

# Erstellung von Bildern in der Hubble-Palette mittels Farbkamera



*Referent: Prof. Dr. Kai-Oliver Detken, AVL*

# Vortragsübersicht

- Kurzvorstellung
- Astronomische Vereinigung Lilienthal (AVL)
- Monochrom versus Farbe
- Duoband-Filter mit OSC-Kameras
- Schmalbandfilter im Wellenspektrum
- Bicolor-Aufnahme mit einem Duofilter
- Einsatz der Hubble-Palette
- Bearbeitung der Hubble-Palette nach Bob Franke
- Objektbeispiele
  - Eta-Carina-Nebel
  - Garnelen-Nebel
  - Lagunen-Nebel
- Fazit



Astro-Plattform auf Kiripotib in Namibia zur Beobachtung des Sternhimmels

# Kurzvorstellung – [www.detken.net](http://www.detken.net)

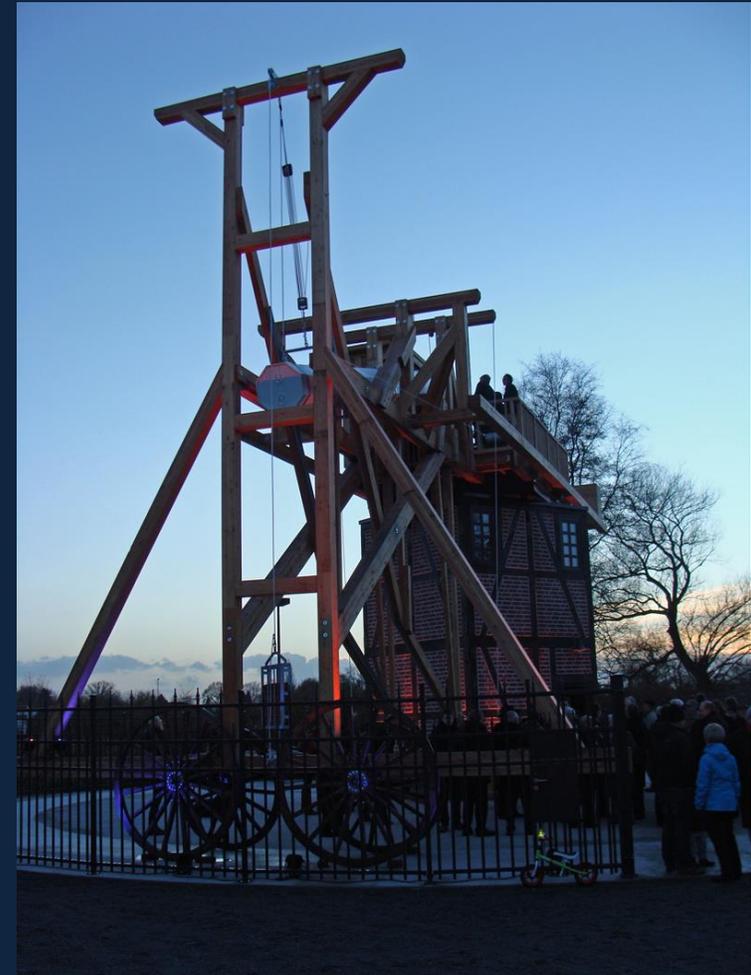
- Seit Anfang der neunziger Jahre astronomisch interessiert
- Seit 2007 Mitglied in der Astronomischen Vereinigung Lilienthal
  - Seit 2009 Mitglied der Fachgruppe Astrofotografie
  - Seit 2012 zweiter Vorsitzender der AVL
- Seit 2013 Mitglied der Vereinigung der Sternenfreunde
  - Aktiv in den Fachgruppen Astrofotografie, Planeten, Kometen, Remote-Sternwarten
  - Stellvertretender Leiter der Fachgruppe Remote-Sternwarten
  - Seit 2021 Mitglied des VdS-Vorstands
- Seit 2022 Mitglied des Astronomischen Arbeitskreises Salzkammergut



Auf der Astrofarm Kiripotib in Namibia

# Astronomische Vereinigung Lilienthal (AVL)

- Jahr 2000: Gründung der Astronomischen Vereinigung Lilienthal (AVL) aufgrund des geschichtlichen Hintergrunds
- Jahr 2004: Ausgründung des Projektes Telescopium Lilienthal zum Aufbau des 27füßigen Teleskops von Johann Hieronymus Schroeter aus dem Jahr 1793
- Jahr 2009: Gründung der Fachgruppe Astrofotografie
- Jahr 2012: First Light der Sternwarten in Würden bei Lilienthal
- Jahr 2015: Einweihung des Schroeter-Teleskop-Nachbaus durch Thomas Reiter (esa)
- Jahr 2022: Einbau einer elektronischen Nachführung beim Telescopium



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

# Einleitung

- Immer rauschärmere CMOS-Chips lassen auch längere Belichtungen zu
- Jede DSLR-/DSLM-Kamera hat einen solchen Chip integriert, der auch durch Ausbau des IR-Sperrfilters für die Astrofotografie verwendet werden kann
- Durch gekühlte Astrokameras auf CMOS-Chips-Basis nahm das Rauschen noch einmal signifikant ab
- Bisher verursachte ein sog. Verstärkerglühen und geringere Bittiefe bei verschiedenen CMOS-Modellen noch einen Qualitätsnachteil
- Die neue CMOS-Generation (IMX533, IMX571) besitzen aber diese Nachteile nicht mehr!



Start in 2009 mit der Canon 1000Da  
(ab 2015: Canon 700Da, ab 2021: Canon 90Da)



Ab 2018 Wechsel auf ASI071MCpro  
und ASI 183MCpro

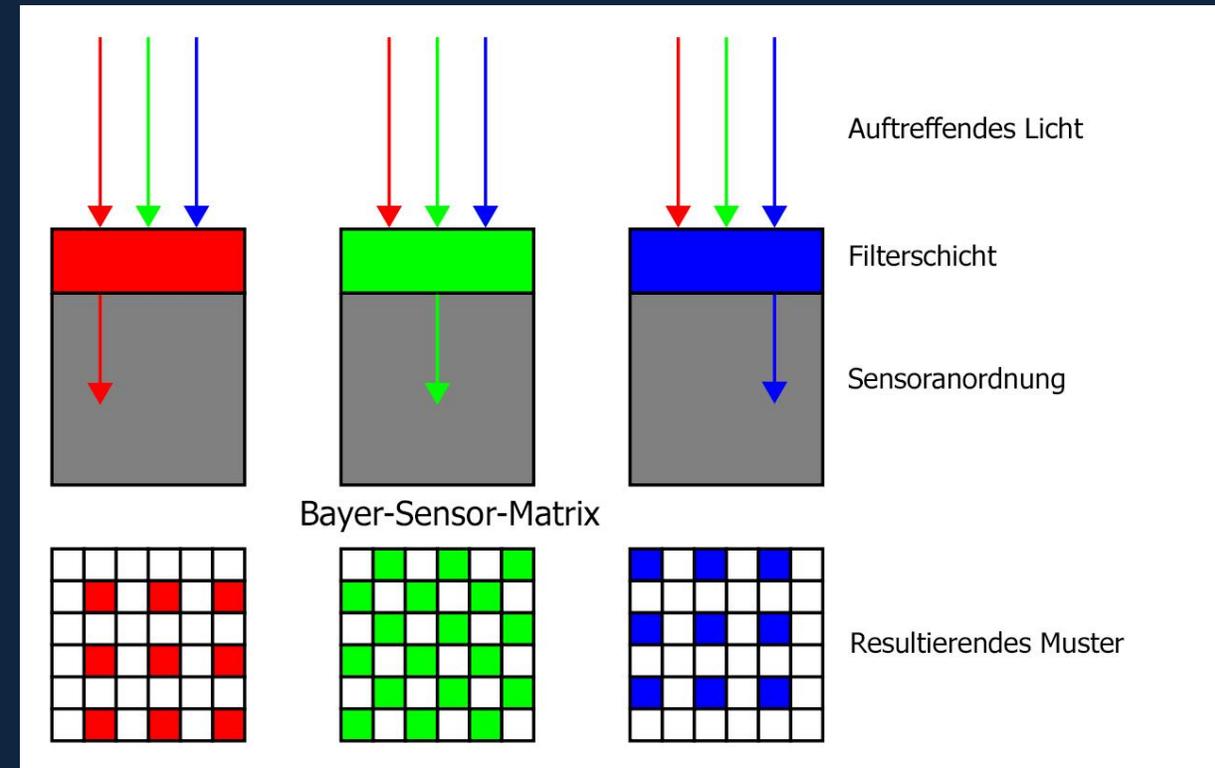


In 2021 Testen der 16-Bit-  
CMOS-Kameras  
ASI 2600MCpro und Lacerta  
DSP2600c

 CCD-Chips von Sony seit 2015 nicht mehr gebaut – die Technik läuft aus

# Monochrom versus Farbe (1)

- Mit einer Monochrom-Kamera wird mit der größtmöglichen Empfindlichkeit ein Bild aufgenommen
- Filter lassen sich nach Bedarf vor den Chip setzen
- Bei Farbkameras sitzt eine Bayer-Matrix vor dem Chip (25% Rot, 50% Grün, 25% Blau)
- Weil für jedes Pixel nur noch eine Farbe abgetastet wird, müssen die fehlenden Informationen wiederhergestellt werden
- Hierfür werden verschiedene Algorithmen genutzt, die von einfacher linearer Interpolation bis zu nichtlinearer Interpolation reichen (unterschiedlich je Hersteller)



Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bayer\\_pattern\\_on\\_sensor\\_profile.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bayer_pattern_on_sensor_profile.svg)

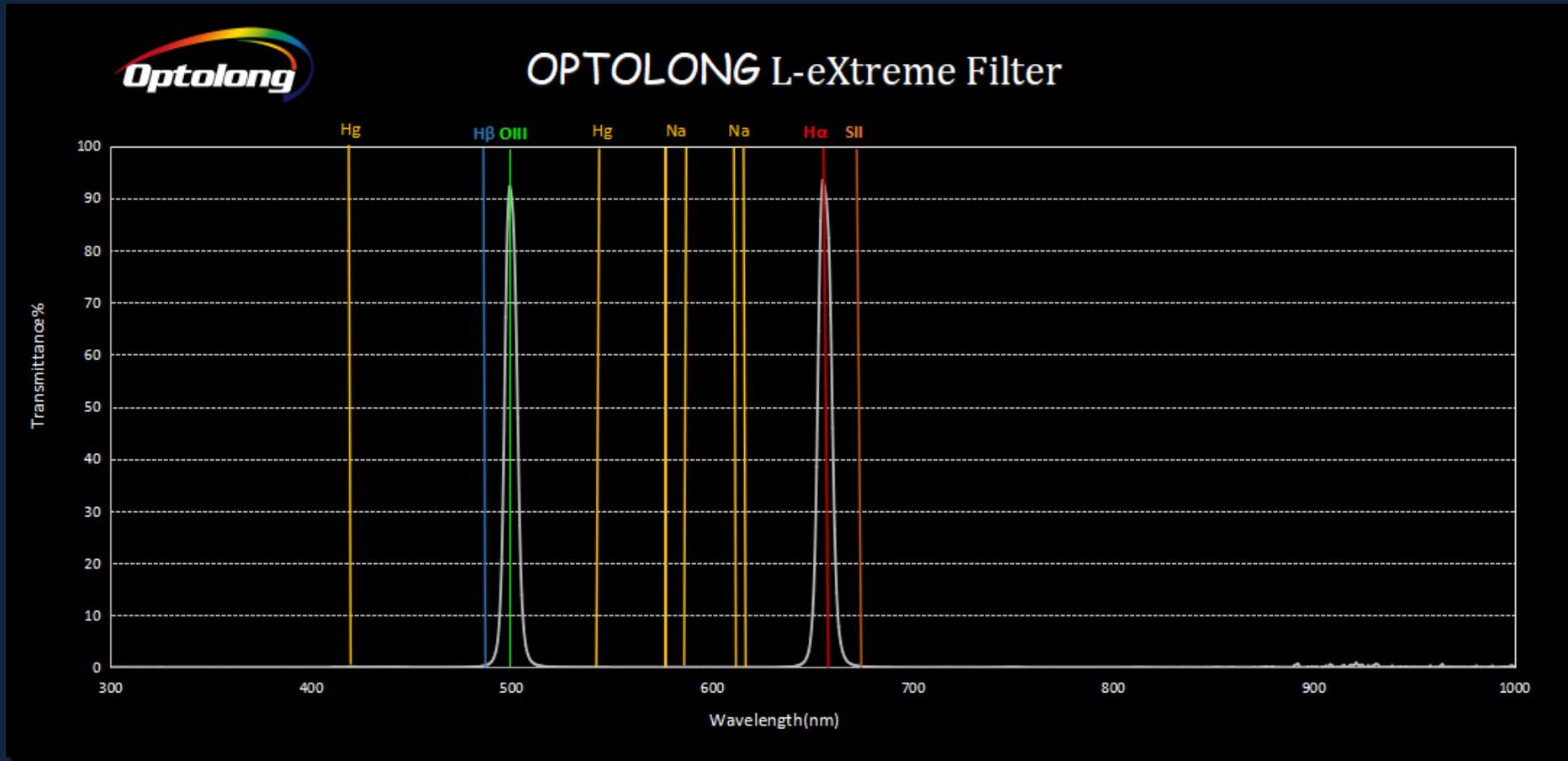
## Monochrom versus Farbe (2)

- Die Monochrom-Technik in der Astrofotografie besitzt daher folgende Vorteile:
  - Flexiblerer Einsatz von Filtertechnik (z.B. Schmalband-, UV-, IR-Filter)
  - Bestmögliche Auflösung durch fehlende Bayer-Matrix
- Heutige Farbkameras besitzen aber ebenfalls ihre Vorteile:
  - Es muss kein aufwendiges (L)-R/G/B-Verfahren durchgeführt werden
  - Die Bildverarbeitung ist mit einer DSLR-Kamera vergleichbar
  - Ein Filterwechsel ist möglich, aber nicht notwendig
  - Schmalbandaufnahmen lassen sich ebenfalls durchführen (allerdings mit einer geringeren Auflösung)
  - Es entstehen weniger Rohdaten
- Fazit: die Auflösung wird zwar herabgesetzt, aber der Detailverlust ist bei Gasnebeln vernachlässigbar

# Duoband-Filter mit OSC-Kameras

- Seit ein paar Jahren sind neue Duofilter für Farbkameras auf dem Markt
- Sie versprechen mehr Kontrast und weniger Einfluss der Lichtverschmutzung auf die Aufnahmen
- Bei Optolong kann man sich zwischen zwei Duofiltern entscheiden:
  - L-eNhance Nebelfilter: H $\beta$ , H $\alpha$ , [OIII] (H $\alpha$  = 10 nm, [OIII] = 24 nm)
  - L-eXtreme Schmalband-Nebelfilter: H $\alpha$ , [OIII] (H $\alpha$  = 6 nm, [OIII] = 6 nm)
- Bei den Filtern handelt es sich um Bandpassfilter, die extra für Farbkameras entwickelt wurden
- Der Filter stellt eine echte Alternative zur Schmalband-Nebelfotografie mit Monochrom-Kameras dar

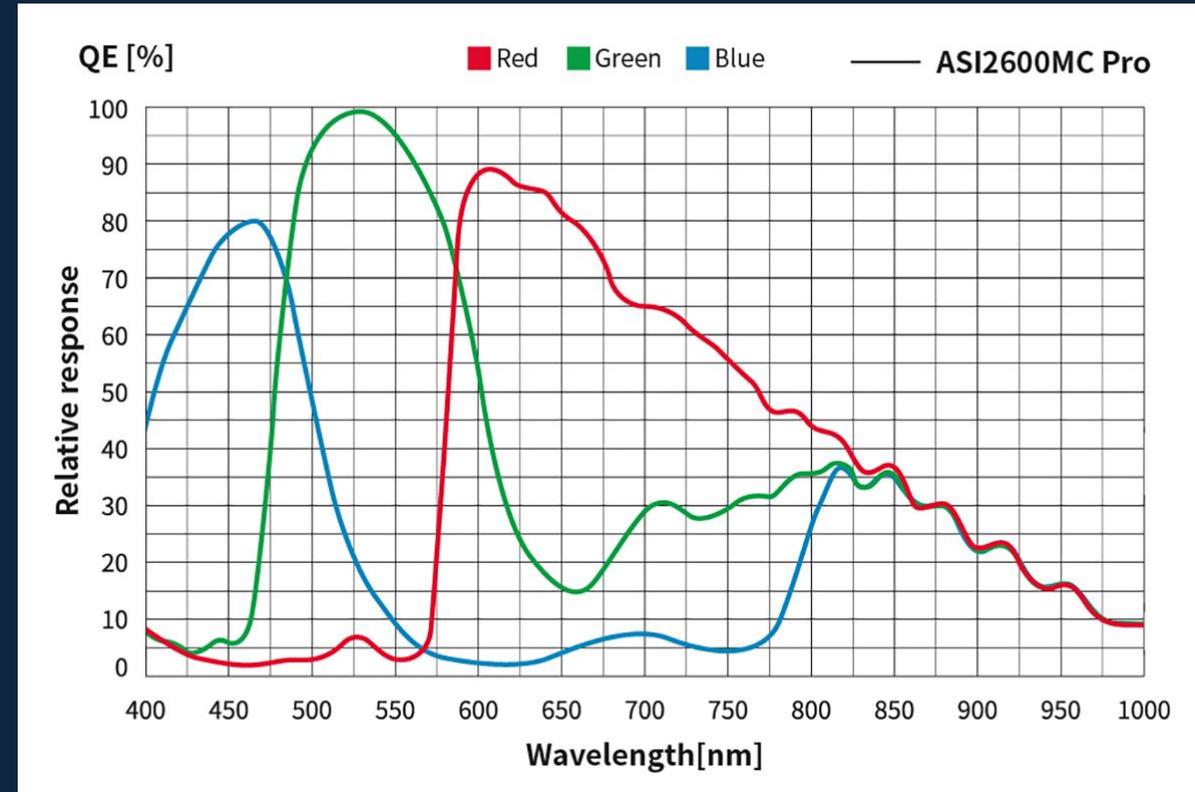
# Duoband-Bandfilter: Vergleich der Filterkurven



Quelle: <https://www.optolong.com>

# Wellenspektrum einer Farbkamera im Vergleich zum Schmalband

- Rot, Grün und Blau lassen sich bei OSC-Kameras (One Shot Color) nicht komplett voneinander separieren
  - Im H $\alpha$ -Bereich (656 nm) wird neben dem Rotkanal auch ca. 18% des Grün- und 5% des Blaukanals eingefangen
  - Im [OIII]-Bereich (501 nm) ist hingegen ca. 4% Rotanteil mit enthalten
  - Im [SII]-Bereich (672 nm) wird neben 20% des Grün- und 7% des Blaukanals eingefangen
- Die Störsignale sind allerdings um den Faktor 5-20 niedriger als das Nutzsignal und daher vernachlässigbar



Quanteneffizienz mit RGB-Verteilung über das Wellenspektrum (Quelle: ZWOptical)

# Schmalbandfotografie mit einer Farbkamera

- Die Einbußen mit einer Farbkamera liegen bei ca. einer halben Blendenstufe für H $\alpha$  und einer viertel Blendenstufe bei [OIII]
- Dies entspricht einer ca. 33% bzw. 20% längeren Belichtungszeit für ein identisches Signal-/Rauschverhältnis
- 20% muss länger belichtet werden mit OSC-Kameras, halbiert aber die Anzahl der Belichtungsdurchgänge

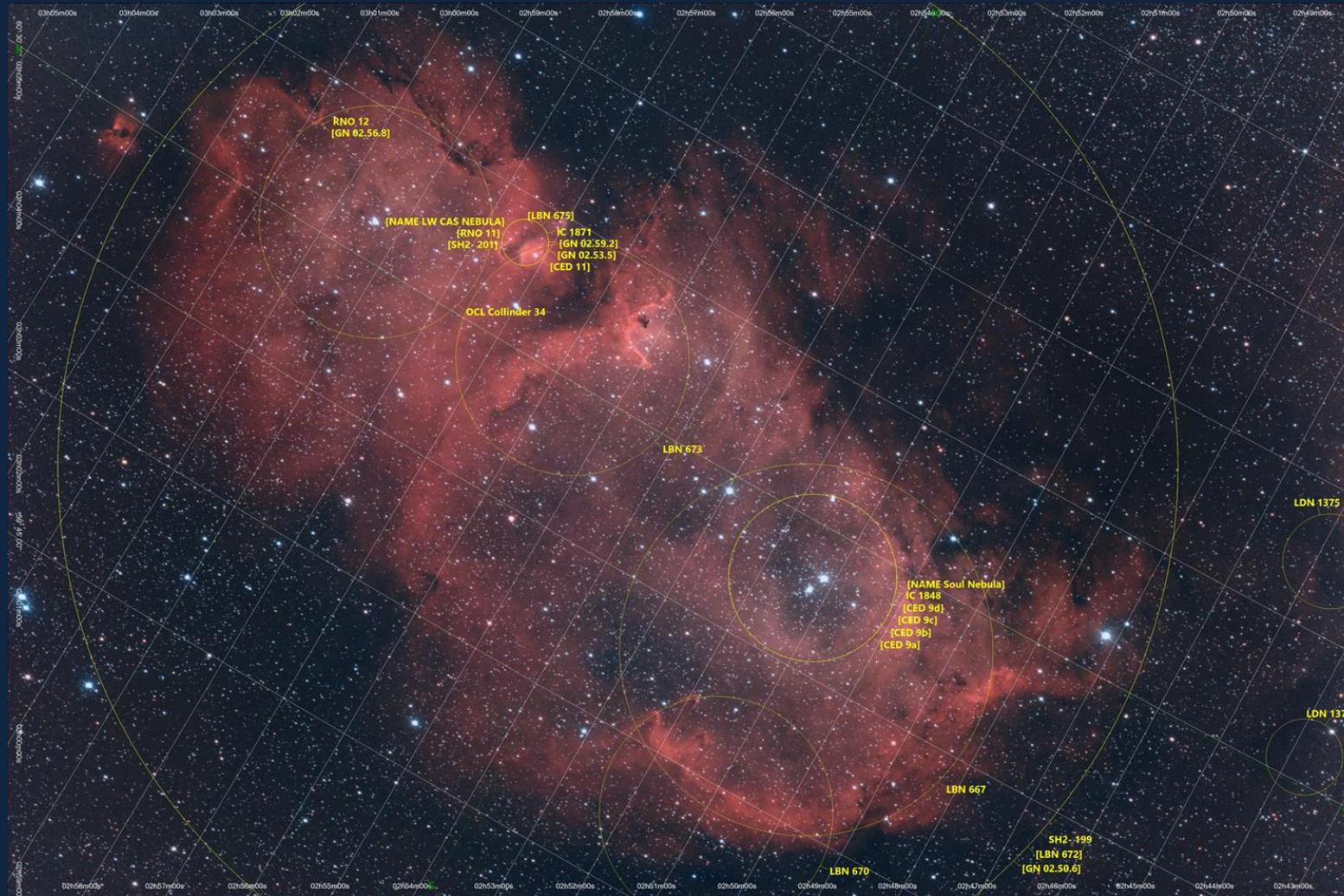
Sensortyp	QE-Sensor	Rel. Transmission Bayermatrix	Wirkungsgrad gesamt	Verhältnis farbig/mono
H $\alpha$ -Linie (656 nm)				
IMX 571 mono	58%		58%	
IMX 571 color	58%	80%	41%	70%
[OIII]-Linie (501 nm)				
IMX 571 mono	90%		90%	
IMX 571 color	90%	93%	74%	82%

Sensoreigenschaften bei H $\alpha$ - und [OIII]-Linie von Monochrom- und Farbkamera mit gleichem Fotochip (Quelle: astronomie – DAS MAGAZIN, Ausgabe 33)

# Bicolor-Aufnahmen mit einem Duofilter

- Bei Aufnahmen von  $H\alpha$  und  $[OIII]$  kann noch ein den echten Farben ähnliches Bild erstellt werden, wenn man  $H\alpha$  = Rot und  $[OIII]$  = Grün und Blau zuordnet
- Speziell bei dem breitbandigen Schmalbandfilter L-eNhance ist dies mittels normaler RGB-Bildverarbeitung relativ einfach möglich
- Bereits Bicolor-Bilder zeigen Nebelregionen eindrucksvoll. Warum daher überhaupt ein Bild nach Hubble-Palette erstellen?
  - Die Detailfülle nimmt nochmals zu
  - Die  $H\alpha$ - und  $[SII]$ -Emissionslinie liegt im roten Farbbereich und ist daher vom menschlichen Auge nicht zu unterscheiden
  - Besseres Erkennen der Elemente Wasserstoff, Schwefel und Sauerstoff
- Bei großen Nebelgebieten überstrahlt meistens  $H\alpha$  die anderen Anteile,  $[OIII]$  ist deutlich schwächer und  $[SII]$  am schwächsten

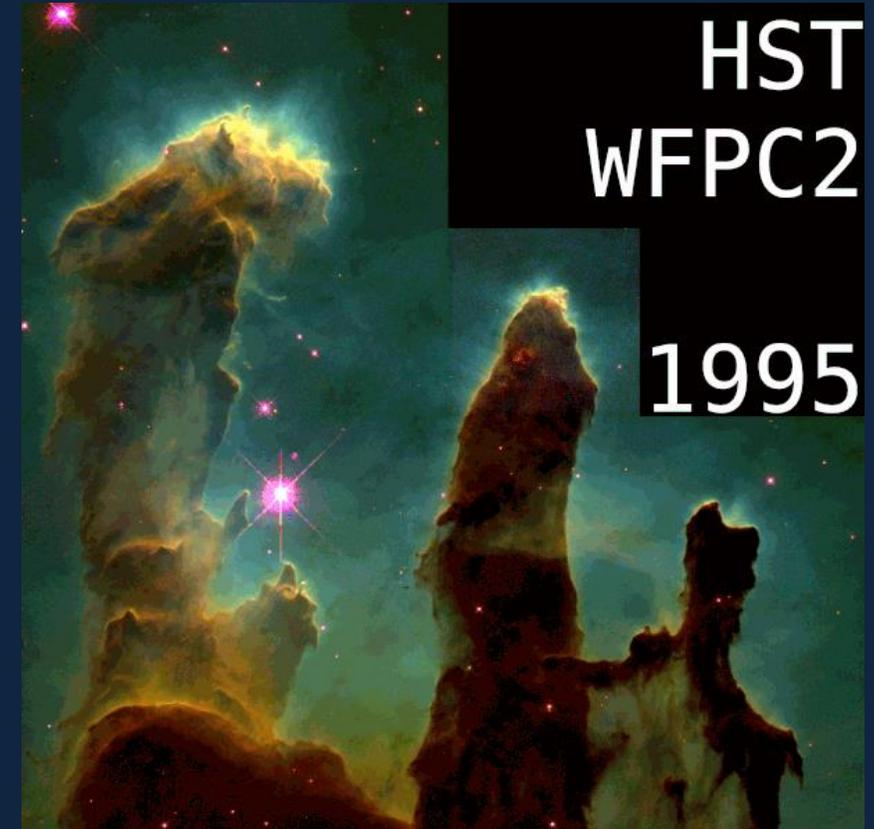
# Aufnahme des Embryo-Nebels (Sh2-199) mit L-eNhance-Filter



Kamera: ASI 071MC, Gain: 0, Filter:  
Optolong 2" L-eNhance, Teleskop:  
Celestron C11 SC XLT,  
Reducer/Flattner: HyperStar,  
Öffnungsverhältnis: 1/2,  
Brennweite: 560 mm, Belichtung  
pro Bild: 5 min, Bildanzahl: 40,  
Gesamtbelichtung: 3,5 Stunden,  
Datum: 04. Dezember 2019

# Einsatz der Hubble-Palette

- Schmalband-Aufnahmen in  $H\alpha$ , [OIII] und [SII] müssen neu geordnet werden, da ansonsten  $H\alpha$  und [SII] beide im roten Bereich liegen
- Daher wird an dieser Stelle meistens die Hubble-Palette wie folgt angewendet (SHO):
  - [SII] = Rot (einfach ionisierter Schwefel)
  - $H\alpha$  = Grün (Wasserstoff)
  - [OIII] = Blau (zweifach ionisierter Sauerstoff)
- Damit stimmen bis auf [SII] die Farben der Emissionslinien nicht mehr mit der Realität überein
- Aber es bleibt die Reihenfolge im Spektrum erhalten



Animierter Vergleich von zwei Bildern des Hubble-Weltraumteleskop (HST) im sichtbaren mit einem Bild des James-Webb-Weltraumteleskop (JWST) im nahinfraroten Bereich (Quelle: NASA/ESA)

# Hubble-Palette mit einer OSC-Kamera

- Wenn Schmalbandaufnahmen mit OSC-Kameras möglich sind, lässt sich auch über die Hubble-Palette nachdenken
- Duofilter-Aufnahmen liefern bereits  $H\alpha$  und [OIII], daher könnte das Bildergebnis mit einer weiteren [SII]-Aufnahme kombiniert werden
- Dazu muss man der Duofilter-Aufnahme  $H\alpha$  und [OIII] voneinander separieren
- Diese Möglichkeiten bieten folgende Programme an:
  - Astro Pixel Processor (APP): <https://www.astropixelprocessor.com>
  - SIRIL: <https://www.siril.org>
  - PixInsight: <https://pixinsight.com>
- Die ersten beiden Programme unterstützen explizit die Verwendung von Duofiltern!

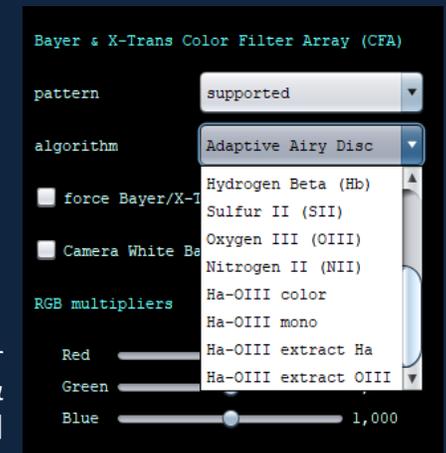


Optolong S-II Deep-Sky Filter 6,5 nm  
(Quelle: TS)

# Bearbeitung der Hubble-Palette

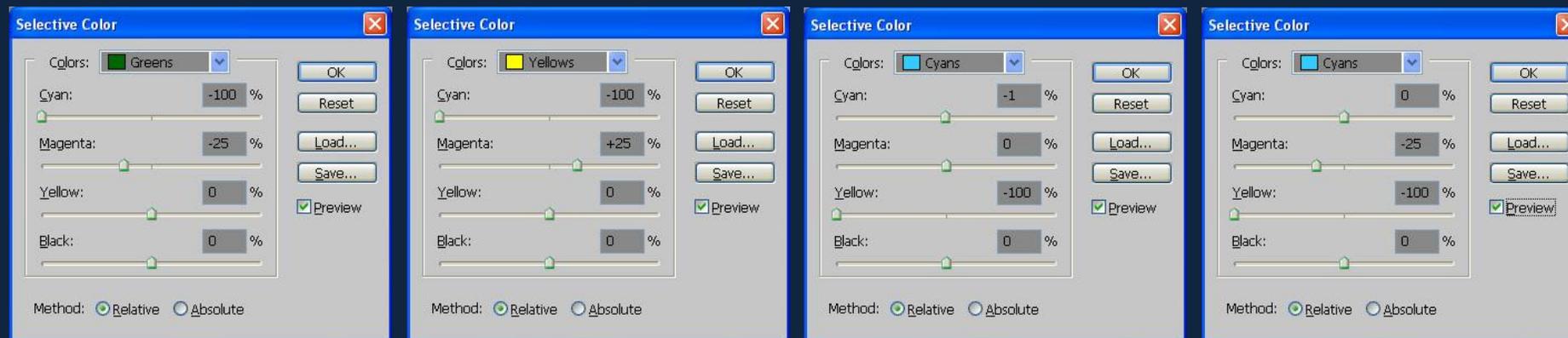
- Alle Light-/Dark-/Flat-/Bias-Frames werden in Astro Pixel Processor (APP) eingelesen
- Als Algorithmus zur Bildverarbeitung wird in zwei Arbeitsschritten eingestellt:
  - H $\alpha$ -OIII extract H $\alpha$
  - H $\alpha$ -OIII extract OIII
- Anschließend müssen die beiden s/w-Bilder auf die separate [SII]-Aufnahme ausgerichtet werden
- Dies kann man mittels PixInsight und der Funktion „Dynamic Alignment“ umsetzen
- Anschließend werden die Bilder wie folgt übereinandergelegt:
  - [SII] = Rot
  - H $\alpha$  = Grün
  - [OIII] = Blau

APP-Beispiel zur  
Separierung von H $\alpha$   
und [OIII]



# Hubble-Bearbeitung nach Bob Franke

- Abschließend kann das übereinandergelegte Ergebnis mit Photoshop bearbeitet werden
- Eine Möglichkeit ist die Bearbeitung der Hubble-Palette nach Bob Franke:  
<http://bf-astro.com/hubbleP.htm>
- Hierbei wird das Werkzeug „selektive Farbe“ von Photoshop verwendet:
  - Die Farbe Grün wird in Richtung Gelb geändert
  - Die Farbe Gelb wird angepasst
  - Die letzten beiden Farbeinstellungen werden mit zwei aufeinanderfolgenden Änderungen an den Cyan-Daten in Richtung Blau vorgenommen



Das bisher grün-lastige Bild verändert sich in Richtung goldgelber Farben

# Eta-Carina-Nebel (NGC 3372)

Emissionsnebel im Sternbild Kiel des Schiffs. Der Nebel ist eine der größten HII-Regionen der Galaxis und erstreckt sich über 200-300 Lichtjahre. Das bekannteste Einzelobjekt ist der veränderliche Stern Eta Carinae.



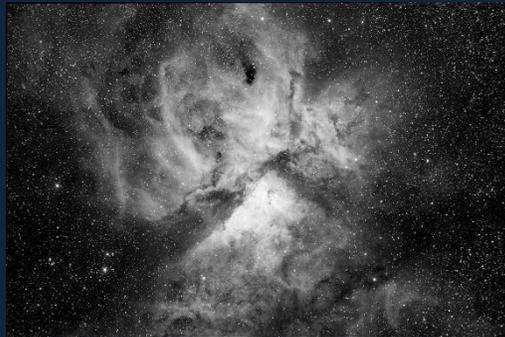
Teleskop: Refraktor APM APO  
107/700 mm, Montierung: Fornax 51 ,  
Brennweite: 525 mm,  
Reducer/Flattner: Riccardi  
Reducer/Flattener 0,75x, Autoguiding:  
Lacerta M-GEN V3,  
Öffnungsverhältnis: 1/4,9, Kamera:  
Lacerta DeepSkyPro2600c, Filter:  
Optolong 2" L-eXtreme  
Schmalbandfilter, Belichtung: 15 x 5  
min, Datum: 21.-22. August 2022

# Eta-Carina-Nebel in der Hubble-Palette

H $\alpha$ :  
Spektrallinie des  
Wasserstoffs



[OIII]:  
Spektrallinie des  
zweifach  
ionisierten  
Sauerstoffs



[SII]:  
Spektrallinie des  
einfach ionisierten  
Schwefels



# Garnelen-Nebel (IC 4628)

Der Emissionsnebel im Sternbild Skorpion besitzt einen Durchmesser von ca. 250 Lichtjahren. In dem Nebel ist der Offene Sternhaufen Trumpler 24 vorhanden, der für die Ionisation verantwortlich ist. Das Objekt wurde von Edward Barnard entdeckt.



Teleskop: Refraktor APM APO 107/700 mm, Montierung: Fornax 51 , Brennweite: 525 mm, Reducer/Flattner: Riccardi Reducer/Flattner 0,75x, Autoguiding: Lacerta M-GEN V3, Öffnungsverhältnis: 1/4,9, Kamera: Lacerta DeepSkyPro2600c, Filter: Optolong 2" L-eXtreme Schmalbandfilter, Belichtung: 38 x 5 min, Datum: 21. August 2022

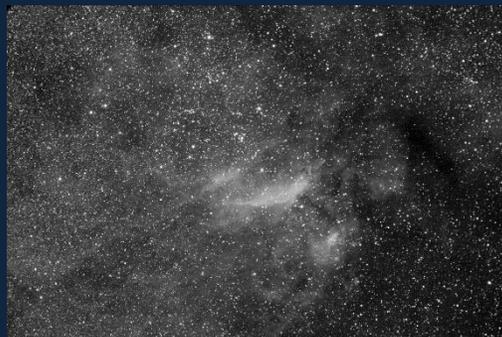
# Garnelen-Nebel (IC 4628) in der Hubble-Palette



H $\alpha$ :  
Spektrallinie des  
Wasserstoffs



[OIII]:  
Spektrallinie des  
zweifach  
ionisierten  
Sauerstoffs



[SII]:  
Spektrallinie des  
einfach ionisierten  
Schwefels



# Lagunen-Nebel (Messier 8)

Der Lagunennebel (M8) ist ein Emissions- und Reflexionsnebel im Sternbild Schütze. Er ist ein großes Sternentstehungsgebiet und enthält mehrere dunkle protostellare Wolken, so genannte Globulen. Im Zentrum befindet sich der junge offene Sternenhaufen NGC 6530, der aus dem Material des Nebels entstanden ist und ihn jetzt zum Leuchten anregt.

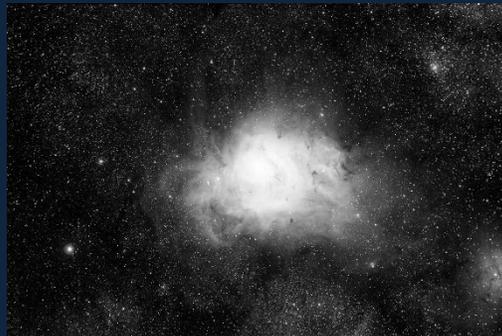


Teleskop: Refraktor APM APO  
107/700 mm, Montierung: Fornax  
51, Brennweite: 525 mm,  
Reducer/Flattner: Riccardi  
Reducer/Flattner 0,75x,  
Autoguiding: Lacerta M-GEN V3,  
Öffnungsverhältnis: 1/4,9, Kamera:  
Lacerta DeepSkyPro2600c, Filter:  
Optolong 2" L-eXtreme  
Schmalbandfilter, Belichtung: 38 x  
5 min, Datum: 23. August 2022

# Lagunen-Nebel (Messier 8) in der Hubble-Palette



H $\alpha$ :  
Spektrallinie des  
Wasserstoffs



[OIII]:  
Spektrallinie des  
zweifach  
ionisierten  
Sauerstoffs

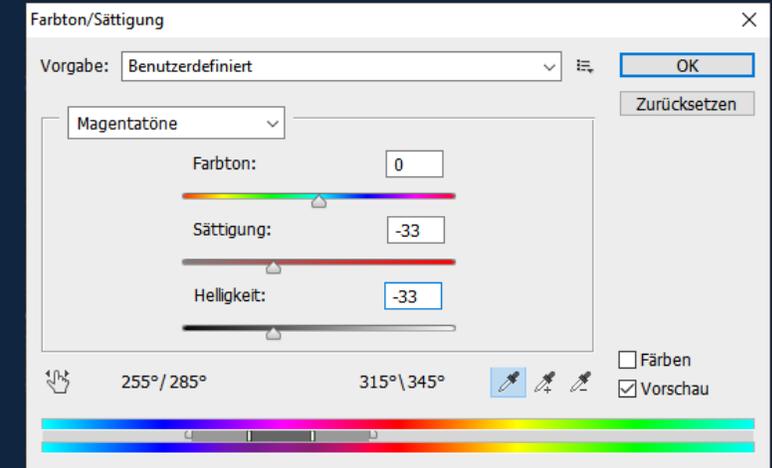


[SII]:  
Spektrallinie des  
einfach ionisierten  
Schwefels



# Weitere Bearbeitungsmöglichkeiten

- Magenta-Farben um die Sterne können bei Bedarf noch separat kompensiert werden
- Die Farbkorrektur nach Bob Franke verschiebt die Farben von grün-dominant zu Gold und Türkis
- Man muss allerdings mit HLVG in Photoshop oder SCNR in PixInsight noch das zu dominante Grün weiter entfernen
- Die Farbbearbeitung/-gebung ist letztendlich Geschmackssache, da es sich um eine Falschfarbendarstellung handelt
- Dunkelnebel und Schockfronten sind aber wesentlich besser wahrnehmbar
- Alternativ kann noch ein Luminanz-Bild über die Hubble-Bildkombination gelegt und die Schmalbandbilder ohne Sterne kombiniert werden



# Fazit

- Die Duofilter ermöglichen inzwischen echte Schmalbandfotografie mit einer OSC-Kamera
- Durch die Separierung des Wellenspektrums lassen sich nun auch mit OSC-Kameras Schwefel, Wasserstoff und Sauerstoff in den Bildern nachweisen (insbesondere bei den getrennten Aufnahmen)
- Je schmalbandiger diese Filter sind, umso besser kann man die Elemente voneinander trennen
- Man verliert hauptsächlich durch die zusätzlichen [SII]-Aufnahmen an Auflösung
- 20% muss längere belichtet werden, um an das gleiche Signal-/Rauschverhältnis einer Monochromkamera heranzukommen
- Allerdings spart man diverse Filter und halbiert dadurch die Anzahl der Belichtungsdurchgänge (Duofilter + [SII]-Filter + RGB-Bild versus  $H\alpha$  + [OIII] + [SII] + R + G + B-Filter)
- So lässt sich während der Aufnahme entscheiden, ob eine reine Duofilteraufnahme ausreicht oder man noch eine RGB- und/oder [SII]-Aufnahme nachlegen möchte

Vielen Dank für eure  
Aufmerksamkeit!



AVL-Sternwarten in Würden, im Hintergrund das Vereinsheim

[www.detken.net](http://www.detken.net)



Astronomische Vereinigung Lilienthal e.V.  
[www.avl-lilienthal.de](http://www.avl-lilienthal.de)