

# Astronomische Beobachtungspraxis

## Grundlagen der visuellen Beobachtung

Wolfgang Howurek

### 1 Das menschliche Auge

Nachfolgende Betrachtungen gelten für normale, gesunde Augen. Geringe Fehlsichtigkeit in Form von Kurz- oder Weitsichtigkeit spielt dabei keine Rolle, da dies durch entsprechende Fokussierung am Teleskop ausgeglichen wird.

#### 1.1 Aufbau

Von besonderer Bedeutung für die visuelle astronomische Beobachtung sind folgende Bestandteile des Auges:

<b>Pupille:</b>	maximale Größe bei Dunkelheit
<b>Linse:</b>	Eigenfokussierung des Auges
<b>Glaskörper:</b>	„Floaters“ (Schlieren, Trübungen)
<b>Netzhaut:</b>	Lichtempfindliche Rezeptoren

#### Die Netzhaut im Detail:

<b>Gelber Fleck:</b>	Besetzung mit Zäpfchen – dies sind die Rezeptoren für das „Tagsehen“, bei guten Lichtverhältnissen. Zentrum des schärfsten Sehens, beste Auflösung, Farbsehen.
<b>Blinder Fleck:</b>	Austrittsstelle des Sehnervs, keine lichtempfindlichen Rezeptoren.
<b>Peripherie:</b>	Besetzung mit Stäbchen – dies sind die Rezeptoren für das „Nachtsehen“, bei schlechten Lichtverhältnissen. Höhere Lichtempfindlichkeit, schlechteres Auflösungsvermögen (mehrere Rezeptoren sind „zusammengeschaltet“), keine Farb-, nur Hell-Dunkelwahrnehmung.

In einem bestimmten „Dämmerlicht“-Bereich arbeiten Zäpfchen und Stäbchen.

##### 1.1.1 Verteilung von Zäpfchen und Stäbchen auf der Netzhaut

Zäpfchen befinden sich nur im Gelben Fleck, Stäbchen nur in der Peripherie der Netzhaut, wobei die meisten Stäbchen immer noch um den zentralen Bereich des Auges gruppiert sind.

##### 1.1.2 Spektrale Empfindlichkeit der Zäpfchen und Stäbchen

Die Zäpfchen haben ihre maximale Empfindlichkeit bei 560nm (gelbgrün), beim nachadaptierten Auge liegt die höchste Empfindlichkeit im grünen Licht bei 500nm.

##### 1.1.3 Helligkeitsempfindlichkeit von Zäpfchen und Stäbchen

Die Stäbchen beim nachadaptierte Auge sind über alle dem Auge zugänglichen Spektralbereiche empfindlicher als die Zäpfchen, wiewohl ihre maximale Empfindlichkeit mehr zum kurzwelligen Bereich verschoben ist (siehe oben). Außerdem ist das nachadaptierte Auge etwa 4 mag empfindlicher.

## 1.2 Arbeitsweise des Auges

### 1.2.1 Dunkeladaption

Bei Dunkelheit weitet sich die Pupille des Auges binnen Bruchteilen einer Sekunde auf den maximalen Wert, was aber nicht ausschlaggebend für die deutlich höhere Lichtempfindlichkeit des Auges im Dunkeln ist. Dies wird durch einen photochemischen Prozeß, die Ausbildung von „Sehpurpur“ (vereinfacht gesagt), erreicht. Die Empfindlichkeit steigt bei Dunkelheit mit fortschreitender Zeit. Nach etwa 30 Minuten ist das Auge weitgehend nachtadaptiert, eine weitere leichte Steigerung ist bis zu 2 Stunden feststellbar. Generell paßt sich die Dunkeladaption an das Umgebungslicht an, d.h. in nicht komplett dunkler Umgebung ist auch keine vollständige Dunkeladaption möglich.

Am Okular kann daher bei guter Abschirmung von Seitenlicht das Auge binnen einiger Minuten noch weiter dunkeladaptieren, was eine bessere Wahrnehmung lichtschwacher Objekte bedeutet.

Bei allen Phasen der Dunkeladaption sind Objekte mit direkter Sicht leichter wahrnehmbar, je größer sie sind. Bei indirektem Sehen ist die Wahrnehmbarkeit  $5^\circ$  bis  $10^\circ$  „off-axis“ am besten.

Um die Dunkeladaption möglichst zu erhalten, darf das Auge keinen starken Lichtreizen ausgesetzt werden. Dabei ist weniger die Lichtfarbe von Bedeutung als die generelle Intensität. Daher empfiehlt sich als Kartenleselicht weniger das allgemein als optimal bezeichnete Rotlicht, sondern eher ein trübes, gelbliches Licht. Beim Lesen besteht Anforderung auf direktes Sehen, und dafür sind in erster Linie die Zäpfchen zuständig. Das gelbliche Licht trifft die maximale Empfindlichkeit der Zäpfchen besser als rotes Licht, von dem eine weit höhere Intensität notwendig ist, um dem Auge gleich gute Auflösung zu ermöglichen.

### 1.2.2 Indirektes Sehen

Durch die höhere Empfindlichkeit der Stäbchen ist die Wahrnehmung lichtschwacher Objekte „off axis“ besser als bei direktem Blick auf das Objekt. Das gezielte Ausnutzen dieser Eigenschaft des Auges nennt man „indirektes Sehen“. Es geht dabei darum, das zu beobachtende Objekt an die lichtempfindlichste Stelle der Netzhaut zu platzieren. Dazu ist die Wahl der richtigen Distanz und Richtung zum Objekt entscheidend. Die beste Empfindlichkeit der Netzhaut ist  $8^\circ$  bis  $16^\circ$  vom Sehzentrum entfernt gegeben. Das Objekt soll dabei zur Nase hin positioniert werden, also, ein rechtsäugiger Beobachter richtet seinen Blick rechts neben das Objekt, ein linksäugiger Beobachter links daneben (wird die andere Richtung gewählt, besteht Gefahr, das Objekt auf den Blinden Fleck zu platzieren, damit wird das Objekt gänzlich unsichtbar). Die höchste Empfindlichkeit der Netzhaut wurde seitlich vom Sehzentrum ermittelt, die Partien darüber oder darunter sind demnach etwa genauso empfindlich.

Tip: Als Empfehlung aus der Beobachtungspraxis hat sich herauskristallisiert, dass die beste Distanz zum Objekt  $8^\circ$  bis  $10^\circ$  ist, und der Blick eher schräg oder direkt über das Objekt gerichtet werden sollte. Die optimale Stelle für das direkte Sehen sollte aber prinzipiell jeder Beobachter individuell für sich ermitteln.

Indirektes Sehen bringt extrem schwache Objekte möglicherweise erst zur Wahrnehmung. Wenn ausreichend Licht vorhanden ist, neigt das Auge dazu, das Objekt direkt zu fixieren. Dies ist grundsätzlich richtig, da auf diese Weise das unter den Verhältnissen bestmögliche Auflösungsvermögen des Auges erreicht wird. Jedoch sollte immer auch das indirekte Sehen angewendet werden. Auf diese Weise werden schwächere Teile und Details des Objekts besser sichtbar. Durch Kombinieren von direktem und indirektem Sehen (abwechselnd) können auch interessante „Blinkeffekte“ entstehen.

Die äußersten Partien der Netzhaut reagieren auf bewegte Objekte relativ empfindlich. Das Auflösungsvermögen ist aber in der äußersten Peripherie sehr schlecht. Daraus folgt, dass

ein großflächige Objekt „aus den Augenwinkeln heraus“ betrachtet bei leichter Bewegung auffälliger ist als ein ruhendes Objekt. Leichtes Schwenken des Teleskops kann so großflächige schwache Gasnebel leichter sichtbar machen.

### 1.2.3 Integrationszeit

Entgegen der verbreiteten Meinung kann das Auge *doch* so wie Film oder CCD Licht über die Zeit aufsummieren, allerdings nur im Bereich von wenigen Sekunden. Es ergibt sich eine bessere Wahrnehmung wenn das Licht für etwa 6 Sekunden auf dieselbe Stelle der Netzhaut fällt. Dies trifft vor allem auf kleine, lichtschwache Objekte zu. Wenn zu rasch über ein Sternfeld, in dem nur indirekt Sterne erkannt werden können, geschwenkt wird, kann das Auge kaum Lichtreize empfangen. Dazu muss, wie gesagt, das Licht einige Sekunden auf die Netzhaut einwirken können. Daher das Fernrohr beim Suchen von Objekten nicht zu schnell schwenken.

Speziell bei der indirekten Beobachtung muss das Auge daher für einige Sekunden ruhig gehalten werden. Dies erfordert einige Übung und Selbstkontrolle. Bei schlechter Tagesverfassung und Übermüdung geht diese Kontrollmöglichkeit verloren, was zu einer generell schlechteren Wahrnehmung führt.

### 1.2.4 Farbsehen

Das Farbsehen ist, wie bereits erläutert, auf die Zäpfchen beschränkt. Daher ist dem Auge eine Farberkennung nur bei ausreichend hellen Objekten möglich. Farbe kann daher nur an einigen wenigen Deep Sky Objekten gesehen werden.

Die Empfindlichkeit ist an den Enden des sichtbaren Spektralbereichs geringer, daher werden Rot und Blau am ehesten als Pastelltöne wahrnehmbar. Im gelbgrünen Bereich hat dafür das Auge die höchste Farbempfindlichkeit. Daher ist die häufigste wahrnehmbare Farbe ein geisterhaftes bis relativ intensives Grün, aufgrund der von den Emissionsnebeln abgegebenen OIII und H-Beta Strahlung.

Zu beachten ist ferner, dass die Stäbchen und Zäpfchen ihre maximale Empfindlichkeit in leicht unterschiedlichen Spektralbereichen haben, wie oben erläutert. Daher kann bei Lichtverhältnissen, in denen Zäpfchen *und* Stäbchen arbeiten, die dem Auge erscheinende Helligkeit eines Sternes von dessen Eigenfarbe abhängig sein (Purkinje Effekt).

Generell ist die Farbwahrnehmung bei schwachem Licht, speziell was Blau- und Rottöne betrifft, stark von Person zu Person variierend.

### 1.2.5 Akkommodation

Die Linse des Auges ist flexibel und kann so auf unterschiedliche Entfernungen scharfstellen (akkommodieren). Bei der Fokussierung eines Fernrohres hilft die Eigenfokussierung des Auges, speziell bei „schnellen“ Optiken, die aufgrund ihrer nur sehr geringen Fokustiefe ohne diese Fähigkeit des Auges kaum zu fokussieren wären. Das Auge kann somit durch Akkommodieren leichte Imperfektion im Fokus ausgleichen.

Ständige starke Akkommodation des Auges bewirkt eine rasche Ermüdung. Für ein ermüdungsfreies Beobachten sollte das Auge entspannt sein, also auf „Unendlich“ fokussieren. Das Auge tendiert aber, hellere Sterne, die man ja zum exakten Fokussieren verwendet, direkt zu fixieren. Wird nun beim indirekten Sehen kein Objekt anvisiert, blickt das Auge praktisch ins Leere und entspannt. Dadurch wird das Bild sofort leicht unscharf. Um die höchste Wahrnehmung beim indirekten Sehen zu erreichen, ist es erforderlich, für das entspannte Auge zu fokussieren. Dabei nimmt man einen schwächeren, aber noch ausreichend hellen Stern, der indirekt gut erkennbar ist, und hält ihn indirekt in der Sicht, während man nun exakt fokussiert. Das entspannte Auge kann nun auch bei direkter Sicht scharf sehen. Tip: den „langen“ Fokus des Auges erreicht man leichter, wenn man von extrafokal her fokussiert.

Die Eigenfokussierung des Auges ist auch hilfreich, wenn die vom Teleskop erzeugte

Bildfläche gewölbt ist (bei den meisten Teleskopen der Fall). Für den häufigsten anzutreffenden Fall von Bildfeldwölbung (vom Beobachter aus gesehen konvex) ist so zu verfahren: Einen Stern eher am Rand fokussieren (mit entspanntem Auge), das Auge kann nun auf die Bildmitte akkommodieren. Wenn das Bildfeld vom Betrachter aus konkav gekrümmt ist, fokussiert man auf die Bildmitte, das Auge kann dann auf die Randpartien akkommodieren.

Generell sei noch gesagt, daß mangelhafte Fokussierung der erste „Feind“ einer optimalen Wahrnehmung ist.

## 2 Auge und Fernrohr

### 2.1 Kontrast und Wahrnehmungsmöglichkeit lichtschwacher Objekte

Generell ist unter **Kontrast** der Helligkeitsunterschied zwischen einem Objekt und seiner Umgebung (im Falle der astronomischen Beobachtung z.B. der Himmelshintergrund) gemeint. Ein Objekt muss von hellerer oder dunklerer Umgebung „umrahmt“ sein, damit es wahrnehmbar ist.

Dabei ist nicht die Gesamthelligkeit des Objekts ausschlaggebend, sondern die **Flächenhelligkeit**. Die Flächenhelligkeit eines Objekts können wir nicht beeinflussen, aber den Kontrast zum Himmelshintergrund, durch Wahl eines Beobachtungsortes mit dunklerem Himmel und/oder Beobachtung bei besseren Bedingungen, in bestimmten Fällen durch Einsatz von Interferenzfiltern.

Zur Wahrnehmung eines Objektes braucht das Auge einen bestimmten **Mindestkontrast**, der bei schwachen Lichtverhältnissen höher ist als bei hellerem Licht.

Das **Auflösungsvermögen** des Auges ist von den Lichtverhältnissen abhängig. Je schwächer das Licht, desto schlechter das Auflösungsvermögen, der Verlauf ist aber nicht linear, da in einem bestimmten Helligkeitsbereich Zäpfchen und Stäbchen arbeiten. In diesem „Umschaltbereich“ hat die Kennlinie einen Knick.

Entscheidend ist der Winkel, unter dem das Auge ein Objekt sieht. Bezeichnen wir diesen Winkel fortan als „**Sehwinkel**“. Errechnet wird der Sehwinkel wie folgt:

Sehwinkel = reale\_Winkelausdehnung\_am\_Himmel \* Vergrößerung

Bis zu einem bestimmten Sehwinkel (in Abhängigkeit von den Lichtverhältnissen) erscheint ein Objekt dem Auge punktförmig. Diesen Winkel nennen wir den „**kritischen Sehwinkel**“. Um ein flächiges Objekt als solches zu erkennen, muss es dem Auge größer als dieser kritische Winkel erscheinen.

Mit Steigerung der Vergrößerung erscheint der Himmelshintergrund gleichermaßen wie das Objekt dem Auge schwächer (die Helligkeit wird auf eine dem Auge größer erscheinende Fläche verteilt). Trotzdem die Helligkeit des Objektes beim Vergrößern für das Auge sinkt, kann das Auge ein schwaches Objekt leichter wahrnehmen, wenn es dem Auge größer erscheint. Die beste Wahrnehmung ist gegeben, wenn eine bestimmte Größe erreicht wird – dies ist der „**optimale Sehwinkel**“.

Wird der optimale Sehwinkel überschritten, sinkt die dem Auge erscheinende Helligkeit weiter ab, es kommt zu einer Verschlechterung der Wahrnehmung. Bei zu starker Vergrößerung fällt diese Helligkeit schließlich unter die Wahrnehmungsgrenze.

Für die schwachen Lichtverhältnisse, unter denen Deep Sky Beobachtung stattfindet, haben diverse Untersuchungen **konkrete Werte für den kritischen und optimalen Sehwinkel** ergeben. Der kritische Winkel liegt etwa bei 15 Bogenminuten (bei extrem schwachem Licht vielleicht noch etwas höher), der optimale Sehwinkel ist etwa bei 1° bis 1.5°, bis gegen 6° (obere Grenze, bei extrem schwachen Licht), gegeben.

Tip: In der Praxis bitte nicht zu sehr an diese doch eher abstrakt ermittelten Werte klammern. Mit dem Wissen um Flächenhelligkeit und kritischen bzw. optimalen Sehwinkel können grundsätzliche Überlegungen angestellt werden, um eine sinnvolle Vergrößerung für den ersten Beobachtungsversuch zu wählen. Des Weiteren wird man sowohl niedrigere wie höhere Vergrößerung ausprobieren. Wenn ein Objekt selbst mit der optimalen Vergrößerung beobachtet wird, und ausreichend hell ist, wird man durch weiteres Steigern der Vergrößerung versuchen, Details sichtbar zu machen, solange, bis das Objekt der Sicht entschwindet. Keine Scheu vor dem Experimentieren, und keine Scheu vor dem Einsatz hoher Vergrößerung. Das Auge „meldet“ zuverlässig eine Verbesserung oder Verschlechterung... Die optimale nutzbare Vergrößerung unterliegt natürlich auch den Beobachtungsbedingungen.

Wie man leicht abschätzen kann, erscheinen viele Objekte dem Auge bei der kleinsten nutzbaren Vergrößerung schon größer als der optimale Sehwinkel. Es ist aber zu bedenken, dass an ausreichend hellen Objekten Details wahrgenommen werden können, wenn diese dem Auge größer als der kritische Sehwinkel erscheinen, und speziell hier gilt es, diese Details auf den optimalen Sehwinkel zu vergrößern.

Sehr kleine Objekte (z.B. viele Planetarische Nebel, kleine Emissions-/Reflexionsnebel, Galaxien mit kleiner Ausdehnung am Himmel) haben in der Regel eine relativ hohe Flächenhelligkeit, und können gut auf den optimalen Sehwinkel vergrößert werden, bzw. – sofern genug Kontrast gegeben ist – für Detailwahrnehmung noch weiter vergrößert werden. Dies kann unter Umständen extrem hohe Vergrößerung erfordern.

Ist ein kleines Objekt so schwach, dass es bei der niedrigsten nutzbaren Vergrößerung gerade noch wahrnehmbar ist, wird es dem Auge punktförmig erscheinen, solange es unter dem kritischen Sehwinkel liegt. Um in diesem Falle eine höhere Vergrößerung für bessere Erkennung oder Detailerkennung anwenden zu können, ist ein Teleskop größerer Öffnung erforderlich.

Wenn es bei einem großflächigen Objekt (z.B. Gasnebel, lichtschwache Galaxie mit relativ großer Ausdehnung am Himmel) um reine Wahrnehmung geht, weil der Kontrast extrem niedrig ist, und der optimale Sehwinkel unter der kleinsten nutzbaren Vergrößerung des Teleskops liegt, dann ist diese zu verwenden. Dunkelster Himmel wird in diesem Fall zur Wahrnehmung notwendig sein.

## **2.2 Einfluß der Öffnung**

Egal wieviel Öffnung, die Flächenhelligkeit eines Objektes kann für das Auge *nicht* gesteigert werden, dagegen steht die visuelle Verwendbarkeit des Teleskops erst ab einer bestimmten Mindestvergrößerung, welche die Helligkeit auf einen Wert knapp schlechter als den Ausgangswert reduziert. Dadurch „starten“ alle Teleskope bei ihrer Mindestvergrößerung (in diesem Fall bei 7.5mm Austrittspupille gerechnet) mit der gleichen Flächenhelligkeit. Nur liegt die Mindestvergrößerung eines größeren Teleskops höher als die des kleineren Teleskops.

Wird nun in beiden Teleskopen die gleiche Vergrößerung verwendet ( $\geq$  Mindestvergrößerung des größeren Instruments), so hat das größere Teleskop doch das hellere Bild, weil bei der kleineren Optik die Helligkeit bereits weiter reduziert ist (größere Öffnung hat dabei größere Austrittspupille). Das hellere Bild ermöglicht dem Auge ein besseres Auflösungsvermögen, und zeigt so bereits Details, die mit der kleineren Öffnung noch nicht sichtbar sind.

Mit dem kleineren Instrument ist man mehr als beim größeren Instrument auf die Vergrößerung zum optimalen Sehwinkel angewiesen. Das kleinere Instrument braucht bei schwachen Details aufgrund des schlechteren Auflösungsvermögens des Auges bei dem zur

Verfügung stehenden Licht für die Wahrnehmung eine höhere Vergrößerung als ein größeres Instrument (z.B. Spiralarme bei einer helleren Galaxie wie etwa M51).

Ein größeres Instrument kann aber darum noch weitere Details zeigen (wenn diese auf den optimalen Sehwinkel gebracht werden), bzw. schwache Objekte an der Wahrnehmungsgrenze überhaupt erst sichtbar machen, die mit einem kleineren Instrument unter Anwendung aller Tricks unbeobachtbar bleiben.

Beim größeren Instrument ist die optimale Vergrößerung nur dann höher, wenn das kleinere wie das größere Teleskop für optimale Erkennung mit ihrer jeweiligen Mindestvergrößerung einzusetzen sind. Voraussetzung ist, dass das Objekt in beiden Teleskopen dabei wahrnehmbar ist. Im Extremfall kann dies dazu führen, dass eine kleinere Öffnung sogar optimaler ist. (Z.B. Beobachtung des Rosetten-Nebels, Gesamtwahrnehmung: in einem 18" passt das Objekt bei der Mindestvergrößerung kaum ins Gesichtsfeld; ein kleineres Instrument, etwa ein 6", kann das Objekt schön umrahmt vom Hintergrund zeigen, und dabei dem Auge näher am optimalen Sehwinkel präsentieren als es die höhere Mindestvergrößerung des 18" vermag. Dagegen wird man zum Aufsuchen der Bok-Globulen im Nebel wohl eher mit dem 18" erfolgreich sein... – „Jedes Fernrohr hat seinen Himmel“).

### 2.3 Austrittspupille, Mindest- und Maximalvergrößerung

Die Aufweitung der **Pupille** bei Dunkelheit bestimmt die maximale, für einen Beobachter sinnvoll einzusetzende, **Austrittspupille**, und damit die **Mindestvergrößerung**. Die maximale Aufweitung der Pupille des Auges wird generell mit zunehmendem Alter des Beobachters geringer, ist aber individuell verschieden, und müsste konkret vermessen werden. Als maximal überhaupt möglicher Pupillendurchmesser gilt in der Regel 7mm bis 7.5mm. Die Mindestvergrößerung errechnet sich wie folgt:

Mindestvergrößerung = Teleskopöffnung [mm] / maximale\_Pupille\_des\_Auges [mm]

Für die **Maximalvergrößerung** wird vielfach ein Wert von 50x bis 60x pro Zoll Öffnung angegeben, das entspricht einer Austrittspupille von etwa 0.5mm bis 0.4mm. Aufgrund der Tatsache, dass die Abbildung eines Teleskops der Beugung unterliegt, werden bei dieser Vergrößerung die Beugungsmuster von Sternen deutlich sichtbar, und helle, flächige Objekte erscheinen dadurch „weich“, „unscharf“, wie ein Rasterbild, das aus zu geringer Entfernung betrachtet wird. Bei schwachen Objekten hat jedoch das Auge ein schlechteres Auflösungsvermögen, und es können weit höhere Vergrößerungen genutzt werden. Generell sollte jedoch eine Austrittspupille von 0.2mm nicht unterschritten werden (entspricht etwa 130x pro Zoll Öffnung), da sonst die Schlieren und Trübungen im Glaskörper des Auges („Floaters“) deutlich und störend sichtbar werden.

Für die Wahrnehmung eines Sternes gegen hellen Hintergrund (z.B. Zentralstern eines planetarischen Nebels) wird sogar eine maximal sinnvolle obere Grenze von 330x pro Zoll Öffnung angegeben, diese mehr als extrem hohe Vergrößerung würde aber höchstens bei einer Beobachtung des Sternes am absoluten Wahrnehmungslimit Sinn machen. Die Einsetzbarkeit so hoher Vergrößerungen für die Erkennbarkeit eines Sternes ist aber abhängig von der realen Beobachtungssituation – vom Seeing.

### 2.4 Einfluss des Öffnungsverhältnisses

Das Öffnungsverhältnis eines Teleskops ist für die visuelle Bildhelligkeit ohne Einfluss. Abgesehen von kleinen Differenzen, die durch die unterschiedlichen Transmissionsverluste der diversen Fernrohrtypen verursacht wird, gilt:

Teleskope **gleicher Öffnung** mit guter Optik liefern bei **gleicher Vergrößerung identische Bildhelligkeit**. Werden zudem an Teleskopen mit gleicher Öffnung, aber unterschiedlicher Brennweite, Okulare gleichen Typs mit gleichem Eigengesichtsfeld verwendet, so ist bei gleicher Vergrößerung auch der Himmelsausschnitt identisch. Freilich aber muss an Teleskopen gleicher Öffnung und unterschiedlicher Brennweite eine unterschiedliche

Okularbrennweite verwendet werden, um an beiden Instrumenten gleiche Vergrößerung zu erhalten. Die Vergrößerung errechnet man bekannterweise folgendermaßen:

Vergrößerung = Objektivbrennweite / Okularbrennweite

Die Brennweite selbst hat aber Einfluss auf die Größe des maximalen sichtbaren Himmelsausschnitt. Das wahre Gesichtsfeld einer Teleskop-Okular-Kombination errechnet sich überschlagsmäßig wie folgt:

wahres\_Gesichtsfeld = Eigengesichtsfeld\_des\_Okulars / Vergrößerung

Daraus folgt, dass möglichst große Himmelsfelder mit langbrennweitigen Weitwinkelokularen an Teleskopen mit kurzer Brennweite erzielbar sind. Extrem langbrennweitige Instrumente erreichen nur kleine Himmelsausschnitte. Je nach Einsatzzweck des Teleskops ist dies zu berücksichtigen.

## 2.5 Der schwächste im Teleskop sichtbare Stern

Der schwächste sichtbare Stern in einem Teleskop bestimmter Öffnung ist keine fixe Kenngröße, sondern unterliegt vielen Faktoren, von denen einige konstant, eine Vielzahl aber variabel sind. Oft findet man vereinfachte Berechnungen der erreichbaren Grenzgröße, die nur für eher schlechte Optik und unerfahrene Beobachter gelten können.

Beeinflussende **Faktoren**:

- Spektralempfindlichkeit des nachadaptierten Auges (blaue Sterne erscheinen dem Auge heller als rötliche)
- freisichtig erreichbare Grenzgröße
- Reduktion durch monokulare Sicht im Teleskop
- Erfahrung des Beobachters (optimaler Einsatz des indirekten Sehens, Integrationszeit)
- Seeing (wird der kritische Sehwinkel überschritten, ist der Stern für das Auge kein punktförmiges Objekt mehr, ein Verlust an Reichweite ist die Folge)
- Hintergrundhelligkeit (Himmel im Zenit am dunkelsten, Aufhellung mit zunehmender Zenitdistanz, Aufhellung durch „Lichtverschmutzung“)
- Extinktion (Absorption durch die Atmosphäre, wird mit zunehmender Zenitdistanz immer stärker, und erreicht in Horizontnähe extrem große Werte)
- Öffnung
- Transmissionsverluste im Teleskop
- Vergrößerung (höhere Vergrößerung ergibt dunkleren Hintergrund, der Stern bleibt aber für das Auge gleich hell, solange er dem Auge als punktförmiges Objekt erscheint, also unter dem kritischen Sehwinkel liegt. Bei schlechtem Seeing kann die Vergrößerung daher nicht beliebig gesteigert werden)

Die Hintergrundhelligkeit kann, wie erwähnt, durch Steigern der Vergrößerung herabgesetzt werden, was eine leichtere Erkennbarkeit von schwachen Sternen ergibt. Speziell aufgehellter Hintergrund erfordert dabei sehr hohe Vergrößerung, was eben nur bei gutem Seeing zum Erfolg führt.

Die nachfolgende Tabelle gibt Aufschluss über die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Stern bestimmter Helligkeit in einem Teleskop bestimmter Öffnung gesehen werden kann.

Die allgemein als Grenzgröße angegebenen Helligkeiten ist mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit erreichbar. Mit einiger Beobachtungserfahrung kann man bei guten Bedingungen aber relativ leicht in den Bereich von 50% Wahrscheinlichkeit vorstoßen. Sofern vom Seeing her zulässig, kann die Vergrößerung so weit gesteigert werden, bis der Hintergrund so dunkel wird, dass die Gesichtsfeldbegrenzung nicht mehr wahrnehmbar ist. Bei perfekter Abschirmung von Seitenlicht kann das Auge gegen den nun pechschwarzen Hintergrund beste Dunkeladaptation erreichen, dazu sind etliche Minuten am Okular

erforderlich. Bei gekanntem Einsatz von indirektem Sehen können so weit schwächere Sterne als gemeinhin angenommen gesehen werden.

Im Teleskop erreichbare Sternengrenzgröße							
Öffnung in Zoll	Wahrscheinlichkeit der Wahrnehmung						
	98%	90%	50%	20%	10%	5%	2%
1	9.7	10.2	10.7	11.2	11.7	12.4	13.2
2	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.9	14.7
3	12.1	12.6	13.1	13.6	14.1	14.8	15.6
4	12.7	13.2	13.7	14.2	14.7	15.4	16.2
5	13.2	13.7	14.2	14.7	15.2	15.9	16.7
6	13.6	14.1	14.6	15.1	15.6	16.3	17.1
7	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.6	17.4
8	14.2	14.7	15.2	15.7	16.2	16.9	17.7
10	14.7	15.2	15.7	16.2	16.7	17.4	18.2
12.5	15.2	15.7	16.2	16.7	17.2	19.9	18.7
14	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.2	19.0
16	15.7	16.2	16.7	17.2	17.7	18.4	19.2
18	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.7	19.5
20	16.2	16.7	17.2	17.7	18.2	18.9	19.7
22	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	19.1	19.9
24	16.6	17.1	17.6	18.1	18.6	19.3	20.1
30	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.8	20.6
36	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.2	21.0

### 3 Teleskop und Zubehör

#### 3.1 Öffnung

Die notwendige Mindestöffnung für Deep Sky-Beobachtung ist erstaunlich niedrig. Selbst mit kleinsten Teleskopen können schon diverse Beobachtungen durchgeführt werden. Freilich ist mit der Steigerung der Öffnung ein Reichweitengewinn und immer mehr Detailwahrnehmung verbunden. Nachfolgende Tabelle versucht einen groben Überblick zu geben, welche Erwartungen an welche Öffnung gestellt werden können.

Freilich braucht jedes Teleskop optimale Beobachtungsbedingungen, die kleinsten Öffnungen sind aber am allermeisten darauf angewiesen.

Öffnung in Zoll	Zu erwartende Ergebnisse
2	In erster Linie Wahrnehmung der Objekte. An den allerhellsten etwas Detail. Bei exzellenter Optik und ausgefeilter Beobachtungstechnik alle Messier-Objekte sichtbar, darüber hinaus viele weitere Objekte (z.B. Herschel 400 ist machbar)
3	Bringt an helleren Objekten schon erstaunlich viel Detail, gute Optik und viel Beobachtungserfahrung vorausgesetzt.
4	Mindestöffnung für erste ernsthafte, detaillierte Beobachtung, Beobachtungserfahrung notwendig.
6	Sehr guter Kompromiss zwischen Handlichkeit und Seherlebnis. Bereits eine Unmenge von Objekten zugänglich, und viele Details sichtbar, der Schlüssel dazu ist aber immer noch eine gute Beobachtungstechnik
8	„Klassische“ Mindestöffnung für die Deep Sky - Beobachtung. Mindestöffnung für relativ leichte Detailerkennung auch ohne große Beobachtungserfahrung.
10 - 18	Mit zunehmender Öffnung immer größere Reichweite und immer mehr Details, die hellsten Objekte präsentieren sich bereits spektakulär, vor allem von 12 Zoll aufwärts

> 20	Mit diesen für Amateurverhältnisse „Riesenkanonen“ sind abgesehen von einer bereits ungeheuren Reichweite, und an hellen Objekten wahrhaft „blendenden“ Ergebnissen, Beobachtungen möglich, die für den visuellen Bereich auch in Fachkreisen teilweise als unmöglich erachtet werden.
------	--

### 3.2 Bauart

Prinzipiell ist jeder Teleskoptyp für visuelle Deep Sky-Beobachtung einsetzbar, die Eigenheiten der diversen Typen geben jedoch eine Eignung für bestimmte Einsatzzwecke vor: z.B. Rich Field Teleskop (RFT), „Kometensucher“, Allround-Teleskop, Spezialteleskop für kleine Objekte.

Die einzelnen Bauarten weisen aufgrund von Vergütung/Verspiegelung der optischen Elementen, der Anzahl der optischen Elemente, Abschattung durch einen Fangspiegel etc., geringe bis beträchtliche Unterschiede in der Transmission auf. Hier muss man die Fakten gegeneinander abwägen, um individuell das geeignete Teleskop zu finden. Generell gelten aber folgende Kriterien:

### 3.3 Kriterien für visuelle Performance

- Gute Optik (besser als „beugungsbegrenzt“) in guter Kollimation
- Obstruktionsfrei oder maximal 25% Obstruktion
- Optimierung gegen Streulicht
- Gute mechanische Konstruktion (Z.B. feinfühlig, wackelfreier Fokussierer, stabile Montierung, optimalerweise mit „zitterfreier“ elektrischer Nachführung. Dies ist extrem wichtig für die erfolgreiche Nutzung hoher Vergrößerungen!)
- Keine zu große Off-Axis Aberrationen (Einschränkung des Öffnungsverhältnisses bei diversen Typen, eventuell Einsatz von Korrektoren)
- Vignettierung und Bildfeldwölbung sind weniger störend

Da gerade Teleskope kleiner Öffnung oftmals hohe und sehr hohe Vergrößerung erfordern, ist gerade hier exzellente Optik angebracht. Größere Teleskope kommen unter „normalen“ Betriebsbedingungen eher seltener in die Bereiche, wo exzellente Optik den entscheidenden Ausschlag für eine erfolgreiche Beobachtung gibt. Für Beobachtungen am Limit ist aber für jedes Teleskop eine möglichst gute Optik anzustreben.

### 3.4 Okulare

**Weitwinkelokulare** bieten bei gleichem Himmelsausschnitt eine höhere Vergrößerung als „Standardokulare“. Damit ist eine leichtere Sichtbarkeit gegeben.

Speziell bei der Durchmusterung von Himmelsfeldern und für großflächige Objekte sind Weitwinkelokulare mit längerer Brennweite unabdingbar. Die Off-Axis Definition sollte aber gut sein, da eine arge Unschärfe am Bildrand das Erkennen von kleinen flächigen Objekten erschwert. Die teuren astigmatismuskorrigierten Versionen sind hier zu bevorzugen (Panoptic, Nagler).

Weitwinkelokulare mit längeren Brennweiten werden nur mit 2“ Anschluss gefertigt. Diese 2“ Okulare erfordern mehr Bildfeldausleuchtung als 1.25“ Typen, da ansonsten eine deutlich merkbare Randabschattung (Vignettierung) eintritt.

„**Standardokulare**“ (Plössl, Ortho) sind bei der Jagd nach stellaren Objekten aufgrund der etwas geringeren Transmissionsverluste leicht im Vorteil. Sie werden in der Regel als mittlere und kurze Brennweiten eingesetzt, mit 1.25“ Fassung. Die kleineren Eigengesichtsfelder sind manchmal auch hilfreich, wenn es gilt, einen hellen Stern aus dem Gesichtsfeld zu positionieren, um einen schwachen Nebel in der unmittelbaren Nachbarschaft erkennen zu können.

Ein **Okularset** sollte ausreichend fein abgestufte Vergrößerungen ermöglichen. Gerade noch ausreichend ist ein Vergrößerungsfaktor von 1.6x von einem zum nächsten Okular, in der

Praxis haben sich feinere Abstufungen als durchaus sinnvoll erwiesen, bis zu einem Faktor von 1.2x.

Wo nur eine gröbere Abstufung vorhanden ist, ist oftmals die optimale Vergrößerung, dazwischenliegend, durch Probe mit einem „ausgeborgten“ Okular in der Praxis bestätigt worden.

Ein Okularset lässt sich z.B. von der Mindestvergrößerung her recht gut aufbauen. Die Mindestvergrößerung selbst ist eine ziemlich selten einsetzbare Vergrößerung, da hier absolut dunkler Himmel notwendig ist. Dieses Okular kann daher beim Aufbau des Sets vorderhand als Option offengelassen werden, zumal es sich meist um einen teuren 2“ Weitwinkeltypen handeln wird.

### **3.5 Barlow und Fokalreduktor**

Barlowlinsen sind Elemente, welche die effektive Brennweite des Teleskops verlängern. Es gibt sie in unterschiedlichen Vergrößerungsfaktoren: 2x, 2.5x, 3x, 4x, 5x, um einige zu nennen. Höherer Vergrößerungsfaktor erfordert eine ausgefeiltere Konstruktion, um die Aberrationen nicht übermäßig ansteigen zu lassen. Barlowlinsen sind ein gutes und taugliches Mittel für hohe Vergrößerungen, gute Qualität der optischen und mechanischen Konstruktion vorausgesetzt. Barlowlinsen werden in erster Linie für den visuellen Einsatz konzipiert.

Fokalreduktoren (Shapley-Linsen) werden eher als fotografisch einsetzbare Elemente konzipiert. In sehr langbrennweitigen Instrumenten kann damit auch für visuelle Beobachtung die Brennweite reduziert werden, um ein größeres Gesichtsfeld zu erhalten. Off Axis-Aberrationen steigen dabei aber in der Regel stark an, auch kann eine extrem starke und auffällige Vignettierung daraus resultieren. Die visuelle Verwendung von Fokalreduktoren ist daher teilweise nur mit Einschränkungen möglich.

### **3.6 Korrektoren**

Visuell einsetzbare Korrektoren sind z.B.:

- Komakorrektor für extrem geöffnete Newton-Teleskope
- Flatfieldkorrektor für Refraktoren

Es ist dabei nicht ungewöhnlich, dass diese Korrektorelemente auch die effektive Brennweite des Teleskops verändern. Ein Komakorrektor kann leichte „Barlow“-Wirkung haben, ein Flatfieldkorrektor für einen Refraktor wird in der Regel für fotografische Anwendung gleichzeitig als Fokalreduktor ausgelegt sein. Bei Refraktoren mit längerer Brennweite ist durchaus eine gute Eignung für Erreichen großer Himmelsfelder damit gegeben.

### **3.7 Sucher**

Ein guter Sucher ist für das erfolgreiche Aufsuchen von schwierigeren Objekten unabdingbar. Wichtig ist ein großer Himmelsausschnitt genauso wie eine gute Off-Axis Definition. Die Mindestöffnung für einen Sucher sollte 50mm nicht unterschreiten. Die Vergrößerung sollte mindestens 7x betragen. In der Regel sind aber Sucher mit etwas höherer Vergrößerung bei der Erkennung von Objekten im Vorteil. Z.B.: Objekte wie M51, M81/M82 etc. lassen sich in einem 10x50 Sucher leichter erkennen als in einem 7x50 Exemplar, begründet ist dies im Sehwinkel, wie oben besprochen.

Für eine Positionierung um das Objekt nahe der Bildmitte im Okular zu finden, darf das Verhältnis von Suchervergrößerung zu Teleskopvergrößerung nicht höher als 1:10 sein, besser ist ein Verhältnis von 1:5. Mit einem 7x Sucher kann ein Teleskop nur bis zu max. 70x ausreichend genau ausgerichtet werden.

Aus diesem Grund ist die Verwendung von zwei Suchern überlegenswert. Der kleinere Sucher soll ein großes Feld bringen, um im größeren Sucher das Zielgebiet sicher zentrieren zu können. Der größere Sucher mit höherer Vergrößerung kann nicht nur viele Objekte bereits direkt sichtbar machen, sondern hilft, das Teleskop bis zu einer wesentlich höheren

Vergrößerung treffsicher zu positionieren. Da der größere Sucher meist ein kleiner Refraktor mit Wechselokular ist, kann bei einem Ausnutzen der vollen 1:10 Ratio von kleinem zu großem Sucher das Teleskop über den großen Sucher bis zu sehr hohen Vergrößerungen exakt positioniert werden. Z.B.: 7x50 Sucher und 80mm Sucher bei etwa 35x (Ratio 1:5) ermöglicht bei gleichem Verhältnis im Teleskop eine Vergrößerung von 175x. Speziell für größere Instrumente ist die Verwendung von zwei Suchern fast unabdingbar.

„Punktsucher“ wie z.B. Telrad arbeiten ohne Vergrößerung. Diese Sucher können allerdings sehr genau justiert werden, und helle, dem freien Auge sichtbare Objekte, auch bei hoher Vergrößerung direkt und exakt anvisieren.

Eine Kombination von Punktsucher und normalem Sucher ist eine praktische und hilfreiche Lösung. Der Punktsucher hilft, das Teleskop genau und verwechslungssicher auf einen Ausgangspunkt zu positionieren, von dort wird im Sucher weitergearbeitet (der Sucher kann dabei ruhig eine etwas höhere Vergrößerung haben, z.B. 11x55).

### 3.8 Nebelfilter

**Emissionsnebel** weisen ein Linienspektrum auf, d.h. die meiste Strahlung wird auf bestimmten charakteristischen Wellenlängen abgegeben. Neben der auf Filmen als rot sichtbaren H-Alpha Linie sind dies vor allem die zwei **OIII** Linien (495.9nm und 500.7nm) und die **H-Beta** Linie (486.1nm). Günstigerweise liegen diese Spektrallinien im grünen bzw. blaugrünen Licht, gerade dort, wo das nachadaptierte Auge seine höchste Empfindlichkeit hat. Diese Eigenschaft kann durch **Interferenzfilter** nutzbar gemacht werden, die genau die gewünschten Spektrallinien durchlassen, und das übrige Spektrum blockieren. Dadurch wird schlicht und einfach der Kontrast des Objekts zum Hintergrund verbessert.

Nachfolgend eine kurze Beschreibung der häufig verwendeten Nebelfilter der Firma **Lumicon**:

**Deep Sky**: Breitbandfilter, der die „Lichtverschmutzungslinien“ von Quecksilber- und Natriumdampflampen blockiert, im übrigen Spektralbereich durchlässig ist. Eher für die Fotografie gedacht, visuell nur minimale Kontrastanhebung, allerdings für alle Deep Sky Objekte geeignet.

**UHC** (Ultra High Contrast): Schmalen Bandpass über die beiden OIII Linien und die H-Beta Linie. Der übrige sichtbare Spektralbereich wird unterdrückt. Eignung für visuelle Beobachtung von Emissionsnebeln. Optimalste Ergebnisse laut Lumicon ab Öffnungsverhältnis von f/6 und länger.

**OIII**: Sehr enger Bandpass um die beiden OIII Linien. Sehr gute Eignung für die meisten Planetarischen Nebeln, auch für viele andere Emissionsnebel optimal. Beste Ergebnisse laut Lumicon ab 6“ Öffnung und Öffnungsverhältnis von f/10 und schneller.

**H-Beta**: Durchlass nur für die H-Beta Linie. Eignung für einige wenige Emissionsnebel, darunter Pferdekopfnebel, California-Nebel, etc., für diese Objekte aber besser als alle anderen Filtertypen. Laut Lumicon beste Ergebnisse ab 8“ Öffnung und Öffnungsverhältnis schneller als f/5.

In der Praxis erwies sich der bestgeeignete Filter abhängig von Öffnung und Objekt. Ein Einfluss des Öffnungsverhältnisses ist wenig bis nicht bekannt. Kleinere Öffnungen kommen eher besser mit UHC zurecht, aber auch OIII und H-Beta Filter wurden schon erfolgreich an Öffnungen unter 6“ eingesetzt. H-Beta ist auf jeden Fall der am meisten spezialisierte Filter, und kann nur an sehr wenigen Objekten, dort aber eindeutig als beste Wahl, verwendet werden.

Eine Eigenheit der Interferenzfilter ist, dass sich der Durchlassbereich verschiebt, wenn Licht in einem relativ stark von der Normalen abweichenden Winkel einfällt (z.B. 20°). Daher sind

diese Filter nur für die „schlanken“ Lichtbündel in der Nähe des Fokus verwendbar (als Okular-Einschraubfilter), nicht als Objektivfilter. Möglicherweise ist daraus eine Empfehlung für bestimmte Öffnungsverhältnisse abzuleiten.

**Reflexionsnebel** erscheinen auf Fotos aufgrund des reflektierten und gestreuten Sternenlichts blau. Der Einsatz der oben besprochenen Nebelfiltern bringt eher eine Verschlechterung. Allenfalls können für Reflexionsnebel **Blaukantenfilter** eingesetzt werden, die ab dem blauen Spektralbereich alle längerwelligen Spektralbereiche blockieren.

#### 4 Allgemeine Tips für Deep Sky Beobachter

- Genereller Schutz vor grellem Licht, besonders UV-Strahlung
- Bildschirmarbeit und intensiven TV-Konsum vor der Beobachtung nach Möglichkeit meiden
- Gesunde, vitaminreiche Ernährung (Vitamin A...)
- Alkohol und Nikotin vor und während der Beobachtung meiden (beeinträchtigt die Wahrnehmungsfähigkeit), am besten generell meiden
- Naschen von Snacks oder Süßigkeiten ist während der Beobachtung förderlich (hebt den Blutzuckerspiegel und die Konzentrationsfähigkeit)
- Atmung beachten, Sauerstoffmangel verschlechtert Wahrnehmung
- Übermüdung vermeiden, Pausen einlegen, Tagesverfassung beachten, man kann nichts erzwingen
- Auf ausreichend warme Kleidung achten
- Innere Ruhe und Geduld für schwierige Beobachtungsaufgaben erforderlich

#### 5 Zeichnen von Deep Sky Objekten

Zeichnen ist nicht nur sinnvoll, um den visuellen Eindruck von Deep Sky Objekten zu vermitteln, sondern auch eine gute Schule für die aufmerksame Beobachtung selbst. Einige Hinweise und Empfehlungen sollten beachtet werden:

- Beleuchtung: trüb-gelbliches Licht verwenden, ausreichende Beleuchtung, aber nicht mehr als unbedingt notwendig.
- Arbeitszyklus: Beobachtung, Zeichnen, anschließend erneute Dunkeladaption, usw.
- Blattgröße: Ausreichend großes Blatt verwenden, aufgrund des schlechten Auflösungsvermögens des Auges bei niedrigem Lichtpegel groß zeichnen. Eventuell kariertes Papier für die Rohzeichnung verwenden (Abschätzen von Distanzen leichter).
- Keine Gesichtsfeldbegrenzung zeichnen, da mit unterschiedlichen Vergrößerungen gearbeitet wird.
- Weichen Bleistift (aber nicht zu weichen) verwenden, schmierfreien Radiergummi.
- Gezeichnet wird ein „Negativ“, also schwarz auf weißen Grund
- Position und Helligkeit der sichtbaren Umgebungssterne einzeichnen
- Objektlage relativ zu den Sternen einskizzieren
- Helle Flächen durch Schraffur darstellen.
- Mit diversen Vergrößerungen arbeiten, die Summe aller gesehenen Details darstellen
- Nur wirklich Gesehenes zeichnen
- Himmelsrichtungen angeben
- Wie bei jedem Beobachtungsbericht, Instrument und Beobachtungsbedingungen notieren. Die verwendeten Vergrößerungen, Filter, und ein Abbildungsmaßstab sollten angegeben werden. Eventuell zusätzliche, die Zeichnung betreffende Anmerkungen notieren, als Information für die Reinzeichnung.
- Die Rohzeichnung ist kein Ausstellungstück, sieht unter gutem Licht eher gräßlich aus...
- Möglichst bald nach der Zeichnung am Fernrohr, solange die Erinnerung frisch ist, Reinzeichnung bei gutem Licht.

- Helligkeitsabstufungen durch Fingerwischtechnik weich und graduell verlaufend darstellbar.

## 6 Planetenbeobachtung

Die Anforderungen der Planetenbeobachter an die **Optik** sind etwa dieselben wie die der Deep Sky Beobachter. Die Feldausleuchtung kann auf ein Minimum reduziert werden (= Reduktion der Obstruktion bei Spiegelteleskopen), exzellente Optik ist Voraussetzung für gute Sichtbarkeit kontrastschwacher Details. Zu empfehlende **Öffnung** etwa ab 6“, bis 12“ meist unter mäßigem Seeing noch gut nutzbar, bei bestem Seeing zeigen noch größere Optiken spektakuläre Planetenbilder.

Eine stabile **Montierung** mit optimalerweise elektrischer **Nachführung** ist aufgrund der hohen eingesetzten Vergrößerungen mehr als ein Komfortgewinn.

Die ideale **Austrittspupille** wird von erfahrenen Planetenbeobachtern mit 0.7mm bis 0.8mm angegeben. Dies ist ein Bereich, in dem die Teleskope gerade noch „harte“ Bilder liefern. Bei kleinerer Austrittspupille werden die Bilder allein durch die Beugung etwas weicher, auch bei guter Optik. Die oben genannten Werte gelten für schwachkontrastige Details. Gerade an Saturn gibt es auch hartkontrastige Details (Schattenwurf, Ringteilungen), die mit höherer Vergrößerung beobachtet werden können. Eine Austrittspupille von etwa 0.25mm soll dabei aber nicht unterschritten werden. Auch für die Erkennbarkeit von schwachen Monden ist hohe Vergrößerung erforderlich.

Die konkret einsetzbare Vergrößerung richtet sich natürlich nach dem **Seeing**. Dabei ist langsames Seeing mit höheren Amplituden weniger störend als schnelles Seeing mit kleiner Amplitude („Flimmern“). Vielfach ist die Ursache für ein „Flimmern“ lokal bedingt. Aufgeheizten Flächen zur Aufstellung und Beobachtung über aufgeheizte Flächen hinweg vermeiden. Auch die Körperwärme des Beobachters kann bei Unachtsamkeit das lokale Seeing verschlechtern.

**Farbfilter** steigern bei richtiger Wahl den Kontrast. Welches Filter dabei am ehesten hilft hängt vielfach auch von der Öffnung ab. Kleinere Optiken verlieren bei zu dichten Filtern zu viel Licht. Bestimmte Details sind ohne Filter überhaupt nur schwierig oder gar nicht beobachtbar (speziell bei Mars). Farbfilter können durch die Kontraststeigerung auch bei schlechtem Seeing die Wahrnehmbarkeit etwas verbessern. Für „professionelle“ Planetenbeobachtung müssen genau genormte Farbfilter verwendet, und deren Verwendung dokumentiert werden.

Als **Okulare** finden eher einfache Typen wie Plössl oder Ortho Verwendung. Hohe Transmission bei guter Definition, geringer Streulichtbildung und Verzeichnungsfreiheit sind hier mehr gefragt. Weitwinkeldesigns haben in der Regel in der Bildmitte etwas geringere Abbildungsschärfe, und werden eher nicht verwendet. Beobachtung mit **Binokularansatz** dämpft durch den Strahlenteiler die Blendung, und das beidäugige Sehen bringt eine Steigerung in der Wahrnehmung, es können so Details gesehen werden, die monokular nur schwer erkennbar sind.

Planetenbeobachtung erfordert viel **Geduld**, man hockt stundenlang vor dem Okular und wartet auf die vom Seeing her begünstigten Momente. Zum Planetenbeobachten gehören auch viel **Übung und Erfahrung**. Man muss die schwachen und kleinen Details erst „sehen lernen“.

Exakte **Zeichnungen** lassen sich wissenschaftlich verwerten. Die „professionellen“ Planetenzeichner verwenden dazu eine eigene Nomenklatur und Darstellungssymbolik.

---

**Literatur:** Roger N. Clark, Visual Astronomy of the Deep Sky, Cambridge University Press and Sky Publishing Corporation

Mel Bartels, An investigation into the visual Optimum Detection Magnification, <http://zebu.uoregon.edu/~mbartels/visual/visual.html>

Nils Olof Carlin, Another interpretation of the data from Blackwell..., <http://zebu.uoregon.edu/~mbartels/visual/nils/blackwel.html>

Bradley E. Schaefer, Telescopic Limiting Magnitudes, [http://adsbit.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle\\_query?bibcode=1990PASP%2E%2E102%2E%2E212S&page=1&plate\\_select=NO&data\\_type=GIF&type=SCREEN\\_GIF&nosetcookie=1](http://adsbit.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?bibcode=1990PASP%2E%2E102%2E%2E212S&page=1&plate_select=NO&data_type=GIF&type=SCREEN_GIF&nosetcookie=1)

Nils Olof Carlin, About Bradley E. Schaefer: Telescopic limiting Magnitudes, <http://zebu.uoregon.edu/~mbartels/visual/nils/Schaefer.html>

Dobbins/Parker/Capen, Observing and Photographing the Solar System, Willmann-Bell, Inc.

Günter D. Roth, Planeten beobachten, Sterne und Weltraum