

Nutzung verschiedener Brennweiten an einem Schmidt-Cassegrain-Teleskop

von Dr. Kai-Oliver Detken



aus der Arbeit der AVL-Arbeitsgruppe "Deep Sky Fotografie"

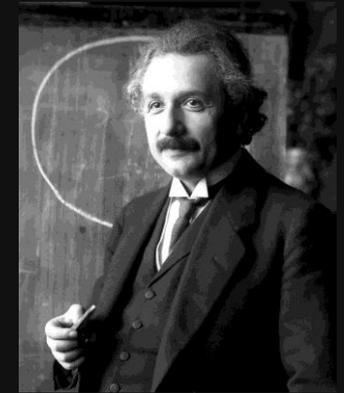
Zitate bekannter Wissenschaftler



„Ich habe tiefer in den Raum geschaut, als jemals ein Mensch vor mir ..“ (Friedrich Wilhelm Herschel, 1738-1822)

Quelle: Gemälde von Lemuel Francis Abbott

„Freude am Schauen und Begreifen ist die schönste Gabe der Natur.“ (Einstein, 1879-1955)



Quelle: Fotografie von Ferdinand Schmutzer



Quelle: NASA

„Bei der Eroberung des Weltraums sind zwei Probleme zu lösen: Die Schwerkraft und der Papierkrieg. Mit der Schwerkraft werden wir fertig.“ (Wernher von Braun, 1912-1977)

Zitat von Hobbyastronomen

*„Jedes Objektiv (oder Teleskop)
hat seinen Himmel“*

Das kann man auch übersetzt mit:

*Es lassen sich unterschiedliche Brennweiten
für unterschiedliche Himmelsobjekte
einsetzen*

Unterschiedliche Anforderungen

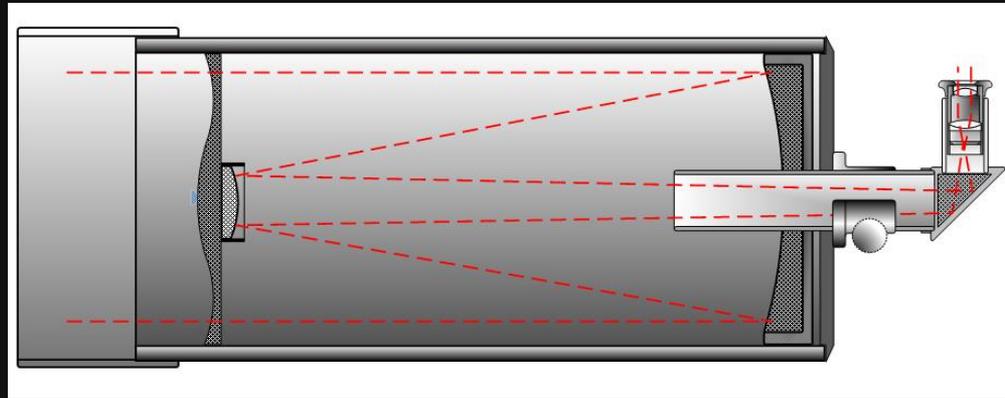
- **Die Fotografie von Himmelsobjekten beinhaltet unterschiedliche Anforderungen**
- **Unterscheiden muss man zwischen:**
 - **Mond- und Sonnenfotografie**
 - **Planetenfotografie**
 - **Deep-Sky-Fotografie**
 - **Kometenfotografie**
- **Die größten Unterschiede ergeben sich bei der Planeten- und Deep-Sky-Fotografie**
- **Ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop (SC) ermöglicht es theoretisch allen Anforderungen gleichermaßen gerecht zu werden**
- **Es hat sich aber speziell für die Planetenfotografie durchgesetzt**

Aufbau eines SC-Teleskops

- **Basis ist das Schmidt-Teleskop des Optikers Bernhard Schmidt**
- **Einfallendes Licht wird durch den Hauptspiegel (Primärspiegel) am Ende des Tubus gebündelt und zum Fangspiegel (Sekundärspiegel) zurück geworfen**
- **Anschließend gelangt das Licht durch ein Loch in der Mitte des Hauptspiegels über ein Spiegelprisma zum Okular**



Bernhard Schmidt
(1879-1935)



Strahlengang eines Schmidt-Cassegrain-Teleskops
(Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schmidt-Cassegrain.png#/media/File:Schmidt-Cassegrain.png>)

Vor- und Nachteile eines SC-Teleskops

- **Vorteile**

- **Kompakte Bauweise**
- **Große Öffnung**
- **Relativ einfach in der Herstellung**
- **Geringes Gewicht**
- **Große Brennweiten lassen sich realisieren**
- **Großer Backfokus**

- **Nachteile**

- **Schlechtes Öffnungsverhältnis (ab 1/10) zur Fotografie**
- **Dadurch geringere Lichtstärke**
- **Abbildungsfehler durch sphärische Aberration (Komabildung)**
- **Schneller Taubeschlag der Schmidt-Platte**



Schmidt-Cassegrain-Teleskop C11
mit Tauschutzkappe

Teleskop-Equipment

- **Basiswerte des C11 von Celestron:**
 - **Öffnung: 11“**
 - **SC-Optik: XLT-Vergütung**
 - **Brennweite: 2.800 mm**
 - **Öffnungsverhältnis: 1/10**
 - **Auflösungsvermögen: 0,42“**
 - **Gewicht: 13 kg**
- **Es kann universell mit verschiedenen Brennweiten für unterschiedliche Objekte eingesetzt werden:**
 - **2.800 mm: Planeten, Mond, Sonne**
 - **1.680-2.240 mm: Planetarische Nebel, Galaxien (Deep Sky)**
 - **560 mm: Nebelgebiete, Übersichtsaufnahmen, größere Sternfelder (HyperStar)**



Schmidt-Cassegrain-Teleskop C11 auf
CEM60-Montierung von iOptron

Planetenfotografie

- **Es wird eine sehr große Brennweite benötigt (teilweise bis zu 6 m)**
- **Es werden Videos erstellt, aus denen dann Fotos gewonnen werden**
- **Dazu sollte eine CCD- oder CMOS-Kamera verwendet werden**
- **Die Pixelgröße sollte sehr klein sein, um möglichst viele Details bei den kleinen Planetenscheiben herausholen zu können**
- **Die Kamera muss eine sehr hohe Frame/sec-Rate besitzen, um das Seeing ausgleichen zu können**
- **Die Lichtempfindlichkeit sollte sehr gut sein, aufgrund der verwendeten Öffnungsverhältnisse (bis 1/20) bei langer Brennweite**
- **Optimaler Weise sollte eine s/w-Kamera verwendet werden, um die größte Empfindlichkeit ausnutzen zu können (keine Bayer-Matrix)**
- **Es werden geringere Anforderung an die Montierung gestellt**

Bildvergleiche durch Jupiter

- **DMK618- und ASI178MM-Kameravergleich**
 - **Der Riesenplanet dreht sich extrem schnell und bedarf einer schnellen Aufnahmetechnik**
 - **Aufnahmen über 3 min wirken bereits verschwommen und unscharf**
- **Durch die Nutzung einer s/w-Kamera kann nur ein kurzer Zeitraum zur Aufnahme einzelner RGB-Kanäle genutzt werden**
- **Daher ist eine hohe Framerate (fps) sehr wichtig**
- **Beide Kameras sind in der Lage unter optimalen Bedingungen bis zu 60 fps bereitzustellen, wobei die ASI178MM sogar noch mehr leisten kann**
- **Frage: wie wirkt sich die Pixelgröße (DMK618: 5,6 μm , ASI178MM: 2,4 μm) auf die Bilder aus?**



ASI178MM-Kamera vom chinesischen Hersteller ZWOptical



DMK-Kamera vom Bremer Hersteller "The Imaging Source"

Jupiterbild mit DMK618-Kamera

Jupiter mit zwei
Monden



Celestron C11 SC XLT, Brennweite: 2.800 mm, Öffnungsverhältnis: 1/10 , Kamera: DMK21AU618.AS,
Filter: L-RGB-Filtersatz (Typ II C) von Astronomik, Belichtung pro Bild: 1/370 sec (R/G/B),
Bildanzahl: 2.170 pro Farbe, Datum: 27. Februar 2016

Jupiterbild mit ASI178MM -Kamera



**Jupiter mit Großem
Roten Fleck (GRF)**

**Celestron C11 SC XLT, Brennweite: 2.800 mm, Öffnungsverhältnis: 1/10 , Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM,
Filter: L-RGB-Filtersatz (Typ II C) von Astronomik, Belichtung pro Bild: 8.089 msec (R/G/B),
Bildanzahl: 588, Binning: kein, Datum: 04. April 2016**

Verwendung eines IR-Passfilters

- **Da die Planeten im Jahr 2016 alle sehr niedrig standen, konnten Aufnahmen nur bei relativ schlechtem Seeing angefertigt werden**
- **Daher wurde ein sog. IR-Passfilter eingesetzt**
 - **Dieser lässt das Licht nur ab einem bestimmten Bereich passieren**
 - **Das Lichtspektrum wird herausgefiltert, welches für schlechte Seeing-Werte verantwortlich ist**
- **Einsatz des Filters ProPlanet IR 807 von Astronomik**
 - **Das Licht wird von 350-790 nm blockiert**
 - **Die Wellenlänge wird ab 807 nm durchgelassen**
 - **Transmission liegt ab 807 nm bei $> 97\%$**
- **Ziele:**
 - **Unterdrückung des Seeings**
 - **Kürzere Belichtungszeiten**
 - **Besserer Kontrast**



Astronomik ASIRP8071 -
ProPlanet 807 IR-Passfilter
(Quelle: Astronomik)

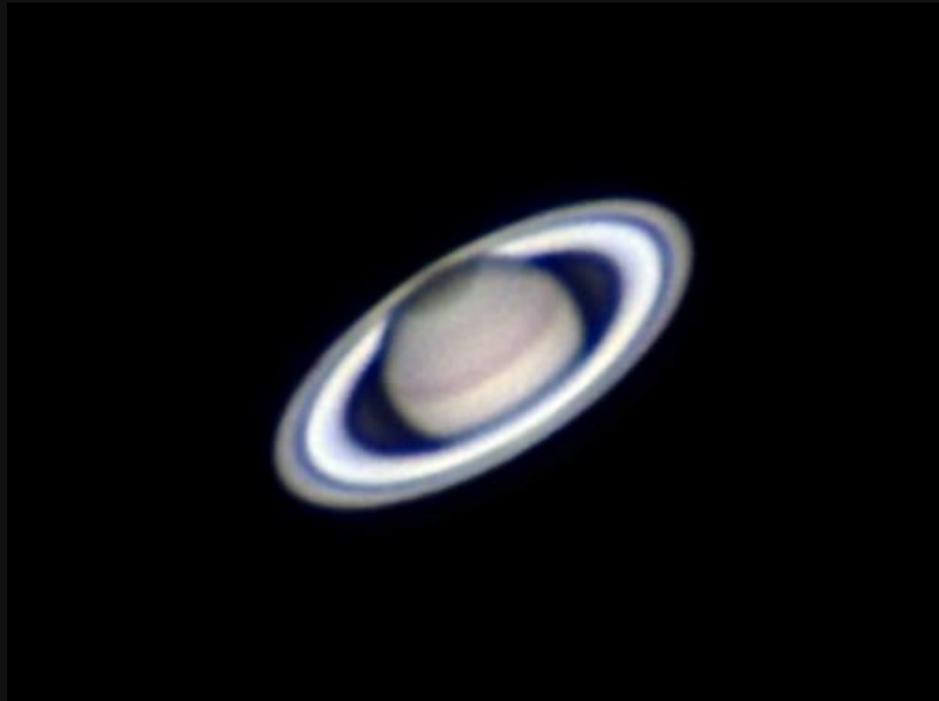
Marsbild mit IR-Passfilter



**Mars mit großer
Wolkenformation
und mit Syrtis
Major**

**Celestron C11 SC XLT, Brennweite: 2.800 mm, Öffnungsverhältnis: 1/10 , Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM,
Filter: L-RGB-Filtersatz (Typ II C) und ProPlanet 807 IR-Passfilter von Astronomik, Belichtung pro Bild: 27/14/21/35 msec (IR/R/G/B),
Bildanzahl: 400, Binning: kein, Datum: 19. Juni 2016**

Saturnbild mit IR-Passfilter



Saturn mit Cassini-
Teilung und gut
sichtbarem
Hexagonal

Celestron C11 SC XLT, Brennweite: 2.800 mm, Öffnungsverhältnis: 1/10 , Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM,
Filter: L-RGB-Filtersatz (Typ II C) und ProPlanet 807 IR-Passfilter von Astronomik, Belichtung pro Bild: 100/84/50/217 msec (IR/R/G/B),
Bildanzahl: 500, Binning: kein, Datum: 19. Juni 2016

Großflächige Objekte

- Die kurzbelichteten Aufnahmereihen kann man auch an großflächigen Objekten (Sonne, Mond) nutzen, um das Seeing zu kompensieren
- Die Aufnahme von Mond und Sonne verlangt nach größerer Auflösung für einen guten Gesamteindruck (die z.B. die ASI-Kamera bietet)
- Die Framerate ist dabei nicht ganz so entscheidend wie bei Planetenaufnahmen
- Es lassen sich Übersichtsaufnahmen erstellen, indem Mosaike zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden
- Details können fotografiert werden (Mondkrater, Sonnenflecken), indem ein Ausschnitt der Gesamtauflösung verwendet wird
- Allerdings fallen dabei sehr schnell hohe Datenvolumen an, die erst einmal beherrscht werden wollen

Großflächige Mondbilder (1)



Krater
Copernicus,
junge isolierte
Formation mit
sechseckiger
Form

Celestron C11 SC XLT, Brennweite: 2.800 mm, Öffnungsverhältnis: 1/10 , Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM,
Filter: R-Filter (Typ II C) von Astronomik, Belichtung pro Bild: 10 msec (R),
Bildanzahl: 401, Binning: kein, Datum: 17. April 2016

Großflächige Mondbilder (2)



Krater
Copernicus,
junge isolierte
Formation mit
sechseckiger
Form

Celestron C11 SC XLT, Brennweite: 2.800 mm, Öffnungsverhältnis: 1/10 , Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM,
Filter: R-Filter (Typ II C) von Astronomik, Belichtung pro Bild: 5,62 msec (R),
Bildanzahl: 310, Binning: kein, Datum: 17. April 2016

Deep-Sky-Fotografie

- **Es werden einzelne Bilder aufgenommen, die später aufsummiert (gestackt) werden**
- **Der Sensorchip ist meistens wesentlich größer, da größere Flächen mit weniger Detailtiefe fotografiert werden**
- **Dazu kann eine DSLR- oder CCD-Kamera verwendet werden**
- **Die DSLR-Kamera sollte astromodifiziert sein, um eine höhere Empfindlichkeit im Infrarot-Bereich zu erhalten**
- **Die CCD-Kamera sollte gekühlt sein für lange Belichtungszeiten**
- **Die Lichtempfindlichkeit bzw. das Signal-/Rauschverhältnis sollte sehr gut sein, um auch kürzer (2-10 min) belichten zu können**
- **Ein kurzes Öffnungsverhältnis ($1/2$ bis $1/6$) sollte verwendet werden**
- **Es können s/w- oder Farb-Kameras gleichermaßen verwendet werden**
- **Es werden hohe Anforderung an die Montierung gestellt**

Aufnahmen mit großer Brennweite

- Für Deep-Sky-Aufnahmen bietet sich die Verwendung einer DSLR*-Kamera an
- Genutzt wurden die Canon-Kameras 700Da/1000Da ohne Infrarotfilter
- Nachfolgende Aufnahmen sind mit 2,8m-Brennweite entstanden, bei nahezu Vollmond
- Daher musste ein UHC-Filter verwendet werden
- Ein UHC-Filter erhöht den Kontrast zwischen dem Himmelsobjekt und dem Himmelshintergrund
- Durchlassbereich: 485nm bis 505nm, 650nm bis über 700nm (unterdrückt auch Teile des Mondlichts)
- Der Filter ist auch in der Lage die künstliche Beleuchtung (Lichtverschmutzung) von Städten zu unterdrücken



Astronomik-Clip-Filter an einer Canon-DSLR-Kamera

* = Digital Single-Lens Reflex (Spiegelreflexkamera)

Ringnebel (M 57)



Celestron C11, TS Flattner/Reducer x0,8 für SC-Teleskope, Canon 700Da, Öffnungsverhältnis: 1/8, UHC-Filter von Astronomik, Autoguiding: kein, Bildanzahl: 128, Darks 24, Flats: 26, Bias: 33, ISO: 1.600 ASA, Belichtung pro Bild: 1 min, Datum: 15.-16. August 2016



Hantelnebel (M 27)



Celestron C11, TS Flattner/Reducer x0,8 für SC-Teleskope, Canon 700Da, Öffnungsverhältnis: 1/8, UHC-Filter von Astronomik, Autoguiding: M-GEN V2, Bildanzahl: 39, Darks 15, Flats: 15, Bias: 15, ISO: 1.600 ASA, Belichtung pro Bild: 2 min, Datum: 17.-18. August 2016



Nutzung kleinerer Brennweite

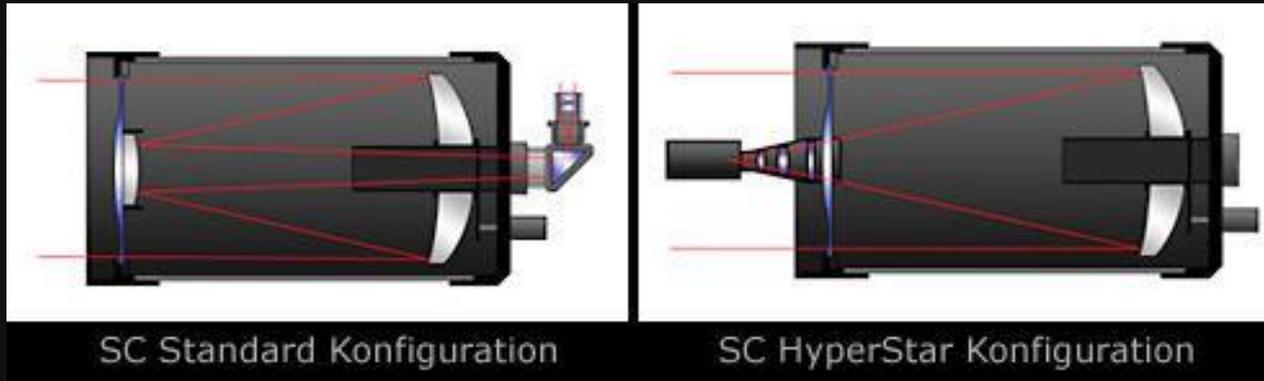
- **Durch die Nutzung des HyperStar-Flattner wird aus dem C11 eine lichtempfindliche Schmidt-Kamera**
 - **Das Öffnungsverhältnis verringert sich von 1/10 auf 1/2**
 - **Die Brennweite verringert sich von 2.800 mm auf 560 mm**
- **Dadurch ergeben sich folgende Vorteile:**
 - **Sehr hohe Lichtempfindlichkeit**
 - **Kürzere Belichtungszeiten notwendig**
 - **Geringere Anforderungen an die Montierung**
 - **Autoguiding ist nicht notwendig**
- **Basiseigenschaften**
 - **Fully Multi-Coated Optik**
 - **Kollimation möglich**
 - **Unabhängige Kamera-Rotation**
 - **Gewicht: ca. 1 kg**



HyperStar von Starizona für
Celestron-Optiken

HyperStar von Starizona

HyperStar-Konfiguration am C11:



HyperStar-Befestigung mit
DSLR-Kamera

Vergleich der Öffnungsverhältnisse:

C8 / C11		
Öffnungsverhältnis	Belichtungszeit	Faktor
f/10	12.5 Minuten	25
f/6.3	5.0 Minuten	9.9
f/5	3.2 Minuten	6.3
f/3.3	1.4 Minuten	2.7
f/2	30 Sekunden	1

Die Belichtungszeit reduziert sich um den Faktor 25!

M 39 (NGC 7092)



Celestron C11, HyperStar FlatField Adapter, Canon 1000Da, Öffnungsverhältnis: 1/2, CLS-Filter von Astronomik,
Bildanzahl: 45, Dunkelbilder: 6, ISO: 800 ASA, Belichtung pro Bild: 2 min, Datum: 25. August 2016



Pelikannebel (IC 5070)



Ausschnitt des Pelikankopfes

Celestron C11, HyperStar FlatField Adapter, Canon 1000Da, Öffnungsverhältnis: 1/2, CLS-Filter von Astronomik,
Bildanzahl: 39, Darks: 6,, Flats: 15, Bias: 15, ISO: 800 ASA, Belichtung pro Bild: 2 min, Datum: 23. August 2016



Teil des Cirrusnebel (NGC 6960)



Celestron C11, HyperStar FlatField Adapter, Canon 1000Da, Öffnungsverhältnis: 1/2, CLS-Filter von Astronomik,
Bildanzahl: 66, Dunkelbilder: 0, ISO: 800 ASA, Belichtung pro Bild: 2 min, Datum: 24. August 2016

Plejaden (M 45)



M45-Ausschnitt: Stern Alcyone

Celestron C11, HyperStar FlatField Adapter, Canon 1000Da, Öffnungsverhältnis: 1/2, Klarglasfilter von Astronomik,
Bildanzahl: 235, Dunkelbilder: 45, ISO: 800 ASA, Belichtung pro Bild: 1 min, Datum: 29./30. Dezember 2016

Fazit

- **Jede Brennweite eines Teleskops (oder Objektivs) ermöglicht die Auswahl anderer Himmelsausschnitte**
- **Das SC-Teleskop C11 bietet die Nutzung von drei Brennweiten an:**
 - **560 mm für Nebelregionen, Galaxien und Sternhaufen**
 - **1.652-2.240 mm für Deep-Sky-Objekte (mit Reducer)**
 - **2.800 mm für Planeten und Planetarische Nebel**
- **Dadurch ist das Teleskop sehr flexibel einsetzbar**
- **Zu beachten ist, dass je größer die Brennweite ist, desto genauer muss die Montierung arbeiten!**
- **Die Kameras (DSLR, CCD oder CMOS) werden immer lichtempfindlicher und ermöglichen neue Möglichkeiten für Hobbyastronomen**

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !!!



**Celestron C11, HyperStar FlatField Adapter, Canon 1000Da, Öffnungsverhältnis: 1/2, CLS-Filter
von Astronomik, Bildanzahl: 80, Dunkelbilder: 8, ISO: 800 ASA, Belichtung pro Bild: 2 min,
Datum: 08. September 2016**

