

Einsatz von IR-Passfiltern bei Planetenaufnahmen

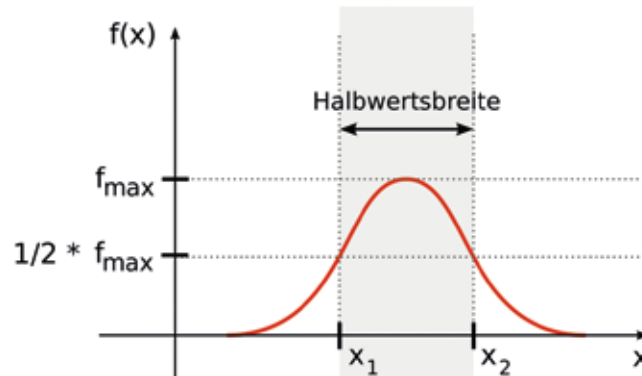
Wirkt das Ausblenden des kurzwelligen Spektrums seeingberuhigend?

von Kai-Oliver Detken

Planetenaufnahmen erfordern den Einsatz von langen Brennweiten (teilweise bis zu 6 m), die sich dadurch sehr seeingabhängig verhalten. Denn die Luftunruhe der Atmosphäre wirkt sich, je stärker die Vergrößerung ausfällt, negativ auf die Bildqualität aus. Zwar wird das Seeing bei der Aufnahme von Planeten durch das sogenannte „Lucky Imaging“ ausgetrickst, indem Videos aufgenommen und die besten kurzbelichteten Bilder daraus verarbeitet werden, aber die Ergebnisse können je nach verwendetem Filter sehr unterschiedlich ausfallen. So sind beispielsweise in den meisten Fällen die Aufnahmen mittels Rotfilter weniger anfällig als jene mittels Blaufilter. Zusätzlich werden von den Astronomie-Anbietern IR-Passfilter zur Qualitätsverbesserung des Seings beworben, indem nur eine bestimmte Wellenlänge durchgelassen wird, die nicht so seeinganfällig sein soll. Ob dies wirklich so ist, berichtet dieser Beitrag.

Dazu muss zuerst einmal der Begriff „Seeing“ näher betrachtet werden. In der Astronomie bedeutet es, dass eine Bewertung der Bildunschärfe durch die vorhandene Luftunruhe vorgenommen wird. Eine Verschlechterung des Seings entsteht durch Turbulenzen in den 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. Was für den Romantiker willkommen ist, wirkt auf den Astronomen störend. Denn auf Bildern mit längerer Belichtungszeit führt dieses schlechte Seeing dazu, dass der Lichtstrahl einer punktförmigen Quelle über einen größeren Bereich „verschmiert“ und das Bild unscharf wird. Der Ablenkungseffekt ist dabei umso größer und schneller veränderlich, je kürzer die beobachtete Wellenlänge ist!

Die Luftunruhe ist daher in jedem Fall für



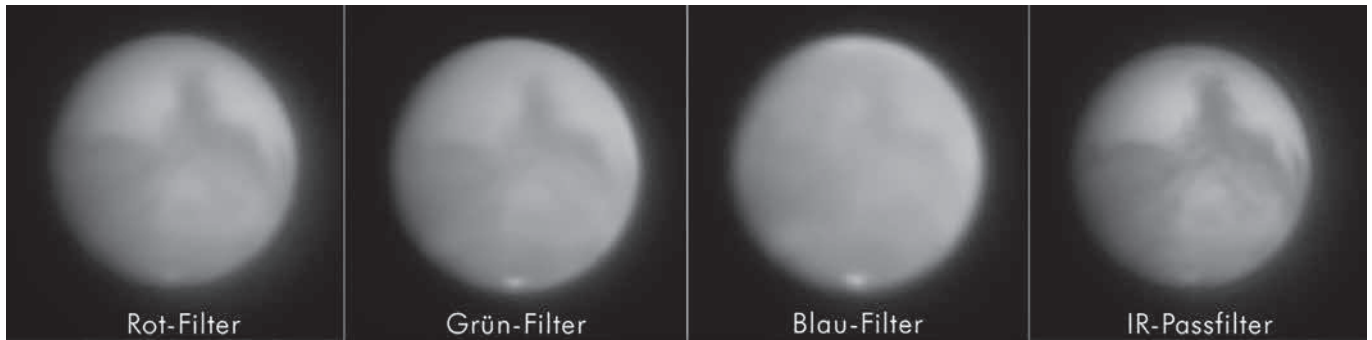
1 Gaußförmige Helligkeitsverteilung um eine punktförmige Quelle [1]

Planetenaufnahmen problematisch. Dabei ist der Jetstream in der Hochatmosphäre allerdings zu vernachlässigen, weil er keine sichtbaren Turbulenzen verursacht. Der Übergang zu tieferen Luftschichten ist hingegen oftmals turbulent und eine Hauptursache für schlechteres Seeing. Dieser Begriff soll an dieser Stelle wie folgt unterschieden werden: Seeing in den Luftschichten (Bewegung zwischen den Luftschichten), Boden-Seeing (bodennahe Thermik durch Temperaturunterschiede bei aufgeheiztem Erdboden und kühler Nachtluft) und Tubus- oder Kuppel-Seeing (Thermik des Teleskops und der Sternwarte). Nur die beiden letztgenannten Seeing-Typen lassen sich dabei selbst beeinflussen.

Die sogenannte Halbwertsbreite der Abbildung einer Punktquelle (wie z. B. einem Stern) wird als FWHM-Wert (Full Width at Half Maximum) während einer Aufnahme ermittelt und lässt nun eine quantitative Aussage über die Qualität des Seings zu. Denn kein Stern kann bei dem Weg durch unsere Atmosphäre exakt punktförmig abgebildet werden. Es ergibt sich immer eine gaußförmige Helligkeitsverteilung um einen Stern herum (s. Abb. 1). Der FWHM-Wert gibt nun den Winkeldurchmesser dieser Helligkeitsverteilung an, bei dem der Helligkeitswert gegenüber dem Maximalwert in der Mitte auf die Hälfte abgefallen ist. Dabei ist der FWHM-Wert nicht kon-

stant, sondern ändert sich pro Aufnahme. Typische Werte sind 1,5" bis 2,5" für sehr gutes Seeing und 4" bis 6" für mittleres Seeing. Durch Auswahl der Bilder mit besseren FWHM-Werten kann man allerdings ein besseres Stacking-Ergebnis erreichen. Daher wird das „Lucky Imaging“ bei Planetenaufnahmen angewandt. Hiermit lässt sich dann der FWHM-Wert sogar auf unter 1" bringen.

Das Seeing des Teleskopstandorts wird durch zwei Parameter bestimmt: die Ortskala τ_0 und die Zeitskala t_0 . Bei Teleskopen mit einem Durchmesser D kleiner als τ_0 ist die Halbwertsbreite FWHM einer Punktquelle (Stern) bei einer Langzeitaufnahme proportional zur Wellenlänge λ und umgekehrt proportional zum Teleskopdurchmesser: $\text{FWHM} = \lambda/D$. Die Ortsskala τ_0 beträgt für sichtbares Licht bei guten Bedingungen 10 bis 20 cm. Teleskope mit einem größeren Durchmesser als τ_0 haben durch τ_0 eine beschränkte Halbwertsbreite: $\text{FWHM} = \lambda/\tau_0$. Die typische Zeitskala t_0 für die atmosphärische Fluktuation ergibt sich über die mittlere Windgeschwindigkeit θ_{wind} wie folgt: $t_0 = 0,3 \times \tau_0/\theta_{\text{wind}}$. Daraus lässt sich ableiten, dass Teleskope mit größerer Öffnung als τ_0 bei unseren normalen Seeing-Werten durch FWHM begrenzt werden, es sei denn, man beobachtet in längeren Wellenlängen. Die Zeitskala t_0 im sichtbaren Licht liegt im Bereich weniger Millisekunden,



2 Eigene Monochrom-Aufnahmen von Mars mit unterschiedlichen Filtern [2]

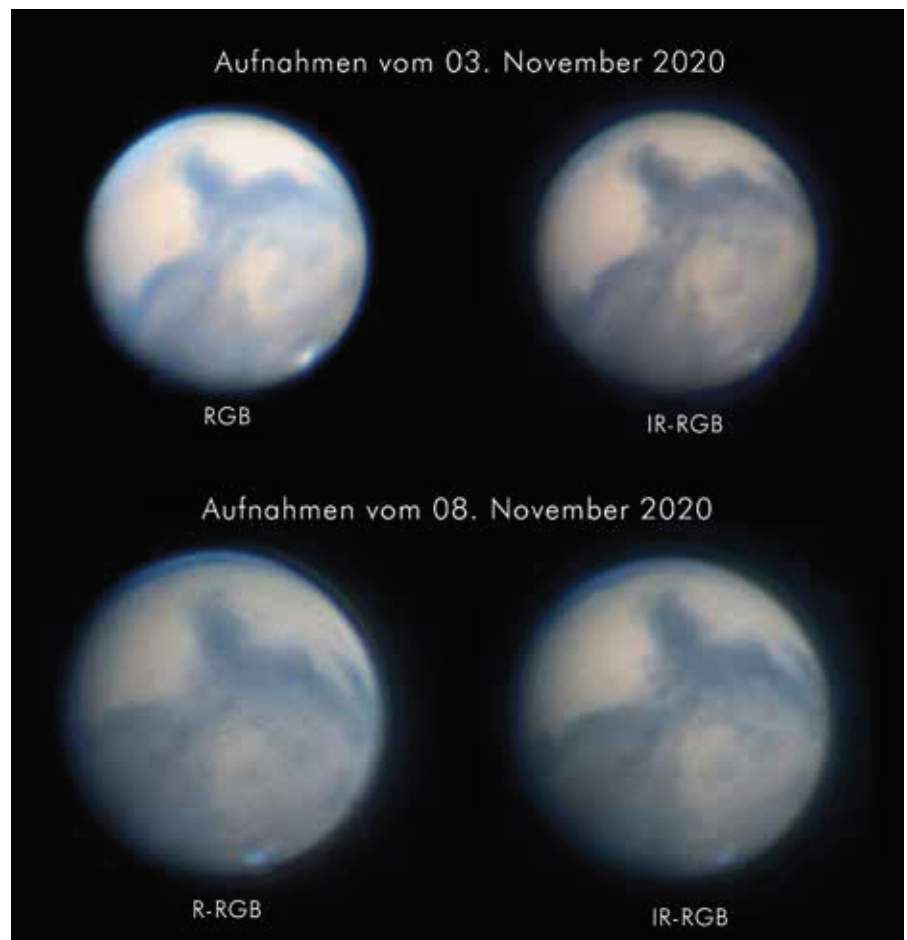
was zur Folge hat, dass die atmosphärischen Störungen quasi eingefroren werden, wenn die Aufnahmezeit kleiner als t_0 ist. Genau darauf baut das „Lucky Imaging“ auf: das Seeing wird ausgetrickst, ähnlich wie bei adaptiven Optiken.

Die IR-Passfilter, die für Planetenaufnahmen von den Händlern beworben werden, wollen ebenfalls das Seeing austricksen, indem sie das Wellenlängenspektrum von beispielsweise 350 nm bis 790 nm blockieren (abhängig vom IR-Passfiltertyp). Es werden dadurch auf das Seeing besonders empfindlich reagierende Bereiche des Lichts geblockt und die für das Seeing deutlich weniger empfindlicheren Bereiche des langwelligeren Lichtes durchgelassen. Einen weiteren Effekt kann man ausmachen, wenn man Rot, Grün und Blau separat mit einer Monochromkamera aufnimmt. Meistens ist dabei das Bild des Rotfilters den anderen überlegen. Einen Vergleich zeigen die Aufnahmen vom Mars mit den verschiedenen Filtertypen in der Abbildung 2. Hier lassen sich die meisten Oberflächendetails beim Einsatz eines Rot- und IR-Passfilters erkennen. Beim Blaufilter verschwinden die Strukturen sogar fast vollständig, aber es kommt dafür die Polkappe besser zum Vorschein.

Nun lassen sich diese Bilder der unterschiedlichen Filter auf verschiedene Weise miteinander kombinieren (s. Abb. 3). Eine reine RGB-Kombination lässt hierbei die Strukturen noch erkennen, bringt sie aber nicht deutlicher hervor. Eine IR-RGB-Kombination sieht dann schon ganz anders aus.

Die Oberflächenstrukturen kommen klar heraus, die Polkappe lässt sich gut erkennen und auch bläuliche Wolkenbildungen sind auszumachen. Allerdings hat sich durch die Kombination von IR mit RGB auch die Farbgebung leicht verändert. Ähnliches ist

bei einer R-RGB-Aufnahme zu erkennen. Hier bekommt man ein vergleichbares Ergebnis wie bei der IR-RGB-Aufnahme. Nur der Schärfeegrad ist etwas abgeschwächt; die Strukturen wirken verschwommener. Abschließend kann also festgestellt werden,



3 Unterschiedliche Kombination der Filteraufnahmen RGB, IR-RGB und R-RGB.

Celestron C11 SC XLT (280 mm / 2.800 mm), TeleVue 2x Powermate, Brennweite 5.600 mm, Kamera: ASI178MM, Filter: RGB-Filter (Typ II C) und ProPlanet-807-IR-Passfilter, jeweils von Astronomik, Belichtung pro Bild: 22,69 ms (R), 29,92 ms (G), 28,81 ms (B), 46,61 ms (IR) [2].

dass das Seeing durchaus besser erscheint, je länger die Wellenlänge ist, in der man die Aufnahmen macht. Es kommt zu einem besseren Kontrast und es lassen sich mehr Details erkennen. Das Bild wirkt qualitativ besser bzw. schärfer. Aber das Auflösungsvermögen ist auch abhängig von der Wellenlänge (z. B. ergibt die doppelte Wellenlänge die halbe Auflösung), wodurch die Auflösung z. B. beim Grünfilter um ca. 30 % höher ist als beim IR-Passfilter. Das bedeutet im Umkehrschluss: eine Teleskopöffnung von 10 Zoll wirkt bei Einsatz eines Grünfilters wie eine 13-Zoll-Öffnung. Und bei Verwendung eines IR-Passfilters wird eine 12-Zoll-Teleskopöffnung zu einer 9-Zoll-Öffnung. Daher macht es durchaus Sinn, auch G-

RGB-Kombinationen neben R-RGB und IR-RGB auszuprobieren. Zusätzlich lässt sich festhalten, dass die maximale Schärfe bei Einsatz eines Grünfilters erreicht werden kann, wenn das Seeing ausreichend gut ist. Ein IR-Passfilter macht hingegen Sinn, wenn das Seeing mittel oder schlecht ist, um die damit maximale Schärfe trotz Auflösungsverlust zu erhalten. Da kleinere Teleskope mit weniger Öffnung auch weniger seeingnfällig sind, macht hier ein IR-Passfilter am wenigsten Sinn.

Insgesamt lässt sich als Fazit damit festhalten, dass ein IR-Passfilter sinnvoll sein kann, aber eben nicht immer. Die höhere Schärfe bei schlechtem Seeing wird durch

einen Auflösungsverlust erkaufte. Oberflächendetails wirken irgendwie „abgerundet“, der Doppelring um den Planeten ist breiter bzw. auffälliger und es treten manchmal sogar Überschwinger auf der Oberfläche auf. Es ist daher von Vorteil, einem IR-RGB-Bild eine R-RGB- oder G-RGB-Kombination gegenüberzustellen und das beste Ergebnis auszuwählen.

Internethinweise (Stand 08.04.2023):

[1] A. Nordmann. 2007: „Halbwertsbreite in einer Funktion“, Wikipedia, Nov. 2007

[2] Kai-Oliver Detken, Homepage: www.detken.net

Impression

Konjunktion über der Nordsee



Ein himmlisches Trio vereinte sich am 22.06.2023 über dem malerischen Leuchtturm „Kleiner Preuße“ im Wremer Tief: Mars, Venus und der Mond. Canon EOS R und 14-mm-Objektiv bei ISO 6400, Stack aus 15 Bildern, das Bild wurde beschnitten. Bild: Maciej Libert.