

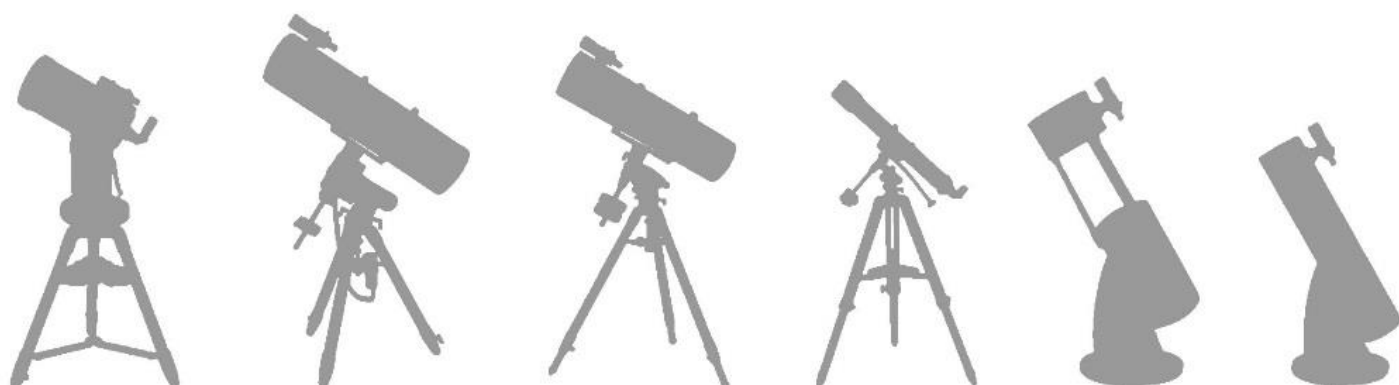
GRATIS
EBOOK
(67 SEITEN)

TELESKOP WISSEN

EINE EINFÜHRUNG IN DIE WELT DER TELESKOPE



MARCUS SCHENK



Präsentiert von



Astroshop.de

TELESKOP WISSEN

EINE EINFÜHRUNG IN DIE WELT DER TELESKOPE

Marcus Schenk

© 2014 Nimax GmbH, Landsberg am Lech

Alle Rechte vorbehalten. Der Nachdruck oder die sonstige Verwendung der Texte, auch nur auszugsweise, bedarf der schriftlichen Genehmigung der Nimax GmbH.

Überarbeitete Version 2014

Autor: Marcus Schenk

Herausgeber: Nimax GmbH

Besuchen Sie unseren Onlineshop unter: www.astroshop.de

Impressum:

Nimax GmbH

Otto-Lilienthal-Str. 9

86899 Landsberg/Lech

Der Inhalt wurde sorgfältig recherchiert, für eventuelle Fehler wird keine Gewährleistung übernommen.

Inhalt

Einleitung	7
Interesse an der Astronomie	8
Tipps zur Beobachtung mit dem bloßen Auge	10
Das Auge	10
Die Pupille des Menschen	10
Sternkarte	13
Es kann losgehen	15
Eine kleine Frustgeschichte	17
Teleskope - Die verschiedenen Bauarten	19
Der Refraktor	19
Das Keplerfernrohr	19
Die Lösung der Optiker	20
Linsenteleskope im Überblick:	21
Die andere Lösung	22
Den Farbfehler austricksen	22
Newtonreflektor	24
So ist das Newtonteleoskop aufgebaut	24
Die Vorteile	24
Nachteile	25
Newtontelekope mit katadioptrischer Bauweise	26
Schmidt-Cassegrain Teleskope	28
Maksutov-Cassegrain	29
Vor- und Nachteile der Teleskopentypen im Überblick	30
Grundsätzliche Überlegungen zur Teleskopwahl	31
Welches Teleskop soll ich kaufen?	31
Das Lichtsammeln	31
Licht, Öffnung und schwache Sterne	31
Der Einfluss der Öffnung	33
Auflösungsvermögen	34
Obstruktion	36

Die Vergrößerung	38
Die Austrittspupille	41
Die einzelnen Teile eines Teleskops	42
Teleskopspiegel	42
Die Montierung	45
Die azimutale Montierung.....	45
Die parallaktische Montierung.....	46
Dobson-Montierung	47
Die Okulare	49
Huygens.....	49
Kellner	49
Orthoskopische Okulare	50
Plössl Okulare	50
Erfler.....	51
Long Eye- und Long View-Okulare	51
Nagler.....	52
2 Zoll Okulare.....	52
Gesichtsfeld.....	53
Abbildungsfehler von Optiken	57
Sphärische Aberration.....	57
Chromatische Aberration	58
Koma.....	59
Astigmatismus	59
Bildfeldkrümmung	59
Weiteres astronomisches Zubehör	61
Zenitspiegel und Zenitprisma	61
Die Umkehrlinse.....	63
Die Barlowlinse.....	63
Filter in der Astronomie	65
Mondfilter.....	66
Nebelfilter	66

Filter im Teleskop verwenden	67
------------------------------------	----

Einleitung

Wer einmal außerhalb der Städte auf dem Land oder wohlmöglich sogar auf einem hohen Berg in den Alpen in einer klaren Nacht den Kopf zum Himmel gestreckt hat, kann vielleicht verstehen, was manch einen bewogen hat, sich mit dem faszinierenden Hobby der Astronomie zu beschäftigen. Tausende Sterne tauchen auf und schauen einem aus tausenden Lichtjahren Entfernung an, wie man staunend und mit offenem Mund dieses Naturwunder zu begreifen versucht. Manchmal ist es kalt, der Wind pfeift einem um die Ohren, doch angesichts dieser Faszination könnte man in eine andere Welt abtauchen, die einem die tatsächliche Realität vergessen lässt. Zuerst erscheinen die Sterne in einem heillosen Durcheinander, scheinbar herrscht dort oben nur Chaos. Doch wenn man sich einmal näher damit beschäftigt hat, ist es wie in einem fremden Ort, in dem man sich zuerst nur mit einer Landkarte zu Recht fand und sich nun auskennt. Plötzlich sieht man nur

noch Bären, Löwen, geflügelte Pferde, Jäger, Hasen und Schwäne. Alles dies sind Sternbilder. Sterne, die die Form von bestimmten Figuren oder Tieren darstellen. Nachdem man seinen ersten Wissensdurst gestillt hat, bekommt man meist Hunger nach mehr. Dazu muss man die Leistung seines eigenen Auges mit künstlichen Mitteln verstärken.

Nachdem sich die Dämmerung an einem klaren Tag gesenkt hat und der Himmel von einem tiefen Dunkelblau in ein tiefes Schwarz sinkt, brechen Sie auf. Menschen, die gierig auf die Nacht warten und dann mit eigentümlich anmutenden Instrumenten, schwer bepackt losziehen und sich ein Plätzchen unter dem freien Himmel sichern. Meist fucheln sie mit roten Taschenlampen herum, denn helles weißes Licht



verabscheuen sie. Dann bauen Sie große Rohre auf, die steil in den Himmel gerichtet sind. Oft werden dazu zahlreiche technische Geräte aufgebaut. Nun schwenken sie diese Geräte auf bestimmte Positionen im Himmel und beobachten durch diese. Diese Geräte werden allgemein als Teleskope oder Fernrohre bezeichnet. Meist sind diese Menschen still und sagen nicht viel beim Beobachten, da kann man vielleicht noch das Rascheln des Windes in den Bäumen registrieren, doch manchmal gibt es einen aufgeregten Aufschrei, wenn einer dieser Amateurastronomen (wie sie genannt werden) wieder einmal ein besonders schönes Himmelsobjekt gesichtet hat. Diese Menschen betreiben alle das Sternegucken als Hobby und zeichnen sich durch eine ganz besondere Faszination für dieses Thema aus.

Interesse an der Astronomie

Sie alle haben einmal angefangen, sich für die Astronomie zu interessieren. Zuerst beobachteten sie mit dem bloßen Auge, versuchten den großen Wagen und andere bekannte Sternbilder zu erkennen. Das waren die ersten Schritte, bevor sie sich dafür entschieden die Astronomie als Hobby zu betreiben.

Dann kam im Allgemeinen der Wunsch nach einem Teleskop auf. Einem optischen Hilfsmittel, mit dem man nicht nur die Sterne, sondern auch die Objekte dazwischen anschauen kann. All die Galaxien, planetarischen Nebel, Emissionsnebel, Supernovaüberreste oder die Objekte in unserem Sonnensystem. Doch fast jeder stand vor einer riesigen Auswahl und vor der Frage, was denn nun das richtige Fernrohr für seine Beobachtungszwecke sei. Um nicht einfach einmal zu kaufen und dann vielleicht doch nicht das richtige Teleskop erworben zu haben ist es deswegen zu empfehlen, sich darüber im Klaren zu sein, was man denn eigentlich möchte. Außerdem sollte man sich mit den verschiedenen Vor und Nachteilen der verschiedensten Teleskope beschäftigen. Um in diesem Urwald der Möglichkeiten einen Überblick zu behalten, braucht man eine Orientierung. Ich möchte Ihnen helfen einen Weg zu finden, der für Sie der Richtige ist, indem wir Sie auf den folgenden Seiten über verschiedene Teleskopsysteme, Zubehör und Beobachtung ein wenig informieren.

Viel Spaß bei der Lektüre!



Tipps zur Beobachtung mit dem bloßen Auge

Das Auge

Nicht nur ein Teleskop, sondern auch das menschliche Auge ist ein Beobachtungsinstrument. Zugegeben ist das Auge das kleinste Teleskop, das es gibt, aber dennoch gibt es kein besseres und vollkommeneres Teleskop als das menschliche Auge (auch wenn selbst das Auge Abbildungsfehler aufweist). Zudem haben wir unser Auge immer dabei und können beobachten, wo wir es gerade für nötig halten. Bei einem Teleskop geht man davon aus, dass es mit zunehmender Öffnung auch immer lichtstärker wird. Unser Auge hat ebenso wie ein Teleskop eine Objektivöffnung, nämlich die Augenpupille.

Die Pupille des Menschen

Die Augenpupille ist eine geniale Einrichtung des Auges. Sie wird von der Regenbogenhaut (Iris) gesteuert und variiert zwischen einem Durchmesser von ungefähr 1mm und 8mm. Dabei ist die maximale Öffnung der Pupille aber auch abhängig vom Lebensalter des Menschen. Während ein 20-jähri-

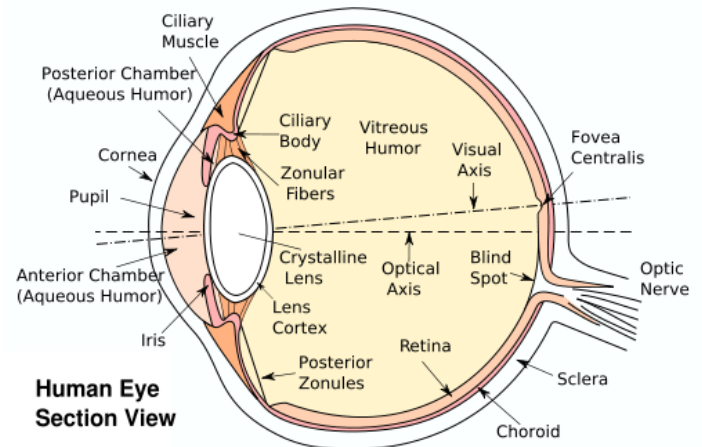


Bild: Based on Eyesection.gif, by en:User_talk:Sathiyam2k. Vectorization and some modifications by user:ZStardust (Self-work based on Eyesection.gif) [Public domain], via Wikimedia Commons

ger Mensch etwa 8mm Pupillenöffnung erreicht, kann ein 60-jähriger Mensch nur noch eine Pupillenöffnung von etwas über 4mm erreichen. Somit ist das Auge des 20-Jährigen wesentlich lichtempfindlicher als das Auge des 60-Jährigen.

Dieser Umstand ist wichtig für die Beobachtung des Sternenhimmels. Der 20-Jährige kann somit schwächere Sterne erkennen, als der ältere Mensch. Wenn die Augenpupille weit geöffnet ist, tritt, wie schon erwähnt, viel Licht in das Auge. Allerdings wird bei zunehmender Öffnung des Auges auch die Sehschärfe ab, was

aber bei Nacht nicht von Bedeutung ist, da dann vorwiegend nur die Stäbchen des Auges funktionieren. Die Stäbchen besitzen ein schlechteres Auflösungsvermögen, als die Zapfen, die zur Tagbeobachtung vorgesehen sind.

Wenn ein Auge die Fähigkeit hat, zwei eng zusammenstehende Punkte aus einer gewissen Entfernung noch als Punkte zu trennen, die unter einem kleinen Winkel stehen, kann man von einem Auflösungsvermögen sprechen. Normalerweise hat das Auge ein Auflösungsvermögen von 1 Bogenminute (entspricht dem augenoptischen Visus von $V=1$). Bei Nacht liegt es etwa bei 2 Bogenminuten.

Wenn man nun von einem Doppelsternsystem die einzelnen Komponenten am Himmel noch mit dem bloßen Auge trennen kann, werden die Sterne in der Regel wenige Bogenminuten oder sogar noch etwas weiter auseinander

stehen. Ein schöner „Augenprüfer“ ist das Doppelsternsystem Alkor und Mizar (mittlerer Deichselstern) im großen Wagen.

In der Nacht kommt das Stäbchensehen zum Einsatz. Die Stäbchen sind nur für das Sehen bei geringen Leuchtdichten vorgesehen. Da das in der Nacht der Fall ist, können wir nur hell/dunkel bzw. schwarz/weiß wahrnehmen. Auch ist die Auflösung im Vergleich zum Tagsehen herabgesetzt. Im Punkt des schärfsten Sehens, in der Netzhautgrube (Fovea Centralis), befinden sich nur Zapfen für das Tagse-



hen. Eine gigantische Anzahl von 130.000 Zapfen drängeln sich in der Grube. Das sind etwas genauso viele Zapfen, wie Ingolstadt Einwohner hat, die fünft größte Stadt in Bayern.

In der Netzhautgrube sind keine Stäbchen angesiedelt. Somit kommt dieser Bereich des Sehens nicht für die Nacht und natürlich damit auch nicht für die astronomische Beobachtung in Frage. Außerhalb

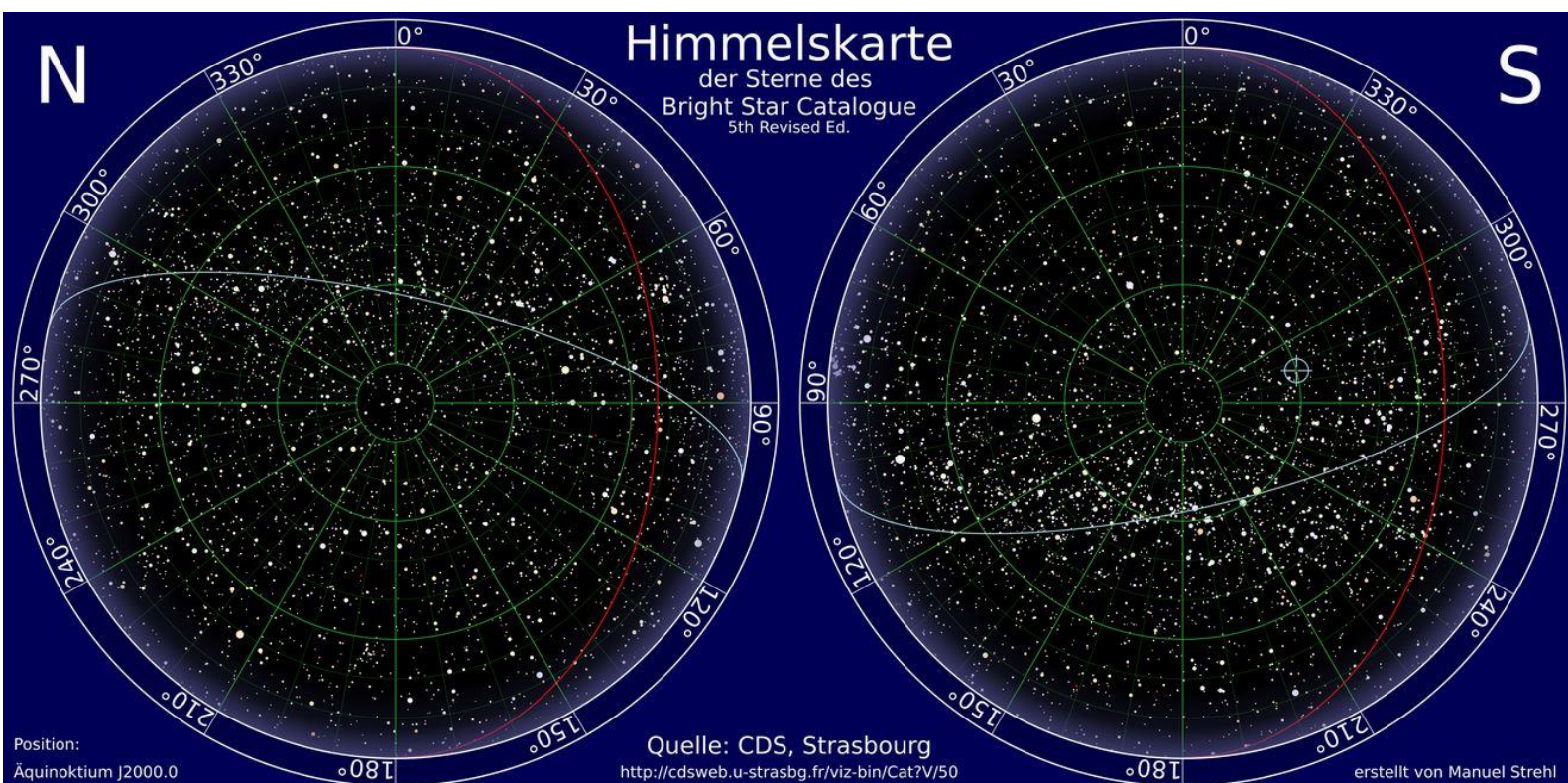
der Netzhautgrube nimmt die Zahl der Stäbchen allmählich zu, allerdings stehen sie noch etwas weiter auseinander. Etwa 20° neben der Netzhautgrube ist die Stäbchenzahl und Dichte am größten. Genau das ist auch der Ort, den wir für unsere astronomische und teleskopische Beobachtung (zumindest bei schwächeren Objekten) nutzen sollten.

Sternkarte

Bevor Sie sich mit einem Teleskop auseinandersetzen, sollten Sie wissen, dass auch mit dem bloßen Auge schon Himmelsbeobachtungen möglich sind. Zuerst einmal wäre da der allgemeine Sternenhimmel.

Wenn Sie sich nun eine drehbare Sternkarte besorgen, können Sie damit wunderbar die einzelnen Sternbilder am realen Himmel erkennen. Die Kenntnis der meisten Sternbilder am Himmel ist eine Voraussetzung für ein späteres Finden von anderen Himmelsobjekten, die Sie mit dem Teleskop beobachten. Eine sehr empfehlenswerte Karte ist die "Kosmos

Verlag Drehbare Sternkarte". Diese Karte (oder auch Karten anderer Verlage) ist das Erste, was Sie sich als Sternenfreund oder Sternfreundin anschaffen sollten. Immer wieder, auch wenn Ihnen der Sternenhimmel schon vertraut ist, werden Sie von dieser Sternkarte Gebrauch machen. Denn diese Karte kann nicht nur den Sternenhimmel zu jeder Tages- und Nachtzeit des ganzen Jahres anzeigen. Sie zeigt Ihnen auch den Stand der Sonne, die Ekliptik (für Planetenpositionen), Dämmerungszeiten und vieles mehr.



Als zweiten wichtigen Gegenstand ist ein Jahrbuch zu empfehlen, wie z.B. das Kosmos Himmelsjahr. Es ist ein sehr beliebtes astronomisches Jahrbuch, das für jeden Monat Informationen über Planeten, Sternenhimmel, Meteore, Beobachtungsobjekte bereithält. Jeden Monat gibt es ein Monatsthema über ein interessantes astronomisches Thema.

Neben den Sternkarten und Jahrbüchern sichert sich die Software (wie z.B. Planetariumsprogramme) einen immer stärkeren Anteil am Kuchen der astronomischen Verlagsartikel. Multimediale Planetariumsprogramme ermöglichen es dem Beobachter, einen kompletten Überblick, über den gestirnten Himmel zu bekommen. Einige Programme besit-

zen eine ganze Flut von Funktionen, die aktuelle oder zukünftige Himmelereignisse darstellen, Reisen durch das Sonnensystem erlauben oder sogar ein komplettes Astronomielexikon enthalten. Mit einigen Programmen ist es sogar möglich, sein Goto-Computerteleskop über den heimischen PC auf die entsprechenden Objekte zu steuern. Aber auch, wer einfach nur detaillierte Aufsuchkarten zum manuellen Aufsuchen ausdrucken möchte, wird hier fündig.

Ein sehr gutes und umfassendes Planetariumsprogramm ist, z.B. das bekannte "Red Shift", dass mittlerweile schon in der achten Version erhältlich ist.

Es kann losgehen

Nun kann es eigentlich schon mit der Beobachtung losgehen. Sie sind vorerst gerüstet, haben Sternkarte und Buch unter dem Arm und wollen hinausstürmen in eine klare dunkle Nacht. Doch halt haben Sie nicht etwas vergessen? Natürlich! Sie sollten sich vor jeder Beobachtungsnacht warm anziehen. Auch wenn Sommer ist, die Hitze tagsüber nur so flirrt, kann es auch im August empfindlich kalt werden. Warme Schuhe und Jacke sind besonders wichtig. Aber nun kann es endlich losgehen...

Das Auge braucht eine Zeit lang um sich an die Dunkelheit zu gewöhnen. Wenn Sie z.B. von ihrem hell beleuchteten Wohnzimmer hinaus in die Nacht treten, werden Sie zu erst einmal nicht viel erkennen. Ihre Augenpupillen sind noch sehr klein und auf Helligkeit eingestellt. Wenig später beginnt

sich, die Pupille zu öffnen. Das geht zunächst etwas schneller und dann etwas langsamer. Denn bis Ihre Pupille vollständig geöffnet ist, können gut 45 Minuten vergehen. Natürlich müssen Sie nicht so lange in der Dunkelheit warten, bis Sie Ihren Blick zum Himmel richten dürfen. ;-)

Achten Sie darauf, dass Sie nicht von Straßenlaternen, Hausbeleuchtungen oder hellen Taschenlampen geblendet werden. Denn wenn das zu oft passiert, kann Ihnen Ihre Dunkeladaption verloren gehen. Deswegen benutzen Astronomen kein weißes Licht während der Beobachtung, sondern Rotes. Oft sind das dimmbare rote LED Taschenlampen, die zum Einsatz kommen.

Wenn sich Ihre Augen an die Dunkelheit eines dunklen Himmels gewöhnt haben, können Sie Sterne bis zur 6. Größenklasse beobachten. Das sind schwach leuchtende Sterne, die etwa 100-mal schwächer sind als Sterne mit 1. Größenklasse.



Sterne 1. Größenklasse gehören zu den hellsten Sternen am Himmel. Sterne, die noch heller sind, haben dann z.B. 0. oder -1. Größenklasse. Es wird also mit abnehmender Zahl heller. Die Größenklassen der Sterne werden allgemein als Magnituden (kurz: mag) bezeichnet.

Mit Ihrem bloßen Augen können Sie beispielsweise schon verschiedene offene Sternhaufen beobachten. Die Plejaden im Sternbild Stier sind ein Beispiel dafür. Oder Sie können unsere nächste Nachbar-Spiralgalaxie, den Andromedanebel als kleines verwaschenes Lichtfleckchen wahrnehmen. Immerhin ist dieser Lichtfleck schon über

2,5
Millio-
nen
Lichtjahre
entfernt.

Doch was ist, wenn Ihnen die reine Beobachtung mit den Augen nicht mehr ausreicht? Dann greifen Sie vermutlich zu einem Teleskop.



Eine kleine Frustgeschichte

Nach dieser kurzen Einführung kommen wir zu den eigentlichen Beobachtungsinstrumenten, doch stellen Sie sich zuerst folgendes Szenario vor:

Kurt, ein 35-jähriger Mann (ich nehme hier einen Mann, weil es doch leider immer noch so ist, dass sich mehr Männer als Frauen für Astronomie interessieren), hat es gepackt, das Interesse an der Astronomie. Als er kürzlich im Spanienurlaub auf Teneriffa war, trat er ein paar Meter weg in die „Pampa“ neben seine Hotelanlage. Als er den Blick in den Himmel richtete, war es um ihn geschehen. Er kam aus dem Staunen nicht mehr heraus, denn nie hatte er einen so schönen dunklen und sternenübersäten Himmel erblicken können. Er entdeckte tausende Sterne und stieß sich unachtsam an einer Kaktee, was ihm aber jetzt nichts ausmachte. Wieder zuhause in Deutschland angekommen kaufte er sich sofort ein Astronomiebuch und verschlang es geradezu. Natürlich musste schnellstens ein Teleskop her. Einige Tage später flatterte ihm ein Prospekt ei-

nes sehr großen bekannten Lebensmitteldiscounters mit dem großen A in Haus.

Tatsächlich boten sie doch ein Teleskop mit 50mm Öffnung und 600facher Vergrößerung an. Toll. Er kaufte es schnellstens, bewunderte die tollen Saturn- und Jupiteraufnahmen, die auf dem Teleskop abgebildet waren (so musste man sie beobachten können). Er baute es auf. Tatsächlich kam es ihm etwas wackelig vor. Doch wahrscheinlich musste das so sein. In der nächsten klaren Nacht baute er das Teleskop auf und versuchte ein Objekt zu finden. Er hantierte, und hantierte...

Schließlich fand er doch noch etwas. Der Saturn im Rohr, das bereits wackelte, wenn man es nur ansah. Irgendwie bekam er auch nichts scharf. Gefrustet packte er alles zusammen und stieß das Teleskop von seinem Balkon und vergrub es am nächsten Tag mitsamt seines Astronomiebuches im Garten. Die Astronomie war somit für ihn gestorben.

Damit Ihnen nicht eine solche Erfahrung widerfährt, finden

Sie nun auf den folgenden Seiten einige Informationen über verschiedene Teleskopsysteme und deren Vor- und Nachteile informieren. Jedes Teleskop

hat seinen Himmel, doch man muss auch vieles beachten, damit das Teleskop auch seinen richtigen Besitzer findet.



Teleskope - Die verschiedenen Bauarten

Der Refraktor

Der Refraktor ist ein Fernrohrdesign, wie man sich es klassisch vorstellt. Ein langes dünneres Rohr, das in den Himmel zeigt und am unteren Ende den Einblick in Form eines Okularauszuges hat. Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Arten:

1. Das Galilei Fernrohr
2. Das Kepler Fernrohr

Beides sind im Prinzip sehr einfache Systeme, was den Aufbau betrifft. Das Galileisystem besteht vorne aus einer Sammellinse und hinten aus einer Zerstreuungslinse. Diese Systeme kommen aber vorwiegend in Operngläsern zum Einsatz. Da sich aber die Austrittspupille im Inneren

des Rohrs (also vor der Zerstreuungslinse) befindet, hat es nur ein kleines und am Rand diffuses Gesichtsfeld. Es ist nur für geringe Vergrößerungen gedacht. Der Vorteil ist aber, dass es ein aufrechtes Bild bietet.

Das Keplerfernrohr

Das Keplerfernrohr wird auch als astronomisches Fernrohr bezeichnet. Es hat vorne, ebenso wie das Galileisystem, eine Sammellinse. Am hinteren Ende besitzt es allerdings auch eine Sammellinse. Sie dient als Okular. Das Keplerfernrohr erzeugt ein Kopf stehendes Bild. Es erzeugt am Brennpunkt ein Zwischenbild. Mit dem Objektivbrennpunkt fällt der Okularbrennpunkt zusammen. Das Okular, das hier die einzelne Sammellinse ist,



bietet praktisch ein vergrößertes Abbild des Zwischenbildes.

Die „normalen“ Refraktoren, die es vor allem früher gab, haben einen entscheidenden Nachteil: Sie leiden unter Farbfehlern, die unter dem Abbildungsfehler chromatische Aberration bekannt sind. Das bedeutet, dass für verschiedene Wellenlängen das Licht unterschiedlich stark gebrochen wird. Blaues Licht wird beispielsweise durch die Linse stärker gebrochen als rotes Licht. Aufgrund dieser Tatsache entstehen unschöne Farbsäume um die Objekte, die man durch ein Fernrohr beobachten möchte. Besonders wenn man dann etwas höher vergrößern will, verstärkt sich dieser Effekt noch mal. Und nicht nur das: Durch diese Farbfehler kann der Kontrast eines Refraktors extrem heruntergesetzt werden.

Die Lösung der Optiker

Nun hat man eine Möglichkeit gefunden, diesen Effekt zu minimieren, indem man ein neues Teleskop baute, das man »Achromat« nannte. Ein Achromat besteht nicht aus einer, sondern aus zwei Linsen im Objektiv, die meist aus Kron- und

Flintglas bestehen und von ihrer Wirkung eine Plus- und eine Minuslinse darstellen. Diese Linsen sind also jeweils einmal konvex (nach außen) und einmal konkav (nach innen) gewölbt.

Der Brechungsindex (die Dichte) und die Dispersion (Zerstreuung) bei beiden Linsen sind verschieden. Dadurch sind schon die meisten Farbfehler aufgehoben. Trotzdem kann noch ein kleiner Farbsaum festgestellt werden, der sich auch das "Sekundäre Spektrum" nennt.

Optikdesigner entwickelten daraufhin einen sogenannten "Apochromaten", der es durch die Kombination mit einer dritten Linse schafft, das sekundäre Spektrum zum Verschwinden zu bringen. Das bedeutet: Die Optik ist nun farbrein.

Wenn Sie sich heute einen Apochromaten kaufen, finden Sie vor allem zwei verschiedene Arten:

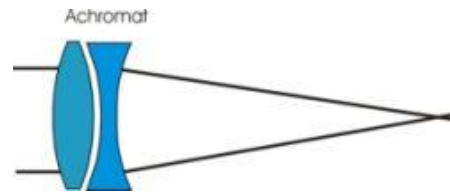
1. einen Doublet ED-Apochromaten
2. einen Triplet ED-Apochromaten.

ED Apochromaten werden als System mit zwei oder drei Linsen angeboten. Ein Linsenelement besteht dabei immer aus einem ED-Glas, das im Gesamtsystem für einen korrigierten Farbfehler sorgt. Die zweilinsigen ED-Apochromaten reduzieren den Farbfehler weitgehend, können ihn aber nicht völlig eliminieren. Aus dem Grund bezeichnen einige Amateurastronomen diese Teleskope auch als Halbapochromaten.

Die dreilinsigen ED-Apochromaten reduzieren die Farbfehler nahezu vollständig. Das Bild ist nicht nur klar und neutral, sondern besitzt auch einen besonders hohen Kontrast.

Linsenteleskope im Überblick:

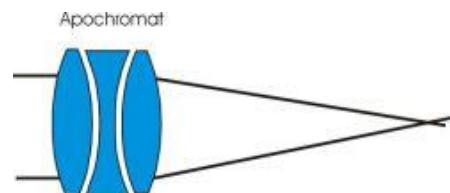
Achromat: Besteht aus zwei Linsen mit Flint- und Kronglas. Diese Linsen sind meist so angeordnet, dass sie einen Luftspalt aufweisen, es gibt allerdings auch verkittete Systeme.



ED-Apochromat: Dieses System ist im Prinzip ein Achromat, wobei eine Linse aus ED-Glas besteht. Sie haben ebenfalls einen Luftspalt. Die Farbfehler sind fast ganz korrigiert.

Fluorit-Apo: Dieser Apo besteht aus zwei verkitteten Linsen, von denen eine aus Fluoritglas besteht. Ähnliche Wirkung, wie bei einem ED.

Apochromat: Dieses System ist ein Vollapochromat, während beide vorigen als Halbapochromat bezeichnet werden. Er besteht typischerweise aus drei Linsen. Die Farbfehler werden hier ganz korrigiert.



Seit einiger Zeit tauchen vereinzelt auch sogenannte Superapochromaten auf. Diese

Refraktoren bestehen aus fünf verschiedenen Linsenelementen, die meist in zwei Gruppen angeordnet wurden. Die erste Gruppe, aus drei Linsen, übernimmt die gleiche Funktion wie ein Triplet Apochromat. Die andere Kombination, aus zwei Linsen, sorgt für eine Korrektur der Bildfeldwölbung mit dem Ziel das perfekte Astrofoto zu erreichen.

Die andere Lösung

Eine andere Methode den Farbfehler bei Refraktoren zu verringern besteht darin, dass man Refraktoren wählt, die ein möglichst kleines Öffnungsverhältnis besitzen. Das bedeutet: Die Brennweite muss bei diesen Teleskopen lang sein. Dadurch reduziert sich ebenfalls der Farbrestfehler. Allerdings besagt eine Faustformel, dass die Brennweite eines Achromaten das Fünfzehnfache seines Objektivdurchmessers betragen sollte, damit man eine ordentliche farbreine Abbildung bekommt. Das wären allerdings bei einem 100-mm-Refraktor

eine Brennweite von 1500mm $f=1:15$. Bei einem noch größeren Refraktor sollte die Brennweite sogar eher noch länger sein.

Da dies aber sehr lange Refraktoren geben würden, die dann auch noch unhandlich sind, verzichtet man oft auf solche Baulängen. Als akzeptabel soll auch die Formel: akzeptable Brennweite in cm = Öffnung² in cm sein. Somit hat man einen Kompromiss, der aber noch in Ordnung ist. Der 100-mm-Refraktor hätte dann eine Brennweite von 1000mm oder der 120mm eine Brennweite von etwas unter 1500mm.

Den Farbfehler austricksen

Was soll man nur machen, wenn Sie ein Linsenteleskop besitzen, das nun einmal einen Farbfehler besitzt? Verschrotten und ein Neues kaufen? Nein, so weit müssen Sie glücklicherweise nicht gehen, denn es gibt Hilfsmittel.

Falls Sie ein minimaler Farbsaum überhaupt stört, können Sie bei-



spielsweise mit einem Minus-Violett-Filter verwenden. Dieser unterdrückt den blauen Farbsaum und steigert gleichzeitig den Kontrast. Das Bild ist jedoch nicht ganz neutral, sondern wird ganz leicht gelblich erscheinen. Trotzdem: Details sind besser zu erkennen.

Der Minus-violett-Filter ist eine klassische Variante, doch inzwischen gibt es auch andere Filter, die auch diese Aufgabe übernehmen. Ein speziell entwickelter Filter ist der Baader Fringe-Killer. Er blockt etwa 50% des blauen Lichtanteils, lässt aber rotes und grünes Licht passieren. Durch die intelligente Konstruktion liegt der Lichtverlust nur bei 12%. Dadurch können Sie diesen Filter auch getrost bei kleinen Refraktoren einsetzen.

Ein anderer Filter trägt die Bezeichnung: Semi APO Filter. Klar: Das ist ein fetziger Produktname, doch wirkt der Filter auch so? Nehmen Sie einen Refraktor mit kurzer Brennweite von vielleicht 500mm.

Sie sehen einen dicken Blausaum um helle Objekte. Was geschieht mit dem Saum, wenn Sie einen Semi APO Filter in das Okular einschrauben? Der Saum um die hellen Objekte verschwindet. Das Bild erscheint insgesamt noch neutraler als bei dem Fringekiller. Jedoch ist bei dem Semi APO Filter der Lichtverlust höher, der etwa bei 30% liegt. Vorteil: Das Bild wirkt bei diesem Filter besonders neutral. Bei einem kleineren Refraktor nehmen Sie lieber den Fringekiller, bei Refraktoren ab 100-120mm kommen Sie jedoch auch mit dem Semi APO Filter voll auf Ihre Kosten.

Der Refraktor ist ein schönes Instrument, wenn er ordentlich farbkorrigiert ist. Allerdings ist ein großer Refraktor, der auch noch viel Licht bieten soll, relativ teuer und auch sperrig. Schauen wir uns deshalb einmal die Spiegelteleskope an.

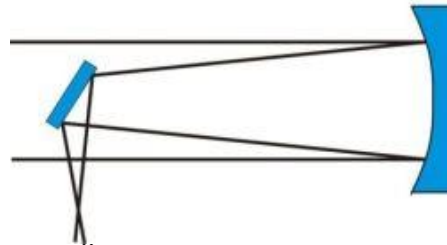
Newtonreflektor

Der Newtonreflektor ist das klassische Spiegelteleskop. Das Prinzip ist einfach und dennoch genial. Isaac Newton entwickelte dieses Teleskop im Jahre 1668. Eigentlich war es von Newton nur eine Weiterentwicklung, denn bereits der Physiker Zucchi hatte 1616 ein Fernrohr gebaut, welches mit Spiegeln funktionierte. Newtons Idee war die, einen Planablenkspiegel in das Rohr einzubauen. Stellen Sie sich einmal vor: Ein Teleskop, das im Jahre 1668 konstruiert und verbessert wurde, gehört auch heute, in Zeiten von Smartphone und iPad, zu den beliebtesten und meistverkauften Amateurfernrohren.

So ist das Newtonteleoskop aufgebaut

Licht tritt von außerhalb in den Tubus ein. Am unteren Ende befindet sich ein Hauptspiegel, der entweder sphärisch oder parabolisch geformt ist. Der Spiegel wirft das Licht zurück. Damit der Brennpunkt des Spiegels nicht vor der Tubusöffnung entsteht (und man dann durch die Beobachtung

Newton Teleskop



die Öffnung verdeckt), befindet sich vorderen Bereich ein Fangspiegel. Dies ist ein Planspiegel, der den Strahlengang um 90° ablenkt und seitlich herausspiegelt. Dort sitzt dann der Okularauszug, in den man ein Okular zur Beobachtung einsetzen kann. Um in den Fokus, also den Schärfepunkt zu kommen, dreht man über ein Fokusrad den Okularauszug ein Stück nach innen oder außen.

Die Vorteile

Im Gegensatz zu einem Linsenteleskop besitzt ein Reflektor keine Linsen. Damit kann es bei Newtonreflektoren nicht zu Farbsäumen um helle Objekte kommen. Doch nicht nur das entscheidet über ein gutes Bild. Ebenso wichtig sind Qualität und Reflexionsgrad der Spiegel, die je nach Teleskop sehr verschieden sein können. Hier ist es wichtig, auf renommierte Marken zu vertrauen.

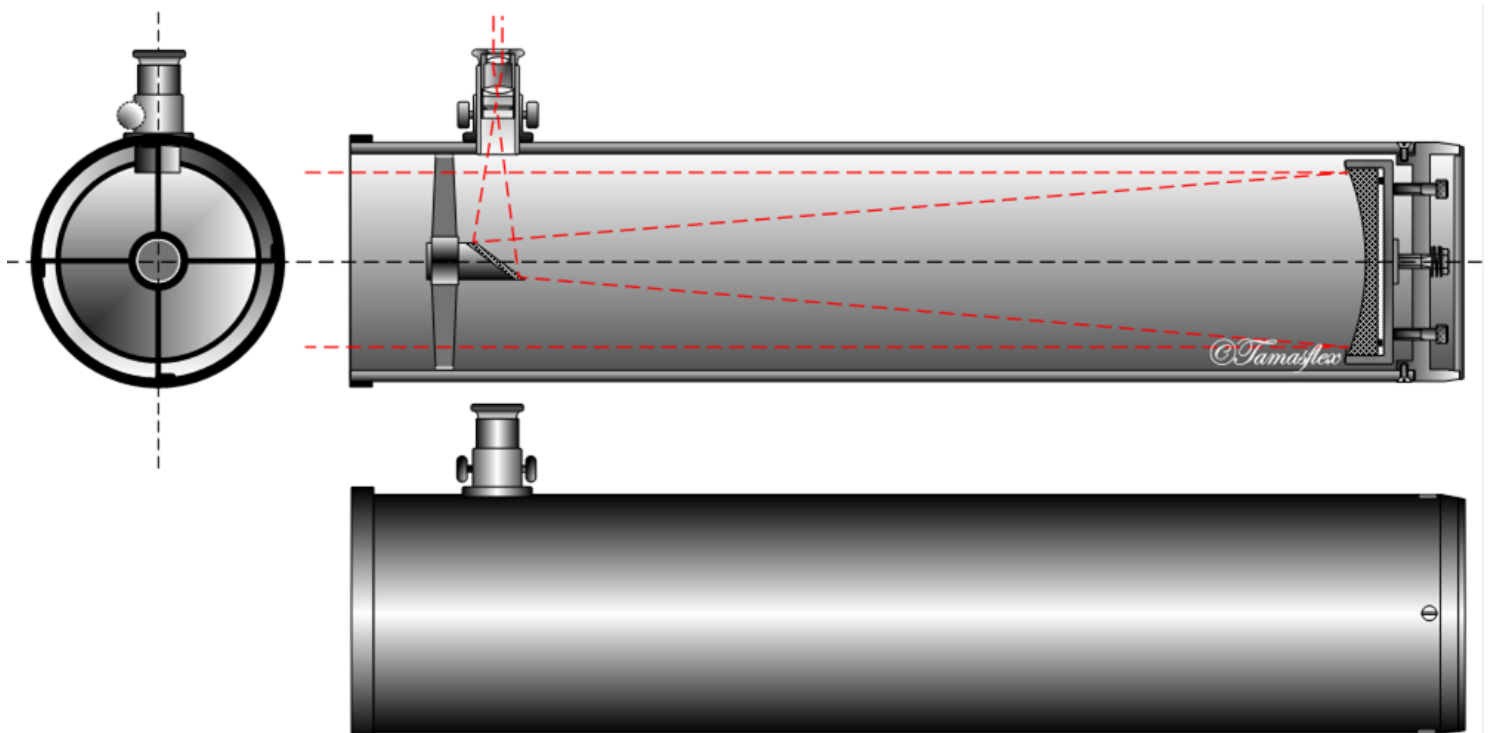
Das Öffnungsverhältnis eines Teleskops ist der Zusammenhang zwischen Objektivöffnung und Brennweite. Ein Teleskop mit 100/1000mm hat ein Öffnungsverhältnis von $f/10$. Das bedeutet, die Brennweite ist 10x so groß wie die Öffnung.

Bei den Newtonreflektoren ist man beim Öffnungsverhältnis relativ variabel. Während man bei Refraktoren eher ein kleineres Öffnungsverhältnis wählt (z.B. $f/10$ - reduzierte Farbfehler), kann man bei Newtonoptiken getrost große Öffnungsverhältnisse von bis zu 1:4 herstellen. Dadurch wird das Teleskop fotografisch lichtstark und besitzt im Verhältnis eine kurze Brennweite.

Ein großer Vorteil der Newtonteleskope ist der günstige Preis. Im Vergleich zu Refraktoren und anderen Spiegelteleskopen, wie Schmidt-Cassegrain, ist ein Newtonteleskop im Preis einfach unschlagbar günstig. Für wenig Geld bekommen Sie dafür eine optische Leistung, für die Sie bei den meisten anderen Teleskopen deutlich mehr zahlen müssen.

Nachteile

Ein Nachteil eines Newtonteleskops gegenüber Refraktoren ist die Abschattung des eintreffenden Lichtes. Je nach der Größe des Fangspiegels kommt weniger Licht am Auge an, als in den Tubus eingetreten ist. Dies nennt man auch Obstruktion. Ein Refraktor dagegen hat keine Bauteile im Strahlengang



und dadurch auch keine Obstruktion. Somit würde ein Refraktor gleicher Öffnung mehr Licht und mehr Kontrast bieten, als ein Reflektor.

Ein Refraktor gleicher Öffnung ist jedoch für die meisten Sternfreunde zu teuer oder in bestimmten Größen gar nicht in einer Serienfertigung erhältlich.

Ein kleines Beispiel zur Obstruktion:

Ein 200-mm-Newtonteleskop besitzt einen Fangspiegel mit 50mm Durchmesser. Dadurch weist er eine Obstruktion von 25% auf. Ein 200-mm-Newtonreflektor mit einem 50-mm-Fangspiegel würde eine effektive Öffnung von 193mm haben. Allerdings würde er von der Kontrastleistung eher einem unobstruierten Teleskop mit 150mm Öffnung entsprechen.

Newtonteleskope mit katadioptrischer Bauweise

Es gibt auch Newtonteleskope, die nicht das "klassische" Design besitzen, sondern noch zusätzlich eine Linse oder eine

Korrekturplatte. Diese Instrumente nennt man katadioptrische Newtonteleskope.

Bei den Schmid-Newton-Teleskopen wird eine Schmidkorrekturplatte vor der Öffnung des Teleskops angebracht. Diese Platte sorgt für ein abgeschlossenes System und daher ist auch eine konstante Luft im Tubus gewährleistet, die nicht schnell ihre Temperatur wechselt. Ein weiterer Vorteil: Diese Platte korrigiert Abbildungsfehler, die vom Hauptspiegel herrühren. Der Fangspiegel ist hinter der Schmidplatte angebracht, so dass keine Fangspiegelstreben stören.

Es gibt aber noch andere katadioptrische Newtonteleskope, die keine Schmidplatte besitzen. Sie kommen vor allem im Billigbereich vor und haben zur



Brennweitenverlängerung eine Barlowlinse (oder eine ähnliche Linse) in den Strahlengang eingebaut. Dadurch kann die Baulänge kurz gehalten und die Brennweite möglichst lang konstruiert werden.

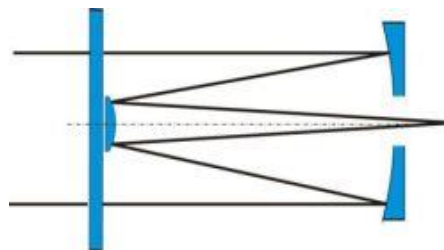
Eine Barlowlinse ist immer ein brennweitenverlängerndes Bauteil, das eine Minuslinse besitzt. Diese Teleskope haben den Nachteil, dass die optische Abbildungsqualität durch die Barlowlinse beeinträchtigt werden kann. Aber der weit größere Nachteil ist, dass diese Systeme relativ schwer zu justieren sind. Da man bei der Justierung eines Newtonteleskops den Hauptspiegel und

den Fangspiegel in einer angemessenen Größe sehen muss, gestaltet sich das bei diesen Teleskopen sehr schwer. Da solche Teleskope oft von Einsteigern genutzt werden, ist es einem Einsteiger nur schwer möglich diese Justierung durchzuführen. Manche Teleskope haben jedoch den Vorteil, dass man die Barlowlinse zu diesem Zweck heraus-schrauben kann.

Aufgrund dieser Fakten empfehlen wir Einsteigern gerne eines der klassischen Newtonteleskope, also ohne eingebaute Linse.

Schmidt-Cassegrain Teleskope

Ein sehr beliebtes Teleskopsystem sind die Schmidt-Cassegrain-Optiken. Viele Amateure schwören auf diese Fernrohre, weil sie sehr kompakt und leicht zu transportieren sind. Sie bieten eine sehr kurze Baulänge und eine lange Brennweite. Ein Hauptsiegel mit einem zentrischen Loch wirft das ankommende Licht zurück und bündelt es. Das Licht trifft auf einen Sekundärspiegel, der wiederum das Licht zurückspiegelt und schließlich durch das zentrische Loch in den Okularauszug gelangt. Vor der Öffnung ist eine Schmidtplatte zur Korrektur angebracht. Das Schmidt-Cassegrain-Teleskop kann man als Allroundfernrohr bezeichnen, denn eigentlich kann man mit ihm alles machen. Dennoch hat dieses Fernrohr auch Nachteile: Durch das kleine Öffnungsverhältnis von 1:10 oder kleiner kann man das Teleskop gut zur visuellen Beobachtung nutzen. Wenn man allerdings damit fotografieren möchte, trifft man aufgrund des Verhältnisses von Öffnung zu Brennweite auf Probleme: Sie müssen das Teleskop hochpräzise nachführen.



Die Schmidtplatte schützt das Innenleben optimal vor Staub und anderen Verschmutzungen. Allerdings sind bei solchen geschlossenen Systemen die Auskühlzeiten relativ lang, bis sich das Teleskop an die Außentemperatur angepasst.

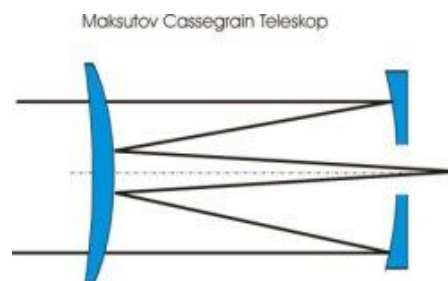
Die lange Brennweite erzeugt relativ kleine Gesichtsfelder. Ein Schmidt-Cassegrain Teleskop hat den Nachteil, dass es Bildfeldwölbung zeigt. Es können gewisse Randunschärfen bei der Fotografie auftreten. Andere Abbildungsfehler fallen so gering aus, dass sie innerhalb des Beugungsscheibchens bleiben und nicht auffallen.



Maksutov-Cassegrain

Maksutov-Teleskope sind eine weitere Variante der Cassegrain-Optiken. Im Prinzip funktionieren sie genauso wie ein Schmid-Cassegrain Teleskop d.h., es besitzt einen sphärischen Hauptspiegel und einen Sekundärspiegel. Die Bauform ist die Gleiche. Der Unterschied zum Schmidt-Cassegrain: Das Maksutov besitzt eine meniskusförmige Linse an der Objektivöffnung und keine Schmidplatte. Diese Linse geht auf den russischen Optiker Maksutov zurück. Durch eine konstante Dicke der Linse weist das System nur geringe Farbfehler auf. Außerdem korrigiert sie die sphärische Aberration, die vom Hauptspiegel erzeugt wird. Der Fangspiegel des Systems ist rückseitig auf die Meniskuslinse aufgedampft. Daher gibt es keine Fangspiegelstreben, die stören würden. Durch den relativ kleinen Fangspiegel kann die Obstruktion klein gehalten werden. Die Optik bietet einen sehr guten Kontrast, der an den eines Refraktors heranreicht.

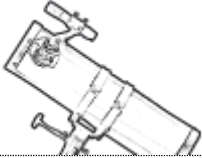
Obwohl dieses Teleskop viele Vorteile hat, gibt es natürlich



auch Nachteile, denn keine Optik ist in allen Punkten perfekt. So hat sie auch eine sehr lange Auskühlphase bei einem Temperaturwechsel. Die Optik hat ein relativ hohes Gewicht, was auf die Linse zurückzuführen ist. Genauso wie das Schmidt-Cassegrain verfügt das Maksutov über kleine Gesichtsfelder, da es Öffnungsverhältnisse von 1:10 bis 1:13 hat. Lichtstärke Systeme sind bei dem gängigen System nach Gregory nicht möglich, da bestehende Abbildungsfehler so verstärkt würden.



Vor- und Nachteile der Teleskopentypen im Überblick

	Vorteile	Nachteile
Refraktor 	+ Schönes klassisches Design + Keine Obstruktion + Guter Kontrast + Justierung fast nie nötig + Keine thermischen Verschlechterungen	- Teuer bei großen Öffnungen - Unhandlich, wenn der Refraktor groß ist. - Farbfehler und Unschärfe, wenn er nicht korrigiert ist.
Newton 	+ Billig herzustellen + Große Öffnungen möglich + Keine Farbfehler + Guter Kontrast + Obstruiert aber nur gering + Leicht + Sehr viele Varianten erhältlich + Dobson möglich	- Bildfehler je nach Öffnungsverhältnis - Durch Obstruktion geringerer Kontrast als bei Refraktor gleicher Öffnung - Da nicht geschlossen, sind thermische Luftströmungen möglich, die die Abbildung beeinträchtigen. - Muss hin und wieder justiert werden - Schmutzanfälliger als ein geschlossenes System
Schmidt-Cassegrain, ACF und Edge HD 	+ Kurze Baulänge + sehr praktisch im Handling + Transportabel + Der Einblick ist immer bequem + Über das SC-Gewinde ist sämtliches Zubehör anschließbar + Geräte mit Gabelmontierung extrem schnell aufgebaut	- teurer als ein Newton vergleichbarer Öffnung - größerer Fangspiegel als bei einem Newton-Teleskop
Maksutov 	+ Kurze Baulänge + Fast keine Farbfehler + Geschlossen, daher keine thermischen Verschlechterungen + Gute Korrektur der Bildfehler + Sehr guter Kontrast + Keine Fangspiegelstreben + Schon günstige Teleskope erhältlich	- Schwer durch Meniskuslinse - Lange Auskühlzeit - Große Öffnungen (über 8") eher teuer - Obstruiert durch den Fangspiegel - Kleine Gesichtsfelder für das Öffnungsverhältnis von etwa $f/13$

Grundsätzliche Überlegungen zur Teleskopwahl

Welches Teleskop soll ich kaufen?

Man unterscheidet bei der Auswahl eines Teleskops zwischen Reflektoren oder Refraktoren. Trotz der Vor- und Nachteile der einzelnen Teleskoparten gibt es grundsätzliche Fakten, die Sie bei der Teleskopwahl beachten sollten. Die erste Frage, die Sie sich vor dem Kauf eines Teleskops stellen sollten: „Was möchte ich beobachten, was sind meine Vorlieben bei der Beobachtung?“ oder konkreter: "Will ich vorwiegend Planeten beobachten oder soll das Teleskop mir die Möglichkeit eröffnen, tief in den Himmel zu blicken und mir selbst schwache Galaxien zeigen?"

Wenn Sie sich über diese Frage im Klaren sind, können Sie direkt zu Schritt zwei übergehen: der eigentlichen Teleskopwahl. Nicht jedes Teleskop ist auch für jeden Zweck geeignet. Das ultimative Teleskop, das alle Beobachtungswünsche für jeden Beobachter erfüllt, gibt es nicht, aber man kann ihm sehr nahe kommen.

Das Lichtsammeln

Eine wichtige Eigenschaft von Teleskopen ist das Lichtsammeln, denn je mehr Licht ein Teleskop empfangen kann, desto schwächere Objekte kann man am Sternenhimmel erkennen. Und von diesen schwachen Objekten gibt es dort oben in den Tiefen des Universums jede Menge. Wenn man einmal vom Mond, Sonne und den hellen Planeten abieht, zählt vor allem die Öffnung des Teleskops. Das bedeutet nicht, dass kleine Teleskope keine ordentliche Leistung bringen würden, denn jedes Teleskop hat seinen Himmel.

Je mehr Objektivöffnung ein Teleskop hat, desto lichtstärker ist es auch. Nachfolgend ein Vergleich der verschiedenen Öffnungen:

Licht, Öffnung und schwache Sterne

Das kleinste Teleskop ist unser menschliches Auge. Es erreicht eine maximale Öffnung von 7mm. Mit 7mm Öffnung können wir bereits Sterne mit einer Grenzgröße von 6 Magnituden beobachten. Magnitude ist eine Einheit, die die Helligkeit eines Sterns angibt. Je kleiner

die Zahl wird, desto heller ist auch der Stern. Sterne erster Größenklasse gehören zu den hellen Sternen. Ein Stern 6. Größe ist schon 100-mal schwächer als ein Stern 1. Größe. Man sieht, dass unser Auge schon relativ schwaches Licht sammeln kann. Doch es reicht noch lange nicht aus, um schwächere Himmelsobjekte anschauen zu können.

Geht man beim Auge von einer Lichtsammelfähigkeit von 1 aus, kann man sich wunderbar anschauen, wie diese Fähigkeit bei größeren Öffnungen zunimmt. So hat ein Fernrohr mit 50mm Öffnung 51fache Lichtsammelfähigkeit, eine Optik mit 100mm sammelt aber schon 204fach so viel Licht, wie das bloße Auge.

Wichtig und interessant ist auch die Vergrößerung eines Teleskops. Oft werden in den Supermärkten kleine Teleskope beworben, die angeblich Vergrößerungen von 500-fach oder sogar noch mehr bieten sollen. Zusätzlich sind tollste Bilder auf der Packung abgebildet, die den Eindruck vermitteln, dass man hier ein kleines Hubbleteleskop in den Händen hält. Das sind Versprechungen, die nicht eingehalten werden können und Sie ganz schnell

auf den Boden der Tatsachen zurückholen würden.

Generell kann man sagen: Die maximale sinnvolle Vergrößerung eines Teleskops entspricht dem Doppelten der Objektivöffnung in Millimetern. Das bedeutet, dass ein Fernrohr mit 150mm Öffnung maximal mit 300fach vergrößert werden sollte und ein 200mm Teleskop maximal mit 400-fach. Wenn man höher vergrößert, riskiert man ein immer flauer werdendes und unschärferes Bild. Oft ist auch gar nicht die Vergrößerung für die Leistung eines Teleskops maßgeblich, sondern eher die Öffnung des Objektivs und das erreichte Auflösungsvermögen.

Außerdem sollten Sie sich beim Teleskopkauf auch über die Montierung Gedanken machen, denn die beste Optik nützt nichts, wenn die Montierung des Fernrohrs nicht die erforderliche Leistung bringt. Wenn die Montierung für das Gewicht der Optik unterdimensioniert ist, dann wird sie sehr zitteranfällig sein und man wird keine richtige Freude an dem Fernrohr haben. Haben Sie als Sternfreund die Absicht anspruchsvolle Astrofotografie zu betreiben, muss die Montierung noch viel mehr leisten und vor allem stabiler sein.

Der Einfluss der Öffnung

Eines der wichtigsten Merkmale eines Teleskops ist der Objektivdurchmesser, der gerne und kurz als Öffnung bezeichnet wird. Je mehr Öffnung ein Teleskop besitzt, desto lichtstärker ist es.

Das bloße Auge verfügt über ein Lichtsammelvermögen, dass gerade noch Sterne und Objekte bis zur 6. Größenklasse erkennen kann. Alles, was dunkler ist, kann mit dem Auge nicht mehr gesehen werden. Die meisten Himmelsobjekte sind aber dunkler, weswegen man ein Teleskop mit entsprechender Öffnung als Lichtverstärker benötigt.

Ein Teleskop mit 100mm Öffnung kann schon wesentlich schwächere Sterne und Deep-Sky Objekte abbilden. Bei sehr dunklem Himmel kann dieses Teleskop bereits 1000-mal schwächere Sterne als das bloße Auge sehen.

Ein Teleskop mit 200mm Öffnung sieht bereits 3900-mal schwächere Sterne als das Schwächste, was mit bloßem Auge zu erkennen ist.



NGC7331/M42 ORION NEBEL, CARLOS MALAGÓN

Auflösungsvermögen

Das Auflösungsvermögen eines Fernrohrs ist eine weitere sehr wichtige Größe. Es wächst mit der zunehmenden Öffnung des Objektivs. Wenn das Teleskop eine hohe Auflösung besitzt, kann man feine Einzelheiten in den Objekten erkennen. Das Auflösungsvermögen wird als Fähigkeit definiert, zwei eng beieinanderliegende Objekte einzeln und erkennbar abzubilden.

In der Praxis bedeutet das u.a., dass man z.B. zwei Doppelsterne, die in einem bestimmten Winkelabstand stehen, noch trennen kann. Stellen Sie sich also vor: Sie visieren einen Doppelstern an und sehen zwei feine Sternpunkte direkt nebeneinander.

Würde das Auflösungsvermögen für den Stern nicht ausreichen, wäre da aber nur ein Stern oder vielleicht ein etwas längliches Gebilde zu sehen.

Je enger der Winkel der Doppelsterne oder Details auf den Planeten ist, desto mehr Öffnung wird gebraucht, um ein höheres Auflösungsvermögen zu erreichen und schließlich die Objekte zu trennen. Die getrennte Auflösung zweier Objekte wird oft Trennschärfe oder auch "Minimum separabile" genannt.

Das Auflösungsvermögen des bloßen Auges liegt bei etwa einer Bogenminute am Tag und etwa 2 Bogenminuten bei Nacht. Sie können sogar mit Ihrem Auge schon ein paar Doppelsterne erkennen, wie z.B. "das Reiterlein" im Großen Wagen.

Vielleicht waren Sie einmal bei Ihrem Augenoptiker und haben dort den Begriff Visus gehört? Der Augenoptiker ist ganz begeistert, wenn Sie eine optimale Sehschärfe erreichen, und spricht dann von Visus 1,0. Dieser Wert entspricht einem Auflösungsvermögen von einer Bogenminute.

Manche Menschen erreichen jedoch keine so hohe Auflösung und andere wiederum sogar eine etwas höhere - das liegt in der Natur der Sache und ist völlig normal.

Durch die großen Öffnungen der Teleskope kann man ein sehr großes Auflösungsvermögen erreichen. Während ein 50mm Fernrohr eine Trennschärfe von etwa 2,7 Bogensekunden hat, erreicht ein 200mm Fernrohr schon 0,7 Bogensekunden. Mit dieser Auflösung könnten diese Teleskope zwei Sterne sauber trennen, die ebenso weit auseinander

stehen. Ein Faktor für das Auflösungsvermögen ist auch die Größe der Beugungsscheibchen, die im Fernrohr entstehen. Denn je höher die Auflösung eines Fernrohrs ist, desto kleiner erscheinen die Beugungsscheibchen im Teleskop. Das Auflösungsvermögen lässt sich relativ einfach errechnen:

$$A = 138 / Obj$$

A= Auflösungsvermögen, Obj= Öffnung des Fernrohrs [in mm]

Diese Berechnung ist eine Formel nach Rayleigh und gibt eine Trennschärfe an, bei der z.B. ein Doppelsternsystem noch eindeutig als einzelne Sterne getrennt werden kann.

Öffnung des Fernrohrs

60mm
80mm
100mm
120mm
150mm
200mm
250mm

Auflösung nach Rayleigh

2,3"
1,7"
1,3"
1,15"
0,92"
0,69"
0,55"

Das sind natürlich theoretische Werte, die Sie nicht zu 100% auf die Praxis übertragen können. Denn normalerweise ist das Auflösungsvermögen eines Teleskops durch die Luftunruhe in der Atmosphäre auf

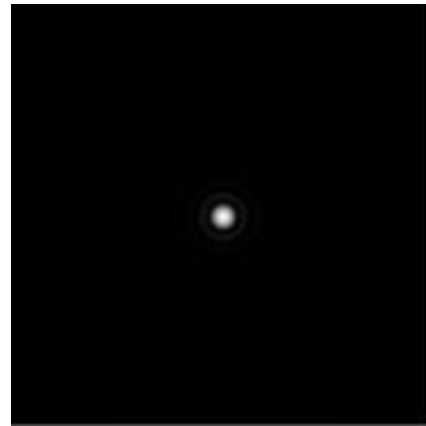
etwa 1 Bogensekunde begrenzt. Das bedeutet, dass Fernrohre, die eine Öffnung von über 120mm haben, keinen echten Gewinn in diesem Bereich bringen.

Obstruktion

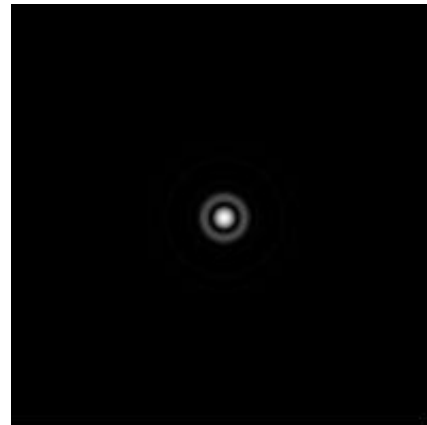
Ein Teleskop ist ein Lichtfänger, das alles aufgefangene Licht bündelt und es Ihnen, dem Beobachter, als Bild präsentiert. Bei Spiegelteleskopen (Newtons) dient dazu ein Hauptspiegel, der einen Brennpunkt im vorderen Bereich des Rohres erzeugt. Damit man seitlich am Tubus durch das Okular die Objekte beobachten kann, wird in den Strahlengang des Fernrohrs ein Fangspiegel (planer Ablenkspiegel in 45°) auf einer Fangspiegelhalterung angebracht.

Durch diesen Fangspiegel entsteht eine Abschattung im Fernrohr, die die Leistung des Fernrohrs hinsichtlich Kontrast und effektiver Öffnung heruntersetzt. Durch jedes Bauteil, das sich im Strahlengang eines Fernrohrs befindet, entsteht diese Abschattung - die Obstruktion. Grundsätzlich ist dies bei allen Spiegelteleskopen der Fall (Ausnahme Schiefspiegler). Nur ein Refraktor hat eine Obstruktion von 0%, weil kein Bauteil stört und das Licht im Okular ankommt.

Anhand der Bilder sieht man, dass das Bild durch eine vorhandene Obstruktion gestreut wird, was einen Kontrastverlust bedeutet. Je größer der Fangspiegel im Teleskop, desto



Obstruktion 0%



Obstruktion 40%

(Bilder generiert mit Aberrator mit Genehmigung von Cor Berrevoets)

größer wird auch die Obstruktion. Um die Kontrastleistung, bzw. den Kontrastverlust eines Teleskops herauszufinden, kann man direkt den Fangspiegeldurchmesser vom Hauptspiegeldurchmesser abziehen. Somit erhält man dann die effektive Kontrastöffnung, die man bei einem Fernrohr ohne Obstruktion hätte.

Ein Newtonspiegelteleskop mit 200mm Spiegeldurchmesser

und einem Fangspiegeldurchmesser von 50mm würde die gleiche Kontrastleistung erbringen, wie ein Refraktor mit 150mm Öffnung. Wenn man also seinen Fangspiegel einmal ausmisst, kann jeder den effektiven Kontrast selbst ausrechnen.

Etwas anders verhält es sich mit der Lichtsammelfähigkeit. Natürlich nimmt sie mit entsprechender Obstruktion auch ab, nur nicht in dem Maße, wie wir es bei dem Kontrast gesehen haben.



Die Vergrößerung

Bei Einsteigern gilt sie oft als sehr wichtiger Faktor beim Teleskopkauf: Die Vergrößerung. Doch sie ist nicht das entscheidende Kriterium eines Teleskops, sondern spielt eher eine untergeordnete Rolle. Viel wichtiger sind die Lichtstärke und die Stabilität eines Fernrohrs.

Grundsätzlich erzeugt ein Teleskop, je nach Krümmung der Spiegel oder Linsen, einen Brennpunkt. Mit der Brennweite wird schon ein gewisser Vergrößerungsfaktor erreicht. Aber um das entsprechende Bild betrachten zu können, braucht man zusätzlich ein Okular. Es funktioniert im Prinzip wie eine Lupe, die das Bild entsprechend stark vergrößert.

Die erreichbare Vergrößerung hängt mit dem Verhältnis von der Brennweite des Objektivs zur Brennweite des Okulars ab. Wenn man die Brennweite eines Teleskops durch die Brennweite des Okulars teilt, erhält man die erreichbare Vergrößerung.

$$V = f_{ob} / f_{ok}$$

Verwenden Sie zum Beispiel ein Fernrohr mit 1000mm

Brennweite und einem Okular von 5mm, erhalten Sie eine Vergrößerung von 200-fach. Theoretisch könnte man die Vergrößerung ins Unermessliche treiben. Da sie aber mit der Öffnung des Objektivs zusammenhängt, werden dabei sinnvolle Grenzen gesetzt. Eine wichtige Rolle spielt die Austrittspupille, das Strahlenbündel, dass das Okular verlässt und ins Auge tritt. Dazu gleich mehr.

Nicht nur der maximalen, sondern auch der minimalen Vergrößerung sind je nach Öffnung des Fernrohrs Grenzen gesetzt. Dabei sollte die Austrittspupille nicht größer als sieben Millimeter sein. Dies ist meist auch die maximale Öffnung, die die Pupille des Auges erreichen kann. Und das auch nur dann, wenn in der Nacht absolute Dunkelheit herrscht. Teilen Sie nun die Objektivöffnung durch den Durchmesser der maximalen Öffnung der Pupille, erhalten Sie die minimale sinnvolle Vergrößerung.

Bei dieser Vergrößerung tritt ein Strahlenbündel von sieben Millimeter Durchmesser durch das Okular und passiert das Auge. Wenn nun bei geringerer Vergrößerung die Austrittspupille noch größer wäre, gingen

die restlichen Lichtinformationen verloren, da die Augenpupille dann wie eine Blende wirken würde.

$$V_{min} = \text{Öffnung(mm)} / 7mm$$

Würden Sie nun ein Teleskop mit 200mm Objektivöffnung nutzen, wäre die minimale sinnvolle Vergrößerung bei etwa 28-fach. Wenn die Öffnung des Teleskops größer wäre, müsste die minimale Vergrößerung höher sein. Bei einem kleineren Teleskop dementsprechend kleiner.

Die Normalvergrößerung eines Teleskops entspricht etwa dem der Objektivöffnung des Teleskops. Wenn Sie die Normalvergrößerung wählen, erhalten Sie eine Austrittspupille von etwa 1mm. Ab dieser Vergrößerung nutzt ein Beobachter das erreichbare Auflösungsvermögen des Fernrohrs. Das bedeutet, dass wesentlich mehr Details, z.B. auf Planeten, sichtbar sind.

Ein Teleskop mit 100mm Öffnung hätte dann seine Normalvergrößerung bei 100-fach und ein 200mm-Teleskop bei 200-fach. Die maximale sinnvolle Vergrößerung können Sie mit dieser Faustformel berechnen:

$$V_{max} = \text{Objektivöffnung} \times 2$$

Die Austrittspupille ist hier auf 0,5mm gesunken: Objektivöffnung/max. Vergrößerung=0,5. Wenn höher als maximal sinnvoll vergrößert wird, verschlechtert sich das Bild und wird flau und unscharf.

Die Normalvergrößerung ist eigentlich immer anwendbar. Probleme wirft oft die maximale Vergrößerung auf, denn aufgrund der Erdatmosphäre können wir nicht immer an die maximale Grenze gehen. Der Anlass sind die verschiedenen warmen und kalten Luftschichten, die sich in der Atmosphäre übereinander lagern. Diese Erscheinung wird auch Seeing genannt und ist oft von meteorologischen Aspekten abhängig. Im Fernrohr macht sich das Seeing als Flimmern bemerkbar. Wenn Sie nun eine hohe Vergrößerung wählen, vergrößern sich auch die Zellen der Luftunruhe. Wenn Sie einmal den Jupiter kurz nach seinem Aufgang im Osten beobachten, werden Sie vielleicht feststellen, dass er ziemlich flimmert. Warten Sie nun zwei Stunden und beobachten ihn, wenn er höher gestiegen ist, werden Sie feststellen, dass er wesentlich

weniger wabert. Am Horizont ist das Seeing immer etwas schlimmer. Dann macht es u.a. Sinn eher kleinere Vergrößerungen zu wählen.

Es gibt eine ungefähre Richtung, in die man sich bei der

Vergrößerung der Objekte orientieren sollte. Das wäre bei Nebeln und anderen großflächigen Objekten eher gering (bis 100-fach) und bei Planeten eher etwas höher (ab 150-fach).



M17 OMEGA NEBEL, CARLOS MALAGÓN

Die Austrittspupille

Weiter oben hatten wir sie schon einmal kurz angesprochen: Die Austrittspupille.

Sie ist das Lichtbündel, welches das Okular verlässt und in das Auge tritt. Die Austrittspupille (AP) sollte auf keinen Fall größer als 7mm sein. Aus diesem Wert können Sie schließlich die minimale Vergrößerung berechnen, die bei einem Fernrohr verwendet werden sollte. Wenn die AP größer als 7mm ist, geht in der Regel Licht verloren. Bei älteren Menschen ist die maximale Öffnung der Pupille etwas kleiner, weil sie mit zunehmendem Alter stetig abnimmt. Ein 60-Jäh-

riger wird etwa noch einen Pupillendurchmesser von 4-5mm erreichen. Deswegen sollten Sie die Wahl der minimalen Vergrößerung am besten Ihrem eigenen Alter anpassen.

Je stärker ein Okular vergrößert (und kleiner die Brennweite ist), desto kleiner wird auch die Austrittspupille. Bei einem 200/1000mm Teleskop besitzt ein 35,7mm Okular eine AP von etwa 7mm. Bei einem 10mm Okular ist die AP nur noch 2mm im Durchmesser.

Die einzelnen Teile eines Teleskops

Teleskopspiegel

Ein wichtiges Bauteil von Spiegelteleskopen sind die Hauptspiegel. Sie fangen das Sternenlicht auf und reflektieren es in der Regel zu einem Fang- oder Sekundärspiegel. Es ist sehr wichtig, dass der große Hauptspiegel eine hohe Qualität aufweist. Außer der optischen Oberflächenqualität ist auch das Spiegelträgermaterial sehr wichtig.

Es gibt verschiedene Materialien, die sich vor allem darin unterscheiden, dass sie verschiedene Ausdehnungskoeffizienten haben. Ein Spiegel aus Fensterglas besitzt dabei eine wesentlich größere Ausdehnung, als z.B. ein Spiegel aus Pyrex. Folgende Materialien sind gängige Spiegelträger:

- Fensterglas
- BK7
- Pyrex
- Zerodur

Fensterglas besitzt dabei die größte Wärmeausdehnung und Zerodur die Geringste. Grundsätzlich geht es bei den Spiegelmaterialien nur um die Ausdehnung und evtl. die Dichte

und nicht so sehr um die Qualität der Abbildung. Diese kann bei Fensterglas nämlich genauso gut sein, wie z.B. bei Zerodur.

In Teleskopen, die in großen Serien gefertigt werden, kommen oft Materialien, wie Fensterglas, BK7 oder Pyrex zum Einsatz. Zerodur, eine Schott Entwicklung, ist relativ teuer und kommt nur selten zu Einsatz. Warum greift man nun oft zu einem Pyrexspiegel, anstatt zu dem etwas günstigeren BK7 Träger?

Der BK7 Spiegelträger hat eine mehr als doppelte Wärmeausdehnung, als der Pyrexspiegel. Das bedeutet in der Praxis, dass der Pyrexspiegel in der Abkühlphase eine wesentlich bessere Abbildung liefert, als das Teleskop mit BK7. Ein Spiegel ist in einer bestimmten asphärischen bzw. parabolischen Form geschliffen. Diese Form sollte beibehalten und nicht verändert werden. Da sich der Spiegel aber durch große Temperaturunterschiede verzerrt, macht BK7 hier eher Probleme. Pyrex verzerrt sich lange nicht so stark, sondern behält besser seine Form bei. Die

Auskühlzeiten sind nur leicht unterschiedlich und können je nach Dicke des Trägermaterials variieren. Auch wenn sich im Laufe der Nacht die Temperatur verändern sollte, ist man mit Pyrex (oder einem anderen Bocrsilikatglas) besser dran.

Oft kommen aber Pyrexspiegel erst bei etwas größeren Teleskopen zum Einsatz, denn je größer der Spiegel ist, desto wichtiger ist auch ein Material, das nicht so temperaturanfällig ist. Ein weiterer Vorteil von Pyrex ist außerdem, dass er härter ist als die anderen Materialien und sich daher noch exakter schleifen lässt.



IC 5070 PELIKAN-NEBEL, CARLOS MALAGÓN

Die Montierung

Ein wichtiger Bestandteil eines Teleskops, ganz gleich ob Refraktor oder Reflektor, ist die Montierung. Die Optik kann noch so gut sein - wenn die Montierung nichts taugt, haben Sie mit der besten Optik der Welt keine Freude am Beobachten. Einfach gesagt ist eine Montierung nur eine Halterung, die die Optik so hält, dass Sie bequem durch die Optik die Objekte beobachten können.

Die azimutale Montierung

Eine der einfachsten Ausführungen ist die azimutale Montierung.

Damit kann man das Teleskop im Azimut (Breite) und in der Höhe bewegen und auf jedes gewünschte Objekt ausrichten. Bei den meisten Billigteleskopen findet man die Teleskope auf einer kleinen Gabel montiert. Zusätzlich verfügt das Fernrohr an einer Seite eine kleine Silberstange, die sich mit der Gabelhalterung verbinden lässt (dies trifft meist auf die kleinsten Teleskope zu). Somit kann man das Teleskop in der Höhe fixieren. Die andere Teleskopachse lässt sich meist um 360° in der Breite drehen. Sie ist mit einer kleinen Schraube fixierbar.

So ausgestattet können Sie mit diesen Montierungen jedes Objekt am Himmel anfahren und beobachten. Diese Ausführungen haben den Vorteil, dass sie sehr leicht zu transportieren sind und keine weiteren Kenntnisse, die die Technik betreffen, voraussetzen. Wenn Sie nun Himmelsobjekte beobachten, müssen Sie das Teleskop ständig in zwei Achsen korrigieren.

Zudem muss man nicht gleich große Korrekturen in beiden Achsen durchführen, sondern unterschiedlich starke. Aufgrund der Erddrehung bewegt sich ein Stern pro Minute am Himmel etwa $0,25^\circ$ weiter. Objekte gehen im Osten auf, beginnen dort Ihre Kreisbewegung, erreichen im Süden ihren höchsten Punkt im Meridian und sinken schließlich wieder, bis sie im Westen untergehen.

So müssen Sie mit den azimutalen Montierungen das entsprechende Objekt immer wieder „einfangen“, wenn es nach kurzer Zeit wieder aus dem Gesichtsfeld des Okulars läuft. Das ist nicht leicht, wenn das Teleskop eine sehr einfach gebaute Montierung besitzt,



bei der keine Feineinstellung möglich ist. Astrofototauglich ist eine solche Montierung auf keinen Fall. Denn ein fotografisches Objekt muss immer genau im Gesichtsfeld bleiben. Zusätzlich ist die azimutale Montierung auch einer Bildfeldrotation ausgesetzt.

Es gibt jedoch auch komfortable azimutale Montierungen, die über zwei Drehknäufe für beide Achsen zur Feinbewegung verfügen. Hiermit kann man wesentlich präziser die Himmelsobjekte anfahren. Wenn Sie planen, sich ein Teleskop mit einer azimutalen Montierung anzuschaffen, rate ich Ihnen zu einer Variante mit Feinbewegung.

Die parallaktische Montierung

Die astronomische Montierung wird äquatoriale oder parallaktische Montierung genannt. Sie ist fast schon ein Muss für sinnvolle astronomische Beobachtung und in zwei verschiedenen Versionen erhältlich:

- deutsche Montierung
- Gabelmontierung

Beide Montierungen sehen unterschiedlich aus, das Prinzip ist jedoch gleich. Eine solche

Montierung besteht aus zwei schwenkbaren Achsen.

- die Rektaszensionsachse
- die Deklinationsachse

Die Rektaszensionsachse ist auf den Himmelnordpol ausgerichtet, damit befindet sich ihre Lage parallel zur Rotationsachse der Erde. Neunzig Grad senkrecht zu dieser Achse sitzt die Deklinationsachse. In der Verlängerung dieser Achse trifft man auf die Gegengewichte, mit denen Sie das Fernrohr so ausgleichen können, damit es bei geöffneter Arretierung in jeder Lage stabil bleibt. Das ist unter anderem für die elektrische Steuerung des Teleskops wichtig.

Zur horizontalen Aufstellebene des Fernrohres kann man den Winkel der geografischen Breite des Beobachtungsortes einstellen. Der Polarstern hat genau die Winkelhöhe, die auch der geografischen Breite entspricht.

Diese beiden Achsen sind für das Koordinatensystem am Himmel zuständig. Stellen Sie sich das himmlische Koordinatensystem einfach wie eine Projektion an der Himmelskugel vor. Es besteht



aus vielen gebogenen vertikalen und horizontalen Linien und zusammen bilden sie aus den Schnittpunkten viele "Rechtecke".

Die Deklination gibt die Höhe eines Objekts über dem Himmelsäquator in einer Gradeinteilung bis 90° an. Die festgelegten Koordinaten der Rektaszension sind hierbei für den veränderbaren Stundenwinkel verantwortlich. Er hat seinen Nullpunkt im Frühlingspunkt im Sternbild Fische - er wird in Stunden und Minuten angegeben.

Haben Sie nun ein bestimmtes Objekt in Ihrem Teleskop eingestellt, können Sie in einer Sternkarte die Koordinaten nachvollziehen. Die Deklination ist immer feststehend und entspricht der Angabe in der Sternkarte. Die Rektaszension dagegen ist beweglich und man kann den Stundenwinkel über einen drehbaren Koordinatenring einstellen. Drehen Sie die RA-Skala so lange, bis die Angabe der auf der Sternkarte entspricht. Nun können Sie sich einfach ein anderes Objekt aus der Sternkarte herausuchen und es nach den Koordinaten des Objekts einstellen.

Ist das parallaktisch montierte Teleskop auf den Polarstern

ausgerichtet, kann man nun jedes beliebige Objekt einstellen. Da die Erde rotiert, muss man nun nur mit der Feinbewegung der Rektaszension die Erddrehung ausgleichen, um einen bestimmten Stern in der Gesichtsfeldmitte zu halten. An der Deklination braucht man nichts zu verändern.

Viel einfacher geht es mit Motoren, da man dann nicht einmal die Erddrehung manuell ausgleichen muss, sondern die Motoren arbeiten lassen kann. In der Regel hat man zusätzlich eine Steuerung, mit der man Korrekturen ausführen kann.

Für fotografische Zwecke muss die Montierung etwas genauer, als nur auf den Polarstern ausgerichtet werden. Da sich der Himmelsnordpol nicht ganz genau an der Stelle des Polarsterns befindet, sondern etwa $0,5^\circ$ daneben liegt, kann es über längere Zeit doch zu Abweichungen führen. Dazu nutzen Sie am besten das Polsucherfernrohr, das in viele Montierungen optional eingebaut werden kann.

Dobson-Montierung

Ein besonders geniales und gleichzeitig einfaches Prinzip ist die Dobson-Montierung. Der Gedanke bei der Erfindung dieses Prinzips war vermutlich, ein möglichst großes Teleskop

auf einer Montierung zu einem sehr günstigen Preis anzubieten. Dies ist auch gelungen.

Wie funktioniert eine Dobson-Montierung?

Ein Newtonteleskop sitzt auf einer Holzbox und lässt sich im Azimut (Breite) und in der Höhe frei bewegen. Die Konstruktion der Box ist wirklich ganz einfach: Sie besteht nur aus wenigen Teilen, die man nach dem Ikea-Prinzip zusammenbaut. Um eine einfache Bewegung zu garantieren, besitzt das Teleskop bzw. die Box Gleit- und Drehlager. So bringen Sie mit sehr wenig Kraftaufwand das Teleskop in jede beliebige Position.

Schon vor 20 Jahren und länger konnte man auf diese Weise große Teleskope für konkurrenzlos günstige Preise erwerben. Will man das Teleskop transportieren, wird es einem mit keinem Instrument so leicht gemacht, wie mit einem Dobson.

Heben Sie den Tubus einfach aus der Rockerbox und schon stehen zwei Teleskopbauteile vor Ihnen. Genau so einfach ist es auch, das Teleskop wieder zusammengebaut.

Ob im Feld oder vor der Haustüre – einfach aufstellen und los geht's. Das ist die Einfachheit einer Dobsonmontierung.

Natürlich gibt es auch bei diesem Teleskop, wie auch bei jedem anderen Prinzip nicht nur Vorteile, sondern auch Nachteile. So ist die Astrofotografie mit dem Dobsonteleskop nicht möglich. Auch bei sehr hohen Vergrößerungen, z.B. bei Planetenbeobachtung, wird man sich eher schwertun, das Objekt im Gesichtsfeld zu halten. Allerdings gibt es „Dobsonnauten“, die die optimale Technik für hochvergrößernde Planetenbeobachtung gefunden haben.

Bei diesen Teleskopen trennen sich die Vorlieben der Astrogemeinde: Die einen schwören auf Dobsonteleskope und die anderen würden sich nie etwas anderes als eine supermassive deutsche Montierung ins Haus holen.



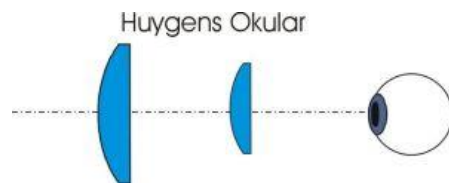
Die Okulare

Auf dem amateurastronomischen Markt gibt es eine ganze Flut von Okularen verschiedenster Bauweise, auf die man für die eigene Beobachtung zugreifen kann. Da hört man fremdklingende Namen, hört von Begriffen wie Gesichtsfeld, Brennweiten, Austrittspupillen und weiß dann doch nicht, welches Okular denn das Richtige zum Beobachten ist. Um dem ein wenig abzuhelpen, habe ich Ihnen die Bauweisen mit ihren Vor- und Nachteilen einmal zusammengestellt.

Grundsätzlich kann man sagen: Okulare sind so etwas wie Lupen, um das vom Fernrohr erzeugte Zwischenbild vergrößert zu betrachten. Prinzipiell könnte eine solche Okularlupe aus nur einer Linse bestehen. Da man aber mit verschiedenen Okularen z.B. auch verschiedene Gesichtsfelder erreichen möchte, muss ein Okular aus einer Kombination von bestimmten Linsen in einem bestimmten Abstand bestehen. Aber auch ein größerer Augenabstand und Korrektur von Bildfehlern kann der Sinn sein. Hierzu hat man eine Fassung, die die Linsen hält. Sie wird auch als Okularhülse bezeichnet.

Huygens

Diese Okulare sind Zweilinser, die ein relativ kleines Eigengesichtsfeld bieten. Die Linsen sind nicht verkittet und eignen sich daher gut für die Sonnenprojektion durch ein Teleskop.



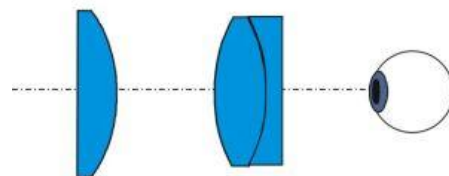
Diese Okulare gehören zu den ältesten Konstruktionen und sind nur noch selten im Zubehör von Teleskopen zu finden. Das Gesichtsfeld beträgt etwa 40° .

Kellner

Kellnerokulare bestehen aus drei Linsen und besitzen ein Gesichtsfeld von etwa 45° . Da die Augenlinsen verkittet sind und in ihrer Verbindung einen Achromaten erzeugen, treten Farbfehler nur gering in Er-



Kellner Okular



scheinung. Kellner Okulare können bereits für höhere Vergrößerungen an Fernrohren mit



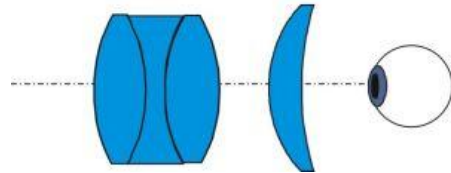
einem Öffnungsverhältnis von 1:10 verwendet werden. Die Grenze von Newton-Reflektoren liegt bei einem Öffnungsverhältnis von 1:5, hier sollte man lieber zu Plössl Okularen greifen.



Orthoskopische Okulare

Diese Okulare haben bereits vier Linsen, von denen zwei bikonvex und eine bikonkav gekrümmt sind. Diese Okulare bieten eine hohe Schärfe in der Mitte, wie auch am Rand des Okulars. Deshalb sind sie auch für Planeten- und Doppelsternbeobachtung interessant.

Orthoskopisches Okular



Sie weisen ein ebenes Bildfeld auf. Da diese Okulare durch die wenigen Linsen und durch eine entsprechend hohe Vergütung keine hohe Absorption aufweisen, ist dies ein weiterer Pluspunkt dieser Okulare. Das Gesichtsfeld beträgt etwa 40 - 45°.

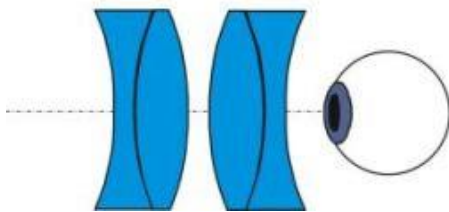
Plössl Okulare

Plössl Okulare sind die astronomischen Standardokulare und jeder, der nicht viel ausgeben will, kann



sich diese Okulare kaufen. Oft findet man die Plössl Bauarten auch in kompletten Zubehörssets mit Koffer für Einsteiger.

Plössl Okular



Diese Okulare bestehen immer aus vier Linsen zu je zwei Paaren. Diese Linsenpärchen sind miteinander verkittet und bilden jeweils einen Achromaten für sich, d.h. sie weisen so gut wie keine Farbfehler auf. Bei Plössl Okularen mit kurzer Brennweite ist der Augenabstand allerdings ein Problem. Das bedeutet: Hier sind die Augenlinsen so klein, dass man sehr dicht an das Okular heran muss. Das Auge klebt sozusagen auf dem Okular. In diesem Brennweitenbereich sind andere Okulare sinnvoll.

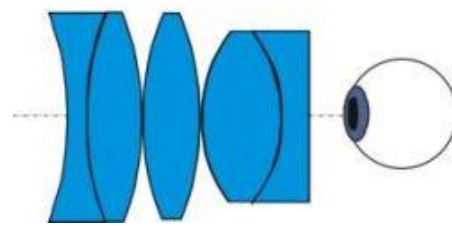
Das Eigengesichtsfeld liegt bei etwa 50° .

Erfle

Den Namen Erfle-Okulare sucht man vergebens im Zubehörkatalog, denn diese Bauart gibt es nicht mehr direkt. Doch in vielen Weitwinkelokularen, die

man im astronomischen Zubehör findet, stecken die Grundzüge dieses Designs. Moderne Okulare sind also eine Weiterentwicklung bzw. bauen auf dem Erfle-Design auf.

Erfle Okular



Erfle-Okulare sind fünflinsige Okulare mit Gesichtsfeldern bis zu 68° . Vor allem sinnvoll sie im Bereich von großen Brennweiten als Weitwinkel-Okulare zu verwenden. Bei kleineren Brennweiten ist das Einblickverhalten nicht optimal und sind unter 20mm nicht zu empfehlen.

Long Eye- und Long View-Okulare

Diese Okulare sind seit einigen Jahren besonders beliebt. Wirft man einen Blick in die Okularkoffer der Hobbyastronomen, findet man fast in jedem ein Modell dieser Bauart. Dabei kann man diese Okulare eigentlich keiner richtigen Bauart zuordnen, es ist eher eine beherrschende Eigenschaft, die diese Okulare auszeichnen.

Selbst bei kleinen Brennweiten bieten sie immer einen großen Augenabstand von rund 16-20mm und dadurch ein gutes Einblickverhalten.



Diese Okulare sind sehr gut für Brillenträger geeignet, aber auch Personen, die keine Brille benötigen, wissen die Vorteile zu schätzen.

Nagler

Naglerokulare sind eine eigene Entwicklung des Herstellers Televue. Die Okulare bestehen aus verschiedenen Linsenpaaren, die miteinander verkittet sind. Meist besitzen diese Okulare sieben Linsen, es gibt aber

auch Abwandlungen mit weniger Linsen. Mit diesen Okularen bekommen Sie einen gigantischen Himmelseindruck geboten. Fast könnte man damit glauben, in den Himmel einzutauchen. Das liegt zum großen Teil an den gigantischen Gesichtsfeldern von 80°.

Zudem sind bei diesen Okularen auch die Bildfehler, wie Koma und Verzeichnung reduziert. Praktisch bedeutet das, dass Sie scharfe Sterne bis zum Rand beobachten, sogar in den lichtstärksten Teleskopen.

2 Zoll Okulare

Sind Sie im Besitz eines Teleskops mit einem 2" Auszug? Oder haben Sie vielleicht noch vor ein Teleskop zu kaufen? Dann denken Sie auch an einen 2" Auszug, denn er könnte Ihnen eine völlig neue Sicht auf den Sternenhimmel offenbaren.

Bisher war nur von 1,25" Okularen die Rede, also die Okulare, die in jedes Teleskop passen. In den etwas größeren Teleskopen ab 150mm Öffnung findet man jedoch auch 2" Okularauszüge vor. Doch welche Vorteile bieten 2" Okulare?

Zunächst sind diese Okulare deutlich größer und auch etwas schwerer als ihre kleinen 1,25"



Brüder. Entscheidend ist aber die viel größere Feldblende, die die Strahlen nicht so wie in den kleinen Okularen begrenzt, sondern deutlich größere Gesichtsfelder erlaubt. Daher finden Sie sogar Okulare, die mehr als 100° Gesichtsfeld bieten. Wenn Sie durch ein solches Okular beobachten, sehen Sie keine Grenzen. Es erscheint so, als wolle der schwarze Sternenhimmel nicht mehr enden. Erst wenn Sie Ihr Auge bewegen, erreichen Sie irgendwann den Rand des Okulars. Ein anderer Vorteil dieser Okulare ist das sehr angenehme Einblickverhalten. Die riesige Augenlinse bietet Ihnen daher eine besonders entspannte Beobachtung.

Für welche Objekte eignen sich 2" Okulare?

Generell sind für diese Okulare große Brennweiten interessant, also zum Beispiel im Bereich von 20-40mm. Dadurch erreichen Sie am Teleskop kleine Vergrößerungen und äußerst große Gesichtsfelder. Damit sind diese Okulare besonders interessant für die Deep-Sky Beobachtung. Wenn Sie also schwache Galaxien oder ausgedehnte Nebelobjekte beobachten, sind die 2"

Okulare eine wahrhafte Freude. Doch es gibt sogar noch einen weiteren Nutzen: das Suchen. Stellen Sie sich vor, Sie wollen eine Galaxie mit Ihrem Teleskop auffinden. Doch trotz Ihres Sucherfernrohrs sind Sie sich nicht sicher, ob es tatsächlich schon "drin" ist, denn die schwache Galaxie sieht man mit dem bloßen Auge noch nicht. Zum Glück haben Sie jetzt Ihr 2" Weitwinkelokular, das vielleicht zwei Grad (das sind vier Vollmonddurchmesser) des Himmels abdeckt. Dank des großen Feldes entdecken Sie die Galaxie direkt im Okular und können das Objekt nun im Zentrum des Okulars einstellen.

Gesichtsfeld

Das Gesichtsfeld, das man mit einem Okular erreichen kann, ist ein ganz entscheidender Faktor. Wenn Sie sich einmal die heute erhältlichen Okulare ansehen, finden Sie Angaben von Gesichtsfeldern, die von 45° bis 110° reichen.

Hierbei ist das Eigengesichtsfeld des jeweiligen Okulars gemeint, also der Winkel, der durch das Okular erkannt werden kann. Doch diese weiten Felder können in die Irre führen. Denn das Eigengesichtsfeld ist noch lange nicht das



Feld, welches man tatsächlich am Himmel sieht.

Denn ein ganz entscheidendes Kriterium ist das Teleskop. Je nach dem, welche Vergrößerung man verwendet, erreicht man auch verschiedene reelle Felder. Wenn Sie das scheinbare Eigengesichtsfeld vom Okular ablesen, können Sie sich das tatsächliche Feld am Himmel relativ einfach ausrechnen.

Die Vergrößerung des Okulars am Teleskop:

$$V = \frac{\text{Brennweite Teleskop}}{\text{Brennweite Okular}}$$

Beispiel: Sie verwenden ein Teleskop mit 1000mm Brennweite und ein 10mm-Okular. $1000\text{mm}/10\text{mm} = 100$ -fache Vergrößerung

Berechnung des realen Gesichtsfeldes:

$$\text{Wahres Gesichtsfeld} = \frac{\text{scheinbares Gesichtsfeld}}{\text{Vergrößerung}}$$

Als Beispiel nehmen wir ein Super-Plössl-Okular mit 52° Eigengesichtsfeld:

$$WG = \frac{52^\circ}{100\text{-fach}} = 0,52^\circ = 30'$$



NGC6946 FIREWORK GALAXY, CARLOS MALAGÓN

Das Feld am Himmel hätte nun also eine Größe von $0,5^\circ$ oder 30 Bogenminuten.

Zum Vergleich: Der Mond hat einen Scheibendurchmesser von 30 Bogenminuten am Himmel.

Zum Vergleich hier eine Tabelle mit den verschiedenen Gesichtsfeldern:

Wie berechnet man das scheinbare Gesichtsfeld eines Okulars, wenn sie nicht angegeben sind?

Messen Sie den Durchmesser der Gesichtsfeldblende an der Unterseite des Okulars aus. Dazu schrauben Sie vorher die Steckhülse weg, danach können Sie den freien Durchlass der Blende problemlos bestimmen. Der zweite Wert, den Sie benötigen, ist die Brennweite, die auf dem Okular zu finden ist. Mit folgender invers. Tangens-Funktion, kann man das Gesichtsfeld dann berechnen:

Okular	Eigengesichtsfeld	Vergrößerung	Wahres Feld
Kellner	40°	120x	$0,3^\circ$
Plössl	50°	120x	$0,4^\circ$
Super Plössl	52°	120x	$0,43^\circ$
Ultra Wide Angle	66°	120x	$0,55^\circ$
Panoptic	68°	120x	$0,56^\circ$
Nagler	82°	120x	$0,68^\circ$

*Scheinbares Gesichtsfeld =
halbe Gesichtsfeldblende /
Brennweite Okular $\tan^{-1}$*

Es wird nicht die ganze Gesichtsfeldblende, sondern nur die Halbe angegeben.

Das Ergebnis wird dann mit 2 multipliziert.

Beispiel:

Bei einem Plössl-Okular von 12,5mm Brennweite messe ich eine Gesichtsfeldblende von 12mm. Diese beiden Angaben füge ich in die Formel ein, teile jedoch den Durchmesser der Blende durch 2, bekomme also 6mm.

$$6\text{mm}/12,5\text{mm} \tan^{-1} = 25,6 \times 2 \\ = 51^\circ$$

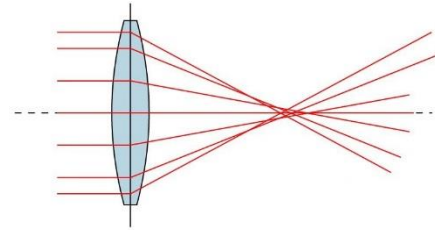
Abbildungsfehler von Optiken

Leider gibt es kein Teleskop und auch keine sonstige Optik, die absolut fehlerfrei abbildet. Das perfekte Teleskop gibt es also nicht. Selbst das Auge weist Abbildungsfehler auf. Man kann aber immer optische Systeme entwickeln, die bestimmte Abbildungsfehler korrigieren. Oft ist es natürlich auch eine Sache der Einstellung des Beobachters, ob er bestimmte Fehler einer Optik akzeptiert, oder ob er nur eine Optik im High-End Bereich akzeptiert, bei der so gut wie möglich versucht wurde, sich einer perfekten Optik anzunähern.

Die Erklärung der wichtigsten Abbildungsfehler astronomischer Teleskope finden Sie auf den folgenden Seiten.

Sphärische Aberration

Sphärische Aberration ist ein Abbildungsfehler, der sowohl bei Linsen, als auch bei Spiegeln auftreten kann. Ein achsennaher Lichtstrahl wird dabei anders gebrochen, bzw. reflektiert, als ein achsenferner Lichtstrahl. Daher treten für



Originally (bitmap) uploaded to English Wikipedia: File:Lens-sphericalaberration.png Created by DrBob as claimed on en:User:DrBob SVG conversion and translation: Frank Murrmann at de.wikipedia [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons

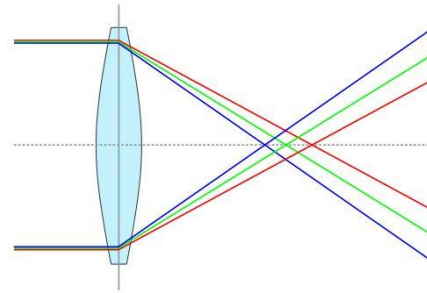
die verschiedenen Strahlen auch verschiedene Brennebenen bzw. -weiten auf. Bei einer sphärischen Linse oder auch bei einem Kugelspiegel tritt die sphärische Aberration deshalb auf, weil der Einfallswinkel weit entfernt von der optischen Achse um ein Beträchtliches höher ist, als nahe bei der optischen Achse. Im Fernrohr stellt sich dieser Abbildungsfehler als Unschärfe dar. Bei kurzen Brennweiten ist der Fehler auffallender, als bei langen Brennweiten. Beseitigen kann man sie sphärische Aberration durch eine asphärisch gekrümmte Linse oder durch einen parabolisch geformten Spiegel. Dadurch sind die Einfallswinkel nicht hoch und somit vereinigen sich die Lichtstrahlen in einem Brennpunkt.

Als das Hubbleteleskop in den Weltraum geschossen wurde, stellte man fest, dass es eine sphärische Aberration aufwies, denn es lieferte unscharfe Bilder. Man musste dem Teleskop eine „Brille“ verpassen, um den Fehler zu korrigieren.

Chromatische Aberration

Die chromatische Aberration ist ein Abbildungsfehler, der bei Linsenteleskopen, also Refraktoren auftritt. Das Licht trifft auf die Linsenelemente und wird dabei gebrochen, daran können Sie sich vielleicht noch dunkel aus dem Physikunterricht in der Schule erinnern. Erst durch dieses Lichtbrechen kann überhaupt ein Bild entstehen. Dabei wird blaues Licht stärker gebrochen als z.B. rotes Licht. Das bedeutet, dass die verschiedenen Wellenlängen verschiedene Brennweiten aufweisen. Die Brechzahl von blauem Licht ist größer, als die von rotem Licht.

Wenn man sich dies praktisch bei einer Abbildung eines Objekts vorstellt, dann kann man sagen, dass sich das blaue Licht an einem anderen Ort, als das rote Licht befindet. Durch diesen Umstand werden Bildunschärfen produziert. Doch



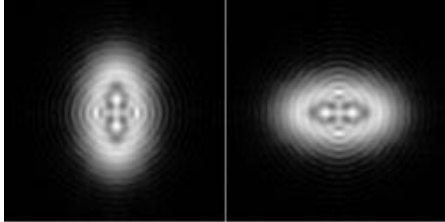
Von Andreas 06 (Own work) [Public domain],
via Wikimedia Commons

nicht nur das, denn es tritt auch eine farbliche Vergrößerungsdifferenz auf. Im Klartext bedeutet dies, dass durch die verschiedenen Bildweiten auch verschieden große Bilder für die jeweiligen Farben entstehen. Hierdurch werden die Farbsäume produziert.

Die chromatische Aberration kann aber durch eine achromatische Optik ganz gut korrigiert werden. Dazu setzt man hinter die biconvexe Pluslinse eine Minuslinse mit stärkerer Dispersion (Farbzerstreuung). So heben sich teilweise die Farbfehler auf. Doch auch dann sind noch geringere Farbfehler auszumachen. Dieser Restfarbfehler wird als sekundäres Spektrum bezeichnet.

Auch dieses sekundäre Spektrum kann man korrigieren, indem man noch eine zusätzliche Linse einfügt (normalerweise wieder eine Pluslinse). Bei Spiegelteleskopen tritt keine chromatische Aberration auf.

Koma

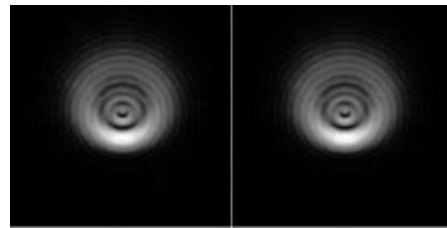


Koma ist ein weiterer Bildfehler, der vor allem durch schräg einfallende Lichtstrahlen abseits der optischen Achse entsteht. Es entsteht oft durch die Überlagerung von sphärischer Aberration und Astigmatismus. Der Astigmatismus ist unter anderem eine Folge von schiefbündeligen Lichtstrahlen. Bei der Abbildung werden die Lichtbündel in asymmetrischen Figuren erzeugt. Daraus entstehen am Rand des Gesichtsfeldes Sterne mit kometenschweifartigen Verzerrungen. Diese wirken diffus und können nicht scharf gestellt werden.

Besonders auffallend ist die Koma bei Teleskopen mit großem Öffnungsverhältnis. Dies sind Fernrohre mit Blenden von 1:4, 1:5 bis etwa 1:7. Somit fällt der Fehler bei fotografisch lichtstarken Optiken auf. Mit einer langen Teleskopbrennweite und dem damit verbundenen kleineren Öffnungsverhältnis (z.B. 1:10), lässt sich der Fehler verringern. Wenn

das Objektiv abgeblendet wird, kann dieser Fehler ebenfalls minimiert werden. Um trotzdem bei lichtstarken Optiken scharfe Bilder zu erreichen, kann man auch einen Komakorrektor einsetzen.

Astigmatismus



Astigmatismus kann im Teleskop durch schräg einfallende Lichtbündel verursacht werden (Astigmatismus schiefer Bündel). Er kann auch durch Verzerrungen am Spiegel auftreten. Oft entsteht er aber durch zwei verschiedene Krümmungen von Spiegeln oder Linsen, die unterschiedliche Brennweiten haben. Ein Strahlenbündel würde dann senkrecht zum anderen stehen. Im Beugungscheibchen stellt sich der Astigmatismus als länglich verzogenes Gebilde da. Wenn man das Teleskop abblendet, kann man den Fehler minimieren.

Bildfeldkrümmung

Die Bildfeldkrümmung hängt mit dem Astigmatismus schiefer Bündel zusammen.

Das Bild wird auf einer gewölbten Fläche erzeugt, dadurch kann man nie die Bildmitte und gleichzeitig den Bildrand scharf bekommen. Maßnahmen

gegen diesen Fehler ist das Abblenden des Objektivs.



Weiteres astronomisches Zubehör

Zenitspiegel und Zenitprisma

Wenn Sie ein Linsenteleskop, ein Schmidt-Cassegrain oder ein Maksutov-Teleskop zum Himmel richten, fällt eines auf: Der Okularauszug weist nach unten.

Sie wollen natürlich durch den Auszug blicken, doch das ist gar nicht so leicht, wenn Sie nicht gleich auf dem Boden liegen möchten.

Um nach dem Teleskopkauf keine weiteren Kosten eines Orthopäden auf sich zu ziehen, konnte die geniale Erfindung eines Zenitprismas gemacht werden.

Es handelt sich dabei um ein Prisma oder einen Spiegel, der das Licht um 90° ablenkt. Stecken Sie nun das Zenitprisma in den Okularauszug eines Refraktors oder Cassegrain, so beobachten Sie auf einmal ganz entspannt.

Das Prisma hat die Form eines Dreiecks, wie ein Hausdach. Dieses Hausdach ist in 45° so positioniert, dass die Flächen dem Licht zur Verfügung stehen. Wenn nun ein Lichtstrahl auf die eine

Fläche trifft, wird er um 90° nach oben abgelenkt und trifft schließlich in das Okular. Ähnlich funktioniert ein Zenitspiegel. Er besteht nur aus einem Spiegel, der im Gehäuse in genau 45° ausgerichtet ist. Somit haben Zenitprisma und Zenitspiegel den gleichen Effekt.

Der Lichtweg im Prisma ist geringfügig länger, außerdem können schlechte Prismen zu Farbfehlern neigen. Bei Zenitspiegeln ist es dagegen wichtig, dass sie über einen hohen Reflexionsgrad verfügen. Inzwischen gibt es sogenannte dielektrische Spiegel, die bis zu 99% des einfallenden Lichts reflektieren. Im Vergleich zu den "normalen" Spiegeln erscheint Ihnen das



Bild heller und kontrastreicher.

Das einzige Fernrohr, das keinen Zenitspiegel benötigt, ist der Newtonreflektor. Der Einblick befindet sich oben, so dass Sie sich mit diesem Teleskop niemals den Kopf verrenken.

Wer schon einmal durch einen Refraktor ohne Prisma geschaut hat, dem ist vielleicht etwas aufgefallen: Der Refraktor bietet ein Bild, das auf dem Kopf steht. Erst ein Prisma oder ein Spiegel richtet das Bild wieder auf.

Wenn man sich am Himmel zu-rechtfinden will, können gedrehte Fernrohrbilder ganz schön irritierend sein. Man schwenkt das Fernrohr dann vielleicht in eine ganz andere Richtung, als man eigentlich hin möchte. Diese Orientierungsprobleme lassen sich nur durch die zunehmende praktische Erfahrung in den Griff bekommen. Irgendwann stellt es dann kein Problem mehr da.

In einem Refraktor wird das Bild ganz anders dargestellt, als in einem Newtonreflektor. Um dieser Verwirrung die Stirn zu bieten, schauen Sie sich einmal diese Liste an:

Typ	Bild
Refraktor mit gerader Einsicht ohne Zenitprisma	Bild ist aufrecht und seitenrichtig
Refraktor mit 45° Amici-Prisma	Bild ist aufrecht und seitenrichtig
Refraktor mit 90° Zenitprisma Newton-Teleskop	Bild ist aufrecht aber seitenverkehrt Bild im Fernrohr steht auf dem Kopf (kein Zenitprisma möglich)
Newton-Teleskop mit Umkehrlinse	Bild ist aufrecht und seitenrichtig
Schmid-Cassegrain und Maksutov-Cassegrain Teleskop	Bild ist umgedreht um 180°
Schmid-Cassegrain und Maksutov-Cassegrain mit 90° Zenitprisma	Bild aufrecht aber seitenverkehrt

Für einen aufrechten und seitenrichtigen Blick durch das Fernrohr benötigen Sie an Refraktoren oder Cassegrain-Systemen ein Amici-Prisma. In diesem Zubehörteil befindet

sich ein Dachkantprisma, das das Bild seitenrichtig aufstellt. Diese Art von Prismen findet man beispielsweise auch in Ferngläsern. Das Amici-Prisma hat in der Regel einen Einblick

von 45° , sie sind aber auch als 90° -Prismen erhältlich.

Die Umkehrlinse

Eine Umkehrlinse bietet eine ganz ähnliche Wirkung, wie ein Amici-Prisma. Auch die Umkehrlinse dreht ein auf dem Kopf stehendes Bild wieder richtig, so dass man ein astronomisches Fernrohr auch für Erdbeobachtungen einsetzen kann. Dabei ist diese Linse oft keine Einzellinse, sondern ein System aus mehreren Linsen. In der Regel ist es aus vier Linsen zusammengesetzt, bei denen jeweils zwei Linsen miteinander verkittet sind. Die verkitteten Systeme bestehen dabei z.B. jeweils aus einer Plankonkav- und einer Bikonvex-Linse. Durch einen definierten Abstand ergibt sich zusätzlich zum umgedrehten Bild ein Verlängerungsfaktor von meist 1,5fach. Die größten Farbfehler sind dann schon korrigiert.

Weise. Außerdem sind die Linsen in der Regel nicht vergütet, so dass man mit Lichtverlusten zu rechnen hat. Es gibt jedoch auch hochwertige Systeme, deren optische Qualität besonders gut ist und dessen Linsen vollvergütet sind. Man sollte sich also nur mit einer besonders guten Linse zufriedengeben.

Die Barlowlinse

Eine Barlowlinse ist ein optisches Bauteil, das zwischen Okular und dem Okularauszug eingesetzt wird. In ihrem Inneren befindet sich eine Minuslinse, die die Brennweite des Fernrohrs künstlich verlängert. Oft stellt die Barlowlinse keine einzelne Linse dar, sondern ein System von Linsen. Dies dient meist dazu, den Farbfehler zu reduzieren. In diesem Fall bezeichnet man die Linse oft als achromatische Barlowlinse. Die Standardlinsen haben einen Verlängerungsfaktor von zweifach.

Allerdings ist dieses Umkehrsystem nur ein Kompromiss. Der Abbildungsmaßstab ändert sich oft in einer ungünstigen

Die Funktion einer solchen Linse kann man am besten anhand eines Beispiels erläutern: Schauen wir uns dazu einen 200/1000mm Newton-Reflektor, wie das Omegon Advanced-Teleskop an. Dazu wird ein



Okular mit 6mm Brennweite verwendet. Aus der Vergrößerungsformel ergibt sich eine 166-fache Vergrößerung. Durch den Faktor 2 verlängert sie die Brennweite des Teleskops von 1000mm auf 2000mm. Setzt man das gleiche Okular ein, ergibt sich eine doppelte Vergrößerung von über 330-fach.

Mit einem Okular und einer Barlowlinse erreichen Sie also zwei verschiedene Vergrößerungen. Natürlich hat man einen wesentlich größeren Abstufungsbereich, wenn man einige Okulare und eine Barlowlinse sein eigen nennen darf.

Doch es gibt ein Problem:

Eine Barlowlinse ist ein zusätzliches Bauteil, in dem Linsen enthalten sind. Jede Linse reflektiert an den optischen Flächen Licht und absorbiert zusätzlich Licht im Linsenmaterial. Das kann dazu führen, dass schließlich weniger Licht im Auge ankommt. Deswegen sollten Sie sich überlegen, wann eine Barlowlinse sinnvoll ist. Eine Barlowlinse sollte wenn möglich nicht als Ersatz für ein gutes Okular verwendet

werden. Natürlich gibt es inzwischen wirklich qualitativ hochwertige Linsen, die über eine gute Abbildung verfügen. Doch diese Barlowlinsen liegen meist im etwas höheren Preisbereich. Ein anderer Bereich, wo man Barlowlinsen sinnvoll einsetzen kann, ist die Webcamfotografie.



In diesem Bereich der Astrofotografie sind Barlowlinsen sogar notwendig. Da man mit Webcams meist Planeten fotografiert, ist es sinnvoll sich eine Barlowlinse mit einem hohen Verlängerungsfaktor zuzulegen. Diese Linsen gibt es mit einem 3-fach oder auch 5-fachen Faktor.

Reducer - Linsen, die die Brennweite verkürzen

Neben den Barlowlinsen, gibt es auch Linsen, die die Brennweite des Teleskops verkürzen. Diese Linsen wurden früher vor allem Shapleylinsen genannt,

doch heute spricht man von einem "Reducer". Während bei den Barlowkonstruktionen eine Minuslinse für den verlängern- den Effekt sorgt, wirkt ein Reducer in die andere Richtung. Er ist mit einer Pluslinse ausgestattet und durch die Pluswirkung der Linse, nimmt die Brennweite des Fernrohrs ab.

Oft jedoch besteht dieses Bauteil nicht aus nur einer, sondern aus einer Kombination von mehreren Linsen, die in Ihrer Gesamtwirkung eine positive Wirkung haben. Dies wäre beispielsweise ein Dreiersystem mit zwei Plus- und einer Minus-Linse, die miteinander verkittet sind.

Sinnvoll eingesetzt werden diese Linsen meist in Cassegrain Teleskopen und deren Abwandlungen als Schmidt-Cassegrain oder Maksutov-Cassegrain. Diese Systeme haben alle eine relativ lange Brennweite. Das Öffnungsverhältnis ist meist 1:10 oder noch mehr. Ein 250-mm Schmidt-Cassegrain-Teleskop besitzt bei einem Öffnungsverhältnis von 1:10 eine Brennweite von 2500mm. Dies kann für bestimmte Zwecke eine zu große Brennweite sein. Da diese

Brennweite fotografisch sehr kleine Gesichtsfelder erzeugt, hätte man ohne Reducer praktisch keine Chance, großflächige Objekte auf den Chip der Kamera zu bannen.

Allerdings gibt es keine universellen Reducer. Sie werden meist für spezielle Teleskope konzipiert. Ein Nachteil, den man sich einhandelt, sind größere Abbildungsfehler und eine eventuelle Vignettierung (Abschattung) auf dem Foto.

Filter in der Astronomie

Das sichtbare Licht strahlt in einem Spektrum von etwa 380 bis 780 Nanometern, vom kurzen blau-violetten bis in den langen roten Bereich. Wenn Sie mit dem Teleskop bestimmte Himmelsobjekte beobachten, können Sie mit entsprechenden Filtern Kontraste an den Objekten verstärken. Der Filter erreicht das, indem er bestimmte Bereiche des sichtbaren Spektrums blockt und andere Bereiche passieren lässt. Filter gibt es in allen erdenklichen Farben, die gerne zur Mond- und Planetenbeobachtung eingesetzt werden. Man



kann durch ihre Verwendung spezielle Details auf den Planetenoberflächen sichtbar machen.

Mondfilter

Ein Neutral-, Grau- oder Mondfilter hat die Aufgabe das helle Mondlicht zu dämpfen und ein wenig den Kontrast zu erhöhen. Wenn Sie als Besucher einer Sternwarte schon einmal durch ein großes Teleskop ohne Filter geschaut haben, erinnern Sie sich bestimmt noch bildhaft daran und Sie ahnen, warum ein Mondfilter so wichtig ist. Den Mond ohne einen Filter zu betrachten richtet keinerlei Schaden an, allerdings ist er so hell, dass er den Beobachter gehörig blenden kann. Wendet man den Blick vom Teleskop ab und schaut wieder in die Dunkelheit wird man oft noch einen geisterhaften Bildeindruck vom Mond im Auge haben. Dieser Eindruck schwindet zwar allmählich, ist aber dennoch sehr lästig.

Natürlich gibt es diese Filter in verschiedenen Tönungsstufen. Diese reichen von einem Lichtdurchlass von etwa 8% bis 50%. Wobei die Filter mit hohem Durchlass eher für die kleineren Teleskope und die mit wenig Durchlass für die größeren Teleskope geeignet sind.



Variable Polfilter sind die Luxusvarianten unter den Mondfiltern. Er besteht nicht nur aus einem, sondern aus zwei Filtern, die miteinander verbunden sind. Verdrehen Sie diese beiden Filter, können Sie den Grad der Abdunklung individuell und stufenlos einstellen. Die meisten Polfilter erlauben einen Lichtdurchlass zwischen 1% und 40%. Je nach Größe Ihres Teleskops und eigenem Empfinden finden Sie so die optimale Balance zwischen Helligkeit und Kontrast.

Nebelfilter

Außerdem sind spezielle Filter für die Deep-Sky-Beobachtung erhältlich. Diese sind sehr aufwendig hergestellt und bestehen aus mehreren dielektrischen Schichten, welche auf ein optisch hochwertiges Plan Glas aufgedampft sind. Sie haben, je nach Anwendungsgebiet des Filters, die Aufgabe,

nur einen Teil des spektralen Lichtes passieren zu lassen. In der Regel werden unbrauchbare Spektralbereiche absorbiert, während die Bereiche durchgelassen werden, in denen die Objekte vorwiegend strahlen. Das Bild im Fernrohr wird etwas abgedunkelt.



Alle Nebelfilter haben eine Sperre in Spektralbereichen, in denen die Straßenlaternen leuchten. Dies ist zum Beispiel oberhalb von 530 nm der Fall und erstreckt sich bis ungefähr 630 nm. Wenn man sich eine Transmissionskurve eines beliebigen Filters anschaut, wird man bemerken, dass es in diesem Bereich einen erheblichen Knick nach unten gibt, der erst ab 630nm wieder steigt. Der Wirkung des Filters bringt dies eine enorme Effektivität, denn wenn das Straßenlicht geblockt wird, steigen gleichzeitig die

Kontraste bei der Beobachtung am Objekt.

Filter im Teleskop verwenden

Einen Filter mit einem Teleskop zu verwenden ist ganz einfach, denn Sie haben die Wahl zwischen 1,25" und 2" Filter. Das Maß entspricht auch den Okularmaßen und Sie müssen nichts weiter tun, als Ihren Filter in das Gewinde der Okularhülse einzuschrauben. Danach setzen Sie das Okular samt adaptierten Filter in den Okularauszug Ihres Teleskops und die Beobachtung kann dann sofort starten.

Das astronomische Zubehör ist äußerst vielfältig, dieses Buch deckt daher nur einen kleinen Teil für den Einstieg in das Hobby ab. Aber schauen Sie doch auch auf unserem Online-shop Astroshop.de vorbei und entdecken Sie weiteres Zubehör, das von der reinen Beobachtung bis hin zu speziellen astrofotografischen Wünschen reicht. Informieren Sie sich außerdem über weiteres Zubehör in unserem umfassenden Glossar. Und falls Sie einfach eine Frage haben, die Sie gerne persönlich beantwortet hätten, rufen Sie unsere Experten

an oder schreiben Sie uns eine E-Mail.

Im Namen von Astroshop.de wünsche ich Ihnen viel Freude

an Ihrem neuen Hobby Astronomie. Das Universum wartet nur darauf, von Ihnen entdeckt zu werden.