

Visuelle astronomische Beobachtung

Wichtige Parameter:

Teleskop-Öffnung - Durchmesser der Optik = die Lichtsammelnde Öffnung

Ist entscheidend bis zu welcher Grenzgröße (Helligkeit, Magnitude ...) man Objekte erkennen kann.

Die **Teleskop Brennweite** ist mit-entscheidend für das wahre Sehfeld.

Kürzere Brennweiten ermöglichen einen größeren Himmelsausschnitt zu überblicken,
Lange Brennweiten schränken das Feld ein

Die **Okular Brennweite** bestimmt zusammen mit der **Teleskop-Brennweite** die

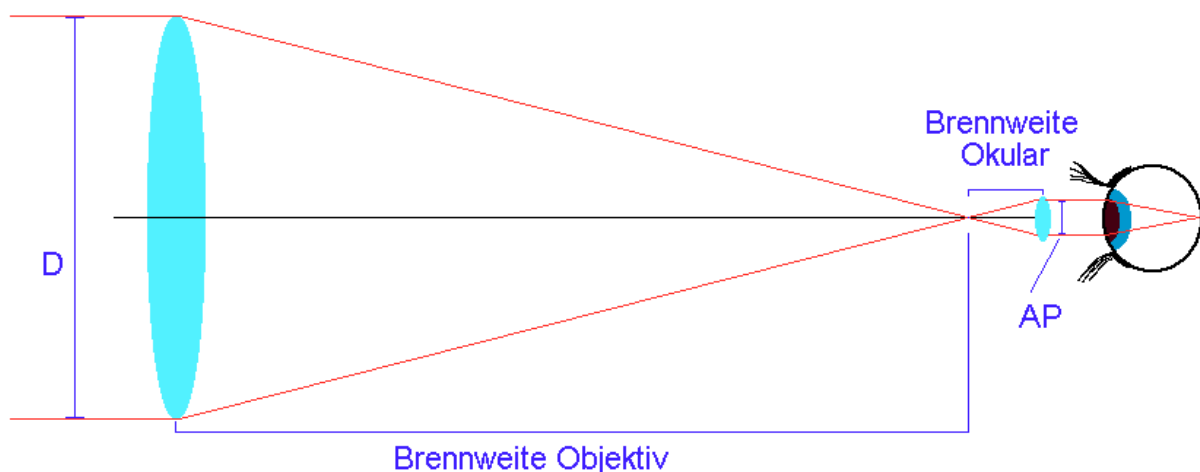
Vergrößerung $V = \text{Teleskopbrennweite} / \text{Okularbrennweite}$

Die **Austrittspupille** am Okular **$AP = \text{Teleskop-Öffnung} / \text{Vergrößerung}$**

(Oder auch **$AP = \text{Okularbrennweite} / \text{Öffnungszahl}$**)

Die **längste sinnvolle Okularbrennweite = $AP \times \text{Öffnungszahl}$ **

= 7mm x f4 = 28mm beim f4 Teleskop, oder 7mm x f8 = 56mm bei einem f8 Teleskop)



Der Weg des Lichts durch Teleskoplinsen, Okularlinse, und durch das Auge auf die Netzhaut

Unsere eigenen Augen, unser Visus, das ist der relevante Sensor und wir sind damit nicht in der Lage, Licht über den Faktor Zeit zu sammeln wie z.B. eine Kamera.



Also AP (Austrittspupille) Fernrohr/Okular und EP (Eintrittspupille) Auge soll zusammenpassen, sonst verschwenken wir vorhandenes Licht.

Beim Menschlichen Auge ca. 0,3 bis 7,0mm (je nach Alter und Verfassung der Beobachtenden Person, und der Dunkeladaptation)

Wird die Austrittspupille am Okular grösser als die Eintrittspupille des Auges, wird nur mehr der Teil des Lichtes das durch die Eintrittspupille geht auch vom Auge verarbeitet.
Der Rest beleuchtet nur mehr den Augapfel....

Es würde daher nur mehr ein Teil der vorhandenen Teleskopöffnung genutzt, so als ob man statt mit 60 cm bei unserem Nauris Dobson nur mehr mit 40cm Öffnung (oder weniger...) beobachten würde.

Als Beispiel unser Nauris Teleskop:

Mit 40mm Okular

$2236\text{mm} / 40\text{mm} = 55,9$ als Vergrößerung...

und $600 / 55,9 = 10,733\text{mm AP}$ d.h. viel zu groß

hingegen mit 27mm Okular

$2236\text{mm} / 27\text{mm} = 82,8\text{fach}$ ergibt dann $600/82,8 = 7,24\text{mm}$

Verwenden wir den Komakorrektor mit Faktor 1,15 bedeutet das :

$2236 \times 1,15 = 2571\text{mm}$ Brennweite und $f 1/4,285$ als Öffnungsverhältnis ($7 \times 4,285 = 29,99\text{ mm}$)

mit 31mm Okular $2571/31 = 82,9$ als **V** und $600/82,9 = 7,2\text{mm Austrittspupille}$...

d.h. auch das 31er Nagler ist an der **max AP**, kann aber verwendet werden.....

bei 82 Grad scheinbarem Sehfeld.

$2571\text{mm}/27 = 95\text{fach}$ - $600/95 = 6,31\text{mm AP beim } 27\text{mm Okular}$.

Das wahre Sehfeld am Himmel ergibt sich (als Annäherung) aus der Formel

**tatsächliches Gesichtsfeld = scheinbares Gesichtsfeld (des Okulares) /
Vergrößerung**

Der genauere Weg das wahre Gesichtsfeld zu berechnen ist die Berechnung über den
Feldblendendurchmesser des Okulars:

**Gesichtsfeld(w)=2*arctan(Feldblendendurchmesser/2/Brennweite des
Teleskops)**

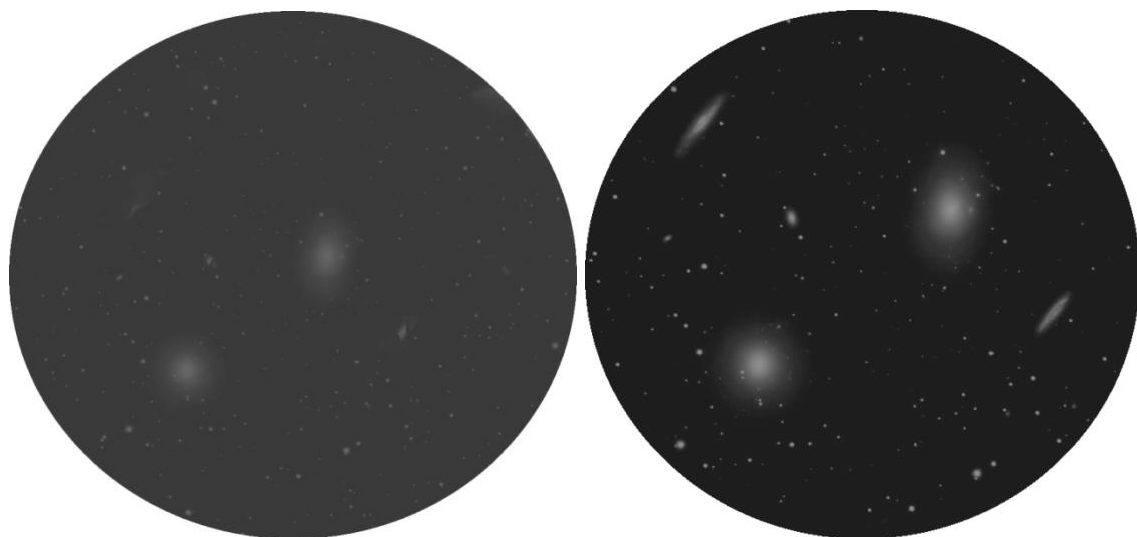
Ein 1,25" Okular kann meines Wissens einen maximalen Feldblendendurchmesser von 28mm
haben, gesehen habe ich bisher jedoch nur 27mm.

**Macht bei einem Teleskop mit 500mm Brennweite knapp 3,1° und bei
1200mm ca. 1,3°.**

Bei unserem Beispiel des Nauris

haben wir dann $WGF = SGF \ 82 \text{ Grad} / V \ 82,9 = 0,99 \text{ Grad}$ maximales Sehfeld.

Die Beispielbilder von Günther Mooz zeigen links wie sich eine große AP bei etwas
aufgehelltem Himmel auswirkt, und im rechten Bild mit etwas kleinerer AP (mit höherer
Vergrößerung) und dadurch etwas dunklerem Hintergrund und besserem Kontrast....



Bei höherer Vergrößerung reduziert sich dementsprechend die Austrittspupille, die Objekte
werden größer im (dunkler werdenden) Feld...

Wie weit / hoch kann man vergrößern?

Daumenregeln sagen bis zum 1 bis 1,5 fachen der Teleskopöffnung im mm, bzw. bis herunter zu einer Austrittspupille 1mm - bis 0,5mm ...

Detailinfo: <https://www.intercon-spacetec.de/beratung/okulare/okularberatung/>

Die max. Vergrößerung hängt zusätzlich auch von äußeren Faktoren ab:

Luftunruhe und Durchsicht (Seeing) der Atmosphäre...

Lokalem Seeing am und um das Teleskop (durch Beobachter, Asphalt und Steinboden, Dächer in Sichtlinie usw. verursacht).

Luftbewegung im Teleskop (durch nicht abgeschlossene Abkühlung von Spiegel, Tubuswänden usw.)

Dem Justagezustand des Teleskops

Die Güte der (bzw. eventuelle Mängel der...) optischen Komponenten in der Kette Objektiv, Korrektoren, Umlenkspiegel und Okular...

Ein mindestens genau so wichtiger Faktor – die Dunkeladaption der Augen bzw. Einflüssen die die Dunkeladaption der Augen stören oder gänzlich verhindern.

Und letzten Endes ganz entscheidend ist die Sehleistung (Visus) der beobachtenden Person. Die Sehschärfe und ebenso die Empfindlichkeit der Augen auf schwache bis kaum wahrnehmbare Lichtmengen, und wie geübt man darin ist ... (indirektes Sehen, auf Details konzentrieren

Z.B. stundenlange Arbeit am Bildschirm, Schlafmangel, Alkohol usw..... beeinflussen unsere Sehleistung eher negativ.

Die gewählte Vergrößerung hängt also von der Ausdehnung des Objektes ab, im höheren AP- Bereich von der Dunkelheit des Himmels (bzw. Aufhellung durch Lichtverschmutzung), und im höheren V-Bereich stark vom Zustand der Optik und den Bedingungen (Seeing bis Sehleistung).

Jetzt kommen noch die spezifischen Eigenheiten der Objekte am Himmel hinzu, die ihrerseits Grenzen setzen:

Lichtschwache Objekte verlangen einen dunklen Himmel damit sie sich vom Hintergrund abheben können! Passende Filter können den Hintergrund abdunkeln und das Licht der Objekte durchlassen, aber nicht die Helligkeit des Objektes steigern...

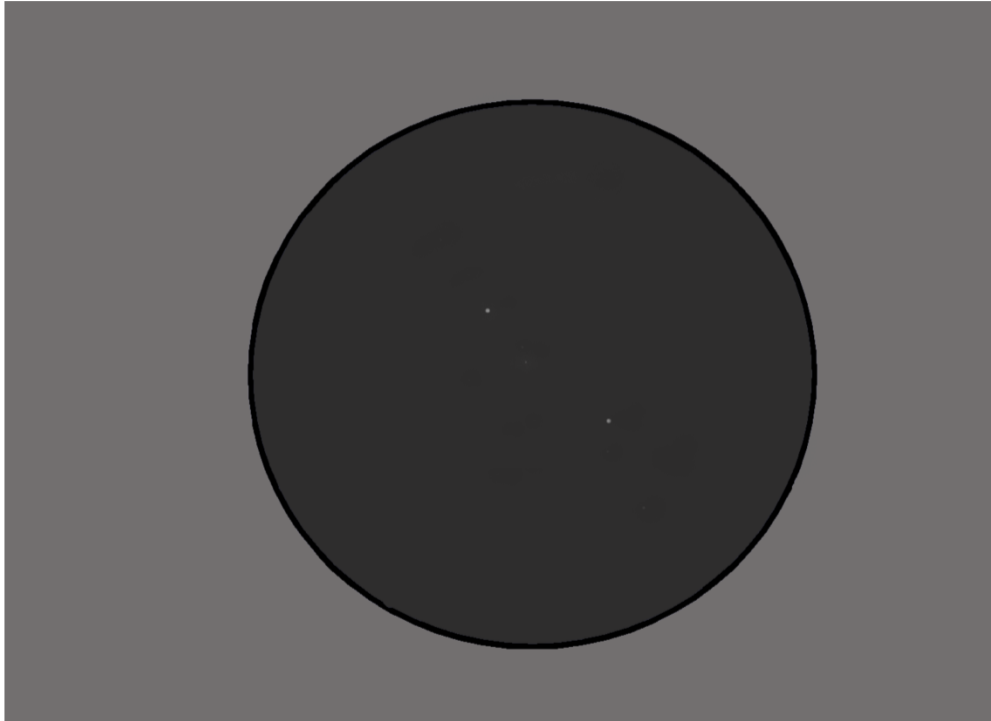
d.h. ein Objekt mit sehr niedriger Helligkeit wird nur dann vom Auge wahrgenommen, wenn es über der Empfindlichkeits-Schwelle des Auges liegt bzw. das Teleskop dafür genügend Licht sammelt, und es sich in der Helligkeit vom Hintergrund unterscheiden lässt!

Für diese Objekte ist eine sehr gute Dunkeladaption der Augen Voraussetzung!

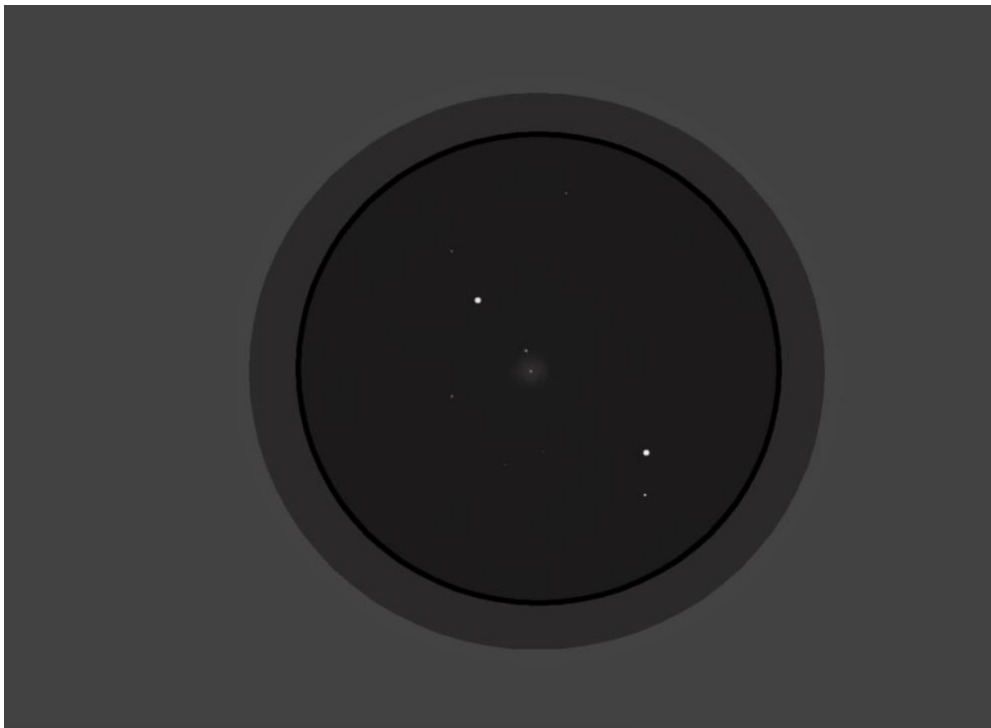
Aufgehellter Himmel, Licht von Autos, Lampen usw. machen diese Objekte unsichtbar!

Der Einfluss der Lichtverschmutzung lässt sich in der visuellen Beobachtung nur bei manchen Objekten durch Filter etwas reduzieren! Bei Galaxien und Objekten die im gesamten Spektrum strahlen helfen Filter nicht. In dem Fall bleiben dann nur die hellen „Standard Kerzen“ zum Beobachten übrig....oder Mond, Planeten, Doppelsterne....

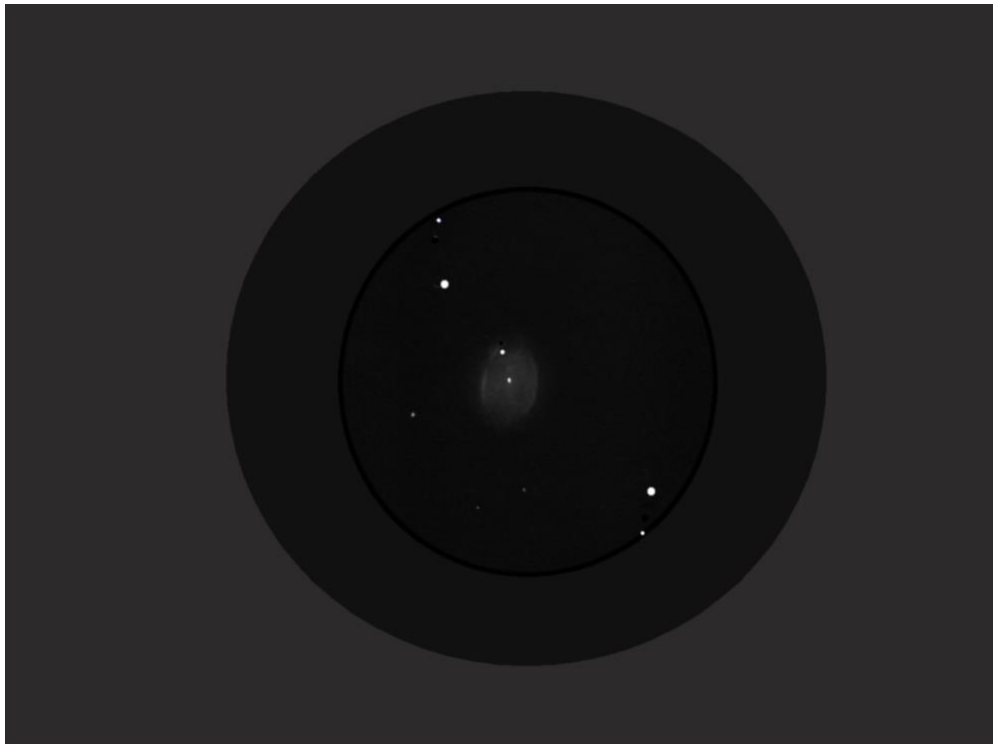
Abschließend nochmal am Beispiel von Günther Mooz des **Planetarischen Nebels NGC 40 im Kepheus**. Dieser **PN** steht eigentlich immer so hoch, dass Horizontdunst oder partielle horizont nahe Aufhellungen nicht für wechselnden Erfolg verantwortlich gemacht werden können. Auch reagiert er schlecht auf O III Filterung, ein UHC kann etwas helfen, aber ohne Filter kann man ihn unter brauchbarem Himmel auch finden. Die grundsätzliche Himmelsqualität entscheidet, ab welcher AP der Hintergrund überhaupt dunkel genug wird um nicht nur den Zentralstern zu sehen und ihn dann eben für ein Sternchen wie viele andere zu halten.



Die zarte Nebelhülle kommt erst mit stärker werdendem Kontrast zum Hintergrund immer besser heraus,



also bei dunklerem Himmel. Bei kleinerer AP durch höhere Vergrößerung. Zunächst als rundlich ovale Aufhellung um den Zentralstern und



wenn alles passt kommt man mit einem normalen 12-Zöller, unter ganz normalen hiesigen Bedingungen (5,5 Mag + x), durchaus zu solchen Anblicken.

Natürlich braucht es an einem solch schwachen Objekt für mehr als bloße Lokalisierung/Erkennung auch einen brauchbar guten Himmel, aber man kann mit der passenden AP noch viele Details gewinnen.

Anmerkung: Je größer die Teleskop-Öffnung wird, (so etwa ab 16 Zoll d.h. 40 cm aufwärts, bei gleichzeitig schnellem Öffnungsverhältniss) desto deutlicher bemerkt man den Einfluss leicht aufgehellten Himmels besonders bei Austrittspupillen größer 4-5mm....

Der Einfluss vom Seeing ist ab ca. 6 - 8 Zoll Öffnung, kontinuierlich mit der Größe der Öffnung ansteigend, deutlicher bemerkbar.

Größerer Querschnitt der Luftsäule (durch die das Objekt betrachtet wird) bedeutet höherer Einfluss der unruhigen Luftmassen

Bei kleineren Teleskopen ist es zwar auch bemerkbar, limitiert aber noch nicht so sehr die mögliche nutzbare Vergrößerung.

Bei Doppelsternbeobachtungen muss z.B. zwingend das erforderliche Maß an Auflösungsvermögen her, also ein Mindestmaß an Öffnung und Auflösung. Kommt man dabei in den Bereich wo Seeing mit aufgelöst wird, gilt es einige Problemstellungen zu lösen um mit den eigenen Augen zu bestmöglichen Ergebnissen zu kommen.



zeigt einen Doppelstern mit extrem unterschiedlicher Helligkeit, wobei man mit zunehmender Vergrößerung/Auflösung, z.B. durch größere Öffnung und/oder entsprechend höhere Brennweite, zwar Abstand gewinnt aber auch, hier angenommene, stärkere Seeingeinflüsse auflöst. Ganz rechts sind schon die so genannten "Speckles" angedeutet, in die sich Sterne bei zu schlechtem Seeing zerlegen.

Sven Wienstein: Was sieht man im Teleskop?

*

Wenn das Interesse am Sterneschauen erwacht, dann ist der Anlass dafür oft ein Fernsehbeitrag, ein Zeitschriften-Artikel oder ein Buch. Phantastische Bilder verlocken dazu, das Universum mit eigenen Augen zu erforschen. Aber kann ein Amateurteleskop mit den prächtigen Bildern des Weltraumteleskopes mithalten? Um es sofort und unmissverständlich zu sagen: Nein! Immerhin, das Teleskop bietet nicht nur ein Livebild, sondern auch eines, das man mit den eigenen Augen aufnimmt. Das Bild was man im Teleskop wahrnimmt ist eben auf seine Art realer als heutige, digital aufbereitete Fotos. „Na gut, mein erstes Teleskop ist natürlich viel kleiner, als das 7 Meter Teleskop der ESO in Chile. Kann ich wenigstens alles etwas kleiner sehen?“ Nun, ein paar Objekte schon. Ganz konkret kann man mit einem Amateurteleskop die Planeten des Sonnensystems und den Mond so ähnlich und nur etwas kleiner sehen. Trotzdem sind die Unterschiede zu einem Foto schon deutlich. Im größeren Amateurteleskop kann ein Planet leicht blenden. In jedem Fall ist der Planet zwar farbig zu sehen, aber eher in Pastelltönen mit schwachen Farbnuancen. Nur der Mond ist genauso knackig schwarzweiß, wie man ihn von Profi-Fotos kennt.



So sieht ein Ausschnitt des Mondterminators im Okular aus. Als Terminator bezeichnet man die Schattengrenze.

Die Aufnahme ist per Handy abfotografiert vom 200/1000 Newton bei 294-facher Vergrößerung. Der große Krater heißt Copernicus.

Mars ist noch der farbkraftigste. Seine rötliche Farbe an sich ist zwar schon faszinierend, aber ein roter Ball wird schnell langweilig. Man möchte mehr sehen. Die berühmten Marskanäle? Von denen weiß man ja, dass sie eine optische Täuschung waren. Aber wer seine Beobachtungsgabe trainiert und nicht gleich aufgibt, der bemerkt, wie sich aus dem roten Glanz Konturen herauschälen. Besonders wenn das Bild einen Moment oder zwei ganz stillsteht und nicht vom stetigen Wirbel der Erdatmosphäre verquirlt wird. Der Blick ins Teleskop ist eben nicht ein einfaches hinschauen und erkennen, wie wir es vom Fernsehprogramm gewohnt sind. Sehen, wirkliches *Sehen* am Teleskop muss man erlernen. Wer dazu nicht bereit ist, für den ist das beste Teleskop die Internetseite mit den Pressefotos von ESO, ESA oder NASA.



Mars im Teleskop - rötlich bis rosa, die Details sind sehr blass und nicht leicht zu erkennen.

Wer sich dennoch traut, das Universum auf eigene Faust oder auch gemeinsam mit anderen Sternfreunden zu erkunden, dem erschließen sich aber auch wunderbare Anblicke. Ein Artikel mit kleinen Bildern auf dem Computermonitor kann die Faszination des realen Bildes nicht vermitteln, trotzdem sollen die folgenden Bilder ein paar Eindrücke vermitteln.



Der Ringplanet Saturn mit seinen Monden, mal im mittleren...



...und mal im kleinen Teleskop.

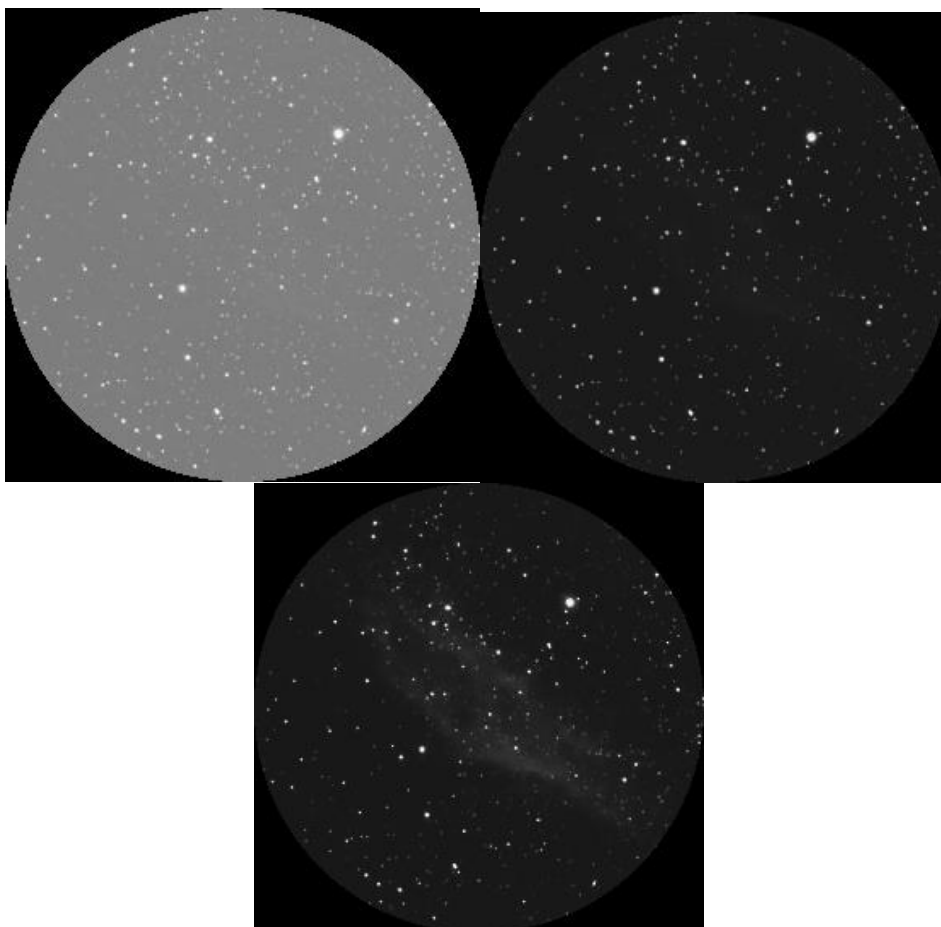


Besonders der Riesenplanet Jupiter fordert ein geübtes Auge,
um seine Detailvielfalt sichtbar zu machen.

Was aber ist nun mit den funkelnden Sternhaufen, purpurnen Nebeln, grünen Filamenten und den wirbelnden Galaxien? Diese Objekte außerhalb des Sonnensystems nennt der Sternfreund Deepsky-Objekte, also Objekte in den Tiefen des Weltraums. Von der Vorstellung der farbenprächtigen Bilder großer Teleskope muss man sich hier verabschieden. Die kann man nur auf Fotos festhalten. Der Beobachter am Teleskop sieht alles in grau. Lediglich die hellsten Sterne zeigen ab und an blasse Farben und man kann sich trefflich streiten, ob der blassgrüne Schimmer besonders heller Gasnebel nun wirklich wahrgenommen oder vom Gehirn "erfunden" worden ist.

Wie sieht es nun also mit der Deepsky-Beobachtung aus? Es geht um Objekte, die gut und gerne Hunderte, Tausende, ja sogar Millionen Lichtjahre entfernt sind. Mal ganz davon abgesehen, dass man als Mensch selbst von *einem* Lichtjahr keine Vorstellung hat, auch wenn man weiß, dass es 9,461 Billionen Kilometer lang ist, so bekommt man wenigstens mit, dass diese Objekte verdammt weit weg sind. Far Out! Entsprechend schwach ist das Licht, wenn es nach seiner langen Reise bei uns ankommt, und entsprechend schwach, also dunkel sind die Objekte. So dunkel, dass unsere Netzhaut die Farben des Lichts nicht mehr erkennt. Das Auge schaltet auf Stäbchensehen um, macht eine Dunkeladaptation, wenn keine störenden Lichtquellen in der Nähe sind. Mooment! Störende Lichtquellen? Ja, störende Lichtquellen. Straßenlampen halt. Autos, die Stadt und auch das Dorf insgesamt und sowieso, aber auch die Taschenlampe, das Feuerzeug. Eben alles außer Rotlicht. Ein kleiner Funke Licht, und das Auge verliert seine Dunkeladaptation.

20 Minuten dauert es, bis sie vollständig wiederhergestellt ist. Ohne Dunkeladaption kann man nur die hellsten DeepSky-Objekte erkennen, die schwächeren bleiben unsichtbar.



Drei mal der California-Nebel. Links aus der Stadt, in der Mitte dunkler Landhimmel und rechts aus den Alpen oder mit Filter.

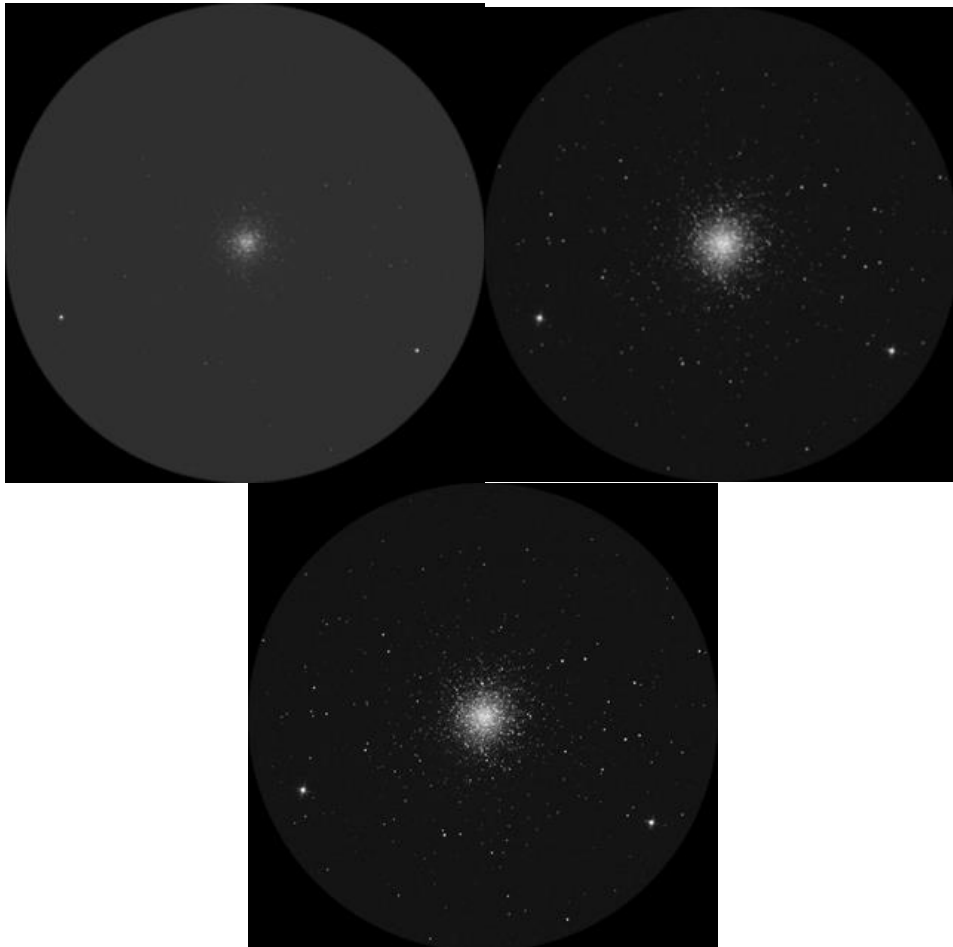
Natürlich gibt es auch Paradeobjekte, die man ganz gut in der Besucherführung der Sternwarte erkennen kann, selbst wenn es da wo die Sternwarte steht nicht ganz dunkel ist, aber erfahrene Sternfreunde, die sich Deepsky-Beobachtung auf ihre Fahnen geschrieben haben, belächeln solche Bedingungen, weil man bei weitem nicht das sieht, was man mit Geduld (und eigenem Auto) unter wirklich dunklem Himmel erleben kann.



Der große Orionnebel ist schon unter mittelmäßigem Himmel bildfüllend, aber noch weit von der Pracht entfernt, die er unter dunklem Himmel bietet.

Die Wirbelnden Spiralgalaxien lassen sich aus der Stadt heraus praktisch gar nicht beobachten. Ein paar helle Galaxien kann man unter gutem Landhimmel soweit erkennen, dass man nicht nur ihren hellen Kern bemerkt, sondern auch noch etwas von den Außenbereichen. Aber den Anblick eines Feuerrades bieten nur ganz wenige davon und nur für geübte Augen.

Sternhaufen und Kugelsternhaufen sind da schon besser zu beobachten:



Der Kugelsternhaufen M13 ist der prächtigste am Nordhimmel.

Wie gut man die funkelnden Sterne trennen kann hängt nicht nur vom Teleskop, sondern auch vom Wetter und vom störenden Licht ab.



So schaut ein offener Sternhaufen aus, in diesem Fall die Praesepe M 44.

Tja, so sieht es aus, das Universum im Teleskop. Für viele Sternfreunde ist es ungeheuer faszinierend, aber nur, wenn man unerfüllbare Erwartungen hinter sich gelassen hat. Dann erst ist so ein Anblick durch das eigene Teleskop ein Highlight (und zwar bei weitem kein unmögliches), wenn Teleskop und Bedingungen optimal sind:











Jupiter - im Teleskop in dieser Form ein echtes Highlight!

Zahlreiche weitere Zeichnungen, genauer eine "Top 13", die einen Eindruck davon geben, was man durch ein Teleskop sehen kann, finden sich auf der [Webseite von Günther Mootz](#).

Ein Ausschnitt aus einem Katalog von Teleskop Austria zeigt auch was man abhängig von der Teleskopöffnung erkennen kann:

WAS SIEHT MAN MIT TELESKOPEN UNTERSCHIEDLICHER OBJEKTIVDURCHMESSER?

		70–90 MM Geeignet für die Beobachtung der lichtstärksten Objekte, wie Sonne, Mond und Planeten. Man sieht damit z.B. Jupiter mit seinen 4 Galileischen Monden, Saturn mit seinem Ring, die Phasen der Venus, die größten Krater und Strukturen auf dem Mond, größere Sonnenflecken, einige Doppelsterne. Unter dunklem Himmel kann man außerdem die hellsten Galaxien, Kugelsternhaufen und planetarische Nebel erblicken.
		90–127 MM Man kann schon feinere Strukturen auf dem Mond wahrnehmen, die Äquatorialbänder auf Jupiter, die Cassinische Teilung im Saturnring, sowie die Polkappen auf Mars lassen sich auch beobachten. Am Rand der schönsten Kugelsternhaufen werden die ersten Sterne aufgelöst, die lichtstärksten Emissionsnebel, z.B. den Orionnebel kann man auch schon bewundern.
		127–200 MM Auf dem Mond tauchen Details in den Kratern und Wallebenen auf, feine Rillen werden sichtbar. Außer den Wolkenbändern zeigen sich schon der Große Rote Fleck auf Jupiter, sowie die Dunkelstrukturen auf Mars. Die Farbe der Planeten Uranus und Neptun schimmert auf. Die Doppelsterne werden bis zu 1 Bogensekunde aufgelöst. Erste Details in den hellsten Galaxien und planetarischen Nebeln werden erkennbar.
		200–400 MM „Ab 200mm öffnet sich der Himmel“ – ein alter Spruch unter Sternfreunden. Unter guten Bedingungen erscheinen der Mond und einige Planeten ähnlich wie auf Fotos, mit feinen Details auf der Oberfläche. Die wellenartige Struktur der Wolkenbänder auf Jupiter ist wahrnehmbar, seine Monde zeigen sich unterschiedlich groß. Auf Saturn sieht man auch Wolkenbänder, im Ring ist die Encke-Teilung erkennbar. Doppelsterne lassen sich unter 1 Bogensekunde auflösen. In den Kugelsternhaufen funkeln Tausende von Einzelsternen. Die Spiral- und Staubstruktur der Galaxien bedeutet auch kein Problem für das geübte Auge.

Mehr Information dazu auch unter:

https://teleskop-austria.at/support/Kataloge_und_CD-ROMs/Kataloge-ASTRO/Teleskop-Katalog-2016-WEB.pdf ab Seite 44.

Zusammenfassend kann man also festhalten:

- Die Teleskopöffnung bestimmt die Lichtmenge die gesammelt wird – lichtschwache Objekte werden sichtbar
- Die Teleskopbrennweite ergibt zusammen mit dem scheinbaren Sehfeld des Okulars dann den im Teleskop sichtbaren Himmelsausschnitt – das wahre Sehfeld....
- Teleskopbrennweite durch Okularbrennweite ist die Vergrößerung d.h. wie hoch wird ein Objekt im Sehfeld vergrößert dargestellt.
- Die Austritts-Pupille am Okular ist Öffnung durch Vergrößerung (oder auch Okularbrennweite durch Öffnungszahl), und beeinflusst wie hell der Himmelshintergrund erscheint bzw. auch den Kontrast zwischen Objekt und Umgebung.
- D.h. mit der Okularbrennweite kann man die Größe und die Erkennbarkeit des Beobachtungs-Objektes etwas beeinflussen.
- Reicht bei Lichtschwachen Himmelsobjekten der Helligkeitsunterschied zum Hintergrund nicht aus um sie gut zu erkennen, kann man bei Objekten mit spezifischem Emissionsspektrum (Planetarische Nebel, Emissionsnebel etc.), mit Schmalband- oder Linienfilter den Kontrast erhöhen.

Durch die Filter wird der Himmelshintergrund dunkler, das Lichtspektrum des Objektes aber durchgelassen.

Bei Sternhaufen und Galaxien, die ja im gesamten Spektrum Licht abgeben, helfen Filter daher nicht.

Ausnahme: Filter die nur bestimmte Wellenlängen von künstlichem Licht sperren z.B. IDAS LPS – die verfälschen allerdings die Objektfarben und werden hauptsächlich in der Fotografie gegen Lichtverschmutzung verwendet.

Die Okulare in der Visuellen Astronomie –

Martin Birkmaier

Ohne Okular ist die visuelle Beobachtung nicht möglich, das Okular ist genauso wichtig wie das Teleskop.

Mit einem qualitativ schlechten Okular kann auch das beste Teleskop nur schlechte Bilder liefern. Auch ein definitiv farbfehlerfreies Spiegelsystem kann mit einem Billigokular bunte farbfehlerbehaftete Bilder zeigen.

Wichtig für das Bildergebnis sind Qualität, Korrektur, Transmission und Kontrast des Okulars.

Ebenfalls wichtig ist, welches Teleskop bzw. Öffnungsverhältnis man hat.

Sucherfunktion - maximales Gesichtsfeld

6 bis 10 mm Austrittspupille. Die beste Ausnutzung der Öffnung nutzt nichts, wenn man das Objekt nicht findet. Gerade bei großen Teleskopen kann ein Öffnungsverlust durchaus in Kauf genommen werden, sofern man dies bewußt zum Auffinden, und nicht zum Beobachten der Objekte einsetzt. So läßt sich mit einem 20" f/4 gut 1,3° Gesichtsfeld erzielen, wobei man den 20-Zöller tatsächlich "nur" als 12 bis 14-Zoll-Sucher benutzt.

Minimalvergrößerung - großes Gesichtsfeld



TeleVue Panoptic

4 - 6 (max. 8) mm Austrittspupille. Die Begrenzung hierfür ist der Pupillendurchmesser des Auges. Der maximale Pupillendurchmesser ist ca. 7-8mm für ein gesundes, junges Auge. Im Alter sind erhebliche individuelle Abweichungen möglich. Wie die Gahberg-Studie gezeigt hat, sollten sich aktive Beobachter selbst mit 70 Jahren nicht unter 6mm einschätzen. Eine größere Austrittspupille ist nicht schädlich, sondern unwirtschaftlich. Die übersteigende Lichtmenge wird nicht wahrgenommen sondern zur Beleuchtung des Gesichts verwendet; man könnte genauso gut ein entsprechend kleineres Teleskop verwenden.

Gesichtsfeld

Die Größe des tatsächlich wahrgenommenen Gesichtsfeldes hängt auch vom scheinbaren Gesichtsfeld des Okulars ab. Daneben begrenzt der freie Durchlass vor dem Okular die Größe des Gesichtsfeldes, wobei logischerweise die engste Stelle entscheidet.

Ein freier 1,25" Anschluss lässt kaum mehr als das Gesichtsfeld eines 24 mm Widefield mit ca 60 - 65° SGF durch. Die Gesichtsfelder eines 32 mm Plössl oder eines 40 mm Kellner reduzieren sich da auf 50° bzw 45°.

Durch einen freien 2" Anschluss paßt kaum mehr Gesichtsfeld, als es mit einem 40 mm Widefield mit 65° erzielt werden kann.

Ein 2" 80 mm Okular bringt zwar ein helleres Bild, letztendlich aber nur die halb so große Abbildung des gleichen Himmelsausschnittes (erhöht aber falls gewünscht die AP).

Sofern nicht das größtmögliche Gesichtsfeld erzielt werden soll, halte ich eine Austrittspupille von ca. 5 mm für vollkommen ausreichend. Eine Austrittspupille über 5 mm bringt zwar ein helleres Bild. Dies macht jedoch nur bei absolut dunklem Nachthimmel einen Sinn, und bringt für die Wahrnehmung einiger lichtschwacher Objekte nur eine geringe Steigerung zum absoluten Maximum, **(kann aber bei der Verwendung von Schmalband und Linienfilter helfen)**.

Für angehende Astronomen ist auch ohne Widefield-Interesse ein Okular mit großem Gesichtsfeld wichtig, es wird sonst schwieriger, sich am Himmel zurechtzufinden.

Normalvergrößerung

2 - 4 mm Austrittspupille: Erfahrungsgemäß werden diese Okulare am häufigsten verwendet.

4 - 3,5mm Austrittspupille: ist meines Erachtens für die meisten großflächigen, flächenlichtschwachen Nebel optimal.

Mit 2 mm Austrittspupille nimmt das Auge bereits 80% der maximalen theoretischen Auflösung wahr, für viele Objekte ist die Wahrnehmbarkeit optimal, z.B. die meisten Galaxien.

Maximalvergrößerung / Auflösung

1 (bis min. 0,8 - 0,5 mm) Austrittspupille. Mit 1 mm Austrittspupille nimmt man 95% der theoretisch maximal möglichen Auflösung wahr. Jede weitere Vergrößerung macht nur dann Sinn, wenn Teleskop und Augen gut sind.

0,5 mm Austrittspupille stellt die Maximalvergrößerung dar, jede weitere Vergrößerung bringt nichts mehr. Nutzbar sind 0,5 mm Austrittspupille nur zum Trennen enger Doppelsterne, und am äußersten Limit des Teleskops zur Wahrnehmung schwächster Details.

0,8 mm Austrittspupille bringt bei perfektem Seeing die maximale Wahrnehmbarkeit kleiner, kontrastarmer Details, und ist die sinnvolle Maximalvergrößerung für Planeten.

Vergrößerung / Qualität

Es gibt Teleskope, deren optische Qualität nicht mal 3 mm Austrittspupille verträgt, d.h. jede höhere Vergrößerung ist sinnlos, es wird nur Unschärfe aufgeblasen. Speziell im Billigbereich sollte man die Qualität des Teleskopes kennen, bevor man in hohe Vergrößerungen investiert.

Vergrößerung / Auflösung / Seeing

Die Nutzbarkeit starker Vergrößerungen hinsichtlich der Auflösung kleiner Details wird durch die Atmosphäre eingeschränkt. Die Luftunruhe setzt in den meisten Nächten deutliche Grenzen. Die atmosphärische Begrenzung der Vergrößerung ist öffnungsabhängig. Mit kleinen Öffnungen kann oft die Maximalvergrößerung eingesetzt werden. Größere Teleskope lassen meist eine absolut größere Vergrößerung zu, mit zunehmender Öffnung wird die Vergrößerung immer stärker durch das Seeing begrenzt. Bei schlechtem Seeing erlauben kleine Öffnungen absolut größere Vergrößerungen. Es wird nur durch einen kleinen Ausschnitt innerhalb der Luftwellen geblickt, das Bild wird rauf und runtergeschoben, ohne es zu entstellen. Große Teleskope erfassen mehrere Luftwellen, die das Bild durchmischen. Die folgende Tabelle für maximale sinnvolle Vergrößerung bei bestimmtem Seeing entspringt einer Mischung aus Theorie und Praxis und sollte nur als Anhaltspunkt dienen. In vielen nicht besonders guten, aber noch brauchbaren Nächten ist bereits bei 200-facher Vergrößerung Schluß - jede weitere Vergrößerung bringt nichts an Auflösung.

Das oben gesagte betrifft u.a. die Beobachtung von Planeten, d.h. die Wahrnehmung kleiner, kontrastschwacher, aber auch ziemlich heller Details.

Vergrößerung / Wahrnehmung



Vixen LVW

Ein anderer Grund, hoch zu vergrößern, besteht in der Wahrnehmungsschwelle des Auges für schwache Kontraste.

Es ist egal, ob es sich um ein eigentlich helles Objekt im lichtdurchfluteten Stadthimmel, ein extrem lichtschwaches Objekt bei dunklem Himmel, oder ein schwaches Detail in einem Objekt handelt. Das Auge braucht einen gewissen Mindest-Helligkeitsunterschied, um etwas zu sehen, und dieser Helligkeits-Unterschied darf mit linear zunehmender Fläche einer Bildkomponente exponentiell kleiner werden.

Die Wahrnehmbarkeit steigt also exponentiell mit zunehmender Größe, während die Flächenhelligkeit nur linear mit zunehmender Vergrößerung sinkt.

Erst bei hoher Vergrößerung schöpft man die Wahrnehmungsgrenzen seines Teleskopes im Deep Sky Bereich aus. Bei einem kleinen Teleskop wird man sehr hoch vergrößern, um das

Objekt überhaupt sehen zu können; mit etwas mehr Öffnung wird man es schon mit Minimalvergrößerung genauso sehen; deutlich mehr, z.B. Spiralarme einer Galaxie, sieht man mit hoher Vergrößerung. Mit großer Öffnung sieht man bei Maximalvergrößerung vielleicht schon Details in den Spiralarmen.

Man muss hier auch das Sehen neu lernen, z.B. im Eskimo-Nebel bei unterdurchschnittlichem Seeing und hoher Vergrößerung, ein riesengroß aufgeblasenes, pulsierendes, waberndes Eskimo-Gesicht, das einen angrinst. Es ist besser als ein kleines, ruhiges, "scharfes" Flecklein. So hat jede Nacht, jedes Teleskop, jedes Objekt und jeder Beobachter seine optimalen Okulare und optimalen Vergrößerungen.

Wichtig ist, dass man auch im DeepSky Bereich und auch an bekannten Objekten immer wieder mal höhere Vergrößerungen probiert.

Vergrößerung / Gesichtsfeld

Gerade beim Dobson ist das Gesichtsfeld des Okulars ein nicht unwichtiger Punkt bei hohen Vergrößerungen.

Gesichtsfeld / Abstufung



TeleVue Nagler

Durch das große Gesichtsfeld der Nagler- oder Widefield-Okulare ist die Staffelung der verschiedenen Okulare nach Brennweite nicht unbedingt richtig. Mit 2000 mm Brennweite sehen Sie mit einem 9 mm Nagler ein $0,37^\circ$ großes Stück Himmel in 227-facher Vergrößerung, mit einem 15 mm Plössl $0,39^\circ$ in 133-facher Vergrößerung. In beiden Okularen sehen Sie also praktisch das gleiche Bild, nur eben im Plössl wesentlich kleiner.

Korrektur / Kontrast / Einblick

Neben "harten" Daten gibt es eine Reihe von Dingen, die nicht unbedingt aufs Papier zu bringen sind, z.B. Koma-Korrektur. Mit $f/8$ spielt Koma keine Rolle, bei $f/4.5$ ist es am Bildrand deutlich sichtbar. Bei dieser Gelegenheit, Koma-Korrektoren sind für die Fotografie sehr gut, nur ist dort ein sauberer Stern 2 Bogensekunden groß. Visuell sind Koma-Korrektoren zum Teil nur eingeschränkt nutzbar.

Der Televue Komakorrektor Typ 2 ist mit seinem Tuneable Top auch für die visuelle Anwendung gut geeignet.



Nagler-Okulare sind hinsichtlich der Koma-Korrektur am Bildrand sehr gut, und bieten auch bei $f/5$ außerhalb eines zentralen Bereichs von rund 30 Grad sehr gute Schärfe. Im zentralen Bereich sind die Nagler auch sehr gut, viel besser als billige Primitivokulare, aber hier gibt es eindeutig bessere Okulare. Die 7 oder 8 Linsen mit ihren 14 oder 16 Flächen fordern hier ihren Preis, ich glaube, auch die Koma-Korrektur außen wird minimal etwas in der Mitte kosten.

In der absoluten Bildmitte sind für maximalen Kontrast möglichst einfach aufgebaute Okulare optimal, z.B. orthoskopische Okulare oder Plössl, allerdings auch nicht jedes, sondern nur wirklich gute. Außerhalb eines zentralen 30° -Bereiches sind bei $f/5$ die Nagler wiederum besser.

Bei einfachen Okularen ist der Pupillenabstand immer etwas kürzer als die Brennweite. Bei 20 mm ist der Einblick meist gut, unter 10 mm Brennweite wird das Einblickverhalten immer unschöner - man muss ins Okular reinkriechen. Eine noch so perfekte Kontrastleistung nutzt nichts, wenn die Wimpern das Okular laufend zuschmieren. Ebenso leidet die Wahrnehmung ganz erheblich, wenn der Einblick unangenehm ist. Aufwendiger konstruierte Okulare bieten meist einen verbesserten Einblick. So z.B. Vixen LV mit 20mm Pupillenabstand, allerdings kleinem Gesichtsfeld, oder TeleVue Nagler, deren Einblick mir bis hinunter zum 7 mm gefällt. Besonders gut finde ich in dieser Beziehung TeleVue Panoptic und Pentax XL. Bei beiden ist der Mensch das Maß der Dinge. Das große Gesichtsfeld von 65-68 Grad entspricht dem Bereich, den man bewusst wahrnimmt. Gleichzeitig ist der Pupillenabstand so groß, daß jeweils auch mit Brille das volle Gesichtsfeld sichtbar ist.

Das Pentax XL bietet einen einheitlichen Pupillenabstand von 20 mm – bis hinunter zum 5,2 mm Okular! Weiterhin bieten die Pentax eine aufwendige, verstellbare Augenmuschel. Voll eingeschraubt dient sie dem Brillenträger zur weichen Auflage der Brille. Wer ohne Brille beobachtet kann die Augenmuschel weit ausfahren und den Abstand individuell einstellen, bis Stirn und Nasenwurzel bei perfektem Einblick bequem anliegen.

Anmerkung: Neuere Serien sind von TeleVue die Delos und die Delite Serien, und von Baader die Morpheus Serie, die eine vergleichbare (z.T. bessere) Qualität liefern, und auch von ES (Explore Scientific) gibt es Serien die dem nahekommen.

Welches Okular?

Auch diese Frage kann ich niemandem abnehmen. Welches Einblickverhalten gut oder unmöglich ist oder welches Bild akzeptabel ist, hängt sehr stark vom Beobachter ab. Ich kann nur raten: selbst testen, und zwar mit dem dafür vorgesehenen Teleskop. Zum Beispiel kombiniert das TeleVue Panoptic ein 68° Gesichtsfeld mit p Augenabstand: die Meinungen gehen von der völligen Ablehnung bis zur totalen Begeisterung – deshalb vorher testen.

Eine optimale Okularzusammenstellung muss Teleskop, Standort und die persönlichen Interessen berücksichtigen, ebenso den Geldbeutel. Zu letzterem sei angemerkt, dass das

zweimal gekaufte Okular am teuersten kommt. Statt einem fein abgestuften Satz von 5 oder mehr Billigokularen sollte man sich das Ganze gut durchdenken, testen, und zunächst 2 oder 3 gute Okulare kaufen.

Es ist wichtig, ob ein Okular 40° oder 80° GO hat, ebenso machen 10 oder 15 mm Brennweite einen Unterschied. Ein Gesichtsfeld-Unterschied von 56° auf 58° oder der Brennweitenunterschied von 12 auf 13 mm sollte kein Argument sein.

Selbst falls die Werte tatsächlich stimmen, sind in der Praxis Unterschiede in Korrektur und Einblickverhalten wichtiger.

Ergänzungen:

Bei Teleskopen mit Obstruktion wird bei großer Austrittspupille und / oder hellen Objekten die etwas blenden (z.B. der Vollmond, oder tagsüber wenn man die Sonne im Weisslicht beobachtet) ein Schatten mitten im Bild sichtbar – der Fangspiegelschatten.

Das liegt schlicht daran, dass wir dieses 7 mm große (oder größere), helle "Okularbild" (am Tage) mit einer Pupillenöffnung des Auges von 2 bis 3 mm oder auch darunter betrachten. Wir schneiden die äußeren Bereiche ab und verringern damit die Öffnung. Der Fangspiegel bleibt aber logischer Weise gleich groß. Diese Obstruktion/Abschattung wird durch einen im Bild schwebenden Schatten sichtbar....unten im linken Bild zu sehen.



Diese Abschattung macht dann auch prozentuell einen höheren Anteil der genutzten Austrittspupille aus was den Kontrast ein wenig reduzieren kann.

Zum Thema Auflösung eines Teleskops:

Eine einfache Faustformel

Das Auflösungsvermögen lässt sich einfach errechnen:

Auflösungsvermögen = $138 / \text{Öffnung des Fernrohrs in mm}$

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.

Für einige verbreitete Teleskopöffnungen ergeben sich damit folgende Auflösungsvermögen nach Rayleigh:

- 60mm = 2,3"
- 80mm = 1,7"

- 100mm = 1,3"
- 120mm = 1,15"
- 150mm = 0,92"
- 200mm = 0,69"
- 250mm = 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 begrenzt.

Vor dem Okularkauf :

Anhand von der Teleskop Öffnung und Brennweite wird zuerst die niedrigste Vergrößerung ermittelt mit der man eine Austrittspupille von 6-7mm erhält.

Als Beispiel ein Teleskop mit 8 Zoll (200mm) Öffnung.

$V = \text{Öffnung} / AP = 200\text{mm} / 7\text{mm} = 28,57$ d.h. bei ca. 28fach hat man die größte vom Auge nutzbare AP

Für einem f/5 Newton wäre die längste Okularbrennweite dann:

Okular Brennweite = Tel. Brennweite / Vergrößerung = 1000mm / 28.6 = 35 mm

Bei einem Schmidt-Cassegrain mit 2000mm wäre das:

Ok. Brennweite = 2000mm / 28,6 = 69mm

erhältlich sind für 2 Zoll maximal 55 (56) mm Plössl

*das entspricht einer Vergrößerung von **36 fach** und einer Austrittspupille von **5,5mm** – eine größere Austrittspupille schafft man mit handelsüblichen Okularen in dem Fall nicht.*

Als nächstes überlegt man sich die maximale sinnvolle Vergrößerung:

(Ziel wäre für den Einsteiger eine AP in der Gegen von 1mm, später, wenn man eigene Erfahrung gesammelt hat, kann man da noch weiter heruntergehen Richtung 0,7mm bis 0,5mm)

$V = \text{Öffnung} / AP = 200\text{mm} / 1\text{mm} = 200\text{fache Vergrößerung}$

Welche Okular Brennweite ist dafür notwendig?

Okular Brennweite = Teleskop Brennweite / Vergrößerung

d.h. beim Newton : Okular Brennweite = 1000mm / 200 = 5mm

und beim 8 Zoll SC: Okular Brennweite = 2000mm / 200 = 10mm

Dazwischen liegende Okularbrennweiten kann man je nach der Anzahl der gewünschten Okulare dann festlegen.....

Als gute Abstufung hat sich ein Faktor mit ca. 1,4 bewährt:

Also 30mm , 20mm, 14mm, 10mm, 8 (oder 7mm), und 6 (oder 5mm).....

Wenn es weniger Okulare sein sollen.....

30mm, 14mm, 10mm, 7 - 8mm und die darunter am Anfang weglassen...

eventuell wäre für den Anfang ein Zoom Okular im mittleren Brennweitenbereich hilfreich, bis man einschätzen kann welche Vergrößerungen am meisten bringen.

Dann wäre noch wichtig verschiedene Okulare auszuprobieren, um herauszufinden welche Okularmerkmale für einen selbst passen (oder welche unangenehm sind). Bei Vereinskollegen oder einem Händler etwas ausprobieren hilft unter Umständen Fehlkäufe zu vermeiden!

Folgende Kriterien sollte man sich anschauen:

Sehfeld *was kann ich überblicken, Tunnelblick bei zu kleinem SF*

Einblick-Verhalten wie leicht finde ich die richtige Position fürs Auge, treten Abschattungen/ Blackouts auf (Kidney Beating), kann ich entspannt beobachten oder wird es anstrengend die richtige Position am Okular zu halten...

Augenabstand und Auflage mit oder ohne Brille, muss ich ins Okular hineinkriechen, verschmiere ich mit Wimpern die Linsen, laufen die Linsen durch die Nähe an

Okular Größe / Bauform bei manchen Okularen ist der Durchmesser so groß dass man mit der Nase nicht mehr so richtig zurecht kommt und den Kopf schräg halten muss.

Okular-Gewicht - manche haben bis zu 1200 Gramm - das kann bei einem Dobson problematisch werden ihn auszubalancieren....

Komme ich mit dem Wunschokular an meinem Teleskop in den Fokus, kann ich damit Scharfstellen!

Und Natürlich den Preis: da ist man eventuell in der Zwickmühle - was ist mir eine gute Qualität wert, unter welchem Qualitätslevel fallen mir die Unzulänglichkeiten auf bzw. was möchte ich nicht mehr tolerieren.

In Summe sollte die Qualität von Teleskop und Zubehör einigermaßen stimmig sein.

d.h. es bringt das teuerste Okular wenig an einem Achromaten mit großem Farbfehler oder anderen optischen Mängeln.

Und ebensowenig Freude macht ein Sündteurer Apochromat, der mit einem günstigen aber mangelhaften Okular auch keine scharfe Abbildung erreicht.

Filter:

Für die Visuelle Beobachtung geht es um das **Anpassen der Helligkeit bei Mond und hellen Planeten** (bei größeren Teleskopöffnungen) um ein überstrahlen von Details zu verhindern.

Verwendet werden Neutralsdichte Graufilter z.B. ND 0,6 bis ND 0,9 (beim 600er Nauris wegen der enormen Lichtsammelfläche eventuell noch stärker...).

Eine andere Möglichkeit die Helligkeit zu reduzieren ist es zwei Single Polfilter zu kombinieren.

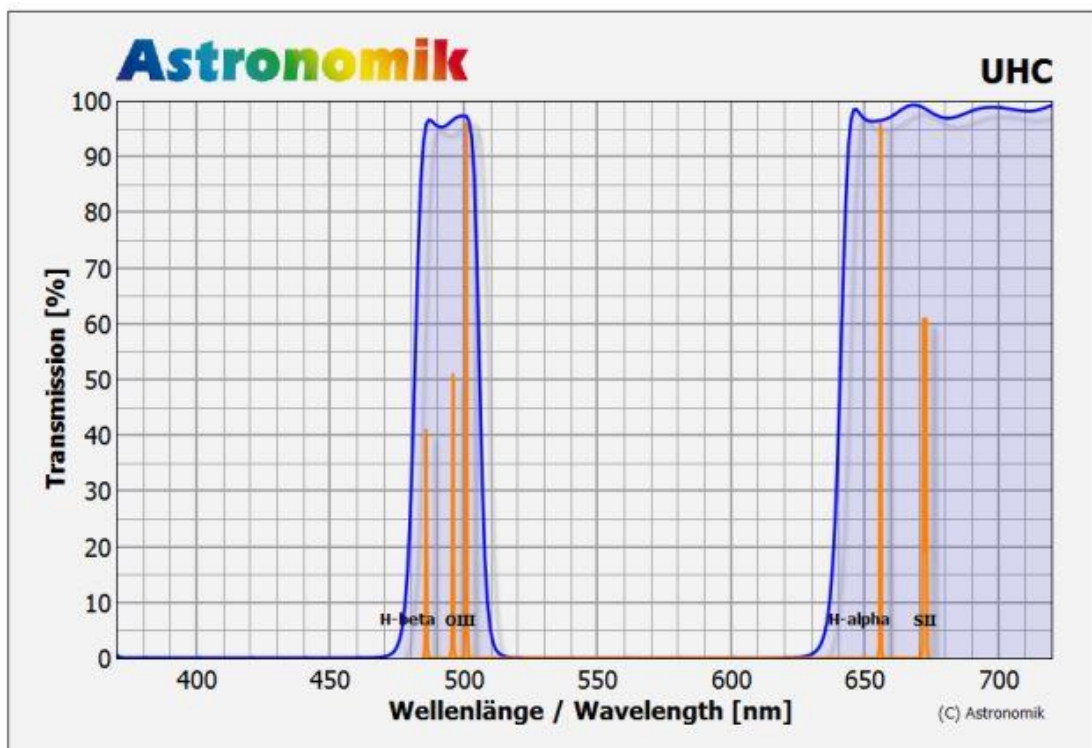
Dabei wird ein 2 Zoll Polfilter in die 2" (auf 1 ¼") Reduzierung gegeben, und ein 1 ¼" Polfilter ins Okular geschraubt. Durch rotieren des Okulars kann die Dämpfungswirkung stufenlos angepasst werden.

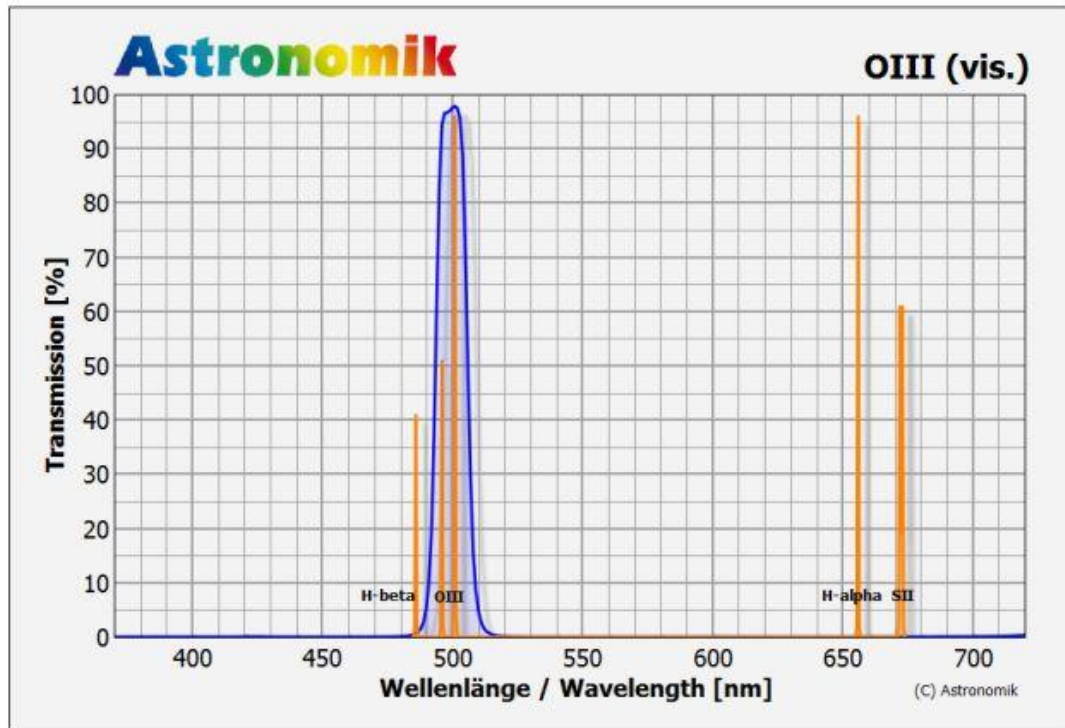
Bei Deepsky-Objekten geht es darum, den **Kontrast zum Himmels Hintergrund zu verbessern.**

Dafür werden Interferenzfilter verwendet, die ein begrenztes Spektrum des für das Auge sichtbaren Lichtes durchlassen, andere Wellenlängen aber blockieren.

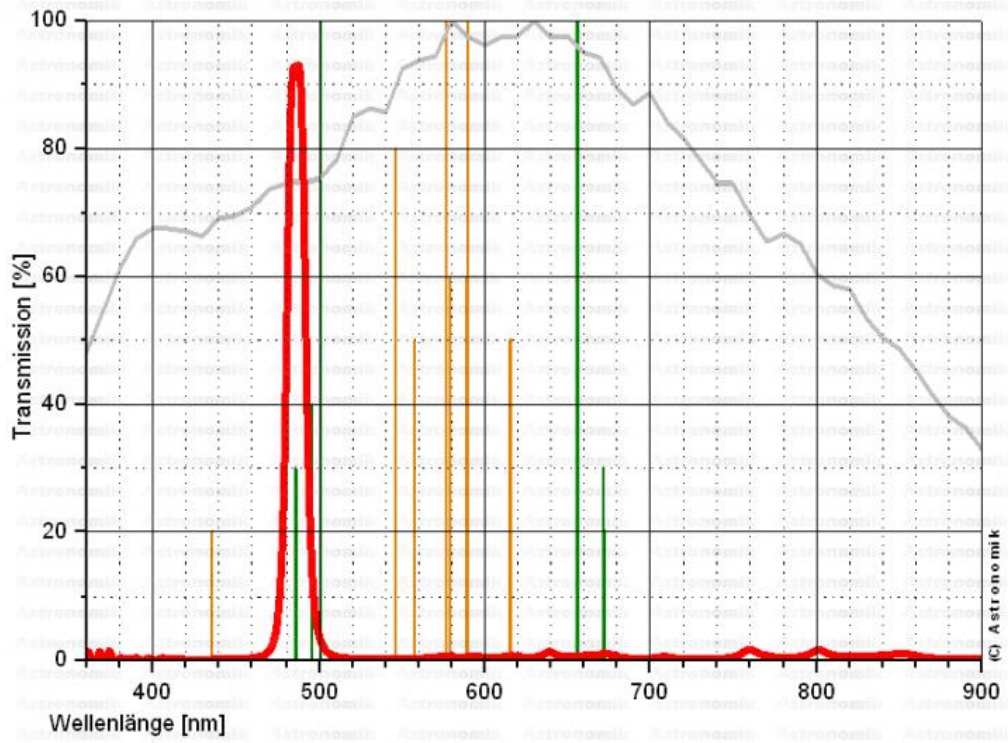
Die am häufigsten verwendeten Filter sind da die UHC (UHC- E oder -S Filter je nach Durchlass), und die OIII Filter von 12nm bis herunter zu 5 nm (Je nach Wunsch mit breiteren oder ganz engen Durchlassbereichen).

Je nach Durchlassbreite beim O III Filter wird es sehr Dunkel im Okular, und die Sterne im Umfeld verschwinden beinahe dadurch kann die Orientieren bei der Objektsuche schwieriger werden.



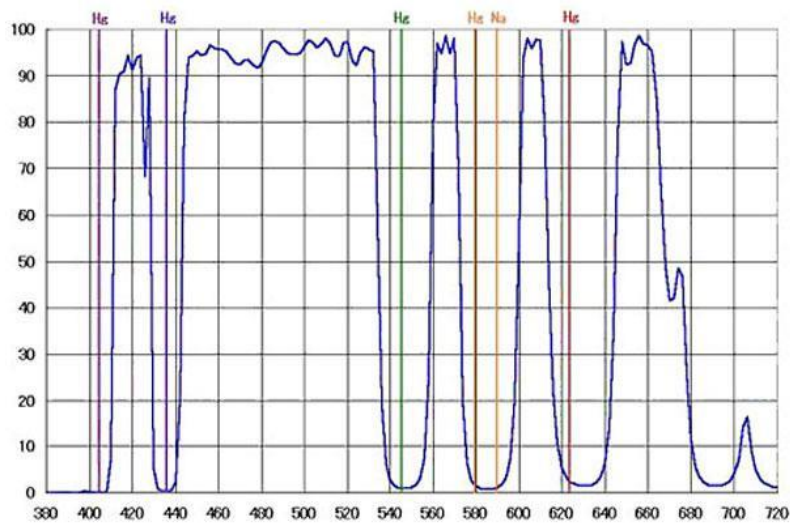


H-Beta Filter: der Erfolg hängt bei ihnen stark von der Himmelsqualität ab, und sie werden für speziellere Objekte verwendet, die in dem Bereich auch ausreichend Licht abgeben. California Nebel, Pferdekopf-Nebel usw. (da helfen entsprechende Listen bei der Auswahl).



und ein IDAS LPSD1 “Light Suppression Filter“ mit der Absicht die Spektren von Natrium- und Quecksilberdampf lampen (alte Straßenbeleuchtungen) zu blockieren.

Bei LED-Leuchtmittel helfen diese Filter nicht mehr!



Eine Darstellung der Spektren findet man auch im verlinkten Lacerta-Katalog auf Seite 35. https://teleskop-austria.at/support/Kataloge_und_CD-ROMs/Kataloge-ASTRO/Teleskop-Katalog-2016-WEB.pdf

Bei Achromatischen Refraktoren kann man mit Semi Apo Filtern dem Farbfehler ein wenig entgegenwirken.

Mit verschiedenen (Farb)Filtern versucht man den Kontrast an Mond und Planeten ein wenig anzuheben "Pro Planet" usw. .

Ein "Solar Continuum" Filter steigert bei der Sonne im Weisslicht ebenfalls den Kontrast weil er das Spektrum eingrenzt – die Sonne wird halt grün gefärbt..

Der darf an der Sonne aber nur in Verbindung mit einem Sonnenfilter vor dem Objektiv oder mit Herschel Keil verwendet werden!

Ergänzend einige Links: - aus diesen Seiten hab ich auch meine Informationen zusammengetragen.

Martin Birkmaier hat seinerzeit auf der Homepage von Intercon Spacetec eine sehr fundierte, auf persönlichen Erfahrungen beruhende Beratung für Okulare geschrieben:

<https://www.intercon-spacetec.de/beratung/okulare/okularberatung/>

auf [astronomie.de](http://www.astronomie.de) gibt es Information zur visuellen Wahrnehmung

<https://www.astronomie.de/einstieg-in-die-astronomie/sterne-beobachten/wahrnehmung-von-flaechenhaften-objekten/>

Die Seiten von Günther Mooz

<https://astrozoom.de/index.php/test/90-ap-ignoranz-und-die-folgen>

und von Sven Wienstein sind ebenfalls sehr zu empfehlen

<http://www.svenwienstein.de/HTML/austrittspupille -ap- fur nicht dumme.html>

Sven Wienstein hat auf seiner Homepage unter den Menüs **“Getestet“** und

“Einsteiger-Ecke“ viel **Information** auch **über Okulare.**

<http://www.svenwienstein.de/HTML/getestet.html>

Zur Vermessung der Pupillengröße haben die Gahberger einen schönen Artikel auf ihrer Homepage:

<https://astronomie.at/projekte/pupillen-vermessung/>

falls beim AVM wer Lust dazu hat... ;-)

Details zu den verschiedenen Oklartypen in Wikipedia:

<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Okular>

Auflösungsvermögen usw.

<https://www.astroshop.de/magazin/wissen/teleskop-wissen/das-richtige-teleskop/aufloesungsvermoegen/i,1061>

Auflagemaß, Brennebene

