit sind die Lasermodelle mit 45° geneigter Reflektionsfläche aufgrund ihrer Bauart besonders komfortabel in der Anwendung. Am hauptspiegelseitigen Tubusende können die Justierschrauben bedient und gleichzeitig die Wanderung des Laserpunktes auf der Reflektionsfläche verfolgt werden. Auf mögliche Justierfehler durch Verkippung des Lasers im Okularauszug ist zu achten (siehe Kasten »barlowed laser«). Der ICS-Laser Modell »A« sowie der ICS-Collimaster sind bei Nutzung an geschlossenen

Tuben weniger komfortabel einsetzbar, da zur Kontrolle der Lage des Laserreflexes der Einblick in die vordere Tubusöffnung notwendig wird. Der Collimaster zeigt sich bei schnellen Systemen ($f/4$) als sehr sensibel gegenüber geringen Abweichungen des Hauptspiegels von der Idealposition, dies äußert sich in Form von Punktehaufen neben dem primären Laserreflex. Alle Justierhilfen nach Cheshire-Bauart (Astrocom, ICS, Orion) erreichen eine hohe Justiergenauigkeit, wenn für eine ausreichende Beleuchtung der Seitenöffnung gesorgt wird (z.B. mit einer Taschenlampe). Das Justage-Set II von Spheretec erfordert ebenfalls eine gute Ausleuchtung der Ringscheibe, dann kann die Hauptspiegelmarkierung unter den hell aufleuchtenden Kreisen zentriert werden. Zusätzliche konzentrische Kreise auf der Reflexion des Fangspiegels im Hauptspiegel können zunächst für Verwirrung sorgen, zentriert wird aber auf die primären Kreise im Justierokular. Ist das Prinzip verstanden, geht alles sehr einfach. Bei Benutzung des GMK-

Kollimators als Justierhilfe muss die Lage des Hauptspiegels so lange verändert werden, bis das innere (kleinste) Punktequadrat zentriert innerhalb des mittleren und äußeren Quadrats zu liegen kommt.

Nach Abschluss der Justierung des Hauptspiegels dient der Autokollimator von Astrocom schließlich der Präzisions-Justage des Fangspiegels [1], Details dazu können der Homepage von Nils Olof Carlin entnommen werden [4].

Fazit

Mit einer idealen Justierhilfe soll der Sternfreund in die Lage versetzt werden sämtliche am Newton Teleskop notwendigen Justierschritte einfach, zuverlässig und komfortabel zu kontrollieren. Sie muss sich daher sowohl für die Grundjustierung aller optisch wirksamen Komponenten, als auch für die rasche und exakte Kontrolle der Hauptspiegellage vor Beginn jeder Beobachtungsnacht eignen. Justierlaser können diesem umfassenden Anspruch nicht gerecht

werden, da sie zur exakten Positionierung des Fangspiegels unter dem Okularauszug nur wenig geeignet sind. Aufgrund dieser generellen Einschränkung aller Laser kommt der Sternfreund, der sein Newton Teleskop bestmöglich justieren möchte, kaum an einem Justierokular vorbei. Laser stellen vielmehr komfortabel zu handhabende Hilfsmittel zur Ausrichtung von Fang- und Hauptspiegel dar. Exakte Justierergebnisse werden damit allerdings nur erreicht, wenn ein Verkippfen im Okularauszug vermieden wird. Dies ist ein Schwachpunkt, dessen sich viele Sternfreunde nicht bewusst sind. So erstaunt es nicht, dass zahlreiche Newton Teleskope, die mit vermeintlich präzisen Lasern justiert werden, nicht ihre volle Leistungsfähigkeit erreichen.

Das Justage-Set II von Spheretec überzeugt mit spielend leichter Handhabung und Sicherheit der Justiererergebnisse. Mit keiner anderen Justierhilfe gelangen alle notwendigen Justierschritte so intuitiv. Mit dem Kollimator-Set von Astrocom werden bei gewissenhafter Anwendung

Tab. 1: Die Justierlaser im Überblick

Modell	Antares Laser Kollimator	ICS Justierlaser A	ICS Collimaster	VTSB 1,25" Laser	Göbel Laser 1,25"	GMK Multikollimator
Leuchtmittel	Laserpointer	Laserdiode	Laserdiode	Laserpointer	Laserpointer	4 weiße LEDs
Steckmaß	1,25"	1,25"	1,25"	1,25"	1,25"	1,25"
Gewicht	254g	186g	200g	134g, 152g mit Barlowlinse	166g	170g, 300g mit Baader Reduzierstück
Baulänge	143mm	131mm	110mm	115mm, 127mm mit Barlowlinse	127mm	94mm, 123mm mit Baader Reduzierstück
Preis	69€	99€	225€	65€ / 89€ mit Barlowlinse	49€ / 54€ mit Justierokular	127€ / 167€ mit Baader Adapter
Zubehör	–	HS-Markierung, Drehpack	HS-Markierung, Schutzkappe für Kollimationsspiegel, Drehpack	Barlowlinse mit Schutzkappe, Drehpack	Justierokular optional	Baader 2"/1,25" Adapter, Schutzkappen, Kabel
Gewinde	nein	nein	nein	Filtergewinde	Filtergewinde	T2-Anschlussgewinde
Batterien	3 × LR44-Knopfzelle	2 × AAA-Batterie	2 × AAA-Batterie	2 × LR44-Knopfzelle	3 × LR44-Knopfzelle	9V-Blockbatterie

Tab. 2: Die Justierokulare im Überblick

Modell	Orion Collimating Eyepiece	Spheretec Justage Set Newton II	Astrocom Kollimator Set	ICS Justierokular	Göbel Justierokular
Typ	Cheshire-Okular mit Fadenkreuz	Justierokular mit teildurchsichtigen konzentrischen Ringen auf Sichtscheibe	dreiteiliges Set, bestehend aus Sight Tube, Cheshire-Okular und Autokollimationsokular	Cheshire-Okular ohne Fadenkreuz	einfaches Justierokular
Steckmaß	1,25"	2"	1,25"	1,25"	1,25"
Gewicht	122g	124g	88g / 82g / 40g	84g	86g
Baulänge	127mm	99mm	134mm / 93mm / 45mm	92mm	30mm
Preis	50€	49€	69€	60€	5€ bei Laserkauf
Zubehör	nein	nein	nein	HS-Markierung, Drehpack	Rändelschraube
Bedienungsanleitung	umfangreich, englisch	–	bebildert, umfassend	bebildert, umfassend	–

Die Justierlaser in der Praxis

ICS Collimaster

- + sehr hohe Justierempfindlichkeit
- + Qualitätslaserdiode
- Hauptspiegeljustage bei geschlossenem Tubus umständlich

ICS Justierlaser A

- + hohe Justiergenauigkeit durch kippfreie Aufnahme im Okularauszug
- + Qualitätslaserdiode
- Hauptspiegeljustage bei geschlossenem Tubus umständlich

Laser Göbel

- + Nachrüstung als »barlowed laser« möglich
- asymmetrische Strahlgeometrie

Laser VTSB

- + hohe Präzision bei Nutzung als »barlowed laser«
- asymmetrische Strahlgeometrie

Laser Antares

- hohe Verkippungsneigung im Okularauszug
- Batteriefach schwer zugänglich
- asymmetrische Strahlgeometrie

GMK-Multikollimator

- + vielseitige Justierhilfe mit hoher Justierempfindlichkeit
- zahlreiches Zubehör für vollen Funktionsumfang erforderlich
- einfache Anleitung wird der komplexen Handhabung des Gerätes nicht gerecht

gute Ergebnisse erzielt, das Hantieren mit drei unterschiedlichen Okularen kann aber als umständlich empfunden werden. Eine Vereinfachung stellte das »Collima-

Die Justierokulare in der Praxis

Orion Collimating Eyepiece

- + universelle Justierhilfe für alle notwendigen Justierschritte
- englischsprachige Anleitung

Justage Set Newton II

- + einfache, intuitive und präzise Anwendung aller Justierschritte
- keine Anleitung

Astrocom Kollimator Set

- + Optimierung der Justierschritte durch Spezialisierung der drei Okulartypen
- + umfassende Anleitung

ICS Justierokular

- + aufwendige Streulichtminderung
- + umfassende Anleitung
- eingeschränkte Eignung als alleinige Justierhilfe

Justierokular Göbel

- geringe Justierpräzision bei Fangspiegelpositionierung

ting Eyepiece« von Orion dar, das Fadenkreuzokular und Cheshire in einem Gehäuse vereint und damit ebenfalls für alle anfallenden Justieraufgaben gerüstet ist. Der primäre Einsatzzweck des ICS-Justierokulars ist die Hauptspiegeljustierung, für ein optimales Gesamtergebnis sollte es mit einem Fadenkreuzokular kombiniert werden. Wenig empfehlenswert ist das Göbel-Justierokular, das seiner Aufgabe der korrekten Fangspiegelpositionierung nicht wirklich gerecht werden kann.

Für offene Tubuskonstruktionen sehr empfehlenswert ist das Lasermodell »A«

von ICS, das mit einer präzisen Laserdiode aufwartet und verkippungsfrei geklemmt werden kann. Bei Teleskopen mit geschlossenem Tubus ist ein Justierlaser mit 45° geneigter Reflektionsfläche vorzuziehen wie das VTSB-Modell, das als »barlowed laser« das Problem einer möglichen Laserverkippung umgeht. Weniger empfehlenswert hingegen ist der Justierlaser von Antares, der aufgrund der Neigung im Okularauszug zu verkippen und der schlechten Zugänglichkeit des Batteriefaches nicht überzeugen konnte. Ohne besondere Schwächen oder Stärken punktet der Laser der Fa. Göbel durch seinen günstigen Preis. Der ICS Collimaster eignet sich aufgrund seiner hohen Justierempfindlichkeit besonders für große und schnelle Newton. Schließlich stellt der GMK-Kollimator ein komplexes Werkzeug zur Justierung von Newton-Teleskopen und anderen Teleskoptypen dar. Damit der volle Funktionsumfang genutzt werden kann, ist umfangreiches Zubehör erforderlich. Das GMK-Modell ist damit vornehmlich ein Gerät für den engagierten Sternfreund mit mehreren Teleskopen unterschiedlicher Bauart.

[1] Astrocom: Über die Justierung von astronomischen Teleskopen, München (1994)
 [2] Birkmaier, M.: Newton Collimation, Eigenverlag, Augsburg (1996)
 [3] Carlin, N. O.: Collimation with a Barlowed Laser, Sky & Telescope 105, 121 (2003)
 [4] Carlin, N. O.: The Autocollimator, an analysis of principles and operation, revised version April 5th, 2003, web.telia.com/~u41105032/autocoll/autocoll.htm (2003)
 [5] Grohs, E.: GMK-Kollimator, NightSky 3/2006, 17
 [6] Pernozzoli, A.: Vier gewinnt, Der Grzy-Multi-Kollimator, SuW 4/2005, 77
 [7] Pilz, U.: Justierung von Newton-Teleskopen, Ausgabe 3.0, home.arcor.de/piu58/justg.pdf (2006)

Astrocom Justier-Laser

Eine Nachbemerking können wir zu den in interstellarum 54 verglichenen elf Justierokularen und -lasern machen: Die Firma Astrocom bietet einen neuen Justierlaser mit 1¼"-Steckmaß. Der Laser ist komplett gekapselt in einem Metallgehäuse untergebracht, das ausreichend Schutz vor versehentlicher Beschädigung bietet. Die Batterie (Knopfzelle) sitzt zugänglich am oberen Ende des Lasers und kann leicht

ausgetauscht werden. Die Laserlage wird an einer 45° geneigten Re-



flektionsfläche überprüft. Als Besonderheit kann die Helligkeit des Laserstrahls

durch einfaches Drehen eines großen Schalters in sieben Stufen eingestellt und somit immer optimal der aktuellen Umgebungsbeleuchtung angepasst werden. Ein Frontgewinde zur Aufnahme einer Barlowlinse ist nicht vorhanden. Der Preis beträgt 39€.

■ Frank Gasparini, Ronald Stoyan