



---

# DER TELESKOPFÜHRERSCHEIN

---

Praktikum an der Wilhelm-Foerster-Sternwarte e.V. Berlin

1. OKTOBER 2023

WFS-BERLIN  
Matthias Kiehl

## Inhaltsverzeichnis

Definition .....	6
Zielgruppe .....	6
Aufbau .....	6
Die sechs goldenen Regeln .....	6
Nichtteleskopisches Zubehör .....	7
Kleidung .....	7
Rot/Weißlicht-Taschenlampe .....	7
Sternkarten und Kataloge .....	7
Klassik: .....	7
Kosmos Naturführer -Welcher Stern ist das? Joachim Herrmann .....	7
Kosmos Drehbare Sternkarte .....	7
Atlas für Himmelsbeobachter, Karkoschka .....	7
Das Himmelsjahr, Keller .....	8
Verlage für Astronomie .....	8
Digital: .....	8
Stellarium .....	8
Carte du Ciel .....	8
Takis Sternatlas .....	8
Ephemeriden .....	8
Standard Kataloge .....	8
Ratgeber Teleskope .....	8
Das Fernglas .....	9
Aufsuchen von Objekten .....	9
Hilfsmittel zum Einstellen .....	9
Die Fernrohre im Einzelnen .....	9
Der Refraktor .....	9
Der Newton-Reflektor .....	10
Der klassische Cassegrain .....	10
Der Ritchey-Chretien (RC) .....	10
Der Schmidt-Cassegrain (SCT) .....	10
Die Kennzahlen eines Teleskops .....	11
Öffnung .....	11
Öffnungsverhältnis .....	11
Vergrößerung .....	11
Austrittspupille AP .....	11

Auflösungsvermögen.....	11
Beobachtungsbedingung, das Seeing.....	12
Obstruktion.....	12
Abbildungsfehler von Optiken .....	12
Bewertung der drei Teleskoptypen .....	12
Der Refraktor .....	12
Der Newton .....	13
Der Schmidt-Cassegrain (SCT) .....	13
Wichtiges Zubehör – die Okulare .....	14
Der Steckdurchmesser der Okulare.....	14
Das „wahre“ Gesichtsfeld .....	15
Praktische Ermittlung des Gesichtsfeldes.....	15
Sonderzubehör – das Fadenkreuzokular .....	15
Prismen.....	15
Die Bildorientierung im Fernrohr .....	15
Okularfilter .....	15
Mond- und Planetenfilter .....	15
Filter für Deep Sky Objekte.....	16
Sonnenfilter .....	16
Die Montierung .....	16
Die azimutale Montierung.....	16
Die parallaktische Montierung .....	17
Die Dobson-Montierung – Der Newton mit der Dobson-Montierung.....	18
Den Beobachtungsplatz bewerten .....	18
Bewertung von Teleskop und Standort .....	20
Die Erwartungshaltung.....	20
Teleskope mit Elektronik und Computer .....	20
Teleskopsteuerungen.....	20
Goto-Steuerungen .....	21
Verbindung mit dem Computer.....	21
Vorbereitung auf die Beobachtung .....	21
Aufbau und Ausrichten.....	22
Der Polsucher .....	22
Initialisierung der parallaktischen Goto-Montierung.....	23
Park Position.....	24
Die Scheiner-Methode.....	24

Moderne Drei-Stern-Methode Südbalkon .....	25
Initialisierung der azimutalen Goto-Montierung .....	25
Die acht Standardfehler des Einsteigers .....	25
Die Beobachtung beginnen - klassisch .....	26
Checkliste Vorbereitung .....	26
Sonnenbeobachtung im Weißlicht .....	26
Mondbeobachtung .....	26
Planetenbeobachtung .....	26
Deep Sky Objekte Aufsuchen ohne Elektronik und Computer .....	27
Klassik: Aufsuchen nach Karte .....	27
Modern: Objekte Aufsuchen mit Komfort .....	29
Beobachtungstechnik – klassisch .....	29
Klassisch - Zeichnen am Fernrohr .....	30
Warum Zeichnen? .....	30
Vorbereitungen .....	30
Bequeme Sitzgelegenheit .....	30
Beleuchtung .....	30
Zeichenmaterial .....	30
• Papier und Unterlage .....	30
• Bleistift .....	31
• Radiergummi .....	31
Hinweise zur Zeichentechnik .....	31
Hilfslinien .....	32
Tonabstufungen .....	32
Fertigstellung der Zeichnung .....	33
Tipps zum Zeichnen am Teleskop .....	33
• "Rotation" am Teleskop .....	33
• Ausrichtung des Zeichenblatts .....	33
• Zeichnen, was man sieht .....	33
• Helligkeiten kodieren .....	33
• Pausen einlegen .....	33
• Notizen .....	34
Zeichnung von Deep Sky Objekten .....	34
Modern: Die Beobachtung mit der Kamera - EAA .....	34
Die Beobachtungssitzung beenden .....	35
Einstieg in die Astrofotografie .....	36

Konsumenten-Kameras .....	36
Astro-Kameras .....	36
Planetenkameras .....	37
Mit feststehender Kamera .....	37
Die richtige Belichtungszeit .....	37
Blende und ISO .....	38
Strichspuren korrigieren .....	38
Mit nachgeführter Kamera .....	38
Fokalfotografie durch das Teleskop .....	39
Sonnen- und Mondfotografie .....	39
Deepsky Fotografie .....	39
Die Guiding-Kamera .....	40
Die Bildaufnahme .....	40
Arbeitsschritte bis zum ersten Bild .....	40
Das Bild verbessern .....	40
Die Bildverarbeitung .....	41
Hochauflösende Mond- und Planetenfotografie .....	41
Ausrüstung .....	41
Aufnahmetechnik und Auswertung .....	41
Simulation einer Aufnahme mit Firecapture .....	42
Analyse mit Autostakkert .....	43
Stacking mit Autostakkert .....	44
Schärfen mit Registax vorher .....	45
Schärfen mit Registax nachher .....	45
Aufgaben für die „Fahrprüfung an der Sternwarte“ .....	46
Aufgabe 1: Hochauflösende Mondfotos .....	46
Aufgabe 2: Hochauflösende Planetenfotos .....	46
Aufgabe 3: Aufnahmen Planetarischer Nebel und Kugelsternhaufen mit langer Brennweite .....	46
Aufgabe 4: Aufnahme eines Kometen, (Planetoiden oder Supernova in einer Galaxie) .....	47
Vorbereitung .....	47
Anhang Grundlagen .....	48
Datum und Zeit .....	48
Koordinatensysteme .....	49
Die Helligkeiten der Sterne .....	49
Moderne Festlegung .....	50
Anhang Übungsblätter .....	51

Übung 1: Orientierung am Himmel .....	51
Sternbild-Identifikation von Sommer- und Winterhimmel.....	51
Teil A: Handhabung drehbare Sternkarte .....	51
Teil B: Auf- und Untergang der Gestirne.....	51
Teil C: Die scheinbare Bewegung der Sonne .....	51
Teil D: Zwei Koordinatensysteme der Astronomie.....	51
Übung 2: Beobachtungsplanung .....	51
Übung 3: T Teleskop-Kenngrößen.....	51

# Teleskopführerschein

## Definition

Der Teleskopführerschein-Kurs vermittelt Grundlagenwissen und Techniken zur sachgerechten und erfolgreichen Nutzung eines modernen astronomischen Teleskops. Im Vordergrund steht dabei der praktische Umgang mit Teleskopen. Es werden die Grundlagen von Teleskopen, deren Zubehör und seine Bedienung und auch die Beobachtung ausführlich beschrieben. Die theoretischen Grundlagen für die Beobachtung von Himmelsobjekten werden in der Praxis erprobt. Ziel des Kurses ist, der Teilnehmer kann ein bzw. sein Teleskop sicher bedienen und praktische Beobachtungen durchführen. Dies ist keine Kaufberatung für Teleskope. Es werden aber die Kenntnisse vermittelt nach welchen Kriterien ein Teleskop ausgewählt werden sollte.

## Zielgruppe

Interessenten an astronomischer Beobachtung, die bereits das Astronomische Praktikum an der WFS gehört haben oder vergleichbare Kenntnisse haben. Die bereits ein Teleskop haben oder eine Anschaffung planen. Auch wer an den Teleskopen der Sternwarte arbeiten möchte ist dieser Kurs gedacht. Allerdings braucht derjenige noch eine spezielle Unterweisung und kann zunächst unter Aufsicht das Teleskop der Sternwarte bedienen.

## Aufbau

Zu jedem Teleskop wird es eine Beschreibung über die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes geben. Neben dem reinen „Spazierenkucken“ soll auch gezeigt werden, was für systematische Beobachtungen durchgeführt werden können.

Zu dem Kurs wird es Begleitmaterial in Form dieses Skriptes und Übungsaufgaben geben. Daneben gibt es auch „Fahrprüfungen“ an den Teleskopen der Sternwarte. In diesem Skript sind Literaturhinweise zu Büchern und Kartenmaterial vorhanden, aber auch Links ins Internet. Das Skriptenthält keine Bilder oder Zeichnungen. Erstens macht das viel Arbeit und zweitens gibt es dann keine Probleme mit dem Copyright.

Jeder Kursteilnehmer sollte ein Teleskop aufbauen und Himmelsobjekte aufsuchen und einstellen, manuell und per Computer. Der Kurs ist eine Mischung aus Klassik und Moderne.

Klassik: Beobachten mit dem Fernrohr ohne Elektronik und Computer.

Modern: Computerunterstützte Beobachten und Fotografieren, sowie Online auf Daten im Internet zugreifen und Planung der Beobachtung mit Infos aus dem Internet.

## Die goldenen Regeln

1. Jedes Fernrohr hat seinen Himmel.
2. Das beste Teleskop ist das, was am meisten nutzen kann.
3. Nutze jede Gelegenheit zur Beobachtung, Übung macht auch hier den Meister.
4. Systematisiere deine Beobachtung. Zum Beispiel alle Messier-Objekte mit kleinem Teleskop
5. Führe ein Beobachtungsbuch, beschreibe was Du gesehen hast, mit welchem Gerät unter welchen Bedingungen.
6. Zeige deine Ergebnisse erfahrenden Sternfreunden in Persona oder im Internet.
7. Wenn man sich ein Teleskop anschaffen will sollte man sich drei Fragen stellen:
8. Was will ich beobachten?

9. Wo will ich beobachten? Stadt oder Land
10. Mobil oder stationär

## Nichtteleskopisches Zubehör

### Kleidung

Da wir uns während der Nacht kaum bewegen müssen wir uns warm anziehen. Insbesondere Kopf, Hände und Füße müssen gut isoliert werden. Ist man erstmal durchgefroren ist die Nacht schon gelaufen. Man braucht Stunden um wieder warm zu werden. Die Kleidung besteht aus mehreren Schichten, Zwiebelmodell mit isolierender Luft dazwischen. Die Kleidung muss winddicht sein. Der Mantel oder die Jacke sollte viele Taschen haben. Einerseits um die Hände aufzuwärmen, auch Platz fürs Zubehör, beschlagenes Okular, Taschenlampe usw. Jetzt kann man in den Outdoor-Shop gehen und ein kleines Vermögen ausgeben.

Tipp:

Arbeitskleidung. Es gibt Menschen, die in der Kälte arbeiten müssen, oder im Tiefkühlhaus mit  $-30^{\circ}\text{C}$ . Gefrierhauskleidung (googeln) meist in Form eines Overalls. Die haben auch viele Taschen. Leuchtbalken, praktisch wenn man im Freien in der Pampa ist. Die Kleidung ist deutlich günstiger. Einfach über die Straßenkleidung stülpen. Bei Schuhen haben sich Moon-Boots bewährt. Auch Wanderschuhe mit dicker Sohle.

### Rot/Weißlicht-Taschenlampe

Diese LED-Taschenlampe ist umschaltbar auf rot und weiß. Das Weißlicht nimmt man zum Auf- und Abbau des Equipments oder im Notfall. Da das menschliche Auge auf Rotlicht träge reagiert wird das zum Arbeiten am Teleskop oder um die Karten und Tastatur zu beleuchten. Die größte Sünde ist, wenn man mit anderen beobachtet mit Weißlicht herumzufuchelt. Damit macht man sich richtig unbeliebt. Das gilt auch für an- und abfahrende Autos. Das Notebook oder Tablet kann man mit einer dunkelroten Plexiglasscheibe abdunkeln. Manche Astroprogramme haben auch einen Nachtmodus.

## Sternkarten und Kataloge

Zur Orientierung am Himmel braucht man Kartenmaterial. Die gibt es Analog und Digital. Dies ist erstmal die Grundausstattung.

Klassik:

### Kosmos Naturführer-Welcher Stern ist das? Joachim Herrmann

Nach einer kleinen Einführung in die Himmelskunde, sind für jeden Monat und Himmelsrichtung die Sternbilder angezeigt. Eine Beschreibung der einzelnen Sternbilder beschrieben.

### Kosmos Drehbare Sternkarte

Eine drehbare Sternkarte mit Datums- und Uhrzeitkreis zeigt den Himmel auf  $50^{\circ}$  Breite bezogen. Sonnenuntergang und Dämmerung können abgelesen werden. Für Mond und Planeten braucht man deren Rektaszension und Deklination für den Beobachtungszeitpunkt. Dazu braucht man das Himmelsjahr.

### Atlas für Himmelsbeobachter, Karkoschka

Karten zum Aufsuchen von Sternhaufen und Nebeln und kurze Beschreibung der Objekte.

### Binoscout Oculum Verlag

114 Himmelsobjekte für Hand- und Großferngläser mit Illustrationen, Karten und Beschreibungen.



## Das Himmelsjahr, Keller

Ephemeriden von Sonne, Mond und Planeten. Sonnen- und Mondfinsternisse für das Jahr. Beschreibung der Ereignisse für jeden Monat.

## Verlage für Astronomie

[Kosmos Verlag](#) : Drehbare Sternkarte und Sternkarten und Jahrbuch

[Oculum Verlag](#): Sternatlanten, Himmelsführer und Beobachtungstipps

Digital:

## Stellarium

Das [Planetarium](#) auf dem PC, Tablet oder Smartphone. Für Beobachtungsplanung und Orientierung. Auch als Sternkartenprogramm nutzbar. Alle Betriebssysteme

## Carte du Ciel

[Sternkartenprogramm](#) mit vielen nachladbaren Katalogen von Sternhaufen, Nebeln und Veränderlichen Sternen. Oft zum Steuern von GOTO-Teleskopen genutzt. Nur Windows OS.

## Takis Sternatlas

[Sternkarten](#) im A3 Format bis 6.0 mag als pdf-Dateien runterladbar und dann z.B. auf dem Tablet installiert oder ausgedruckt.

## Deep Sky Hunter Atlas

[Deep Sky hunter](#) is a printable deep sky atlas designed for serious deep sky observers. It features stars down to magnitude 10.2 and DSO down to magnitude 14 plotted on 101 A3 charts which cover the entire sky. Manual post-editing was performed in order to ensure non-cluttered charts with readable labels. The atlas also features 21 supplement "zoom" charts of galaxy clusters and densely populated areas, and indications of over 500 "best" objects.

## [Beobachteratlas für Kurzentschlossene \(BAfK\)](#)

1.420 Objekte und Sternassoziationen Sortierung nach: Sternbild, Objektbezeichnung, Sterne (Doppelsterne und variable Sterne)

## Wiki Sky Online Atlas

[Online Digital Sky Survey](#) fotografischer Atlas. Was ist auf meinem Bild drauf, wie ist die Orientierung, wo ist Norden.

## Ephemeriden

Tagesaktuelle Ephemeriden von Sonne/Mond/Planeten von Harnisch GmbH, Österreich, gibt's für das Smartphone. Das können Sternkartenprogramme natürlich auch.

## Standard Kataloge

[Messier](#): 109 Objekte für kleine Teleskope und Stadthimmel. Gut für Einsteiger

[NGC](#): Visuell erstellter Katalog aus dem 19.Jh. Für alle, die die Messier-Objekte gesehen haben.

[IC](#): Visuell erstellter Katalog aus dem 19.Jh Für alle, die die Messier-Objekte gesehen haben.

## Ratgeber Teleskope

Teleskop-1x1, Erste Hilfe für Fernrohrbesitzer, Stoyan. Hier werden sogenannte Kaufhaus-Teleskope behandelt. Wenn man Besitzer oder Beschenkter eines solchen Teleskops wurde. Kaufen würde ich ein solches Teleskop nicht.

Der Fernrohr Führerschein, Stoyan. Dort finden sich auch Abbildungen zum Aufbau von Teleskopen und dem Zubehör.

## Das Fernglas

Das Fernglas ist bei Vielen der Einstieg in die visuelle Beobachtung. Es hat ein größeres Gesichtsfeld als ein Fernrohr und man kann mit beiden Augen kucken. Die Angabe 10x50 besagt das die Vergrößerung 10fach ist und der Objektivdurchmesser 50mm beträgt. Je größer die Öffnung ist, umso mehr Licht kann gesammelt werden. Das Verhältnis aus Objektivdurchmesser/Vergrößerung ist die Austrittspupille AP, je kleiner desto dunkler ist das Bild. Für Ferngläser sind 4-5mm optimal, bei Alpenhimmel auch 6-7mm. Über 7mm macht keinen Sinn da die Pupille des Auges nur 7mm Durchmesser hat. Mehr als 10fache Vergrößerung lässt sich nicht mehr freihändig halten. Es sei denn das Fernglas hat einen Bildstabilisator. Schwenkarm- oder Parallelogramm-Montierungen sind speziell für Ferngläser gedacht. Sie findet man auch im Selbstbau.

Größere Ferngläser gibt es auch mit 45° oder 90° Einblick aus Sondergläsern, Stativ und Wechselokularen. Neben dem größeren Gewicht auch deutlich höhere Kosten als ein Teleskop. Die Anschaffung sollte gut überlegt sein.

## Aufsuchen von Objekten

Das Standard-Fernglas 10x50 hat ein Gesichtsfeld von ca. 7°. Beim Fernrohr ist schon deutlich kleiner 0,5 – 2°. Der Mond hat einen scheinbaren Durchmesser von ca. 0.5°. Das ist die unterteste Grenze für die kleinste Vergrößerung. Die Vergrößerung ergibt sich aus dem Verhältnis von Brennweite des Teleskops und Brennweite des Okulars. Das Gesichtsfeld ist dann das scheinbare Gesichtsfeld des Okulars dividiert durch die Vergrößerung. Standardokulare haben 50-60° und Weitwinkel 70°-80° und Superweitwinkel bis 100°. Zum Aufsuchen also die kleinste Vergrößerung nehmen.

## Hilfsmittel zum Einstellen

Beim Refraktor kann man über das Rohr zielen um das Objekt zu finden. Hilfreich ist ein Sucherfernrohr mit Fadenkreuz, ähnlich dem Gesichtsfeld des Fernglas 8x50 oder 10x60, das zu Beginn der Beobachtung am Tage an irdischen Objekten justiert werden muss oder am Mond wenn er denn sichtbar ist.

Sehr beliebt bei den Dobson-Teleskopen ist das [Telrad](#). Man betrachtet den unvergrößerten Himmel durch eine Plexiglasscheibe, auf der mit einer roten LED konzentrische Kreise projiziert sind. Es ist sehr leicht, da aus Plastik. Der Telrad-Sucher ist jedoch anfällig für Taubeschlag. Funktioniert allerdings nur bei Dunkelheit bzw. in der Dämmerung.

Astronomische Fernrohre und auch der Sucher steht das Bild auf dem Kopf. Beim Refraktor nimmt man häufig einen 90°-Zenitprisma oder-Zenitspiegel zu Hilfe. Das Bild ist aufrecht aber seitenverkehrt. Besser ist ein Amiciprisma, da ist das Bild aufrecht und seitenrichtig. Beim Newton gibt es kein Zenitprisma.

## Die Fernrohre im Einzelnen

### Der Refraktor

Der Refraktor besteht aus mindestens 2 Linsen, die das Licht brechen und im Brennpunkt vereinigen. Er sieht halt wie ein Fernrohr aus 😊. Der klassische Fraunhofer-Achromat mit 2 Linsen und Luftspalt hat ein Öffnungsverhältnis von 1:10 bis 1:15. Es können zwei Farben in einem Punkt fokussiert werden. Die Baulänge entspricht der Brennweite. Bei höheren Vergrößerungen sieht man ein Farbsaum um die Sterne. Dieser Farbfehler kann durch eine lange Brennweite gemindert werden

Deshalb haben die alten Refraktoren 1:15. Das hängt auch vom Objektivdurchmesser ab. Der Farbfehler ist bei großen Objektiven und kurzen Brennweiten am höchsten. Diese Optiken kann man nur gering vergrößern. Ein 80mm Refraktor mit 1200mm Brennweite ist farbrein. Ein 150mm Objektiv mit der gleichen Brennweite zeigt deutliche Farbfehler. Apochromate mit 2 oder mehr Linsen können drei Farben auf einen Punkt fokussieren. Praktisch sind keine Farbsäume sichtbar. Die meisten heute als Apo beworbenen Teleskope sind eigentlich Halbapochromaten, deren Abbildung zwischen Fraunhofer und Apochromat liegt. Es gibt:

Refraktortyp	Öffnungsverhältnis
2-Linse FH-Achromat	10 -15
2-Linse ED-Apochromat	6-8
2-Linse SD-Apochromat	6-8
2-Linse-Fluorit-Apochromat	6-9
3-Linse Apochromat	6-8

Streng genommen gibt es keine farbreinen Refraktoren, da im Strahlengang Lichtbrechung im Spiel ist und die Linse den Lichtstrahl wellenlängenabhängig bricht.

### Der Newton-Reflektor

Der Newton Reflektor besteht aus einem Parabolspiegel am Tubusende, der sogenannte Hauptspiegel. Am Tubuseingang ist in der Mitte ein Hilfsspiegel (Fangspiegel) angebracht, der das Licht seitlich aus dem Tubus in den Okularauszug befördert. Der Fangspiegel trägt nicht zur Abbildung bei. Der Newton ist das einfachste optische System nach originaler Strahlengang von Isaac Newton. Er ist farbrein hat aber nur eine optische aktive Fläche. Nur der Kugelgestaltsfehler (Parabel wie beim Autoscheinwerfer) kann korrigiert werden. Newtons brauchen schon 1-2 Stunden bis sie ausgekühlt sind. Das Öffnungsverhältnis ist deutlich größer als beim Refraktor 1:4 -1:8. Der Fangspiegel im Strahlengang mindert den Kontrast und die Auflösung des Bildes bei visueller Beobachtung. Fotografisch stört das nicht. Die Koma ist deutlich ausgeprägter als beim Refraktor. Spezielle Okulare bzw. Komakorrektoren für Fotografie, können hier Abhilfe leisten. Ein Sucher oder Telrad ist beim Newton erforderlich. Das Bewegen des Teleskops mit dem seitlichen Einblick erfordert etwas Übung. Der Spiegeldurchmesser liegt zwischen 114mm 1000mm im Amateurbereich. Die optimale Größe für den Balkon ist 200mm.

### Der klassische Cassegrain

Besteht aus einem Hauptspiegel, der in der Mitte durchbohrt ist. Der Fangspiegel wirft das Licht nicht seitlich raus, sondern das Strahlenbündel geht durch den Hauptspiegel in den Okularauszug. Man kann so eine lange Brennweite in der halben Tubuslänge unterbringen. Das Öffnungsverhältnis beträgt 1:10 – 1:20. Der Fangspiegel trägt zur Abbildung bei. Es ist ein reines Spiegelsystem. Dieser Teleskoptyp ist bei Amateuren nicht so verbreitet.

### Der Ritchey-Chretien (RC)

Dieser Cassegraintyp hat eine sehr gute Abbildung über das Feld. Der Fangspiegel ist halb so groß wie der Hauptspiegel. Er wird ausschließlich fotografisch genutzt. Es ist ein reines Spiegelsystem. Ist für den Amateurbereich bis 400 mm oder mehr erhältlich. Er ist mehr verbreitet als der klassische Cassegrain.

### Der Schmidt-Cassegrain (SCT)

Nutzt das Zusammenspiel von Linse und Spiegeln und wird auch als katadioptrisches System bezeichnet. Dazu zählt auch der Maksutov-Cassegrain.

Der Hauptspiegel hat eine sphärische Fläche und die Brennweite ist 1:2 recht kurz. Die Brennweite wird durch einen speziell geschliffenen Spiegel auf 1:10 aufgeweitet und wie beim Cassegrain ist der Hauptspiegel durchbohrt. Der Fangspiegel ist an einer ebenfalls sphärischen Korrektionsplatte, der Schmidt-Platte befestigt. Die Schmidt-Kamera benutzt erstmals eine solche Korrektionsplatte. Es entfallen die Fangspiegelstreben. Die Fokussierung geschieht indem man den Hauptspiegel hin- und herschiebt. Teleskope sind bis 35cm Durchmesser erhältlich. Das Maksutov-Cassegrain benutzt eine Meniskuslinse als Korrektionsplatte. Es gibt auch „Kreuzungen“, den Schmidt-Newton und den Maksutov-Newton. Der SCT ist bei Amateuren sehr verbreitet.

Im weiteren Verlauf werden die Teleskoptypen auf Refraktor, Newton und SCT beschränkt.

## Die Kennzahlen eines Teleskops

### Öffnung

Durchmesser der Linsen oder Spiegeloptik bestimmt wieviel Licht gesammelt werden kann und wie hoch die Auflösung ist. Sehr häufig benutzt man auch „Zoll“ bzw. „inch“ im angelsächsischen Raum. Ein Teleskop mit 150mm ist dann ein 6 Zöller. Die Abstände in „zoll“ sind deutlicher.

### Brennweite

Die Brennweite ist der Abstand zwischen der Hauptebene einer optischen Linse oder eines gewölbten Spiegels und dem Fokus (Brennpunkt). Die Brennweite bestimmt den Abbildungsmaßstab und die Vergrößerung durch das Okular.

### Öffnungsverhältnis

Öffnungsverhältnis = Öffnung / Brennweite. Der 1/ Öffnungsverhältnis = Öffnungszahl oder bei Fotobjektiven die Blende. Auch in der Schreibweise f/10 statt 1:10. Die Öffnungszahl wird in der „Werbung“ als Lichtstärke bezeichnet. Dieser Begriff ist sehr unglücklich gewählt und wird hier nicht weiter benutzt.

### Vergrößerung

Vergrößerung = Teleskopbrennweite / Okularbrennweite

### Austrittspupille AP

Austrittspupille = Öffnung / Vergrößerung oder Okularbrennweite / Öffnungszahl

Gibt den Durchmesser des Lichtbündels an, das aus dem Okular kommt. Die Pupille des menschlichen Auges kann sich maximal 7 mm weiten. Ist die AP größer verschenkt man Licht. Die kleinste Vergrößerung ist bei 7 mm. Es gibt auch eine maximale Vergrößerung bei 0,5 mm AP. Dann ist das Bild bereits zu dunkel. Die maximale Vergrößerung ist also 2x Objektivdurchmesser in mm. Bei AP = 0,7 mm spricht man von förderlicher Vergrößerung.

Bei Mond und Planeten ist die AP 0,5-1 mm. Bei Galaxien und Nebeln 3-5 mm und bei dunklem Alpenhimmel schon mal 6-7 mm.

### Auflösungsvermögen

Das Auflösungsvermögen wird durch Optikdurchmesser bestimmt. Wie fein die Einzelheiten zu sehen sind und welche Doppelsterne noch getrennt werden. Das hängt von der Wellenlänge ab, z.B. 550nm, wo das Auge maximal empfindlich ist.

Raley-Kriterium: Doppelsterne sind durch einen dunklen Zwischenraum getrennt =  $138 / \text{Öffnung in mm}$ .

Dawes-Kriterium: Beide Sterne berühren sich ohne dunklen Zwischenraum =  $116 / \text{Öffnung in mm}$ .

## Beobachtungsbedingung, das Seeing

Um das Auflösungsvermögen der Optik zu erreichen und die richtige Vergrößerung zu wählen, spielt die Luftunruhe, Seeing genannt, eine große Rolle. Das sieht man am Flackern der Sterne. Ist das Seeing ruhig, sieht man gestochen scharfe Bilder und die höchste Vergrößerung ist möglich. Ist das Seeing schlecht muß die Vergrößerung runter. Kleine Optiken reagieren unempfindlicher auf schlechtes Seeing, das Bild wirkt ruhiger. Das Seeing besteht aus:

- Luftströmungen in der Atmosphäre – Wetterlage
- Lokales Seeing durch Häuser, aufgeheizte Dächer, Terrassen im Sommer, geöffnete Fenster im Winter
- Tubus Seeing, bis das Teleskop und Zubehör die Außentemperatur erreicht haben. Wärmestrahlung des Beobachters im Winter.

## Obstruktion

Bei Spiegelteleskopen, Newton, Cassegrain und SCT sitzt im Strahlengang der Fang- bzw. der Sekundärspiegel und schattet ein Teil der Fläche ab. Die Effektive Fläche ist kleiner, damit auch die Öffnung. Die Fläche des Fangspiegels muss abgezogen werden. Der Kontrast wird auch gemindert.

Ein 200 mm SCT mit einem Fangspiegel von 80 mm sammelt so viel Licht wie ein Linsenteleskop von 183mm und hat eine Kontrastleistung eines 120 mm Refraktors. Bei Spiegelsystemen mit großer Obstruktion = Fangspiegeldurchmesser / Hauptspiegeldurchmesser in % von 50% ist Bild schon recht flau. Bei unter 20% Obstruktion stört der Fangspiegel kaum noch. Aber man muss ja Bild (im Fokus) noch aus dem Tubus bekommen. Fotografisch ist dieser Effekt kaum zu bemerken. Die schärfsten Planetenaufnahmen wurden mit Newtons und SCTs gemacht. Es gibt unendliche Diskussionen über dieses Thema was ist besser Refraktor oder Reflektor und sind eher akademischer Natur.

## Abbildungsfehler von Optiken

Keine Optik ist perfekt. In dieser Tabelle die bekanntesten Bildfehler

Fehler	Ursache	Ergebnis	Abhilfe
Chromatische Aberration	Nicht alle Farben werden gleichzeitig scharf abgebildet	Violette Säume um helle Sterne und Planeten, das sekundäre Spektrum	Apo Objektive oder Spiegeloptiken
Sphärische Aberration	Strahlen vom Rand und der Mitte können nicht gleichzeitig scharf sein	Unschärfe Bilder	Parabolische Spiegel
Koma	Schräg einfallenden Strahlen vom Rand zur Mitte der Optik können nicht fokussiert werden	Die Sterne am Rand sehen aus wie kleine Kometen	Komakorrektor beim Newton verwenden
Astigmatismus	Schräg einfallenden Strahlen vom Rand der Optik können nicht fokussiert werden	Sterne sind nur in der Mitte scharf	Abblenden oder Optik tauschen
Bildfeldwölbung	Die Brennpunktebene ist eben sondern gekrümmt	Sterne sind nur in der Mitte scharf	Korrektor für Bildbrennung einsetzen

## Bewertung der drei Teleskoptypen

### Der Refraktor

Die Vorteile:

Alle fünf Linsentypen haben einen hohen Kontrast und sehr gute Auflösung. Sind robust und justierungsempfindlich. Die Zweilinser passen schnell der Umgebungstemperatur und liefern nach einer halben Stunde gute Bilder. Sie sind gut für schnelles Beobachten. Bei Refraktoren unter 100 mm Öffnung macht sich die Luftunruhe nicht so störend bemerkbar.

Die Nachteile:

Alle fünf Typen zeigen je nach Typ und Vergrößerung leichte Farbfehler, die besonders fotografisch auffallen. Das Bildfeld ist gewölbt und man braucht für Fotografie ein Bildebener. Die Brennweite ist gleich der Baulänge. Das Beobachten findet hauptsächlich am Erdboden statt. Hier lohnt sich die Anschaffung eines Amici-Prismas wo dann das Bild aufrecht und seitenrichtig ist. Auch kriegt man sehr wenig Öffnung fürs Geld. So muss man beim Wunsch nach mehr Öffnung zu Spiegeloptik greifen.

### Der Newton

Der **visuelle Newton** mit einer Obstruktion von 20% und ein Öffnungsverhältnis von 6-8 und liefert kontrastreiche Bilder. Der Fokus ist dicht über dem Tubus und der Okularauszug recht kurz. Fotografieren geht nicht, außer mit der Planetenkamera, die wie ein Okular platziert wird.

Der **fotografische Newton** mit  $f/4$  hat einen großen Fangspiegel da noch Bildformat von z.B. APS-C zu 100% ausgeleuchtet werden muss. Die Obstruktion  $> 30\%$ . Braucht auch einen Komakorrektor.

Der **fotovisuellen Newton** ist ein Kompromiss. Er hat ein Öffnungsverhältnis von  $f/5$ . Der Fangspiegel ist etwas kleiner, 30-35% Obstruktion. Visuell etwas weniger Kontrast als der visuelle Newton. Das Bildformat mit 100% Ausleuchtung ist kleiner z.B. 13x18 mm. Einen Komakorrektor ist erstmal optional.

Beispiel: Mein fotovisuelle Newton hat einen 250 mm Hauptspiegel  $f/5$  und einen 75 mm Fangspiegel und 100% Ausleuchtung bei 13x18mm Feld. Er ist gut für Fotografie und zeigte scharfe Planetenbilder.

Anmerkung: Die Chipgröße meiner Kameras liegt 13x18 mm (Four-Thirds -Sensor). Bei größerem Format hat man nur mehr Probleme, Ausleuchtung, Randunschärfe, Verkippung, Justage Fehler. Außerdem kann man 1 ¼"-Filter verwenden.

Tipp: Wer seinen Newton mal „durchrechnen“ will, nehme das Programm [myNewton](#). Insbesondere wer eine Anschaffung plant und ihn fotografisch einsetzen will.

Die Vorteile:

Der Newton ist farbrein. Dank moderner Okulare hat man randscharfe Bilder. Fotografisch braucht man Korrektur und ebenfalls randscharfe Bilder. Man kriegt viel Öffnung fürs Geld. Newton kann als Nichtoptiker vollständig justieren und auch selber bauen.

Die Nachteile:

Durch den seitlichen Einblick ist das Einstellen von Objekten gewöhnungsbedürftig. Ohne Sucher ist ziemlich aufgeschmissen. Beobachtungen am Tage, liefern eher flaue Bilder im Vergleich zum Refraktor. Der Spiegel braucht, je nach Außentemperatur, 1-2h zum Auskühlen. Newtons müssen auch nach Aufbau und Transport justiert werden. Während ein rein visueller Newton  $f/6$ - $f/8$  recht gutmütig auf Justagefehler reagiert, liefert der Fotonewton mit  $f/4$  dann schon schlechte Bilder.

### Der Schmidt-Cassegrain (SCT)

Der SCT gilt eher als Universalinstrument. Visuell und fotografisch muss man mit Kompromissen leben.

Der **visuelle SCT** hat mit  $f/10$  eine recht lange Brennweite. Man braucht dann auch Okulare mit längerer Brennweite. Man kann einfache Okulare vom Typ Plössl verwenden. Das Gesichtsfeld ist eher klein, auch limitiert durch den Durchmesser des Blendrohrs im Tubus. Das macht das Finden der Objekte nicht einfacher. Beispiel 200 mm SCT  $f=2000\text{mm}$  Okular 20mm, 100x Feld ca.  $0.5^\circ$ , so groß wie der Vollmond. Durch den geschlossenen Tubus braucht er mindestens 2 h zum Auskühlen. Durch den geschlossenen Tubus verschmutzt der Haupt- und Sekundärspiegel gar nicht. Durch die Hauptspiegel-Fokussierung kommt man immer in den Fokus, selbst im Nahbereich. Am Tage ist das Bild nicht so kontrastreich wie beim Refraktor. Wirklich störend ist das Spiegelshifting, beim Fokussieren springt der Stern oder Planet hin und her. Es lässt sich aber auch ein Okularauszug am SCT befestigen und dann damit fokussieren. Die Schmidt-Platte wird nachts oft zu getaut. Hier helfen Taukappe mit einer Heizmanschette.

Der **fotografische SCT** kommt mit seiner langen Brennweite gut bei Mond und Planeten. Die besten Planetenfotos wurden auch mit einem SCT gemacht. Für die Deep Sky Fotografie ist er nicht die erste Wahl. Die Brennweite ist viel zu lang. Meist wird ein 0,63x Reduzierer eingesetzt. Das Bild ist dann weitgehend komafrei. Egal welchen Bildverbesserer man einsetzt, da ist noch ein starker Helligkeitsabfall von der Mitte mit 100% zum Rand zu XX%?. Das kann man mit Flats korrigieren. Das Spiegelshifting ist besonders nervig. Wegen seiner kurzen Baulänge ist er gut transportabel, leicht und nicht so windempfindlich. Auch mit dem fotografischen SCT lassen sich gute Astrobilder machen.

## Wichtiges Zubehör – die Okulare

Die Okulare sind Lupen mit denen das vom Objektiv kommende Bild vergrößert und betrachtet werden kann. Die Okulare sind der zweite Teil der Optik. An der Qualität darf man nicht sparen. In manchen All-In-One Paketen sind sie nur billiges Beiwerk. Was eine Optik visuell wirklich leistet zeigen erst die Okulare. Die Okulare unterscheiden sich in Brennweite, Eigengesichtsfeld, Bildebnung, Farbkorrektur, Kontrast, Schärfe und Anzahl der Linsen. Sie werden als Übersichtsokular oder als hoch vergrößernde Okulare eingesetzt. Neben diesen Daten ist der Augenabstand, wie ins Okular kuckt wird besonders für Brillenträger entscheidend. Immer mit Brille kucken. Mit dem Okularauszug kann man nur Kurz- und Weitsichtigkeit ausgleichen, aber nicht andere Sehfehler. Okulare mit größerem Durchmesser haben mehr Gesichtsfeld.

### Der Steckdurchmesser der Okulare

24,5 mm	0,96 Zoll
31,8 mm	1 ¼ Zoll
50,8 mm	2 Zoll

Okulartyp	Linsen	Gesichtsfeld	Einsatz
Huygens, Ramsden, Mittenzwey	2	$40^\circ$	Einfache Okulare, nicht farbrein, unverkittet, daher nur diese für Sonnenprojektion nutzen, nur niedrige Vergrößerung brauchbar
Kellner	2	$40^\circ$	Verbesserter Huygens-Typ
Othoskopisch	4	$40^\circ$	Scharfe, kontrastreiche Planetenokulare, sehr kleines Gesichtsfeld, Auge dicht am Okular
Plössl	4	$50^\circ$	Gute Feldkorrektur für $f/8$ - $f/15$ Teleskope
Erffle	6	$60^\circ$ - $70^\circ$	WW-Okular für niedrige Vergrößerungen $f/5$ – $f/15$
Super WW	6	$70^\circ$ - $80^\circ$	Großes Feld bei hoher Vergrößerung, bei Teleskopen mit $f/4$ – $f/6$
Ultra WW	6-8	$100^\circ$	Großes Feld bei hoher Vergrößerung, bei Teleskopen mit $f/4$ – $f/6$



## Das „wahre“ Gesichtsfeld

berechnet sich aus dem scheinbaren Gesichtsfeld Spalte 3 dividiert durch die Vergrößerung.

## Praktische Ermittlung des Gesichtsfeldes

- Man verwende den Mond oder zwei Sterne mit bekannten Winkelabstand als Bezugsgröße (Schätzmethode, grob)
- Man lasse einen Stern durch die Erddrehung durch das Gesichtsfeld laufen. Der Gesichtsfelddurchmesser  $\omega$  kann dann aus der Durchlaufzeit ermittelt werden. (Durchlaufzeitmethode, genau)

$$\omega = t \cdot \cos \delta \cdot k_1 \cdot k_2$$

$\delta$ : Deklination des Sterns

$k_1$ : Umrechnungsfaktor Sonnenzeit-Sternzeit = 1,0027

$k_2$ : Umrechnungsfaktor Sternzeit-Winkel =  $15^\circ/\text{h} = 15''/\text{s}$

## Sonderzubehör – das Fadenkreuzokular

Ein besonderes Okular ist das Fadenkreuzokular. Das braucht man, wenn man seine Montierung genau auf den Himmelspol ausrichten will nach der unten beschriebenen Scheiner-Methode oder zur Nachführkontrolle. Diese Methode kommt zur Anwendung, wenn man keinen Polsucher hat oder der Blick zum Nordpol nicht möglich ist. Um kleinste Abweichungen zu sehen ist eine Vergrößerung von 100 bis 200-fach nötig, ggf. eine Barlowlinse verwenden. Auch sollte das Fadenkreuz beleuchtbar sein.

## Prismen

Das Zenitprisma, der Zenitspiegel und das Amiciprisma kommen beim Refraktor und SCT zum Einsatz. Diese Prismen kosten viel Lichtweg, auch Backfocus genannt. Am Newton geht das nicht, weil der Fokus zu nahe am Tubus ist. Ein Amiciprisma ist auf jeden Fall vorzuziehen.

## Die Bildorientierung im Fernrohr

Bloßes Auge, Fernglas	normal	Norden oben, Osten links, Sterne wandern nach rechts
Teleskop ohne Prisma	Astronomisch richtig	Norden unten, Osten rechts, Sterne wandern nach links
Fernrohr mit Zenitprisma/spiegel	Seitenverkehrt	Norden oben, Osten rechts, Sterne wandern nach links
Fernrohr mit Amiciprisma	normal	Norden oben, Osten links, Sterne wandern nach rechts

## Okularfilter

### Mond- und Planetenfilter

Einschraubbare Okularfilter finden sich in der Mond- und Planetenbeobachtung. Einmal das Neutralfilter um den Mond etwas zu dämpfen. Es gibt auch variable Polfilter wo man Dämpfung regulieren kann. Diese Filter auf keinen Fall für die ungeschützte Sonne benutzen. Bei billigen



Teleskopen gibt es einschraubbare Sonnenfilter, gleich wegschmeißen! Diese platzen in der Hitze und das Augenlicht ist sofort hin. Farbige Filter werden in der Planetenbeobachtung eingesetzt. Oder auch zur Reduzierung von Farbfehlern der Optik.

### Filter für Deep Sky Objekte

Das **Ultra-High-Contrast-Filter** (UHC) liefert höchsten Kontrast bei Emissionsnebel, Supernova-Überresten und Planetarischen Nebeln. Auch für den Stadtbeobachtern mit kleinem Teleskop ist dieser Filter ein Gewinn. Bei Galaxien bringt dieses Filter nichts. Auch den Mond kann nicht wegfiltern.

Das **O-III-Filter** ist noch schmalbandiger als das UHC-Filter. Es lässt nur die verbotenen Übergänge von O-III durch und die benachbarte H-beta-Linie wird nicht mehr durchgelassen, wie bei dem UHC-Filter. Damit sind sehr schwache Planetarische Nebel und Supernova-Überreste wie den Cirrus-Nebel. Dieses Filter hat einen eingeschränkten Anwendungsbereich und sollte erst ab 200 mm Öffnung angeschafft werden. Es sollten schon Erfahrungen mit dem UHC-Filter vorhanden sein.

Das **H $\beta$ -Filter** lässt nur die Wasserstofflinie H-beta durch und liefert extremen Kontrast. Damit lassen sich extrem schwache Wasserstoff-Nebel, wie den Pferdekopf-Nebel oder den California-Nebel beobachten. Man braucht sehr gute Sichtbedingungen und mindestens 200 mm Öffnung. Dieses Filter ist nur für erfahrende Beobachter sinnvoll und nur zur Vollständigkeit erwähnt.

### Sonnenfilter

Die Beobachtung der Sonne ist mit besonderer Vorsicht durchzuführen. Für alle drei Teleskoptypen gibt Objektfilter für die Weißlicht-Beobachtung. Sie bestehen aus Glas oder dünner Folie, Mylarfolie genannt. Die Folie kann man „lose“ kaufen und sich dann selbst ein Objektfilter bauen oder es fertig kaufen. Auch wenn die Folie nicht knitterfrei montiert ist, hat dies keinen Einfluss auf die Bildqualität. Es gibt sie in Dichte 5 für visuelle Anwendung und in Dichte 3,8 für Fotografie. Bei Dichte 3,8 ist das Bild zu hell zum kucken, da braucht ein zusätzliches Graufilter. Die Objektfilter müssen sicher, auch gegen Windböen befestigt sein. Die Folie muss vorher auf eventuelle Schäden, kleine Löcher geprüft werden.

### 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 wir mit der besten Optik 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 diese 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 man nun Himmelsobjekte beobachtet, muss das Teleskop ständig in zwei Achsen korrigiert werden. 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° 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 muss man mit der azimutalen Montierung 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 und nachführen.

### 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 Aufstellenebene 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. Man stelle 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 wir nun ein bestimmtes Objekt im Teleskop eingestellt, können wir 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 wir die RA-Skala so lange, bis die Angabe der auf der Sternkarte entspricht. Nun können wir 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 ein-mal 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.

Beginnt man mit der Beobachtung des Objekts im Osten und wenn das Objekt den Meridian (also im Süden) erreicht hat, muss das Teleskop auf die andere Seite (d.h. umgelegt) werden. Sonst stößt das Teleskop gegen die Säule oder Stativbeine. Das Teleskop muss immer so bewegt werden, dass das Gegenwicht immer tiefer als das Teleskop ist. So ist sichergestellt, dass man die Säule nicht touchiert. Das ist ein Hauptnachteil der Montierung.

Bei der parallaktischen Gabelmontierung kann man im Süden durchschwenken. Nachteil hier, die Gabelmontierung ist nur für eine Größe und ein Teleskop gemacht. Die Deutsche Montierung kann alle drei Teleskoptypen in verschiedenen Größen tragen.

## Die Dobson-Montierung – Der Newton mit der Dobson-Montierung

Ein Sonderfall der azimutalen (rein manuellen) Montierung stellt die Dobson-Montierung dar. Der Gedanke bei der Erfindung dieses Prinzips war, ein möglichst großes Teleskop auf einer Montierung zu einem sehr günstigen Preis anzubieten oder selber zubauen.

### 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. „Held by gravity and driven by yoghurt power“

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. Den Tubus einfach aus der Rockerbox und schon stehen zwei Teleskopbauteile vor uns. Genau so einfach ist es auch, das Teleskop wieder zusammengebaut. Bei kleineren Teleskopen hat man einen Volltubus. Bei mehr als 10“ Öffnung einen Tubus aus Gitterstangen, die die Spiegelbox mit dem Oberteil bestehend aus Fangspiegel und Okularauszug verbinden.

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. Die Verwendung von Ultraweitwinkel-Okularen mit kurzer Brennweite ist hier angesagt.

Auch hier gibt es eine Lösung. Eine Äquatorial-Plattform auf der der Dobson gestellt werden kann und für eine gewisse Zeit nachgeführt wird. Bei diesen Teleskopen trennen sich die Vorlieben der Astrogemeinde: Die einen schwören auf Dobsonteleskope und die anderen würden sich nie etwas anderes als eine massive deutsche Montierung ins Haus holen.

## Den Beobachtungsplatz bewerten

Wir haben bereits gesehen, dass die Luftunruhe sich störend bemerkbar macht. Dies gilt für hohe Vergrößerungen und an Sonne, Mond und Planeten. Hier stört die Lichtverschmutzung nicht. Wenn wir aber Deep Sky Objekte beobachten, ist die Lichtverschmutzung der limitierende Faktor. Sind die Augen an die Dunkelheit angepasst, kann man den Himmel bewerten. Man hat den Eindruck, dass der Himmel im Winter klarer ist, als im Sommer. Das liegt daran, dass am Winterhimmel viele helle Sterne auch nahe am Horizont sichtbar sind. Besser ist es, sich „unscheinbare“ Himmelsregionen zur Bewertung zu nehmen.

### Grenzgrößenbestimmung

- Ist rund um den Polarstern kein Stern zusehen, oder sieht man ein schwaches Fünfeck von Sternen?
- Sichtbarkeit der Milchstraße
- Sichtbarkeit von Nebeln, M31, M33 oder der Sternhaufen M44 im Krebs, oder  $\eta$  und  $\chi$  im Perseus.

Für die Himmelsqualität gibt es die Bortle-Skala. Sie ist nur eine Schätzung und keine Messung:

Klasse	Ort	Grenzgröße	Objekte
1	Extrem dunkel, Wüste	8,0-7,6	Zodiakallicht, Gegenschein, Milchstraßenzentrum wirft Schatten
2	Sehr dunkel, Gebirge	7,5-7,1	Zodiakallicht, M33
3	Landhimmel	7,0-6,6	Zodiakallicht im Frühling und Herbst noch erkennbar. Milchstraße deutlich differenziert. M33 mit bloßen Augen und indirekt leicht erkennbar
4	Übergang Land/Vorstadt	6,5-6,1	Zodiakallicht nur teilweise zu sehen. Milchstraße deutlich, aber teilweise bereits strukturlos. M33 auch indirekt kaum zu sehen. In Horizontnähe deutliche Lichtverschmutzung. Wolken über Siedlungen deutlich aufgehellt. Beobachtungsinstrumentarium sehr deutlich erkennbar
5	Vorstadt	6,0-5,6	Zodiakallicht nur in besten Nächten im Frühjahr oder Herbst erkennbar. Milchstraße in Horizontnähe kaum erkennbar, im Zenit strukturlos. Lichtverschmutzung in allen Richtungen. Wolken auch über Beobachtungsort deutlich aufgehellt, teilweise heller als der Himmel. Beobachtungsinstrumentarium auch ohne Rotlicht bestens erkennbar.
6	Helle Vorstadt	5,5-5,1	Kein Zodiakallicht. Milchstraße nur im Zenit, <a href="#">M31</a> indirekt gerade noch zu sehen. Himmel bis 35 Grad Höhe grau/weiß. Wolken hell angeleuchtet
7	Übergang Vorstadt/Stadt	5,0-4,6	Gesamter Nachthimmel grau/weiß. Milchstraße unsichtbar. Selbst hohe Wolken hell angestrahlt
8	Stadt	4,5-4,1	Himmel weiß/orange. Sternbilder mit großen Lücken. Zeitungsschlagzeilen mühelos lesbar.
9	Innenstadt	Heller 4,0	Gesamter Nachthimmel bis in den Zenit hell erleuchtet. Viele Sterne in den Sternbildern verschwunden. Himmelslücken gänzlich sternfrei. M45 das letzte erkennbare Messier-Objekt.

Es gibt auch [Lichtverschmutzungskarten](#) im Internet (engl light pollution). Mit dem Sky Quality Meter (SQM) kann man auch die Himmelshelligkeit quantitativ messen.

## Bewertung von Teleskop und Standort

### Die Erwartungshaltung

Nachdem wir gesehen haben, welchen Einfluss die Lichtverschmutzung und das Seeing auf die Beobachtung hat, stellt sich die Frage, was sehe ich unter diesen Bedingungen mit diesem Teleskop in mondlosen Nächten?

#### Refraktor 60-100 mm

Der kleine Refraktor ist schnell aufgebaut und passt sich schneller an die Außentemperatur an. Das Bild ist ruhiger bei hoher Vergrößerung, gut für Sonne, Mond und Planeten. Bei Deep Sky am Stadthimmel, werden nicht alle Messier-Objekte sichtbar sein. Das ändert sich schlagartig, wenn man in den Vorstadthimmel wechselt. Dann sind sie alle zu sehen.

#### Newton/SCT 150-200 mm

Sind gut bei Planeten, aber schon deutlich seeing anfälliger und brauchen länger zum Auskühlen. Die maximale Vergrößerung =  $2 \times$  Spiegeldurchmesser kommt selten zum Einsatz. Alle Messiers sind auffindbar, aber nicht deutlich, eher strukturlos. Auch einige NGCs. Gut sind Objekte mit hoher Flächenhelligkeit wie Kugelsternhaufen und kleine Planetarische Nebel, z.B. Ringnebel und offene Sternhaufen. Das ändert sich schlagartig, wenn man in den Vorstadthimmel oder besser wechselt. Dann zeigen die strukturlosen Nebel, mehr Details. Bis 200 mm sind die Teleskope noch gut transportabel und wenn im Umland beobachten kann.

#### Newton/SCT 250-300 mm

Erst recht hier macht sich der Einfluss des Seeings und Auskühlung bemerkbar. Die Planetenbilder sind bis zum einfachen Spiegeldurchmesser vergrößerbar. Dafür sind sie recht hell und ggf. muss man ein Graufilter verwenden. Deutlich sind Farben zu erkennen. Beim Jupiter der Rote Fleck, die Äquatorbänder in Ockerbraun. Deep Sky Objekte sind besser erkennbar, großer matschiger Fleck. Deep Sky Objekte machen unter Landhimmel erst richtig Spaß. Sie zeigen Strukturen, Spiralarme bei M51 oder mit UHC-Filter Orion-Nebel dreidimensional, Cirrus-Nebel mit OIII-Filter wie auf dem Foto nur in S/W. Hier kommen die Dobsonsteleskope zum Einsatz im Umland oder besser noch Gebirge. Gut transportabel und schnell aufgebaut.

## Teleskope mit Elektronik und Computer

Die bisher vorgestellten azimutalen und parallaktischen Montierungen lassen sich vollständig manuell bedienen und die Objekte werden nach Karte oder Anpeilen eingestellt. Bei hoher Vergrößerung ist eine elektrische Nachführung schon unerlässlich, bis auf die Dobsonnauten.

### Teleskopsteuerungen

Bei **einfacheren parallaktischen Montierungen** kann man sie ggf. nachrüsten. Es gibt sie für beide Achsen und mit der Handsteuerung kann man feine Bewegungen machen. Auch bei der Aufnahme von Mond- und Planeten unerlässlich. Für die Astrofotografie erst recht. Die Nachführungen verbrauchen wenig Strom und sind gut für den mobilen Einsatz. Die Objekte müssen immer noch per Hand eingestellt werden.

### Home Position

- Bei der parallaktischen Montierung in der Home Position ist das Teleskop parallel zur Polachse oben und die Gegengewichte unten.
- Bei der azimutalen (elektronischen) Montierung steht der Tubus senkrecht in Richtung Zenit in der Home Position, ggf. in die Gebrauchsanweisung schauen.

## Goto-Steuerungen

Noch mehr Bequemlichkeit bieten die Goto-Steuerungen. Die Steuerungen sehen aus wie ein Seniorentelefon, mit Tastatur und Display. In ihm werkelt ein kleiner Computer. Er steuert die Motoren an, hat eine Datenbank von Deep Sky Objekten, berechnet die Position von Sonne, Mond und Planeten. Als Input braucht er die Uhrzeit, geographische Länge und Breite des Beobachtungsortes und ggf. die Höhe. Die muss man manuell eingeben. Damit er loslegen kann muss die Steuerung initialisiert werden. Das Teleskop muss vorher exakt nivelliert werden und in der **Home-Position** sein.

Dann schlägt die Steuerung zur Initialisierung Sterne vor. Das Teleskop fährt z.B. „Wega“ an. Der Stern ist im Sucher zu sehen (vorher Sucher justieren) und wird dann er mit der Steuerung und nicht manuell in die Mitte des Gesichtsfeldes des Teleskops gestellt und der Stern bestätigt. Dann fährt das Teleskop einen weiteren Stern an. Der ist jetzt schon im Teleskop zu sehen, aber noch nicht genau in der Mitte, also wieder mit der Steuerung und nicht manuell den Stern mittig positionieren und bestätigen. Ggf. wird noch ein dritter Stern angefahren. Das hängt davon ab welches Alignment-Verfahren man ausgewählt hat. Das vereinfacht sich noch weiter, wenn die Steuerung ein GPS-Empfänger hat. Das gilt sowohl für parallaktische Montierungen, als auch für azimutale Montierungen.

Die Einstellgenauigkeit von Goto-Teleskopen ist umso geringer, je größer die Wege am Himmel für die Montierung sind. Da kann es vorkommen, dass nach einem Schwenk von West nach Ost das Objekt nicht in der Mitte ist.

## Verbindung mit dem Computer

Die gängigen Goto-Steuerungen werden von zahlreichen Astronomie-Programmen unterstützt um das Teleskop direkt vom PC zu steuern. Hier kann man auf eine viele Sternkataloge, Nebel und Sternhaufen zugreifen. Aktuelle Bahnelemente von Planetoiden und Kometen können aus dem Internet geladen werden und über das Sternkartenprogramm z.B. [Carte du Ciel](#) angefahren werden. Für den Astrofotografen lassen auch die CMOS/CCD-Kameras steuern. Vom Objekt wird ein Bild aufgenommen. Das Aufnahmeprogramm ermittelt die Koordinaten des Bildes (plate solving) und die Montierung angesteuert um die Position ggf. zu korrigieren. Bei manchen Montierungen geht man von der Montierung in die Steuerung und dann in den Computer USB – Steuerung COM-Port. Bei anderen Montierungen geht direkt von der Montierung in den Computer ohne Steuerung. Damit lässt sich in beiden Fällen das Teleskop auch fernsteuern.

Es gibt (Reise-)Montierungen mit WIFI. Dann kann die Montierung auch über Smartphone oder Tablet gesteuert werden.

## Vorbereitung auf die Beobachtung

- **Die Wettersituation abschätzen.** Man mache sich mit Wettersituation am Beobachtungsort vertraut, solange es nicht der eigene Balkon ist. Insbesondere draußen im Feld und erst recht im Gebirge. Dazu gibt es ja heute jede Menge Apps. Auch Regenschutz für die Instrumente griffbereit halten und auch die Stromversorgung vor Nässe schützen.
- **Beobachtungsperioden kennen.** Es gibt Zeiten, da sind bestimmte Objekte gut oder gar nicht zu sehen. Der Lauf der Planeten, die Phase des Mondes kann man Jahrbuch wie das Himmelsjahr von U. Keller entnehmen.
- **Störendes Mondlicht meiden.** Dies betrifft die Deep Sky Beobachter und Astrofotografen den Zeitpunkt so wählen, dass das Mondlicht nicht stört.
- **Die optimale Beobachtungszeit bestimmen.** Nach Sonnenuntergang setzt die Dämmerung ein. Wenn die Sonne 6° unter dem Horizont ist spricht man Bürgerlichen Dämmerung. Sterne



sind noch nicht zu sehen, aber man kann draußen nichts mehr lesen. Bei  $12^\circ$  unter dem Horizont ist die Nautische Dämmerung, wo helle Sterne sichtbar sind und der Nautiker die Sterne anpeilen kann. Bei der Astronomischen Dämmerung ist die Sonne  $18^\circ$  unter dem Horizont. Dunkler wird es nicht. In Berlin gibt es von Mitte Mai bis Ende Juli keine Astronomische Dämmerung. Alle diese Daten kann man dem Himmelsjahr entnehmen oder einer Smartphone App.

- **Objektliste erstellen.** Mit einer drehbaren Sternkarte oder Planetariumsprogramm, z.B. [Stellarium](#) den Himmelsschnitt betrachten und welche Objekte sichtbar sind und in welcher zeitlichen Reihenfolge sie aufgesucht werden. Im Atlas für Himmelsbeobachter oder dem Deep Sky Reiseführer findet man die Objekte.
- **Beobachtungsbuch führen.** Es macht durchaus Sinn, seine Beobachtungen zu dokumentieren. Datum, Zeit, Ort, Sichtbedingungen, Mond ja/nein. Teleskop, Vergrößerung, Filter ja/nein. Beschreibung länglich diffus, Spiralarme blickweise, Skizze anfertigen.

## Aufbau und Ausrichten

Der Aufbau des Teleskops sollte nach Sonnenuntergang in der Dämmerung passieren. Je nach Montierungstyp und Anwendung ist unterschiedlich viel zu tun. Die Auskühlzeit des Teleskops berücksichtigen.

- **Die Azimutale Montierung ohne Goto.** Aufstellen des Stativs. Stativbeine nicht voll ausziehen. Teleskop-Gabel mit Fernrohr drauf. Alle Schrauben fest? Dann den Sucher montieren und ihn ausrichten parallel zum Teleskop. Entweder an entfernten irdischen Objekten oder am Mond.
- **Die Dobson Montierung.** Beim Aufstellen der Rockerbox auf eine ebene Fläche darauf achten das kein Sand, Kieselsteine oder Gras zwischen den Bodenplatten kommt. Vorsicht stellen das Teleskop auf eine Plastikplane draußen oder im Garten. So findet man Teile auch wieder, wenn sie runtergefallen sind. Dann wird das Teleskop in die Rockerbox gestellt und fertig. Sucher dran und ausrichten.
- **Die parallaktische Montierung ohne Goto.** Das Stativ wird so aufgestellt das ein Bein nach Norden zeigt. Dort ist auch der Dorn zu sehen wo später die Azimutschrauben der Montierung sind. Dann den Montierungskopf aufsetzen und festschrauben. Dann die Montageplatte befestigen. Sie gibt zusätzliche Stabilität. Die Polhöhe gemäß der geographischen Breite einstellen. Azimutschrauben anziehen. Die Gegengewichtsstange montieren bzw. ausziehen. Die Gegengewichte montieren Konterschraube am Ende der Gegengewichtsstange anschrauben, damit sie nicht auf den Fuß fällt. Jetzt den Tubus in die Aufnahme für Prismenschiene stecken. Die Deklinationsachse klemmen, das Teleskop in Ost-Westrichtung ausrichten und Stundenachse lösen. Das Teleskop bewegen und Teleskop muss in RA-Position stehen bleiben. Ggf. das Gegengewicht verschieben. Dann Teleskop und Gegengewicht in die Waagerechte bringen. RA klemmen und DE lose. Das Teleskop muss in jeder Position stehen bleiben. Wenn nicht den Tubus in Rohrschellen verschieben. Anschließend beide Klemmungen lösen und das Teleskop bewegen. Das Teleskop muss in jeder Position stehen bleiben. Das Teleskop in die Startposition (Home Position) parallel zur Stundenachse stellen, das Teleskop ist oben und das Gegengewicht zeigt nach unten. Der Polarstern sollte im Sucher sichtbar sein.

## Der Polsucher

Die genaue Ausrichtung der Montierung zum Himmelspol mit Hilfe des Polsuchers. Höhere Genauigkeit werden bei der Astrofotografie benötigt. Der Polsucher ist ein kleines Fernrohr, das in die Stundenachse fest eingebaut ist. Am Okularende sind 2 Skalen für Monat und Uhrzeit. Im Okular ist

eine Markierung für den Polarstern. Man stellt nun Monat und Uhrzeit mit Korrektur der Länge, die Uhrzeit MEZ ist für 15° östlicher Länge. Die Stundenklemmung lösen und verstellen bis das Datum und die korrigierte Uhrzeit übereinanderliegen. Jetzt durch Polsucher schauen und den Polarstern mit dem Azimut und Polhöhenschraube in die Markierung für den Polarstern stellen. Dann die Azimut- und Polhöhenschrauben gegeneinander klemmen, so dass sie sich nicht verstellen können.

Es geht noch einfacher, es gibt **Smartphone Apps**, die die Position vom Polarstern anzeigen, bei wieviel Uhr des Ziffernblattes der Polarstern steht.

Auch mit der **Kochab-Methode** lässt sich einnorden. Bei dieser Methode hilft der Stern Kochab beim Einnorden. Dieser ist mit dem Polarstern Teil des kleinen Wagens. Zum Einnorden verbinde zuerst gedanklich Kochab und Polaris (Polarstern). Diese Linie schneidet bereits den Himmelsnordpol. Blicke durch den Polsucher

Schritt 1: Drehen Sie den Polsucher, bis die Polarsternmarkierung Richtung Kochab zeigt. Klemme die RA-Achse.

Schritt 2: Mit den Polhöhen- und Azimut- Stellschrauben der Montierung positioniere den Polarstern in der Polarsternmarkierung. FERTIG!

### Initialisierung der parallaktischen Goto-Montierung

Das Teleskop ist in der Home Position. Nach der Eingabe von Datum, Uhrzeit, geogr. Breite und Länge beginnt die Initialisierung der Montierung. Hier werden auch gerne Eingabefehler gemacht. Das Datumformat Jahr-Monat-Tag ist im engl./amerik. Format -Monat-Tag -Jahr und kann verwechselt werden. Ebenso die geogr. Breite und Länge und die Angabe Sommerzeit ja/nein. Dann wird die Position des Polarsterns am Ziffernblatt angezeigt. Jetzt kann man den Polsucher einsetzen um die Montierung einzunorden. Der Punkt kann auch übersprungen werden. Dann folgt das Star-Alignment

- Bei der 1-Stern-Initialisierung, wenn nur wenige Sterne sichtbar sind. Das ist die Minimal-Initialisierung. Das Teleskop fährt einen Stern an. Der Stern muss mittig im Fernrohr stehen, ggf. dort mit der Steuerung und nicht per Hand hingebracht werden und bestätigen.

**Hinweis:** eine Goto-Montierung, die nicht initialisiert ist, führt auch nicht nach. Sie könnte ja gegen das Stativ schlagen. Wichtig ist auch, dass das Stativ waagrecht steht. Siehe die Dosenlibelle am Stativkopf.

- Bei der 2-Stern-Initialisierung wird ein 2. Stern vorgeschlagen und angefahren. Auch hier wieder mittig stellen und bestätigen.
- Bei der 3-Stern-Initialisierung wird ein 3. Stern vorgeschlagen und angefahren. Auch hier wieder mittig stellen und bestätigen.

Das Teleskop ist jetzt initialisiert und „weiß“ wo es hinzeigt. Auch wenn die Polhöhe und Azimut vom „wahren“ Pol abweicht, wird das Teleskop die Objekte richtig anfahren. Das Teleskop darf jetzt nicht mehr manuell bewegt werden. Nur über die Steuerung. Es sei denn die Montierung besitzt Encoder. Für nur visuelle Beobachtung sind wir jetzt fertig.

Haben wir keinen Blick zum Pol oder hat die Montierung keinen Polsucher gibt es noch den Menüpunkt Polar-Alignment (je nach Hersteller im Manual nachschauen).

Nachdem wir mindestens die 2-Stern-Initialisierung durchgeführt haben, wählen wir den Menüpunkt Polar-Alignment. Dann wird wieder ein Stern angefahren und dann soll der Stern jetzt mit den Azimut-Schrauben und der Polschraube mittig in Gesichtsfeld des Okulars gebracht werden. Dann wird der 2. Stern angefahren und die Prozedur wiederholt.



Je nach Hersteller ist man jetzt fertig oder man muss ein weiteres Mal ein 2-Stern- Initialisierung durchführen.

Haben wir auf dem Südbalkon keine Möglichkeit den Polsucher zu benutzen oder über die Handsteuerung das Polalignment durchzuführen, weil die Sterne durch ein eingeschränktes Gesichtsfeld nicht sichtbar sind, bleibt nur noch die Scheiner-Methode zum Einnorden der Montierung.

### Park Position

Die Park Position ist eine konfigurierbare Endposition, die von der Home Position abweicht, z.B. das Teleskop waagrecht stellt um das Rolldach der Beobachtungshütte zu schließen.

### Die Scheiner-Methode

Diese Methode funktioniert immer auch ganz ohne Elektronik und Computer und wenn man keinen freien Blick zum Himmelspol hat. Ein beleuchtetes Fadenkreuzokular mit mindestens 100 bis 200-facher Vergrößerung ist nötig.

- Vorbereitung: Stativ wird waagrecht aufgestellt. Die Stundenachse in Nord/Süd-Richtung aufgestellt und die geographische Breite, die Polhöhe eingestellt. Man prüfe mit welcher Azimut-Schraube das Südende der Montierung sich nach Osten dreht bzw. die andere nach Westen dreht und beschrifte diese für nächste Mal. Wird ein Zenit- oder Amici-Prisma oder keins von Beiden benutzt, wo ist Süden oben oder unten beim Blick durchs Okular.
- **Den Azimut ausrichten:** Wir beginnen mit dem Azimut. Hier haben wir nur einen begrenzten Bereich zum Verstellen. Es kann sein dass es nicht ausreicht und wir das Stativ nochmal neu ausrichten müssen. Wir stellen ein Stern nahe Meridian und Himmelsäquator DE ca.  $0^\circ$ . Dann das Fadenkreuzokular rein und das Fadenkreuz so ausrichten, dass der Stern in RA waagrecht auf dem Faden läuft. Bei perfekter Nord/Süd-Richtung bleibt der Stern auf dem Stundenfaden und pendelt dort hin und her. Der Fehler der Polhöhe fällt in dieser Konfiguration nicht auf.
  - Weicht der Stern nach Süden ab, muss das Südende der Montierung nach Osten gedreht werden – die Ost-Schraube.
  - Weicht der Stern nach Norden ab, muss das Südende der Montierung nach Westen gedreht werden – die West-Schraube.
  - Diesen Prozess wiederholen Sie so oft, bis sich der Stern ca. 20 Minuten auf dem senkrechten Faden nicht bewegt. Und noch einmal zur Erinnerung: die Rektaszensionsachse dürfen Sie jederzeit korrigieren, nicht aber in Deklination nachstellen (deren Abweichung soll ja bestimmt werden).
- **Die Polhöhe ausrichten:** Wir nehmen einen Stern im Osten mit ca.  $30^\circ$  Höhe über dem Horizont. Das Fadenkreuzokular wieder ausrichten, Stundenfaden ausrichten, der Stern läuft nun parallel auf dem Stundenfaden. Der Stundenfaden steht jetzt in einem Winkel von  $45^\circ$ . In dieser Konfiguration fällt der Fehler im Azimut nicht auf.
  - Weicht der Stern nach Süden ab (links oben), muss die Polhöhe erhöht werden.
  - Weicht der Stern nach Norden ab (rechts unten), muss die Polhöhe abgesenkt werden.
- Auch hier ist der Prozess so lange zu wiederholen, bis der Stern ca. 20 Minuten ohne Abweichung in Nord-Süd Richtung auf der Fadenkreuzmitte stehen bleibt. Wenn Sie jetzt wieder zum Ausgangspunkt zurückgehen und einen Stern in Südrichtung beobachten, kann es sein, dass Sie das Azimut leicht korrigieren müssen. Und dann das ganze noch einmal für die Polhöhe.
- Nimmt man einen Stern im Westen mit ca.  $30^\circ$  Höhe sind Änderungen genau andersrum.

**Tipp:** Mache Markierungen für die Stativbeine auf dem Boden. Markiere die optimale Azimut Stellung am Stativ und Montierungskopf für einen späteren Wiederaufbau. Prüfe nach dem Aufbau erstmal den Azimut-Fehler, wenn man eh in nur Meridiannähe unterwegs ist. Kopiere die Scheiner-Tabelle in dein Beobachtungsbuch.

Tabelle zur Scheinermethode

Für den Azimut – Stern im Süden		
Stern wandert:	Mit Zenitprisma	Ohne Zenitprisma
Nach oben	Südende -> Westen	Südende -> Osten
Nach unten	Südende -> Osten	Südende -> Westen
Für die Polhöhe Stern im Osten		
Stern wandert:	Mit Zenitprisma	Ohne Zenitprisma
Nach oben	Polachse -> absenken	Polachse -> anheben
Nach unten	Polachse -> anheben	Polachse -> absenken
Für die Polhöhe Stern im Westen		
Stern wandert:	Mit Zenitprisma	Ohne Zenitprisma
Nach oben	Polachse -> anheben	Polachse -> absenken
Nach unten	Polachse -> absenken	Polachse -> anheben

### Moderne Drei-Stern-Methode Südbalkon

Für eine manuelle Montierung (ohne Verbindung zum Computer) immer das NINA "Three Point Polar Alignment" Plugin im "Manual Mode" mit ASTAP als Platesolver.

Die moderne Scheiner-Methode: Dazu braucht man Aufnahmeprogramm [N.I.N.A.](#) und [ASTAP](#) für das Platesolving. Statt die Drift eines einzigen Sterns für längere Zeit zu verfolgen, macht man 3 Bilder hintereinander mit geklemmter DE- Achse, die von NINA+ ASTAP gelöst werden. Aus den 3 Koordinatenzentren ermittelt die Software die Lage deiner RA-Achse in Bezug auf die wahre Erdachse. Für eine hohe Genauigkeit sollten die Bilder mindestens 10° auseinander liegen und nicht zu nahe am Pol. Man macht eins ca. im Südosten, eins ca. im Süden und eins ca. im Südwesten. Deklination 0° bis +25°. Versuche mit DE=+30° und engere RA- Abstände brachten in der Praxis gleiche Ergebnisse, die Methode ist sehr robust.

### Initialisierung der azimutalen Goto-Montierung

Der Ablauf ist ähnlich, die Poljustage entfällt. Ein GPS-Empfänger erspart einem die Eingabeparameter. Hat die Montierung interne Kreiselkompassse entfällt auch das Stativ waagrecht zu stellen. Nachführen lässt sich die azimutalen Goto-Montierung auch. Man kann auch fotografieren, allerdings nicht solange belichten. Die Bildfelddrehung wird nur bei der parallaktischen Montierung ausgeglichen, wenn sie korrekt eingenordet ist.

### Die acht Standardfehler des Einsteigers

1. Aufstellung der parallaktischen Montierung, bei der Initialisierung der Goto-Steuerung das Teleskop nicht in der Home-Position.
2. Falsch eingestellte Polhöhe entspricht nicht der geographischen Breite
3. Verwechselung von Länge und Breite des Ortes bei Eingabe in die Steuerung
4. Falsches Datum, Monat mit Tag verwechselt.
5. Sucher ist nicht justiert.
6. Okularauszug beim Newton richtig ausrichten. Nach oben zeigt der Okularauszug in der Home Position.
7. Teleskop nicht ausgewogen, Teleskop muss ohne Klemmung in jeder Position stehen bleiben

8. Optik Spiegel oder Linse beschlagen, Teleskop nicht abdecken und Optik verschließen.

## Die Beobachtung beginnen- klassisch

### Checkliste Vorbereitung

- Wetterlage einschätzen, Durchsicht bei Deep Sky und Seeing bei Planeten
- Standort Lichtverschmutzung, Lokales Seeing
- Beobachtungszeit bestimmen
- Objektliste erstellen
- Teleskop Aufbauen und ggf. Initialisieren.

### Sonnenbeobachtung im Weißlicht

Prüfung des Objektivsonnenfilter unbeschädigt ist, kleine Löcher oder Risse. Das Sonnenfilter muss fest auch bei starkem Wind sitzen. Alternativ bei kleinen Linsenteleskopen kann man auch mit dem [Herschelkeil](#) und Graufilter beobachten. Das Sucherfernrohr ist abgedeckt. Stattdessen ein Sonnensucher verwenden. Teleskop niemals unbeaufsichtigt lassen. Zum Einstellen der Sonne die kleinste Vergrößerung nehmen. Als Einstellhilfe den Schatten des Teleskops beobachten und danach orientieren. Sonnenrelativzahl bestimmen. Hinweise dazu von der [Fachgruppe](#) Sonne der Vereinigung der Sternfreunde VdS.

### Mondbeobachtung

Der Mond ist eine gute Einstellübung, wenn man die manuelle Bedienung am Teleskop erlernt. Das Gesichtsfeld ist deutlich kleiner als beim Fernglas. Um den Mond zu finden kann man sich auch nach der Helligkeit im Gesichtsfeld orientieren. Auch wieder die kleinste Vergrößerung nehmen. An der Hell/Dunkel-Grenze, dem Terminator sind die Krater besonders deutlich zu sehen. Die Kraterränder und die Zentralberge werfen lange Schatten, da die Sonne auf dem dort tief steht. Der volle Mond hingegen ist strukturlos, da die Sonne auf dem Mond dann senkrecht steht. Die Vergrößerung langsam steigern. Bei schmaler Mondsichel kann man den unbeleuchteten Teil, das Aschgrau beobachten. Neben Mondfinsternisse gibt es noch Sternbedeckungen durch Mond. Dies am besten dem Himmelsjahr entnehmen.

### Planetenbeobachtung

Das Einstellen der Planeten erfolgt über den vorher justierten Sucher oder durch Peilen über das Rohr. Am Teleskop ist die kleinste Vergrößerung eingestellt. Dann wird die Vergrößerung langsam gesteigert bis zur 2fachen Objektivdurchmesser in mm. Eine Nachführung in Rektaszension ist sehr hilfreich auch wenn die Montierung nicht genau eingenordet wurde.

- Merkur und Venus

Die inneren Planeten Merkur und Venus sind nur in der Dämmerung kurz nach Sonnenuntergang oder Sonnenaufgang zu sehen. Zu sehen sind die Phasengestalt der Venus und des Merkurs. Oberflächendetails bei Merkur sind wegen des schlechten Seeings selten zu sehen. Die wolkenverhangene Venus zeigt nur schwache Grauschleier. Spannend ist die Phasengestalt der Venus über die Zeit zu verfolgen. Die Venus ist so hell, dass ein Graufilter von Nöten ist.

- Mars

Die Marsopposition ist alle 2 Jahre. Durch die exzentrische Bahn schwankt der Durchmesser bei den verschiedenen Oppositionen zwischen 16" und 25". Leider steht der Mars in der Oppositionszeit mit dem größten Durchmesser in südlichen Teil der Ekliptik. Der Marstag beträgt 24h 37m. Jahreszeiten auf dem Mars, das Abschmelzen der Polkappen und

Staubstürme lassen sich beobachten. Zu Wahrnehmung von Einzelheiten bedarf es viel Übung und Geduld. Besonders auffällig ist die Große Syrte, ein dunkles spitzzulaufendes dreieckiges Areal.

- **Jupiter**  
Jupiter ist der größte Planet im Sonnensystem. Mit einer Rotationsdauer von 9h 50m sind schon nach wenigen Minuten die Rotation zu sehen. Das Planetenscheibchen ist oval. In kleinen Teleskopen können die Bewegung der Jupitermonde, sowie den Transit der Jupitermonde vor dem Jupiter, als auch Bedeckung durch den Schatten des Jupiters beobachtet werden. Im Himmelsjahr finden sich die Beobachtungsereignisse. In großen Teleskopen sind Farben des Großen Roten Flecks und der Äquatorbänder zu sehen. Von allen Planeten ist Jupiter das dankbarste Objekt.
- **Saturn**  
Erst ab 30facher Vergrößerung ist der Ring des Saturn zu erkennen. Auch wird sein Mond Titan als kleines Sternchen sichtbar. In Teleskopen ab 100 mm Öffnung und 100-facher Vergrößerung wird die Cassinische Teilung als umlaufender dunkler Streifen in seinem Ringsystem erkennbar. Auch bis zu fünf weitere lichtschwächere Monde treten in unser Blickfeld. Die Wolkenbänder sind deutlicher schwächer ausgeprägt als beim Jupiter und es sind auch kaum Strukturen zu erkennen. Selbst bei 250-facher Vergrößerung wirkt Saturn immer noch klein.
- **Uranus und Neptun**  
Uranus ist mit 5.3 mag und Neptun mit 7.8 mag nicht mehr so einfach manuell zu finden und es bedarf einer Aufsuchkarte. Uranus ist von grünlicher Farbe und Neptun ein bläulicher Planet und daher gut zu von Sternen zu unterscheiden. Mit einem Durchmesser von 4,1" bzw. 2,4" sind keine Details zu erkennen.

## Deep Sky Objekte Aufsuchen ohne Elektronik und Computer

### Klassik: Aufsuchen nach Karte

#### Methode 1:

Solange wir das Objekt auch mit dem bloßen Auge sehen, braucht man keine Karte. Wir wollen den Kugelsternhaufen M13 aufsuchen und schauen uns die Beschreibung im Karkoschka an. Im Viereck des Herkules auf der westlichen Seite ist der M13 zwischen eta und zeta Her, südlich von eta. Wir peilen also eta mit dem Sucher an und bewegen das Teleskop südlich und sollten M13 schnell finden, vorausgesetzt wir haben die niedrigste Vergrößerung drin. Wir sehen ein schwaches Wölkchen. Wir erhöhen die Vergrößerung, das Bild wird dunkler und kontrastreicher. Der Rand des Kugelsternhaufens zeigt einzelne Sterne. Wenn wir die Vergrößerung bis 1mm AP erhöhen, können wir sogar das Zentrum auflösen.

Der Eintrag ins Beobachter-Logbuch:

Objekt	M13		
Datum	25.07.23	Uhrzeit	22:00 MEZ
Durchsicht	D1	Mond	Kein
Teleskop	4" Refraktor	Filter	Kein
Vergrößerung	80x		
Beschreibung	Am Rande gut aufgelöst, Zentrum nur blickweise aufgelöst		

#### Methode 2:

Auf der Karte vom Karkoschka suchen wir die Galaxie M65 im Löwen. Mit dem bloßen Auge ist der Stern  $\theta$  Leo zu sehen. Südlich von  $\theta$  ist eine Dreiergruppe von Nord nach Süd zusehen. Wir orientieren die Karte nach dem Fernrohrblick, ohne Prisma oder mit Amici-Prisma. Östlich dieser Dreiergruppe ist noch ein Stern unter dem der M65 steht. Man handelt sich von einem hellen Stern über geometrische Figuren, Dreiecke, Parallelogramme, Linien und Bögen zum Objekt. Die Erfahrung zeigt, je länger man gebraucht hat das Objekt zu finden umso besser hat sich der „Weg“ eingeprägt und beim nächsten Mal geht es viel schneller.

#### Methode 3:

Wir benutzen eine parallaktische Montierung, ohne Computer und Nachführung. Die Montierung ist grob nach dem Nordpol ausgerichtet. Teleskop parallel zur Stundenachse und der Polarstern im Gesichtsfeld. Man schaut auf die Karte und sucht einen hellen Stern, der etwa die gleiche Rektaszension oder Deklination hat und schwenkt das Teleskop entsprechend.

#### Methode 4: Sternzeit-Methode

Hat die Montierung Teilkreise in Rektaszension (RA) und Deklination (DE) so kann man die Himmelsobjekte auch direkt einstellen. Die Methode funktioniert nicht bei azimutalen Montierungen. Die zweite wichtige Bedingung ist, dass die Montierung genau eingenordet ist, z.B. mit dem Polsucher.

1. Die Rektaszensions-Achse, auch Stundenachse genannt, wird genau auf die Südrichtung gestellt, und an dem beweglichen RA-Teilkreis auf 0h eingestellt.
2. Die RA-Lage des Objektes wird ermittelt. Die aktuelle Sternzeit (aktueller RA-Wert im Süden), Blick ins Jahrbuch, es gibt es auch als APP, wird ermittelt. Richtung Osten nimmt der RA-Wert zu. Ist der RA-Wert größer als die momentane Sternzeit liegt das Objekt im Osten. Die Differenz aus Sternzeit und RA ist der Stundenwinkel und der wird am RA-Kreis eingestellt. Beispiel: Das gesuchte Objekt hat die Koordinaten 17h 42m und DE +6° 26'. Die Sternzeit am 1.7. um 00:00 MEZ 18h22m. Der Stundenwinkel beträgt 40m, das Objekt steht im Westen.
3. Anschließend muss noch die Deklination am DE-Teilkreis eingestellt werden.

Diese Methode setzt nicht nur eine genaue Aufstellung voraus, sondern auch die Sternzeit ändert sich laufend.

#### Methode 5: Differenz-Methode

Wir wollen die Venus am Tage einstellen und nehmen die Sonne zu Hilfe. Die Montierung ist genau eingenordet. Die Koordinaten von Sonne und Venus entnehmen wir dem Himmelsjahr. Voraussetzung beide Objekte sind gleichzeitig vor oder nach dem Meridian. Bei eingestellter Sonne, natürlich mit Filter wird der RA-Kreis auf 0h gestellt. Dann wird das Teleskop in RA soweit geschwenkt wie die Differenz von RA-Sonne minus RA-Venus beträgt. Vorteil, hier braucht man keine Sternzeit. Der DE-Kreis wird auf die Deklination der Venus eingestellt. Die Methode funktioniert auch in der Nacht.

## Modern: Objekte Aufsuchen mit Komfort

Besitzer einer Montierung mit Goto, egal ob parallaktisch oder azimutal wird das Einstellen der Objekte sehr erleichtert. Insbesondere für Anfänger kann die Beobachtungsnacht zur großen Enttäuschung werden. Mit dem Ergebnis, ich habe nichts gesehen. Hier wurde die Vorbereitung auf die Beobachtung vergessen und die falsche Erwartungshaltung geweckt, meine Steuerung enthält über 400.000 Objekte ...

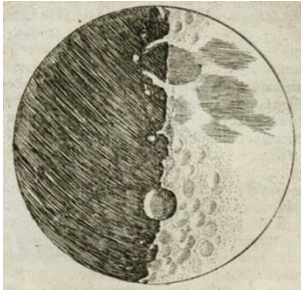
1. Fehler – Das Objekt ist viel zu schwach.  
Die Datenbank der Teleskopsteuerung enthält über 400.000 Objekte, dies sind aber nicht alle im Teleskop sichtbar, da die Öffnung zu klein ist.
2. Fehler – Lichtverschmutzung  
Am Stadthimmel wird man mit einem 10-15 cm Teleskop nicht einmal alle Messier-Objekte, das sind 110 sehen. Das ändert sich schlagartig, wenn man unter Landhimmel beobachtet.
3. Fehler – Die Montierung arbeitet nicht genau genug  
Wie genau die Position angefahren wird hängt von der Anzahl der Eichsterne bei der Initialisierung der Montierung ab und dem Schwenkweg.
4. Fehler – Die Vergrößerung ist zu hoch.  
Wie wir bei Fehler Nr. 3 gesehen kann auch die Vergrößerung zu hoch sein und das Objekt zu weit am Rand steht und erst bei niedriger Vergrößerung, mehr Gesichtsfeld sichtbar sein.
5. Fehler – Die Vergrößerung ist zu niedrig  
Bei einem kleinen Planetarischen Nebel, der nur als unscharfer Stern zu sehen ist, entpuppt sich bei höher Vergrößerung dann als Planetarischen Nebel.
6. Fehler – Objekt nur mit UHC oder OIII-Filter sichtbar.

Die automatische Positionierung hat generell den Nachteil, dass man im Sternfeld keine Orientierung hat. Wenn das Objekt verstellt oder nicht sichtbar ist hat man keine Chance das Objekt wieder zu finden. Dann kann man nur einen hellen Stern anfahren und sich dann zum Objekt hin hangeln.

## Beobachtungstechnik – klassisch

Für den rein visuellen Beobachter ist es wichtig sich schon lange, 30 Minuten? an die Dunkelheit zu gewöhnen. Von Kopernikus wird erzählt, dass er sich eine halbe Stunde ins Dunkle setzte bevor er mit der Beobachtung anfang und damals gab es noch kein Radio. Um nicht geblendet zu werden, kommt die Rotlichtlampe zum Einsatz. Auf jeden Fall die Dunkeladaption erhalten. Die lichtempfindlichsten Zellen des menschlichen Auges sind nur schwarz-weiß empfindlich. Überanstrengte Augen, Müdigkeit, Nikotin und Alkohol sollten tunlichst vermieden werden. Auf der Netzhaut gibt es eine Stelle wo besonders viele lichtempfindliche Sehzellen sind. Dort muss man den Lichtstahl aus dem Okular hinbekommen. Das indirekte Sehen. Nicht direkt auf das Objekt schauen, sondern dran vorbei und schon sieht man mehr!

## Klassisch- Zeichnen am Fernrohr



Zeichnung von Galileo Galilei

Beim Beobachten astronomischer Objekte entsteht schnell der Wunsch, das Gesehene zu dokumentieren. Dies dient nicht nur dem Aufbau eines eigenen "Beobachtungsschatzes", sondern ist auch die Grundlage für die Beobachtung und Auswertung dynamischer Vorgänge am Nachthimmel (zum Beispiel Jupiteratmosphäre und -monde, Sichtbarkeit der Saturnringe, Entwicklung von Kometen). Das Zeichnen ist in diesem Zusammenhang eine sinnvolle Alternative oder Ergänzung zur aufwändigen und nicht ganz trivialen Astrofotografie

### Warum Zeichnen?

Bei der Nutzung computergesteuerter Teleskope, mit denen man eine vorprogrammierte "Guided Tour" am Himmel abfahren kann, sorgt das Zeichnen für eine Entschleunigung der Himmelsbeobachtung. So sinnvoll und hilfreich computergesteuerte Teleskope sind - das Zeichnen eröffnet eine ganz andere Facette astronomischer Beobachtung.

- Beim Zeichnen beschäftigen sich Beobachterinnen und Beobachter für eine lange Zeit intensiv mit einem Objekt - es wird ihnen vertraut.
- Durch Wiederholung der Beobachtung unter wechselnden Bedingungen können immer mehr Details erkannt werden. Die Protokollierung macht eigene Beobachtungsfortschritte erkennbar. Die Erfolgserlebnisse machen den Entwicklungsprozess der eigenen Wahrnehmung bewusst.

Anmerkung: Dem Verfasser liegen keine praktischen Erfahrungen im Zeichnen vor.

### Vorbereitungen

#### Bequeme Sitzgelegenheit

Zunächst richtet man sich so bequem wie nur möglich ein: Das Fernrohr wird auf eine geeignete Position und Höhe eingestellt. Ein Astrostuhl (oder Bügelstehhilfe) ist eine sehr nützliche Sache, alternativ kann auch eine kleine Haushaltsleiter als Sitzunterlage mit verschiedenen Höhen Verwendung finden. Auf jeden Fall sollte man sitzend zeichnen!

#### Beleuchtung

Für die Beleuchtung verwendet man dimmbare Taschenlampen oder bringt geeignete Folien zur Lichtreduzierung an der Lampe an. Bei der Zeichnung von Mond und Planeten eignen sich graue Folien sehr gut. Zur Not tut es auch ein Stück Stoff. Die Taschenlampe wird dann am Stativ mittels Klebandes fixiert. Das Licht sollte - bei Rechtshändern - von links kommen. Beim Zeichnen lichtschwacher Objekte ist die Verwendung von Rotlicht zu empfehlen.

#### Zeichenmaterial

- Papier und Unterlage

Für Mondzeichnungen hat sich weißes Druckerpapier (DIN A4) bewährt. Man sollte nicht zu klein zeichnen, damit für die Arbeit an den Details genug Platz zur Verfügung steht. Der

Vorteil des dünnen Druckerpapiers liegt nicht zuletzt in der Transparenz. In jedem Stadium kann die Zeichnung mittels Leuchtpult, Scanner oder am Fenster auf ein neues Blatt übertragen werden, sollte etwas unrettbar verzeichnet, mit dem Radierer ruiniert oder sonst was geschehen sein. Eine feste Unterlage ist selbstverständlich.

- Bleistift

Der Stift sollte möglichst weich sein. Dies hat den Vorteil, dass viele Grautöne erzeugt werden können. Der Strich lässt sich gut beeinflussen, und die Weichheit lässt ein "gewünschtes" Verschmieren problemlos zu. Bleistiftspitzer nicht vergessen!

- Radiergummi

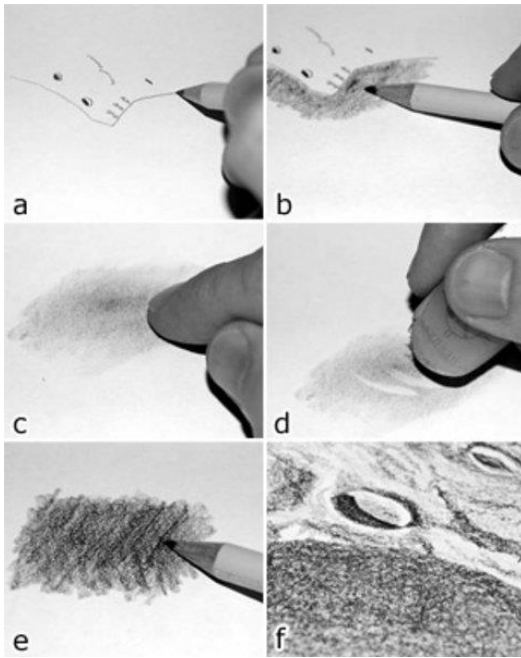
Auch der Radiergummi sollte weich sein. Dieser greift das Papier nicht an und lässt sich zudem leicht in verschiedene Formen schneiden, die man im Zeichenprozess gezielt als Werkzeug einsetzen kann.

## Hinweise zur Zeichentechnik

Der Bleistift besteht nicht nur aus einem Spitz! Er kann vielfältig eingesetzt werden. Hinzu kommt, dass Striche und Schraffuren mit der Fingerkuppe verrieben und so bearbeitet werden können. Und mit dem Radiergummi kann man mehr, als nur Fehler korrigieren:

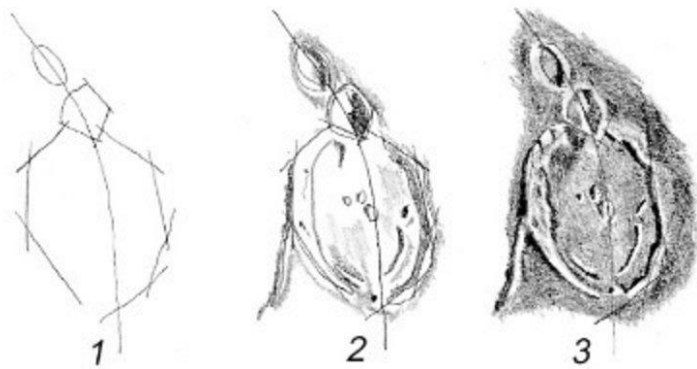
- Die erste Skizzierung erfolgt mit der Bleistiftspitze (Abb. 2a).
- Flächen werden mit geneigtem Bleistift schraffiert, so verwendet man die gesamte Breite der Mine (Abb. 2b).
- Schraffuren können mit der Fingerspitze weich verrieben werden (Abb. 2c).
- Mit dem Radiergummi können auf der Mondoerfläche "Lichter" (oder bei Deep-Space-Beobachtungen auch Nebel) erzeugt werden (Abb. 2d).
- Schraffuren werden mit geneigtem Bleistift ausgeführt (Abb. 2e).
- Den Kratern wird durch die Feinarbeit an den Graustufen Leben eingehaucht



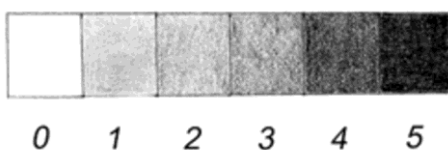


### Hilfslinien

Bei der Darstellung größerer Regionen oder miteinander "verzahnter" oder überlappender Strukturen sollten bei der ersten Skizzierung Hilfslinien verwendet werden, die als Gerüst für die weitere Ausarbeitung dienen. Kraterstrukturen sind nicht ausschließlich kreisförmig oder oval, sondern können auch "eckig" erscheinen. Dies sollte bei der Anlage des Grundgerüsts der Zeichnung berücksichtigt werden. Größenverhältnisse und Anordnung mehrerer Teilstrukturen sollten in der ersten Zeichenphase erfasst werden. Abb. 3 zeigt dies am Beispiel des Gassendi.



### Tonabstufungen



Die Grauwerte des jeweiligen Objekts können entweder direkt in der Skizze angelegt werden oder man markiert diese mit Zahlenwerten, zum Beispiel von Null bis Fünf (Abb. 4). Im Rahmen der Nachbearbeitung erfolgt auf der Basis der für die Helligkeiten vergebenen Zahlenwerte dann der "letzte Schliff" an den Schattenwirkungen und der 3D-Wirkung von Kratern und Gebirgen (Abb. 5).



#### Fertigstellung der Zeichnung

Nach dem Zeichnen am Teleskop werden die Skizzen im Arbeitszimmer vollendet. Zur Sicherheit sollte das Original zuvor kopiert werden, denn dies bildet die Grundlage der fertigen Zeichnung! Zudem kann, wie bereits erwähnt, zu jeder Zeit etwas schief gehen. In der Regel sollte eine Zeichnung spätestens am Tag nach der Beobachtung fertig gestellt werden, da die Eindrücke dann noch frisch und in guter Erinnerung sind. Später vergisst man das Aussehen feinsten Strukturen. Bei einer hinausgeschobenen Nachbearbeitung ist daher die Gefahr sehr groß, dass die Zeichnung unbeabsichtigt fehlerhaft wird.

#### Tipps zum Zeichnen am Teleskop

- "Rotation" am Teleskop

Ein Nachteil des Zeichens ist, dass lediglich eine Person das Objekt mit der nötigen Ruhe bearbeiten kann. Bei einem Beobachtungsabend mit einer Schülergruppe sollten daher zwei Teleskope zur Verfügung stehen, so dass die Rolle des Zeichners wechseln kann. Dabei sollten etwa 30 Minuten für einfache Zeichnung angesetzt werden. Eine Nachbearbeitung der Skizzen kann später am Schreibtisch erfolgen.

- Ausrichtung des Zeichenblatts

Die Himmelsmarkierungen auf dem Zeichenblatt sollen mit den "wahren" Himmelsrichtungen im Okular in Übereinstimmung gebracht werden (bevor man mit dem Zeichnen beginnt).

- Zeichnen, was man sieht

Während des Zeichnens ist ein permanenter Abgleich mit dem Original im Okular erforderlich.

- Helligkeiten kodieren

Beim Skizzieren ist die Vergabe von Helligkeitsstufen für Flächen oder Sterne hilfreich, die in der Nachbearbeitung eine realitätsgetreue Wiedergabe der Helligkeiten ermöglicht.

- Pausen einlegen

Das Zeichnen erfordert eine hohe Konzentration - Pausen sind empfehlenswert!

- Notizen

Angaben zur verwendeten Optik, den Beobachtungsbedingungen und sonstige Bemerkungen sollten natürlich nicht fehlen.

### Zeichnung von Deep Sky Objekten

Für das Zeichnen von Deep Sky Objekten sei auf diese [Webseite](#) verwiesen.

## Modern: Die Beobachtung mit der Kamera- EAA

Die astronomische Beobachtung des nächtlichen Sternenhimmels wird in zwei Hauptkategorien unterteilt: Die visuelle Beobachtung und die Astrofotografie.

Bei der visuellen Beobachtung steht das Erlebnis im Freien mit dem Teleskop und das Sehen mit den eigenen Augen im Vordergrund. Astrofotografie hingegen ist meist sehr computerbasiert. Die Beobachtungsnacht besteht Großteils aus minutenlangen Belichtungsreihen und deren Überprüfung auf Fotodefekte, wie Satellitenspuren, Guidingfehler und Fokusdrifts. Im Nachhinein zu Hause nach aufwändiger Bildbearbeitung wird man hingegen mit herausragenden, detailtiefen Einblicken ins Universum belohnt, welche man mit der visuellen Beobachtung nicht annähernd erreichen kann.

Wer mit kleinem Teleskop von 10 cm Öffnung nach Deepsky-Objekten unter dem Stadthimmel sucht wird schnell an die Grenzen seines Teleskops kommen. Das lässt sich aber mächtig aufpeppen, wenn man statt mit dem Auge mit der CMOS-Kamera beobachtet. Das Auge kann das Licht nur 0,25 Sekunden speichern, eine Kamera ziemlich lange bis der Himmel weiß wird. Die Wahrnehmung von Farben bei Deepsky-Objekten bleibt dem Auge vergönnt. Das geht sogar unter Stadthimmel mit der Kamera als elektronisches Auge. Mit den heutigen modernen CMOS-Kameras ist dies möglich. Diese neue Art zu beobachten nennt sich *Electronically Assisted Astronomy*, kurz EAA genannt, früher auch Video-Astronomie genannt.

EAA hat man das visuelle Erleben mit moderatem technischem Aufwand und nicht lange Belichtungsreihen wie bei der Astrofotografie. EAA liefert brauchbare Bilder, die mit den Anfängen der eigenen Astrofotos ohne allzu großen Aufwand.

- Ausrüstung – Die Montierung  
Eine Montierung mit der Ansteuerung um beide Achsen. Es geht auch mit der azimutalen Montierung. Goto-Montierung bevorzugt. Die Montierung sollte über PC steuerbar sein.
- Ausrüstung – Die Kamera  
Eine Farb- oder S/W – Kamera. Die Chipgröße bestimmt das Gesichtsfeld. Pixelgröße und Brennweite müssen zueinander passen. Eine Kühlung der Kamera muss nicht sein. Aber, Kühlung ist immer gut zur Rauschminderung. Die Entwicklung neuer rauscharmer CMOS-Chips geht rasend voran. Die Kamera wird durch den PC bzw. Notebook gesteuert.
- Aufnahmeprogramm  
Zur Aufnahme gibt es von den Kameraherstellern die Software dazu. Wichtig ist das man die Bilder aufaddieren, auch stacken genannt. Ein Programm mit dem man auch gut EAA machen kann ist Sharpcap, kostenlos und Sharpcap Pro 15€ im Jahr.

### Wie funktioniert EAA?

Will man ein Objekt per EAA beobachten, macht man Astrofotos mit kurzen Belichtungszeiten im Bereich von Sekunden bis zu ca. 1 Minute. Per spezieller Computerprogramme werden die erstellten Astrofotos kalibriert (Flat, Dark) und live gestackt. Umso mehr Kurzbelichtungen zusammengerechnet wurden, desto schwächere Objekte mit immer besserer Detailtiefe werden am Computerbildschirm angezeigt. Durch einfache Feineinstellungen am Histogramm und diverser

Regler (Farbbalance, Kontrast, Sättigung, Schärfe) kann das Bildergebnis individuell verfeinert werden. Abschließend können die Bildergebnisse digital archiviert werden.

#### **Anwendungsmöglichkeiten von EAA:**

- Tiefer in das Universum zu blicken, als es visuell möglich ist.
- Objekte sichtbar machen, welche in für unsere Augen nicht zugänglichen Spektralbereichen leuchten.
- Astrofotografie aus stark lichtverschmutzten Gebieten.
- Astrofotos unkompliziert und schnell, nahezu in Echtzeit bearbeiten.
- Beobachtungsergebnisse digital abspeichern.
- Starpartys und Infoveranstaltungen: Am Computerbildschirm kann eine große Zusehergruppe gleichzeitig den Bildaufbau in „Echtzeit“ mitverfolgen.
- Virtuelle Starpartys: Seine Beobachtung live im Internet Broadcasten und dabei mit Menschen weltweit in Kontakt treten, mit diesen Internettelefonieren und Textchatten.
- Himmelsdurchmusterungen: Asteroiden-, Kleinplaneten, Kometen- und Supernovasuche
- Kooperative lückenlose Beobachtungsprogramme
- Remotesternwarte
- Auch Beobachtungen von Sonne, Mond und Planeten mit lichtempfindlichen Kameras fallen unter den Begriff: EAA

### Die Beobachtungssitzung beenden

Das Ende der Beobachtungsnacht beginnt mit dem Zusammenpacken der Ausrüstung.

- Teleskop in die Home Position bringen, manuell oder elektrisch.
- Stromversorgung abschalten
- Tubus und Okularauszug nur verschließen, wenn die Optik trocken ist.
- Ist die Optik beschlagen ins Warme bringen und abtrocknen lassen, keinesfalls wischen.
- Tubus abbauen, dann Gegengewichte, Montierung RA und DE Klemmung lösen und so transportieren.
- Montierung und Stativ trockenen lassen und dann endgültig in die Transporttaschen packen.
- Beobachtungsplatz absuchen ob noch was fehlt oder liegen gelassen wurde.

## Einstieg in die Astrofotografie

Die Himmelsobjekte mit dem eigenen Teleskop zu fotografieren ist der Wunsch vieler Fernrohrbesitzer. Aber vor den Lorbeeren haben die Götter den Schweiß und die Stolperfallen gesetzt.

- Der Unterschied zur Tagesfotografie ist, wenn ich einen Baum fotografiere muss ich mir keine Gedanken machen warum der Baum grüne Blätter hat. Foto machen fertig. Bei der Astrofotografie muss ich mir schon Gedanken über die Physik des Objektes machen. In welcher Wellenlänge strahlt mein Objekt? Ist mein Empfänger (die Kamera) überhaupt in diesem Bereich empfindlich. Brauche ich spezielle Filter?
- Die Astrofotografie erfordert viel Geduld und Erfahrung im Umgang mit Teleskopen, deshalb dieser Kurs.
- Die Astrofotografie ist auch sehr computerlastig. Das ist mehr was für technikaffine Menschen. Teleskop und Kamera werden vom Windows-PC gesteuert. Programme unter Linux sind eher die Ausnahme. Die nachfolgende Bildbearbeitung ist deutlich aufwendiger als bei der Tagesfotografie.
- Es kann viel schief gehen. Murphys Gesetze. Jeder Arbeitsschritt muss getestet werden.
- Erste Resultate sind schnell erzielt, siehe EAA, aber richtig gute Ergebnisse benötigt viel Ausdauer und Zeit.

## Konsumenten-Kameras

- Die normalen Konsumenten-Kameras DSLR oder DLM sind nicht für die Astrofotografie gedacht, funktionieren aber trotzdem. Während die meisten Menschen mit dem Smartphone fotografieren, sind die DSLR und DSLMs für schwierige Lichtverhältnisse gedacht und werden auch weiterentwickelt. Davon profitieren auch die Astrofotografen.
- In diesen Kameras ist auch ein Graphicprocessor drin, der das Bild vorverarbeitet. Man kommt nur an die Rohdaten ran, wenn man im RAW-Format das Bild ausliest.
- Diese Kameras haben in der Regel ein Infrarot-Sperrfilter drin, das die Wasserstofflinie H-alpha nicht durchlässt. Das ist schlecht für Gasnebel, die hier ihr Licht emittieren.
- Der Vorteil dieser Kameras ist, dass man sie ohne Computer oder Strom aus der Steckdose betreiben kann.

Eine Für die Astrofotografie geeignete Konsumenten-Kamera hat folgende Eigenschaften:

- Dauerbelichtung, B-Einstellung über Fernauslöser oder APP oder PC
- Autofokus abschaltbar
- Unendlich ist manuell einstellbar
- Manuelle Blendenvorwahl
- Wechselobjektive
- Anschlussgewinde für das Fotostativ
- Aufnahmen ohne Kompression im RAW-Format.
- Kein Infrarot-Sperrfilter (für rote Gasnebel)

## Astro-Kameras

Kameras für astronomische Zwecke enthalten die gleichen CMOS-Chips, wie die Konsumenten-Kameras. Dadurch sind diese Astro-Kameras deutlich günstiger als die früheren CCD-Kameras, die heute nicht mehr gebaut werden. Diese Kameras werden über den PC gesteuert und man kommt an die Rohdaten ran. Zusätzlich haben diese Kameras noch eine Peltier-Kühlung und der Chip kann bis auf 40°C unter der Umgebungstemperatur gekühlt werden. Das mindert das Rauschen des Bildes bei langen Belichtungen. Kühlung ist immer gut, aber nicht zwingend. Es gibt diese Kameras als

Farbversion und als Schwarz/Weiß-Variante (monochrom). Wenn man mit der Monochromkamera Farbbilder machen will muss jeder Farbkanal Rot-Grün-Blau durch die drei Filter belichtet werden und dann im Computer zusammengesetzt werden. Das klingt kompliziert. Die Bildverarbeitung von Farbkameras ist nicht einfacher, sondern anders. Außerdem kann man auch Spezialfilter verwenden, z.B. das H-alpha-Filter nur Gasnebel dann allerdings in S/W. Für den Einstieg ist die Farbkamera die bessere Wahl. Wer sein Leben der Astrofotografie widmen will, wird die Monochromkamera mit Farbfiltern nehmen.

### Planetenkameras

Für die Planetenfotografie braucht man nur kleine Chips, da die Planeten selbst bei 3m Brennweite nur 100-200 Pixel groß sind. Diese Kameras sind so groß wie ein 1 ¼" Okular und sind ungekühlt. Sie gibt sie in Farbe und monochrom und werden oft auch zur automatischen Nachführkontrolle, dem Autoguiding benutzt. Mit diesen Kameras lassen sich hochauflösenden Mond- und Planetenfotos machen.

### Mit feststehender Kamera

Die Kamera kommt auf ein stabiles Stativ. In der Stadt dürfte die maximale Belichtungszeit in einer mondlosen Nacht bei ISO 800 30 Sekunden betragen. Dann sind die Sterne schon zu Strichen verzogen. Die maximale Belichtungszeit ohne Nachführung hängt von der Pixelgröße, der Brennweite und der Deklination ab.

Die Deep-Sky-Fotografie mit langen Brennweiten lässt sich ohne Nachführung natürlich nicht realisieren. Dafür aber beispielsweise Aufnahmen der Milchstraße, die mit unzähligen Nebeln, Dunkelwolken und Sternhaufen geschmückt sind. Für ein ästhetisches Bild sollten die Sternstrichspuren dabei nicht zu lang werden. Die Länge der Sternspuren auf einem Bild hängt von mehreren Faktoren ab. Sie lässt sich mit der folgenden Abschätzungsformel leicht in Pixeln ausrechnen:

$$\text{Spurlänge in Pixeln} = 0,0727 * f * t * \cos(\delta) p$$

Dabei sind  $f$  die Brennweite in mm,  $t$  die Belichtungszeit in Sekunden,  $\delta$  die Deklination des Objekts in Grad und  $p$  die Größe der Pixel in  $\mu\text{m}$ . Strichspuren sind nah am Himmelsäquator am längsten, hier ist die Deklination  $0^\circ$  und der Kosinus ergibt 1.

### Die richtige Belichtungszeit

Möchte man beispielsweise das Sternbild Schütze mit einem 35mm Objektiv und  $5\mu\text{m}$  großen Pixeln fotografieren, hat man nach vier Sekunden Belichtungszeit eine Spurlänge von zwei Pixeln. Die maximal akzeptable Spurlänge richtet sich auch danach, ob die Aufnahme im Nachhinein sowieso in ihrer Auflösung reduziert werden soll. Dann dürfen die Sternspuren durchaus einige Pixel lang werden, bzw. man kann mit entsprechend größeren Pixeln rechnen.

Die Fotografie mit Teleobjektiven im 200mm Bereich stellt die Grenze des Machbaren dar. Hier ist die Spurlänge bei Belichtungszeiten im Bereich von einer Sekunde gerade noch akzeptabel. Von den hellsten Deep-Sky-Objekten, wie zum Beispiel M 31 und M 42, lassen sich ohne Nachführung Bilder erstellen, die einiges an Details zeigen. Für ein gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis sind dazu allerdings mehrere hundert Aufnahmen nötig, die bei der Bearbeitung gemittelt werden.

Maximale Belichtungszeit in Sekunden bei feststehender Kamera  $T_{\text{MAX}} = T(0^\circ \text{ DE}) / \cos(\text{DE})$  als Richtwert.

Brennweite in mm	Deklination 0°	Deklination 45°	Deklination 60°
14	14	20	28
20	10	14	20
24	8	11	16
50	4	16	8
80	2,5	3,5	5
100	2	2,8	4
200	1	1,4	2

## Blende und ISO

Neben der richtigen Belichtungszeit stellt sich auch die Frage nach den optimalen Kameraeinstellungen und der Objektivblende. Normalerweise werden selbst teure Fotoobjektive in der Astrofotografie teilweise bis  $f/5,6$  abgeblendet, denn nichts lässt Aberrationen so deutlich hervortreten wie helle Punkte mit dunklem Hintergrund. Um möglichst viel Signal in kurzer Zeit auf dem Chip zu erzeugen, ist jedoch eine weit geöffnete Blende erforderlich. Ohne Nachführung müssen also unter Umständen Abstriche bei der Qualität der Sternabbildung in Kauf genommen werden, wobei der beste Kompromiss für jedes Objektiv individuell durch eine kleine Testbildreihe gefunden werden muss.

Die ISO-Einstellung ist der zweite wichtige Parameter, sie sollte ungewöhnlich hoch auf mindestens 1600 gesetzt werden, je nach Rauschverhalten der Kamera auch deutlich höher. Die maximal sinnvolle Einstellung ist auch von der Temperatur abhängig, in kalten Nächten können höhere Werte verwendet werden.

Weiterhin sollte die Kamera im RAW-Modus und ohne jegliche interne Bildverarbeitung betrieben werden.

## Strichspuren korrigieren

Nicht zuletzt hilft auch die Software: Das kostenfrei erhältliche Fitswork ermöglicht zum Beispiel das Zurückrechnen von Strichspuren. Dafür muss das Bild über den Menüpunkt "Bearbeiten – Bildgeometrie – Bild rotieren" so gedreht werden, dass die Strichspuren horizontal verlaufen. Unter "Bearbeiten – Spezielle Filter" geht es schließlich zur gewünschten Funktion. Über den Regler "Horizontale Breite" wird der Filter auf die Spurlänge angepasst und "Schwelle" begrenzt die Helligkeit der Bildteile, die korrigiert werden. So können Artefakte im Hintergrund verringert, bei stärkerer Korrektur aber nicht ganz vermieden werden.

Fitswork bietet noch eine weitere Möglichkeit, verzogene Sterne zu korrigieren. Dazu kann die Funktion "Bearbeiten – Schärfen – Sternradius verkleinern" genutzt werden. Auch in diesem Fall müssen die Strichspuren horizontal orientiert sein. Wichtig ist dann in den Filtereinstellungen einen Haken bei "Nur horizontal" zu setzen. Der Regler "Sterne ausblenden" ermöglicht zudem eine weichere Sterndarstellung, sodass diese nicht wie ausgestanzt wirken. Die Ergebnisse sind hier meist weniger mit Artefakten behaftet.

## Mit nachgeführter Kamera

Die Kamera mit Objektiv sitzt Huckepack (engl. piggy back) auf dem Teleskop. Irgendwo am Teleskop ist noch ein Anschluss für Fotogewinde oder im Teleskop-Handel erhältlich. Wer mehrere Objektive besitzt, mit der kleinen Brennweite anfangen. Die Kamera wird parallel zum Teleskop ausgerichtet.



Man achte bei Weitwinkel-Objektive ob Teile des Teleskops im Gesichtsfeld zu sehen sind. Die Nachführgenauigkeit ist abhängig von der Brennweite.

- Eine gut eingenordete parallaktische Montierung mit Nachführung in Rektaszension.
- Ein beleuchtetes Fadenkreuzokular zur Kontrolle der Nachführung. Dazu wird das Fadenkreuz in DE und RA ausgerichtet. Erstmal prüfen wie gut die Nachführung läuft. Es ist gut möglich, dass die Montierung 15-60 Sekunden gut läuft und der Leitstern nicht vom Faden läuft. Man kann darauf, vertrauen, aber Kontrolle ist besser.
- Objekte sind Sternbilder und Milchstraßen-Felder oder vielleicht ein heller Komet.

### Fokalfotografie durch das Teleskop

Ein Sonderfall ist die afokale Fotografie. Mit dem Smartphone oder Kamera mit Objektiv durch das Okular fotografieren. Smartphone-Adapter gibt es im Handel. Die resultierende Gesamtbrennweite ergibt sich aus dem Produkt von Vergrößerung x Kameraobjektivbrennweite. Das funktioniert gut bei Mond und Planeten.

Bei der Fokalfotografie wird das Teleskop von 500–2000 mm als Teleobjektiv verwendet. Für DSLR und DSLM gibt es T2-Adapter das ist M42x0,75 (nicht M42x1,0 wie bei den alten Filmkameras Praktika usw.) für die jeweilige Kamera. Von T2 ab gibt es dann je nach Teleskop weitere Adapter, wie z.B. ein T2 auf 2" Steckhülse, die in den Okularauszug gesteckt wird. Die Astro-CMOS-Kameras (nicht die Planetenkameras) haben bereits T2 oder M48 Gewinde. Als angehender Astrofotograf braucht man viele Adapter.

### Sonnen- und Mondfotografie

Mit der DLSR/DSLM lässt sich die Sonne (mit Objektiv-Filter) aufnehmen. Bei 1000 mm Brennweite ist der Mond oder die Sonne 9,6mm auf dem Chip groß. Um den Mond formatfüllend auf den APS-C Format aufzunehmen braucht man 1700 mm Brennweite. Zur Aufnahme immer ein Fernauslöser oder per APP die Kamera auslösen. Zur Aufnahme von Planeten braucht man noch mehr Brennweite.

Die Belichtungszeiten müssen manuell ausprobiert werden. Die Belichtungsautomatik ist erstmal ein Richtwert. Das Bild mit dem Histogramm-Monitor der Kamera bewerten.

### Deepsky Fotografie

Bei der Deepsky-Fotografie liegen die Belichtungszeiten zwischen ca. 30 Sekunden und 2 Minuten, beim Alpenhimmel auch mal 5 Minuten. Hier ist eine gute Einnordung der Montierung und eine Nachführkontrolle unerlässlich. Je länger die Brennweite ist umso genauer muss die Nachführung sein. Bei Brennweiten um 1000 mm sind die wir an der Grenze des Machbaren für den Einstieg gekommen. Die Größe der Pixel muss auch zur Brennweite passen. Außerdem macht sich das Seeing bereits störend bemerkbar. Die meisten Optiken benötigen noch Bildebenen und/oder Komakorrektoren im Strahlengang. Begnügen wir uns auf ein kleines Feld als dem APS-C Format können wir ggf. darauf verzichten.

Die Nachführkontrolle (engl. guiding) kann manuell mit dem Fadenkreuzokular oder mit der Guiding-Kamera erfolgen im parallel zur Aufnahmeoptik montierten Leitfernrohr oder Sucher. Man braucht also ein 2. Fernrohr. Auch mit dem Sucherfernrohr kann man automatisch nachführen lassen. Eine weitere Möglichkeit ist durch das fotografierende Teleskop zu kontrollieren ist das Off-Axis-Guiding. Im Strahlengang zwischen Teleskop und Kamera sitzt ein kleines Prisma, das ein Teil des Lichtes, dass nicht zur Abbildung beiträgt, ausgespiegelt wird und in die Guiding-Kamera gelenkt wird. Diese Methode ist sehr empfindlich und bei langen Brennweiten >1000 mm sinnvoll. Das spart das Leitrohr



und setzt aber eine empfindliche Kamera voraus. Es ist manchmal schwierig überhaupt einen hellen Leitstern ( ~1 sek Belichtung mit der Guiding-Kamera) zu finden.

Anmerkung: Ich nutze Off-Axis-Guiding so gut wie gar nicht mehr.

### Die Guiding-Kamera

Die Guiding-Kamera ist eine hochempfindliche ungekühlte Kamera mit kleinem Chip ca. 3x5mm mit Farb- oder S/W Chip. Spätestens hier braucht man zur Steuerung der Montierung mit der Guiding-Kamera ein Guiding-Programm wie [PHD-2](#) und ein Windows-PC/Notebook. Auch die Kamera zur Aufnahme lässt sich über den PC steuern.

### Die Bildaufnahme

Die Consumer-Kameras speichern die Bilder platzsparend im JPG-Format. Dieses Format nicht benutzen. Stattdessen das herstellerspezifische RAW-Format verwenden, das dann in TIF oder BMP umgewandelt werden kann. Bei den Astrokameras wird auch das FITS-Format verwendet. Neben Bilddaten sind noch die Aufnahmedaten, Kamera, Teleskop, Standort und Beobachter optional enthalten. Es werden immer eine Bilderserie gemacht um später durch Mittelung der Bilddaten ein besseres Signal zu Rauschverhältnis (SNR) zu bekommen. Dafür gibt es spezielle Bildverarbeitungsprogramme.

### Arbeitsschritte bis zum ersten Bild

- Montierung aufstellen
- Stundenachse genau auf den Himmelspol ausrichten
- Steuerung mit dem Notebook verbinden
- Kamera und Autoguider an Notebook anschließen
- Kameras fokussieren
- Objekt einstellen
- Leitstern einstellen
- Automatische Nachführung kalibrieren PHD-2
- Erste Probelichtung, prüfen ob die Nachführung läuft
- Belichtungsreihe starten
- Bemerkung: Diese Arbeitsschritte sollten alle vorher getestet werden

### Das Bild verbessern

Welche Bilder müssen zusätzlich gemacht werden? Das sind die Kalibrierungsbilder: Darks, Flats und Flatdarks

- Darks
  - Kein Licht auf dem Chip
  - Gleiche Belichtungszeit und Temperatur wie das Objektbild
  - Korrektur von fehlerhaften Pixeln (Hotpixel und Coldpixel)
  - Verstärkergeräuschen korrigieren
- Flatfields
  - Belichtung einer gleichmäßig leuchtenden Fläche
  - Korrektur von Vignettierung der Optik, Staub und ungleiche Empfindlichkeit der Pixel
- Flatdarks
  - Dark mit der gleichen Belichtungszeit wie das Flat
- Bias

ist ein Dark mit der kürzesten Belichtungszeit. Auch wenn kein Licht auf den Chip fällt haben die Pixel nicht den Wert Null. Diesen Wert kann man einstellen. Er wird auch als Schwarzpunkt oder Offset bezeichnet. Es soll vermieden werden, dass ein negativer Wert entsteht. Er sollte nicht Null sein kann 10-100 sein, aber nicht 5000, dadurch wird auch der Dynamic Range kleiner.

Anmerkung: Bias-Bilder sind bei CMOS nicht zu empfehlen dafür macht man die Flatdarks.

Diese Kalibrierungsbilder kann man auch in EAA machen als Zwischenschritt zur Astrofotografie.

### Die Bildverarbeitung

Die Bildverarbeitung teilt sich in zwei Teile in die Datenreduktion und die Nachbearbeitung. Die reine Datenreduktion verwendet die Kalibrierungsbilder zur Bildverbesserung. Die Darks werden vom Objektbild subtrahiert ebenso wird vom Flat das Flatdark abgezogen. Das korrigierte Objektbild wird durch das korrigierte Flat dividiert. Die kalibrierten Bilder müssen gegeneinander ausgerichtet werden (engl. star alignment) und dann summiert bzw. gemittelt werden. Das ist dann die reine Datenreduktion. Für wissenschaftliche Anwendungen wie Photometrie und Astrometrie ist hier Schluss. Weitere Nachbearbeitung sind dann Kontrastverstärkung, Rauschminderung und Farbanpassung. Dies wird alles mit speziellen Programmen wie [Siril](#) oder [Fitswork](#) durchgeführt. Sie sind kostenlos. Das von vielen Astrofotografen benutzte kostenpflichtige Programm ist [Pixinsight](#) erfordert eine lange Einarbeitungszeit.

### Hochauflösende Mond- und Planetenfotografie

Während die Deepsky Fotografie schon recht viel Zubehör braucht, 2. Kamera Leitrohr, Bildebener, ist die Mond- und Planetenfotografie im deutlich einfacher und man erhält schnell ein Ergebnis. Für den Einstieg ist die Planetenfotografie gut für den Anfänger geeignet. Der Mond ist leicht zu finden und mit ihm sollte man auch anfangen.

### Ausrüstung

- Teleskop mit Brennweite > 1000 mm ggf. Barlowlinse verwenden
- Montierung: Azimutal oder parallaktisch mit Nachführung um beide Achsen.
- Kamera: Bei DLSR/DSLM Video-Modus nur kleinen Bildausschnitt nicht mehr als 640x480Pixel verwenden oder besser noch die Planetenkamera. Diese Kamera hat Dank USB3 eine gute Übertragungsrate.
- Ein Sucherfernrohr oder Leitrohr zum Einstellen des Planeten auf dem kleinen Chip.

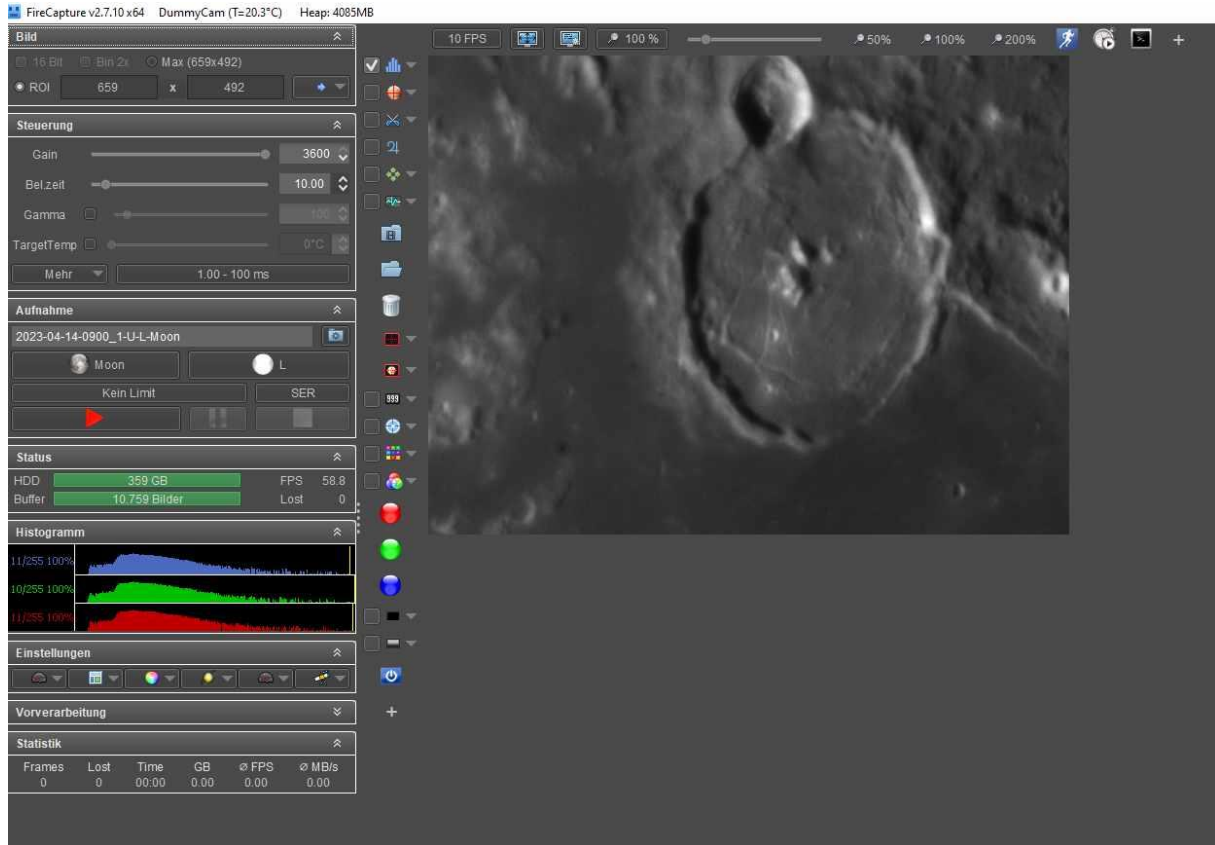
### Aufnahmetechnik und Auswertung

Spielverderber ist die Luftunruhe, das Bild ist mal scharf oder unscharf. Die Luftschlieren wirken wie eine Linse und stören das Bild.

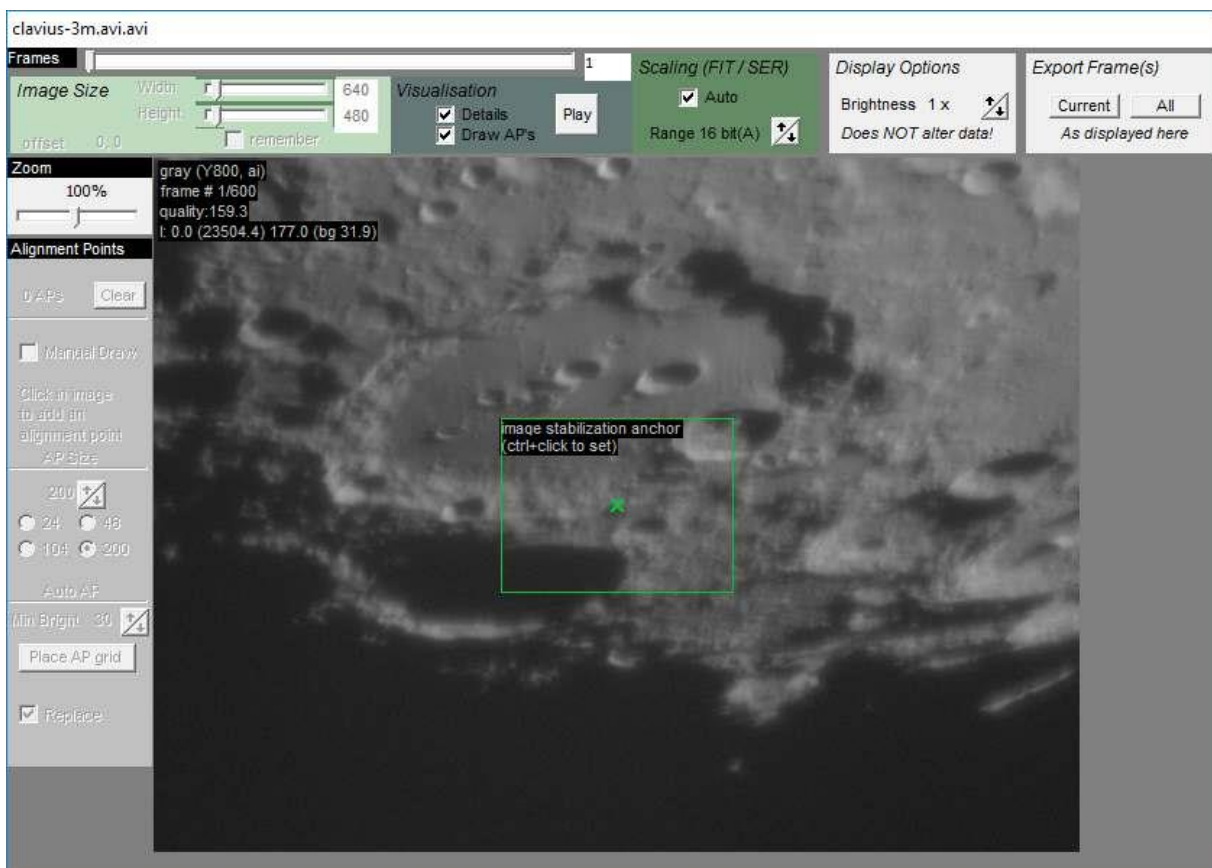
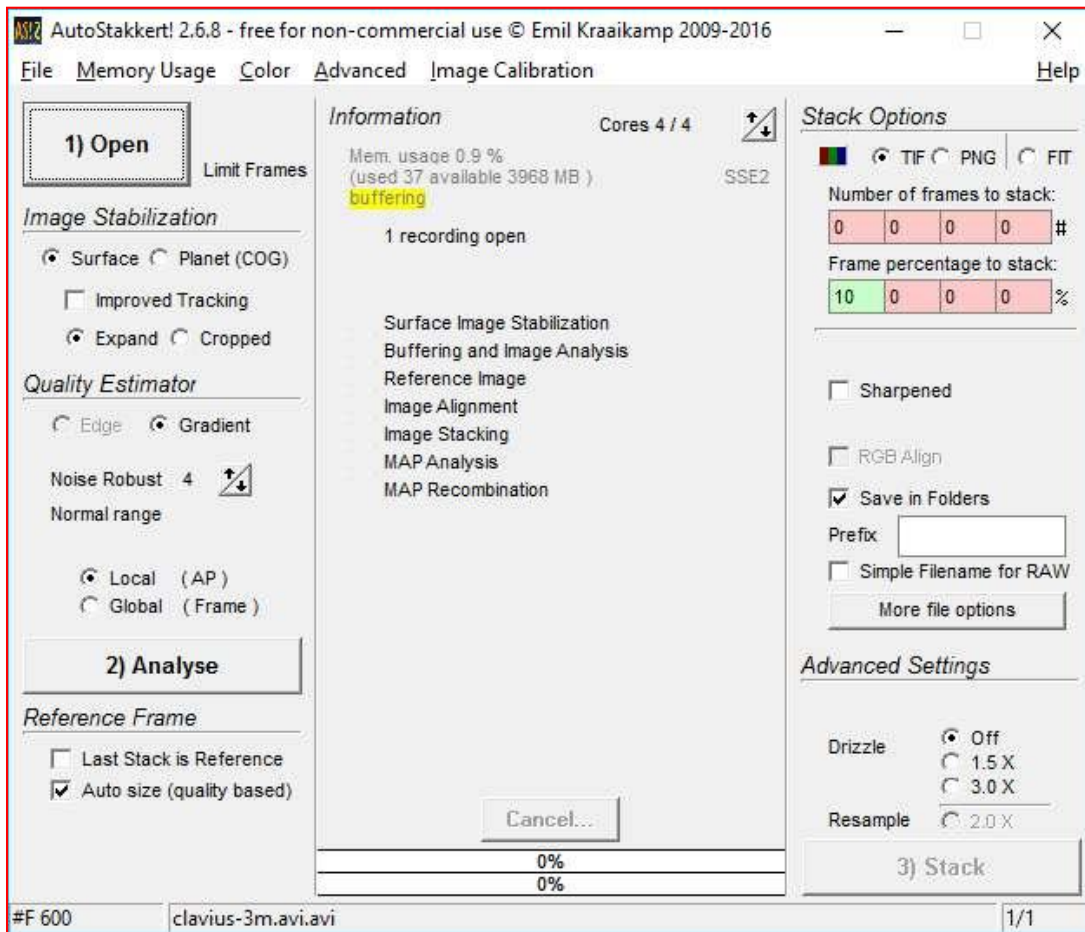
- Die Brennweite, d.h. die Öffnungszahl, Pixelgröße und das Seeing müssen zueinander passen. Die optimale Öffnungszahl = Pixelgröße in  $\mu\text{m}$  x Seeingqualität. Gutes Seeing = 7, mittel = 3, schlecht = 3.
- Aufnahme einer Videosequenz von 1-3 Minuten mit dem Programm [Firecapture](#). Belichtungszeit < 20ms, Histogramm beachten nicht bei 100%, besser 50% - 70%. Anzahl der Bilder > 1000
- Auswertung der Videosequenz mit [Autostakkert](#), Bilder werden ausgerichtet die besten x% werden gemittelt. Das Ergebnis ist ein rauscharmes Bild, das aber unscharf ist.

- Schärfen des Bildes mit Wavelet-Filtern mit dem Programm [Registax](#). Eine [Anleitung](#) findet man bei der GvA Hamburg.

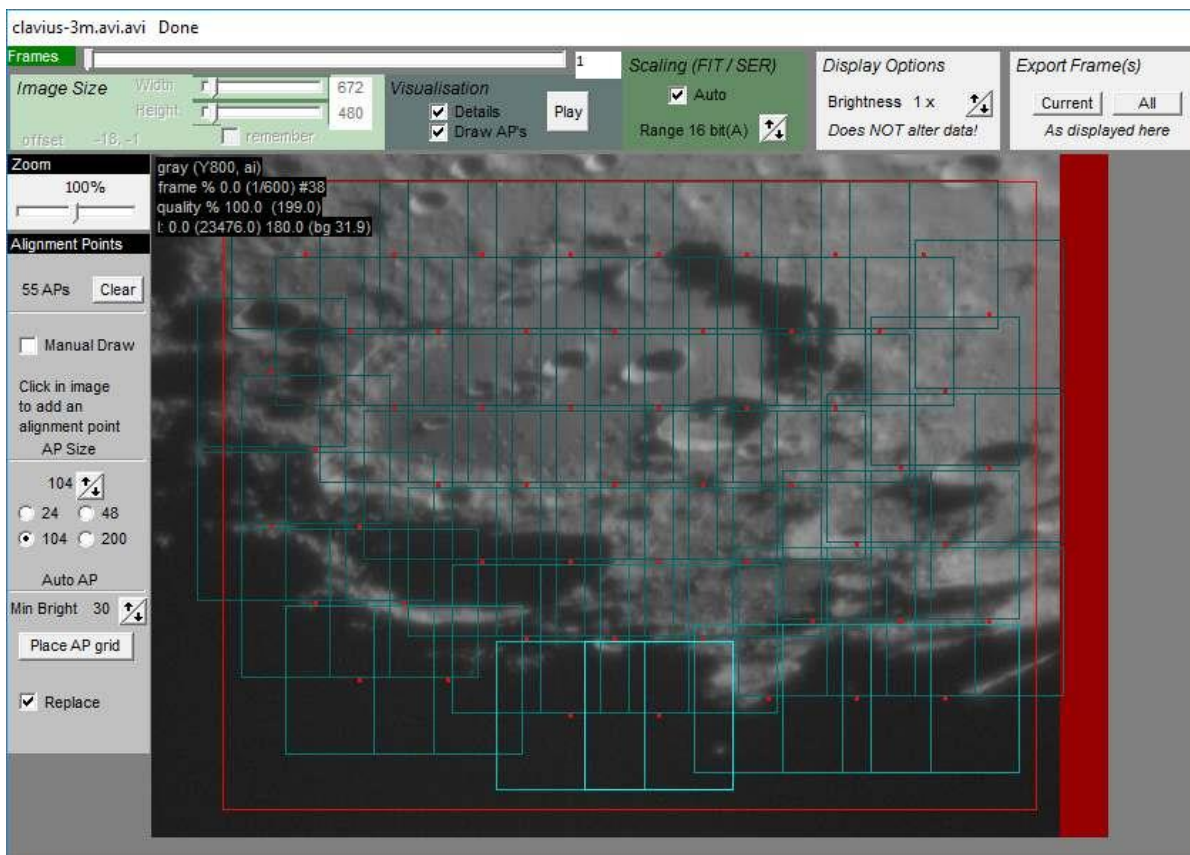
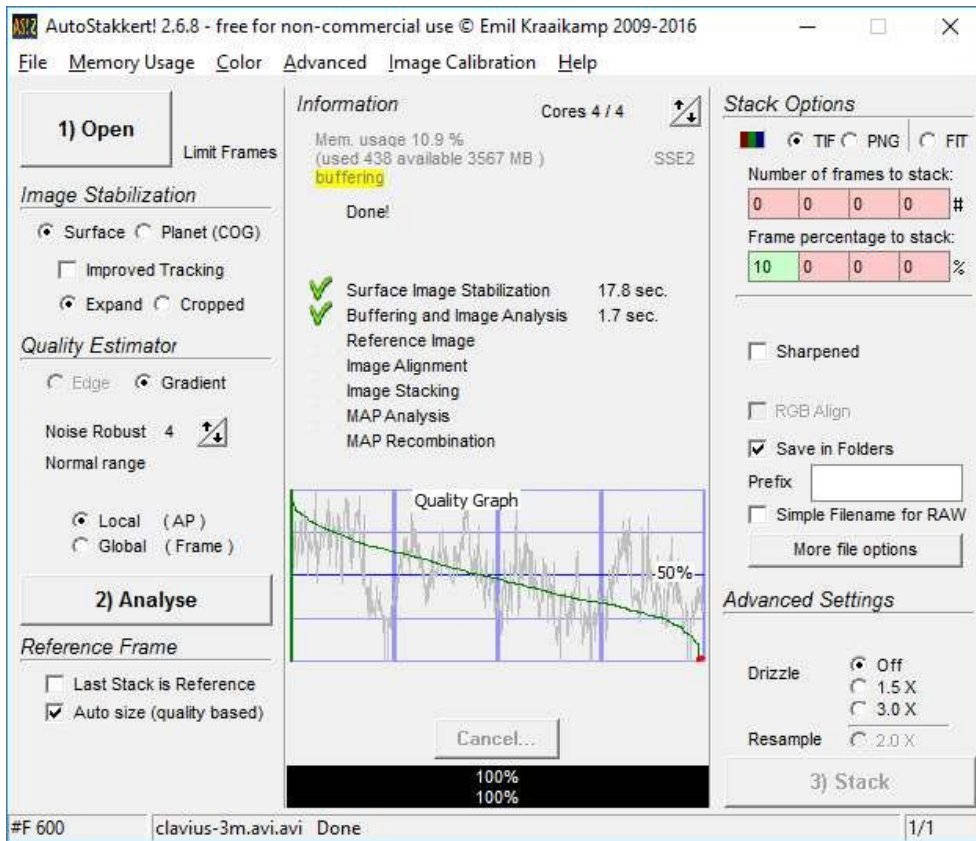
## Simulation einer Aufnahme mit Firecapture



## Analyse mit Autostakkert

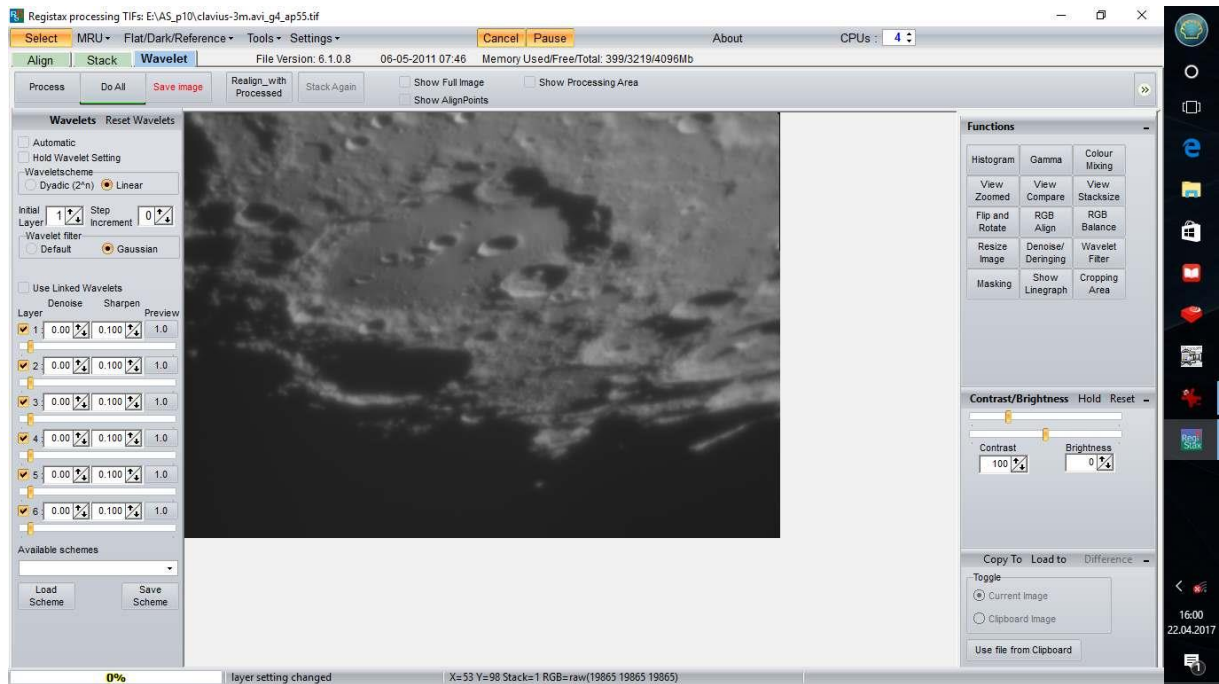


## Stacking mit Autostakkert

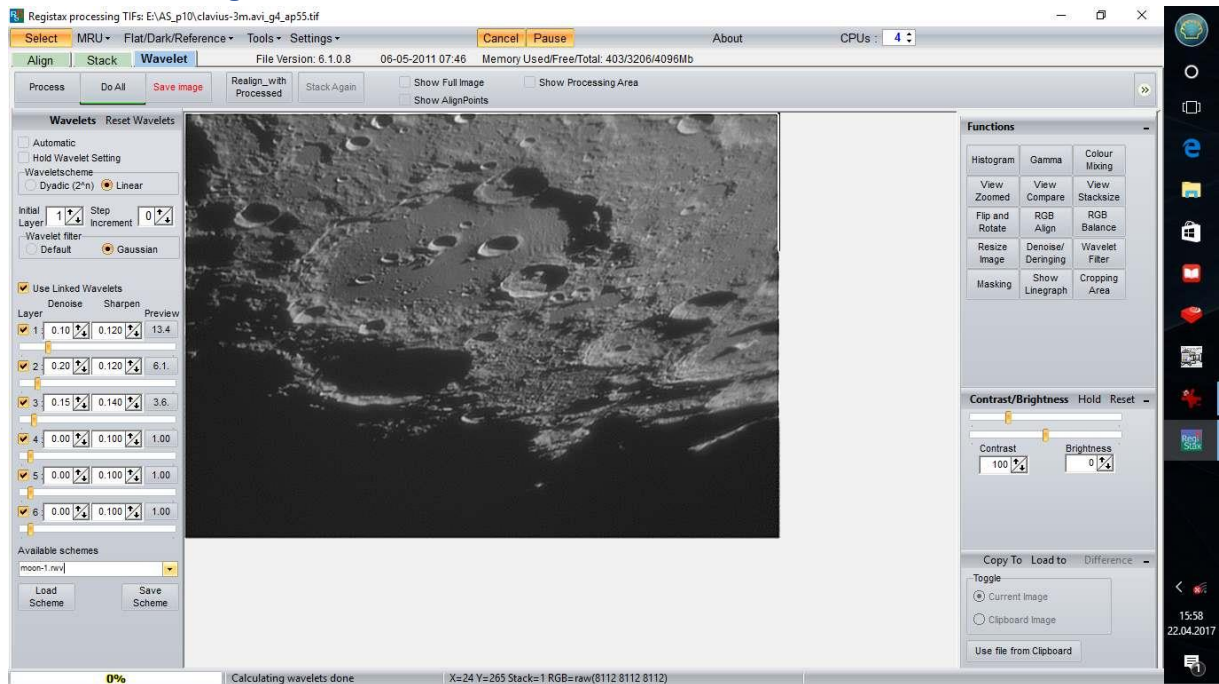




## Schärfen mit Registax vorher



## Schärfen mit Registax nachher



Für die weitere Bearbeitung, Kontrast, Helligkeit usw. werden mit handelsüblichen Programmen, wie Photoshop oder Gimp verwendet.

## Aufgaben für die „Fahrprüfung an der Sternwarte“

### Aufgabe 1: Hochauflösende Mondfotos

An den Teleskopen der Sternwarte sollen hochauflösende Fotos vom Mond gemacht werden. Im Primärfokus des Bamberg-Refraktors  $f=5000\text{mm}$  und alternativ der 6-Zöller mit  $f=2250\text{mm}$  gemacht werden. Als Kamera eine ungekühlte Monochrom-Kamera z.B. ASI120MM oder ASI174MM. Beim Bamberg-Refraktor empfiehlt sich ein Gelbfilter. Als Aufnahmesoftware Firecapture. Zum Einstellen der Belichtungszeit immer das Histogramm nehmen und nie an 100% gelangen, besser 80%. Auch wenn das Bild dem Betrachter zu dunkel erscheint. Die Nachführgeschwindigkeit auf „Mond“ einstellen. Als Speicherformat das spezielle SER-Format wählen, hat sogar 16 Bit, geht aber auch das AVI-Format. Videos von 60-120 Sekunden, ein paar tausend Bilder. Die Auswertung erfolgt dann mit Autostakkert und Registax.

### Aufgabe 2: Hochauflösende Planetenfotos

An den Teleskopen der Sternwarte sollen hochauflösende Fotos von Planeten gemacht werden. Im Primärfokus des Bamberg-Refraktors  $f=5000\text{mm}$  und alternativ der 6-Zöller mit  $f=2250\text{mm}$ , ggf. mit 2x Barlowlinse gemacht werden. Als Kamera eine ungekühlte Farb-Kamera (Planetenkamera) verwenden. Da das Gesichtsfeld sehr klein ist und der Planet schwer zu finden ist im Gegensatz zum Mondkrater, eine Farbkamera mit APS-C Format wie ASI2600MC ganz hilfreich. Für den Planeten brauchen wir aber ein Feld von maximal  $640 \times 480$  Pixeln. Dann haben wir eine hohe Bildrate. Das gilt auch für die Planetenkamera. Einstellbar in Firecapture. Zum Einstellen der Belichtungszeit immer das Histogramm nehmen und nie an 100% gelangen, besser 60-80%. Die Bildrate sollte über 30 Bilder/Sekunde liegen. Dann wird die manuelle Weissabgleich anhand des Histogramms gemacht. Dazu muss das Häkchen bei Debayer in Firecapture gesetzt sein. Bevor die Aufnahme startet das debayern wieder ausschalten, das spart Speicherplatz auf der Platte. Als Speicherformat das spezielle SER-Format wählen, hat sogar 16 Bit, geht aber auch das AVI-Format. Videos von 60-120 Sekunden, ein paar tausend Bilder. Bei Jupiter wegen der Rotation auf 60 Sekunden begrenzen. Die Auswertung erfolgt dann mit Autostakkert und Registax.

### Aufgabe 3: Aufnahmen Planetarischer Nebel und Kugelsternhaufen mit langer Brennweite

Deepsky-Objekte am hellen Stadthimmel und Teleskopen langer Brennweite geht gut bei Objekten mit großer Flächenhelligkeit wie Kugelsternhaufen und kleine Planetarische Nebel. Im Primärfokus des Bamberg-Refraktors  $f=5000\text{mm}$  und alternativ der 6-Zöller mit  $f=2250\text{mm}$ . Das Problem sind die kleinen Pixel 3-5  $\mu\text{m}$  der heutigen CMOS-Kameras und die lange Brennweite. Hier wenn vorhanden, ein Reducer einsetzen und die Kamera im 2x2 oder 3x3 Binning betreiben. Mit dem Programm [astronomy.tools](http://astronomy.tools) kann man die Werte einmal durchspielen. Finde das Optimum. Es wird keine Nachführkontrolle gemacht. An der Kamera wird das Gain hochgestellt. Dann sinkt das Ausleserauschen. Es werden viele Bilder mit kurzen Belichtungszeiten 1-30s Sekunden und ggf. nur Bildausschnitte verwendet. Zu Bildverbesserung können noch Darks, Flats und Flatdarks gemacht werden. Als Aufnahmeprogramme [Firecapture](#) oder [SharpCap](#) verwenden. Die Auswertung erfolgt mit [SIRIL](#).

#### Aufgabe 4: Aufnahme eines Kometen, (Planetoiden oder Supernova in einer Galaxie)

Aus dem Internet wird ein aktueller Komet z.B. [TheSkyLive](https://www.theSkyLive.com/) entnommen, eingestellt und aufgenommen. Durchführung mit einer Goto-Montierung und Teleskop, Kamera ASI2600MC und Laptop und Internetzugang. Erstmal ohne Autoguider.

#### Vorbereitung

##### Benötigte Programme ggf. installieren

- Sternkartenprogramm Carte du Ciel oder Stellarium - Orbitdaten von Kometen aktualisieren
- Steuerungsprogramm und Aufnahme N.I.N.A. oder Sharpcap
- Positionsverifikation mit ASTAP als Unterprogramm oder mit theSkylive online
- Datenreduktion mit SIRIL

##### Teleskop vorbereiten

- Montierung aufstellen
- Stundenachse genau auf den Himmelspol ausrichten
- Steuerung mit dem Notebook verbinden
- Kameras an das Notebook anschließen
- Kameras fokussieren
- Objekt einstellen
- Erste Probelichtung
- Positionsverifikation mit ASTAP
- Belichtungsreihe starten, Einzelbelichtung < 30 Sekunden



## Anhang Grundlagen

### Datum und Zeit

Die Sonnenzeit ist ein Zeitstandard, der sich am Lauf der Sonne orientiert. Wofür wird sie verwendet und wie kann man die wahre Ortszeit berechnen?

#### 1. **Wahre Sonnenzeit**

Eine Sonnenuhr zeigt die wahre Sonnenzeit. Ihre Zeitmessung basiert auf der tatsächlichen Erdrotation und auf der Bewegung unseres Planeten um die Sonne. Diese Bewegungen sind jedoch nicht ganz gleichmäßig – deswegen ist die wahre Sonnenzeit nicht konstant und unterliegt sowohl täglichen also auch jahreszeitlichen Schwankungen.

#### 2. **Mittlere Sonnenzeit**

Diese Version der Sonnenzeit orientiert sich zwar auch an der Erdrotation. Sie basiert jedoch auf der Länge eines *durchschnittlichen* Sonnentages. Dieser Zeitstandard ist deswegen konstant. Je nach Jahreszeit beträgt der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit bis zu 16 Minuten.

#### 3. **Wahre Ortszeit?**

Bezieht man die Sonnenzeit auf einen bestimmten Ort, spricht man auch von der wahren Ortszeit (WOZ). Die mittlere Ortszeit (MOZ) ist entsprechend der mittleren Sonnenzeit an einem bestimmten Ort. An allen Orten, die auf demselben Längengrad liegen, herrscht die gleiche Ortszeit. Der Moment, an dem die Sonne ihren Höchststand erreicht, ist der wahre Mittag.

4. Die ungefähre **mittlere Ortszeit** können Sie derweil recht einfach anhand des Längengrades berechnen. Als Ausgangspunkt gilt dabei die koordinierte Weltzeit (UTC), welche die mittlere Sonnenzeit am Nullmeridian widerspiegelt – also beim Längengrad Null.

**Beispiel Berlin:** liegt auf 13° 24' östlicher Länge. Die durchschnittliche Zeitdifferenz zur UTC beträgt also 53 Minuten und 36 Sekunden (zusammengesetzt aus  $13 \times 4$  Minuten = 52 Minuten;  $24 \times 4$  Sekunden = 96 Sekunden).

#### 5. **UTC** – Die koordinierte Weltzeit

Die UTC ist die koordinierte Weltzeit. Sie ist ein globaler Zeitstandard, von dem die Uhrzeiten in Zeitzonen weltweit abgeleitet werden. Die geltende Uhrzeit in einer Zeitzone wird zudem offiziell durch die Zeitverschiebung zur UTC ausgedrückt. Vor Einführung der UTC fungierte die GMT als globaler Zeitstandard.

#### 6. **Sternzeit**

Die **Sternzeit** beruht auf der scheinbaren Bewegung der Sterne als Folge der Eigendrehung der Erde. Ein Sterntag ist die Dauer, die der Sternhimmel – genauer: der Frühlingspunkt – für eine ganze scheinbare Umrundung der Erde benötigt. Im Vergleich zur gewöhnlich benutzten Sonnenzeit, die auf der scheinbaren Umrundung der Erde durch die Sonne beruht, ist der Sterntag knapp vier Minuten kürzer als der Sonnentag.

## Bürgerliches Datum

Das Dateiformat ist Jahr-Monat-Tag Stunde:Minute:Sekunde im amerikanisch/englisch Format Monat-Tag-Jahr Stunde:Minute:Sekunde und wird als Bürgerliches Datum bezeichnet.

## Julianisches Datum

Abgekürzt JD ist in der Astronomie gebräuchliche Tageszählung durchgehend vom 1. Januar -4712 12:00 UT bis heute vergangende Tage. Als fortlaufende Tageszählung ist das julianische Datum frei von Unregelmäßigkeiten wie Schalttagen oder unterschiedlich langen Monaten, wie sie in den meisten Kalendern auftreten. Daher können mit ihm sehr leicht Zeitdifferenzen berechnet werden. Um einen Datumswechsel während der Beobachtungsnacht zu vermeiden, wurde der Datumswechsel auf 12:00 UT festgelegt. Das macht natürlich nur für Europa Sinn. Das Julianische Datum gibt es als Tabellen und als APP. Nur wer selber Ephemeriden oder Bedeckungsereignisse berechnen will braucht das JD oder bei Beobachtung Veränderlicher Sterne als Zeitangabe. Das Julianische Datum für den 5. Juli 2023 23:00 MEZ = 2460131,417.

Das modifizierte Julianische Datum ohne die 24 ist MJD=60131,417.

## Koordinatensysteme

Das **azimutale Koordinatensystem** dient dazu die Position eines Himmelskörpers anzugeben. Die Höhe eines Gestirns wird vom Horizont  $h=0^\circ$  gemessen, der Scheitelpunkt oder Zenit hat die Höhe  $+90^\circ$ . Der Azimutwinkel eines Gestirns innerhalb der Astronomie von Süden  $A=0^\circ$  über Westen  $A=90^\circ$ , Norden  $A=180^\circ$  und den Osten  $A=270^\circ$  gezählt.

Anmerkung: In der Navigation hingegen beginnt die Zählung im Norden mit  $A=0^\circ$ .

Die für die beiden Winkel werden Kugelkoordinaten verwendet. Die Entfernung wird als dritte Kugelkoordinate in der Regel *nicht* benutzt. Wegen der großen Entfernungen der Himmelskörper von der Erde ist es für den Zweck der Beobachtung ausreichend, die Richtung der Objekte als Sternörter z. B. in Sternkatalogen anzugeben. Der willkürlich wählbare Koordinatenursprung der astronomischen Systeme ist je nach Anwendung:

- der Beobachter (ein Ort auf der Erdoberfläche, „topozentrisch“)
- der Mittelpunkt der Erde („geozentrisch“)
- die Sonne („heliozentrisch“)

Bild-Quelle Wikipedia

Beim **äquatorialen Koordinatensystem** ist die Bezugsebene der Himmelsäquator. Der Himmelsäquator ist der Erdäquator projiziert an den Himmel. Die Höhe des Sterns geht über in die Deklination nördlich oder südlich des Himmelsäquators. Die Längenposition geht über in eine Zeitangabe, der Rektaszension vom Frühlingspunkt ausgehend nach Osten zunehmend. Die aktuelle Länge im Süden ist die Sternzeit. Die Differenz von Sternzeit – Rektaszension ist der Stundenwinkel, d.h. wieviel Stunden, Minuten Sekunden ist das Gestirn vom Süden entfernt.

Bild-Quelle Wikipedia

## Die Helligkeiten der Sterne

Die scheinbare Helligkeit eines Sternes gibt an, wie hell ein Beobachter auf der Erde den Stern wahrnimmt. Die scheinbare Helligkeit wird in (für Magnituden) angegeben. Sterne mit kleineren - Werten werden dabei als heller wahrgenommen als Sterne mit größeren Werten. Die Skala der scheinbaren Helligkeiten basiert auf einem logarithmischen Zusammenhang. Als Nullpunkt dient die scheinbare Helligkeit des Sterns Wega.

Im Altertum wurden Sterne entsprechend ihrer beobachteten Helligkeit in sechs verschiedene sogenannte Größenklassen eingeteilt. Die 1. Größenklasse beinhaltete besonders helle Fixsterne, die 6. Größenklasse Sterne, die gerade noch mit dem Auge sichtbar sind. Ein Stern 1. Größenklasse sei genau 100x so hell wie ein Stern 6. Größenklasse

### Moderne Festlegung

Heutzutage liegt der Einteilung der Sternenhelligkeit das Weber-Fechner-Gesetz zugrunde. Es besagt im Prinzip, dass für die Stärke einer Sinnesempfindung ausgelöst durch einen Reiz der Stärke gilt

$$D = c \log(R/R_0)$$

Bei einem exponentiellen Anstieg der Reizstärke gilt wächst die Empfindung im Sinnesorgan nur linear. Dies gilt insbesondere auch für die Wahrnehmung von Helligkeiten durch das menschliche Auge.

Für den Unterschied der scheinbaren Helligkeit zweier Objekte in (von magnitudo) gilt:

$$m_1 - m_2 = -2.5 * \log(E_1/E_2)$$

wobei E die Energie pro Zeit und Fläche, also Leistung pro Fläche ist. Um hieraus eine einheitliche Skala für die Sternhelligkeit zu gewinnen, ist noch ein fester Referenzwert nötig. Dazu wird klassischerweise der Stern **Wega** als Nullpunkt gewählt. Seine Helligkeit wird entsprechend mit 0 mag festgelegt. Die Sonne hat -26.7mag und der Vollmond -12,7mag. Mit dem bloßen Auge am dunklen Nachthimmel sieht man noch Sterne mit 6 mag. Bei einem angenommenen Pupillendurchmesser von 6 mm und einem Teleskop von 100mm Objektiv könnte man noch schwächere Sterne sehen und der Gewinn durch die 100mm Öffnung wären dann 6.1 mag so dass 12,1 mag Sterne sichtbar sind:

$$\Delta m = -2.5 * \log(6^2/100^2) = 6,1 \text{ mag, in dem Fall } 12,1 \text{ mag.}$$

## Anhang Übungsblätter

### Übung 1: Orientierung am Himmel

Sternbild-Identifikation von Sommer- und Winterhimmel

Teil A: Handhabung drehbare Sternkarte

Teil B: Auf- und Untergang der Gestirne

Teil C: Die scheinbare Bewegung der Sonne

Teil D: Zwei Koordinatensysteme der Astronomie

### Übung 2: Beobachtungsplanung

### Übung 3: T Teleskop-Kenngrößen