

Fortschritte in der Planetenfotografie: Vergleich von CCD- und CMOS-Kameras

von Dr. Kai-Oliver Detken



A.S.I. 178MM USB3.0-Kamera mit Filterradd an einem Crayford-Auszug

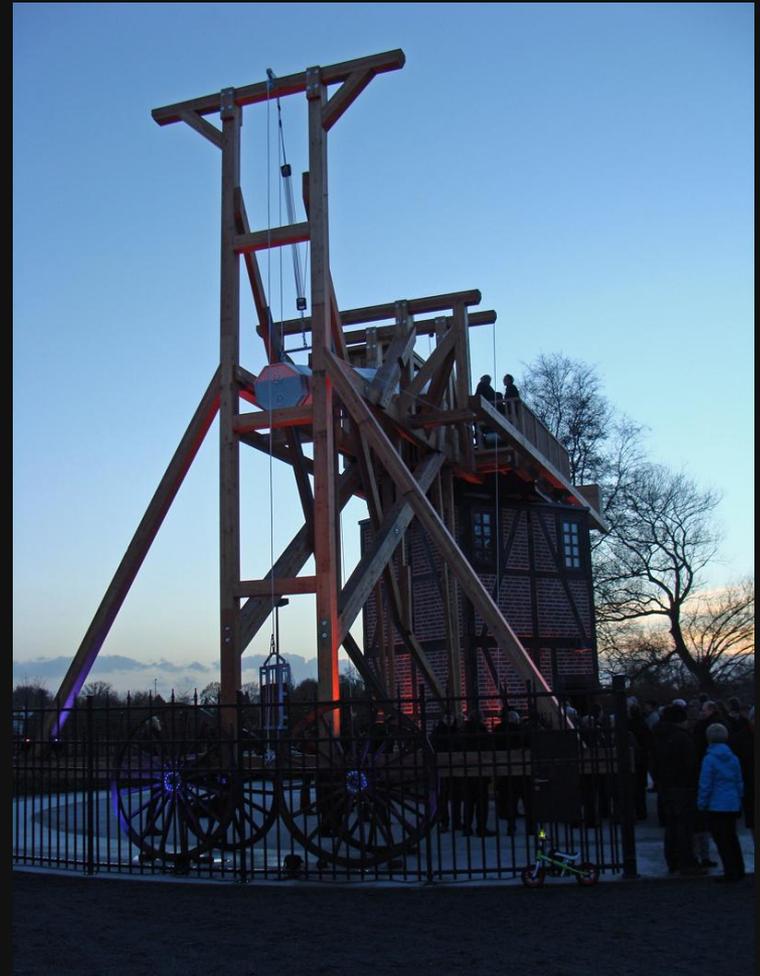
4. Norddeutsche Tagung der Planetenfotografen (NTP)

Inhalt

- **Vorstellung der Astronomischen Vereinigung Lilienthal (AVL)**
- **Anforderungen an die Planetenfotografie**
- **CCD- versus CMOS-Kamera**
 - **CCD-Kamera DMK618**
 - **CMOS-Kamera ASI120MM**
 - **CMOS-Kamera ASI178MM**
- **Ausleserauschen und QE der ASI178MM**
- **Jupiterbilder mit der DMK618 und der ASI178MM**
- **Mond- und Sonnenbilder mit der ASI178MM am Refraktor und C11**
- **Deep-Sky-Fotografie mit kurzen Belichtungszeiten**
- **Fazit**

Astronomische Vereinigung Lilienthal

- **Jahr 2000** Gründung Astronomische Vereinigung Lilienthal (AVL), u.a. aufgrund des geschichtlichen Hintergrunds
- **Jahr 2004** Ausgründung des Projekts Telescopium Lilienthal zum Aufbau des 27-Fuß-Teleskops von Schroeter von 1793
- **Jahr 2009** Gründung einer Astrofotogruppe
- **Jahr 2015** Einweihung des Schroeter-Teleskop-Nachbaus durch Thomas Reiter (esa)



Schroeter-Teleskop: 50 cm Spiegeldurchmesser, 7,25 m Brennweite, Newton-Spiegelteleskop

Basisanforderungen für Planeten

- **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 möglichst hohe Frame-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 (ohne Bayer-Matrix)**
- **Erfahrungswert: die Schärfe einer monochromen Kamera ist ca. um den Faktor 1,3 höher**

Seeing-Definition

- Wird oftmals in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet
- Leitet sich aus der visuellen Beobachtung ab, da ein Blick durch das Okular eine gewisse Luftunruhe oder Bildunschärfe erkennen lässt
- Bei der Planetenfotografie ist das Seeing ebenfalls relevant
 - Das Bild wabert durch die atmosphärischen Störungen
 - Das Bild wirkt unscharf
- Gutes Seeing kann man messen (z.B. mit dem Sky Quality Meter) oder mit bloßem Auge abschätzen (Sternfunkeln)
- Durch extrem kurze Belichtungszeiten kann das Seeing in der Planetenfotografie ausgetrickst werden



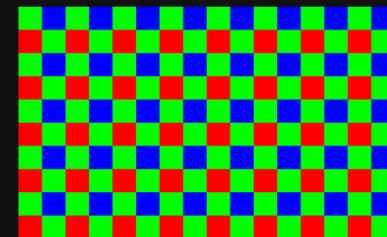
Saturn-Aufnahme am 26.06.16 bei schlechtem Seeing

Entwicklung der Kameratechnik

- **Im Jahr 2002 kamen die ersten erschwinglichen CCD-Kameras als Webcam auf den Markt (z.B. Philips ToUCam)**
 - **Geringe Auflösung: 640 x 480 Pixel**
 - **Ausschließlich Farbsensoren mit Bayer-Matrix**
 - **Schlechtes Signal-/Rauschverhalten**
 - **Infrarot-Sperrfilter war enthalten, der ab 700 nm blockierte**
- **Bayer-Matrix**
 - **Farbsensoren enthalten einen Bayer-Sensor**
 - **Unterteilung in 50% Grün, 25% Rot und 25% Blau**
 - **Grün besitzt den größten Anteil an der Helligkeits- sowie Kontrast- und Schärfe-Wahrnehmung**
 - **Geringere Auflösung als s/w-Sensoren, da jeweils nur Farbanteile in einer Aufnahme enthalten sind**



Philips ToUCam



Bayer-Matrix-
Farbaufteilung

CCD-Kamera

- Es gibt sehr unterschiedliche CCD-Kameras von „The Imaging Source“ (TIS), die sich eignen:
<http://www.theimagingsource.com>
- TIS-Kamera wurde 2008 als „Hot Product“ von der Fachzeitschrift Sky & Telescope ausgezeichnet
- DMK 21AU618.AS (640 x 480 Pixel) ist seit 2013 im Einsatz:
 - **Monochrome Kamera = DMK**
 - **1/4“ CCD-Sensor ICX618 von Sony mit einer Empfindlichkeit von 0,015 lx**
 - **Max. Bildrate: 60 fps**
 - **Sensormmaß: 5,6 µm**
 - **Bittiefe: 8 Bit**
- Allerdings ergeben sich auch Nachteile:
 - **Geringe Auflösung von bis zu 640x480 Pixel**
 - **Hohes Rauschen bei langbelichteten Aufnahmen**



DMK-Kamera vom Bremer Hersteller
„The Imaging Source“

CMOS-Kamera (1)

- Seit 2014 machen die CMOS-Kameras von ZWOptical auf sich aufmerksam:
<http://astronomy-imaging-camera.com>
- Die ASI 120MM USB2.0 wurde 2014 als „Hot Product“ von der Fachzeitschrift Sky & Telescope ausgezeichnet
- Die ASI 120MM USB2.0 hat folgende Eigenschaften:
 - Monochrome Kamera = MM
 - 1/3" CMOS-Sensor MT9M034
 - Max. Bildrate: 215 fps bei 320 x 240 Pixel
 - Sensormaaß: 3,75 µm
 - Bittiefe: 12 Bit
 - Max. Auflösung: 1280 x 960 Pixel
 - Geringes Ausleserauschen: keine Angaben
 - Binning: 2x2 bei 640x480 Pixel und 35 fps
 - USB 2.0



ASI-Kamera vom Hersteller ZWOptical

CMOS-Kamera (2)

- Die Weiterentwicklung ASI 178MM USB3.0 kam 2016 heraus (gefolgt von weiteren Alternativen)
- Sie besitzt folgende Eigenschaften:
 - Monochrome Kamera = MM
 - 1/1,8" CMOS-Sensor IMX178 von Sony
 - Max. Bildrate: 240 fps bei 320x240 und 14 Bit
 - Sensormmaß: 2,4 µm
 - Bittiefe: 14 Bit
 - Max. Auflösung: 3096 x 2080 Pixel (6,4 Megapixel)
 - Ausleserauschen: 2,2e – 1,4e bei 27 dB
 - Binning: 2x2
 - USB 3.0
- Weitere Alternativen vom Hersteller sind:
 - ASI 174MM/MC USB3.0
 - ASI 224MM/MC USB3.0
 - ASI 290MM/MC USB3.0



ASI178MM-Kamera (ungekühlt)

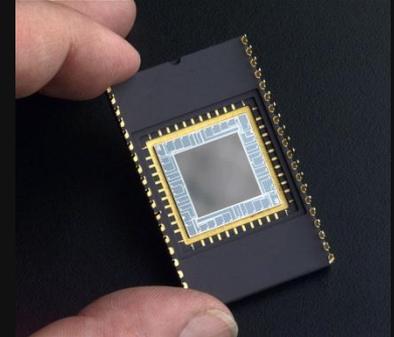


ASI178MMC-Kamera (gekühlt)

CCD- versus CMOS-Kamera

- **CCD-Kameras**

- **CCD-Bildsensoren bestehen aus einer Matrix lichtempfindlicher Fotodioden**
- **Geringes Rauschen und kleiner Dunkelstrom bei langen Belichtungszeiten**
- **Quanteneffizienz bei nahezu 100% in einem begrenzten Spektralbereich**
- **Allerdings liest der Chip eher langsam aus**



CCD-Sensor in der
Astronomie

- **CMOS-Kameras**

- **Schnelleres und bereichsgesteuertes Auslesen, kaum Blooming***
- **Jeder Pixel besitzt einen Verstärker (dadurch weniger Rauschen)**
- **Verarbeitungsschritte können gleich im Pixelverstärker vorgenommen werden (z.B. HDR, Stacking)**
- **Sehr hohe Bildraten durch separate Pixelverarbeitung**
- **Flexibler auszulesen durch direkte Adressierung (Binning)**
- **Nachteilig sind die geringere Lichtempfindlichkeit und ein reduzierter Dynamikumfang**

* = Blooming bezeichnet die Entstehung eines hellen Flecks um eine lokale Überbelichtung

Fazit des Vergleichs

- **Nachteilig bei einem CMOS-Chip ist:**
 - **Geringere Lichtempfindlichkeit ohne Binning**
 - **Reduzierter Dynamikumfang gegenüber einer CCD-Kamera: bei länger belichteten Aufnahmen können bei der CMOS-Kamera die Sterne schneller ausbrennen**
- **Von Vorteil ist allerdings:**
 - **Nutzung von Binning: Zusammenfassen benachbarter Bildelemente (Pixel), wodurch Pixelblöcke gebildet werden, die eine höhere Lichtempfindlichkeit pro virtuellem Bildpunkt erreichen**
 - **Der Signal-Rauschabstand verbessert sich dabei zusätzlich, da das Rauschen nun statistisch verteilt wird**
 - **Bei kurzbelichteten Aufnahmen besitzt ein CMOS-Chip aber unbestreitbare Vorteile, weshalb diese Technik immer mehr Einzug in heutige Kameratechnik (u.a. auch DSLR-Kameras) nimmt**

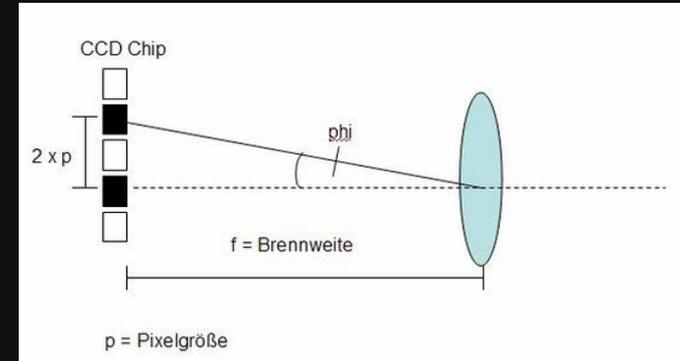
Direkter Kameravergleich

			
Kameratypen	DMK 21AU618.AS	A.S.I. 120MM USB 2.0	A.S.I. 178MM USB 3.0
Sensor	CCD ICX618 (Sony)	CMOS AR0130CS/MT9M034	CMOS IMX178 (Sony)
Sensor-Durchmesser	5,6 µm Pixel	3,75 µm Pixel	2,4 µm Pixel
Auflösung	0,3 Megapixel	1,2 Megapixel	6,4 Megapixel
Max. Auflösung	640 x 480 Pixel	1280 x 960 Pixel	3096 x 2080 Pixel
Bitauflösung	8 Bit	12 Bit	14 Bit
Klarglasfilter	Eingebaut	Eingebaut	Eingebaut
Binning	Nein	2x2	2x2
ST-4-Port	Nein	Ja	Ja
Ausleserauschen	Groß	Mittel	Gering
Anwendung	Planeten, Sonnenflecken, Mondkrater	Planeten, Sonne, Mond, kurz belichtete Deep-Sky- Aufnahmen	Planeten, Sonne, Mond, kurz belichtete Deep-Sky- Aufnahmen
Preis (im Juni 2016)	499 Euro	216 Euro	450 Euro

Fazit: Die ASI 178MM verspricht durch ihren geringen Sensordurchmesser, die unterschiedlichen Auflösungen bei gleichzeitig hoher Bildrate die universellste Einsatzmöglichkeit.

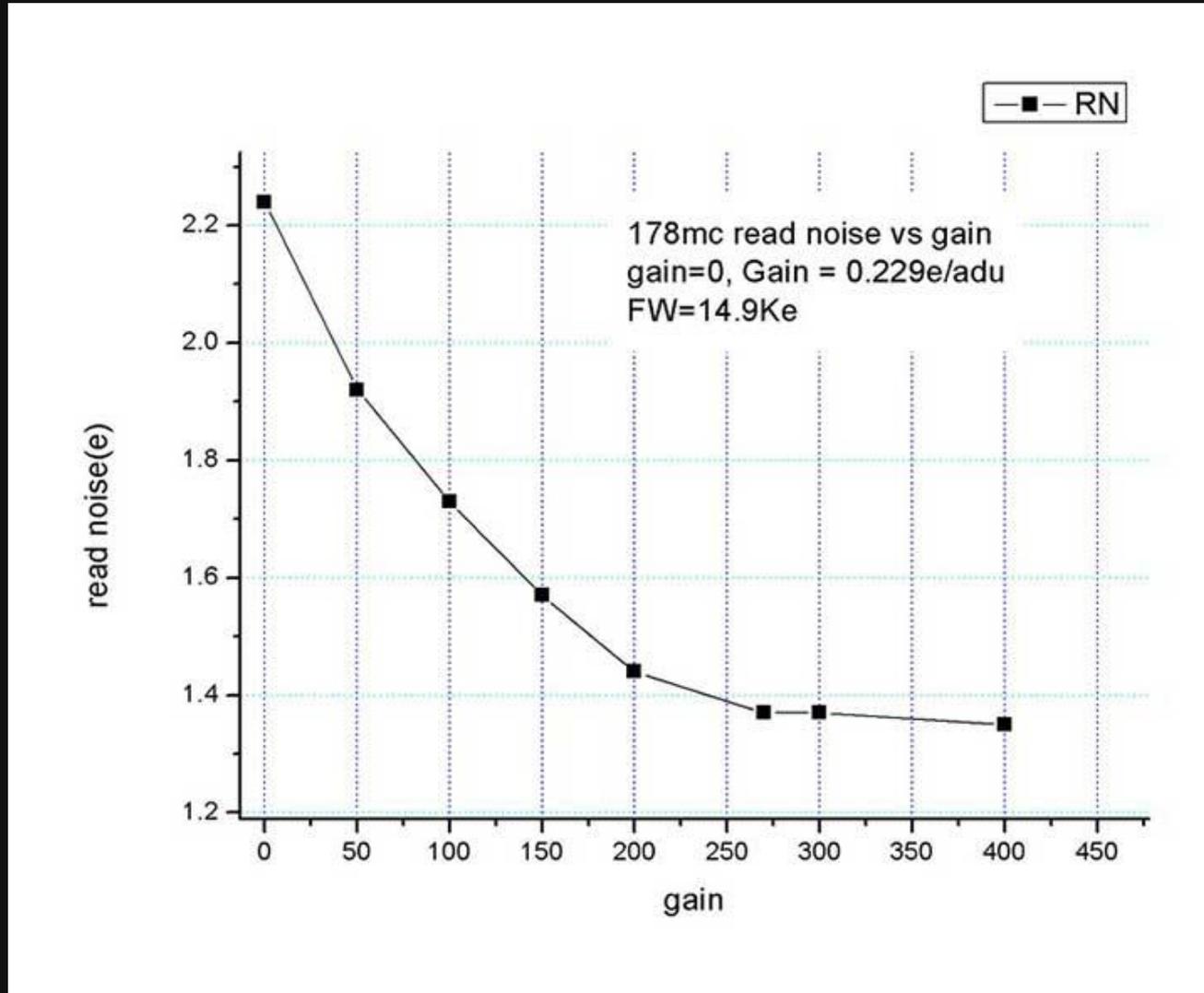
Optimale Pixelgröße zur Brennweite

- Zwei Objekte lassen sich auf dem CCD-bzw. CMOS-Chip nur dann trennen, wenn zwischen ihnen ein weiterer Pixel liegt
- Es gilt: $\tan(\phi) = 2 \times p / f$
 - ϕ = Auflösungsvermögen des Teleskops
 - f = Brennweite des Teleskops
 - p = Pixelgröße des Sensorchips
- Ziel ist es, das jeweilige Pixel der Kamera möglichst optimal an das Teleskop und an das Seeing anzupassen
 - Oversampling: ein Stern verteilt sich auf viele Pixel (verwaschen)
 - Undersampling: Stern wird auf einem Pixel abgebildet (eckig)
- **Fazit:** Die Pixelgröße der ASI178MM-Kamera ist optimal ohne Brennweitenverlängerung geeignet



Quelle: <http://sternen-surfer.jimdo.com/>

Ausleserauschen der ASI178MM



Ausleserauschen zur Verstärkung wird laut Hersteller verkehrt herum dargestellt (je höher die Verstärkung ist, desto höher müsste das Rauschen sein!)

Quelle: <http://astronomy-imaging-camera.com/products/usb-3-0/asi178mm-mono/>

Vergleich der Darkframes

1000 Bilder wurden gestackt, um das Rauschverhalten erkennen zu können*:



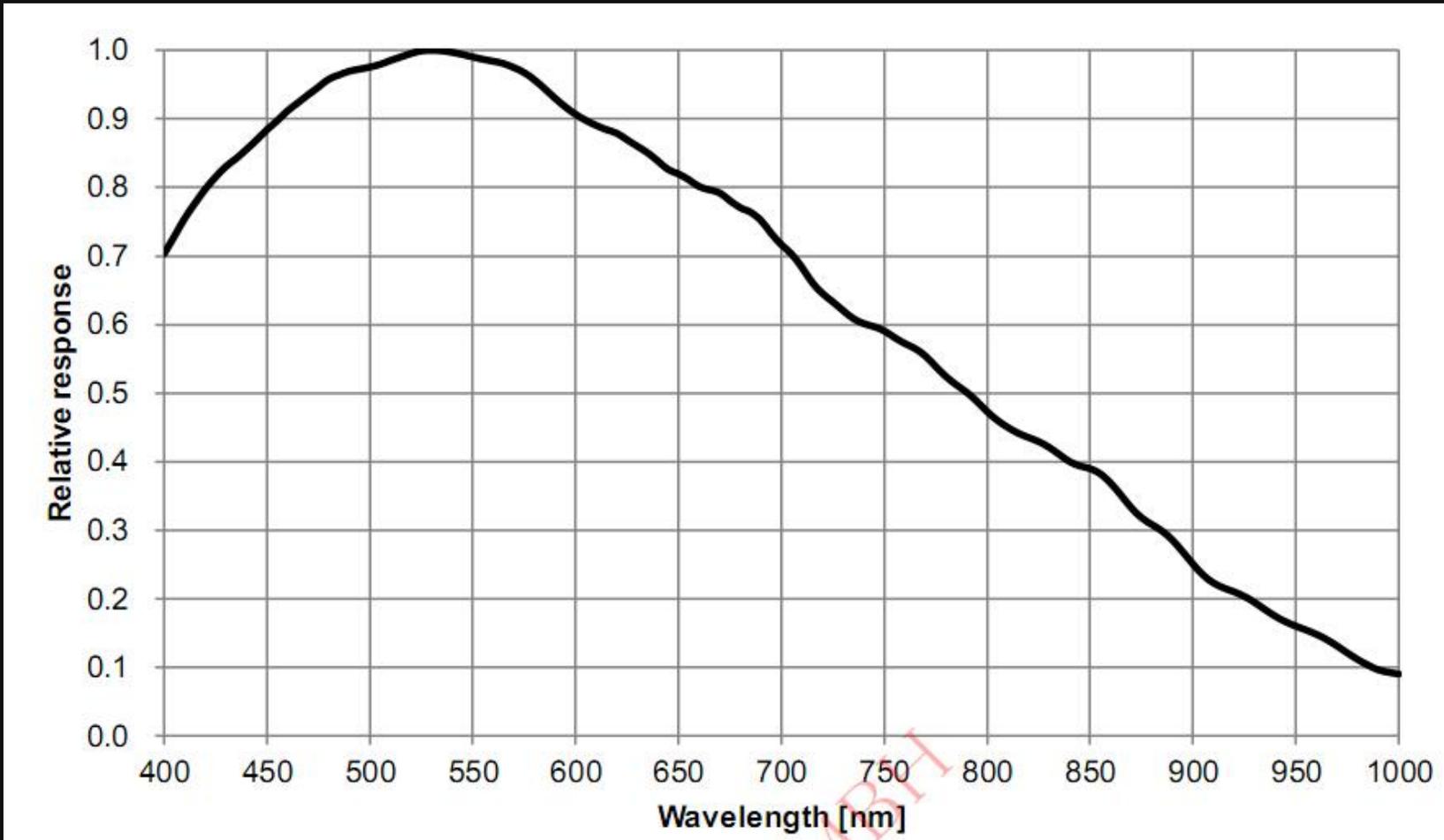
Kamera ZWOptical A.S.I. 120 MM



Kamera ZWOptical A.S.I. 178 MM

Ergebnis: Erst, wenn man das Bild der 178er deutlich stärker streckt treten hier auch sichtbar Hotpixel auf. Das Rauschen ist geringer und gleichmäßiger, als bei der 120er Reihe!

Relative QE-Kurve der ASI178MM



Quelle: <http://astronomy-imaging-camera.com/products/usb-3-0/asi178mm-mono/>

QE-Kurve: Quanteneffizienz

- Grundsätzlich gibt die QE-Kurve die Quantenausbeute an: mit welcher Wahrscheinlichkeit wird ein Elektron durch den fotoelektrischen Effekt freigesetzt, damit das Photon detektiert werden kann
- Für Planetenfotografen spielt die Quanteneffizienz im Bereich *Rot-* und *Infrarot-Kanal* eine entscheidende Rolle
- Der Wert 1 sagt bei der QE-Kurve aus, dass hier der beste Wert erreicht werden kann: zwischen *400-700 nm* werden die besten Werte erzielt!
- Da es sich um den *relativen* QE-Wert handelt, sagt die Kurve aber nichts darüber aus, wie viel Photonen wirklich eingefangen werden
- Das Ausleserauschen spielt ebenfalls eine entscheidende Rolle, da bei einem hohen Rauschanteil auch ein guter QE-Wert das Bild nicht mehr verbessern kann
- Fazit: grundsätzlich ist ein hoher (absoluter) QE-Wert und ein niedriges Ausleserauschen (1e bis 10e) wünschenswert – beides ist gegeben!

Teleskop-Equipment

- Um Planetenaufnahmen anfertigen zu können, bieten sich Schmidt-Cassegrain-Optiken an:
 - Gutes Öffnungsverhältnis
 - Große Brennweite
 - Kompakte Bauweise
 - Keine Back-Fokus-Probleme
 - Meistens noch gut tragbar (bis C11)
- Das C11 von Celestron hat sich dabei quasi als Standardoptik herauskristallisiert:
 - Öffnung: 11“
 - Brennweite: 2.800 mm
 - Öffnungsverhältnis: 1/10
 - Auflösungsvermögen: 0,42“
 - Gewicht: 13 kg



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

Bildvergleiche durch Jupiter

- **Zum Vergleich der DMK618- und ASI178MM-Kamera lässt sich der Planet Jupiter gut nutzen**
 - **Der Riesenplanet dreht sich extrem schnell und bedarf einer schnellen Aufnahmetechnik**
 - **Aufnahmen über 3 min wirken bereits verschwommen und unscharf**
 - **Derotation (z.B. über WinJUPOS) kann dies verhindern, wurde aber hier nicht angewandt (ca. 1000 Bilder pro Farbe)**
- **Durch die Nutzung einer s/w-Kamera kann daher nur ein kurzer Zeitraum zur Aufnahme einzelner RGB-Kanäle genutzt werden**
- **Daher ist eine hohe Framerate (fps) sehr wichtig (je höher, desto besser)**
- **Beide Kameras sind in der Lage unter optimalen Bedingungen bis zu 60 fps bereitzustellen, wobei die ASI178MM sogar noch mehr leisten kann**
- **Spannend ist aber eher, wie sich die Pixelgröße auf die Bilder auswirkt**

Randparameter

- **Aufnahme-Software:**

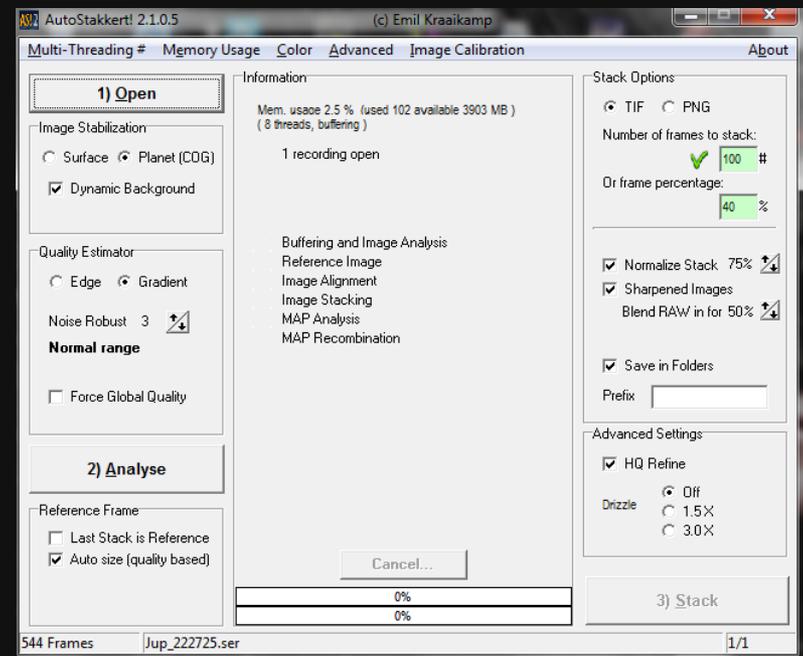
- **FireCapture 2.4 (ASI 178MM) → Version 2.5 unterstützt auch größere Auflösungen: > 2400 x 2000 Pixel**
- **IC Capture 2.2 (DMK618)**
- **Es wurden 1000 Bilder pro Farbkanal aufgenommen**

- **Bildbearbeitungssoftware:**

- **AutoStakkert! 2.1.0.5**
- **Fitswork 4.44**
- **Adobe Photoshop Elements 12**

- **Aufnahme-Optik:**

- **Brennweite: 2800 mm**
- **Öffnungsverhältnis: 1/10**
- **Teleskop: C11**



AutoStakkert-Oberfläche von Emil Kraaikamp

Jupiterbilder mit der DMK618 (1)

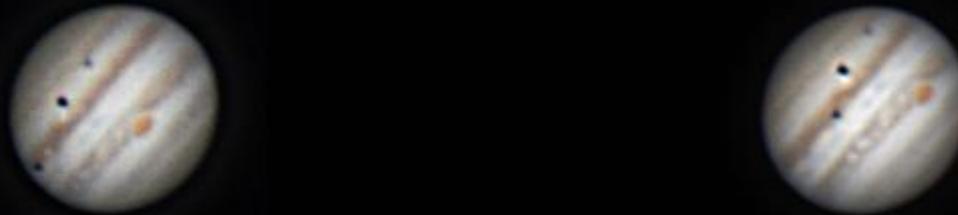
Jupiter mit zwei seiner
Monde, gutes Seeing



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

Jupiterbilder mit der DMK618 (2)

Jupiter mit zwei Mondschatten und Großem Roten Fleck (GRF), mittleres Seeing



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: 1.285 pro Farbe, Datum: 16. März 2016

Jupiterbilder mit der DMK618 (3)

Jupiter mit drei seiner Monde und Großem Roten Fleck (GRF), mittleres Seeing, Aufnahmesoftware: IC Capture (links) und FireCapture (rechts)



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: 5,6 msec (R/G/B),
Bildanzahl: 1.285 pro Farbe, 23. März 2016

Jupiterbilder mit der DMK618 (4)



Jupiter mit
Doppelmondereignis
und relativ schlechtem
Seeing (nach leichter
Neujustierung der
Optik) mit R-Filter

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: 85,5 msec (R),
Bildanzahl: 318, Datum: 01. April 2016

Jupiterbilder mit der ASI178MM (1)



**Jupiter mit Großem
Roten Fleck (GRF) und
zwei Monden mit
Binning (2x2) mit G-
Filter bei gutem Seeing**

**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: 8,1 msec (G),
Bildanzahl: 257, Binning: 2x2, Datum: 04. April 2016**

Jupiterbilder mit der ASI178MM (2)



**Jupiter mit Großem
Roten Fleck (GRF) bei
gutem Seeing**

**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: 8,1 msec (R/G/B),
Bildanzahl: 588, Binning: kein, Datum: 04. April 2016**

Jupiterbilder mit der ASI178MM (3)



Jupiter mit Großem Roten Fleck (GRF) mit einem seiner Monde bei gutem Seeing

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: 7 msec (R/G/B), Bildanzahl: 1.732, Binning: kein, Datum: 09. April 2016

Jupiterbilder mit der ASI178MM (3)



Jupiter mit einem seiner Monde und Mondschaten (Animation)

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: 37/5,6/9,7 msec (R/G/B),
Bildanzahl: 517, Binning: kein, Datum: 04. Juni 2016

Direkter Größenvergleich



DMK 21AU618.AS



ASI 178MM USB3.0

Fazit: Bei gleicher Brennweite erhält man eine wesentlich größere Abbildung durch die ASI178MM!

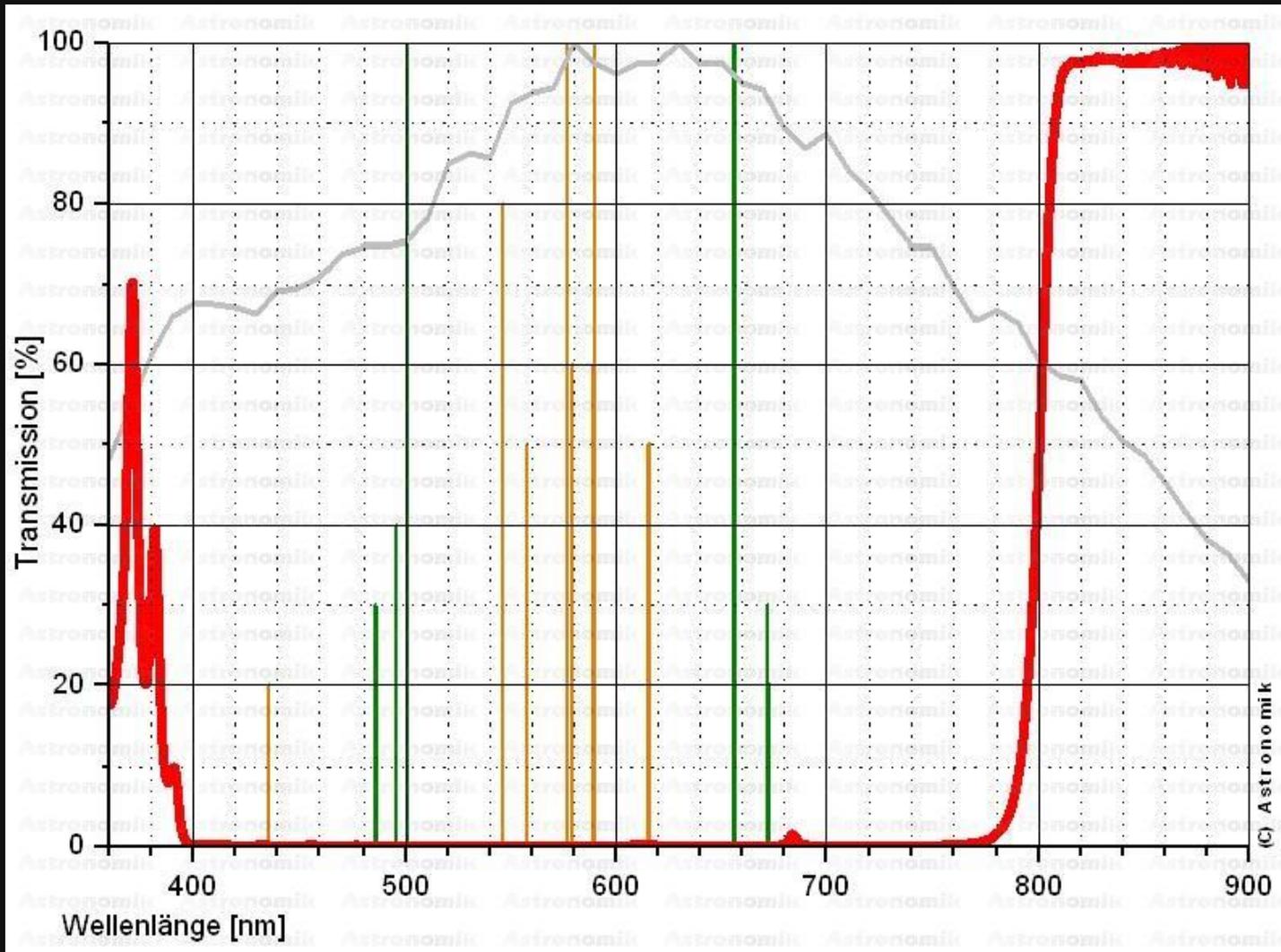
Verwendung eines IR-Passfilters

- **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**
 - **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)

Verwendung eines IR-Passfilters



- Graue Linie: relative Empfindlichkeitskurve eines beliebigen CCD-Sensors
- Rote Linie: Transmission des Filters
- Gelbe Linien: die wichtigsten Emissionslinien zur künstlichen Himmelaufhellung
- Grüne Linien: die wichtigsten Emissionslinien von Gasnebeln

Transmissionswerte und Blocking-Bereich vom Astronomik IR-Passfilter ProPlanet ASIRP8071 (Quelle: Astronomik)

Marsbild ohne IR-Passfilter (1)



Mars mit großer
Wolkenformation und
kleiner Polkappe

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: 22/10/89 msec (R/G/B),
Bildanzahl: 501, Binning: kein, Datum: 04. Juni 2016

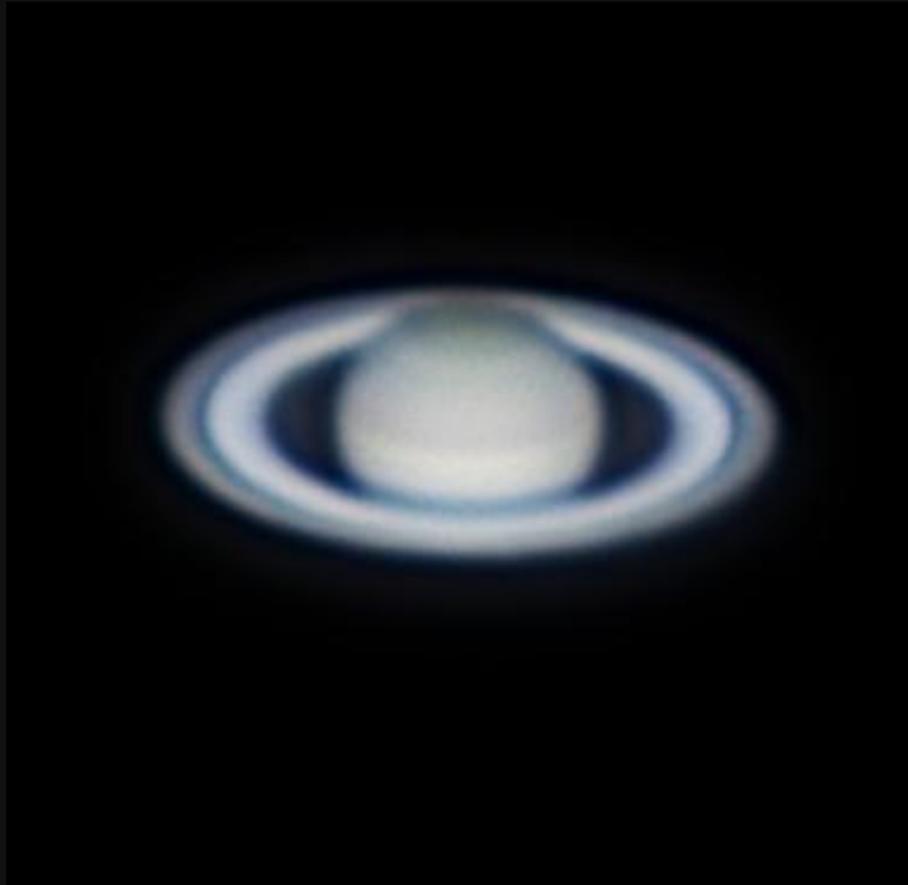
Marsbild mit IR-Passfilter (2)



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

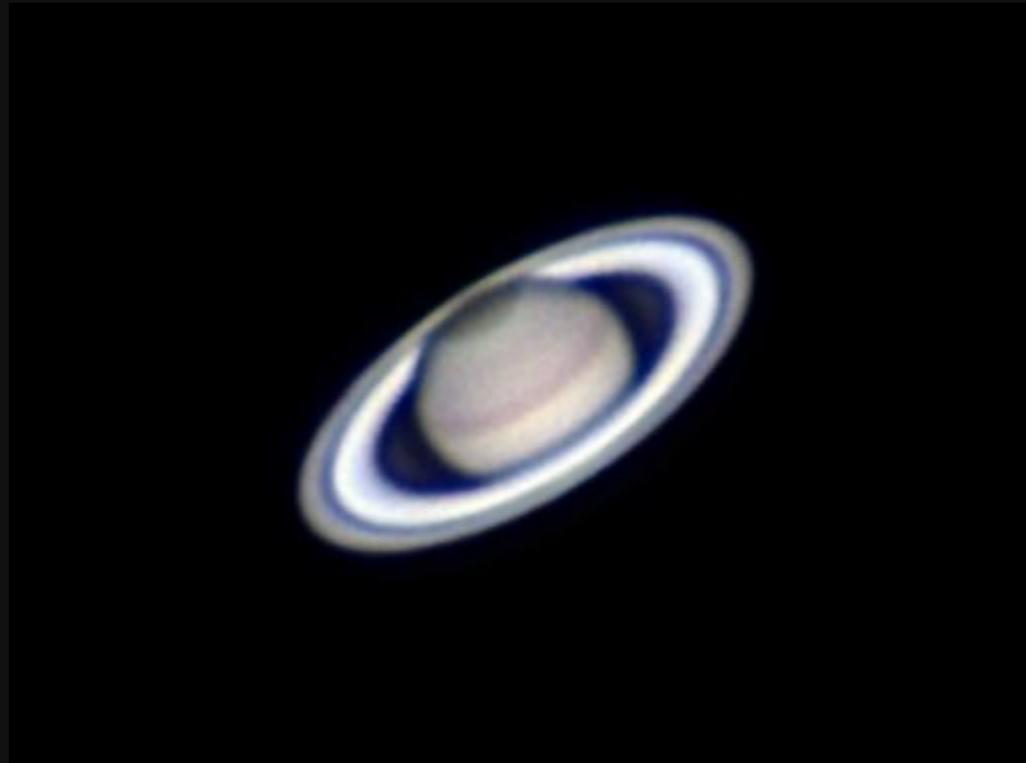
Saturnbild ohne IR-Passfilter (3)



Saturn mit Cassini-
Teilung und 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) von Astronomik, Belichtung pro Bild: 84/50/98 msec (R/G/B),
Bildanzahl: 500, Binning: kein, Datum: 07. Juni 2016

Saturnbild mit IR-Passfilter (4)



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

Fazit des IR-Passfiltereinsatzes

- Neben dem IR-Passfilter ProPlanet IR 807 gibt es weitere Alternativen
 - ProPlanet 642 IR-Bandpassfilter (universell einsetzbar, HII geeignet)
 - ProPlanet 742 IR-Passfilter (ab 6“ Öffnung)
- Der ProPlanet 807 IR-Passfilter soll für Teleskope ab 10“ Öffnung gut einsetzbar sein
- Das C11 ist lichtstark genug, um mit dem 807 IR-Passfilter arbeiten zu können:
 - Der Filter lässt sich auch bereits in der Dämmerung gut einsetzen, da er den Himmelshintergrund dunkel hält
 - Auf dem Live-Videobild ließen sich viel mehr Einzelheiten erkennen
 - Dadurch wurde die Fokussierung wesentlich erleichtert
 - Die teilweise enorme Luftunruhe in Horizontnähe wurde durch den Filter stark abgemildert

Einsatz an großflächigen Objekten

- **Die Aufnahme von Mond und Sonne verlangt nach größeren Auflösung für einen guten Gesamteindruck**
- **Die Framerate ist nicht so entscheidend und kann hier ruhig kleiner gewählt werden**
- **Dies ist aufgrund der höheren Auflösung auch meistens nicht anders machbar (besonders bei Verwendung von älterem Laptop-Equipment)**
- **Auch an großflächigen Objekten ergeben sich allerdings durch das geringere Sensormass Vorteile:**
 - **Es lassen sich Übersichtsaufnahmen erstellen (z.B. durch Binning)**
 - **Anschließend können Details fotografiert werden, ohne den Fokus neu einstellen zu müssen**
 - **Eine zusätzliche Brennweiten-Verlängerung über Barlowlinse entfällt bzw. ist nicht notwendig**

Mondbildmosaik mit der ASI178MM (1)

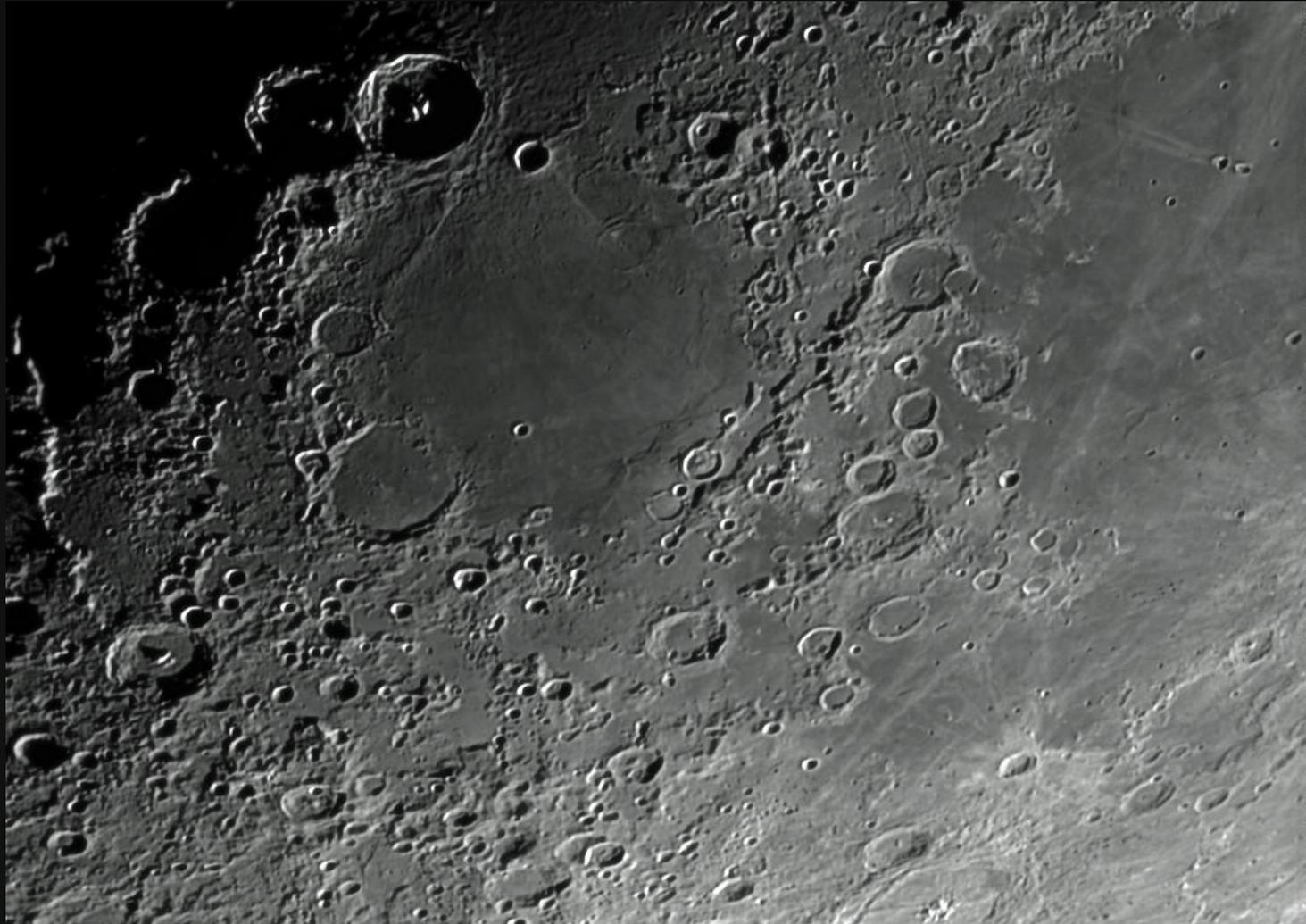


Mondmosaik aus drei
Bildern bei 910 mm
Brennweite

Refraktor TS PHOTOLINE 130 mm-f/7-Triplett-APO, Brennweite: 910 mm, Öffnungsverhältnis: 1/7 ,
Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM, Filter: R-Filter (Typ II C) von Astronomik, Belichtung pro Bild: 3,14 msec (R),
Bildanzahl: 3 x 20, Binning: kein, Datum: 12. April 2016



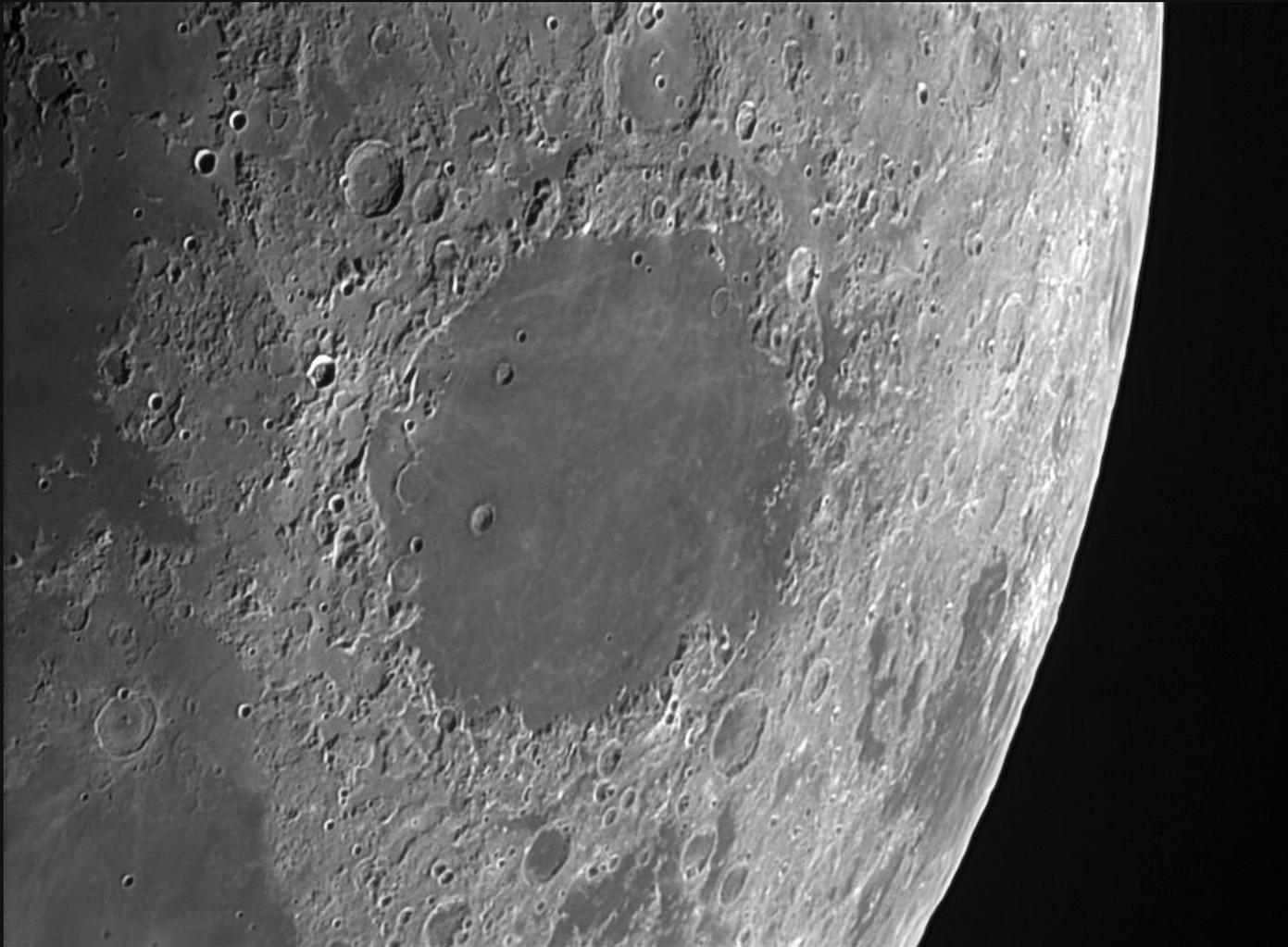
Mondbilder mit der ASI178MM (2)



Mare Nectaris,
umgeben von
den Kratern
Theophilus,
Cyrillus,
Fracastorius

Refraktor TS PHOTOLINE 130 mm-f/7-Triplett-APO, Brennweite: 910 mm, Öffnungsverhältnis: 1/7 ,
Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM, Filter: R-Filter (Typ II C) von Astronomik, Belichtung pro Bild: 7,78 msec (R),
Bildanzahl: 150, Binning: kein, Datum: 12. April 2016

Mondbilder mit der ASI178MM (3)



Mare Crisium
mit den inneren
Kratern Peirce,
Picard und
Yerkes

Refraktor TS PHOTOLINE 130 mm-f/7-Triplett-APO, Brennweite: 910 mm, Öffnungsverhältnis: 1/7 ,
Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM, Filter: R-Filter (Typ II C) von Astronomik, Belichtung pro Bild: 10,0 msec (R),
Bildanzahl: 683, Binning: kein, Datum: 12. April 2016

Mondbilder mit der ASI178MM (4)



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

Mondbilder mit der ASI178MM (5)



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: 170, Binning: kein, Datum: 17. April 2016

Mondbilder mit der ASI178MM (6)



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

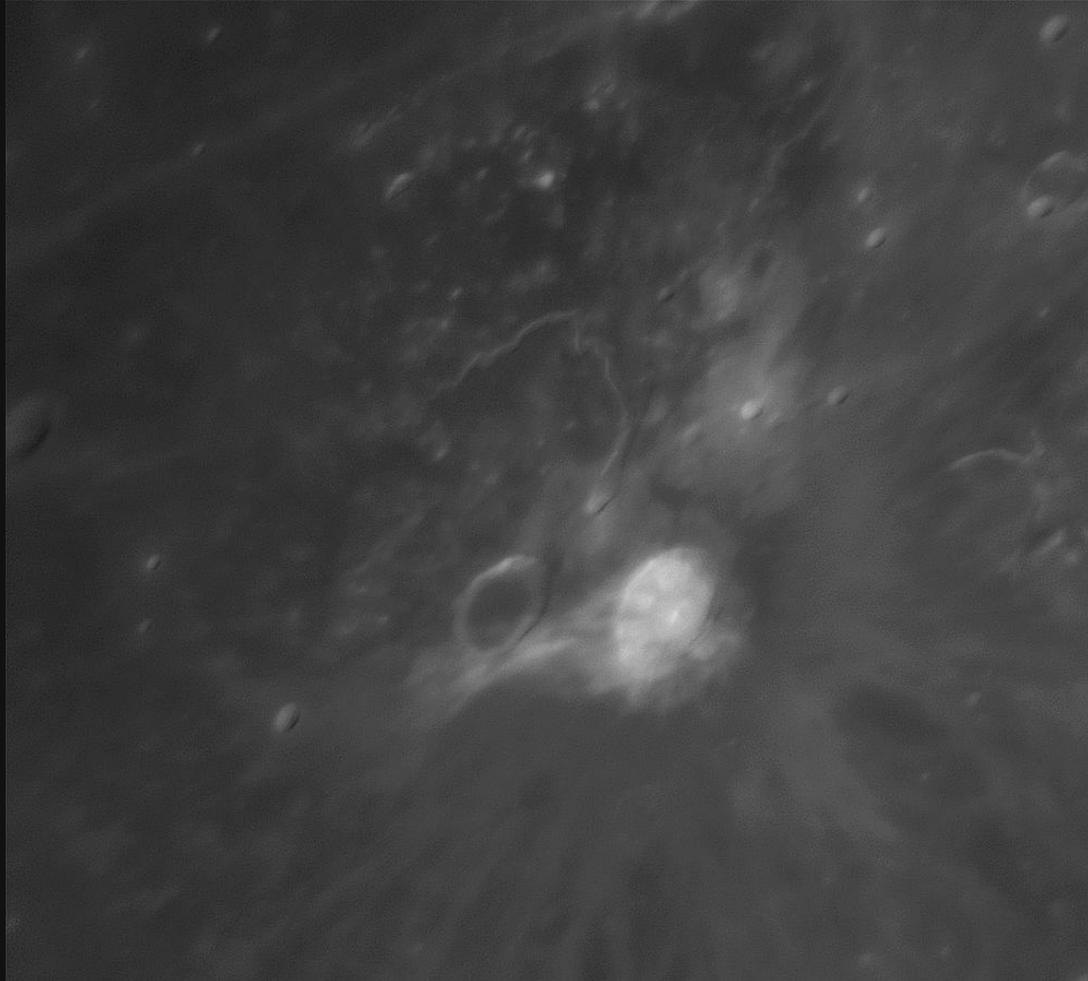
Mondbilder mit der ASI178MM (7)

Einen Tag vor dem "Supermond": das Schroeter-Tal bzw. -Rille



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: 3,2 msec (R),
Bildanzahl: 400, Binning: 2x2, Datum: 13. November 2016

Mondbilder mit der ASI178MM (8)



Einen Tag vor dem
"Supermond": das Schroeter-
Tal bzw. -Rille

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: 3,2 msec (R),
Bildanzahl: 400, Binning: 2x2, Datum: 13. November 2016

Mondbilder mit der DMK618 (1)



**Mons Bradley,
Berggebiet**

**Celestron C11 SC XLT, Brennweite: 2.800 mm, Öffnungsverhältnis: 1/10 , Kamera: DMK21AU618.AS,
Filter: Meade ND96 Graufilter , Belichtung: 1/91 msec, Bildanzahl: 1.647, Datum: 16. März 2016**

Mondbildmosaik mit der DMK618 (2)



Mosaikbild aus drei
Aufnahmen:

Ptolemaeus-, Alphonsus-,
Arzachel-, Albategnius-
Krater

Celestron C11 SC XLT, Brennweite: 2.800 mm, Öffnungsverhältnis: 1/10 , Kamera: DMK21AU618.AS,
Filter: Meade ND96 Graufilter , Belichtung: 1/91 msec, Bildanzahl: 3 x 1.467, Datum: 16. März 2016

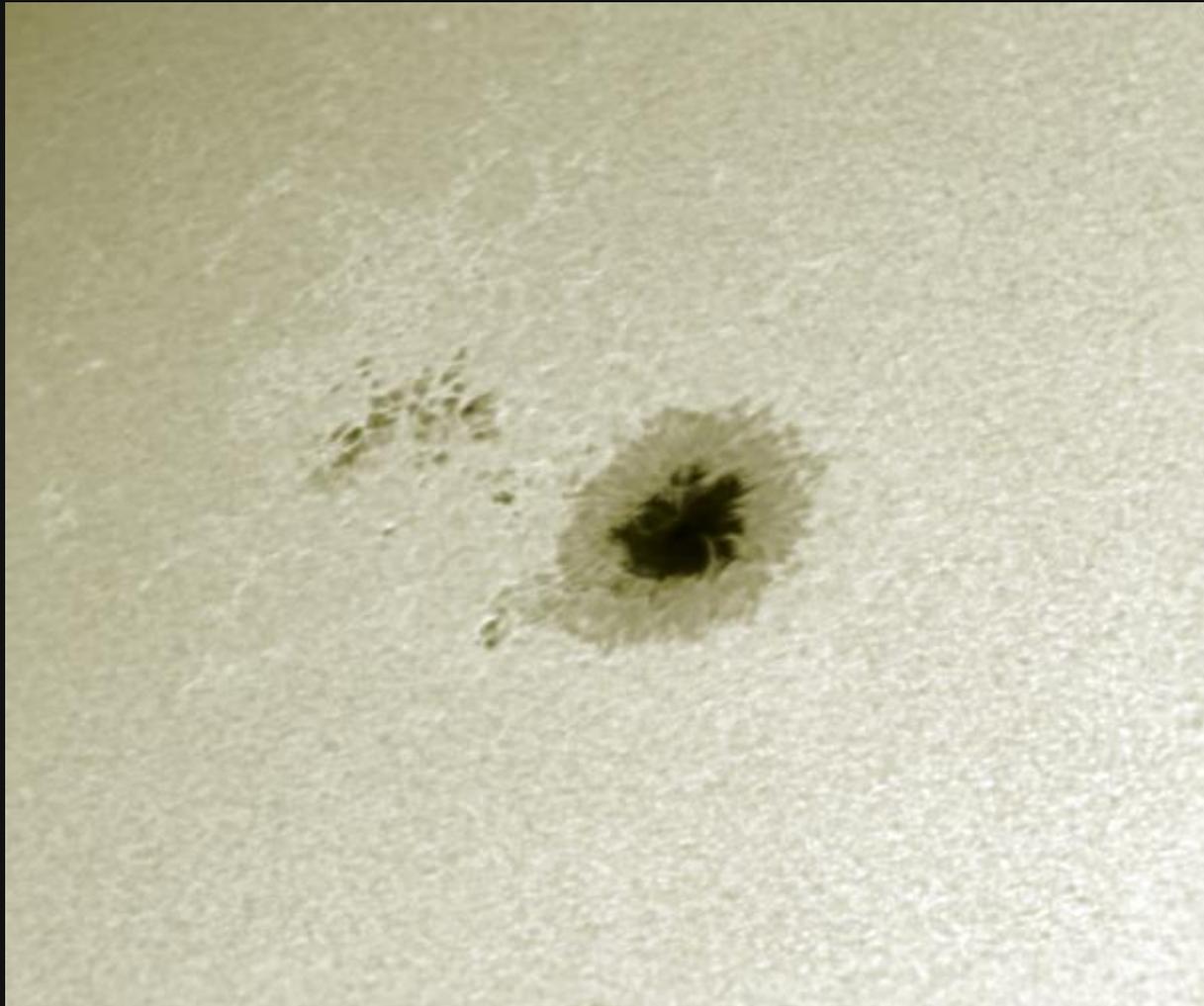
Sonnenbilder mit der ASI178MM (1)



Großer
Sonnenfleck
AR12529

Refraktor TS PHOTOLINE 130 mm-f/7-Triplett-APO, Brennweite: 910 mm, Öffnungsverhältnis: 1/7,
Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM, Filter: R-Filter (Typ II C) von Astronomik und Baader-Sonnenfilterfolie,
Belichtung pro Bild: 1,61 msec (R), Bildanzahl: 92, Binning: 2x2, Datum: 10. April 2016

Sonnenbilder mit der ASI178MM (2)



Großer
Sonnenfleck
AR12529

Refraktor TS PHOTOLINE 130 mm-f/7-Triplett-APO, Brennweite: 910 mm, Öffnungsverhältnis: 1/7,
Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM, Filter: R-Filter (Typ II C) von Astronomik und Baader-Sonnenfilterfolie,
Belichtung pro Bild: 1,01 msec (R), Bildanzahl: 927, Binning: kein, Datum: 10. April 2016

Sonnenbild mit der DMK618



Mittlerer
Sonnenfleck

Refraktor TS PHOTOLINE 130 mm-f/7-Triplett-APO, CCD-Kamera
DMK21AU618.AS, 910 mm, Öffnungsverhältnis 1/7, 1/500 sec, Baader-
Sonnenfilterfolie und Astronomik R-Filter, Meade ND96-Graufilter, 02. April 2016

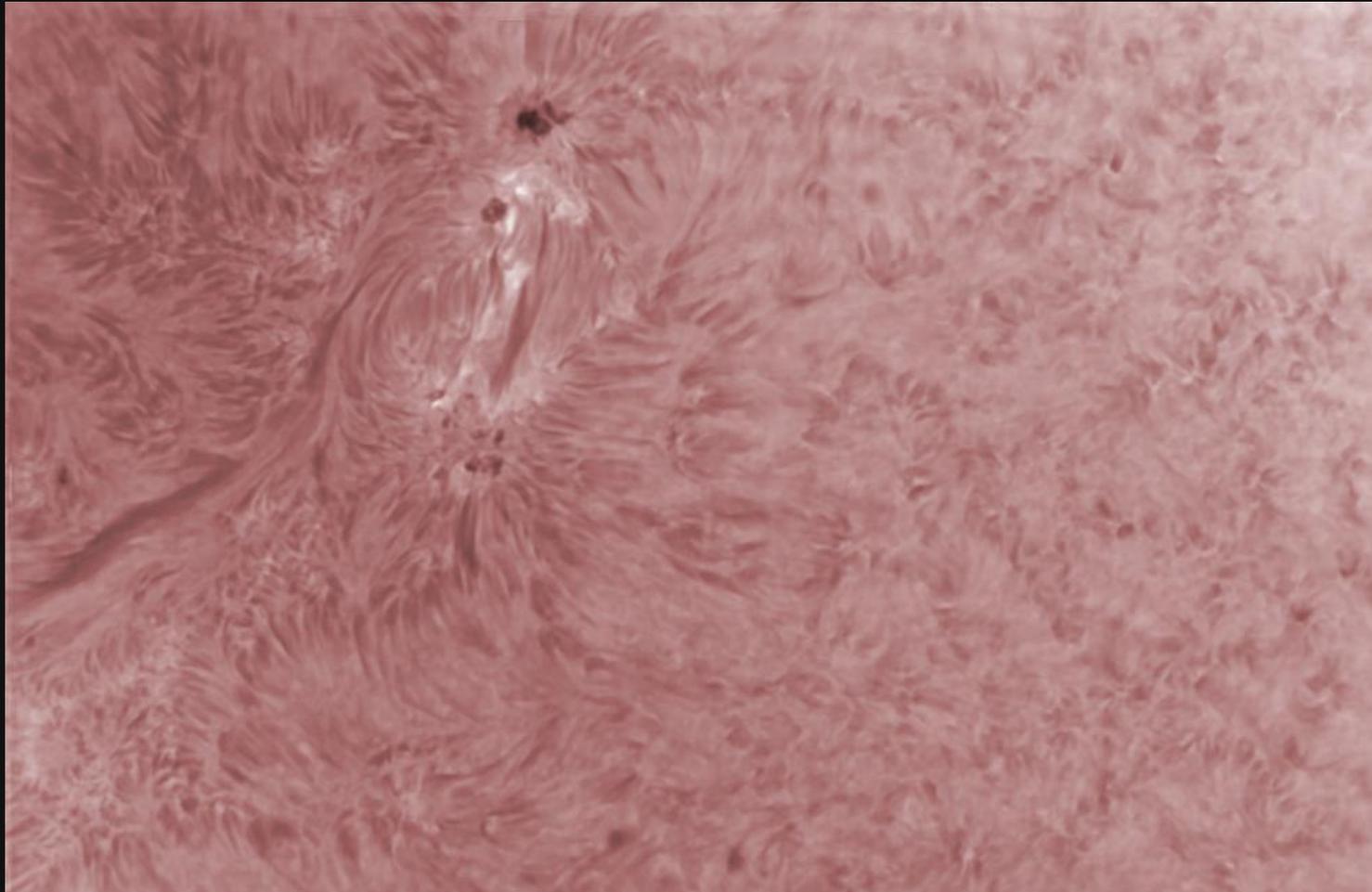
H-Alpha-Sonnenbilder (1)



Große
Sonneneruption
im H-Alpha-
Sichtspektrum

Refraktor ED70 mit Daystar Instruments QUARK Chromosphere, Brennweite: 1.806 mm, Öffnungsverhältnis: 1/26,
Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM, Filter: 12 nm Blocking-Filter bei 656 nm von Daystar,
Belichtung pro Bild: 4,6 msec, Bildanzahl: 500, Binning: 2x2, Datum: 17. August 2016

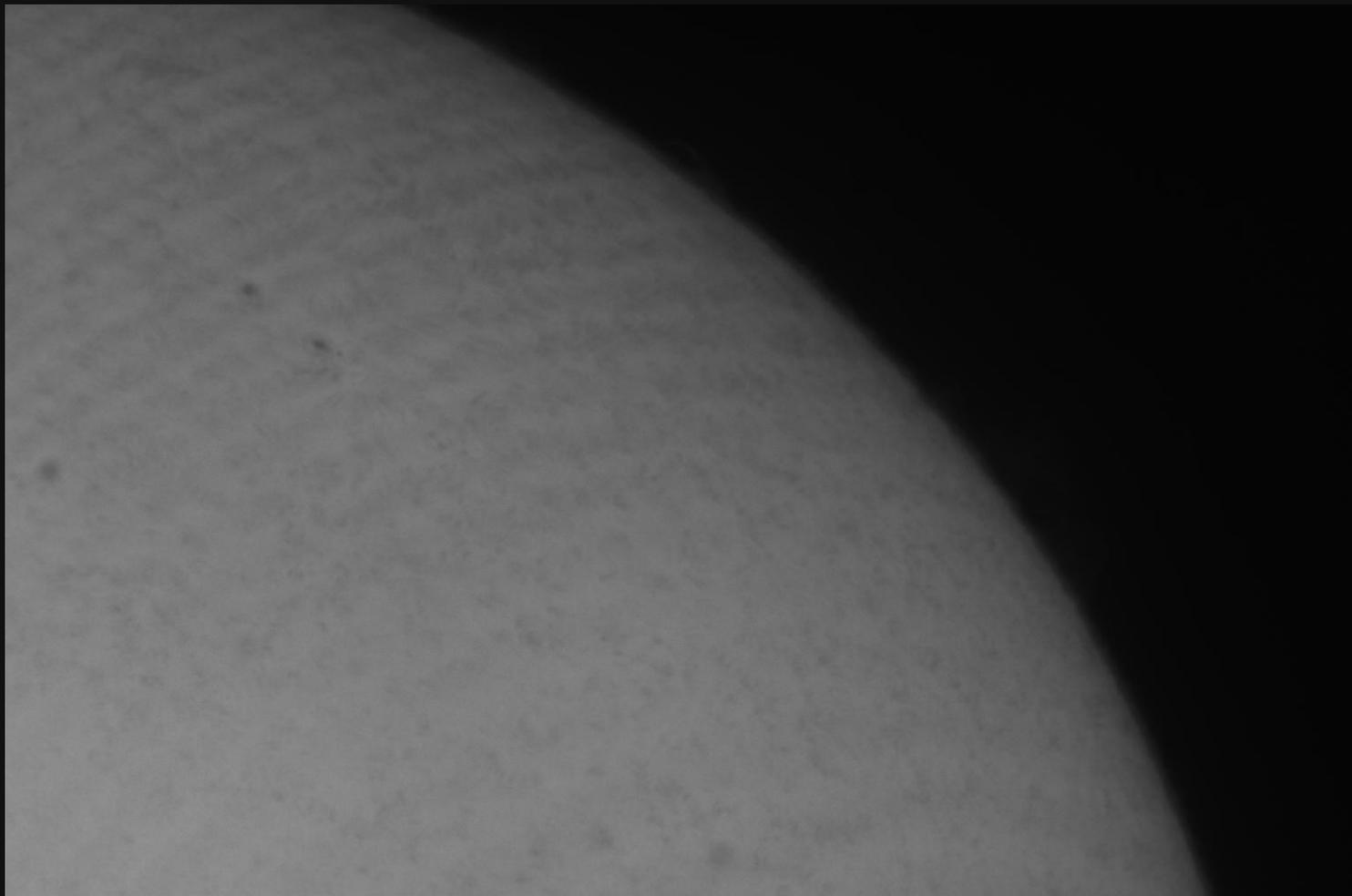
H-Alpha-Sonnenbilder (2)



Kleine
Sonnenflecken
im H-Alpha-
Sichtspektrum

Refraktor TS PHOTOLINE 130 mm-f/7-Triplett-APO mit Daystar Instruments QUARK Chromosphere,
Brennweite: 3.913 mm, Öffnungsverhältnis: 1/30, Kamera: ZWOptical A.S.I. 178MM, Filter: 12 nm Blocking-Filter bei 656 nm von Daystar,
und Energieschutzfilter D-ERF von Baader, Belichtung pro Bild: 10 msec, Bildanzahl: 700, Binning: kein, Datum: 24. September 2016

Interferenzen im H-Alpha-Bereich



Newtonringe bei Einsatz von ASI-Kameras

Newton-Ringe

- **ASI-Kameras erzeugen bei Sonnenaufnahmen im H-Alpha-Spektrum sog. Newtonringe**
- **Dies sind konzentrische Ringe, die durch Interferenzen am Luftspalt zwischen zwei reflektierenden, nahezu parallelen Oberflächen entstehen**
- **Dies ist durchweg bei allen ASI-Kameras in der Astroszene zu beobachten und ist mehr oder minder schwerwiegend vorhanden**
- **Die DMK-Kameras kennen dieses Phänomen hingegen nicht, weshalb viele Sonnenfotografen bisher nicht auf eine ASI-Kamera gewechselt sind**
- **Durch das spätere Stacken der Bilder und durch Einbeziehung von Flats kann man den Effekt aber kompensieren**
- **Auch ein leichtes Verkippen der Kamera kann manchmal helfen**
- **Trotzdem ist sind diese Interferenzmuster störend (auch bei Live-Beobachtungen am Bildschirm) und erzeugt einen größeren Bearbeitungsaufwand**

Vorteile der ASI178MM-Kamera

- **Durch die kleineren Pixel wird feiner aufgelöst und größer dargestellt**
- **Es kann auf Brennweiten-Verlängerungen (Barlowlinsen) verzichtet werden (bzw. muss, da kein Schärfegewinn erzielt wird!)**
- **Man erhält ein helleres Bild bei niedrigem Öffnungsverhältnis**
- **Auch kommen wenig Unregelmäßigkeiten im Hintergrund vor (ASI120MM hat teilweise komische Zeilen und DMK618 war sehr unruhig)**
- **Die Empfindlichkeit ist wesentlich höher:**
 - **IR: 1000 nm (etwas höher, als bei der ASI120MM)**
 - **UV: 350 nm (deutlich höher, als bei der ASI120MM)**
- **Es lassen sich wesentlich höhere Auflösungen nutzen (bis 3096x2080 Pixel)**
- **Binning, das Zusammenfassen von Pixelblöcken, ermöglicht höhere Lichtempfindlichkeit und einen besseren Signal-/Rauschabstand**

Nachteile der ASI178MM

- **Die höhere Auflösung erzeugt eine wesentlich höhere Datenmenge, als das vorher bei der DMK-Kamera der Fall war**
- **Das Binning ergibt durch das Zusammenfassen von Pixelblöcken kleinere Jupiterabbildungen und egalisiert die Pixelgrößenvorteile des Chips – bietet aber ein größeres Gesichtsfeld**
- **Um die volle Auflösung bei höchster Framerate nutzen zu können, ist ein USB3.0-Anschluss mit SSD-Festplatte notwendig**
- **Der Einsatz einer Barlowlinse bringt keinen Vorteil mehr, da die max. Auflösungsgrenze der C11-Optik jetzt bereits bei 2,8 m Brennweite erreicht ist!**
- **Jede weitere Vergrößerung kostet nur Lichtstärke und kann nicht mehr ausreichend scharf eingestellt werden – dafür kann man die Kamera auch sehr gut an kleineren Brennweiten einsetzen!**

Deep-Sky-Fotografie

- Ein geringeres Ausleserauschen ermöglicht auch die Anwendung an Deep-Sky-Objekten bei kurzen Belichtungszeiten (z.B. 1000 x 1 sec)
- Nachfolgende werden daher vier Bildbeispiele von Ralf Kreuels wiedergegeben, die ebenfalls mit einem C11-Teleskop und teilweise mit der ASI 178 MM aufgenommen wurden (auf einer EQ6-Montierung)
- Ralf fotografiert grundsätzlich mit sehr kurzen Einzelbelichtungen:
 - Die Bilder werden schärfer
 - Autoguiding ist nicht notwendig
 - Durch Belichtungen um die 1 sec wird das Seeing kompensiert
- Farbbilder erstellt Ralf immer mit einer ASI 178 MC, während die Tiefenschärfe durch eine ASI 178 MM erfolgt
- Weitere Aufnahmen sind unter der folgenden URL zu entdecken:
<http://www.astrofototeam-niederrhein.de>

Ralf Burkart /
Kreuels, Kempen



DMK618-Beispiel



Messier 82
(M82)

Celestron C11-Teleskop mit Reducer f/5, Kamera DMK 21AU618.AS, Belichtungszeit: 7.000 x 5,76 sec, ISO: -,
Guiding: keines, Farbaufnahme: Canon EOS 7Da, Datum: April 2013



ASI120MM-Beispiel (1)

Jupiter mit
12 min /
15 min
derotiert



Celestron C11-Teleskop mit selbstgebautem Telekonverter, Kamera ASI 120 MM, Belichtungszeit: 70 x 90 sec und 10 x 90 sec,
ISO: -, Guiding: keines, Farbaufnahme: ASI 120 MC (R/RGB) mit 2 x 90 sec, Datum: Februar 2015

ASI120MM-Beispiel (2)



Ringnebel
(M 57)

Celestron C11-Teleskop mit Reducer f/5, Kamera ASI 120 MM, Belichtungszeit: 21.000 x 0,8 sec, ISO: max. Gain,
Guiding: keines, Farbaufnahme: ASI 120 MC (R/RGB), Datum: Herbst 2015



ASI178MM-Beispiel (1)



Hantelnebel
(M 27)

Celestron C11-Teleskop mit Reducer f/5, Kamera ASI 178 MM, Belichtungszeit: 7.000 x 1 sec und 7.000 x 0,8 sec,
Guiding: keines, Farbaufnahme: ASI 178 MC (R/RGB), Datum: August 2016



ASI178MM-Beispiel (2)

Propeller-
nebel,
Herbig Halo
(HH555)



Celestron C11-Teleskop mit Reducer f/3,3, Kamera ASI 178 MM, Belichtungszeit: 32.000 x 2 sec, ISO: max. Gain,
Guiding: keines, Filter: Rotfilter, Farbaufnahme: ASI 178 MC (R/RGB), Datum: September 2016

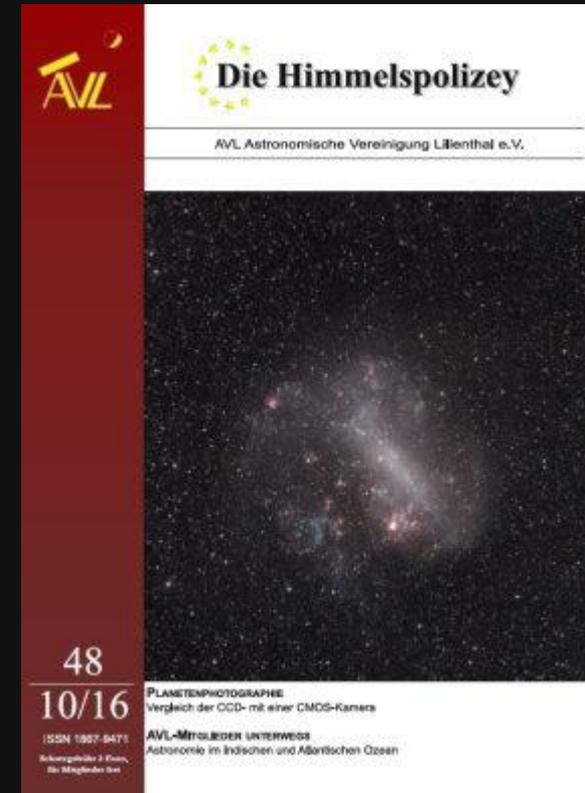


Zusammenfassung

- Die ASI 178MM kann durch die geringere Pixelgröße mehr Details, als die DMK618 abbilden
- Dadurch ist die Anforderungen an die Brennweite nicht mehr so groß
- Die DMK618 besitzt zusätzlich ein wesentlich höheres Verstärkerglöhnen
- Allerdings sind die erzeugten Datenmenge bei der ASI-Kamera nicht zu unterschätzen!
- Trotzdem reicht bei kleinerer Auflösung auch eine USB2.0-Schnittstelle aus!
- Bei Sonne und Mond bietet die ASI 178MM einen schönen Bildausschnitt, der nicht nur auf einzelne Mondkrater (wie bei der DMK618) begrenzt bleibt
- Die ASI 178MM (sowie weitere Alternativen des Herstellers) ist daher eine sehr gute Allround-Kamera für Planeten, Mond und Sonne
- Durch das geringe Ausleserauschen ist die ASI 178MM auch für Deep-Sky-Objekte und kurze Belichtungszeiten interessant
- Fazit: der größte Unterschied besteht in den kleineren Pixeln und dem besseren Ausleserauschen, die eine ASI 178 MM der DMK 618 voraus hat

Die Himmelspolizey

- **Vereinszeitschrift seit 2005 der AVL**
- **Ist unter der URL-Adresse www.avl-lilienthal.de auch elektronisch erhältlich**
- **Die HiPo kommt alle drei Monate als Vereinszeitschrift heraus**
- **Sie wird von Mitgliedern für Mitglieder geschrieben**
- **Der Name der „Himmelspolizey“ leitet sich von den 24 europäischen Astronomen ab, die im Jahre 1800 auf die gezielte Suche nach dem „fehlenden“ Planeten zwischen Mars und Jupiter gingen**
- **In der aktuellen Ausgabe vom Oktober 2016 kann der „Aktuelles von der Planetenphotographie - Vergleich von CCD- und CMOS-Kameras“ auch noch einmal nachgelesen werden**



Herzlichen Dank für Eure Aufmerksamkeit!



Jupiter ohne
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: 9,1/6,1/5,9 msec (R/G/B),
Bildanzahl: 522, Binning: kein, Datum: 20. April 2016