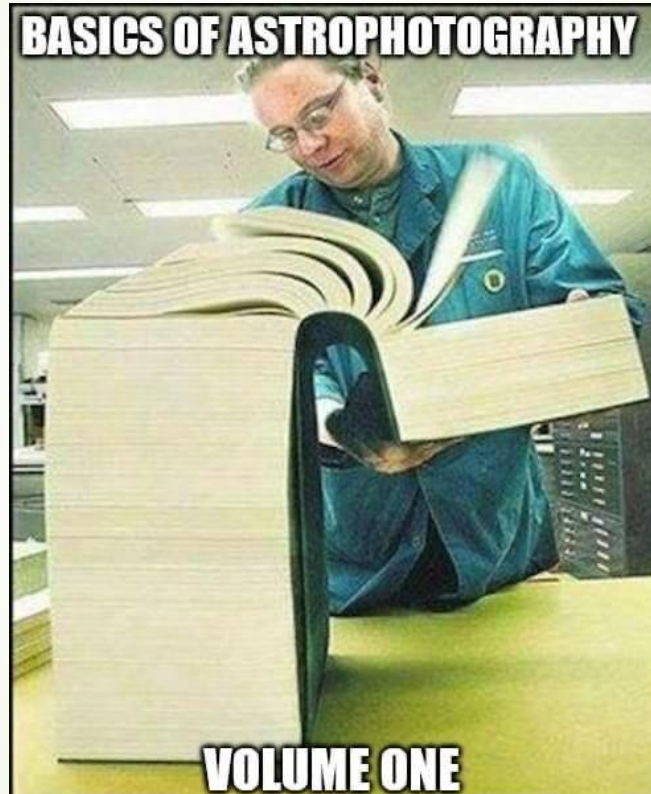


# AG Astro-Praxis-Foto

Teil 2 der praktischen Astronomie auf der Wilhelm-Foerster-Sternwarte

Leitung : Dieter Maiwald, Andre Nicolai und Matthias Kiehl

# Einstieg in die Astrofotografie



# Was ist der Plan?

- Vermittlung von Grundlagenwissen und Techniken zur Astrofotografie
- Ausgabe Foliensatz „AG Astro-Praxis-Foto“
- Erprobung in der Praxis mit Übungen
- Einführung in die Bildbearbeitung mit Siril und Gimp
- Arbeiten in Projekten

# Voraussetzungen

- Der Inhalt vom ersten Teil der AG Astro-Praxis
- Teleskope und Zubehör
- Orientierung am Himmel und Einstellen von Objekten
- Aufstellung und Einnordung der parallaktischen Montierung
- Wichtige und nützliche Programme Skript „Astro-Praxis-Programme“
- Goto-Teleskopsteuerung und Steuerung über das Notebook
- Objekte finden und identifizieren mittels Platesolving (ASTAP).
- Erfahrungen in der Bedienung von Teleskopen
- Notebook Bedienung im „Dunkeln“

# Die mentale Voraussetzung

- "Astrofotografie ist die Garantie zum Scheitern mit der Option auf Erfolg."  
(unbekannter Autor)
- „Mindestens 70% eines Astrofotos macht eh zum Schluss nur EBV aus (25% Teleskop, Technik u. Kamera), der Rest ist Glück Mond Glühwein und die blöden Lampen in Nachbars Garten“ (Zitat von Ernie)
- Astrofotografie ist nichts für „Ungeduldige“
- Setzt Computeraffinität und hohe Lernbereitschaft voraus
- Gute Ergebnisse entstehen nicht durch Zufall sondern als Folge guter Vorbereitung
- Eine gute Vorbereitung beinhaltet das Testen der einzelnen Arbeitsschritte
- Trotz guter Vorbereitungen werden sich immer wieder Fehlerquellen einschleichen – Murphy lässt grüßen
- Astrofotografie ist ein Handwerk das man Erlernen muss, mit Erfolg und Misserfolg. Da gibt es keine Abkürzung.

## Warten...

- Aber warten ist doch das was man bei der Astrofotografie hauptsächlich macht.
- Warten aufs Gehalt für ein neues Teleskop.
- Warten auf das neue Teleskop.
- Warten auf gutes Wetter.
- Warten bis die Aufnahmesession durch ist.
- Warten auf das Stackingergebnis..



# Material

- Das Skript „Der Teleskopführerschein“ mit Literatur und Internet-Links
- Das Skript „AG Astro-Praxis“ mit Internet-Links
- Das Skript „AG-Astro-Praxis-Foto“ mit Internet-Links
- Das Skript „Astro-Praxis-Programme“ mit Installationshinweisen
- Bildbearbeitung mit Siril und Übungsaufgaben
- Download unter <https://github.com/matthias-kiehl/Astro-Praxis>
- Download WFS-Server
- Teilnehmer bringen ihre eigenen Notebooks mit.
- Installierte Programme: Fitswork, Siril und Gimp

# Aufgaben und Projekte

- Sonnenfotografie im Weißlicht und H-alpha
- Videos bzw. Animationen von Protuberanzen
- Videos Anblick durchs Fernrohr – Sonne/Mond/Planeten und Deepsky (es gibt immer mal wieder Anfragen von den Medien).
- Hochauflösende Mond – und Planeten Fotografie – Aufnahme und Auswertung
- Kleine Planetarische Nebel mit langer Brennweite (12“) aufnehmen mit Sekunden Belichtungszeit und auswerten.
- Aufnahme eines aktuellen Kometen mit Goto-Teleskop
- Live- Übertragung einer Sonnen/Mondfinsternis von der WFS – Know How, Team und Equipment



# Technik

- 12 Zoll Bamberg – Refraktor
- 6 Zoll Refraktor – muss noch instand gesetzt werden
- 8“ und 10“ Newton und 10“ SCT
- Montierung EQ6 und AZ-EQ6 Goto
- Azimutales 8“ Celestron Goto
- ASI2600C Farbkamera und Planetenkamera



10

# Historie

## Astrofotografie auf Film in den 70zigen

- Die SW-Filme waren nicht Ha empfindlich
- Kodak  
Spektroskopische Filme  
direkt aus USA bestellt
- Sind schnell verdorben  
bei 20°C
- Mit Rotfilter am 6" dem  
500/4 Spiegeltele.



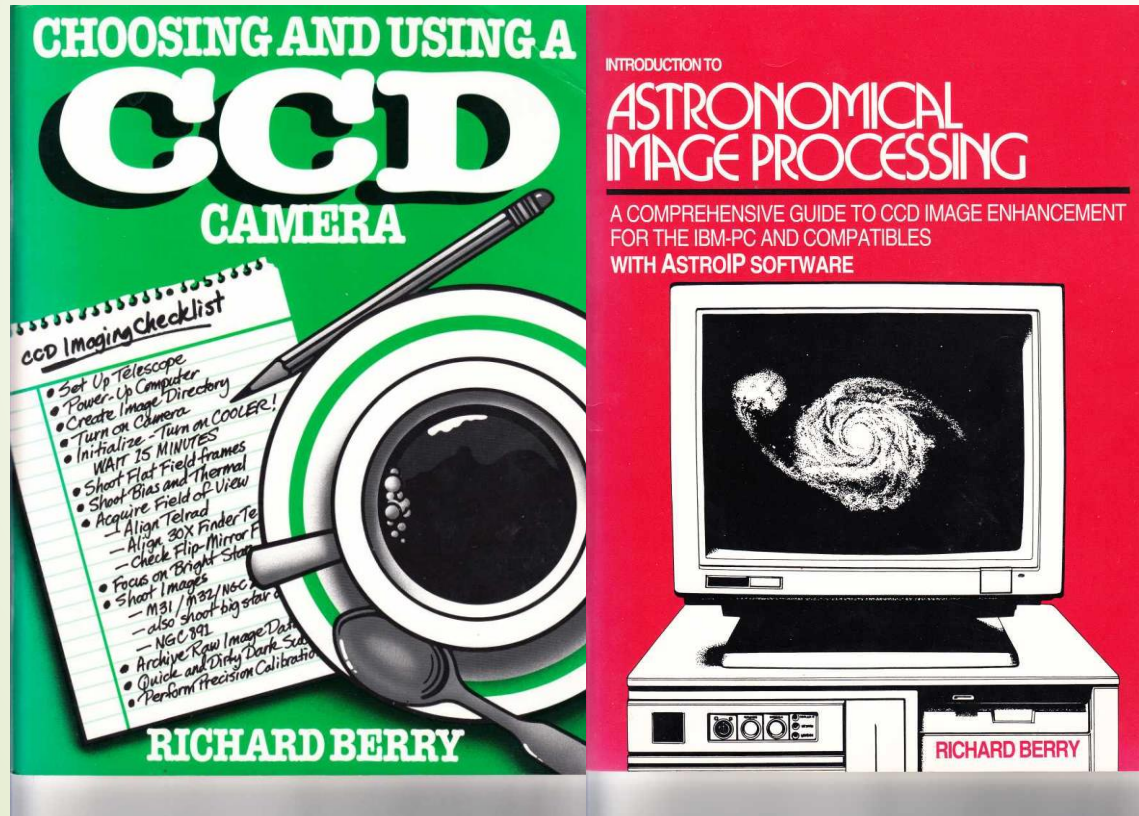
## Astrofotografie in den 80-90ziger

- Kodak produzierte keine spektroskopische Filme mehr, da die Profis auf CCD umgestiegen sind.
- Filme empfindlicher machen (Schwarzschild-Effekt) Hypersensibilisieren
- Film mit Forming-Gas (Wasserstoff-Stickstoff) „backen“ und gleich in die Kamera
- S/W Dokumentenfilm Kodak Technical Pan, Ha-empfindlich, hypern
- Farbnegativ-Filme mit 200-400 ASA hypern
- Aufwendig fotografisch umkopieren
- Erste Filmscanner und Bildbearbeitung im PC ( die PC hatten nur 8MB Arbeitsspeicher und leistungsfähige Rechner waren sehr teuer)
- Erste Fotodrucker

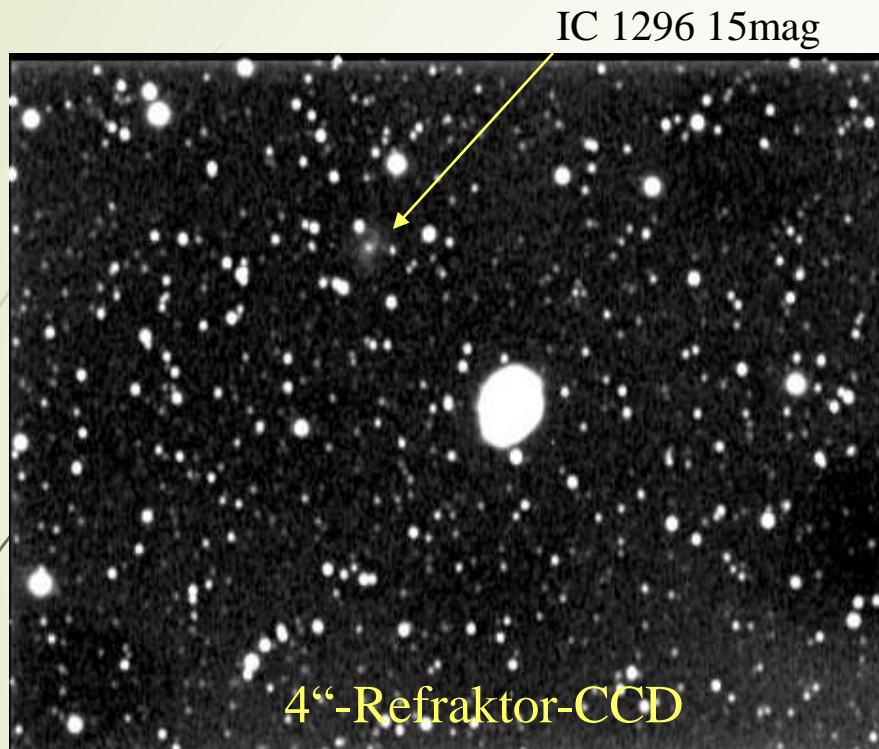


# Astrofotografie in den 90ziger-2000er

- Cookbook Kamera im Selbstbau 6x4 mm 378x242 Pixel TC245-Chip



# Erste CCD-Kamera Starlight Xpress MX512



Galaxien von 15mag vom Balkon !



# Kameras heute

# Welche Kameras für Deep Sky gibt es heute?

Digitale Spiegelreflexkamera  
DSLR/DSLM, Nikon, Canon



Gekühlte CMOS Farbkamera mit  
ähnlichen Chip wie bei DSLR

ASI, QHY, ToupTek



Gekühlte CMOS S/W Kamera mit  
Filterrad (R-G-B) mit S/W- Chip

ASI, QHY, ToupTek



Kameras mit einem CCD-  
Chip werden heute immer  
mehr von den CMOS  
Kameras verdrängt

## Konsumenten-Kameras

- Die normalen Konsumenten-Kameras DSLR oder DSLM 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 das RAW-Format wählt.
- Wie unterscheidet man den Hobbyknipser vom ambitionierten Fotografen? Am Dateiformat (Hobbyknipser=JPG)
- 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.

## Umbau zur Astro-Kamera - Entfernen des IR-Sperrfilters Nach dem Ausbau - Manueller Weissabgleich



## Eigenschaften der DSLR/DSLM

- 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 und Vorverarbeitung im RAW-Format.
- Kein Infrarot-Sperrfilter (für rote Gasnebel)



## Farb-Astrokameras

- Viele scheuen den Aufwand Farbbilder mit einer Monochrom-Kamera und drei Filtern R-G-B. Die Bildverarbeitung bei Farbkameras ist nicht einfacher sondern anders.
- Die Farbkamera ist kostengünstiger, da Filterrad und Filter wegfallen
- Andererseits muss man mit den Filtern auf dem Chip Leben und kann sie nicht austauschen
- Was die Kalibrierung angeht, d.h. Darks, Flats und BIAS sind die Farb-CMOS Kameras ziemlich „zickig“. BIAS geht gar nicht und die Lights sind nicht immer identisch und Flats sollte man nicht zu kurz belichten . Außerdem haben die „älteren“ noch das Verstärkerglühen.
- Bei den aktuellen 533 und 571 Chips hat sich das deutlich gebessert.
- Kühlung mindert das Rauschen.
- Die Kühlung ist von Vorteil da immer die gleiche Temperatur für die Kalibrierungsbilder hat, die man auch später noch machen kann.

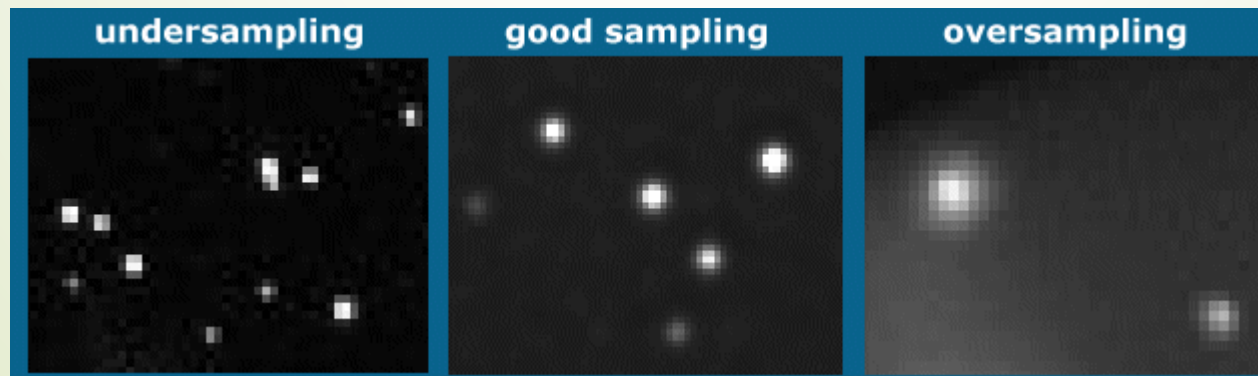


## Die S/W Kamera

- Die Kamera ist meistens teuer als die Farbkamera. Zusätzlich noch Kosten für Filter und Filterrad.
- Sie ist deutlich empfindlicher als die Farbkamera.
- Durch jedes Filter Rot, Grün und Blau wird eine Bilderserie gemacht und zusätzlich die passenden Flats und Flatdarks.
- Kalibrierung ist deutlich, einfacher bis auf das Verstärkerglühen, das durch Darks beseitigt werden kann.
- Im Ergebnis sind die Bilder etwas besser als mit Farbkamera. Das hängt wieder den Aufnahmebedingungen, Belichtungszeit und Erfahrung ab.
- Aufnahme mit Schmalbandfiltern Ha, OIII und SII (Hubble-Palette)

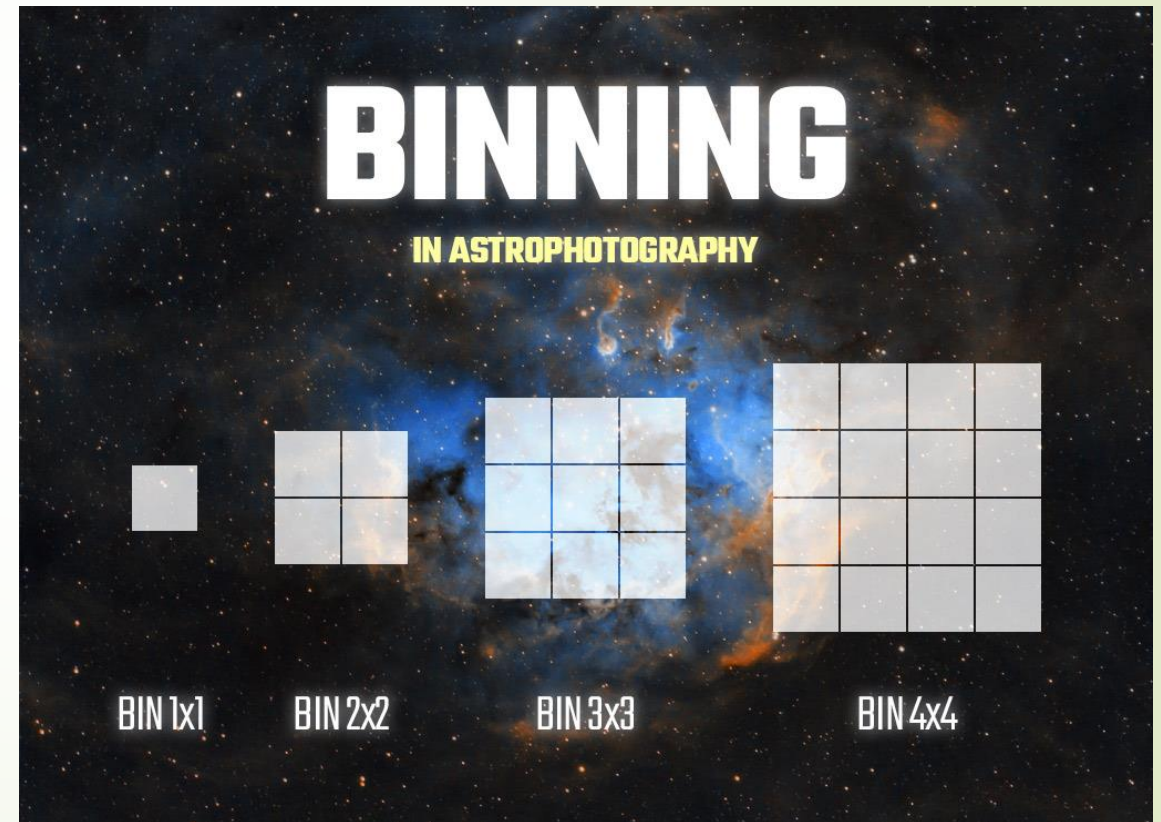
## Welche Kamera? – Welcher Chip?

- Chipgröße – Brennweite und Gesichtsfeld
- QE: Quanten-Effizienz (der Wirkungsgrad) – spektrale Empfindlichkeit – Rot oder Grün
- Pixelgröße – Brennweite – Seeing – Ideale Pixelgröße
- Abtasttheorem steckt dahinter
- Bogensekunden pro Pixel =  $\text{Pixelgröße}[\mu\text{m}] / \text{Brennweite}[\text{mm}] * 206$
- Pixelgröße und Brennweite sollten zwischen 0,67" und 2" pro Pixel sein.
- Das bedeutet kurze Brennweite -> kleine Pixel
- Große Brennweite -> große Pixel ,75er  $f=5800 > 15\mu\text{m}$



## Binning – Das Superpixel

- Die Bilder profitieren von einem verbesserten Signal-Rausch-Verhältnis (4 x Mal mehr Signal pro Pixel).
- Das Ausleserauschen addiert sich, ist aber eher gering.
- Die Fullwell-Capacity steigt.



## Wann Binning?

- Voraussetzung: Man muss genügend viele Pixel haben
- Schwache Signale sichtbar machen.
- Verbesserung des Signal zu Rauschverhältnis SNR
- Zu lange Brennweite
- Grobe Fokussierung, Positionieren, Bild kleiner wird schneller geladen.

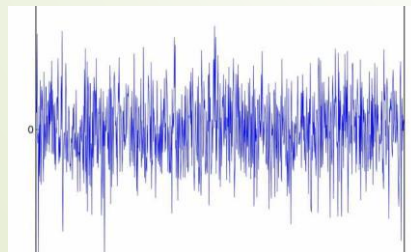
# Bildrauschen

Das Zappeln von Messwerten um einen Mittelwert

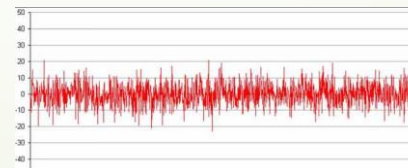


# Rauschanteile

- Das Bild besteht aus Rauschen der Photonen auf dem Bild, statistisch gleicht es einer Poisson-Verteilung. Fürs erste sind drei Rauschanteile auszumachen. Diese Rauschanteile addieren sich quadratisch wie beim Pythagoras. Diese Rauschanteile bestimmen die maximale Belichtungszeit für das Einzelbild. Die Frage ist welcher Rauschanteil ist der Dominierende.
- **Hellbild-Rauschen:** Der Himmelshintergrund ist durch Lichtverschmutzung, Dämmerung und Mond aufgehellt. Mond und Dämmerung kann man ausweichen, der Lichtverschmutzung nicht. Der Himmelshintergrund ist der größte Rauschverursacher.
- **Dunkelbild-Rauschen:** Wenn kein Licht auf den Chip fällt kommt das thermische Rauschen der Elektronen im Chip zum Tragen. Dieser Rauschanteil ist temperaturabhängig. Eine Absenkung der Temperatur um  $7^\circ$  halbiert dieses Rauschen. Hat die Kamera keine Kühlung und ist die Nacht warm kann dies zum dominierenden Faktor werden.
- **Ausleserauschen:** Beim Auslesen der Ladungsmenge der Pixel bleibt immer ein kleiner Rest drin, wie beim Messbecher. Dies ist das Ausleserauschen.



+





# Verabschiedung von der Tagesfotografie

## Tagesfotografie

- Hellbildrauschen vernachlässigbar
- Keine Kalibrierungsbilder
- Belichtung eindeutig
- Optikfehler eher unkritisch
- Keine Fehler im Strahlengang
- Grab and Go

## Astrofotografie

- Hellbildrauschen nicht vernachlässigbar
- Kalibrierungsbilder zwingend
- Belichtung muss bestimmt werden
- Optikfehler sehr kritisch
- Fehler im Strahlengang wie Verkippungen und falscher Abstand der opt. Komponenten
- Kein Grab and Go
- Glaubt bloß nicht, wenn ihr eine Kamera ans Teleskop schraubt das gleich alles funktioniert!!

Frage: Warum machen wir das Ganze?

Antwort: Das Signal zu Rauschverhältnis zu verbessern

- Wenn Bilder addiert, subtrahiert, dividiert oder multipliziert kommt der Rauschanteil des 2. Bildes hinzu.
- Hellbild minus Dunkelbild . Kommt das Rauschen des Dunkelbildes hinzu.
- Deshalb nimmt man gemittelte Dunkelbilder mit niedrigen Rauschen.
- Die Rauschanteile addieren sich quadratisch, wie beim Pythagoras.
- Das gilt für schöne Bilder
- Erst recht für Photometrie
- Erst recht für Spektroskopie
- In der Bildbearbeitung lässt sich Rauschen mindern mit diversen Entrauschungs-Werkzeugen, wie Weichzeichner oder Wavelets. Diese Werkzeuge werden nicht in der wissenschaftlichen Anwendung (Photometrie, Astrometrie und Spektroskopie) benutzt.

## Einzelbild lang oder kurz belichten?

- Gibt es einen Unterschied ob man  $3600 \times 1$  Sekunde belichtet oder  $6 \times 10$  Minuten?
- Bei einer idealen Kamera mit Null Rauschen, im Weltall ohne Hintergrundrauschen und Weltraumtemperatur wären die gestackten Aufnahmen gleich.
- Im zweiten Beispiel nehmen wir eine Kamera mit Ausleserauschen und machen die gleichen 2 Serien.
- Jetzt hat gestackte  $6 \times 10$  Minuten ein besseres Signal zu Rauschverhältnis (SNR) als das  $3600 \times 1$  Sekunde.
- Das Signal wird aufaddiert und das Rauschen addiert sich zu unserem Nachteil.
- In der realen Welt ist da noch der Himmelshintergrund + Himmelshintergrund-Rauschen. Jetzt könnte man den Himmelshintergrund einfach abziehen, eine Stelle im Bild suchen wo keine Stern und Nebel sind. Das machen auf viele Programme. Aber das Himmelshintergrund-Rauschen im Bild bleibt bestehen.
- Wenn das Himmelshintergrund-Rauschen  $>$  als das Ausleserauschen der Kamera ist, spielt letztere keine Rolle – Wir haben die obige ideale Kamera.
- Ziel ist: Die Einzelbelichtung ist durch den Hintergrund limitiert.

## Welche Belichtungszeit für das Einzelbild?

- In der Tagesfotografie hat man den Belichtungsmesser.
- Einzelbelichtungszeit-Lang genug um Rauschen in den Hintergrund zu drängen, aber gleichzeitig kurz genug um nichts ausbrennen zu lassen.
- Eine einfache Formel gibt es nicht.
- Beispiel M31 ist der Kern schon gesättigt nahe 65.000? Das passiert im Stadthimmel sehr schnell.
- In der Astrofotografie kann die Kamera als Messgerät einsetzen.
- Mit [SharpCap](#) und [N.I.N.A.](#) kann man das messen. Vorher wird eine Sensoranalyse gemacht.
- Der limitierende Faktor ist das Hintergrundrauschen und das Ausleserauschen. Das Programm misst die beiden Werte zusammen mit den eingestellten Gain.
- Eingabe Gesamtbelichtungszeit, Einzelbild Intervall von 10 sek bis 2 min
- Ergebnis der Wert für das Einzelbild
- Tipp: Ohne Messen-Schaut das Histogramm an: Liegt das Maximum vom linken gelöst Rand 1/3 bis 1/4 nach rechts?
- Es gibt auch Exceltabellen im Internet dafür.
- Fazit: Oft sind Einzelbelichtungen von mehreren Minuten, ohne Filter sogar schädlich.

## Fallbeispiele

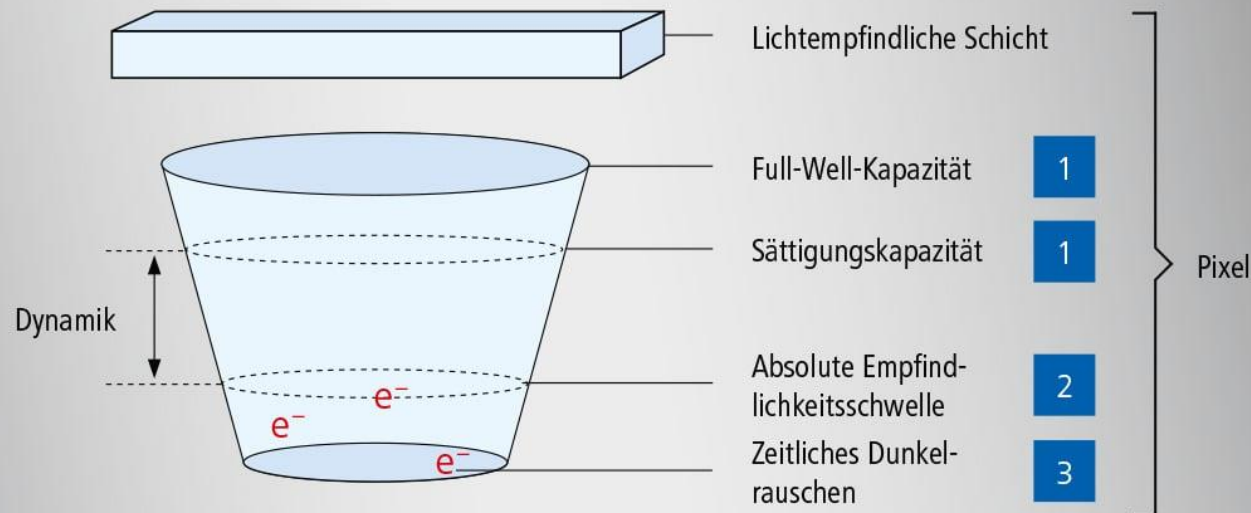
1. Berliner Himmel, kalte Nacht, Kamera ohne Kühlung
  2. Alpenhimmel, warme Sommernacht, Kamera ohne Kühlung
  3. Alpenhimmel, warme Sommernacht, Kamera mit Kühlung
- Im ersten Fall ist das Hellbild-Rauschen der dominierende Faktor, die ungekühlte Kamera trägt nur gering bei. Im zweiten Fall ist das Hellbild-Rauschen niedriger als die warme Kamera. Das Dunkelbild-Rauschen dominiert. Im dritten Fall wird die Kühlung der Kamera eingesetzt. Jetzt ist das Ausleserauschen der limitierende Faktor.
  - Bei hellen Stadthimmel eher kurz belichten, bei hohem Gain und niedrigen Ausleserauschen und langer Gesamtbelichtungszeit. Länger als beim Alpenhimmel.
  - Beim Alpenhimmel lange Einzelbelichtung bei niedrigem Gain und höherem Ausleserauschen und größeren Dynamic Range.

# Kenngrößen der Kamera

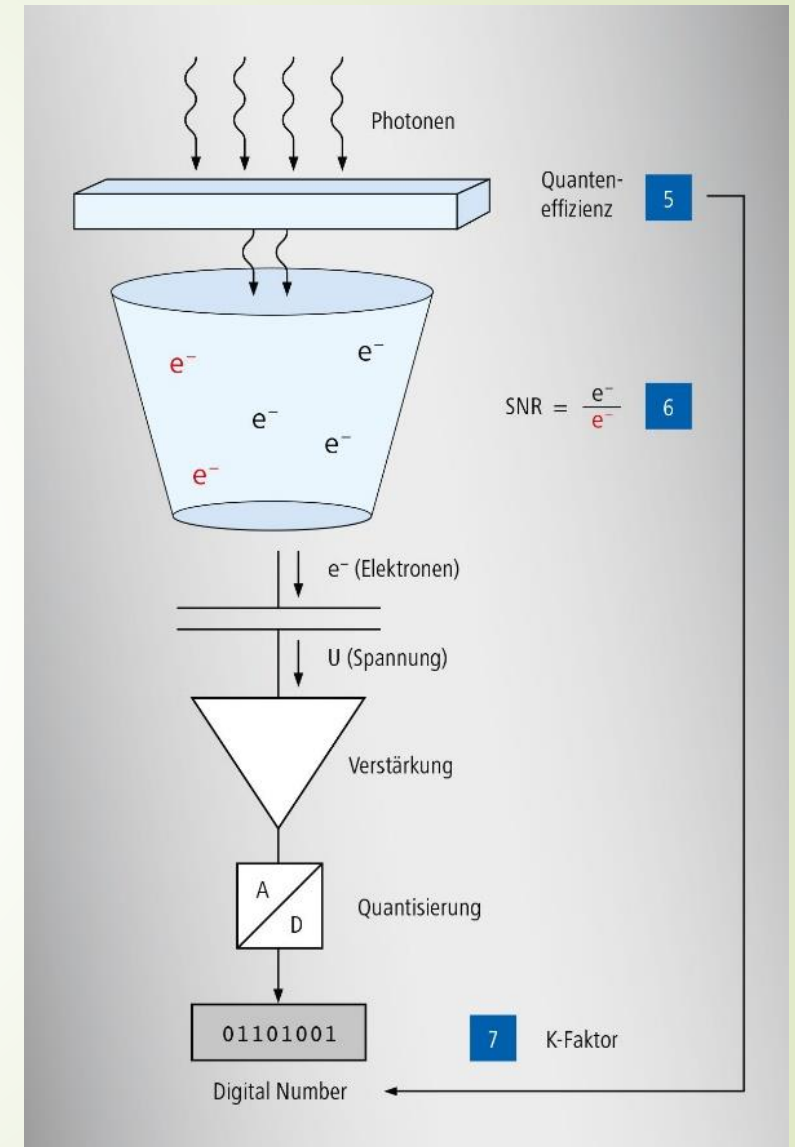


## Kenngößen der Kamera I

- Diese Kenngößen findet man bei den Herstellern der Astro-Kameras. Für DSLR/DSLM sind diese Daten in der Regel nicht verfügbar, es sei den man kennt den verwendeten Chip.
- **Full Well Capacity** :Den größten analogen Messwert den ein Pixel erreichen kann. Der Messbecher ist dann voll. Große Pixel (Messbecher) haben auch größere Kapazitäten.
- **Ausleserauschen**: Den kleinsten analogen Messwert die man aus dem Messbecher „ablesen“ kann ist das Ausleserauschen.
- **Dynamic Range** ist das Verhältnis zwischen den größten und den kleinsten Werten = Full Well Capacity / Ausleserauschen
- **Quantum Efficiency**: Die Quantenausbeute QE bedeutet wie viele Photonen vom Sensor registriert werden. Sie ist abhängig von der Wellenlänge, Die meisten CMOS-Chips haben ihr Maximum im grünen Bereich und fallen deutlich ab im Blauen und Roten. Einige monochrome Sensoren haben ihr Maximum im Roten. Topwerte sind 80%, und mittlere bei 60%. Zum Vergleich der chemische Film hat nur 1-2%.



1. Full-Well-Kapazität [ $e^-$ ] und Sättigungskapazität [ $e^-$ ]
2. Absolute Empfindlichkeitsschwelle [ $e^-$ ]
3. Zeitliches Dunkelrauschen [ $e^-$ ]
4. Dynamik [dB]
5. Quanteneffizienz [%]
6. Maximaler Signal-Rausch-Abstand (SNR<sub>max</sub>) [dB]
7. K-Faktor (Digital Number DN/ $e^-$ ) Analog nach Digital



## Kenngößen der Kamera II

- **Bittiefe:** Mit der Bittiefe werden die analogen Messwerte digitalisiert. Typische Werte sind 12/14/16 Bit. Hat die Kamera nur 12 Bit wird der Pixelwert vom Aufnahmeprogramm mit 16 multipliziert auf 16 Bit erweitert.
- **Stacking und Bittiefe:** Geringe Bittiefe kann durch Stacking ausgeglichen werden. Der kleine Messbecher muss dann öfter ran.
- **Gain:** Das Gain bei den Astrokameras die Verstärkung und bei den Konsumenten-Kameras der ISO-Wert. Bei niedrigem Gain-Wert hat man mehr Dynamic Range und der Pixel kommt nicht so schnell in die Sättigung. Beim hohen Gain kann man die kleinen Änderungen besser messen. Ein hoher Gain hat ein geringeres Ausleserauschen und Bilder mit kurzen Belichtungszeiten können gut addiert werden.

# Kamera Werte einstellen

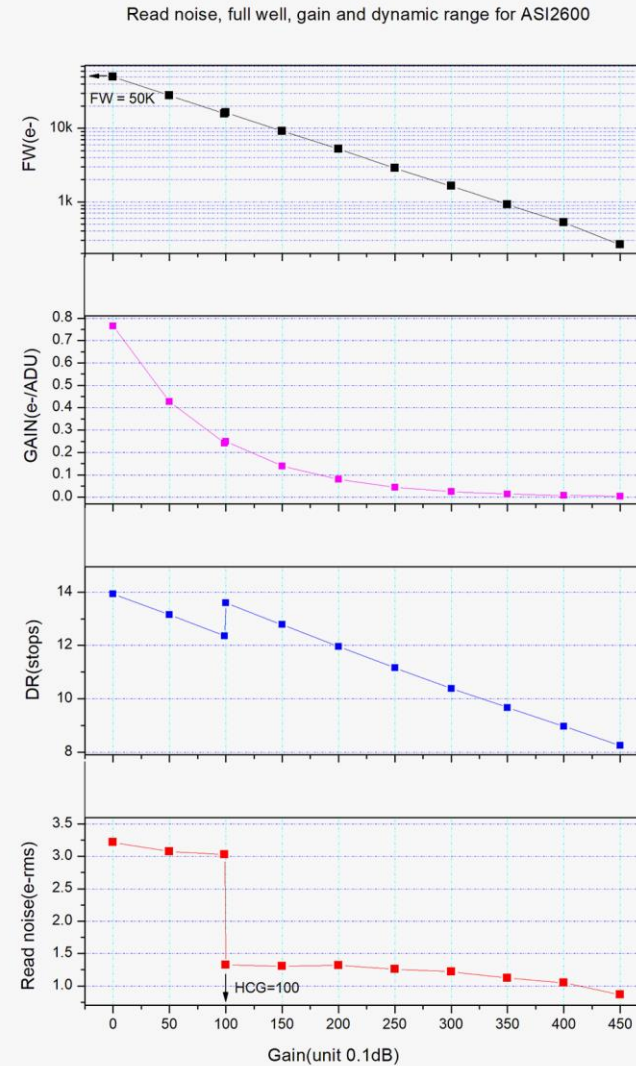
## Kamera Werte einstellen

- Bei den Konsumenten kann man nur die ISO-Zahl, entspricht dem Gain, einstellen und das Dateiformat ist RAW.
- Bei den Astrokameras nimmt man das Fitsformat und 16 Bit RAW Format zur Aufnahme und in der Ansicht schon mal debayern eingeschaltet.
- Bei Astrokameras stellt man das Gain ein und den Biaswert=Offset oder Schwarzpunkt oder Helligkeit(Sharpcap) ein.
- Gain niedrig, große Dynamik, erhöhtes Ausleserauschen – Plejadensterne und Nebel gleichzeitig
- Unity Gain – mittlere Dynamik, weniger Ausleserauschen (Standardwert)
- Gain hoch, geringe Dynamik und wenig Ausleserauschen – kurze Belichtungszeit und vieler Bilder stacken



# Ausleserauschen und Verstärkung

- Bei bestimmten Gain >0 nimmt das Ausleserauschen stark ab
- Die Dynamik nimmt ab.
- Magisch - Beim unity gain 1e Ausleserauschen
- Durch das geringe Ausleserauschen können viele Bilder addiert werden.
- Mit steigenden Gain erhöht sich die Empfindlichkeit – Belichtungszeit kürzer – das Bildrauschen steigt.
- Durch Mittelung wird das Bildrauschen kleiner
- Das Ausleserauschen kriegt man nicht raus.



## Zusammenfassung Kamera

- Kamera Chipgröße nicht mehr als APS-C besser nur 4/3" (18x13mm). Große Chips zeigen die Fehler am Rand deutlicher, Verkipfung, Abstand Korrektor, außerdem kann man bei 4/3" auch 1 1/4 Filter verwenden. APS-C Dateigröße 50MB
- Dateiformat Fits
- Brennweite und Chipgröße -> Bildfeld danach Objekte aussuchen.
- Brennweite, Pixelgröße und Seeing müssen passen, d.h. 0,7" bis 2" pro Pixel
- Unity Gain als Standardwert wählen.
- Offset > 0
- Kühlung < 70% Kühlleistung, -10°C sind völlig ausreichend
- Kalibrierungsbilder machen: Darks, Flats und Flatdarks
- Hintergrundlimitiert die Einzelbelichtung, d.h. im Histogramm links abgelöst im ersten Viertel bis Drittel.
- Bei Youtube findet man viele [Beiträge](#) die das Thema vertiefen.

# Das Bild verbessern

# Welche Bilder zusätzlich müssen gemacht werden?

- Dunkelbild
  - Kein Licht auf dem Chip
  - Gleiche Belichtungszeit und Temperatur wie das Objektbild
  - Korrektur von fehlerhaften Pixeln (Hotpixel und Coldpixel)
  - Verstärkerglühen korrigieren
- Flatfields
  - Belichtung einer gleichmäßig leuchtenden Fläche
  - Korrektur von Vignettierung der Optik, Staub und ungleiche Empfindlichkeit der Pixel
- Flatdarks
  - Dunkelbild mit der gleichen Belichtungszeit wie das Flat
- BIAS
  - Belichtung mit der kürzesten Belichtungszeit
  - Korrektur des Grundrauschens Ein Dunkelbild mit 0 Sekunden belichtet
  - Wird gebraucht wenn man Dunkelbilder für andere Belichtungszeiten umrechnen will.
  - Wird bei den CMOS nicht empfohlen

# Das Bias

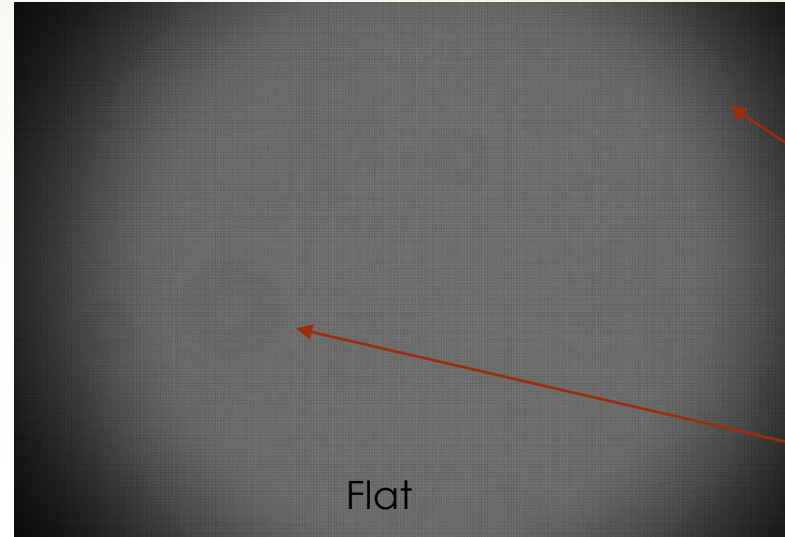
- Das Bias heißt auch Vorbelichtung, Offset oder Schwarzpunkt, bei Sharpcap in deutsch „Helligkeit“
- ist ein Dark mit der kürzesten Belichtungszeit. Auch wenn kein Licht auf den Chip fällt haben die Pixel nicht den Wert Null. Diesen Wert kann man einstellen. Es soll vermieden werden, dass ein negativer Wert entsteht. Er sollte nicht Null sein kann 10-100 sein, aber nicht 5000, dadurch wird auch der Dynamic Range kleiner. Er ist auch in den Darks drin und bei den Lights minus Dark ist das Bias aus dem Bild raus. Auch beim Flatdark ist das Bias drin und bei der Operation Flat minus Flatdark ist das Bias auch raus.
- Bei den CMOS-Kameras nimmt man statt dem Bias das Flatdark. Kurze Belichtungszeiten  $< 1$  Sek können Probleme machen, u.a. nicht reproduzierbar sein.
- Im weiteren Sprachgebrauch ist das Bias gleich dem Flatdark.
- Anmerkung: Bias ist nicht das Ausleserauschen!!



# Warum Flats und Darks?

43

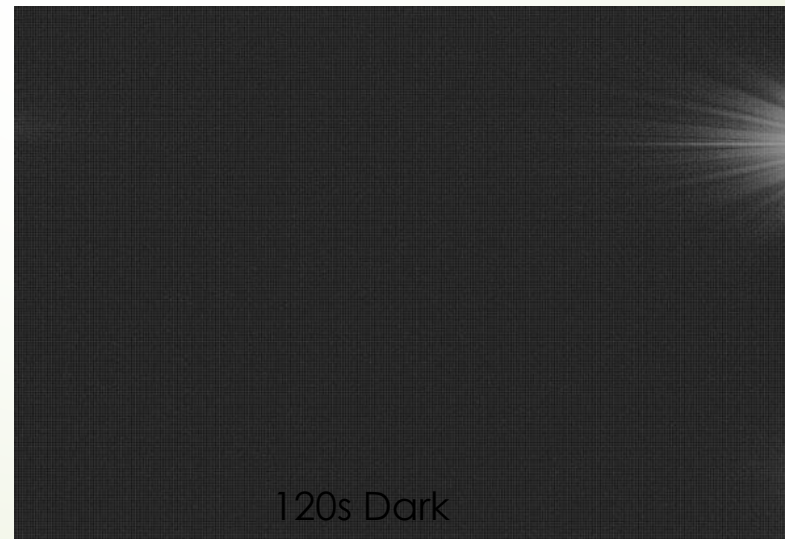
43



Vignettierung

Staub (Donuts)

Flat

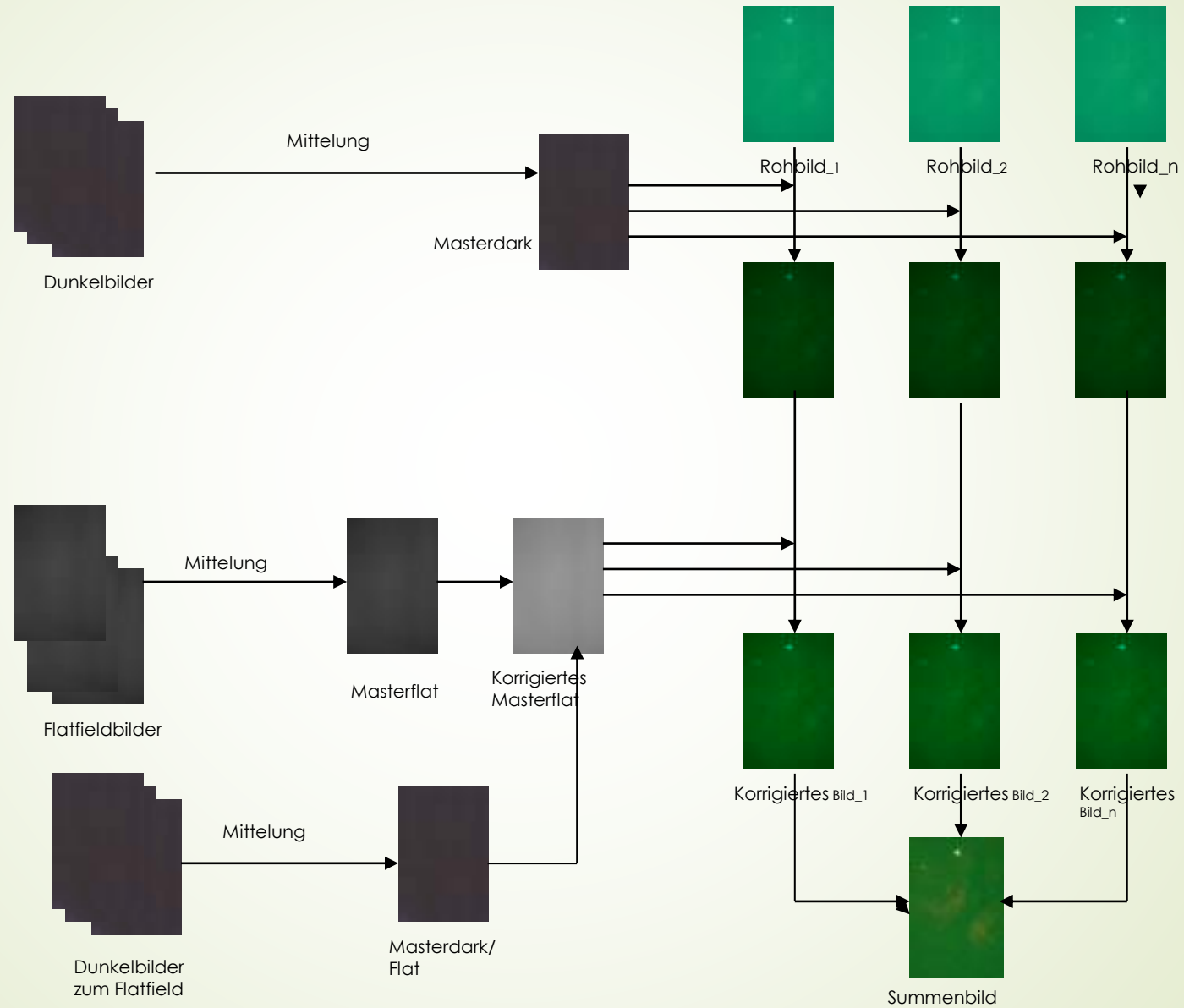


Verstärkerglühen  
ASI 294mc

120s Dark

# Diagramm des Bearbeitungsprozesses

44



- Sternkartenprogramm [Carte du Ciel](#)
- [ASCOM-Plattform](#) für die Montierung und ggf. Kameras
- [EQMOD](#) für die Montierung
- Autoguiding [PHD-2](#)
- [Sharpcap Pro](#) (15€ im Jahr) für Ablaufsteuerung, Polausrichtung, Kamerasteuerung
- [ASTAP](#) für das Platesolving als Unterprogramm
- Bis auf Sharpcap Pro alles kostenlos
- Rohbilder anzeigen mit [Fitswork](#)
- Bildbearbeitung [Siril](#)

# Bildformate

# Bildformate der digitalen Fotografie

- RAW: Das Rohdatenformat in der Fotografie
- Wenn man im RAW-Format fotografiert, erhält die Kamera alle Bildinformationen, die der Bildsensor aufgenommen hat. Die RAW-Datei des Bildes ist sehr groß, weil sie all diese Informationen beinhaltet. Da die Kamera im RAW-Modus keine „Interpretation“ der Bildinformationen vornimmt, sondern einfach alles abspeichert, muss die RAW-Datei immer im Nachhinein digital „entwickelt“ werden. Sie ist also quasi das digitale Negativ eines Bildes.
- JPEG: Joint Photographic Experts Group
- Fotografiert man im JPEG-Format, legt die Kamera bei der Speicherung bestimmte Parameter des Bildes fest (z. B. den Weißabgleich). Die kann man im Nachhinein nicht mehr verändern. Diese Festlegung sorgt dafür, dass die Datenmenge deutlich geringer ist. Durch die Kompression der Daten entstehen neben dem Verlust von Bildinformationen manchmal sogenannte Kompressionsartefakte, die in der nachträglichen Bearbeitung noch stärker hervortreten. Das JPEG-Format nur verwenden, wenn die Bilder nicht weiterbearbeitet werden sollen.
- PNG: Portable Network Graphic
- Das bessere JPEG-Format mit besserer Qualität der Bilder. Hat sich aber nicht durchgesetzt.
- TIFF: Tagged Image File Format
- Standard für alle Fotostandard für sämtliche Fotografik-Anwendungen mit der vollen Bildinformation. Auch eine Headerdatei ist vorhanden aber ohne astronomischen Inhalt. Vorschaubilder vorhanden.



# FITS: Flexible Image Transport System – DAS astronomische Dateiformat

- Das Aufnahmeprogramm schreibt außer den binären Bilddaten auch noch als Text (ASCII) lesbar, Teleskop, Kameraeinstellungen, Bildgröße, Zeitstempel, Temperatur, Koordinaten des Bildes (Platesolving), Name des Beobachters, Beobachtungsort, verwendete Software usw. Kein Vorschaubilder. Nur mit astronomischen Programmen zu öffnen, z.B. Fitswork

```

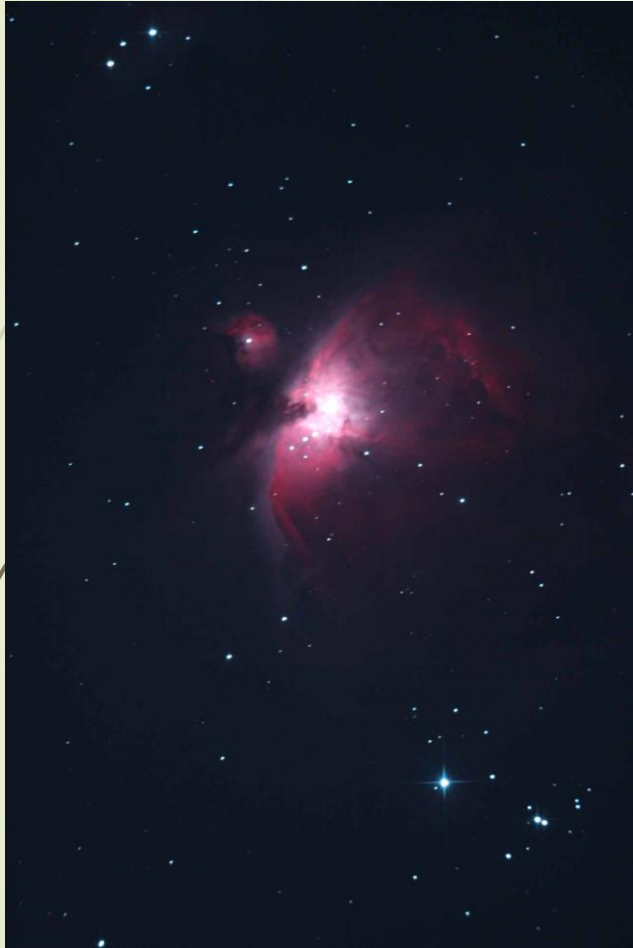
FITS Header

SIMPLE = T / file does conform to FITS standard
BITPIX = 16 / number of bits per data pixel
NAXIS = 3 / number of data axes
NAXIS1 = 3008 / length of data axis 1
NAXIS2 = 3008 / length of data axis 2
NAXIS3 = 3 / length of data axis 3
EXTEND = T / FITS dataset may contain extensions
COMMENT FITS (Flexible Image Transport System) format is defined in 'Astronomy
COMMENT and Astrophysics', volume 376, page 359; bibcode: 2001A&A...376..359H
BZERO = 32768. / offset data range to that of unsigned short
BSCALE = 1. / default scaling factor
ROWORDER= 'BOTTOM-UP' / Order of the rows in image array
INSTRUME= 'ZWO ASI533MC Pro' / instrument name
TELESCOP= 'EQMod Mount' / telescope used to acquire this image
DATE = '2023-07-19T09:43:30' / UTC date that FITS file was created
DATE-OBS= '2023-07-18T21:13:27.668110' / YYYY-MM-DDThh:mm:ss observation start.
STACKCNT= 18 / Stack frames
EXPTIME = 300. / Exposure time [s]
LIVETIME= 5400. / Exposure time after deadtime correction
EXPSTART= 2460144.38434801 / Exposure start time (standard Julian date)
EXPEND = 2460144.45668209 / Exposure end time (standard Julian date)
XPIXSZ = 3.76 / X pixel size microns
YPIXSZ = 3.76 / Y pixel size microns
XBINNING= 1 / Camera binning mode
YBINNING= 1 / Camera binning mode
FOCALLEN= 129. / Camera focal length
CCD-TEMP= 0. / CCD temp in C
FILTER = 'G' / Active filter name
IMAGETYP= 'Light' / Type of image
GAIN = 100 / Camera gain
OFFSET = 70 / Camera offset
CVF = 1.00560426712036 / Conversion factor (e-/adu)
PROGRAM = 'Siril v1.2.0-rc1' / Software that created this HDU
RA = 315.048 / Image center Right Ascension (deg)
DEC = 44.6248 / Image center Declination (deg)
HISTORY mean stacking with winsorized sigma clipping rejection (low=3.000 high=3
HISTORY .000), additive+scaling normalized input, normalized output, no image we
HISTORY iohing, equalized RGB
  
```

# Filter gegen die Lichtverschmutzung

# Berliner Himmel

Deep Sky Filter



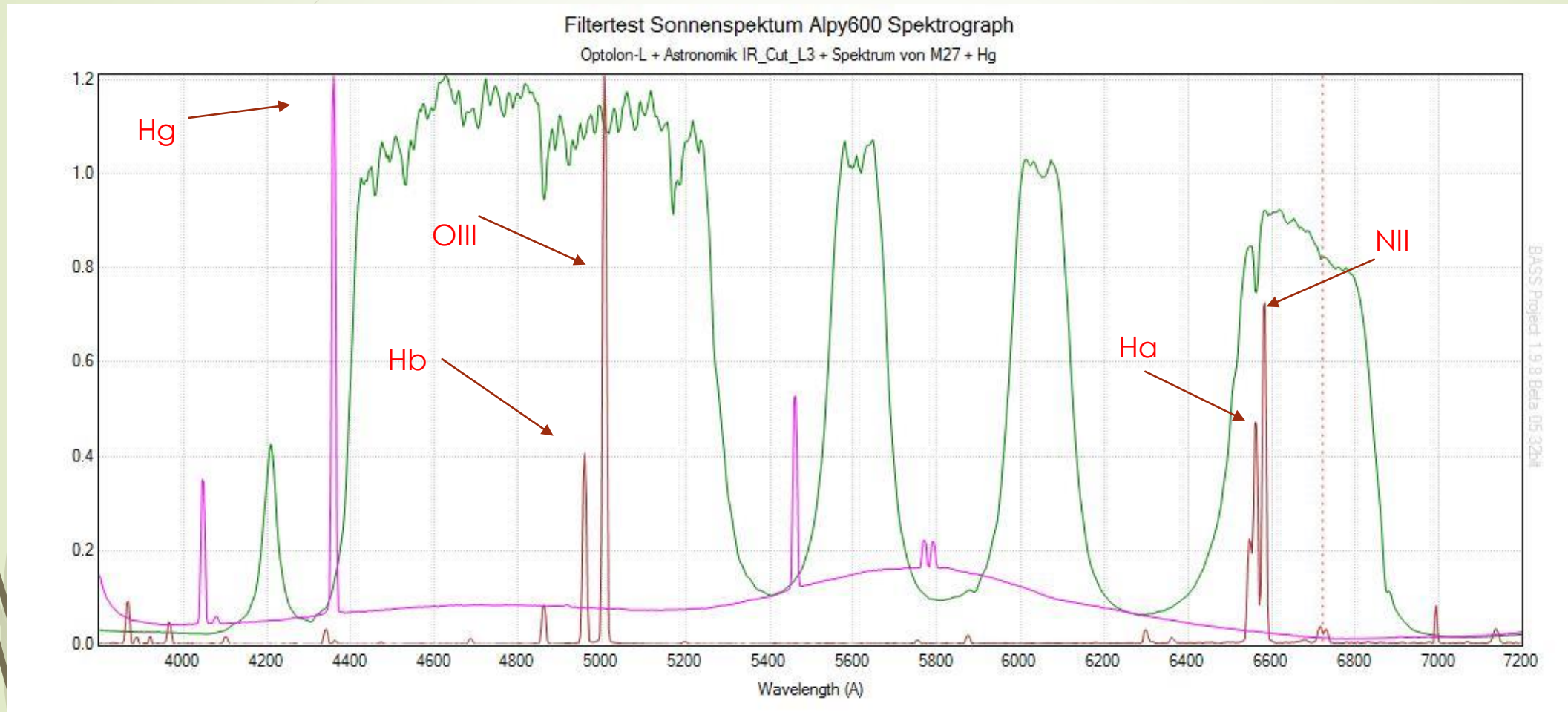
Ohne Filter



60 Sekunden belichtet

# Breitband-Filter für Galaxien Optolong-L im Spektrographen

51





# M31 mit Breitband-Filter Optolong-L



ED80/480mm  
240min  
Ort Berlin



## M51 Optolong-L Filter

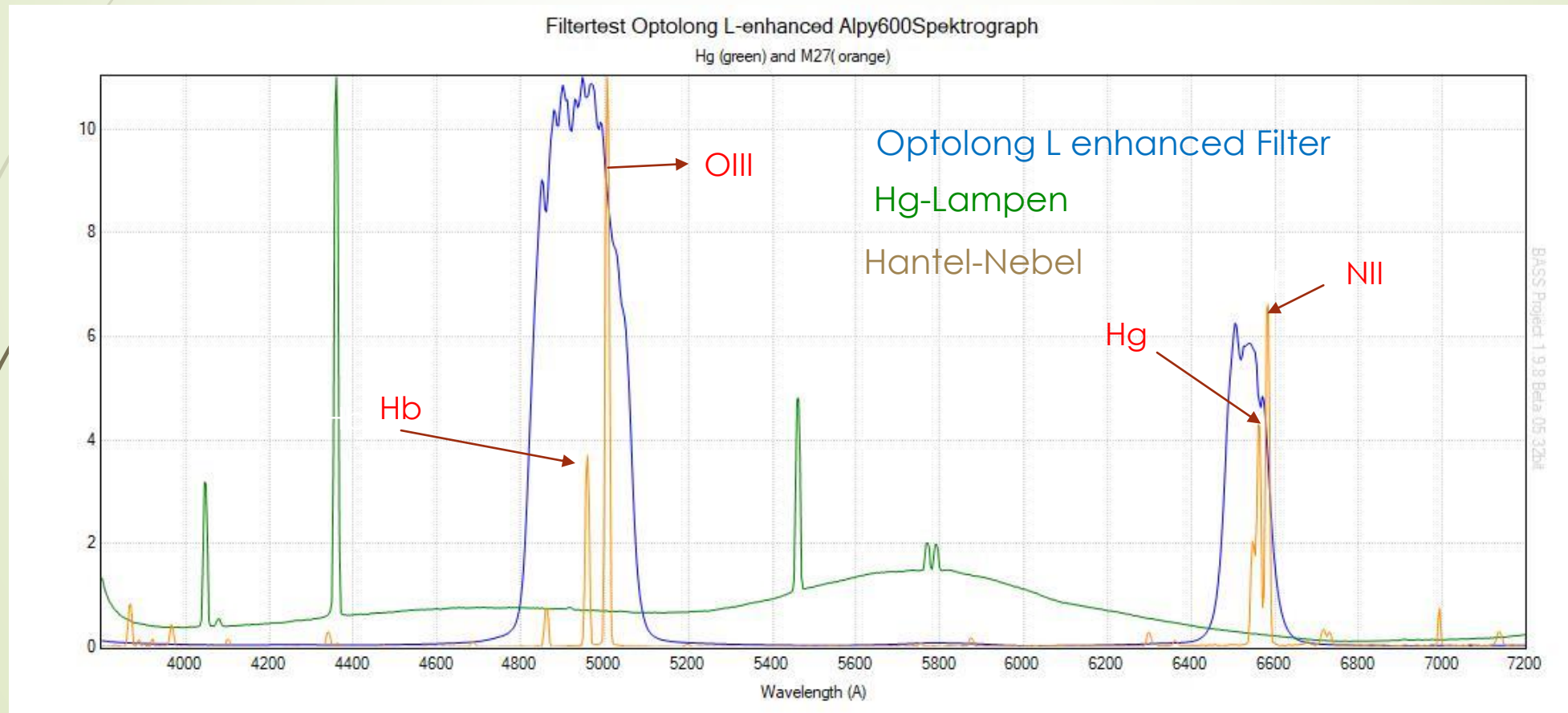


C11 0.63 Reducer  
44x120s  
Ort Berlin

# Dualband Optolong-L enhanced Filter im Strahlengang vom Spektrographen

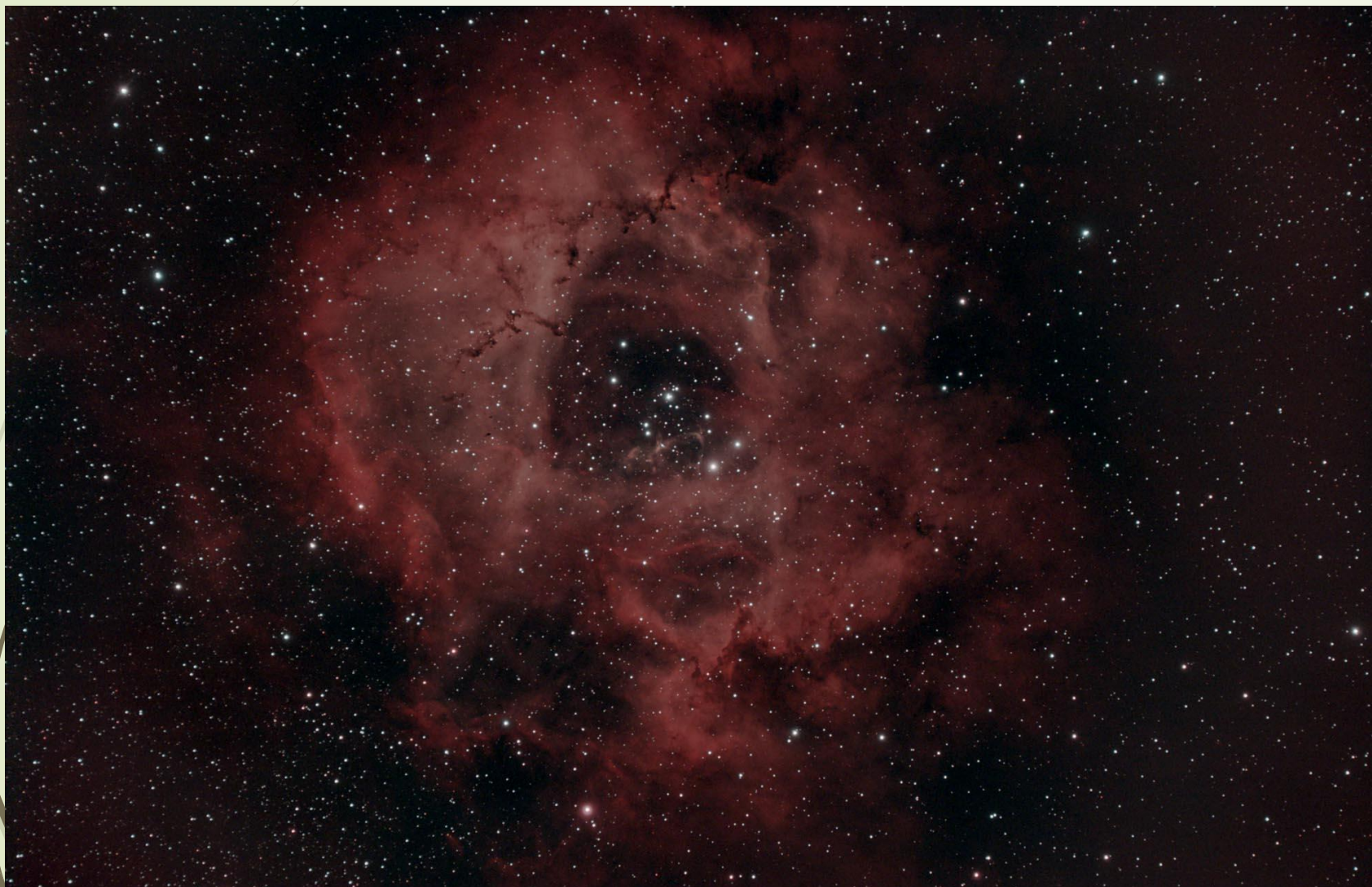
54

- Mit der S/W Kamera müssen mindestens 2 Filter Belichtungen gemacht werden.
- Mit der Farbkamera geht das auch mit einem Schuss.





## Rosetten-Nebel mit Dualband-Filter



ED80/480mm  
180min  
Ort Berlin

# Schmalband H-alpha



250mm Newton  
260min belichtet  
Ort Berlin



# Zusammenfassung Astrofotografie in der Stadt

- Durch das Filter entstehen starke Farbverschiebungen im Bild.
- Im Bild sind oft Farbgradienten, die durch Streulicht noch verstärkt werden.
- Das störende Mondlicht lässt sich nur mit dem Ha-Filter als S/W-Aufnahme ausschalten.
- Dunst, dünne Wolken, durch hohe Luftfeuchtigkeit verstärktes Streulicht ist der Tod jedes Astrofotos. Da braucht man erst gar nicht Anfangen. Das lässt sich auch durch Filtern nicht verbessern. Den Mond kann man auch nicht wegfiltern.
- Es gibt kein Filter das aus einem Stadthimmel einen Alpenhimmel macht.
- Vor ein paar Jahren hätte ich gesagt: Farb-Astrofotografie in der Stadt – Vergiss es. Mit den heutigen Kameras und Filtern ist dies doch möglich. Man kann sein Equipment, die Abläufe und seine Fähigkeiten testen und vor allem Üben und nochmals Üben!!
- Wie oft man ein Teleskop nutzt hängt auch von der Entfernung zum Teleskop ab.
- Ein dunkler Himmel ist durch nichts zu ersetzen. Wenn ich im Alpenhimmel 2 Größenklassen mehr sehe als in der Stadt dann ist das auch fotografisch so, das ist mehr als die doppelte Öffnung!
- Unter dunklem Himmel und kalten Nächten hat man mit der ungekühlten DSLR recht gute Karten.
- Weitere Bilder auf meiner [Homepage](#)



## Arbeitsschritte bis zum ersten Bild

## Arbeitsschritte bis zum ersten Bild

- Montierung aufgestellt
- Stundenachse genau auf den Himmelspol ausrichten (SharpCap Pro)
- Steuerung mit dem Notebook verbinden (EQMOD)
- Kamera und Autoguider an Notebook angeschlossen
- Kameras fokussiert
- Objekt eingestellt mit Carte du Ciel und Platesolving geprüft
- Leitstern einstellen
- Automatische Nachführung kalibrieren PHD-2
- Erste Probelichtung, prüfen ob die Nachführung läuft
- Belichtungsreihe starten
- Bemerkung: Diese Arbeitsschritte müssen alle vorher getestet werden

# Einnorden mit Sharpcap Pro

**Final Step - Adjust Mount**  
Find the star with the yellow arrow and use the Alt/Az adjustments to move it in the direction of the arrow to place it in the centre of the yellow target.  
If there is no target and the arrow goes off the edge of the screen move the star along the arrow and then restart the alignment procedure.  
Problems? [Click Here for Help](#)

Star Detection Adjustments  
Sensitivity: 75  
Noise Reduction: 2.0

Options  
☒ Show align error on image  
☐ Play sounds during adjustment  
When enabled, a beep will play after each frame - higher pitch beeps mean better alignment.

Plate Solving Status  
Most Recent Frame: **Solved**

Results  
Polar Align Error  
**00°19'53" [Poor]**  
Move Polar Axis  
Left 00:14:05  
Up 00:14:00

Restart  
Previous

**Final Step - Adjust Mount**  
Find the star with the yellow arrow and use the Alt/Az adjustments to move it in the direction of the arrow to place it in the centre of the yellow target.  
If there is no target and the arrow goes off the edge of the screen move the star along the arrow and then restart the alignment procedure.  
Problems? [Click Here for Help](#)

Star Detection Adjustments  
Sensitivity: 75  
Noise Reduction: 2.0

Options  
☒ Show align error on image  
☐ Play sounds during adjustment  
When enabled, a beep will play after each frame - higher pitch beeps mean better alignment.

Plate Solving Status  
Most Recent Frame: **Solved**

Results  
Polar Align Error  
**00°01'13" [Good]**  
Move Polar Axis  
Right 00:01:13  
Down 00:00:03

Restart  
Previous

# Objekt finden mit Carte du Ciel

61





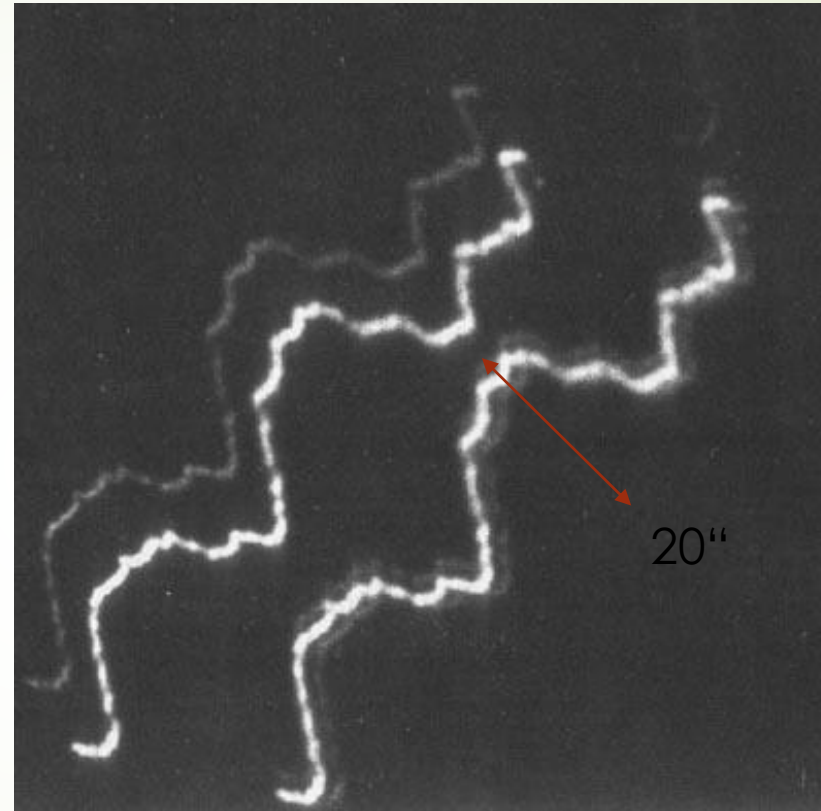
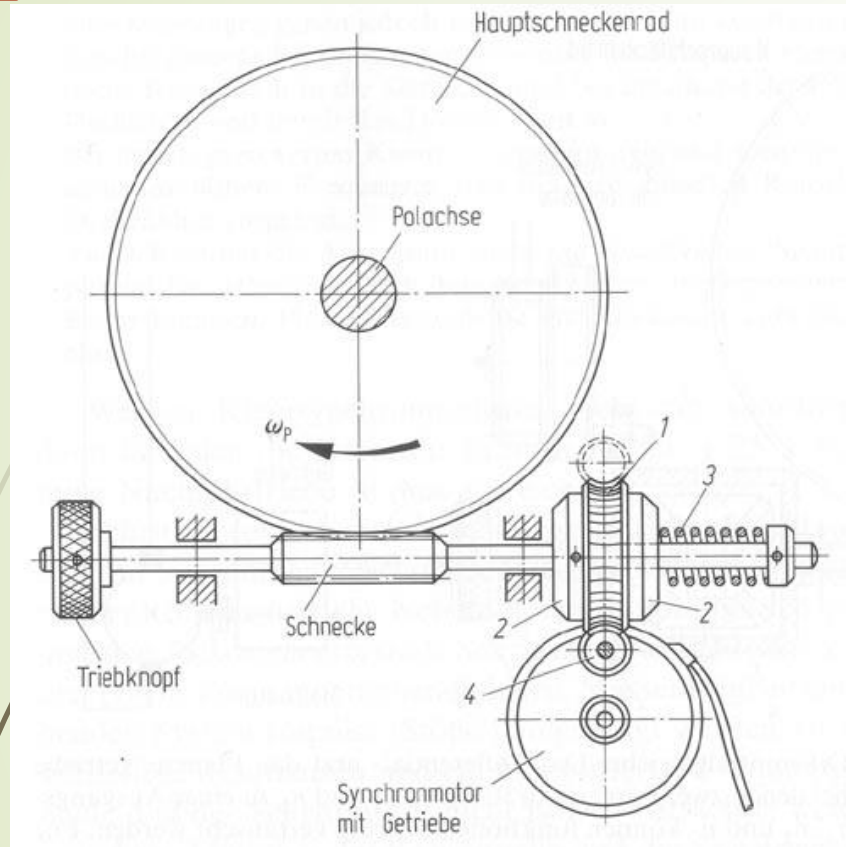
## Prüfen ob das Objekt eingestellt ist mit Platesolving von ASTAP

- Unter SharpCap Einstellungen->Platesolving, das Unterprogramm für das Platesolving auswählen - > Astap
- Brennweite des Teleskops eintragen, sonst findet ASTAP nichts.
- Astro-Kamera fokussieren, Aufnahme im Sekundenbereich machen und unter Tools-> Platesolving und Resynchronisation drücken.
- Objekt in der Mitte.



# Nachführen mit und ohne Autoguides

# Warum Nachführkontrolle? – Der Schneckenfehler



Abweichung muss harmonisch sein,  
Dann lässt es sich wegregeln.

## Nachführung – Leitrohr

Leitrohr  
70/400mm

50mm  
Sucher



Offaxis – Guiding mit der  
Brennweite des Teleskops



Hilfsprisma

# Nachführmethoden

66

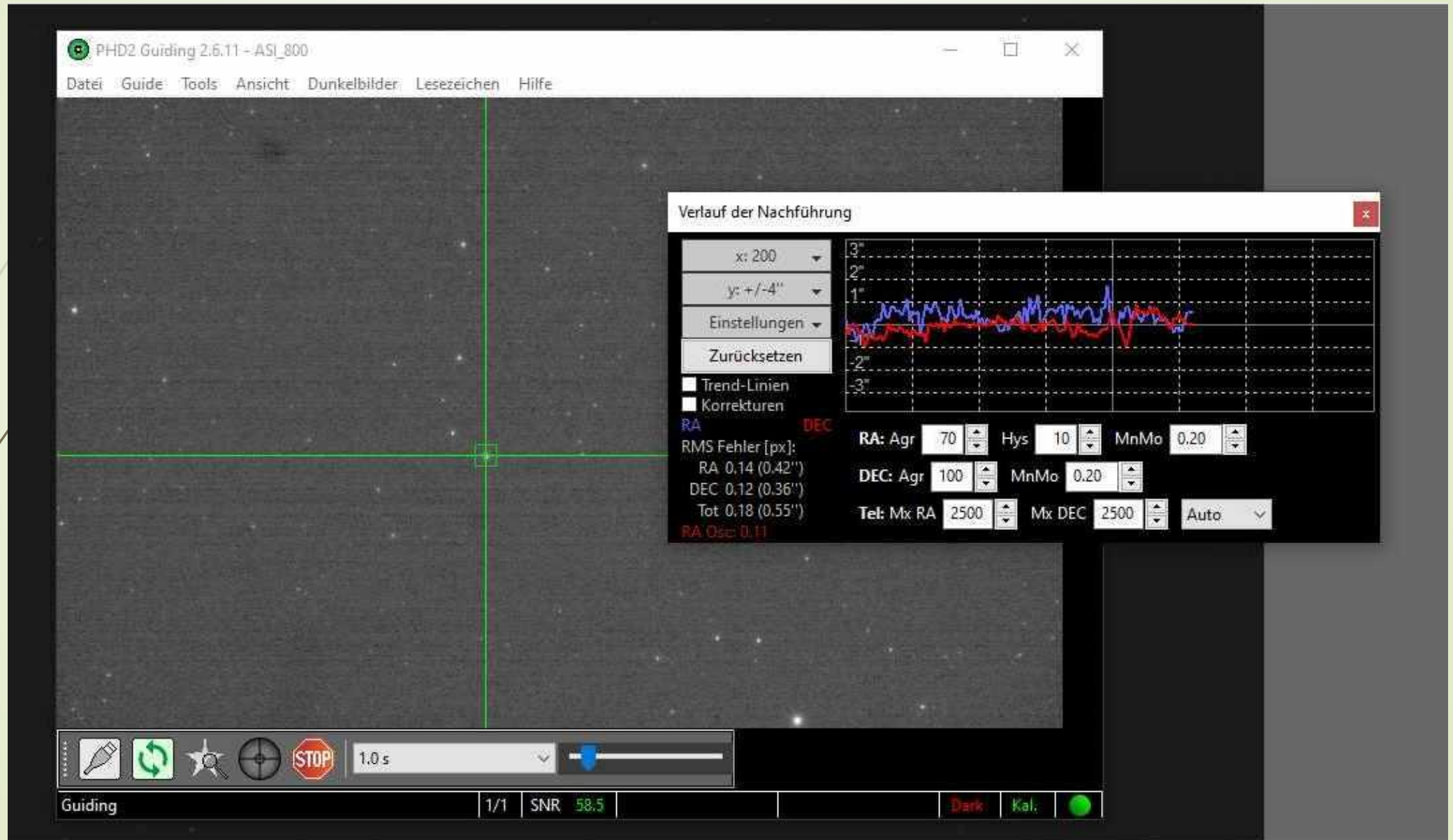
- **Leitrohr** Brennweite  $\leq$  Brennweite des Teleskops
  - + Abweichungen gut feststellbar, immer ein Leitstern
  - - Leitrohr kann sich „verbiegen“ trotz Nachführung Eiersterne
  - - Zusätzliches Teleskop, mehr Gewicht
- **Sucher** Brennweite des Sucher  $< 1/3 - 1/6$  Brennweite des Teleskops
  - + Nachführung Subpixel genau daher kleine Brennweite
  - + geringes Gewicht, immer ein Leitstern
  - - Sucher kann sich „verbiegen“
  - - Auflösung zu schlecht, Brennweite zu gering
- **Offaxis-Guider** Nachführbrennweite = Aufnahmebrennweite
  - + Sehr genau, jede Abweichung sofort erkennbar
  - + Spart zusätzliches Teleskop
  - - Wenig Leitsterne
  - - Sehr empfindlich bei Luftunruhe
  - - Platzproblem (Abstand) zwischen Kamera, Korrektor und Teleskop



# Das PHD – Guiding - Programm

- Vorbereitende Schritte
  - Montierung eingenordet
  - Montierung-Kabel mit dem Notebook verbinden
  - Verbinden von Guiding-Kamera mit dem Notebook
  - Menu- Ausrüstung verbinden Kameratyp und Montierung EQ5/6 auswählen
  - Einstellen der Brennweite der Guiding-Optik und prüfen ob die Pixelgröße richtig ist.
  - Fokussieren der Guiding-Optik, Stern scharfstellen, Belichtungszeit 1s
  - Guidingstern auswählen
  - PHD Kalibration





## Ketzerische Frage – Muss man überhaupt Guiden?

- Nein
- Bei Montierungen die man nicht guiden kann, weil keine Schnittstelle vorhanden ist
- Bei Wind(boen), durchziehende Wolken, sehr schlechtem Seeing der Leitstern immer wieder verloren geht.
- Keine Guidingkamera anschließen kann, kein Notebook, im Feldeinsatz keine externe Stromversorgung
- Guidingkamera defekt
- Voraussetzungen
  - Genaue Polausrichtung
  - Montierung führt 30 sek genau nach, abhängig von Brennweite und Pixelgröße
  - Es werden viele Bilder summiert zur Gesamtbelichtungszeit
  - Kamera mit niedrigem Ausleseleserauschen, einstellbar
- Es gibt durchaus recht gute Ergebnisse, bei den Puristen unter den Astrofotografen hat sich das noch nicht durchgesetzt.

# Steuerung und Aufnahme mit Sharpcap Pro

SharpCap Pro (v4.0.9538, 64 bit) - ASCOM OmegonPro Camera - C:\Users\mk\AppData\Local\Temp\tmp81FB.tmp.png - C:\Photometrie

Datei (F) Kameras (C) Aufnahme Ansicht (V) Werkzeuge (O) Sequencer Scripting Hilfe

Livebild (W) Aufnahme starten Schnelle Aufnahme (Q) Aufnahme stoppen Pause Schnappschuss Liveaddition Ziel Name Objektbilder FX Nichts Zoom Auto

Camera Control Panel

Temperatureinstellung

Kühlleistung 23.0

Temperatur -9.90

Zieltemperatur -10.3

Kühlung Ein

Bildeinstellungen

Zeitstempel Aus

Vorverarbeitung

Dunkelbild subtrahieren Suchen ... Nichts

Flatfield anwenden Suchen ... Nichts

Streifenunterdrückung 0

Planeten/Scheiben Aus

Stabilisation

Hintergrundsubtraktion Aus

Satellitenspuren entfernen Aus

Histogramm anzeigen

Teleskopsteuerung

Previewing : 125 frames (0 dropped) in 0:06:20,4, 0,3 fps

Memory: 1 of 166 frames in use.

Cooler: 22%, Temp: -9.9C, Target: -10.0C

Frame : 2.1/-0.3

Ein Anleitung für Sharpcap und FireCapture ist im [Github](#) zu finden



## Zusammenfassung Astrofotografie

- Astrofotografie ist ganz anders als Tagesfotografie
- Bilder bestehen aus Rauschanteilen, die sich quadratisch addieren. Welcher Anteil ist der Dominierende und wie kriegt die Anteile klein.
- Rauschen kommt immer hinzu wenn 2 Bilder  $+ \cdot /$  werden. Rauschen kann nicht abziehen. Nur klein halten.
- Der Himmelsgrund ist sehr oft der größte Anteil. Nur solange die Einzelbelichtung bis dieser erreicht ist ca.  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{3}$  links im Histogramm
- Gesamtbelichtungszeit beliebig.
- Sterne zeigen die kleinsten Abbildungsfehler , Verkippung, falscher Abstand der opt. Komponenten.
- Brennweite, Seeing und Pixelgröße müssen zueinander passen. Bei Oversampling wird das Sternscheibchen auf viele Pixel verteilt.
- Kamera Kenngrößen FullWell, Bittiefe (12-16) müssen passen.



# Bildbearbeitung

## Einführung in die Bildbearbeitung mit Siril und Gimp

- Teilnehmer bringen bitte Ihre Notebooks mit.
- Folgende Programme sollten bereits installiert sein:
  - [Fitswork](#)
  - [Siril](#)
  - [Gimp](#)
- Internetzugang für die Teilnehmer für die photometrische Kalibrierung in Siril.
- Einen Foliensatz für die Bildbearbeitung wird es nicht geben. Dafür wird es das Skript „Einstieg Astrofotografie“ geben. Inhaltlich den Foliensatz AG Astro-Praxis-Foto plus der Kursteil Siril und Gimp.

## Ausblick – Zukünftige Themen

- Winter/Frühling 2024
  - Nützliche Programme für Analyse, Aufnahme und Auswertung
  - Mond- und Planetenfotografie mit Firecapture, Autostakkert und Registax
  - Astrofotografie-Bildaufnahme und Bildbearbeitung mit Siril und Gimp
- Sommer 2024
  - Sonnenfotografie in Weißlicht und H-alpha
  - 3D-Druck – Bau eines Spektroheliographen
  - Beobachtung von Planeten am Tage
  - Filtertest mit Spektrograph und Sonnenspektrum
- Sommer/Herbst 2024
  - Allsky-Meteorkamera selbst gebaut (Raspberry PI und ASI-Kamera) , ferngesteuert und autonom arbeitend
  - Astrofotografie Planetarische Nebel
  - Exkursion ins Umland