

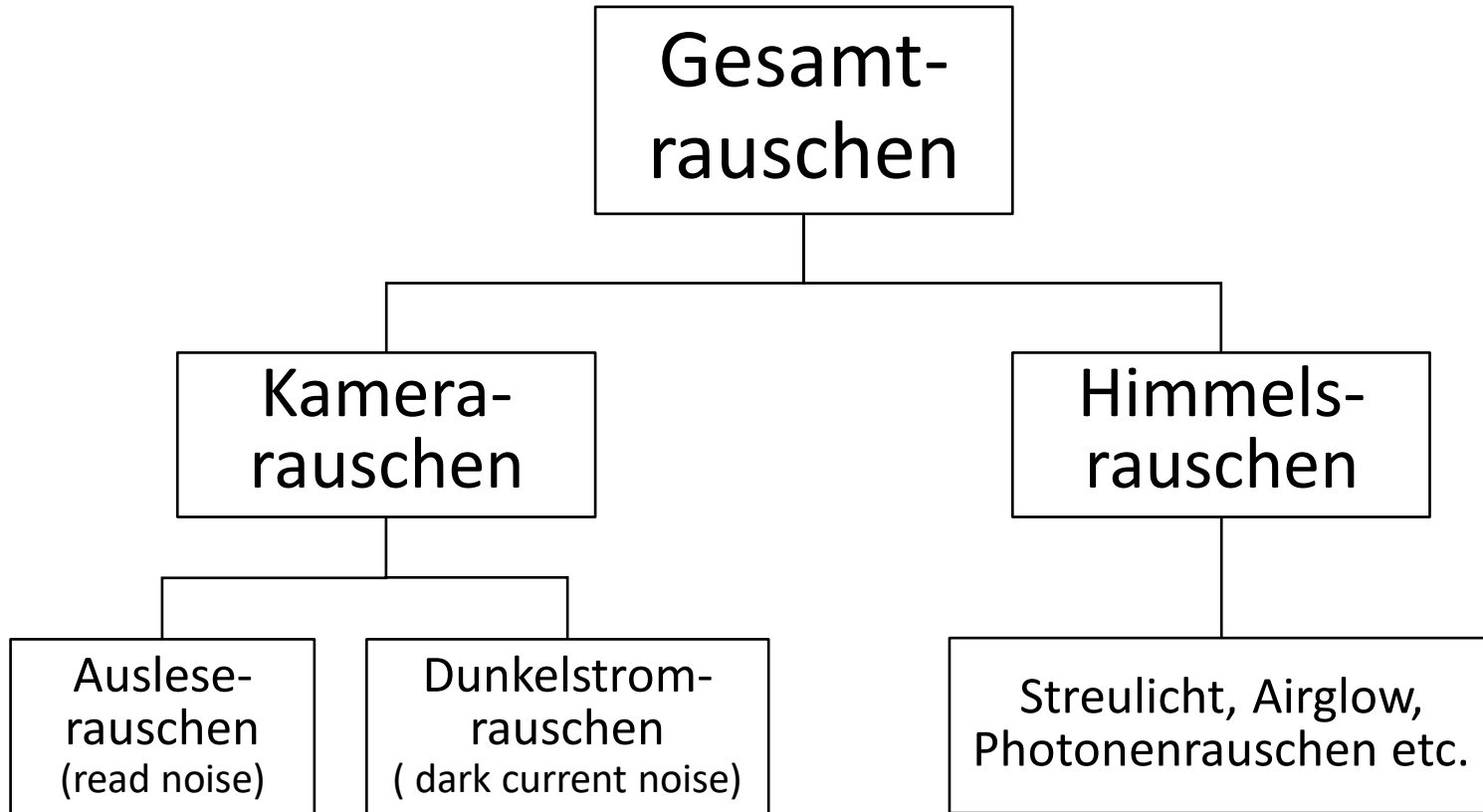
# Rauschen



## Verrauschte Astrofotos

Ursachen und Maßnahmen zur Rauschminimierung bei der  
Bildgewinnung

# Rauschquellen in Astrofotos



# Messung und Addition von Rauschen

Rauschen (Noise) ist das Auftreten von statistischen Schwankungen in elektronischen Messgrößen

Das Rauschmaß, also das „Ausmaß“ des Rauschens, ist die Standardabweichung (RMS) der Messgrößen

In der Astrofotografie wird das Rauschen (das Rauschmaß) üblicherweise in „Elektronen“ ( $e^-$ ) angegeben (dimensionslos)

Zunahme des Signals / des Rauschens beim Überlagern (Stacken) von Astrofotos:

Addition eines Signals:  $S = S_1 + S_2 + S_3 \dots$

Addition von Rauschen:  $R = \text{Wurzel}(R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 \dots)$

Dadurch Verbesserung des Signal-/Rauschverhältnisses (SNR)

# Equipment & Methodik

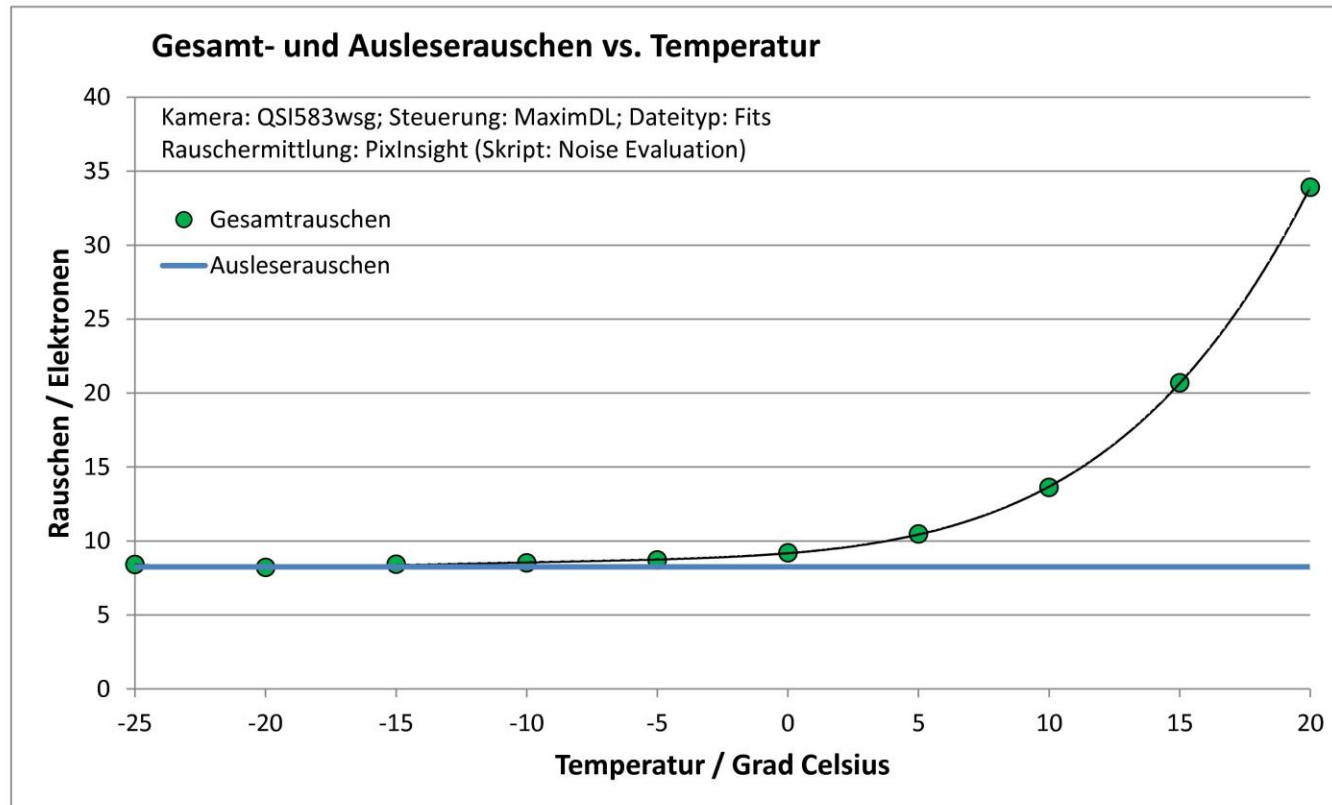


Teleskop:	GSO RC10 (Brennweite 1350 mm)
Montierung:	Gemini G42
Kamera:	QSI 583wsg
Filter:	Astronomik (LRGB & H $\alpha$ )
Luxmeter:	Sky Quality Meter (L)
Standort:	Melle (Niedersachsen)
Objekt:	M 101
Datum:	17. - 24.04.2015

92 Rohbilder (verteilt auf LRGB und H $\alpha$ )  
(9 Stunden Belichtungszeit insgesamt) und  
gleichzeitige Messung der Himmelselligkeit  
Ermittlung des Bildrauschens mit Hilfe von:  
Fitswork (ggfs. Störpixel entfernen, Rand  
abschneiden (z.B. wegen „Overscan“))  
PixInsight (Script: Noise evaluation - alte  
Version bis etwa 2019/2020)

# Dunkelstrom- und Ausleserauschen

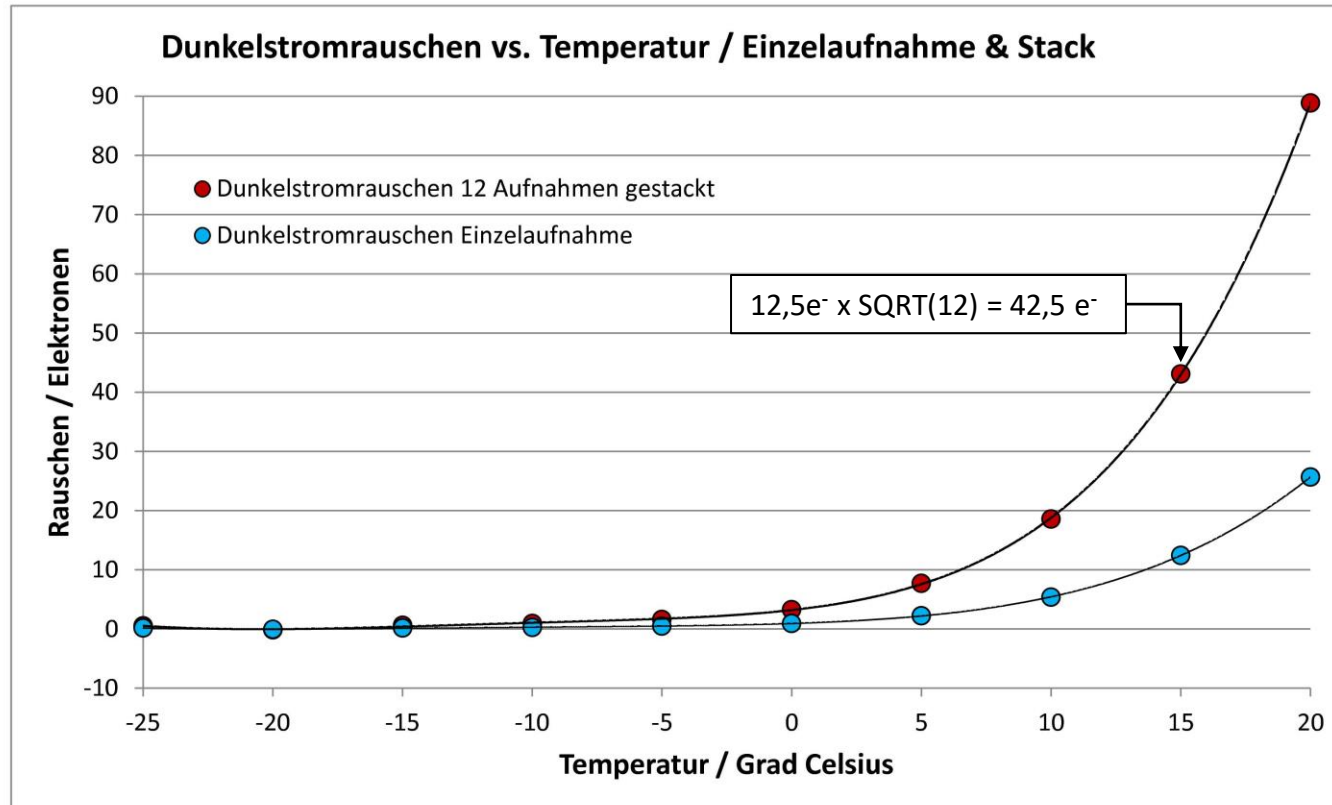
Auswertung Dunkelstrombilder



Ergebnis: Ausleserauschen: 8,25 e<sup>-</sup> (Angabe Kamerahersteller: 8 e<sup>-</sup>)  
Gleiches Ergebnis bei der Auswertung von Bias-Aufnahmen

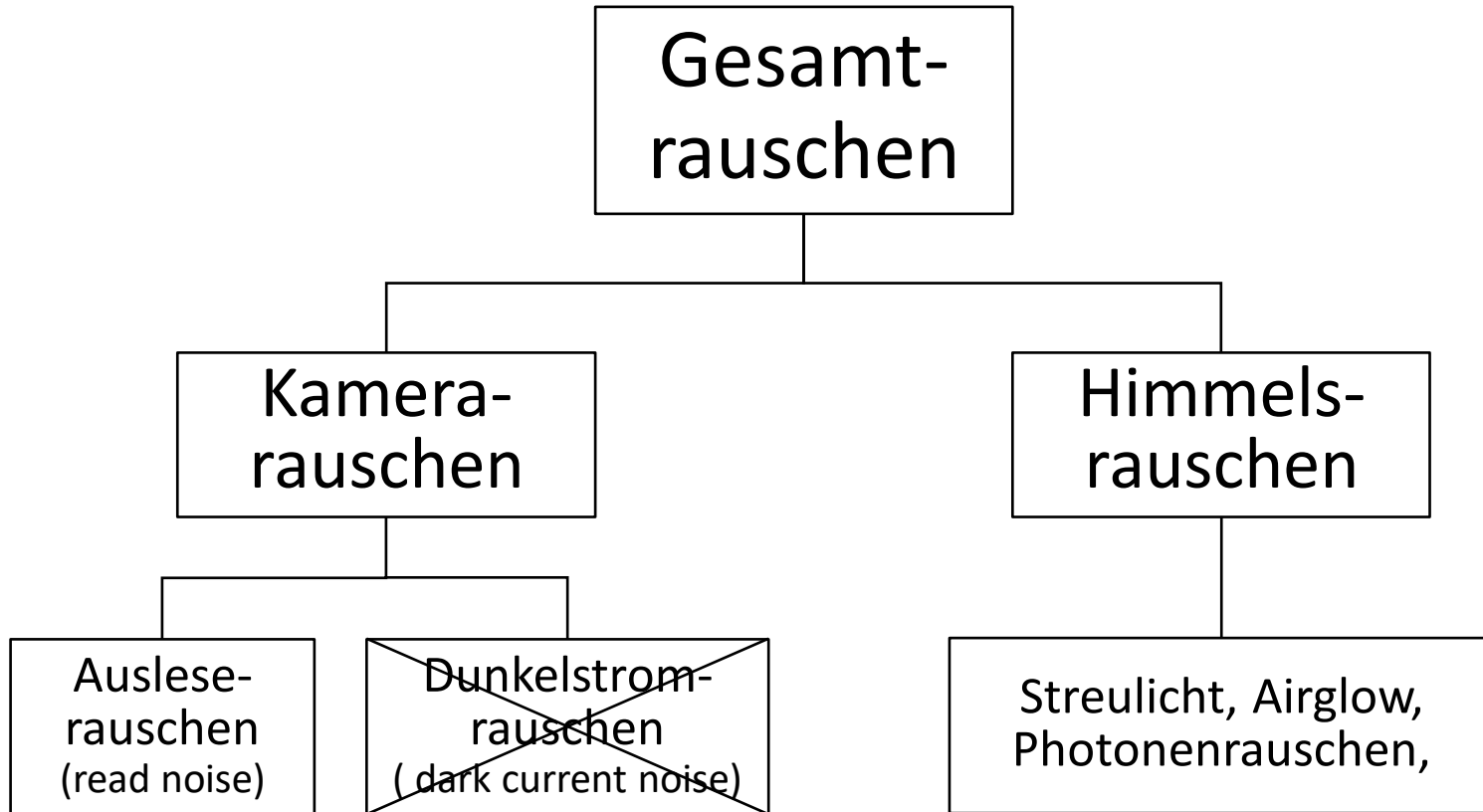
# Dunkelstromrauschen

Abzug des Ausleserausens vom Dunkelstromrauschen



Ergebnis: bei -20°C Chiptemperatur kann das Dunkelstromrauschen vernachlässigt werden (Vorteil gekühlter Astrokameras vs. DSLR)

# Rauschquellen in Astrofotos



# Zielformulierung

Das Ausleserauschen sollte in jedem Rohbild deutlich kleiner sein als das Himmelsrauschen.

Dazu ein Zitat aus Mischa Schirmers (ehemaliger) Homepage:

„To determine the minimum exposure time, you first have to determine the readout/dark noise. Take a bias image (zero seconds integration time) and measure the rms fluctuation in the image. Or take the read noise from the spec sheet. If it is given in electrons, convert it to ADU by dividing it with the gain. The dark current noise can be neglected if the camera can be cooled down sufficiently. Then, measure the sky brightness minus the bias level in an image of your target. The square root of the difference provides an estimate of the total noise in the image. This number should preferably be

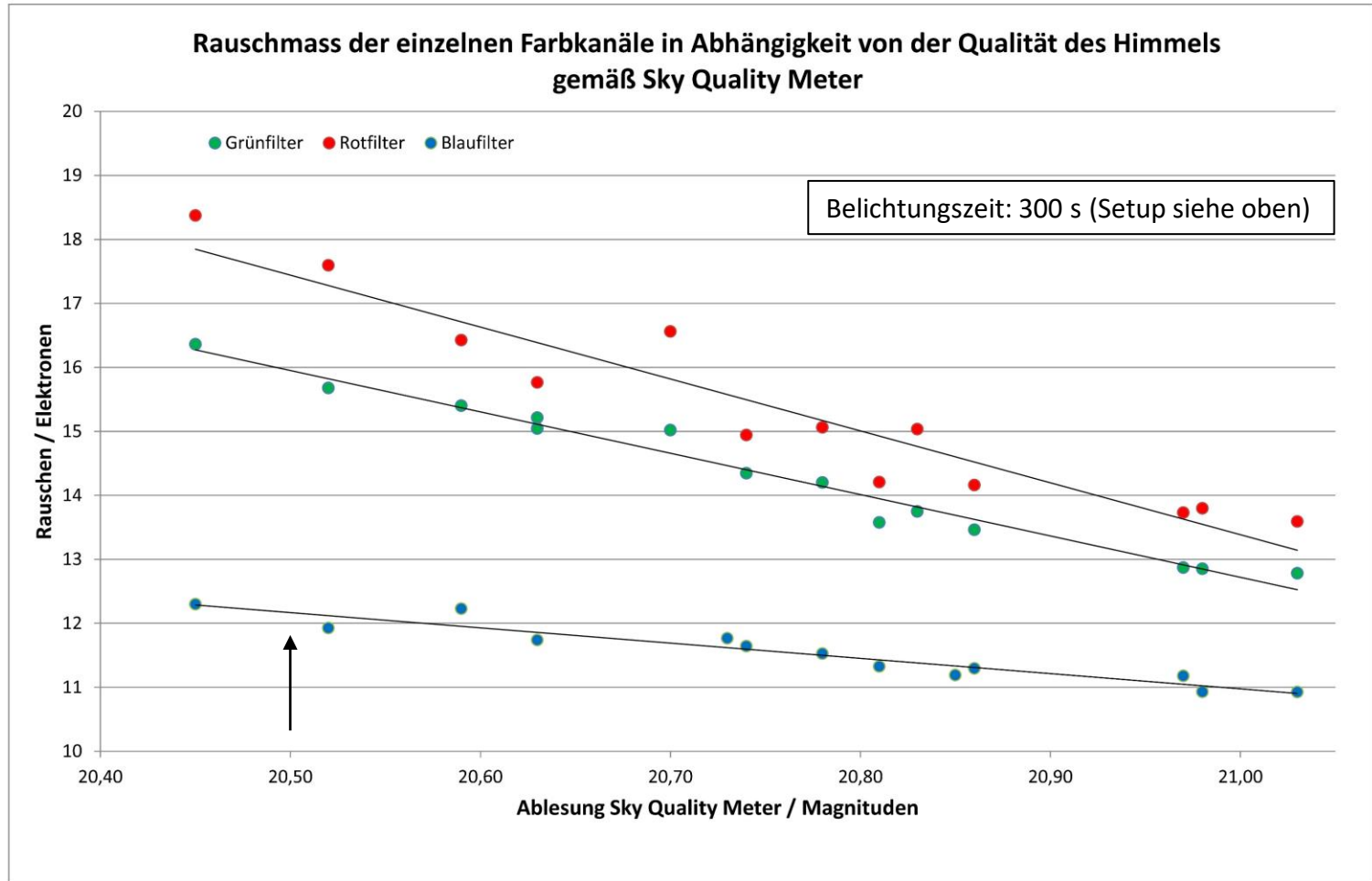
a least two times (better: three to four times)

as large as the instrumental noise alone. If not, increase the exposure time until it is. Under light polluted skies most images will be sky limited. The darker your sky gets, the longer you should expose.” (Zitat Ende)

Anteil Ausleserauschen: 2fach: 24% - 3fach: 16% - 4fach: 12% - 5fach: 10% etc.



# Gesamt- und Himmelsrauschen



Ergebnis: Abhängigkeit des Rauschens von der Himmelselligkeit

# Gesamt- und Himmelsrauschen

Auswertung der Messdaten für 20,5 Magnituden / Quadratbogensekunde  
(Belichtungszeiten der Rohbilder: LRGB je 300 s, H-alpha je 600 s)

Kanal	Gesamtrauschen	Himmelsrauschen	Ausleserauschen	Verhältnis Auslese-/ Himmelsrauschen
	e-	e-	e-	
Rot	17,50	15,43	8,25	1,9
Grün	16,00	13,71	8,25	1,7
Blau	12,20	8,99	8,25	1,1
Luminanz	24,00	22,54	8,25	2,7
H-alpha	10,00	5,65	8,25	0,7

Ergebnis: der Luminanzkanal ist mit 1 : 2,7 gut, die Rot- und Grünkanäle sind noch akzeptabel. Beim Blaukanal sind Himmels- und Ausleserauschen etwa gleich groß und beim H-alpha-Kanal dominiert (trotz 600 Sekunden Belichtungszeit!) das Ausleserauschen.

Ergebnis: (fast) alles falsch gemacht??

# Zwischenergebnis / Maßnahmen



Mögliche Maßnahmen zur Rauschreduzierung

1. Eine rauscharme Kamera kaufen und dabei auch auf das Ausleserauschen achten

2. Alle Rohbilder ausreichend lange belichten (aber: nicht überbelichten – Sättigung)

3. Viele Rohbilder aufnehmen

4. Nachbearbeiten

Frage: was heißt ausreichend lange belichten?

# Die „optimale“ Belichtungszeit



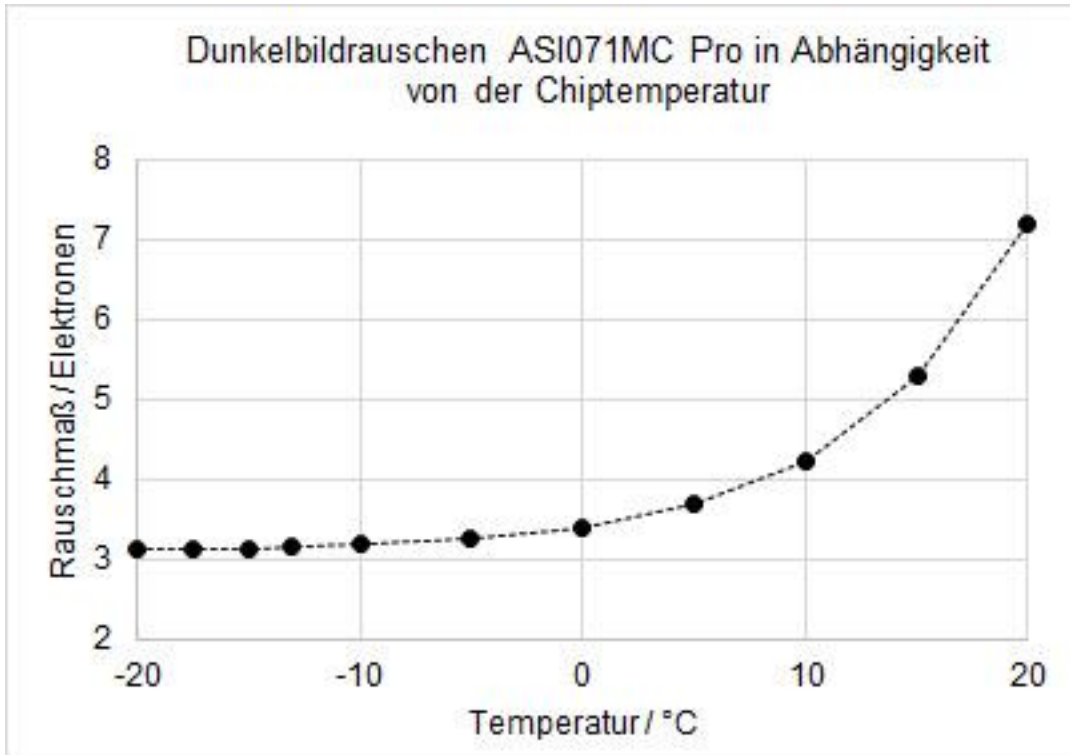
Teleskop:	Vixen VC200L (Brennweite 1800 mm)
Montierung:	iOptron iEQ45
Kamera:	ASI071 MC
Luxmeter:	Sky Quality Meter (L)
Standort:	Kiripotib (Namibia)
Objekte:	Galaxien
Datum:	31.08. – 19.09.2018

Aufgabe bei der Vorbereitung der Reise:

Ermittlung der Belichtungszeit, bei der für dieses Equipment in den Rohbildern das Himmelsrauschen doppelt so hoch ist wie das Ausleserauschen

Ermittlung des Bildrauschens wiederum mit Hilfe von Fitswork und PixInsight

# Gesamt- und Ausleserauschen



Ergebnis:

Ausleserauschen:  $3,15 e^-$   
Kamerahandbuch:  $3,2 e^-$

Gleiches Ergebnis bei der  
Auswertung von Bias-  
Aufnahmen

Weiteres Vorgehen:

Bestimmung des Himmelsrauschens für verschiedene Himmeshelligkeiten

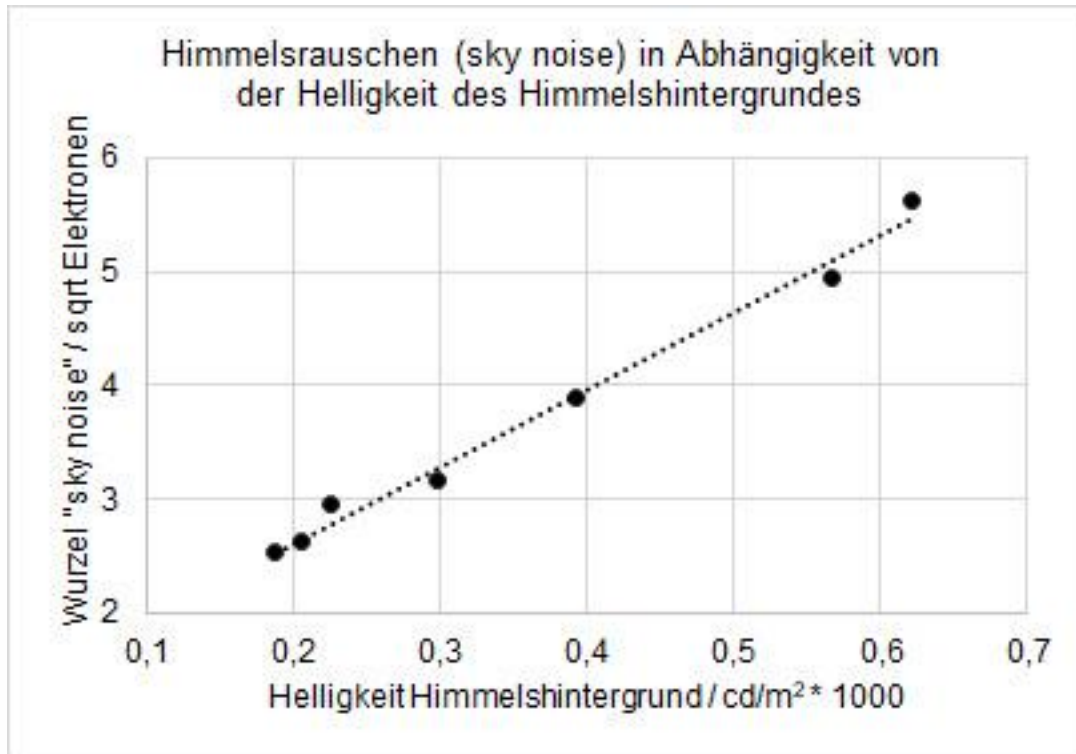
Abzug des Ausleserauschen vom Gesamtrauschen bei den Rohbildern

# Himmelsrauschen vs. Helligkeit

Zitat Mischa Schirmer:

“If the sky is  $n$  times brighter than the sky in a different location, then the sky noise is  $\sqrt{n}$  times as large. One must then expose  $n$  times as long to reach the same depth (assuming that transparency etc. are the same).” (Zitat Ende)

Magnituden (mag) in Leuchtdichte ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) umwandeln



Ergebnis: Abhängigkeit des Rauschens von der Himmelshelligkeit  
(fünf Messpunkte Kiripotib, zwei Messpunkte Melle)

# Belichtungszeiten für ein Verhältnis von Himmelsrauschen zu Ausleserauschen von 2 : 1

Himmels- helligkeit	Himmels- helligkeit	Faktor Helligkeit	Quadratwurzel Himmels- rauschen	Himmels- rauschen	Auslese- rauschen	Verhältnis Himmels-/ Ausleserauschen	Belichtungszeit für ein Rausch- verhältnis von 2
		(21,5 Mag = 1)					
<i>(Magnitudo)</i>	<i>(cd/m<sup>2</sup>)</i>		<i>(Wurzel(e<sup>-</sup>))</i>	<i>(e<sup>-</sup>)</i>	<i>(e<sup>-</sup>)</i>		<i>(s)</i>
18,00	0,006814	25,12	12,58	158,25	3,15	50,24	24
18,25	0,005413	19,95	11,21	125,70	3,15	39,91	30
18,50	0,004300	15,85	9,99	99,85	3,15	31,70	38
18,75	0,003415	12,59	8,91	79,31	3,15	25,18	48
19,00	0,002713	10,00	7,94	63,00	3,15	20,00	60
19,25	0,002155	7,94	7,07	50,04	3,15	15,89	76
19,50	0,001712	6,31	6,30	39,75	3,15	12,62	95
19,75	0,001360	5,01	5,62	31,58	3,15	10,02	120
20,00	0,001080	3,98	5,01	25,08	3,15	7,96	151
20,25	0,000858	3,16	4,46	19,92	3,15	6,32	190
20,50	0,000681	2,51	3,98	15,83	3,15	5,02	239
20,75	0,000541	2,00	3,55	12,57	3,15	3,99	301
21,00	0,000430	1,58	3,16	9,98	3,15	3,17	379
21,25	0,000342	1,26	2,82	7,93	3,15	2,52	477
<b>21,50</b>	<b>0,000271</b>	<b>1,00</b>	<b>2,51</b>	<b>6,30</b>	<b>3,15</b>	<b>2,00</b>	<b>600</b>
21,75	0,000215	0,79	2,24	5,00	3,15	1,59	755
22,00	0,000171	0,63	1,99	3,98	3,15	1,26	951

Achtung: gilt nur für die genannte Kombination von Optik und Kamera!  
Bei 17 Mag ergeben sich 10 s Belichtungszeit → „lucky imaging“ ??

# Am Ende drei Fragen (1)

Frage 1: Gleicher Himmel, aber lichtstärkere Optik – länger oder kürzer belichten?



Veränderlicher Nebel NGC 6729 im Sternbild Südliche Krone (CrA)  
Takahashi ε130D, QSI583wsg, Kiripotib Namibia, 06.06.2016



# Am Ende drei Fragen (2)



Frage 2: Einsatz von (Duo)-Schmalbandfiltern – länger oder kürzer belichten?

M31  
Andromedagalaxie

Takahashi  $\epsilon$ 130D  
ASI6200 MC  
Optolong L-eNhance  
Sternwarte Melle  
18.09.2020

# Am Ende drei Fragen (3)



Frage 3: Binning -  
länger oder kürzer  
belichten?

Strudelgalaxie M51

Vixen VC200L  
mit BigBarlow bei  
4130 mm Brennweite

ASI6200 MC (BIN 4)  
Sternwarte Melle  
26.04.2020

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Quellen:

Inhaltlich beruht der Vortrag im Wesentlichen auf folgenden Seiten meiner Homepage:

<https://www.astrodeepsky.de/noise.html>

[https://www.astrodeepsky.de/namibia2018\\_anhang.html](https://www.astrodeepsky.de/namibia2018_anhang.html)

Wesentlich detaillierter im Blog von Dietrich Kracht:

<http://blog.kr8.de/astrofotografie-belichtungszeiten/>

Vielen Dank an Mischa Schirmer für die Anregungen aus seiner (leider nicht mehr bestehenden) Homepage