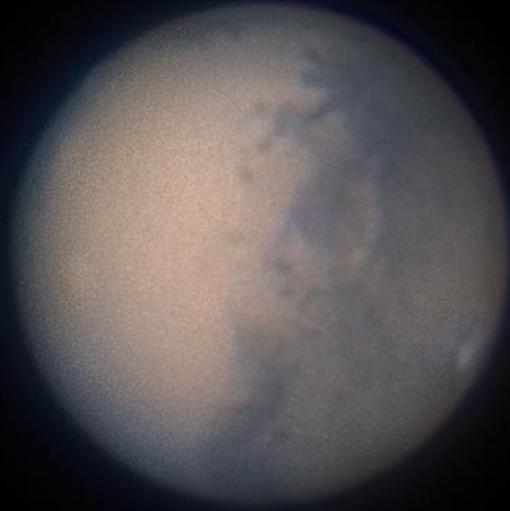


# IR-Pass-Filter bei Planetenaufnahmen: Wirkt das Ausblenden des kurzwelligen Spektrums wirklich Seeing-beruhigend?



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



Astronomische Vereinigung Lillienthal e.V.

[www.avl-lillienthal.de](http://www.avl-lillienthal.de)

# Agenda

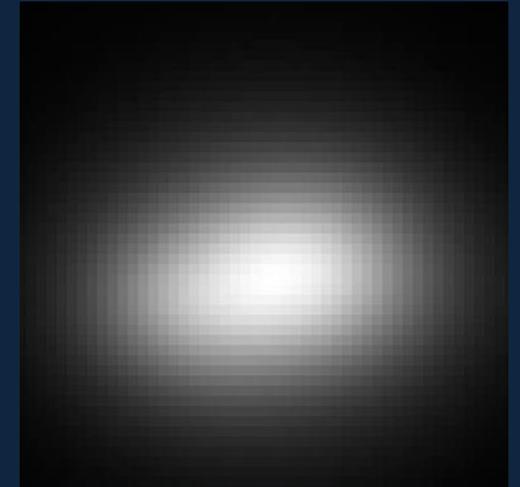
- Basisanforderungen für Planetenaufnahmen
- Definition des Seeing-Begriffs
- Quantitative Beurteilung des Seeings
- Verwendung eines IR-Passfilter
- Kollimation des Teleskops
- Gegenüberstellung von Farb-/Monochrom-Kamera
- IR-R/G/B-Aufnahmen im Vergleich am Beispiel Jupiter und Mars
- Kombination von IR-Pass- mit UV-Filter am Beispiel der Venus



Aufnahme-Equipment des Autors (C11-Teleskop mit Kamera ASI178MM)

# Basisanforderungen für Planetenaufnahmen

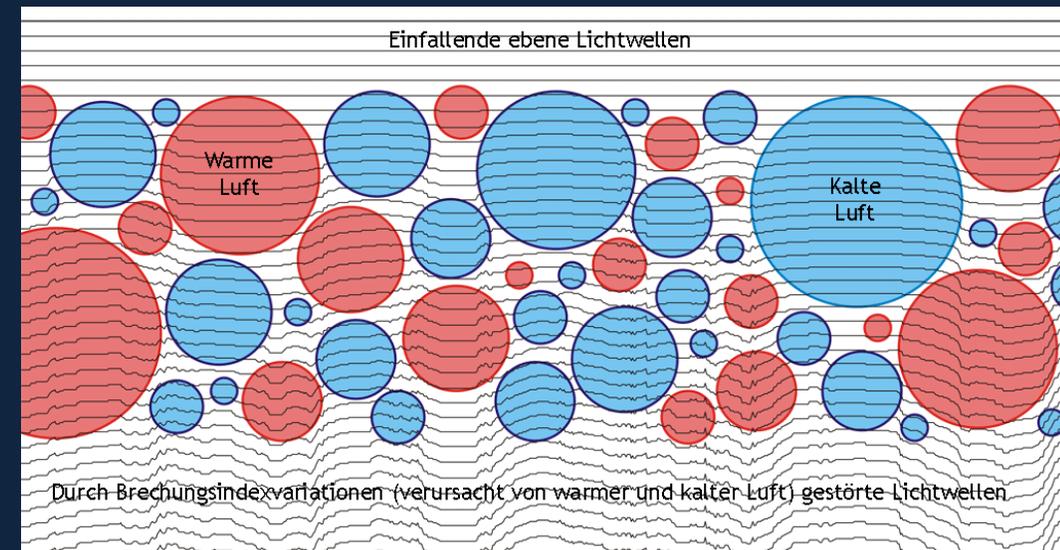
- Es wird eine möglichst große Brennweite benötigt (teilweise bis zu 6 m)
- Es werden Videos erstellt, aus denen dann die besten Bilder gewonnen werden (Lucky Imaging)
- Die Pixelgröße der Kamera sollte möglichst klein sein, um viele Details bei den kleinen Planetenscheiben herausholen zu können
- Die Kamera muss eine möglichst hohe Frame-Rate bzw. eine ausreichend kurze Belichtungszeit besitzen, um das Seeing austricksen zu können
- Das Teleskop sollte vor der Nutzung ausreichend ausgekühlt sein
- Das Seeing sollte optimal sein – aber was bedeutet das?



Serie von 50.000 Bildern bei 40 Bilder/Sekunde mit 1% Mittelwert  
(Quelle: Calar Alto AstraLux Camera, Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg)

# Definition des Seeing-Begriffs

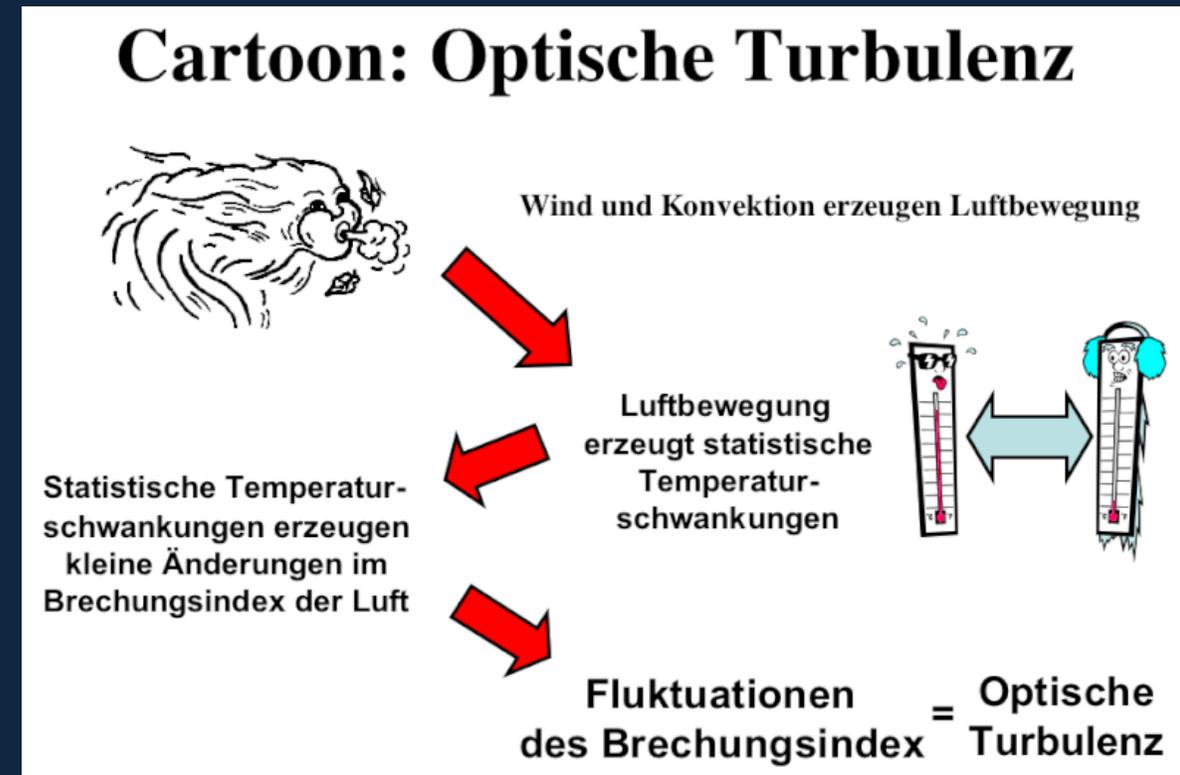
- In der Astronomie ist der Begriff Seeing (deutsch: Sehen) eine Bewertung der Bildunschärfe durch die vorhandene Luftunruhe
- Der Wert wird normalerweise in Bogensekunden angegeben
- Eine Messung wird oftmals durch die Halbwertsbreite (Full Width at Half Maximum = FWHM) der Abbildung einer Punktquelle (z.B. ein Stern) vorgenommen
- Bei visueller Beobachtung im Teleskop äußert sich das Seeing durch rasches Hin- und Hertanzen eines Sterns im Bruchteil von Sekunden
- Bei Planetenaufnahmen entsteht zusätzlich ein verschwommenes / unscharfes Bild



Schema zur Entstehung optischer Turbulenz (Seeing) in der Erdatmosphäre  
(Quelle: Sebastian Egner, Stefan Hippler vom Max-Planck-Institut für Astronomie)

# Erläuterung des Seeing-Begriffs

- Verschlechterung des Seeing entsteht durch Turbulenzen in Luftschichten, die das von außerhalb der Erdatmosphäre ankommende Licht unregelmäßig ablenken (brechen)
- Bei der Beobachtung mit dem bloßen Auge ist der Effekt als Blinken und Funkeln der Sterne zu erkennen (Szintillation = das Glitzern der Sterne)
- Auf Bildern mit längerer Belichtungszeit führt das Seeing dazu, dass der Lichtstrahl einer punktförmigen Quelle über einen größeren Bereich „verschmiert“: das Bild wird unscharf
- Der Ablenkungseffekt ist umso größer und schneller veränderlich, je kürzer die beobachtete Wellenlänge ist!



Cartoon zur Entstehung optischer Turbulenz in der Erdatmosphäre  
(Quelle: Stefan Hippler vom Max-Planck-Institut für Astronomie)

# Unterschiedliche Seeing-Arten

- Luftunruhen sind für Planetenaufnahmen immer problematisch
- Der Jetstream in der Hochatmosphäre ist allerdings zu vernachlässigen, weil er keine sichtbaren Turbulenzen beinhaltet
- Der Übergang zu tieferen Luftschichten ist oftmals turbulent und eine Hauptursache für Seeing
- Man muss grundlegend folgende Seeing-Arten unterscheiden:
  - **Seeing in den Luftschichten:** Bewegung zwischen den Luftschichten
  - **Boden-Seeing:** bodennahe Thermik durch Temperaturunterschiede (aufgeheizter Erdboden und kühle Nachtluft)
  - **Tube- oder Kuppel-Seeing:** Thermik des Teleskops und der Sternwarte
- Nur die beiden letztgenannten Seeing-Typen kann man selbst beeinflussen

# Beeinflussung des Seeings

- Es lässt sich das Seeing nur bedingt beeinflussen:
  - Der Jetstream und die darunterliegenden Winde sollten parallel sein, wodurch geringe Turbulenzen entstehen (Wahl des Standorts, Beispiel: Chile)
  - Sternwarten-Kuppeln weiß halten, um möglichst viel Wärme abzustrahlen
  - Aktive Kühlung des Innenraums einer Sternwarte
  - Nicht während der Aufnahmen selbst in der Sternwarte anwesend sein (externer Kontrollraum oder Remote-Steuerung)
  - Kein geschlossenes Teleskoprohr verwenden, sondern Gitterrohr-Tubus
  - Weites Öffnen der Sternwarten-Kuppel ermöglichen
- Das Boden- und Tubus-Seeing sind nicht zu unterschätzen!

# Beurteilung der Seeing-Werte durch Meteoblue (1)

- Planetenaufnahmen werden bei größtmöglicher Vergrößerung und großer Brennweite erstellt
- Ziel ist es der Planetenoberfläche so viele Details wie möglich zu entlocken
- Daher spielen Luftunruhen (Seeing, Jetstream) eine große Rolle
- Meteoblue hilft bei der Beurteilung der Luftunruhe: Seeing- und Jetstream-Werte werden angegeben

Hour (CET)	Clouds			Seeing			Jet stream	Bad Layers			Ground		Celestial bodies
	Low	Mid	High	arc sec.	Index 1	Index 2		Bot (km)	Top (km)	K/100m	Temp	rel. hum.	
Sat 2022-03-12 sunrise: 06:44 sunset: 18:23 moonrise: 11:15 moonset 04:38													
0	0	0	0	0.92	4	3	11 m/s	00.2	01.5	1.3 K	2 °C	44%	L-----
1	0	0	0	1.04	4	3	12 m/s	00.2	01.5	1.3 K	1 °C	43%	L-----
2	0	0	0	1.11	4	3	13 m/s	00.2	01.0	1.8 K	0 °C	42%	L-----
3	0	0	0	1.15	4	3	14 m/s	00.2	01.0	1.9 K	0 °C	41%	L-----
4	0	0	0	1.39	4	2	15 m/s	02.5	03.0	0.5 K	-1 °C	40%	L-----
5	0	0	23	1.56	4	2	15 m/s	02.5	03.0	0.6 K	-1 °C	39%	-----
6	0	0	55	1.55	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.5 K	-1 °C	38%	--VM----P
7	0	0	80	1.41	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.6 K	0 °C	37%	-MVM-S--P
8	1	12	92	1.33	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.7 K	1 °C	37%	-MVMJS-NP
9	3	28	99	1.17	4	2	16 m/s	09.1	10.2	0.6 K	3 °C	36%	-MVMJSUNP
10	4	45	100	1.27	4	3	16 m/s	02.0	02.5	0.6 K	5 °C	35%	-MVMJSUNP
11	3	69	82	1.46	5	4	16 m/s	00.2	01.0	1.1 K	7 °C	34%	-MVMJSUNP
12	1	94	55	1.68	5	4	16 m/s	02.5	03.0	0.6 K	9 °C	34%	LMVMJSUNP
13	0	97	33	1.58	5	4	16 m/s	02.5	03.0	0.5 K	10 °C	35%	LMVMJSUN-
14	0	98	19	1.52	5	5	16 m/s	00.6	01.5	0.6 K	11 °C	36%	LM--JSUN-
15	0	86	10	1.56	5	5	16 m/s	00.6	01.0	0.6 K	12 °C	36%	LM--J-UN-
16	0	71	13	1.62	5	5	16 m/s	02.5	03.0	0.5 K	11 °C	35%	LM--J-UN-
17	0	48	38	1.56	5	5	16 m/s	01.5	02.0	0.5 K	10 °C	36%	L----J-UN-
18	0	18	75	1.55	5	5	18 m/s	03.0	03.6	0.5 K	9 °C	34%	L-----U--
19	0	6	100	1.62	5	5	19 m/s	03.0	03.6	0.5 K	7 °C	33%	L-----U--
20	0	36	98	1.66	5	4	20 m/s	02.5	03.0	0.5 K	6 °C	32%	L-----U--
21	0	85	90	1.76	5	5	20 m/s	02.5	03.0	0.6 K	5 °C	32%	L-----U--
22	0	100	80	1.86	5	4	21 m/s	02.5	03.0	0.7 K	4 °C	30%	L-----U--
23	0	100	54	1.91	5	4	21 m/s	02.5	03.0	0.7 K	3 °C	32%	L-----

# Beurteilung der Seeing-Werte durch Meteoblue (2)

- Dunkelblaue Farben in der Wolkendecke und grüne Werte im Seeing-Index sollten beachtet werden
- Geschätzter Seeing-Index (1 und 2):
  - 1 = schlecht
  - 5 = ausgezeichnet
- Diese Werte werden auf der Grundlage der Integration der turbulenten Schichten in der Atmosphäre berechnet

Hour (CET)	Clouds			Seeing			Jet stream	Bad Layers			Ground		Celestial bodies
	Low	Mid	High	arc sec.	Index 1	Index 2		Bot (km)	Top (km)	K/100m	Temp	rel. hum.	
Sat 2022-03-12 sunrise: 06:44 sunset: 18:23 moonrise: 11:15 moonset 04:38													
0	0	0	0	0.92	4	3	11 m/s	00.2	01.5	1.3 K	2 °C	44%	L-----
1	0	0	0	1.04	4	3	12 m/s	00.2	01.5	1.3 K	1 °C	43%	L-----
2	0	0	0	1.11	4	3	13 m/s	00.2	01.0	1.8 K	0 °C	42%	L-----
3	0	0	0	1.15	4	3	14 m/s	00.2	01.0	1.9 K	0 °C	41%	L-----
4	0	0	0	1.39	4	2	15 m/s	02.5	03.0	0.5 K	-1 °C	40%	L-----
5	0	0	23	1.56	4	2	15 m/s	02.5	03.0	0.6 K	-1 °C	39%	-----
6	0	0	55	1.55	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.5 K	-1 °C	38%	--VM----P
7	0	0	80	1.41	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.6 K	0 °C	37%	-MVM-S--P
8	1	12	92	1.33	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.7 K	1 °C	37%	-MVMJS-NP
9	3	28	99	1.17	4	2	16 m/s	09.1	10.2	0.6 K	3 °C	36%	-MVMJSUNP
10	4	45	100	1.27	4	3	16 m/s	02.0	02.5	0.6 K	5 °C	35%	-MVMJSUNP
11	3	69	82	1.46	5	4	16 m/s	00.2	01.0	1.1 K	7 °C	34%	-MVMJSUNP
12	1	94	55	1.68	5	4	16 m/s	02.5	03.0	0.6 K	9 °C	34%	LMVMJSUNP
13	0	97	33	1.58	5	4	16 m/s	02.5	03.0	0.5 K	10 °C	35%	LMVMJSUN-
14	0	98	19	1.52	5	5	16 m/s	00.6	01.5	0.6 K	11 °C	36%	LM--JJSUN-
15	0	86	10	1.56	5	5	16 m/s	00.6	01.0	0.6 K	12 °C	36%	LM--J-UN-
16	0	71	13	1.62	5	5	16 m/s	02.5	03.0	0.5 K	11 °C	35%	LM--J-UN-
17	0	48	38	1.56	5	5	16 m/s	01.5	02.0	0.5 K	10 °C	36%	L----J-UN-
18	0	18	75	1.55	5	5	18 m/s	03.0	03.6	0.5 K	9 °C	34%	L-----U--
19	0	6	100	1.62	5	5	19 m/s	03.0	03.6	0.5 K	7 °C	33%	L-----U--
20	0	36	98	1.66	5	4	20 m/s	02.5	03.0	0.5 K	6 °C	32%	L-----U--
21	0	85	90	1.76	5	5	20 m/s	02.5	03.0	0.6 K	5 °C	32%	L-----U--
22	0	100	80	1.86	5	4	21 m/s	02.5	03.0	0.7 K	4 °C	30%	L-----U--
23	0	100	54	1.91	5	4	21 m/s	02.5	03.0	0.7 K	3 °C	32%	L-----

# Beurteilung der Seeing-Werte durch Meteoblue (3)

- Die Wolkenbedeckung reicht von dunkelblau (0%) bis weiß (100%)
- Nebel oder sehr niedrige Wolken sind hier nicht dargestellt
- Hohe Jetstream-Geschwindigkeiten (>20m/s) entsprechen in der Regel einem schlechten Seeing
- Schlechte Schichten haben einen Temperaturgradienten von mehr als 0,5K/100m

Hour (CET)	Clouds			Seeing			Jet stream	Bad Layers			Ground		Celestial bodies
	Low	Mid	High	arc sec.	Index 1	Index 2		Bot (km)	Top (km)	K/100m	Temp	rel. hum.	
Sat 2022-03-12 sunrise: 06:44 sunset: 18:23 moonrise: 11:15 moonset 04:38													
0	0	0	0	0.92	4	3	11 m/s	00.2	01.5	1.3 K	2 °C	44%	L-----
1	0	0	0	1.04	4	3	12 m/s	00.2	01.5	1.3 K	1 °C	43%	L-----
2	0	0	0	1.11	4	3	13 m/s	00.2	01.0	1.8 K	0 °C	42%	L-----
3	0	0	0	1.15	4	3	14 m/s	00.2	01.0	1.9 K	0 °C	41%	L-----
4	0	0	0	1.39	4	2	15 m/s	02.5	03.0	0.5 K	-1 °C	40%	L-----
5	0	0	23	1.56	4	2	15 m/s	02.5	03.0	0.6 K	-1 °C	39%	-----
6	0	0	55	1.55	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.5 K	-1 °C	38%	--VM----P
7	0	0	80	1.41	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.6 K	0 °C	37%	-MVM-S--P
8	1	12	92	1.33	3	1	15 m/s	09.0	10.2	0.7 K	1 °C	37%	-MVMJS-NP
9	3	28	99	1.17	4	2	16 m/s	09.1	10.2	0.6 K	3 °C	36%	-MVMJSUNP
10	4	45	100	1.27	4	3	16 m/s	02.0	02.5	0.6 K	5 °C	35%	-MVMJSUNP
11	3	69	82	1.46	5	4	16 m/s	00.2	01.0	1.1 K	7 °C	34%	-MVMJSUNP
12	1	94	55	1.68	5	4	16 m/s	02.5	03.0	0.6 K	9 °C	34%	LMVMJSUNP
13	0	97	33	1.58	5	4	16 m/s	02.5	03.0	0.5 K	10 °C	35%	LMVMJSUN-
14	0	98	19	1.52	5	5	16 m/s	00.6	01.5	0.6 K	11 °C	36%	LM--JSUN-
15	0	86	10	1.56	5	5	16 m/s	00.6	01.0	0.6 K	12 °C	36%	LM--J-UN-
16	0	71	13	1.62	5	5	16 m/s	02.5	03.0	0.5 K	11 °C	35%	LM--J-UN-
17	0	48	38	1.56	5	5	16 m/s	01.5	02.0	0.5 K	10 °C	36%	L----J-UN-
18	0	18	75	1.55	5	5	18 m/s	03.0	03.6	0.5 K	9 °C	34%	L-----U--
19	0	6	100	1.62	5	5	19 m/s	03.0	03.6	0.5 K	7 °C	33%	L-----U--
20	0	36	98	1.66	5	4	20 m/s	02.5	03.0	0.5 K	6 °C	32%	L-----U--
21	0	85	90	1.76	5	5	20 m/s	02.5	03.0	0.6 K	5 °C	32%	L-----U--
22	0	100	80	1.86	5	4	21 m/s	02.5	03.0	0.7 K	4 °C	30%	L-----U--
23	0	100	54	1.91	5	4	21 m/s	02.5	03.0	0.7 K	3 °C	32%	L-----

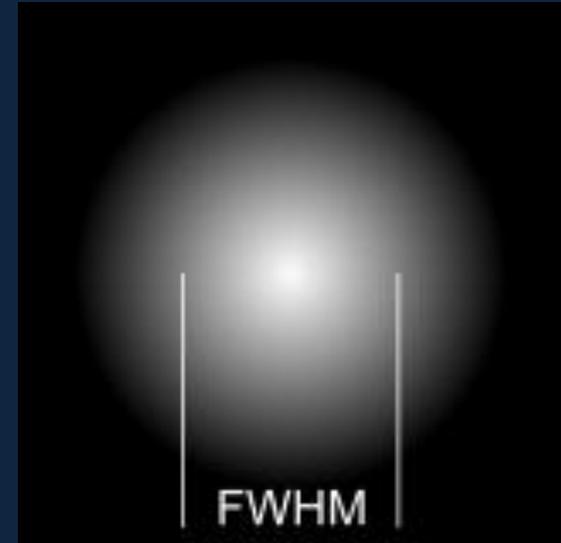
# Beurteilung der Seeing-Werte durch Meteoblue (4)

- Auch Planetenangaben finden sich bei Meteoblue wieder
- LMVMJSUNP bedeutet Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun und Pluto
- Bewegt man den Mauszeiger über die Spalte mit den Himmelskörpern, können sogar die Koordinaten der einzelnen Himmelskörper erkannt werden: Azimut (Az), Höhe (Alt), Rektaszension (RA) und Deklination (DEC).

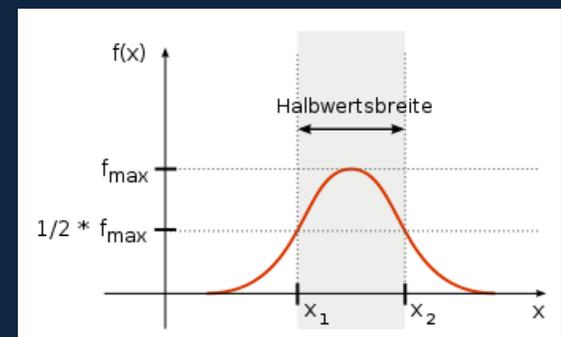
Hour (CET)	Clouds			Seeing			Jet stream	Bad Layers			Ground		Celestial bodies
	Low	Mid	High	arc sec.	Index 1	Index 2		Bot (km)	Top (km)	K/100m	Temp	rel. hum.	
Sat 2022-03-12													
					<b>Az</b>	<b>Alt</b>			<b>Ra</b>			<b>Dec</b>	
					Moon 24.99°	-6.05°			6h01m18s			26°23'38"	
					Mercury 142.61°	17.08°			22h19m08s			-12°45'18"	
					Venus 171.95°	20.35°			20h24m26s			-16°10'36"	
					Mars 172.09°	16.3°			20h25m23s			-20°14'21"	
					Jupiter 127.53°	17.42°			23h11m21s			-6°17'09"	
					Saturn 155.27°	18.05°			21h30m38s			-15°40'59"	
					Uranus 71.98°	5.54°			2h38m27s			15°03'32"	
					Neptune 120.88°	16.54°			23h35m18s			-3°53'18"	
					Pluto 178.14°	14.44°			20h00m46s			-22°25'25"	

# Quantitative Beurteilung des Seeings durch FWHM (1)

- Kein Stern kann durch den Weg durch unsere Atmosphäre exakt punktförmig abgebildet werden
- Es ergibt sich daher eine gaußförmige Helligkeitsverteilung (siehe Bild) um den Stern herum
- Das FWHM gibt nun den Winkeldurchmesser dieser Helligkeitsverteilung an, bei dem der Helligkeitswert gegenüber dem Maximalwert in der Mitte auf die Hälfte abgefallen ist
  - Der FWHM-Wert ist nicht konstant und ändert sich pro Aufnahme
  - Der Wert erlaubt aber eine quantitative Beurteilung des Seeings
  - Durch Bildselektion kann das FWHM künstlich verbessert werden
- Typische FWHM-Werte sind: 1,5“ bis 2,5“ (sehr gutes Seeing) und 4“ bis 6“ (mittleres Seeing)



FWHM-Wert eines Sterns (Quelle: [www.astrofotografie.hohmann-edv.de](http://www.astrofotografie.hohmann-edv.de))



Halbwertsbreite in einer Funktion (Quelle: Arne Nordmann, Wikipedia 2007)

 Durch „Lucky Imaging“ kann der FWHM-Wert sogar unter 1“ gedrückt werden!

# Quantitative Beurteilung des Seeings durch FWHM (2)

- Das Seeing eines Teleskopstandorts wird durch zwei Parameter beschrieben:
  - Ortsskala  $\tau_0$
  - Zeitskala  $t_0$
- Bei Teleskopen mit einem Durchmesser  $D$  kleiner als  $\tau_0$ , ist die Halbwertsbreite FWHM einer Punktquelle (Stern) bei einer Langzeitaufnahme proportional zur Wellenlänge  $\lambda$  und umgekehrt proportional zur Teleskopdurchmesser:

$$FWHM = \frac{\lambda}{D}$$

- Die Ortsskala  $\tau_0$  beträgt für sichtbares Licht bei guten Bedingungen 10-20 cm. Teleskope mit einem größeren Durchmesser als  $\tau_0$  haben durch  $\tau_0$  eine beschränkte Halbwertsbreite:

$$FWHM = \frac{\lambda}{\tau_0}$$

- Die typische Zeitskala  $t_0$  für die atmosphärische Fluktuation ergibt sich über die mittlere Windgeschwindigkeit  $v_{wind}$  wie folgt:

$$t_0 = \frac{0,3\tau_0}{v_{wind}}$$

# Quantitative Beurteilung des Seeings durch FWHM (3)

- Daraus lässt sich folgendes ableiten:
  - Teleskope mit größerer Öffnung als  $\tau_0$  werden bei unseren Seeing-Werten durch FWHM begrenzt, es sei denn man beobachtet in höheren Wellenlängen
  - Die Zeitskala  $t_0$  im sichtbaren Licht liegt im Bereich weniger Millisekunden
  - Ist die Beobachtungszeit kleiner der Zeitskala  $t_0$  sind die atmosphärischen Störungen eingefroren
- Darauf baut das sog. „Lucky Imaging“ auf:
  - Es werden dabei werden hunderte bis tausende Bilder aufgenommen und software-technisch nach der Qualität der Einzelbilder sortiert
  - Nur die besten Einzelbilder werden aufaddiert und zu einem Summenbild verarbeitet
  - Dadurch können störende Unruhen der Atmosphäre ausgetrickst werden

# Eigene Teleskop-Ausrüstung für Planetenaufnahmen

- Teleskop:
  - C11 von Celestron
  - Öffnung: 11" (28 cm)
  - Brennweite: 2.800 mm
  - Öffnungsverhältnis: 1/10
  - Auflösungsvermögen: 0,42"
  - Gewicht 13 kg
- Kameras:
  - ASI178MM
  - ASI183MC
- Filter:
  - RGB-Filter (Typ II C) von Astronomik
  - ProPlanet 807 IR-Passfilter von Astronomik
  - ZWL 350 nm UV-Passfilter von Baader
- Montierung:
  - CEM60 von iOptron



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

# Verwendung eines IR-Passfilters

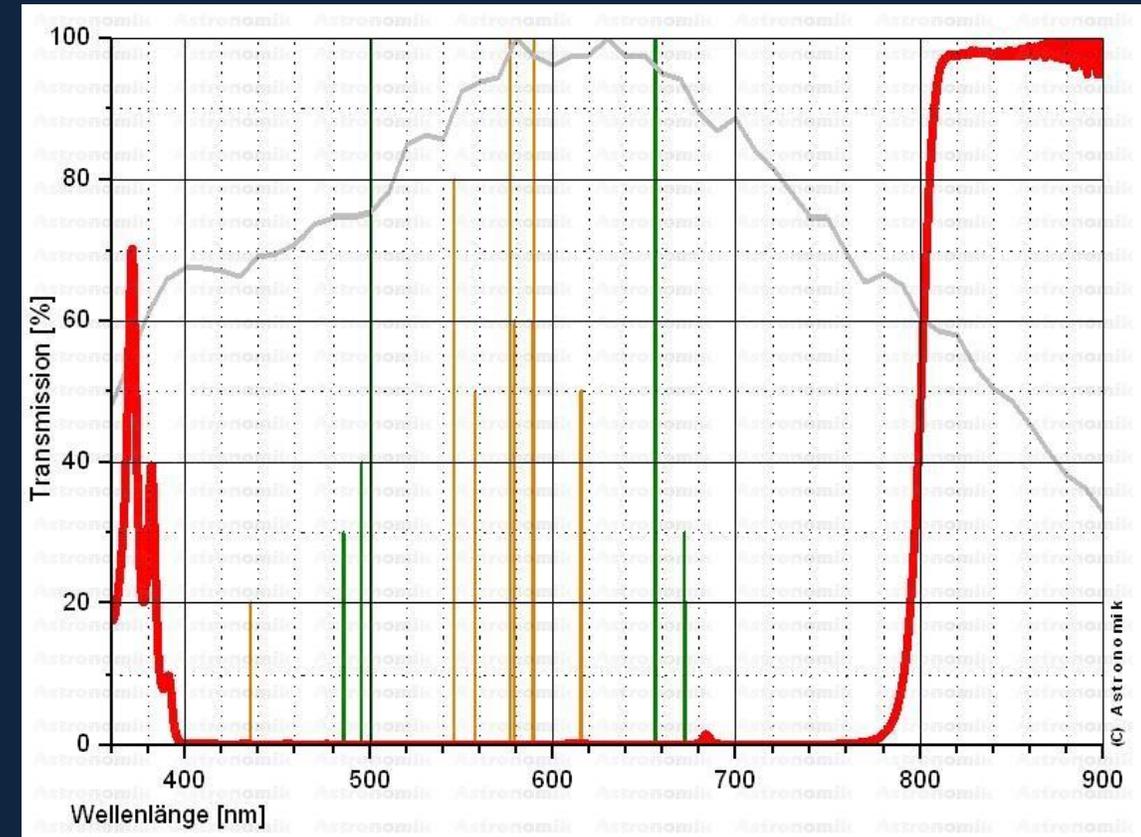
- Für Planetenaufnahmen wird oftmals der Einsatz eines IR-Passfilter zur Verbesserung des Seeings beworben
- Je nach Teleskop-Öffnung soll der IR-Passfilter 742 ( $< 10''$ ) oder der IR-Passfilter 807 ( $> 10''$ ) verwendet werden
- Aus schlechtem Seeing soll ein erträgliches und aus erträglichem Seeing ein brauchbares werden
- Es wird ausschließlich Wellenlängen ab 742 nm bzw. 807 nm durchgelassen
- Der sichtbare Teil des Wellenlängenspektrums wird daher abgeschnitten



Astronomik ProPlanet 807 IR-Passfilter 1,25"  
(Quelle: <https://www.astronomik.com>)

# Astronomik ProPlanet IR 807 Filter

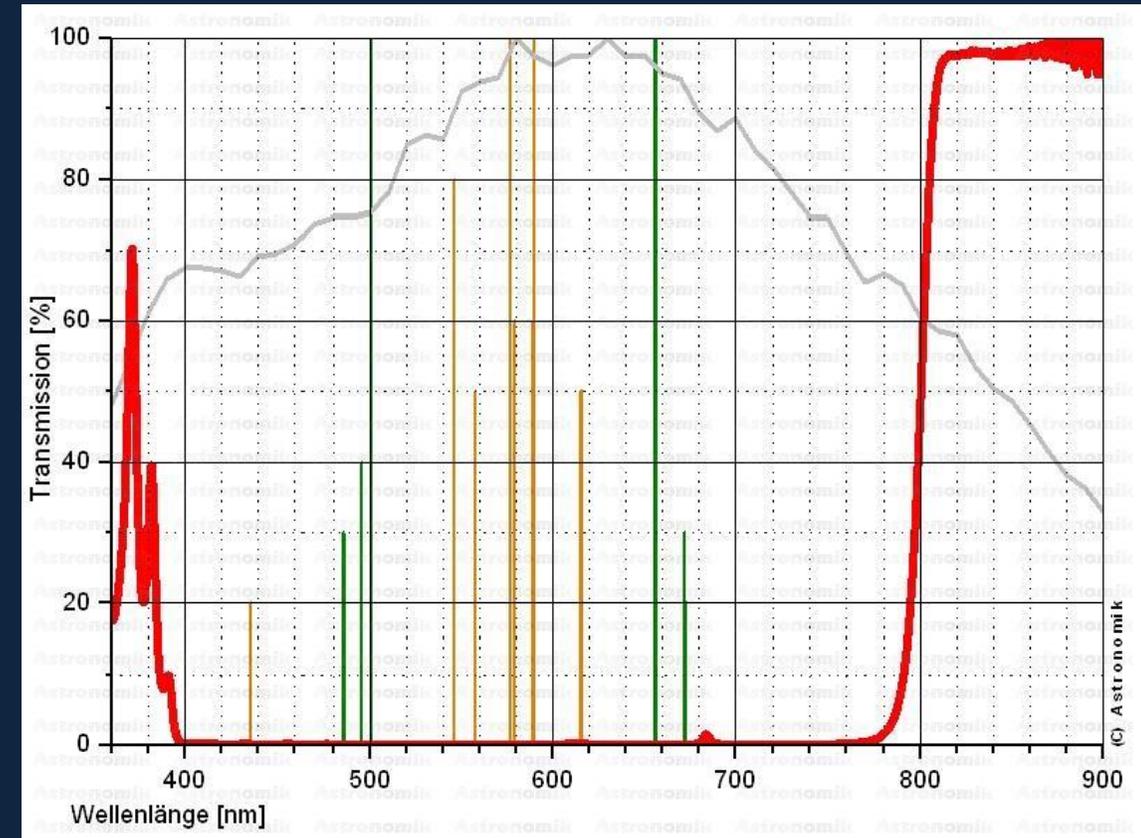
- Blockiert das Wellenlängenspektrum von 350 nm bis 790 nm
- Langpassfilter für Wellenlängen ab 807 nm (>97% Transmission beim Astronomik-Filter)
- Es werden für das Seeing besonders empfindlich reagierenden Bereiche des Lichts geblockt und die für Seeing deutlich weniger empfindlicheren Bereiche des langwelligeren Lichtes durchgelassen
- Anwendung:
  - Aufnahmen von hellen Planeten und Sternen
  - Kometen am Tageshimmel
  - Aufnahme von jungen Sternen in Staubwolken und Sternentstehungsgebiete
  - Mondaufnahmen



Transmissionskurve des ProPlanet IR 807 Filters (Quelle: [www.astronomik.com](http://www.astronomik.com))

# Die Transmissionskurve im Detail

- Die rote Linie zeigt die Transmission des Filters
- In orange sind die wichtigsten Emissionslinien dargestellt, die zur künstlichen Himmelsaufhellung beitragen: Quecksilber (Hg) und Natrium (Na), die in älteren Straßenlaternen verwendet werden
- In grün sind die wichtigsten Emissionslinien von Gasnebeln dargestellt: Wasserstoff H-alpha und H-beta sowie Sauerstoff [OIII]
- Die graue Kurve im Hintergrund zeigt die relative Empfindlichkeitskurve eines typischen CCD-Sensors (photographischer Filter)



Transmissionskurve des ProPlanet IR 807 Filters

# Kollimation des Teleskops (1)

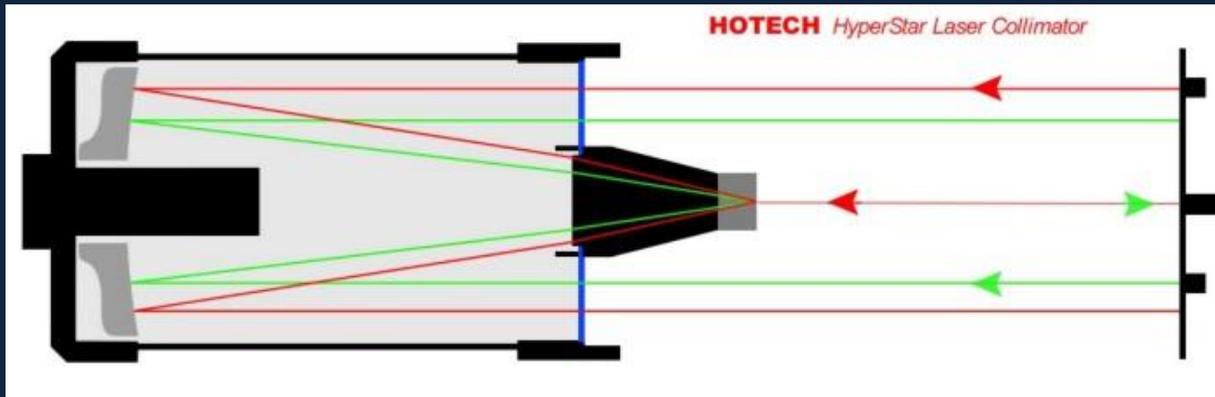
- Für Planetenbeobachtungen ist neben dem Seeing die optimale Kollimation des Teleskops zu beachten
- Manche Planetenbeobachter kollimieren ihr Teleskop vor jeder Beobachtung an einem Stern neu
- Dafür kann das kostenlose Tool „Al’s Collimation Aid“ verwendet werden
  - Es können verschiedene Kreise um einen Stern gelegt werden
  - Die Version 1.1 zeigt auch die Position der Schrauben am Fangspiegel bei SC-Teleskopen an
- Alternativ ist diese Funktion auch im Astro Photography Tool (APT) verfügbar



Al's CollAid-Programm an einem defokussierten Stern

# Kollimation des Teleskops (2)

- Als zweite Möglichkeit kann eine Laser-Kollimation am Tag durchgeführt werden
- Eine solche Laser-Kollimator bietet HOTECH an:



Quelle: <http://www.hotechusa.com/HyperStar-laser-collimator-s/71.htm>

- Es stehen insgesamt vier Laser am Kollimator zur Verfügung
- Das System kann auch für andere Spiegeloptiken (Newton- und RC-Teleskope) eingesetzt werden



Kollimator-Scheibe mit Zubehörteilen (Quelle: Erfahrungsbericht von Andreas Brinkmann)

Es lässt sich der HyperStar und die native Brennweite gleichermaßen justieren

# Kollimation des Teleskops (3)

- Die Kollimation besteht aus zwei Schritten:
  - Aufstellung und Ausrichtung des Kollimators auf den Hauptspiegel
  - Kollimation der Verkippung (HyperStar und Primärbrennweite)
- Dazu werden alle vier Laser aktiviert, die am Hauptspiegel gespiegelt werden
- Am Zentrierspiegel im Okularauszug erscheinen diese Punkte ebenfalls, die nun zu einem Stern über die Fokussierung zusammengestellt werden müssen
- Danach werden die drei Schrauben des Fangspiegels so lange verändert, bis alle drei Laser auf der gleichen Radiuslinie zu sehen sind



SC-Kollimation und Scharfstellen des Zentrierspiegels

# Jupiter: RGB-/IR-Pass-Filter-Aufnahmen mit Farbkamera (1)

- Die RGB-Aufnahme wirkt heller, der Mond nahe der Oberfläche ist gerade zu erkennen
- Die Oberfläche der Farbaufnahme wirkt noch etwas „verwaschen“
- Die IR-Passfilter-Aufnahme wirkt strukturierter, der Mond ist sehr gut neben dem Planeten zu erkennen
- Auch auf der Oberfläche lassen sich mehr Details ausmachen
- Als Aufnahmesoftware wurde FireCapture v2.7 genutzt



# Jupiter: RGB-/IR-Pass-Filter-Aufnahmen mit Farbkamera (2)

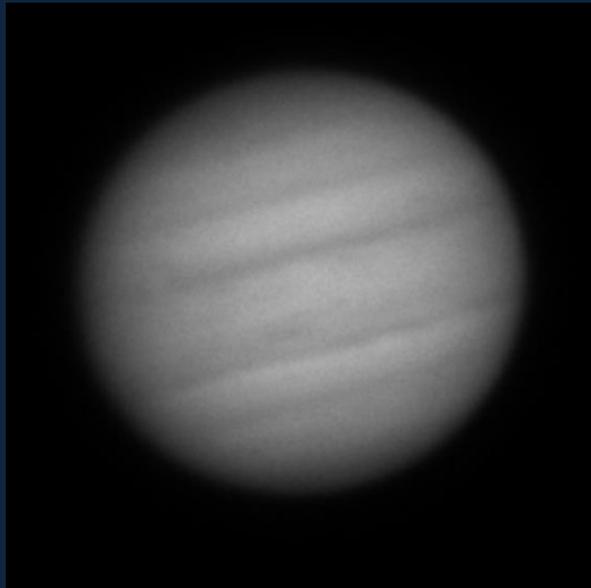
- Hier kam ein Atmospheric Dispersion Corrector (ADC) zum Einsatz
- Bei der Kombination beider Aufnahmen zu einem IR-RGB erhält man ein gegenüber der reinen RGB-Aufnahme dunkleres Gesamtergebnis
- Der Mond Io ist sehr gut neben Jupiter zu erkennen
- Die Oberfläche lässt Details erahnen
- Der Rauschanteil ist relativ hoch



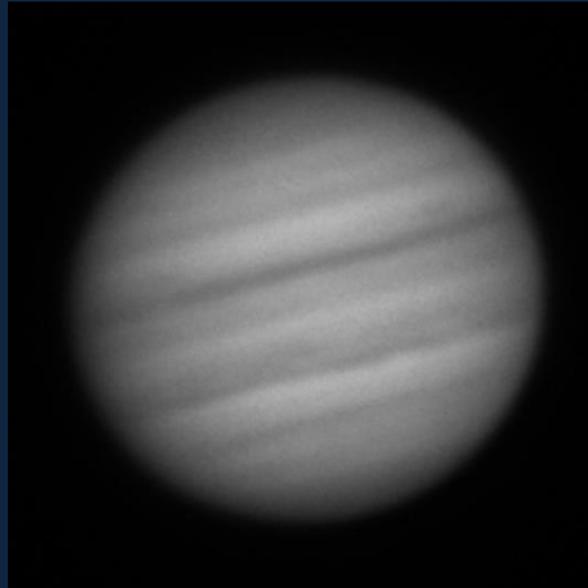
Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm, Kamera: ASI183MC, Filter: IR-Pass-Filter, 28. September 2021

# Jupiter: RGB-/IR-Pass-Filter-Aufnahmen mit Monochrom-Kamera (1)

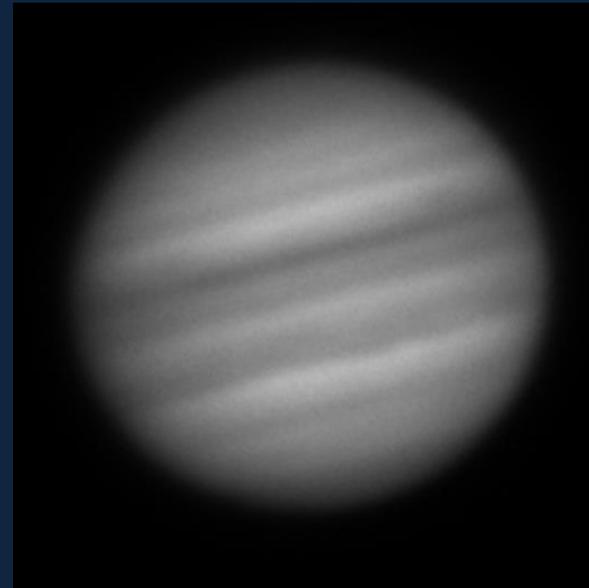
- Der Rot-Filter und der IR-Pass-Filter lieferten die meisten Details
- Leichte Vorteile waren beim IR-Pass-Filter auszumachen
- Bei fertigen Bildergebnis wurde daher das IR-Pass-Filterbild als Luminanz verwendet
- Längere Belichtungszeiten sind beim IR-Passfilter allerdings immer notwendig



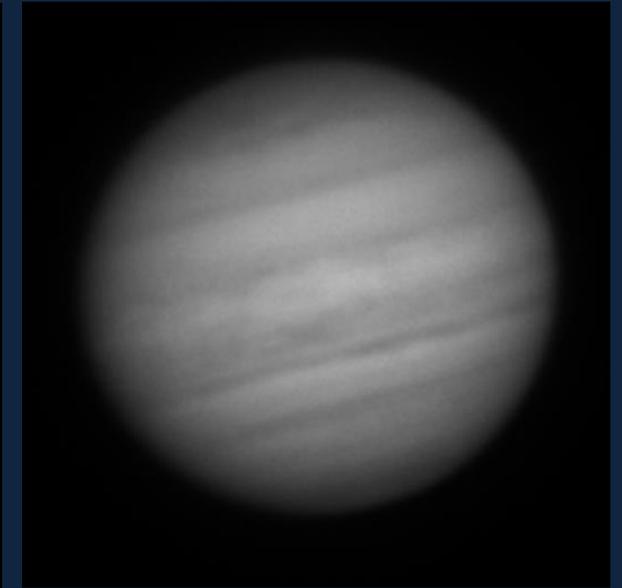
Rot-Filter



Grün-Filter



Blau-Filter



IR-Pass-Filter

# Jupiter: RGB-/IR-Pass-Filter-Aufnahmen mit Monochrom-Kamera (2)

- Ein Atmospheric Dispersion Corrector (ADC) kam nicht zum Einsatz
- Das Bild wirkt heller, als die Farbkamera-Aufnahme und weniger verrauscht
- Durch die längere Aufnahmezeit können Strukturen verwischen
- Dies kann man durch Derotation mittels WinJUPOS kompensieren
- Insgesamt ein komplizierteres Handling mit Filterrad und einzelnen R/G/B-Aufnahmen



Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm,  
Kamera: ASI178MM, Filter: IR-Pass-/R/G/B-Filter, 22. September 2021

# Zweites Beispiel mit Aufnahmen von Jupiter mit IR-RGB

Monschatten von Ganymed und Callisto:



Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm, Kamera: ASI183MC, Filter: IR-Pass-Filter, 04. Oktober 2021

Monschatten von Ganymed:



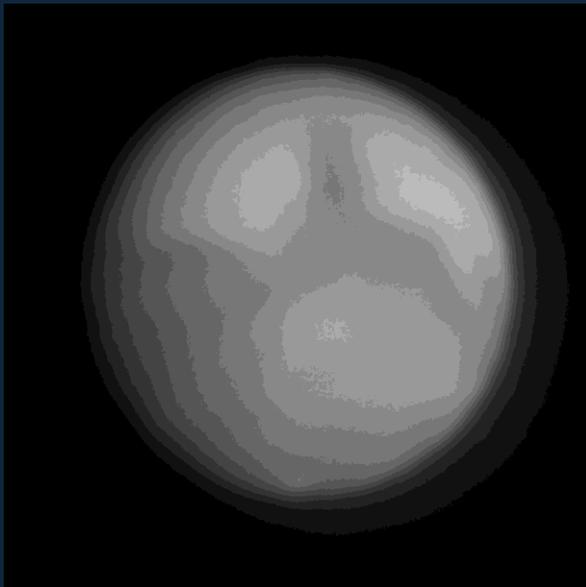
Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm, Kamera: ASI178MM, Filter: IR-Pass-/R/G/B-Filter, 04. Oktober 2021

# Vergleich von Farb- und Monochromkamera

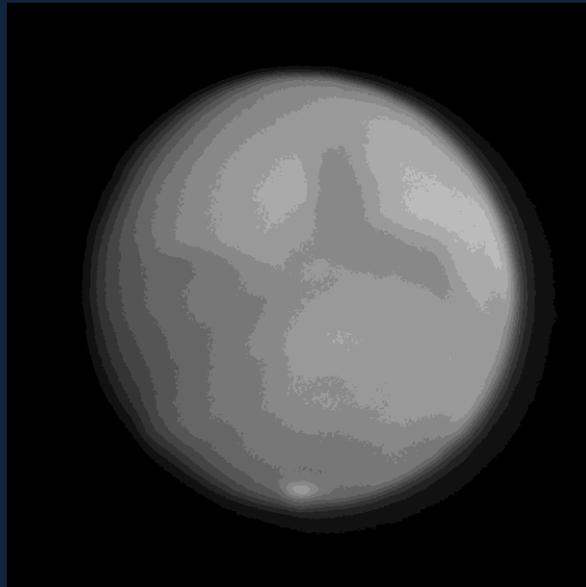
- Farbkamera ASI 183MC:
  - Die Farbkamera lieferte ein gröberes Bild
  - Es wird an Auflösung verloren
  - Dafür können längere Sequenzen aufgenommen werden, um sich dann die mit dem besten Seeing herauszusuchen
  - Ein ADC lässt sich bei niedrigem Planetenstand einsetzen
  - Das Bild wirkt erst einmal grünstichig und muss farblich korrigiert werden
- Monochrom-Kamera ASI 178MM:
  - Die s/w-Kamera liefert hellere Ergebnisse
  - Die Oberfläche wirkt weniger grobkörnig
  - Durch die längere Aufnahmezeit können aber Strukturen verwischen
  - Dies kann man durch Derotation mittels WinJUPOS kompensieren
  - Insgesamt ein komplizierteres Handling mit Filterrad und einzelnen R/G/B-Aufnahmen

# Mars: RGB-/IR-Pass-Filter-Aufnahmen mit Monochrom-Kamera (1)

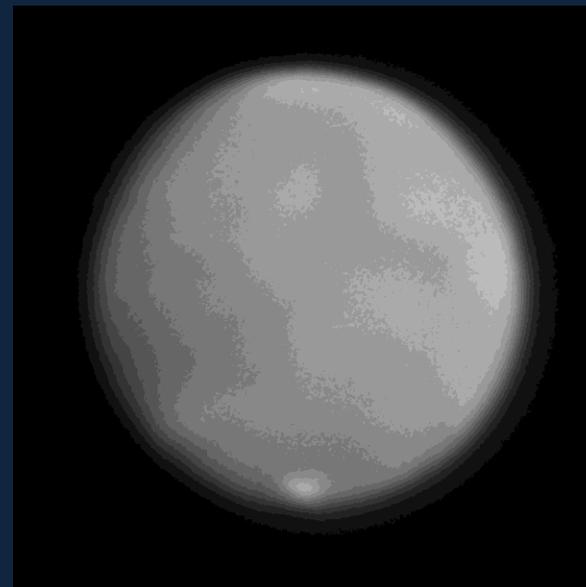
- Bei Mars sieht man einen deutlichen Unterschied zwischen Rot-, Grün- und Blau-Filter
- Während beim Rot-Filter noch Strukturen erkannt werden können, verschwinden diese im Blau-Filter fast völlig; dafür kommt die Polkappe im Blau-Filter besser zum Vorschein
- Am meisten Schärfe und Struktur zeigt der IR-Passfilter



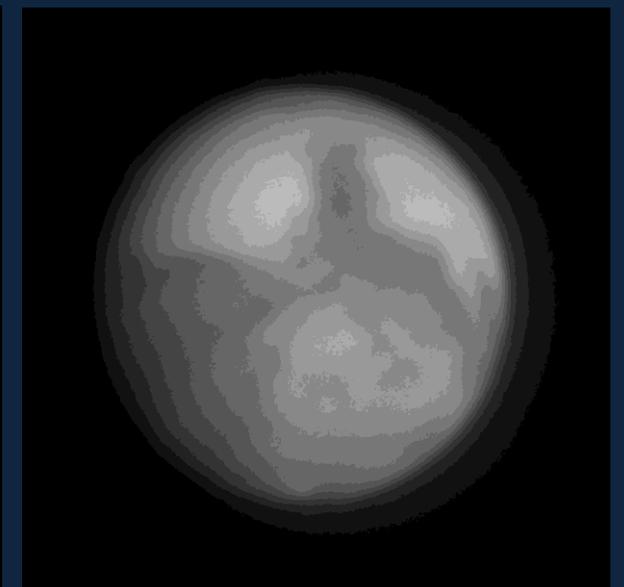
Rot-Filter



Grün-Filter



Blau-Filter



IR-Pass-Filter

# Mars: RGB-/IR-Pass-Filter-Aufnahmen mit Monochrom-Kamera (2)

- Der Vergleich unterschiedlicher Kombinationen zeigt Vorteile für IR-RGB und R-RGB
- Mehr Details lassen sich allerdings auf der IR-RGB-Aufnahme erkennen
- Die reine RGB-Aufnahme wirkt deutlich heller und die Farbgebung ist etwas unterschiedlich

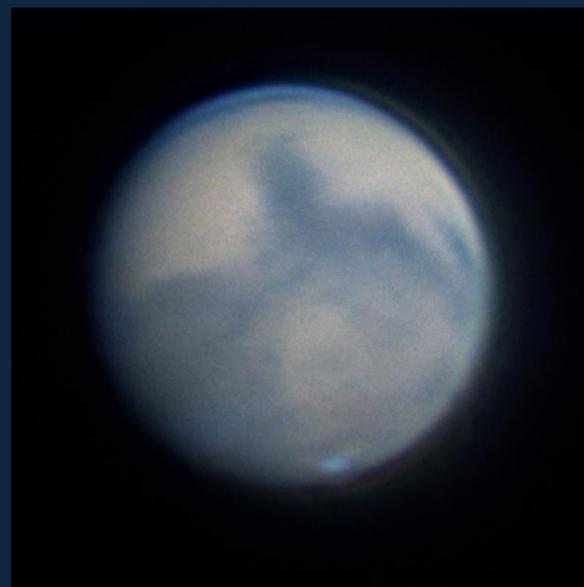
Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Barlow-Linse: TeleVue 2x Powermate, Brennweite: 5.600 mm, Kamera: ASI178MM, Filter: IR-Pass-/R/G/B-Filter, 08. November 2020



R/G/B-Aufnahme



IR-R/G/B-Aufnahme



R-R/G/B-Aufnahme



Animation der Aufnahmen

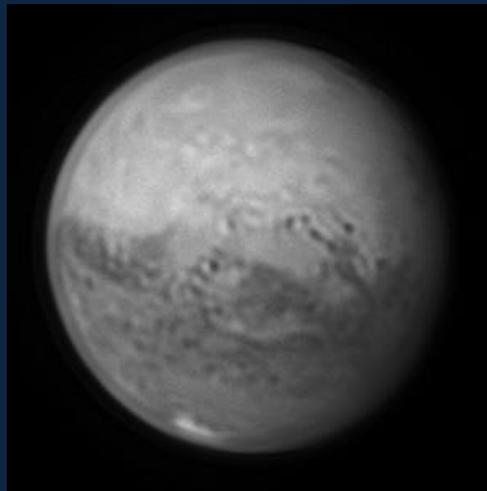
# Abschließende Feststellungen

- Das Seeing wird immer besser, je länger die Wellenlänge ist
  - Höherer Kontrast zwischen den Details der Planetenoberfläche
  - Das Bild wirkt qualitativ besser bzw. schärfer
- Es sinkt die theoretisch maximale Schärfe mit der Wellenlänge
  - Das Auflösungsvermögen ist abhängig von der Wellenlänge (z.B. doppelte Wellenlänge ergibt die halbe Auflösung)
  - Vergleich von Grün mit IR ergibt: die Auflösung im Grünen ist um ca. 30% höher
    - D.h. eine 10“ Öffnung wirkt bei Grün wie eine 13“ Öffnung (theoretisch)
    - Bei der Verwendung von IR wird eine 12“ Öffnung zur 9“ Öffnung (theoretisch)

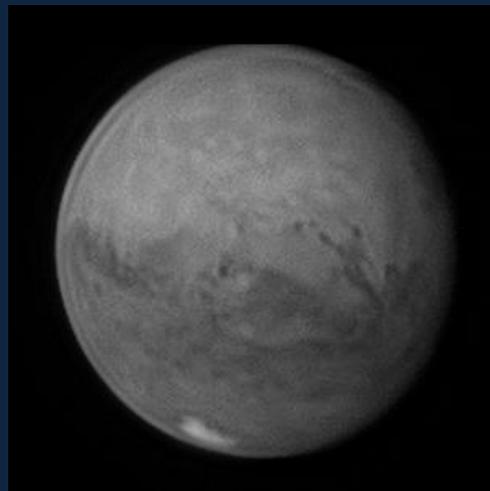
# Einsatz des Grünfilters, bei ausreichendem Seeing (1)

- Die Beurteilung dieser beiden Parameter sollten vor jeder Belichtung beurteilt werden:
  - Maximale Schärfe durch den Einsatz eines Grünfilters, bei ausreichendem Seeing
  - Auflösungsverlust durch den Einsatz von IR-Passfilter, aber maximale Schärfe wie sie an dem Abend möglich ist

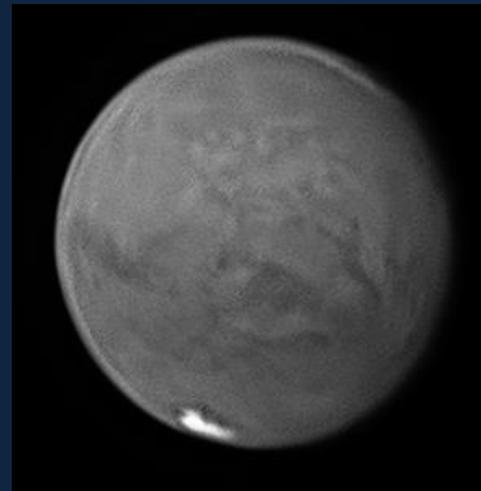
Bildquelle: Ralf Kreuels



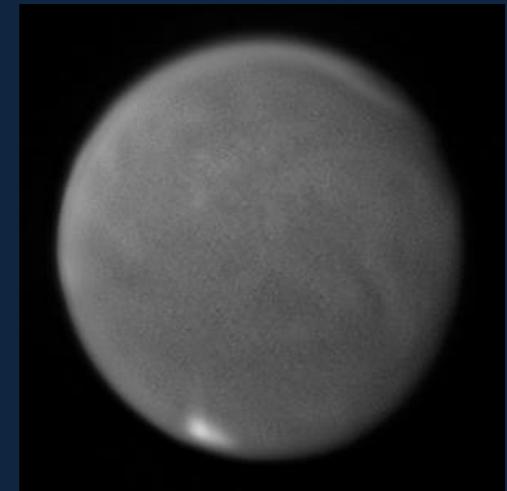
IR-Passfilter



Rot-Filter



Grün-Filter



Blau-Filter

# Einsatz des Grünfilters, bei ausreichendem Seeing (2)

- **Rotfilter:**
  - Im Rotfilter ist das Bild sehr detailreich
  - Man kann am Planetenrand sehen, dass die Doppelkanten etwas breiter geworden sind
  - D.h. mehr Kontrast, dafür etwas geringere Auflösung
- **Grünfilter:**
  - Weniger detailreich wie im Rotfilter, aber deutlich detailreicher als im Blaufilter
  - Man erkennt an der kontrastreichen Seite des Planeten Doppelkanten
- **Blaufilter:**
  - Ist eindeutig unschärfer als der Rest
  - So unscharf, dass der Beugungsring an der Planetenkante nicht erkennbar ist
  - Die Teleskopöffnung wird nicht ausgereizt
- **IR-Filter:**
  - Hier ist der Sprung noch deutlicher
  - Auf den ersten Blick das beste und schärfste Bild

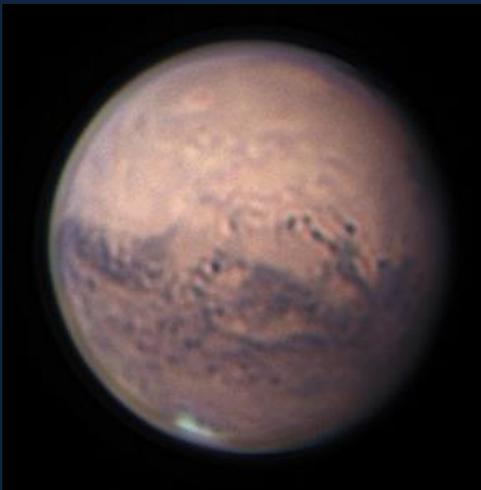
# Weitere Parameter

- Die Größe des Teleskops und die Qualität des Glases im Strahlengang
- Kleine Teleskope sind bekanntlich weniger Seeing-anfällig. Das bedeutet aber auch, dass bei kleinen Teleskopen der IR-Passfilter zur Beruhigung der Luftunruhe tendenziell weniger Sinn macht
- Oft sind die Teleskope auf Grün hin optimiert, weil das auch die vorherrschende Wellenlänge ist, die das Auge für die Luminanz verwendet
- Das wirft aber auch die Frage auf, wie gut die Geräte im IR korrigiert sind
  - Eine Barlow-Linse im Strahlengang ist deshalb immer fraglich
  - Bei den SC-Teleskopen ist es die Schmidt-Platte
  - Bei Refraktoren ist es von Gerät zu Gerät unterschiedlich wie gut sie mit IR umgehen können

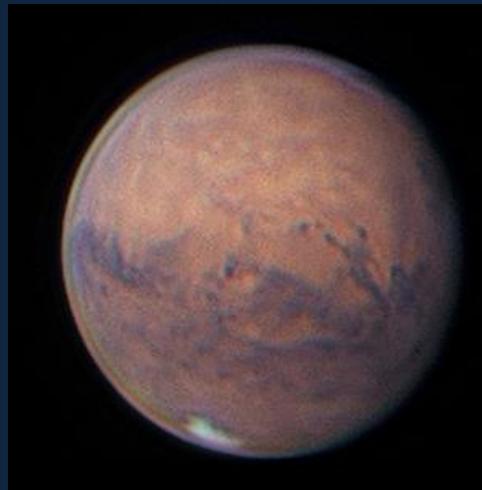
# Farbgewichtung

- Es ergeben sich unterschiedliche Farbgewichtungen je nach Luminanz-Filter
- Alle Luminanz-Bilder sind mit dem selben Farbbild kombiniert worden
- Eine Farbverkipfung findet dabei in jedem Fall statt, wie die Ergebnisse zeigen
- IR(RGB) und B(RGB) bieten hierbei die schlechtesten Ergebnisse

Bildquelle: Ralf Kreuels



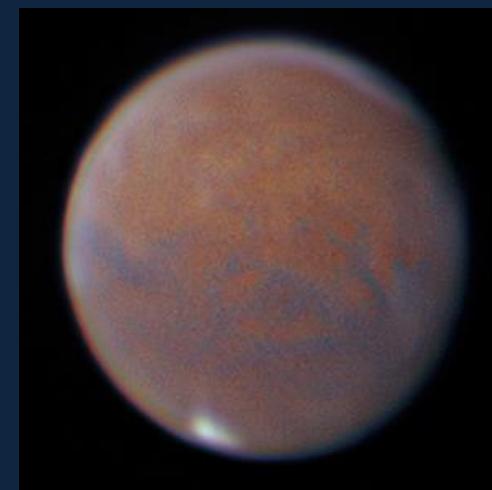
IR-Passfilter(RGB)



R-(RGB)



G-(RGB)



B-(RGB)

# Fazit

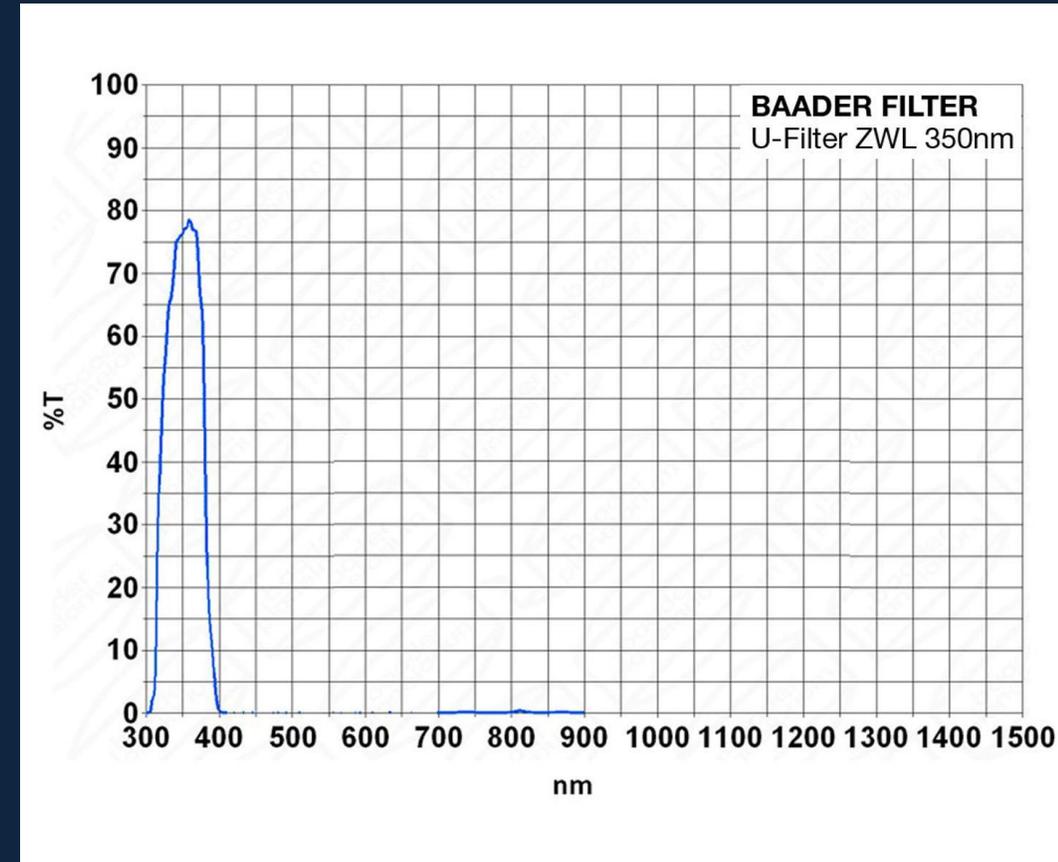
- IR-Passfilter mit Detailverlust
  - Oberflächendetails wirken irgendwie „abgerundet“
  - Der Doppelring um den Planeten ist deutlich breiter und auffälliger
  - Details auf der Oberfläche zeigen ebenfalls solche „Überschwinger“
- Es macht durchaus Sinn R-RGB- und IR-RGB-Bilder gegenüberzustellen – je nach Seeing ist die eine oder andere Konstellation im Vorteil
- Bei ausreichendem Seeing macht aber auch die Konstellation G-RGB Sinn bzw. kann einen Unterschied ausmachen

# Weitere Aspekte

- Es gibt noch viele weitere Aspekte der IR-Fotografie:
  - Aufnahmen im Methanband
  - Kontrastverstärkung der Planetenringe
  - Blick durch die Venuswolken
  - Empfindlichkeit der Kameras
  - Die Möglichkeit mit Farbkameras zu arbeiten
  - Unterschiedliche IR-Passfilter
- Aber auch andere Filter machen in Kombination mit IR-Passfiltern Sinn: z.B. UV-Filter bei Venusaufnahmen

# Aufnahmen der Venus (1)

- Es wurde mit UV- und IR-Passfilter experimentiert, um die Wolkenstrukturen bei Venus zu versuchen aufzunehmen
- Dabei wurden auch Kompositionen von UV- und IR-Aufnahmen zusammengestellt, um die leichten Wolkenstrukturen farblich darzustellen
  - IR für Rot und Grün sowie UV für Blau wurden verwendet
  - Die diffusen Wolken auf der Venus erscheinen in der Farbdarstellung nun gelb-/rötlich, weil die Komplementärfarbe Blau infolge der Absorption dunkler dargestellt wird
- Alternativ lassen sich auch s/w-Aufnahmen durch reine UV-Filteraufnahmen anfertigen, um die Wolkenstrukturen abzubilden



Transmissionskurve des UV-Filters ZWL 350  
(Quelle: <https://www.baader-planetarium.com>)

# Aufnahmen der Venus (2)



Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm, Kamera: ASI178MM, Filter: U-Filter ZWL 350 nm von Baader und ProPlanet 807 IR-Passfilter von Astronomik, 11. April 2020



Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm, Kamera: ASI178MM, Filter: U-Filter ZWL 350 nm von Baader, 11. April 2020

# Aufnahmen der Venus (3)



Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm, Kamera: ASI178MM, Filter: U-Filter ZWL 350 nm von Baader und ProPlanet 807 IR-Passfilter von Astronomik, 26. April 2020



Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm, Kamera: ASI178MM, Filter: U-Filter ZWL 350 nm von Baader, 26. April 2020



Teleskop: Celestron C11 SC XLT - 280/2800mm, Brennweite: 2.800 mm, Kamera: ASI178MM, Filter: ProPlanet 807 IR-Passfilter von Astronomik, 26. April 2020

# Aufnahmen der Venus (4)



8" Newton-Teleskop mit 2fach Zeiss-Abbe-Barlowlinse, ASI178MM, UV-Filter für B-Kanal  
Astrodon-Photometrics Bessel-Johnson, für R-Kanal Astrodon G-Farbfilter, für G-Kanal R-Kanal  
Astrodon B-Farbfilter, AdW vom 13. April 2020 (Bildquelle: Wolfgang Bischof)

- Der Planet Venus ist von einer geschlossenen Wolkenhülle umgeben, welche sich mit hoher Geschwindigkeit um den Planeten bewegt
- Dabei bilden sich verschiedene Wolkenbänder, welche einen stetigen Wechsel an Details zeigen ähnlich wie bei der Wolkenhülle von Jupiter
- Leider sind im Gegensatz zu Jupiter diese Wolken im sichtbaren Licht nicht zu erkennen, auf diese Weise herrscht der bekannte Anblick einer völlig strukturlosen Fläche vor
- Im Zusammenspiel mit dem IR-Passfilter können sich durch Falschfarben Wolken erahnen lassen

# Zusammenfassung

- Jeglicher Filtereinsatz beeinflusst nicht nur die Qualität des Bildes
- Das Erscheinungsbild des aufgenommenen Objekts wird vielmehr grundsätzlich verändert
- Dazu kommt die Empfindlichkeitskurve der Kamera
- Beides zusammen hat nicht nur einen Einfluss auf die „allgemeine“ Bildqualität, sondern je nach Kombination werden bestimmte Strukturen betont oder unterdrückt
- Der Vergleich verschiedenen Aufnahmen wird damit sehr erschwert
- IR-Passfilter haben auf jeden Fall ihre Berechtigung, ergeben aber nicht immer das bestmögliche Ergebnis

Vielen Dank für eure  
Aufmerksamkeit



AVL-Sternwarten in Würden, im Hintergrund das Vereinsheim



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