

FERNGLÄSER UND FERNROHRE

Das bloße Auge allein reicht zur Beobachtung des Himmels nur bedingt: Fernglas und Fernrohr zeigen nicht nur mehr Details, sondern vor allem auch lichtschwächere Objekte. Was aber muss ein Fernrohr können, worauf sollte man beim Kauf achten?

Das menschliche Auge steuert die einfallende Lichtmenge über den Durchmesser der Pupille. Damit unser Auge sich an wechselnde Lichtverhältnisse anpassen kann, ist der Pupillendurchmesser veränderlich: An einem hellen Sommertag kann sich die Pupille auf 1–2 Millimeter zusammenziehen, in dunkler Nacht oder in einem dunklen Raum will unser Auge mehr Licht sammeln und öffnet sich bis zu 6–8 Millimeter weit. So kann, im Vergleich zu heller Umgebung, in der Dunkelheit die 10- bis 60-fache Lichtmenge auf die Netzhaut gelangen; dies sind

allerdings nur Richtwerte. Bei jungen Menschen ist die Flexibilität der Pupille im Allgemeinen größer als bei älteren Menschen. Die Anpassung der Netzhaut unseres Auges an die Dunkelheit kann bis zu einer Stunde dauern. In diesem Zeitraum können wir am Nachthimmel noch nicht die schwächsten Objekte erkennen. Der Anpassungsprozess des Auges an die Dunkelheit wird „Adaption“ genannt. Mit vollständig adaptierten Augen vermögen wir an einem dunklen Hochgebirgshimmel Sterne bis zu Größenklassen von 6,5^m bis 7^m zu erkennen. Nehmen wir jedoch ein Fernglas zu Hilfe, dann erweitert sich die Sichtbarkeitsgrenze deutlich zu schwächeren Himmelsobjekten hin.

DAS LICHTSAMMEL- VERMÖGEN

Bereits ein mittelgroßes Fernglas vom Typ „10 × 50“ erhöht die Reichweite auf bis zu 11^m und ein 20-cm-Teleskop zeigt noch Sterne bis zur Helligkeit 13^m. Der wichtigste Vorteil eines optischen Hilfsmittels bei der Himmelsbeobachtung liegt also im Vermögen, mehr Licht sammeln zu können als das bloße Auge. Die Grafik auf S. 61 zeigt, wie die Grenzgrößenklasse mit steigender Teleskopöffnung wächst. Die Angaben gelten für einen sehr dunklen Nachthimmel ohne



Bereits mit einem Fernglas ist es ein tolles Erlebnis, den funkelnden Sternenhimmel zu erkunden.

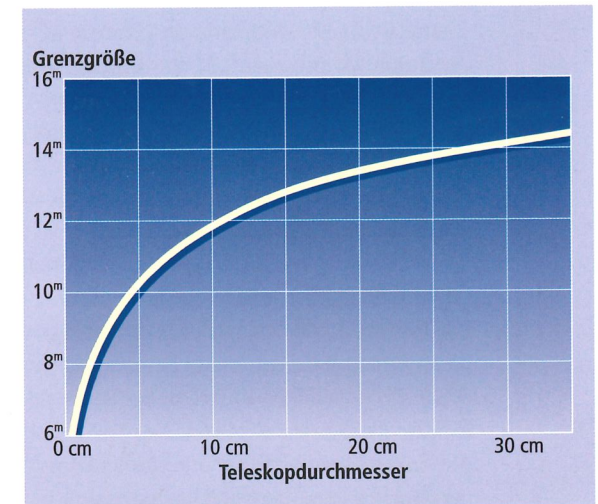


Ein gutes Teleskop zeigt um einen Stern herum die typischen „Beugungsringe“.

künstliche Lichtquellen. Ist der Himmel aufgeklärt, so verschlechtert sich die Grenzelligkeit zu geringeren Größenklassen hin. Dabei bringt das einfachste und im Allgemeinen auch preiswerteste Instrument, ein Fernglas oder Feldstecher, bereits einen sehr großen Effekt. Der Schritt zu einem viel größeren, unhandlicheren und meist auch teureren Instrument, z. B. einem Spiegelteleskop mit 200 mm Durchmesser, ist groß, bringt jedoch nur einen vergleichsweise geringeren Zuwachs an Lichtstärke. Allein daraus folgt bereits, dass es sinnvoll ist, die Himmelsbeobachtung mit einem kleinen Instrument (etwa einem Feldstecher oder kleinen Linsenteleskop) zu beginnen.

DIE BILDSCHÄRFE

Geht man zum Erwerb eines Fernglases oder Teleskops in ein Fotogeschäft oder Kaufhaus, so findet man Produktbeschreibungen, die vor allem die „maximale Vergrößerung“ preisen, die man mit dem betreffenden Gerät erzielen kann. Wir haben jedoch gerade gesehen, dass vor allem die freie Öffnung, d. h. der Durchmesser der Optik eines Beobach-



Mit zunehmender Öffnung sind immer schwächere Sterne zu sehen.

tungsinstrumentes, von Bedeutung ist. Neben dem Lichtsammelvermögen ist es die Bildschärfe, die für die praktische Beobachtung zählt. Denn was nützt eine – theoretisch mögliche – extrem hohe Vergrößerung, wenn das Bild des eingestellten Himmelsobjektes immer unschärfer wird, je höher wir vergrößern? Auch die Bildschärfe eines Instrumentes wird direkt von seiner Öffnung bestimmt und wird gemessen durch das Vermögen des Instrumentes, feine Details in der Struktur des beobachteten Objektes aufzulösen. Wir sprechen vom „Auflösungsvermögen“. Da die scheinbare Größe von Objekten am Sternhimmel in Winkelgrad (°), Bogenminuten (′) und Bogensekunden (″) gemessen wird, kann auch das Auflösungsvermögen (θ) in diesen Einheiten abhängig vom Instrumentendurchmesser (D) ausgedrückt werden:

$$\theta ["] = 12,6 / D [\text{cm}]$$

Das Auflösungsvermögen eines typischen Linsenfernrohres mit zehn Zentimetern Öffnung beträgt demnach $12,6/10 = 1,26$ Bogensekunden. Ein Teleskop mit 20 Zentimetern Öffnung liefert bereits ein Auflösungsvermögen unterhalb von 1″. Mit einem solchen Instrument lassen sich (zumindest

theoretisch) z. B. Doppelsterne getrennt beobachten, die enger als 0,7" am Himmel nebeneinanderstehen. Feinste Details auf den Oberflächen von Planeten oder dem Mond würden sichtbar werden, wenn, ja wenn da nicht noch die Erdatmosphäre und mit ihr die Luftunruhe wäre.

DIE LUFTUNRUHE

Die irdische Lufthülle spielt bei der praktischen Himmelsbeobachtung eine entscheidende Rolle. Und das nicht nur bei Beobachtungen, die der wissenschaftlichen Forschung dienen, sondern selbst für die relativ kleinen Instrumente der Amateur-Astronomen. Die Erdatmosphäre ist ein „Filter“, durch den das Licht des Himmelsobjektes laufen muss, und der so das Erscheinungsbild des Objektes beeinflusst. Bereits mit bloßem Auge sieht man hin und wieder die hellsten Sterne deutlich flackern; hübsch anzusehen, aber der Bildschärfe sehr abträglich. Die Luft ist ständig in Bewegung, sie ist unten am Boden warm und dicht, oben dagegen eiskalt und dünn. Die Bewegung sorgt für

DIE SKALA DER LUFTUNRUHE

MASS-ZAHLE	BESCHREIBUNG
1	sehr gut – auch bei starker Vergrößerung ist das Bild eines Planeten ruhig und scharf
2	gut – Bildeindruck wie bei 1, jedoch kurzzeitige Unschärfen
3	befriedigend – es kann ein brauchbarer Gesamteindruck gewonnen werden
4	mäßig – Luftunruhe stört merklich, Einzelheiten nur blickweise erkennbar
5	unbrauchbar – auch bei geringer Vergrößerung kein scharfes Bild zu erkennen

die Vermischung von kalten und warmen, dichten und dünnen Luftzellen in der Atmosphäre. Dies hat kleine Ablenkungen eines Lichtstrahls zur Folge, das Bild eines Sterns zappelt ständig hin und her, bläht sich auf, um dann für kurze Momente zu einem winzigen Scheibchen zu schrumpfen. Nur in diesen Momenten können wir das tatsächliche Auflösungsvermögen des Instrumentes vollständig ausnutzen. Der Fachausdruck für diese Luftunruhe ist „Szintillation“.

Bei besonders ruhiger Luft und einem gut justierten Gerät lässt sich an einem Stern das Beugungsbild der abbildenden Optik erkennen. Hier sieht der Betrachter, dass das Auflösungsvermögen begrenzt ist: Um den hellen Stern im Mittelpunkt erscheinen konzentrische Kreise, die sogenannten Beugungsringe. Sie haben nichts mit der Natur des beobachteten Sterns zu tun, sondern entstehen durch das benutzte Teleskop (die Beugung des Lichts an den Rändern der Teleskop-Optik).

Nicht umsonst werden große wissenschaftliche Sternwarten auf hohen Bergen errichtet. Vor allem in diesem Fall kommt es auf hohe Bildschärfe an. Instrumente auf hohen Bergen lassen einen großen Teil der Erdatmosphäre bereits unter sich. Die Störungen der restlichen Lufthülle oberhalb der Instrumente sind hier wesentlich geringer als bei Beobachtungen von Meereshöhe aus.

DIE VERGRÖßERUNG

Was also auf den meisten Werbeprospekten als das Qualitätsmerkmal Nummer 1 angepriesen wird, ist in der Praxis von untergeordneter Bedeutung: die Vergrößerung. Bei der Vergrößerung handelt es sich rechnerisch um das Verhältnis von Objektiv- zu Okularbrennweite. Hat das Fernrohr beispielsweise 900 mm Brennweite und das Okular 20 mm, so lautet die Vergrößerung $900/20 = 45\times$. Bei Verwendung eines Oku-

lars mit 10 mm Brennweite steigt die Vergrößerung entsprechend auf 90-fach an. Welche Vergrößerung ist aber sinnvoll für mein Gerät, wenn, wie oben beschrieben, die Auflösung nur vom Objektivdurchmesser abhängt? Dazu gibt es eine Faustregel: Die „Normalvergrößerung“ entspricht dem Objektivdurchmesser in Millimetern. Bei einer Öffnung von 120 mm ist demnach eine Vergrößerung von maximal $120\times$ zu empfehlen. Ist die Luftunruhe bei der Beobachtung besonders gering, scheint das Bild des Himmelsobjektes im Instrument sozusagen zu „stehen“, dann kann man auf die „förderliche Vergrößerung“ erweitern: Sie entspricht dem doppelten Objektivdurchmesser in Millimetern. Bei unserem 120-mm-Teleskop käme demnach nun eine 240-fache Vergrößerung zum Einsatz. Eine noch höhere Vergrößerung ist in den meisten Fällen sinnlos, denn wir würden damit nur die theoretische Unschärfe des Instrumentes vergrößern, nicht aber mehr Details in Himmelsobjekten erkennen können. Lassen Sie sich also nicht von großen Zahlenangaben der Vergrößerung blenden.

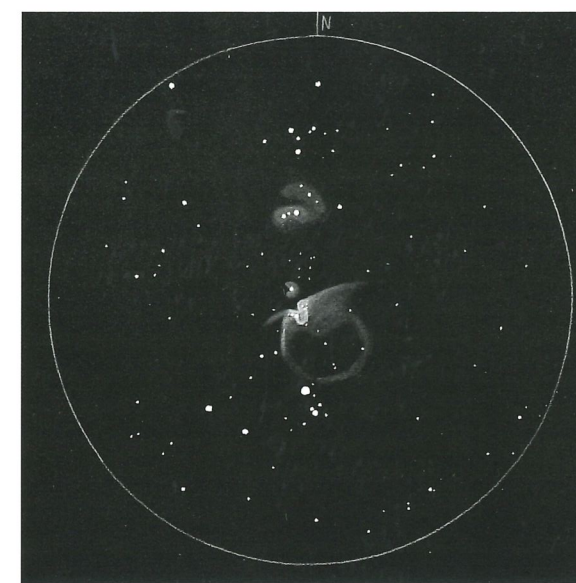
DIE VERGRÖßERUNG IN DER PRAXIS

Hohe Vergrößerungen zeigen kleine Details von Objekten, gehen aber im Allgemeinen mit kleinen Gesichtsfeldern einher und zeigen z. B. nur einen Ausschnitt vom Mond. Geringe Vergrößerungen lassen dagegen den Mond in seinem Umfeld am Sternhimmel erkennen und andere großflächige Himmelsobjekte in ihrer Gesamtheit beobachten. Hohe Vergrößerungen verdunkeln das Bild, lichtschwache, diffuse Objekte verschwinden im Himmelshintergrund. Geringe Vergrößerungen hingegen zeigen auch schwächere diffuse Objekte vor dem Himmelshintergrund. Geringe wie starke Vergrößerungen haben somit ihre Berechtigung und ihren praktischen Nutzen bei der Beobachtung der verschiedenen Objekte.

Wie oben bereits angemerkt, wird die Vergrößerung durch die Wahl des Okulars bestimmt. Unser Beobachtungsinstrument mit der Öffnung D und der Brennweite f erzeugt in seinem Brennpunkt ein Bild des beobachteten Himmelsobjektes (siehe Abb. S. 67). Dieses Bild wird mit einer „Lupe“, dem Okular, vergrößert. Der Beobachter blickt durch das Okular und betrachtet ein vergrößertes Bild des Objektes. Vergrößerung kann man sozusagen kaufen: Verwenden wir Okulare mit unterschiedlicher Brennweite, so erzielen wir unterschiedliche Vergrößerungen. Die allgemeine Formel zur Berechnung der Vergrößerung V lautet:

$$V = f_{\text{Objektiv}} / f_{\text{Okular}}$$

Dabei ist f_{Objektiv} die Brennweite des Fernrohres (die damit feststeht) und f_{Okular} die Brennweite des verwendeten Okulares (das ausgetauscht werden kann). Mit einem 10-mm-Okular an einem Teleskop der Brennweite 1000 mm erzielt man eine Vergrößerung von $100\times$. Die Teleskopöffnung spielt dabei keine Rolle.



Zeichnung des Orion-Nebels nach Beobachtung mit einem Fernglas.



Okulare mit einem Durchmesser von 2 Zoll (links) und 1 1/4 Zoll im Vergleich.

SINNVOLLE VERGRÖßERUNGEN

DURCHMESSER TELESKOP	VERGRÖßERUNG NORMAL	VERGRÖßERUNG MAXIMAL
60 mm	60 ×	120 ×
100 mm	100 ×	200 ×
150 mm	150 ×	300 ×
200 mm	200 ×	400 ×

Neben der maximal sinnvollen Vergrößerung gibt es auch eine minimal sinnvolle. Je geringer nämlich die Vergrößerung ist, desto dicker wird das Lichtbündel, das aus dem Okular austritt und in das Auge des Beobachters eintreten muss. Als Faustformel gilt: Der Objektivdurchmesser des Teleskops geteilt durch die Eintrittspupille des Auges (meist 7 mm) ergibt die minimal sinnvolle Vergrößerung. Im Falle eines typischen 100-mm-Fernrohres liegt die minimale Vergrößerung bei $100/7 = 14 \times$. Um eine geringe Vergrößerung zu erreichen, ist ein langbrennweitiges Okular mit einer Brennweite von etwa 40 – 50 mm zu empfehlen. Die förderliche Vergrößerung eines Linsenfernrohres von 100 mm Öffnung beträgt 200 ×. Man erzeugt sie (bei einer Teleskopbrennweite von 1000 mm) durch den Einsatz eines 5-mm-Okulares.

Ein Satz von drei bis vier Okularen mit Brennweiten zwischen 40 und 5 mm sollte für die praktische Beobachtung ausreichen. Beim Kauf eines weiteren Okulars ist aber zu berücksichtigen, dass es auf dem Markt sehr verschiedene Okulartypen mit unterschiedlichen Qualitäten und extrem unterschiedlichen Preisen gibt. Für den Anfang genügen einfache, preiswerte Okulare. Es gibt außerdem „normale“ und sogenannte „Weitwinkelokulare“, die sich im Einblickverhalten so unterscheiden, dass man beim Blick in ein normales Okular den Gesichtsfeldrand als kreisförmige Blende erkennt, während man in einem Weitwinkelokular den Rand nur durch Hin- und Herbewegen des Auges oder überhaupt nicht mehr sieht. Dann scheint das beobachtete Objekt förmlich im Raum vor dem Beobachter zu schweben, was meist als sehr angenehm und beeindruckend empfunden wird. Diese relativ teuren, weil in der Herstellung anspruchsvolle Technik erfordern, den Weitwinkelokulare gibt es auch in verschiedenen Brennweiten.

Beim Kauf muss man sich zwischen zwei grundsätzlich verschiedenen Okularen entscheiden: Wähle ich ein Okular mit 1 1/4 Zoll (= 31,75 mm) oder mit 2 Zoll (= 50,8 mm) Durchmesser? Für die größeren Okulare benötigt man natürlich auch ein Teleskop mit entsprechend großem Okularauszug. Da 2-Zoll-Okulare im Vergleich zu den 1 1/4-Zoll-Okularen eine größere Gesichtsfeldblende haben, bieten sie sich für den Einsatz bei geringen Vergrößerungen bzw. zur Erzielung großer Gesichtsfelder an. Bei hohen Vergrößerungen genügt meist auch ein 1 1/4-Zoll-Okular. Zu bedenken ist, dass 2-Zoll-Okulare bei gleichem Typ und bei gleicher Brennweite teurer als die 1 1/4-Zoll-Okulare sind. Für den Einstieg sind die kleineren Okulare völlig ausreichend. Das „Scharfstellen“ oder Fokussieren des Bildes im Instrument erfolgt mit einer Vorrichtung, mittels derer der Abstand des Okulars

von der abbildenden Optik verändert werden kann. Beim Feldstecher ist dies eine Stellschraube zwischen den beiden Parallel-optiken, beim Teleskop der Okularauszug.

DAS ÖFFNUNGS- VERHÄLTNISS

Das „Öffnungsverhältnis“ ist ein weiterer wichtiger Begriff, wenn wir über astronomische Instrumente reden. Es bezeichnet das Verhältnis von Öffnung zu Brennweite des Instrumentes. Ein Instrument mit 120 mm Öffnung und 1440 mm Brennweite hat ein Öffnungsverhältnis von $120/1440 = 1/12$. Es wird auch bezeichnet mit „1:12“ oder „f/12“; manchmal auch fälschlich als „f12“ oder gar als „f=12“. Typische Öffnungsverhältnisse sind z. B. 1:7 bis 1:15 bei Linsenfernrohren oder 1:4 bis 1:10 bei Spiegelteleskopen. Ein Teleskop mit dem Öff-

nungsverhältnis 1:5 gilt allgemein als lichtstärker als eines mit 1:10. Dies gilt aber nur bei der Fotografie und entspricht dann der Blende des Fotoobjektives (1:5,6 gleich Blende 5,6). Betrachten wir aber die gleiche Vergrößerung, so wird man auch unterschiedliche Okulare einsetzen müssen, um beispielsweise eine hundertfache Vergrößerung zu erreichen; in diesem Fall sind beide Instrumente wieder gleich „lichtstark“.

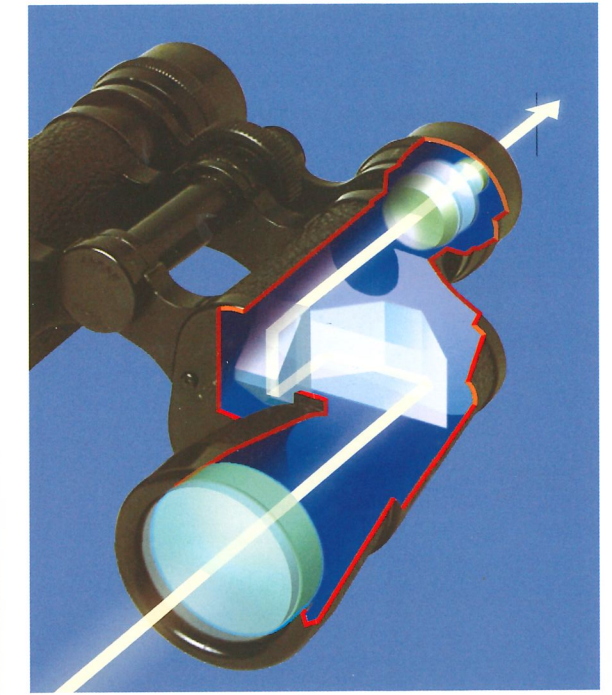
INSTRUMENTE IN THEORIE UND PRAXIS

DER FELDSTECHER

Ein Fernglas oder Feldstecher mit den richtigen Abmessungen kann ein gutes, pflegeleichtes Einstieginstrument sein, mit dem sich wunderbar „Spazierensehen“ lässt. Es zeigt große flächenhafte Objekte wie den



Feldstecher kann man meist mit einem Stativadapter auf einem Fotostativ befestigen.



Strahlengang eines Prismenfeldstechers

Mond oder große Galaxien und Sternhaufen in ihrem Umfeld am Himmel vollständig im Gesichtsfeld, das mehrere Grad umfassen kann.

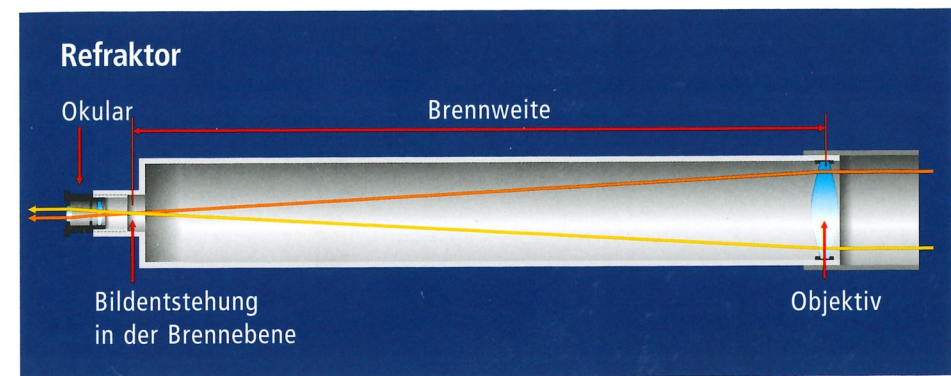
Ein Feldstecher ist eigentlich nichts weiter als ein Doppelfernrohr mit Linsenobjektiven am vorderen und Okularen am hinteren Ende. Die Baulänge wird durch ein Prismensystem in jedem Rohr verkürzt, das den Gang der Lichtstrahlen mehrfach umlenkt. Einer der Vorteile ist das aufrechte und seitenrichtige Abbild der Objekte, was natürlich für Erdbeobachtungen eingerichtet wurde. Weitere Vorteile dieses Instrumentes sind seine hohe Lichtstärke und sein großes Gesichtsfeld. Liest man etwa „8 × 50“ auf dem Gehäuse, so bedeutet die „8“ achtfache Vergrößerung, die „50“ steht für den Objektdurchmesser in Millimetern. Hiermit handelt es sich um einen kleinen Standard-Feldstecher. Mit „14 × 100“ wird demnach ein Großfeldstecher mit 100 mm Objektivöffnung und 14-facher Vergrößerung bezeichnet. Die Preise dieser Instrumente richten sich nach Qualität und Größe und reichen vom „Taschengeld“ bis in Regionen von mehreren Tausend Euro.

Wer das erste Mal einen Feldstecher in die Hand nimmt und auf den Himmel richtet, wird schnell feststellen, dass es ein Problem bereiten kann, trotz der relativ geringen Vergrößerung das Instrument ruhig zu halten. Zittert die Hand oder wackelt man mit dem Instrument, so lassen sich Details nur schwer erkennen. Leicht verliert man deshalb die Freude am Beobachten. Schwierig ist außerdem die Beobachtung von Objekten nahe des Zenits, hier muss man den Kopf weit in den Nacken legen. Bequemer wird es, wenn wir uns für die Dauer der Beobachtung in einen Liegesessel begeben oder einen Feldstecher mit Schrägeinblick auf Stativ verwenden.

Um eine verwackelungsfreie Beobachtung zu ermöglichen, gibt es zwei Lösungen: Wer tiefer in die Tasche greifen möchte, leistet sich einen der modernen, relativ teuren, aber qualitativ hervorragenden Feldstecher mit Bildstabilisator. Hier sorgt eine mechanische oder elektronische Vorrichtung im Instrument für einen Ausgleich der Wackelbewegungen. Das Bild bleibt im Okular stehen und bewegt sich nur langsam – ein Genuss!



Von links nach rechts: die vier typischen Teleskoptypen Refraktor (Linsenteleskop), Newton (Spiegelteleskop), SCT (Spiegelteleskop mit Korrekturlinse) und Dobson (Newton-Spiegelteleskop).



Strahlengang in einem Refraktor (Linsenfernrohr)

Die zweite Lösung ist eigentlich die erste: Wir montieren unser Gerät auf ein stabiles Fotostativ. Dazu gibt es im Fachhandel preiswerte Klemmen, mit denen man eine starre Verbindung zwischen Instrument und Stativ herstellen kann. Mit dem Feldstecher auf einem Stativ hat man schon eine kleine Mini-Sternwarte. Wer es komfortabler mag: Im Teleskopfachhandel gibt es auch spezielle Feldstecherstativ für die astronomische Beobachtung mit Großfeldstechern.

DAS LINSENFERNROHR – DER REFRAKTOR

Der Refraktor ist das klassische Teleskop – eine lange, dünne Röhre, in die man von hinten hineinschaut. Vorne, an der Lichteinlassöffnung des Teleskop-Rohres, befindet sich ein Objektiv, das zur Korrektur von Farbfehlern (selbst bei den einfachsten Modellen) aus mindestens zwei Glaslinsen besteht. Ein solches Objektiv wird „Achromat“ genannt. Sollen die Farbreinheit der Abbildung und die Bildschärfe weiter verbessert werden, werden auch Objektive aus drei oder gar vier Linsen benutzt: die recht aufwändigen und teuren, aber in ihrer Güte außergewöhnlichen „Apochromate“. Das Objektiv besitzt die zwei wichtigen Eigenschaften Öffnung und Brennweite. Im Abstand der Brennweite vom Objektiv (im Brennpunkt) entwirft das Linsensystem ein Abbild des eingestellten Objektes. Die-

ses gegen die Realität um 180° gedrehte Bild schwebt (seitenverkehrt und kopfstehend) in der Luft und kann z. B. mit einem Blatt Papier oder einem fotografischen Aufnahme-gerät aufgefangen werden (siehe auch die Kapitel „Sonnenbeobachtung“ auf S. 92, und „Astrofotografie“ auf S. 174). Gewöhnlich wird dieses „Luftbild“ mit einem Okular vergrößert und dann mit dem Auge betrachtet. Das Okular ist ebenfalls ein Linsensystem, das je nach Einsatzzweck und Qualität aus zwei bis 15 Linsen bestehen kann.

Linsenfernrohre besitzen eine relativ große Baulänge, die von ihrer Brennweite abhängt. Vor dem Objektiv sitzt eine Taukappe, die das Beschlagen des Objektivs und den Einfall von Fremdlicht vermindern soll. Refraktoren sind – bezogen auf ihren Durchmesser – relativ teuer, denn für eine einwandfreie Abbildungsqualität des Objektivs müssen (mindestens) vier Glasoberflächen hochgenau poliert werden. Der Vorteil liegt in der einfachen Handhabung des Instrumentes. Nicht zu unterschätzen ist, dass Refraktoren so gut wie nie justiert werden müssen. Die Optik wird ab Werk einmal korrekt eingestellt, und wenn man das Gerät nicht auseinandernimmt, kann sich an der Justierung auch nichts verändern. So gibt es (auch kleine) Refraktoren, die seit vielen Jahrzehnten ihren Dienst tun und immer noch hervorragende Abbildungsgüte beweisen.

Kleine Linsenfernrohre sind die typischen Einsteigerinstrumente und dank Serienproduktion auch nicht besonders teuer. Langbrennweitige Refraktoren mit Öffnungsverhältnissen zwischen 1:10 und 1:15 sind besonders geeignet zur Beobachtung kleiner heller Objekte wie dem Mond, Planeten oder Doppelsternen. Lichtstarke, kurz-brennweitige Refraktoren mit 1:6 bis 1:8 eignen sich auch für ausgedehnte Objekte wie Gasnebel oder Sternhaufen.

DAS SPIEGELTELESKOP – DER REFLEKTOR

Spiegelteleskope oder Reflektoren sind ganz anders aufgebaut als Linsenfernrohre. Die abbildende Optik sitzt nicht an der Lichteinlassöffnung des Instrumentes, sondern am hinteren Ende des Rohres, das man auch als Tubus bezeichnet: ein Hohlspiegel. Spiegel haben den Vorteil, dass bei ihnen, im Gegensatz zum Refraktor, nur eine einzige Fläche bearbeitet werden muss. Spiegelteleskope sind daher, bezogen auf ihren Durchmesser, relativ preiswert. Auch dieser Hohlspiegel (das Objektiv des Reflektors) besitzt die wichtigen Parameter Öffnung und Brennweite. Auch er entwirft im Abstand der Brennweite ein Bild des eingestellten Objektes. Das grundsätzliche, konstruktiv bedingte Problem bei Spiegelteleskopen ist die Tatsache, dass die Abbildung **vor** dem Spiegel geschieht. Der Betrachter muss sich also in den Strahlengang begeben und deckt somit das eintreffende Licht ab. Daher funktionieren Spiegelteleskope eigentlich gar nicht. Damit sie es doch tun, gibt es verschiedene Lösungen für dieses Problem und somit mehrere Arten von Reflektoren, die sich durch die Führung ihres Strahlenganges voneinander unterscheiden.

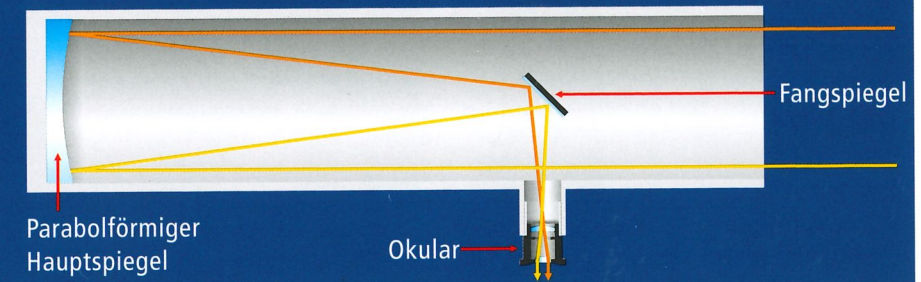
Das Newton-Teleskop Das unter Amateur-Astronomen am weitesten verbreitete Spiegelteleskop ist der Newton-Spiegel, kurz Newton genannt. Hier wird zwischen dem

Hauptspiegel und dem Brennpunkt ein kleiner Planspiegel (Sekundär- oder Fangspiegel genannt) eingesetzt, der den Strahlengang um 90° spiegelt und das Licht seitwärts aus dem Tubus lenkt. Dort ist der Okularauszug angebracht, und das Bild kann mit dem Okular vergrößert und betrachtet werden. Der Fangspiegel ist über drei oder vier dünne Metallstreben am Tubus befestigt. Besonders viel Licht geht dadurch nicht verloren, aber die Haltestreben beugen das Licht und vermindern dadurch die Auflösung. Die Streben erzeugen auf Fotografien mit einem Newton-Teleskop charakteristische Strahlen, die von den helleren Sternen ausgehen – nett anzusehen, aber leider nicht unbedingt erwünscht.

Spiegelteleskope haben allgemein den Vorteil, perfekt farbrein zu sein (Linsenteleskope schaffen das, je nach Aufwand, immer nur bis zu einem gewissen Grad). Dadurch muss das Öffnungsverhältnis zur Vermeidung von Farbfehlern nicht unnötig verkleinert werden, und Newton-Teleskope besitzen Öffnungsverhältnisse zwischen 1:4 und 1:6, sind somit recht lichtstark. Besonders geeignet sind sie für die Beobachtung lichtschwacher, ausgedehnter Objekte wie Gasnebel oder Galaxien. Natürlich können wir mit Newton-Teleskopen auch den Mond oder Planeten beobachten.

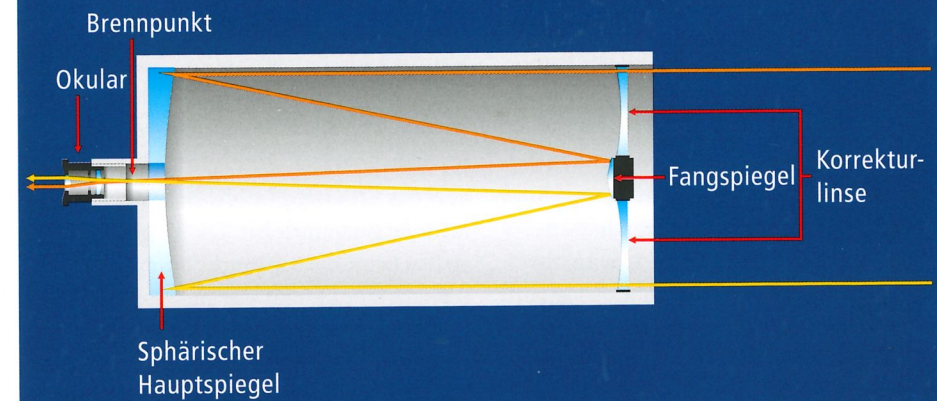
Bei Newton-Spiegelteleskopen besitzt die reflektierende Fläche des Hauptspiegels eine parabolische Form. Diese Form verbessert die optische Abbildung eines Objektes gegenüber einem sphärisch geformten Hauptspiegel enorm. Parabolspiegel sind in der Herstellung allerdings etwas aufwändiger und damit teurer als sphärische Spiegel, auch wenn die Parabelform nur wenig von der sphärischen abweicht. Etwas nachteilig bei Spiegelteleskopen ist ihre Justieranfälligkeit. Besonders dann, wenn sie zur Beobachtung häufig transportiert werden. Der Hauptspiegel kann zwar kaum herausfallen, doch wird er prinzipiell nur auf seiner Rück-

Newton-Reflektor



Strahlengang in einem Newton-Reflektor (Spiegelteleskop)

Schmidt-Cassegrain-Teleskop



Strahlengang in einem Schmidt-Cassegrain-Teleskop (Kombination aus Linsen- und Spiegelteleskop)

seite geführt und justiert. Setzen wir den Tubus einmal hart auf, wird sich der Hauptspiegel leicht verschieben, was bereits ausreichen kann, um starke Bildfehler zu verursachen. Die Sterne sind dann nicht mehr punktförmig, Mond und Planeten werden nicht mehr richtig scharf. Die Symmetrieachse des großen Spiegels muss exakt auf die Mitte des kleinen Fangspiegels zeigen. Desgleichen muss auch der Fangspiegel exakt auf die Mitte des Hauptspiegels zeigen und bei einem Newton-Teleskop das Licht exakt um 90° aus dem Tubus lenken. Für die Justage von Newton-Teleskopen sind im Fach-

handel sogenannte Justierokulare und Justierlaser erhältlich, die das Justieren der Optik erheblich erleichtern.

Das Schmidt-Cassegrain-Teleskop Das beliebteste Spiegelteleskop überhaupt ist der Schmidt-Cassegrain, kurz SC-Teleskop oder SCT genannt. Die Schmidt-Cassegrains vereinen die Vorteile von Linsen- und Spiegelteleskopen in sich, sind kompakt gebaut und gelten daher als „Allround-Instrument“. Auch die SC-Teleskope besitzen einen Haupt- und einen Fangspiegel. Der Hauptspiegel hat allerdings in der Mitte ein Loch,

durch das das vom Fangspiegel zurückgeworfene Licht tritt. Der Fangspiegel ist in diesem Fall nicht wie beim Newton plan, sondern nach außen gewölbt (konvex). Dadurch wird die Brennweite des Hauptspiegels um einen Faktor zwei bis drei verlängert. Mit anderen Worten: Die Baulänge des Teleskops ist im Vergleich zur Brennweite wesentlich kürzer. Die beliebten SCTs mit 20 cm Öffnung und zwei Metern Brennweite sind so nur ca. 50 cm lang! Außerdem erfolgt der Einblick nun wie beim Refraktor von hinten, was gerade für Anfänger wesentlich bequemer ist. Bis hier sprachen wir eigentlich nur vom Cassegrain-Teleskop, das wie ein Newton-Teleskop einen parabolisch geformten Hauptspiegel besitzt. Bei einem Schmidt-Cassegrain-Teleskop jedoch wird der Parabolspiegel durch einen günstiger herzustellenden sphärischen Spiegel ersetzt. Die damit verbundenen Qualitätsverluste in der Abbildung von Himmelsobjekten werden nun durch die sogenannte Schmidt-Platte kompensiert, die am vorderen Tubusende montiert ist. Die Form der Schmidt-Platte weicht nur gering von der einer planparallelen Glasplatte ab. Meist wird der Fangspiegel direkt in diese Platte eingebaut, so dass die von den Newton-Teleskopen bekannten Beugungseffekte vermieden werden. Außerdem ist der Tubus damit geschlossen und so weniger anfällig für störende Luftturbulenzen im Tubus. Die Justieranfälligkeit ist bei Schmidt-Cassegrain-Teleskopen weniger ausgeprägt als bei Newton-Teleskopen, meistens kann auch nur der Fangspiegel justiert werden.

WELCHES TELESKOP IST DAS RICHTIGE?

Generell lässt sich sagen, dass Teleskope umso teurer sind, je größer ihre Öffnung ist. Spiegelteleskope (Reflektoren) sind bei gleicher Öffnung preisgünstiger als Linsenteleskope (Refraktoren). Am preiswertesten

sind Newton-Teleskope. Kleine Refraktoren sind bereits für wenige Hundert Euro zu haben, für ein 200 mm durchmessendes Schmidt-Cassegrain-Teleskop sind je nach Ausführung bis zu 2000 Euro zu veranschlagen. Der Newton-Typ liegt preislich dazwischen. Wer die Anschaffung eines größeren Instrumentes wegen der hohen Kosten scheut, kann sich auf Astro-Messen oder dem Gebrauchtmart umsehen, wo oftmals gute Teleskope zum halben Neupreis oder noch preiswerter zu haben sind. Doch gerade für den Einsteiger ist es nicht ratsam, gleich als erstes Instrument ein Teleskop mit „Vollausstattung“ zu erwerben. Die Bedienung eines solchen Instrumentes erfordert viel Aufmerksamkeit, die für die Beschäftigung mit den Himmelsobjekten dann oftmals fehlt. Besser ist es, am Anfang ein kleineres (und dennoch gutes!) Instrument einzusetzen, das der Beobachter durch ein größeres ersetzen oder ergänzen kann, wenn er etwas Erfahrung bei der praktischen Beobachtung gesammelt hat. Die untere Grenze stellen heute die bekannten 80-mm-Refraktoren dar. Kauf- und Versandhäuser bieten oft auch kleinere Instrumente an. Die Optik dieser Fernrohre ist meist nicht schlecht, aber das Stativ und Zubehör wenig brauchbar. Besser ist es, man informiert sich im Teleskop-Fachhandel (Adressen auf Seite 219).

SINNVOLLES ZUBEHÖR

Auch für kleinere Instrumente gibt es im Fachhandel Zubehör, das wir bei der Beobachtung sehr sinnvoll einsetzen können. Ein Sucherfernrohr oder eine Peilhilfe mit Leuchtpunkt sind hervorragende Einstellhilfen beim Auffinden gesuchter Himmelsobjekte. Wir stellen sie im Abschnitt „Beobachtungstechniken“ (ab Seite 80) vor. Für optische Bauteile, die wir in den Strahlengang des Teleskops einsetzen, gilt generell, dass sie von umso besserer Qualität sein müssen, je besser das Teleskop ist. Andernfalls verursachen sie eine deutliche Ver-



Um sich nicht den Hals zu verrenken, benutzt man meist ein Zenitprisma.

schlechterung der Bildqualität. Verwendet man an seinem Teleskop die größeren 2-Zoll-Okulare, so ist natürlich auch das Zubehör entsprechend anzupassen – ein Kostenfaktor.

Das Zenitprisma Refraktoren und auch die Schmidt-Cassegrain-Teleskope liefern bei der Beobachtung ein seitenverkehrtes und kopfstehendes Bild. Außerdem wird der Einblick bei hoch am Himmel stehenden Objekten unbequem. Praktisch ist da der Einsatz eines „Zenitprismas“, das zwischen Teleskop und Okular gesteckt wird und den Strahlengang des Teleskops um 90° ablenkt. Das Bild ist damit zwar immer noch seitenverkehrt, dafür nun aber in aufrechter Orientierung zu sehen. Den zweiten Vorteil erkennen wir sofort, wenn wir mit einem Teleskop, das den Okulareinblick am hinteren Tubusende hat, in Zenitnähe beobachten wollen. Anstatt in verrenkter Kopfhaltung senkrecht nach oben durchs Okular schauen zu müssen, können wir von der Seite Einblick nehmen. Die Kosten für ein Zenitprisma liegen etwa im selben Bereich wie die für preiswerte Okulare; meist gehört ein



Mit einer Barlowlinse kann man die Brennweite des Teleskops vervielfachen.

(einfaches) Zenitprisma aber zur Grundausstattung eines Teleskops.

Die Barlowlinse Wer etwas flexibler bei der Wahl der Vergrößerung sein möchte, setzt eine „Barlowlinse“ ein. Die Barlowlinse wird wie das Zenitprisma vor das Okular gesetzt und verlängert die Brennweite des Teleskops und damit die Vergrößerung des verwendeten Okulars meist um den Faktor 2, es gibt jedoch auch Barlowlinsen mit dem Verlängerungsfaktor bis zu 5 x. Wichtig ist auch hier, eine qualitativ gute Barlowlinse zu verwenden.

DIE AUFSTELLUNG DES TELESKOPES

Gerade bei den kleinen Einsteiger-Teleskopen wird eine wichtige Weisheit oft vernachlässigt: Ein Teleskop ist nur so gut wie sein Stativ! Statt von einem Stativ spricht man bei astronomischen Fernrohren von der „Montierung“; damit ist der um zwei Achsen schwenkbare Teil zwischen Teleskop und Stativ/Säule gemeint – diesem wichtigen Thema widmet sich das nächste Kapitel.