

Astrometrie mit CMOS-Sensoren? Nur für Pretty Pictures geeignet?

Jürgen Linder – Corner Observatory Durmersheim / B50

Anbieter / Hersteller von CMOS – Kameras für die Astronomie.
Kein Anspruch auf Vollständigkeit!!!

Astrolumina (QHY), Astroshop, ATIK, Baader Planetarium, Bresser, Celestron, FLI(?),
Meade, Orion, SBIG (?), QHYCCD, ZWO (nur CMOS)

Astrometrie mit CMOS-Sensoren? Nur für Pretty Pictures geeignet?

Auf der Suche nach günstigen Alternativen zu teuren CCD-Kameras, hat der Autor 3 hochwertige CMOS-Kameras getestet.

Speziell für Astrometrie an Asteroiden und Kometen.

Welche Grenzgrößen werden mit kurzen Belichtungen mit einem 20cm Instrument und 1200mm Brennweite erreicht?

Neben gekühlten Kameras (Mono) kommt auch eine Nachführkamera (Mono ohne Kühlung) zum Einsatz.

Der Vortrag wendet sich auch an Einsteiger in die Astrometrie mit geringeren Mitteln.

Einführung – Kameras/Technik

Astrofografie heute?

Mit DSLR-Kamera (Digitale Spiegelreflex Kamera)

Mit CCD - Kamera

Mit Webcam/Videokamera

Mit CMOS-Sensoren

Mit Kleinbildkamera oder SLR und „Film“



Kameras in der Astrofotografie

Mit DSLR-Kamera (Digitale Spiegelreflex Kamera/Digital-Single-Lens-Reflex)
Farbkameras mit „CMOS-Sensoren“. Die CCD's wurden in den letzten Jahren durch preiswertere CMOS-Sensoren ersetzt.

Mit CCD – Kamera (CCD – Charge Coupled Device (ladungsgekoppeltes Bauteil)
Der CCD-Sensor wurde bereits in den 70er Jahren entwickelt (Prinzip der Eimerkette).
Gekühlte Mono-Kameras bevorzugt. Große Sensoren sind sehr teuer!

Mit Webcam/Videokamera

CCD/CMOS-Farbsensoren => Mond und Planeten; Modifiziert auch für Langzeitbelichtung geeignet;

Mit CMOS (Complementary-metal-oxide-semiconductor)-Sensor

Es gibt Farb- und Monosensoren. Ungekühlte und gekühlte Kameras.
Natürlich auch in Kompakt und Handykameras (Farbe/ungekühlt)

Kameras für Astrofotografie

Im Prinzip mit jeder Kamera möglich, auch mit der Handy-Kamera!

Sonne (Filter), Mond und helle Planeten sind heute mit jeder digitalen Kamera möglich!

Sternaufnahmen oder Nebel erfordern meist eine längere Belichtungszeit!

Alle DSLR, Kompakt und „Astrokameras“ erlauben längere Belichtungszeiten.

Für Handykameras gibt es spezielle „App's“, die längere Belichtungen und manuelle Einstellung ermöglichen.

Wissenschaftliche-Astrofotografie

Astrometrie: Messen von Positionen von Asteroiden und Kometen

Photometrie: Helligkeitsmessungen von Sternen, Asteroiden und Kometen.

Welche Kamera?

Im Prinzip können Astrometrie und Photometrie auch mit Farbkamera durchgeführt werden. Jedoch sind monochrome (Schwarzweiß) Kameras empfindlicher und einfacher als Farbkameras für wissenschaftliche Astrometrie, ohne spezielle Verfahren einzusetzen.

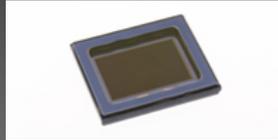
Monochrome CCD-Kameras (gekühlt) sind bevorzugt im Einsatz!
In letzter Zeit kommen aber immer mehr Kameras mit CMOS-Sensor und Kühlung auf den Markt!

Ich will meine Alte CCD ersetzen!

ST5,ST6 (ST7) SBIG Kameras sind nicht mehr zeitgemäß und sollen ersetzt werden!

Anforderungen

Monochromer CCD – Sensor



Geringes Rauschen

Sensorgröße mindestens 11mm Diagonale

Pixel nicht zu klein

Geregelte Kühlung

Preisgünstig

Hohe Quanteneffizienz (QE)

Hohe Full Well Kapazität

Kompaktes und leichtes Gehäuse

Binning

CCD mit 11mm und mehr Diagonale liegen im Preissegment von 1300-4000€!

Anforderungen bestanden schon seit mindestens 3 Jahren

Es gibt Monochrome CMOS-Kameras

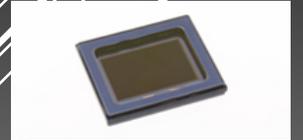
Die sollen kein Binning können (war immer zu hören)

NONABG gibt es nur bei speziellen CCD – Kameras (~2800€)

CMOS-Kameras (gekühlt) mit > 11mm Diagonale gibt es ab 1000€ (Mono!)

Es gab 3 Kameras mit CMOS die in Frage kommen konnten,
aber welche?

NONABG



Binning

Preisgünstig

Geringes Rauschen

Geregelte Kühlung

Pixel nicht zu klein

Hohe Full Well Kapazität

Hohe Quanteneffizienz (QE)

Sensorgröße mindestens 11mm Diagonale

Kompaktes und leichtes Gehäuse

Monochromer CCD – Sensor

CCD mit 11mm und mehr Diagonale liegen im Preissegment von 1300-4000€!

Diese 3 Kameras mit CMOS kamen in die nähere Wahl.

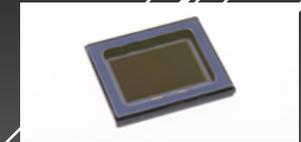
ZWO ASI 174, 183, 1600 cool Mono

Andere Hersteller sind:

ZWO 174 => QHY174 (Astrolumina), Altair

ZWO 183 => QHY183, Altair

ZWO 1600 => QHY163, ATIK Horizon



Preisgünstig

Geringes Rauschen

Geregelte Kühlung

Pixel nicht zu klein NONAGB

Hohe Full Well Kapazität

Hohe Quanteneffizienz (QE) Binning

Kompaktes und leichtes Gehäuse

Monochromer CCD – Sensor

Sensorgroße mindestens 11mm Diagonale

NONAGB gibt es nur bei speziellen CCD – Kameras (~2800€)

Es gibt Monochrome CMOS-Kameras

CMOS-Kameras (gekühlt) mit > 11mm Diagonale gibt es ab 1100€ (Mono!) Die sollen kein Binning können

Achtung! Die oben genannten Hersteller haben gekühlte, ungekühlte und Farbversionen im Programm.

ZWO ASI 174, 183, 1600 cool Mono

Es ist nicht ganz einfach aus Datenblatt und Internet die richtige Kaufentscheidung zu finden!

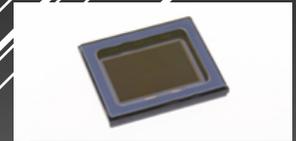
Also testen, aber 3 verschiedene Kameras?

Von ZWO gibt es neue Nachführkameras und die kleinste kostet ~160€. Hat einen CMOS-Sensor, zwar ungekühlt, aber sehr leicht und kompakt.

Eine Nachführkamera kann man immer brauchen.

Die Kamera (ZWO ASI 120 Mini Mono) kann max. 2000s Belichtung (ausreichend) und der Sensor hat eine der höchsten QE mit fast 80%. Bis auf die Kühlung alles für einen Einstieg in die CMOS-Sensor-Welt!

Vor den Tests von gekühlten CMOS – Kameras wurde die „Kleine ASI 120 Mini Mono“ gekauft!



Preisgünstig

Geringes Rauschen

Geregelte Kühlung

Pixel nicht zu klein NONAGB

Hohe Full Well Kapazität

Hohe Quanteneffizienz (QE) Binning

Kompaktes und leichtes Gehäuse

Monochromer CCD – Sensor

Sensorgroße mindestens 11mm Diagonale

NONABG gibt es nur bei speziellen CCD – Kameras (~2800€)

Es gibt Monochrome CMOS-Kameras

CMOS-Kameras (gekühlt) mit > 11mm Diagonale gibt es ab 1100€ (Mono!) Die sollen kein Binning können

ZWO 174, QHY174 (Astrolumina), Altair

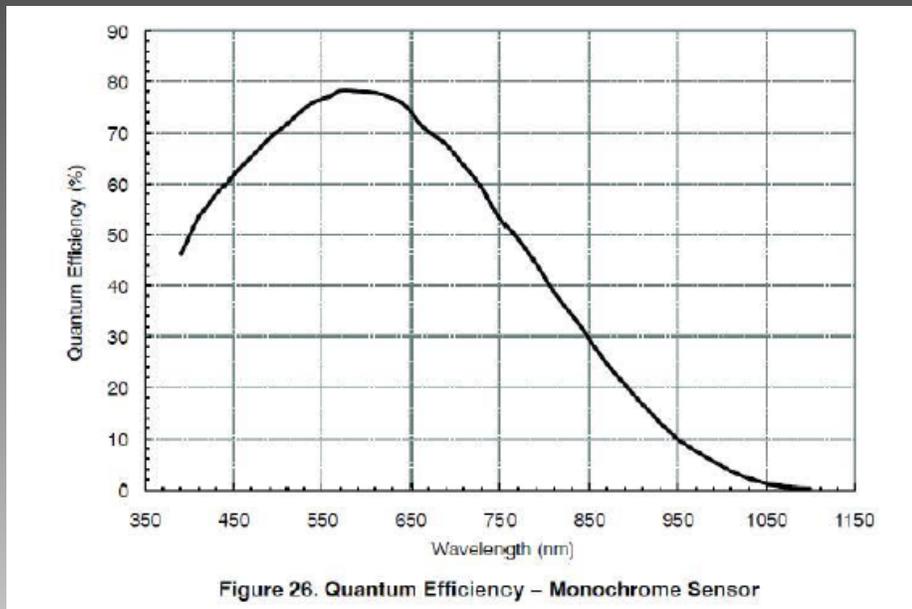
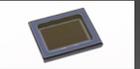
ZWO 183, QHY183, Altair

ZWO 1600, QHY163, ATIK Horizon

ZWO ASI 120 Mini Mono

Hier zunächst noch was zur „Kleinen CMOS“

Die „Mini“ hat den Sensor AR0130CS der eine QE von fast 80% erreicht!



Spektrale Empfindlichkeit in Abhängigkeit von QE



Abb. ASI 174

Preisgünstig

Geringes Rauschen

Geregelte Kühlung

Pixel nicht zu klein NONAGB

Hohe Full Well Kapazität

Hohe Quanteneffizienz (QE) Binning

Kompaktes und leichtes Gehäuse

Monochromer CCD – Sensor

Sensorgroße mindestens 11mm Diagonale

NONAGB gibt es nur bei speziellen CCD – Kameras (~2800€)

Es gibt Monochrome CMOS-Kameras

CMOS-Kameras (gekühlt) mit > 11mm Diagonale gibt es ab 1100€ (Mono!) Die sollen kein Binning können

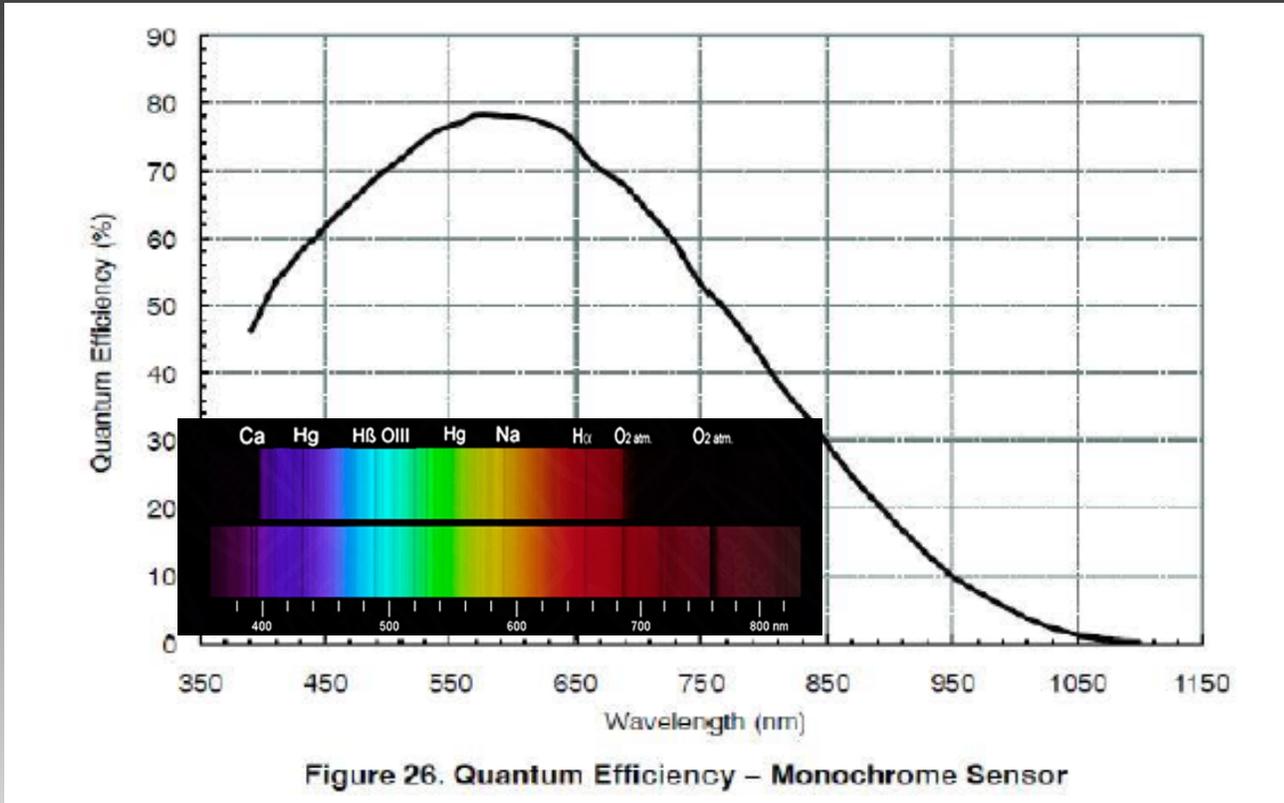
ZWO 174, QHY174 (Astrolumina), Altair

ZWO 183, QHY183, Altair

ZWO 1600, QHY163, ATIK Horizon

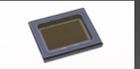
ZWO ASI 120 Mini Mono

Die „Mini“ hat die höchste Empfindlichkeit bei ~570nm. H α bei 656nm ~70%

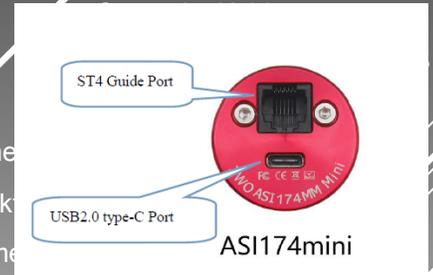


Spektrale Empfindlichkeit in Abhängigkeit von QE ZWO / Baader Planetarium

Farbspektrum
 Oben IR-Sperrfilter (L-Filter)
 Unten Sonnenspektrum



Preisgünstig
 Geringes Rauschen



Hohe
 Kompak
 Monochrome



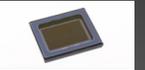
~2800€)

ZWO 174, QHY174 (A...
 ZWO 1600, QHY163, A...

Erste Ergebnisse mit der „Mini“ (erst mal nur zum Spaß)!



Mond mit ETX 90 / Durmesheim J. Linder



Preisgünstig

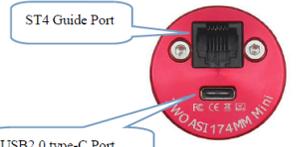
Geringes Rauschen

Geregelte Kühlung

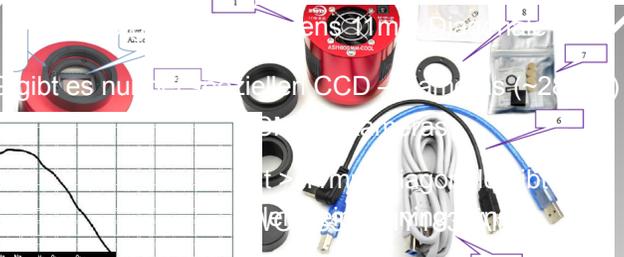
Hohe C

Kompakte

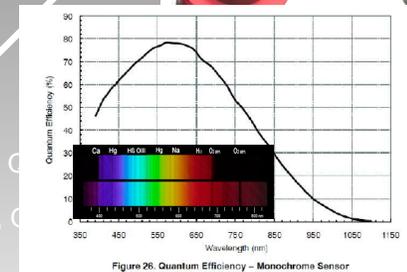
Für ASI1600MM-COOL oder ASI1



ASI174mini

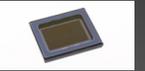
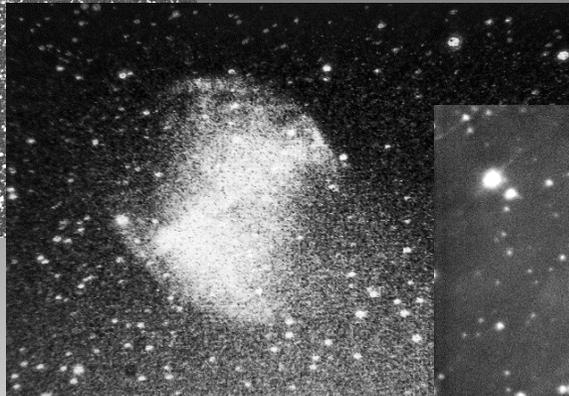
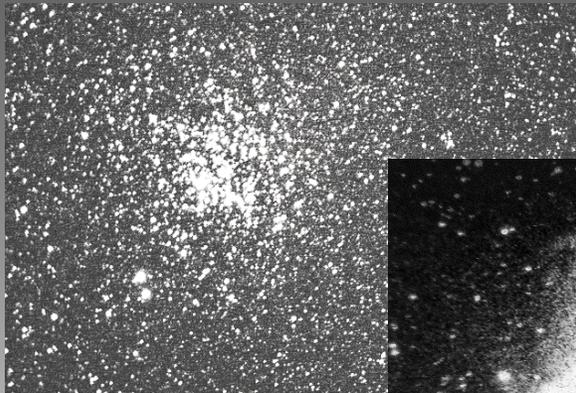


ASI1600MC-COOL Kameragehäuse

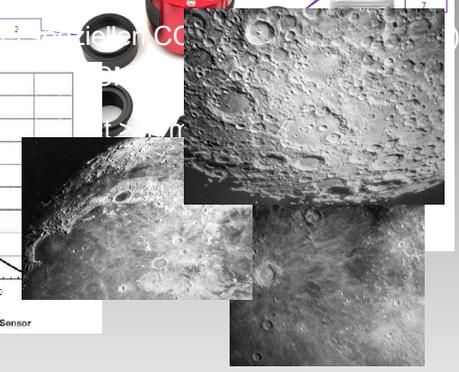
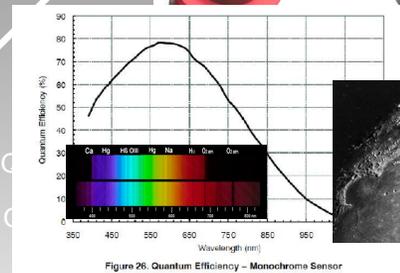
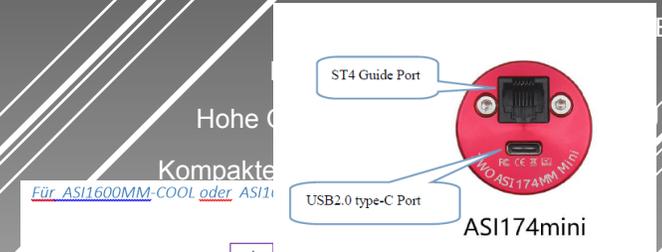


ZWO 174, C
ZWO 1600, C

Erste Ergebnisse mit der „Mini“!



Preisgünstig
Geringes Rauschen
Geregelte Kühlung



ZWO 174, C...
ZWO 1600, C...

Fazit zur „Mini“!

Auch als **Astrokamera** geeignet! **Preiswerter Einstieg!**

Hohe Quanteneffizienz (**QE ~80%**) Später als **Nachführkamera** verwenden!

Full Well 13000 **Pixel** 3.75 μ m / 1280x960 Pixel **Binning** 2x2 **ADC** 12 Bit

Geringes **Rauschen** 4.0-6.5e (manche gekühlte CCD's nicht besser)

Geringe **Abmessungen**
~ Okulargröße (36mmx61mm)

Gewicht 60g

USB 2.0

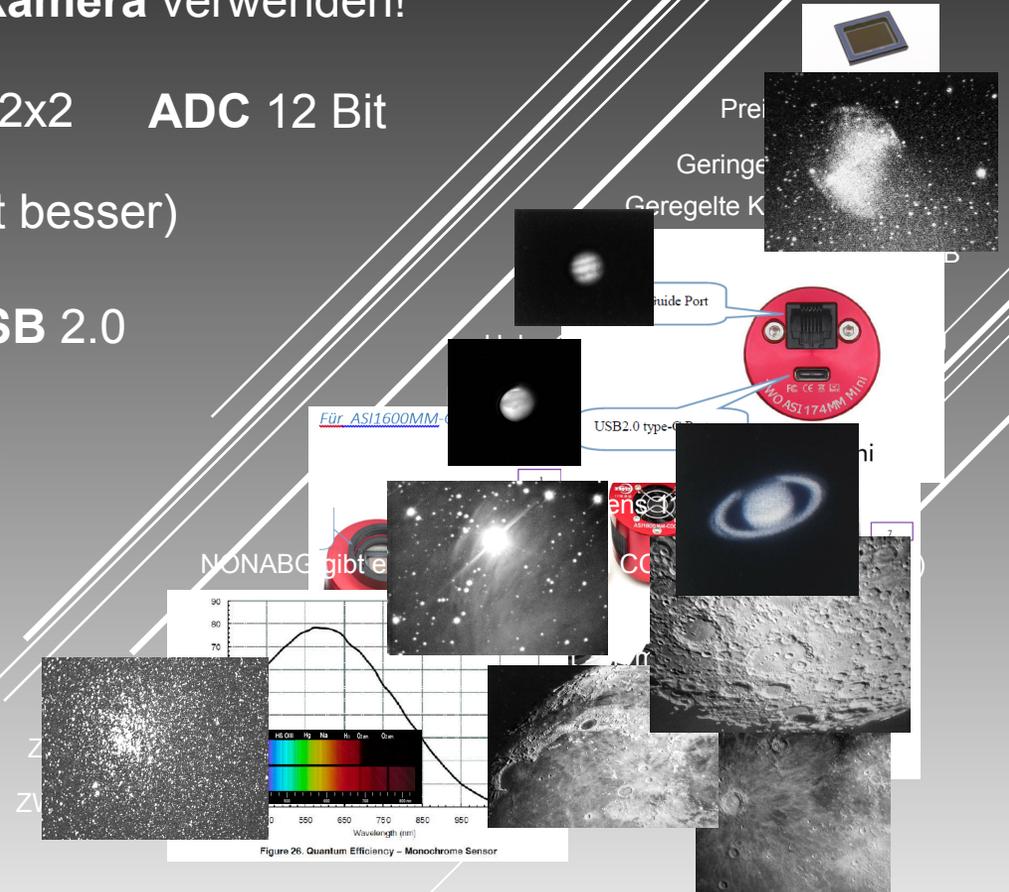
Schnelle Bildfolge

Diagonale 6.09mm
4.8mm * 3.6mm

Windows, Linux, Mac

Software ASICAP(free)
SharpCap, ASCOM, AstroArt

Keine Kühlung



Kamera Test's mit „gekühlten CMOS ??“

Meine Gedanken zu den gekühlten Kameras teilte ich der Firma Astroshop mit, auch den Umstand, daß ich nach Recherchen im Internet nicht mehr wusste, für welche Kamera ich mich entscheiden soll.

Die Firma Astroshop (D-Landsberg/Lech) bot mir spontan an die 3 Kameras für 4-5 Wochen zu testen, damit hatte ich nicht gerechnet!

Da ich Mitte September/Anfang Oktober 2018 Urlaub hatte, lag es nahe, die Kameras in diesem Zeitfenster zu testen.

Kamera Test's mit ZWO 174,183,1600

Die Kameras sind in handlichen Boxen verpackt und die 183 und 1600 kommen in einer edlen weißen Box und haben zusätzlich eine Transporttasche für die Kamera.

Die 174 kommt in einer schlichten beige Box, eine Tasche muss man sich extra dafür kaufen.

Die Verpackung ist natürlich nicht so wichtig, da man ja normalerweise bei einer Sternwarte die Kamera am Teleskop lässt.

Die Kameras haben alle die gleiche kompakte Bauform und ca. das gleiche Gewicht (~400g).

Als erste Kamera für einen Test mit der ZWO-Software entschied ich mich für die 183, die vom FOV in der Mitte der 3 Kameras liegt.

Was die Pixel betrifft, so hat sie mit $2.4 \mu\text{m}$ die kleinsten.

Da Mond war gab es erst mal Mondbilder.

Schauen wir uns zunächst ein paar Daten an!

FOV = Field of View (wahres Feld meist in Bogenminuten)

ZWO - Kamera's in Übersicht

ASI 174 Cool Mono

Diagonale 13.4mm/11.34mmx7.13mm Binning 2x2 Pixel 5.86µm/**1936x1216** QE 78%

Full Well 32000 Global Shutter Rauschen 3.5e ADC 12/10 Bit

TEC Kühlung Delta 35-40°C 24W bei max Kühlung USB 3.0

ASI 183 Cool Mono Pro (256 MB DDR3)

Diagonale 15.9mm/13.2mmx8.8mm Binning 2x2/3x3/4x4 Pixel 2.4µm/**5496x3672**

QE 84% Full Well 15000 Rolling Shutter Rauschen 1.6e USB 2.0/3.0

ADC 12/10 Bit TEC Kühlung Delta 40-45°C 36W bei max Kühlung

ASI 1600 Cool Mono Pro (256 MB DDR 3)

Diagonale 21.9mm/17.6mmx13.3mm Binning 2x2/3x3/4x4 Pixel 3.8µm/**4656x3520**

QE 60% Full Well 20000 Rolling Shutter Rauschen 1.2e USB 2.0/3.0

ADC 12/10 Bit TEC Kühlung Delta 40-45°C 24W bei max Kühlung

Größe 78mm x 84mm (Cool)

Gewicht 410g (Cool)

Betriebssysteme und Apps wie ASI 120 Mini

ZWO - Kameras Testbedingungen

Für jede Kamera wurde über einen CCD-Kalkulator das ungefähre FOV (Field of View) und die "/Pixel bestimmt. Ein 20cm Teleskop kann ca. 0.6" trennen! Zur Brennweitenreduzierung wurde der Alan-Gee (FR) verwendet. Damit ergab sich am C8 ca. 1260mm.

Dies sind für die 3 ZWO ASI 's folgende theoretischen Werte (SC 203mm/1260mm):

Kamera Version	Pixel / Auflösung	FOV	Binning (HW/SW)	Meist verwendetes Binning
ZWO ASI174	5.86 / 0.96"	19'x31'	1x1,2x2	2x2
ZWO ASI183	2.4 / 0.39"	24'x36'	1x1,2x2,3x3,4x4	4x4
ZWO ASI1600	3.8 / 0.62"	36'x48"	1x1,2x2,3x3,4x4	3x3

Hier sind für die 3 ZWO ASI 's in der Testkonfiguration meist verwendeten Parameter:

Kamera Version	Pixel /" mit BIN	FOV	Binning (HW/SW)	Meist verwendetes Binning
ZWO ASI174	5.86 / 1.92"	19'x31'	1x1,2x2	2x2
ZWO ASI183	2.4 / 1.57"	24'x36'	1x1,2x2,3x3,4x4	4x4
ZWO ASI1600	3.8 / 1.86"	36'x48"	1x1,2x2,3x3,4x4	3x3

ZWO - Kameras Testbedingungen

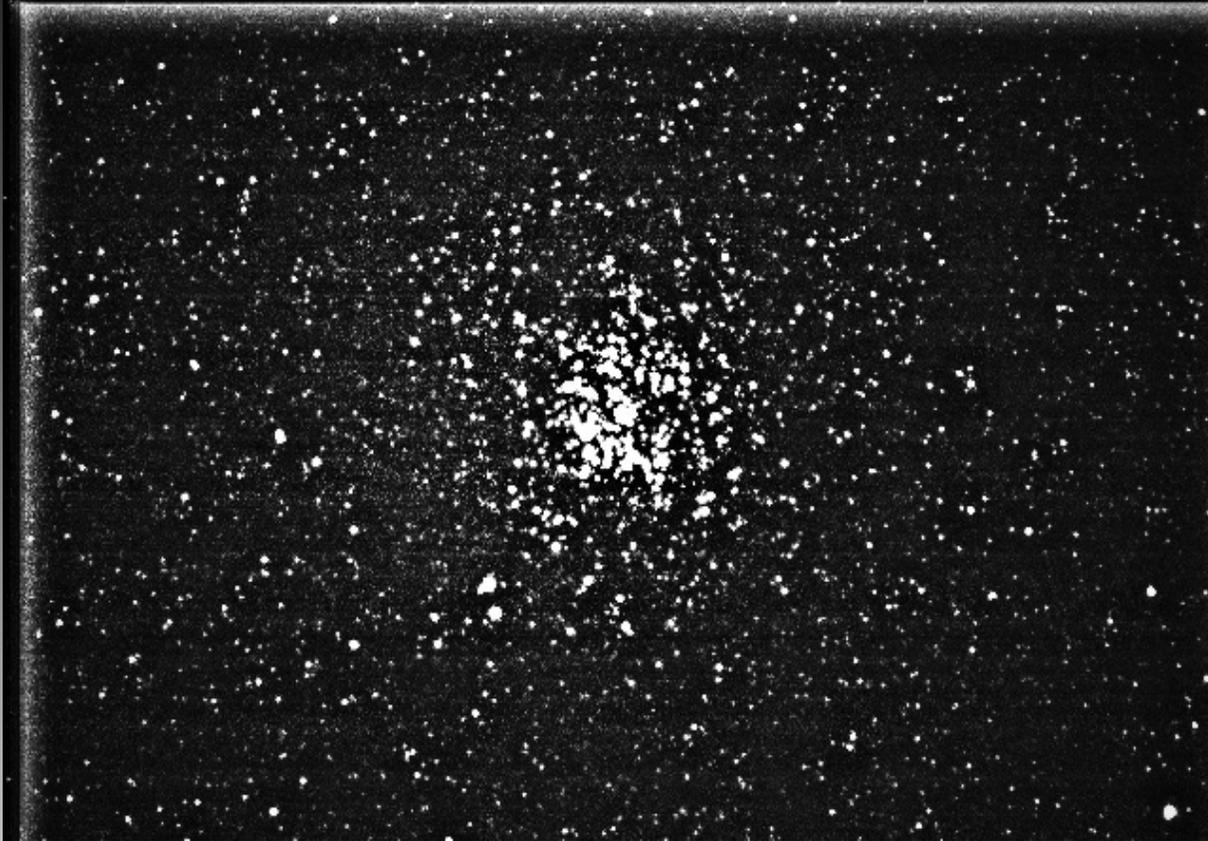
Für die **Astrometrie** ist es von Vorteil die **Auflösung** so einzustellen, dass man **$\sim 2''/\text{Pixel}$** hat. Bei der eingesetzten **Brennweite $\sim 1200\text{mm}$** hat die **174 bei $5.86\mu\text{m}$** (BIN 1) eine **Auflösung von $0.96''$** , deshalb wird **Binning 2×2** eingestellt (BIN 2 $\Rightarrow 2 \times 5.86\mu\text{m} = 11.72\mu\text{m}$).

Die **183 hat bei $2.4\mu\text{m}$** (BIN 1) eine **Auflösung von $0.39''$** , deshalb wird **Binning 4×4** eingestellt (BIN 2 $\Rightarrow 4 \times 2.4\mu\text{m} = 9.6\mu\text{m}$). Die $0.39''$ liegen unter der Auflösung des Teleskops, weshalb BIN 1×1 hier nutzlos wäre.

Die **1600 hat bei $3.8\mu\text{m}$** (BIN 1) eine **Auflösung von $0.62''$** , deshalb wird **Binning 3×3** eingestellt (BIN 3 $\Rightarrow 3 \times 3.8\mu\text{m} = 11.4\mu\text{m}$). Die $0.62''$ liegen an der Auflösung des Teleskops, es ist aber kaum zu erwarten, dass das **Seeing** so gut ist. Normal sind in **Mitteleuropa $2-3''$** , natürlich gibt es auch Werte darunter, jedoch nicht sehr lange Konstant.

Es folgen nun Bildbeispiele gewonnen mit den 3 Kameras

ZWO - Kameras Bilder



M11 / ASI174 Cool C8 /f=1260mm (Alan Gee) 26x5s
(-10°C) J.L. (IR-Cut); J. Linder/Durmshheim; BIN2)

Die 174 ist preislich bei ~1100€
Beim Test wurde die höhere Full Well
der 174 nicht getestet. Es wurde
bei allen Kameras die ZWO –
Einstellung „LRN“
(LOW READ NOISE) ver-
wendet. Hier ist die FW
eher niedrig (~1k).
3 Kameras mit allen
Möglichkeiten zu
testen, gelingt
auch in 4
Wochen
nicht.

ZWO ASI 174 Cool Mono

ZWO - Kameras Bilder

ZWO ASI 183 Cool Mono



M33 ASI183 Mono Cool @-10°C; ~40x10s Stack; BIN4
Mit Astroart (nur 1 Dark!); C8 mit Alan Gee f=1260mm;



ASI183 Meropenebel BIN4 / September/Oktober
2018 / Durmersheim / Jürgen Linder

Die 183 ist preislich
bei ~1300€
Sie hat die kleinsten
Pixel und die
geringste FW der 3
Kameras.
Sie hat mit 84% den
größten QE.

ZWO - Kameras Bilder

ZWO ASI 1600 Cool Mono



M33 ASI1600 Mono Cool @-10°C; ~40x10s Stack; BIN3
Mit Astroart (nur 1 Dark!); C8 mit Alan Gee f=1260mm
Mond!!



ASI1600 / M8/ BIN3 / 7. Oktober 2018 /sehr tief
~40x10s / SQL 18.65m/ Durmersheim / Jürgen Linder

Die 1600 ist
preislich bei
~1600€
Sie hat den
größten Sensor.

ZWO - Kameras Bilder



Komet 29P
Schwassmann-
Wachmann
im Ausbruch
September/Okt
ober 2018

ZWO ASI 1600 Cool Mono

ZWO - Kameras Test / Ort

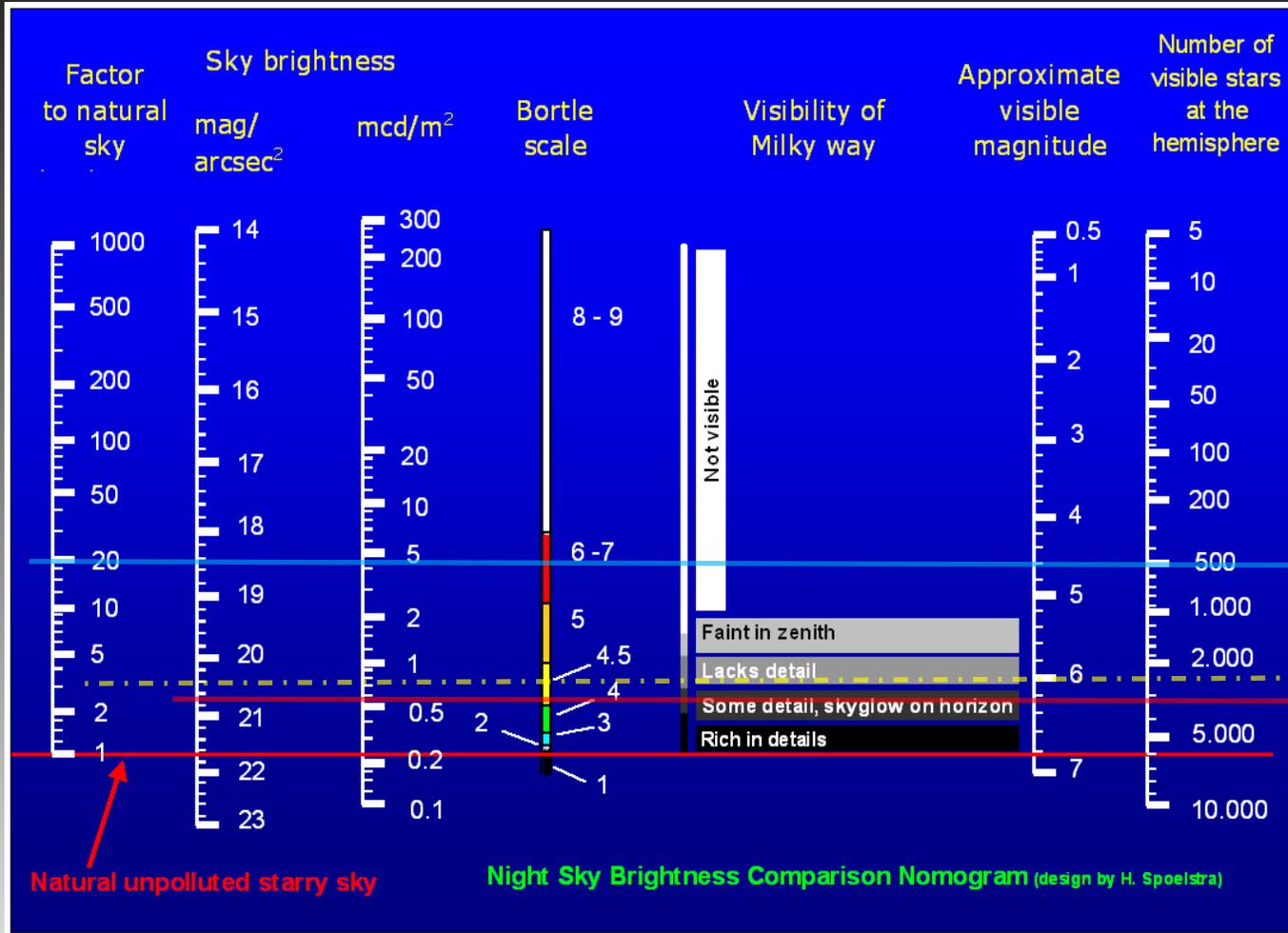
Die Bedingungen beim Test waren durchschnittlich am Ort Durmersheim Im Eck.

Die Zenitwerte mit dem SQL-Meter waren im Zenit meist bei 20.4m (Neumond) und in $\sim 15^\circ$ Höhe bei 19m. Bei Mond lagen die Bedingungen sehr unterschiedlich zwischen 17-19.5m je nach Phase.

Hier noch eine Aufnahme der Milchstraße von meinem Beobachtungsort (> 10000 EW) aus. Die Aufnahme entstand Mitte August 2018. Das SkyQuality-Meter zeigte **im Zenit 20.66m** (Bortle ~ 4.2) Hintergrund-Helligkeit an (Durchschnitt 20.4m/Bortle $\sim 4.6/\sim 5.7$ m). Das (20.66m SQL) entspricht ~ 6.2 m Sterne mit bloßem Auge (kommt nur sehr selten vor!).



ZWO - Kameras Test / Ort



Bortle Skala und Himmelshelligkeit
aus Darky Sky Webseite

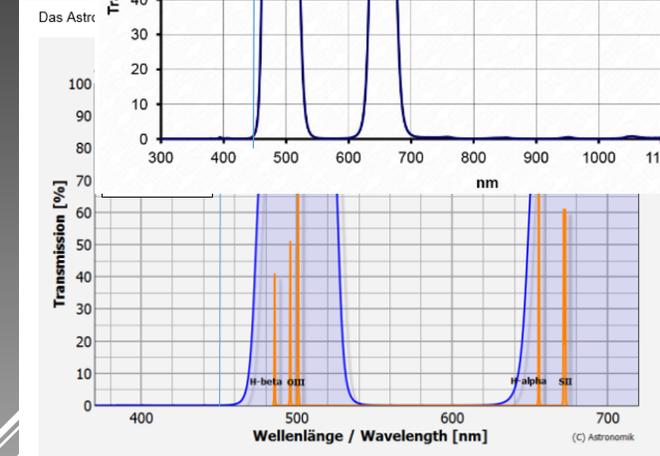
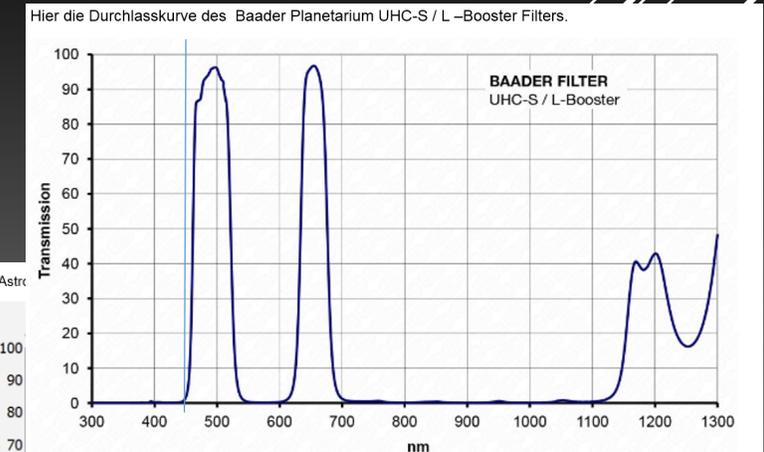
ZWO – Kameras Filter IR-CUT / LPR

Die Tests wurden alle nur mit dem IR-Sperrfilter durchgeführt!

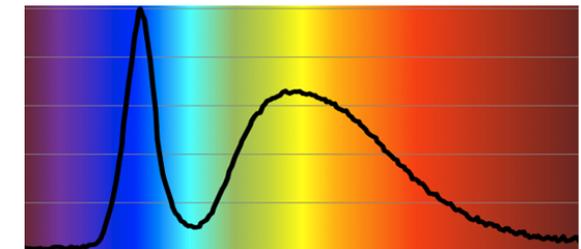
Ein spezieller Filtertest soll im September 2019 folgen.

Bis zum Kauf einer der 3 gekühlten Typen wurde beim Autor die ASI Mini Mono mit einem Baader Kontrast Booster eingesetzt.

Die ASI Mini wurde mit einem Doppelstack aus 2 Telekompressoren eingesetzt für Astrometrie und Pretty Pictures.



Das Astronomik - CLS sollte den Blauanteil der NW-LED's auch sperren.



Spektrum der neutral weißen LED-Beleuchtung (schwarze Linie / Grafik aus Dark-Sky Switzerland
<http://www.darksky.ch/dss/de/wissen/licht/>

Eine weitere Alternative kann auch das "Baader Kontrast Booster" Filter sein. Es ist etwas Breitbandiger als die reinen LPE's (Light Pollution Filter). Laut Hersteller Angaben sollte das Filter für CCD/CMOS mit einem IR-Sperrfilter kombiniert werden.

Ergebnisse zu Grenzgrößen und Astrometrie

Um zu einer Entscheidung, welche Kamera, zu kommen, war es wichtig die Grenzgröße bei verschiedenen kurzen Belichtungszeiten zu ermitteln.

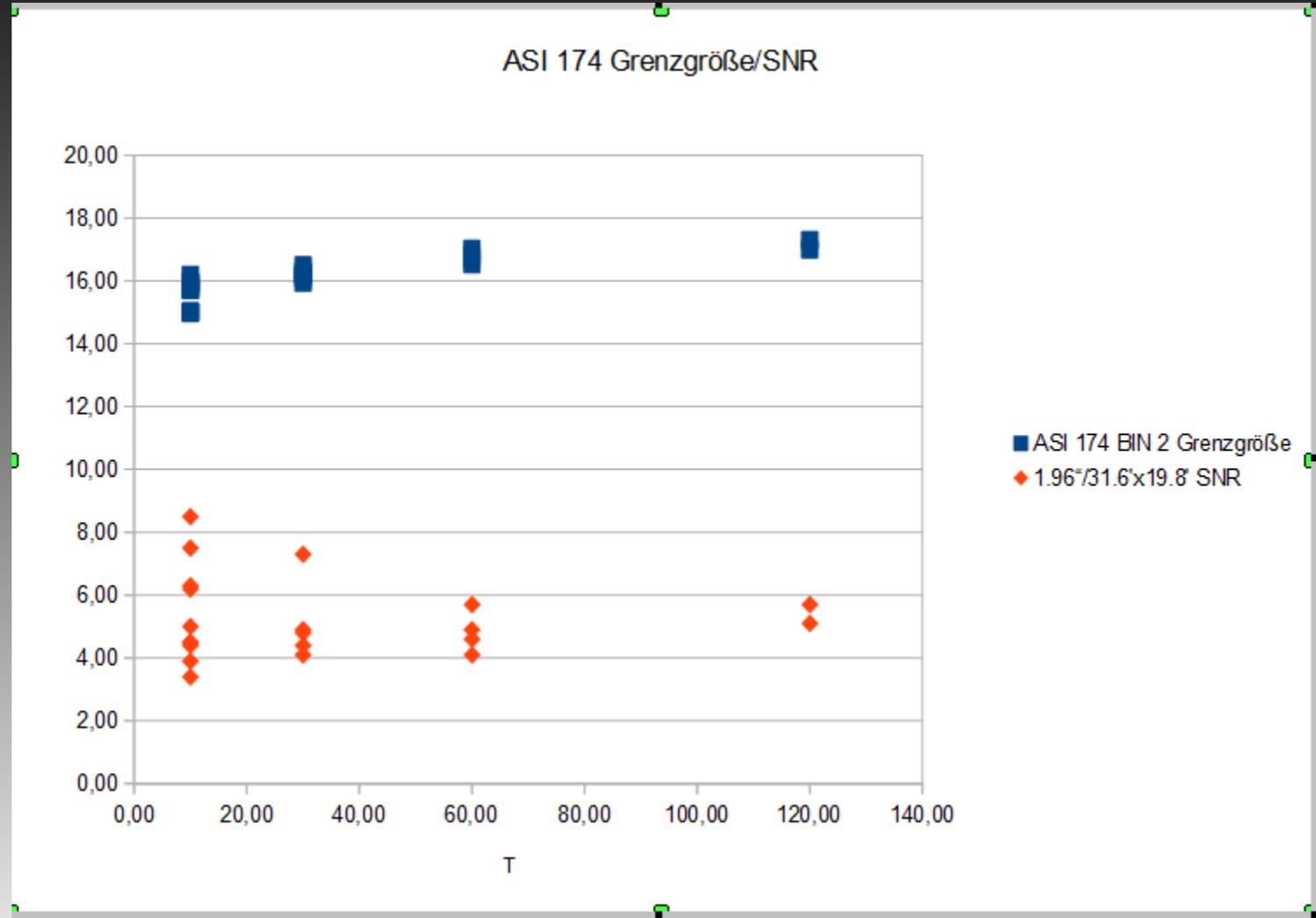
Das Feld ist natürlich auch wichtig, welche Belichtungszeiten für eine bestimmte Grenzgröße hatten, die jedoch höchste Priorität!

Weitere Kriterien waren, Handhabung und kann der „AMP-Glow“ durch „DARKs“ vollständig beseitigt werden.

Und natürlich der Preis, da beim Kauf einer Kamera auch gleich ein motorisches Filterrad (plus günstiger LRGB-Filter) gekauft werden sollte.

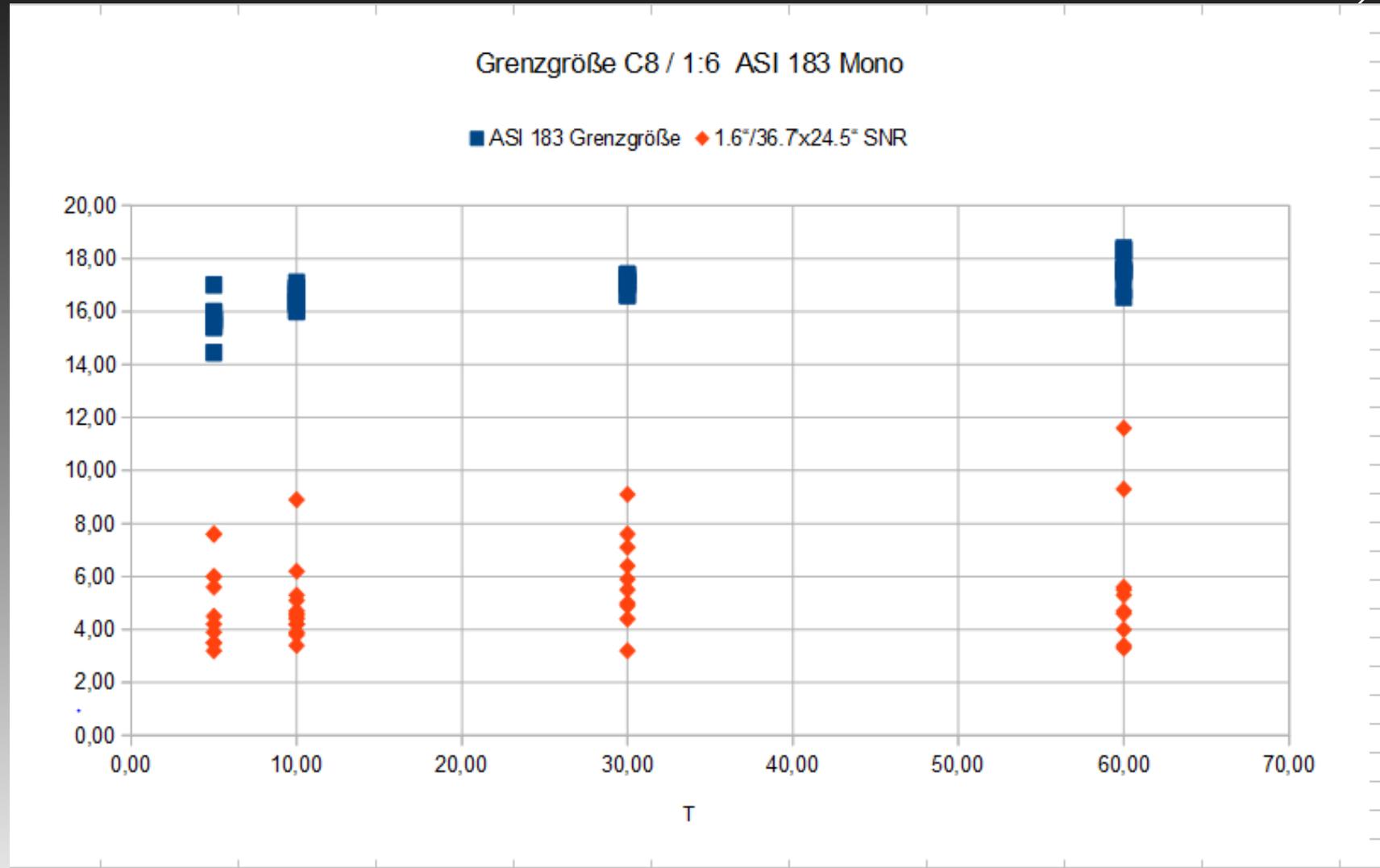
Ergebnisse 174

C8 F=1234mm	ASI 174 BIN 2	1.96°/31.6'x19.8'
Zeit in S	Grenzgröße	SNR
10,00	15,79	6,30
10,00	15,00	8,50
10,00	15,72	3,90
10,00	15,98	4,50
10,00	14,97	7,50
10,00	15,70	3,40
10,00	15,90	4,40
10,00	16,20	4,50
10,00	15,04	6,20
10,00	15,93	5,00
30,00	16,10	7,30
30,00	15,94	4,90
30,00	16,18	4,90
30,00	16,22	4,10
30,00	16,30	4,40
30,00	16,50	4,80
60,00	16,82	4,60
60,00	16,53	4,10
60,00	17,02	4,90
60,00	16,70	5,70
120,00	17,30	5,70
120,00	17,00	5,10



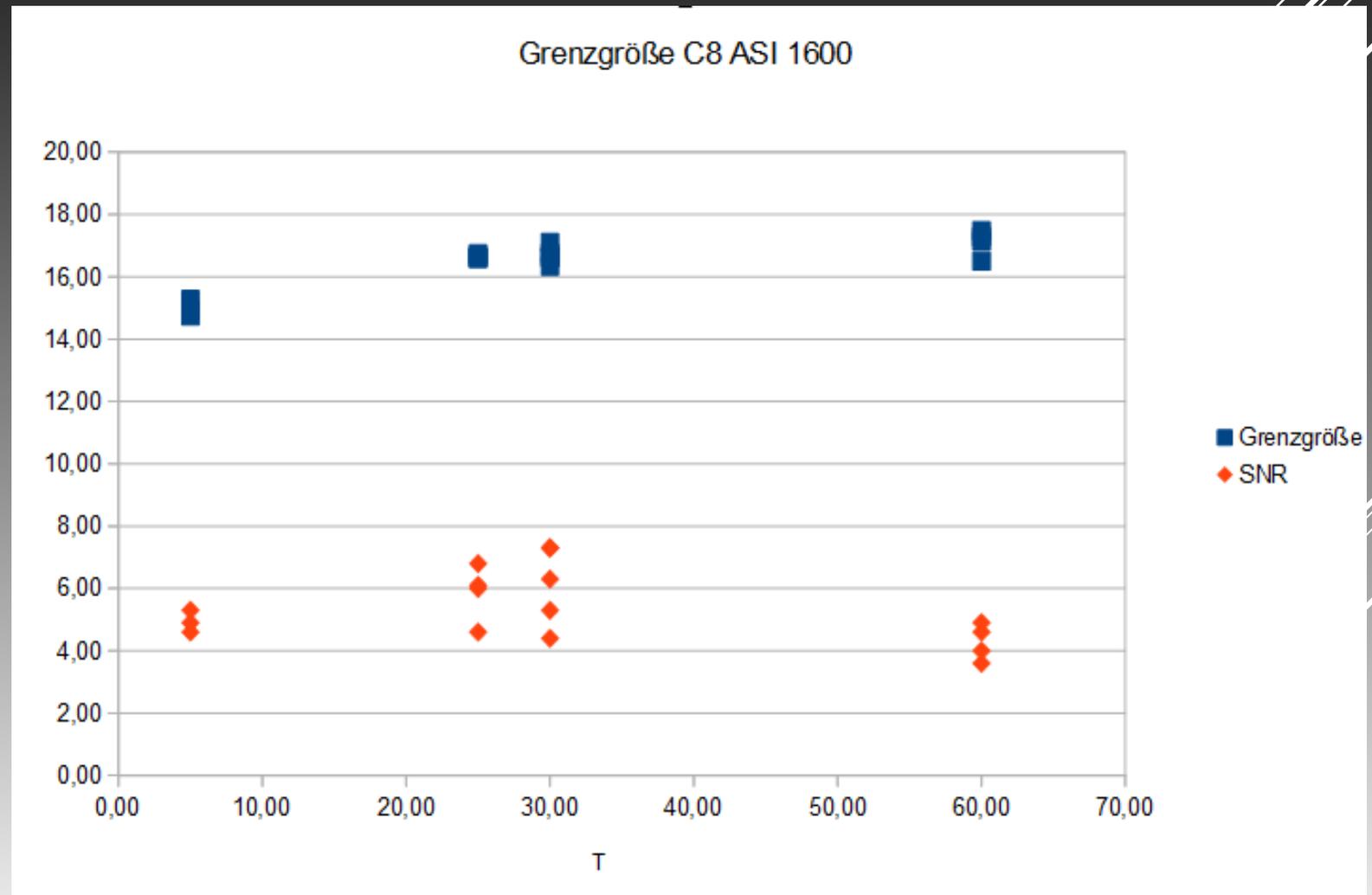
Ergebnisse 183

Zeit in S	Grenzgröße	SNR
5,00	15,67	3,50
5,00	15,60	6,00
5,00	15,80	3,50
5,00	15,50	7,60
5,00	14,45	6,00
5,00	15,40	3,90
5,00	15,42	4,50
5,00	17,00	3,20
5,00	15,60	7,60
5,00	15,70	5,60
5,00	15,69	4,20
5,00	15,96	4,20
5,00	16,00	4,20
10,00	16,04	8,90
10,00	16,81	4,70
10,00	16,35	4,70
10,00	16,39	4,40
10,00	16,25	5,10
10,00	16,27	6,20
10,00	16,00	4,50
10,00	16,70	4,20
10,00	16,90	4,60
10,00	16,62	4,20
10,00	16,63	3,90
10,00	17,10	3,40
10,00	16,90	3,80
10,00	16,40	5,30
30,00	17,02	5,90
30,00	16,64	9,10
30,00	17,20	7,10
30,00	17,00	4,40
30,00	17,40	5,00
30,00	17,15	4,90
30,00	17,30	5,50
30,00	17,10	6,40
30,00	16,60	7,60
30,00	17,40	3,20
60,00	18,30	5,50
60,00	18,40	3,30
60,00	17,50	3,40
60,00	16,80	11,60
60,00	17,60	4,70
60,00	17,41	5,30
60,00	16,53	9,30
60,00	17,80	4,00
60,00	17,80	4,60
60,00	17,50	5,60



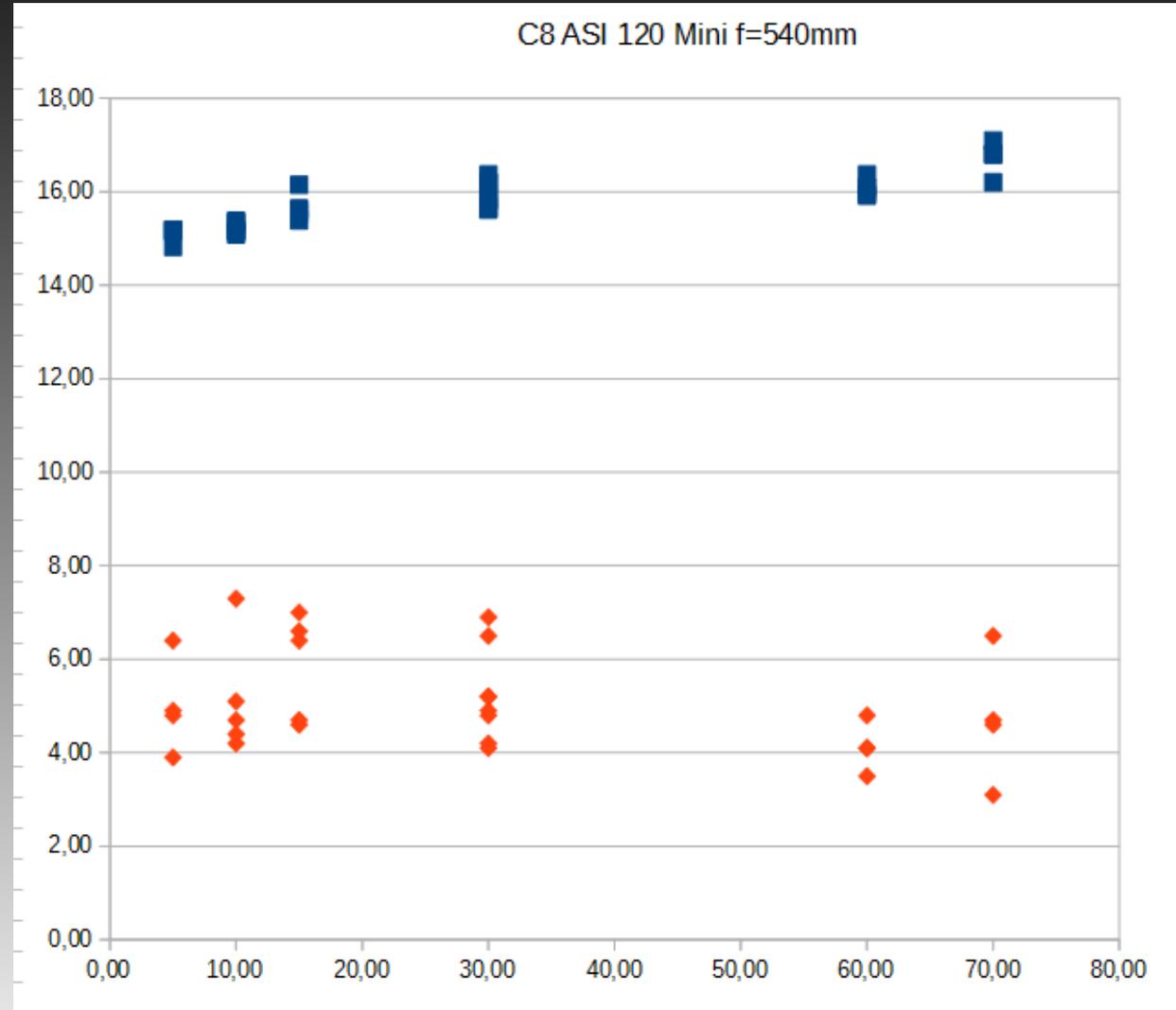
Ergebnisse 1600

C8 f=1235mm	ASI 1600	1.9°/49.2'x37.2°
Zeit in S	Grenzgröße	SNR
5,00	14,74	4,90
5,00	15,27	5,30
5,00	14,93	4,60
25,00	16,60	6,00
25,00	16,65	6,10
25,00	16,59	6,80
25,00	16,74	4,60
30,00	16,34	5,30
30,00	16,63	7,30
30,00	16,75	6,30
30,00	17,10	4,40
30,00	16,63	7,30
60,00	17,29	4,60
60,00	16,50	3,60
60,00	17,14	4,00
60,00	17,48	4,90

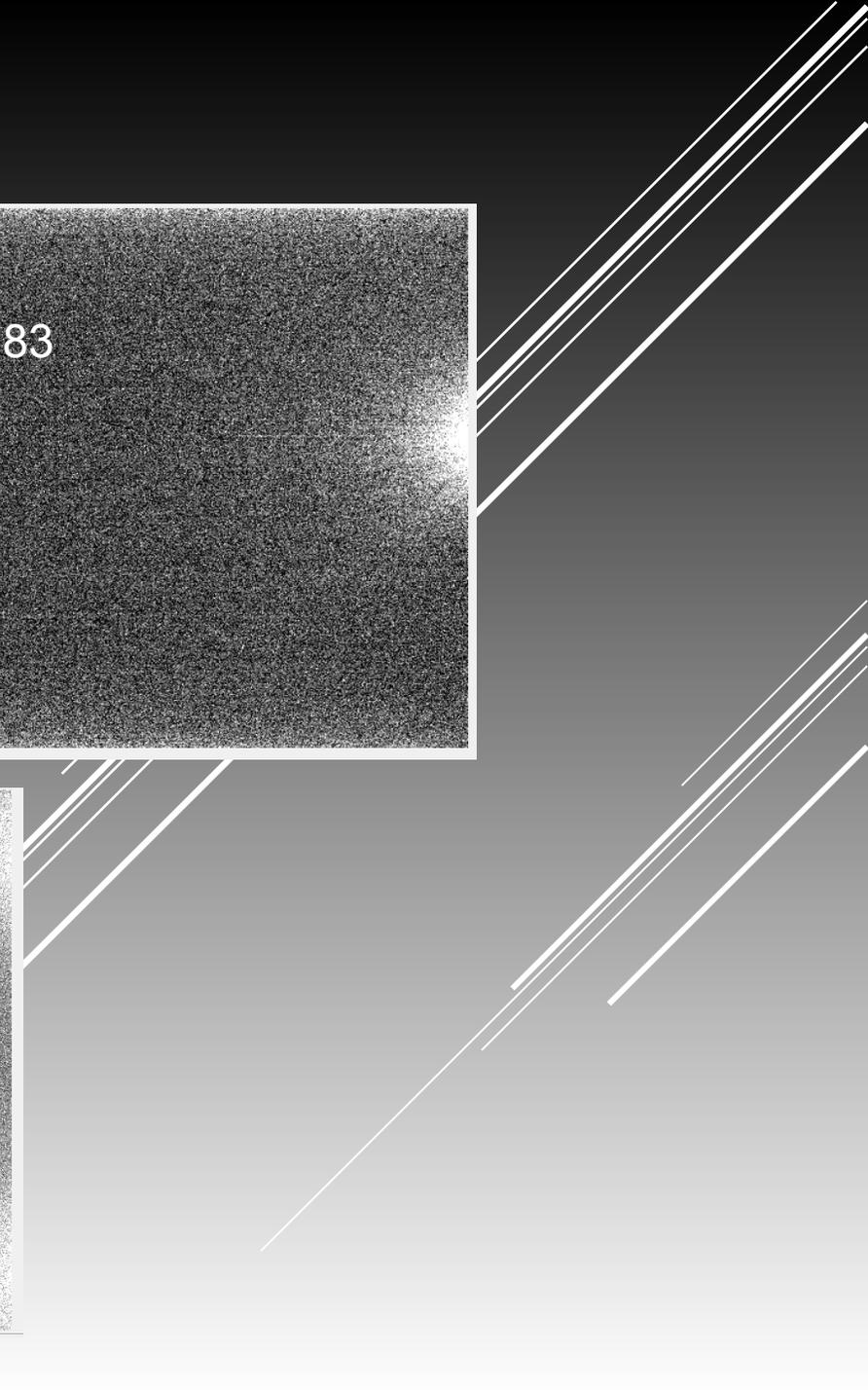
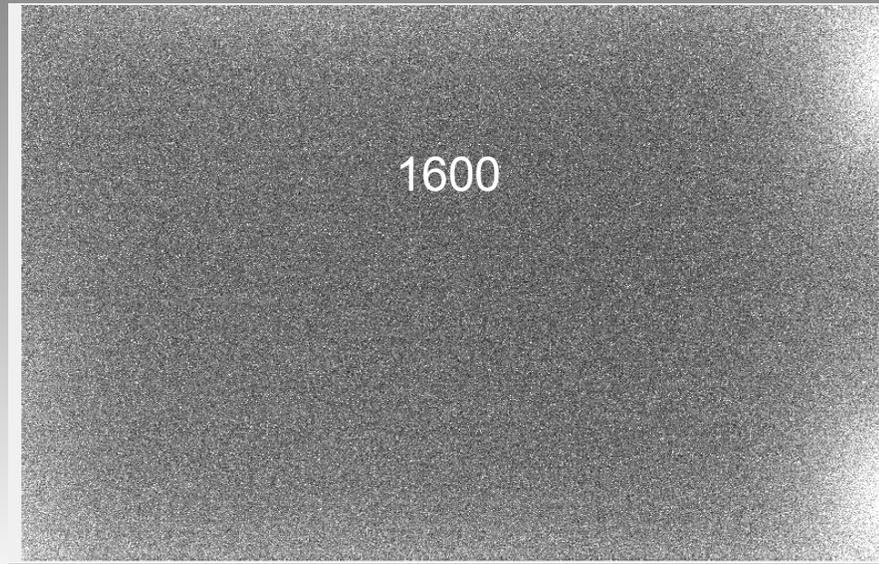
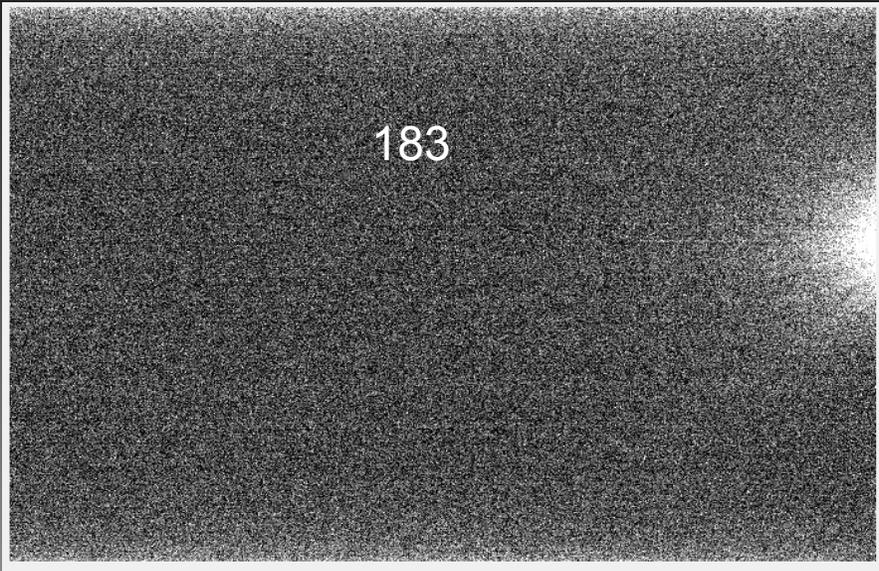
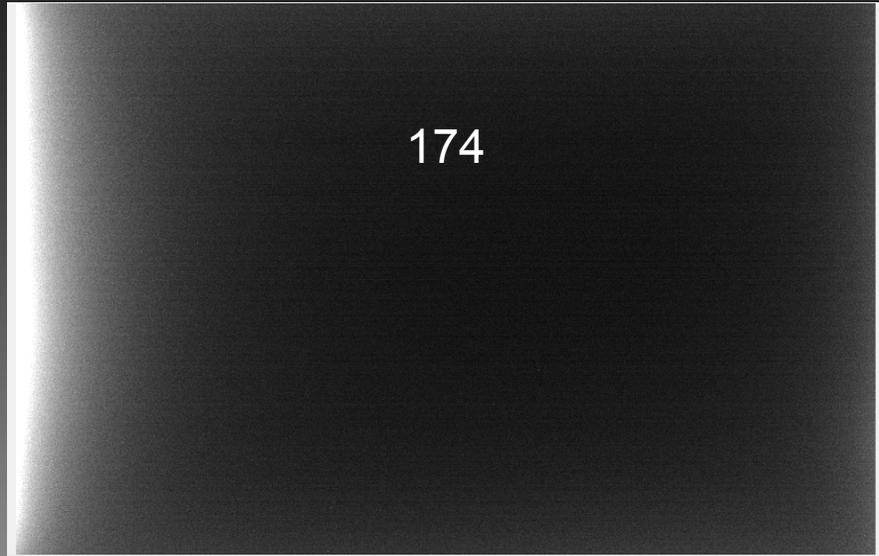


Ergebnisse 120

C8 f=540mm	ASI120	2.86°/30.5°x22.9°
Zeit in S	Grenzgröße	SNR
5,00	15,19	4,80
5,00	14,82	6,40
5,00	15,15	4,90
5,00	15,19	3,90
10,00	15,09	4,20
10,00	15,18	4,40
10,00	15,16	5,10
10,00	15,38	4,70
10,00	15,34	7,30
15,00	15,64	4,70
15,00	15,39	6,40
15,00	15,53	7,00
15,00	16,15	4,60
15,00	15,61	6,60
30,00	16,19	4,20
30,00	15,66	5,20
30,00	15,99	6,90
30,00	16,37	4,10
30,00	16,20	5,20
30,00	15,62	4,80
30,00	15,84	4,90
30,00	15,81	6,50
60,00	15,98	4,10
60,00	16,09	3,50
60,00	15,92	4,80
60,00	16,37	4,10
70,00	16,80	3,10
70,00	17,10	4,70
70,00	16,80	6,50
70,00	16,20	4,60



AMP-GLOW



CMOS - Kameras

Für Astrometrie ist Farbe unwichtig...

Aber manchmal kann man auch ein LRGB machen....



CMOS - Kameras Ende

Danke für Eure Aufmerksamkeit

Als weitere Themen sind geplant

Weitere Ergebnisse zu den CMOS-Kameras

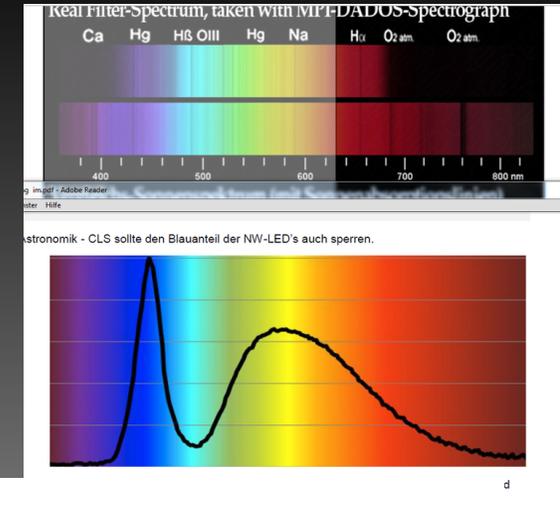
Filter gegen Lichtverschmutzung im Test



16BIT

**Native 16BIT ADC
65536 Levels**

The QHY600 is cooled CMOS camera with native 16-bit A/D on-chip. The output is real 16-bits with 65536 levels. To compare with the 12bit and 14bit ADC. The 16bit ADC can get high sample resolution, system gain will be less than 1e/ADU. No sample error noise and low noise.



Great Full Well

49ke- at 3.76um
>400ke- in Binning

One benefit of the back-illuminated CMOS structure is improved full well capacity. This is particularly helpful for sensors with small pixels. Even with unbinned 3.76um pixels the QHY600 has a full well capacity of 49ke-. When binned 2x2 to 7.5um the full well is 196ke- and when binned 3x3 to 11um the full well is 441ke-.

