

C11 bei 2,8 m Brennweite lief die Videocam QHY5III178c mit Serien von 120-s-Videos, ohne Beschneidung des Bildfeldes bei 2 ms Einzelbelichtungszeit und 30 Frames pro Sekunde. Ein Stacking der Videosequenzen der Austrittsphase erwies sich wegen nicht vorhandener Luftruhe als sinnfrei, so dass nur die besten Einzelbilder aus jedem Video zu einer kleinen Animation zusammengestellt werden konnten. Die Einzelbilder hintereinander montiert (Abb. 1) geben den Austritt der Venussichel zwischen dem

3. und 4. Kontakt wieder. Die Einzelbilder sind zeitlich nicht äquidistant. Interessant erscheint der Mondberg, der einen Teil der Venussichel während des Austritts bedeckt. Eine schöne Detail-Reihenaufnahme der Eintrittsphase präsentierte bereits Bernd Flach-Wilken im VdS-Journal für Astronomie 75, S. 33.

In der Abbildung 2 nun jeweils zwei Übersichtsaufnahmen von Ein- und Austrittsphase mit einer Canon 6D am parallel zum

C11 montierten Takahashi-Apo-Refraktor 150 mm/1.100 mm durch ein NIR-Filter IR 850.

Auch wenn die Bedingungen alles andere als ideal waren, es hat sich jedenfalls gelohnt, bei Wolkenaufzug nicht die Flinte ins Korn zu werfen, sondern auf die Lücke zu warten.

## Fotografie der Venus-Oberfläche

von Jürgen Dirscherl

Unser Nachbarplanet Venus ist mit einer Oberflächentemperatur von rund 460 °C und 92 bar Atmosphärendruck ein unwirtlicher Ort. Der Blick auf die Oberfläche wird durch dichte Wolken aus Schwefelsäuretröpfchen versperrt, die Venus erscheint im sichtbaren Licht völlig konturlos.

Viele Jahre glaubte man, nur mit Radar die Oberfläche der Venus erfassen zu können. Im Infraroten bei 1.010 nm Wellenlänge gibt es jedoch ein spektrales „Fenster“, in dem der Blick durch die Wolken und die dichte Atmosphäre auf die Oberfläche möglich ist. Aufgrund der hohen Temperatur glüht der Venusboden und emittiert Infrarotstrahlung, die bei 1.010 nm die Wolken durchdringen kann. Betrachtet wird hier also das Eigenleuchten der Venus, nicht das reflektierte Sonnenlicht. Die Intensität wird bestimmt von der Oberflächentemperatur sowie dem Emissionsgrad des Gesteins. Die Temperatur hängt aufgrund der dichten Atmosphäre, die für einen nahezu vollständigen Ausgleich der Temperaturen von Tag- zu Nachtseite sowie vom Äquator zu den Polen sorgt, hauptsächlich von der Geländehöhe ab. Die Temperatur nimmt um rund 8 K pro 1.000 m Höhe ab. Da der Emissionsgrad nur eine untergeordnete Rolle spielt, zeigen Aufnahmen der Venus bei 1.010 nm tatsächlich die (kühleren) Hochländer als dunkle Strukturen.

Da auf der sonnenbeschienenen Seite der Venus das reflektierte Licht der Sonne dieses schwache Glühen völlig überstrahlt, müssen die Beobachtungen auf der Nachtseite erfolgen. Dies stellt hohe Anforderungen an den Beobachtungszeitpunkt sowie den apparativen Aufbau, worauf im Folgenden eingegangen wird.

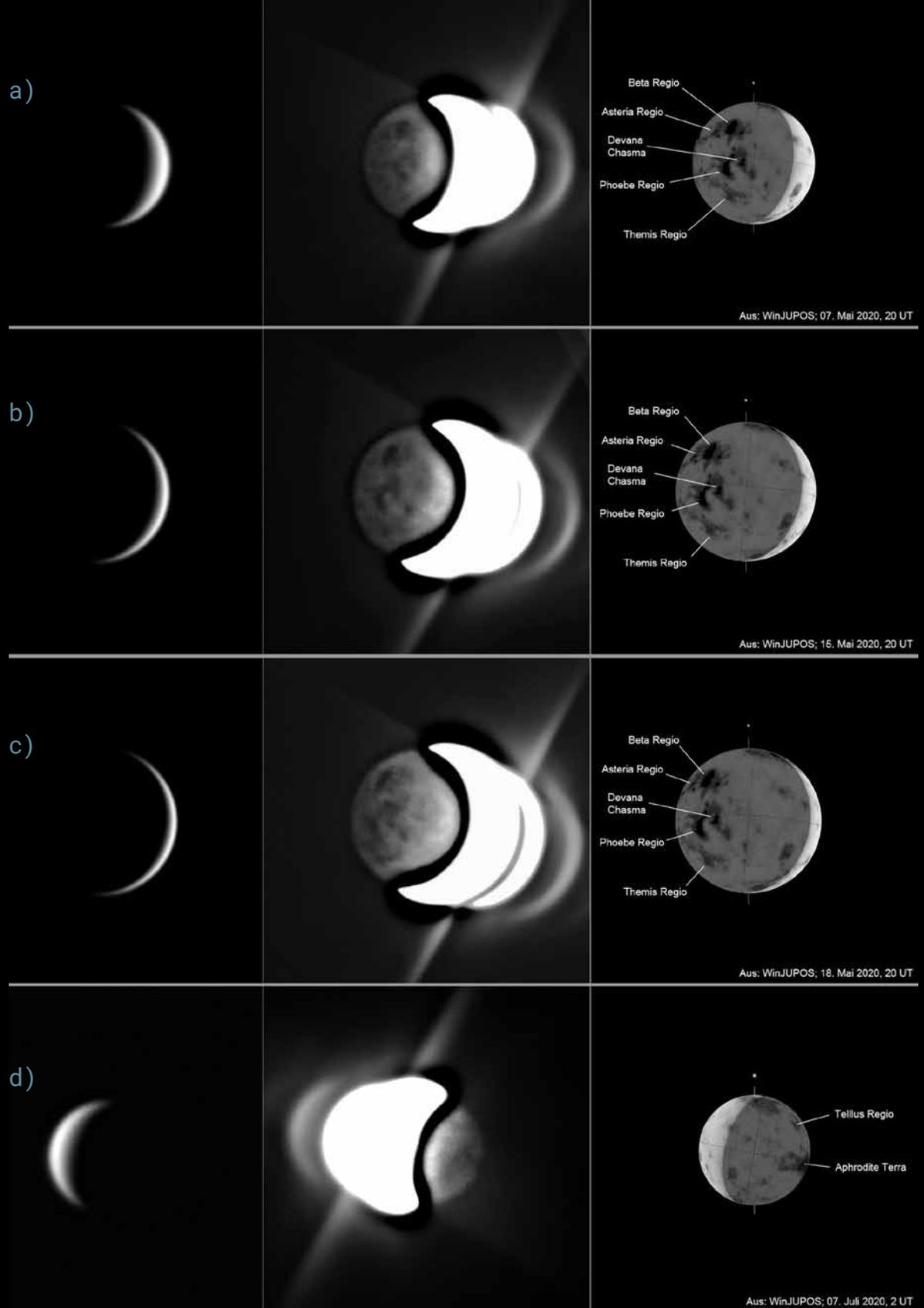
Für eine möglichst geringe Überstrahlung durch die Venussichel sollte diese weniger als 40% breit sein, besser kleiner als 25% (je weniger, umso besser). Da auch Streulicht der Erdatmosphäre stört, muss es für die Aufnahme hinreichend dunkel sein (Sonne mindestens 5° unter dem Horizont). Seeingbedingt sollte die Venus mehr als 10° über dem Horizont stehen. Dies alles ist nur innerhalb weniger Wochen vor und/oder nach einer unteren Konjunktion der Venus (alle 584 Tage) erfüllt. Optimal ist eine steil stehende Ekliptik, also im Frühjahr am Abendhimmel und im Herbst am Morgenhimmel. Bei der Abendsichtbarkeit vor der unteren Konjunktion am 3. Juni 2020 ergaben sich sehr gute Bedingungen, die sich anschließende Morgensichtbarkeit war deutlich schlechter.

Apparativ ist ein Teleskop mit möglichst großer Öffnung und geringem Streulicht, eine Kamera mit ausreichender Empfindlichkeit bei 1.010 nm sowie ein Schmalbandfilter bei dieser Wellenlänge erforder-

lich. Optische Systeme mit Antireflexbeschichtungen, die für den visuellen Bereich oder bis 800 nm optimiert sind, funktionieren nicht unbedingt bei 1.010 nm.

Die gezeigten Aufnahmen wurden mit dem 24-Zoll-Newton-Teleskop ( $f = 3.050$  mm, Öffnung 610 mm =  $f/5$ ) der Johann-Kern-Sternwarte Wertheim erstellt [1]. Aufgrund des einfachen Aufbaus ergaben sich kaum Probleme durch störende Reflexe. Es wurden bewusst weder Barlowlinse noch Komakorrektor eingesetzt. Lediglich das Beugungskreuz im Bild aufgrund der Fangspiegelaufhängung erwies sich als nachteilig. Eine Teleskopöffnung von 300 mm ist wohl das Minimum, da das Beugungsscheibchen bei 1.010 nm bereits fast doppelt so groß ist wie bei grünem Licht.

Als Kamera wurde zuerst eine ZWO ASI 178 MM getestet, Reflexe der etwa 50-fach helleren Venussichel überlagerten die Venus-Nachtseite jedoch völlig. Ursache war das antireflexbeschichtete Fenster vor dem Chip, das zwar im Sichtbaren gut entspiegelt ist, bei 1.010 nm aber nur 75% Transmission aufweist, d. h. rund 25% reflektiert und Reflexe verursacht. Daraufhin wurde eine Kamera i-Nova PLA-Mx mit unbeschichtetem Eingangsfenster getestet mit deutlich besseren Ergebnissen. Mit 5,6 µm Pixelgröße ergibt sich ein Abbildungsmaßstab pro Pixel von 0,38" bzw. 90 km auf der



**1** Aufnahmen der Venus mit 24-Zoll-Newton bei 1.010 nm Wellenlänge: links kurz belichtet, mittig lang belichtet, rechts Simulation aus WinJUPOS. V.o.n.u.: am 07.05.2020, 15.05.2020, 18.05.2020 und 07.07.2020. (Details siehe Text)

Venus (bei 50" Durchmesser). Die Verwischung der Strukturen auf einer 70-km-Skala durch Streuung an den Wolken spielt somit keine Rolle.

Wichtig ist der Filter für 1.010 nm: Bei falscher Filterung kann die Strahlung tiefer Venuswolken die der Oberfläche übertün-

chen. Zudem reduziert er das Streulicht von der hellen Venussichel und der Erdatmosphäre. Wir setzten einen Filter mit 14 nm Bandbreite ein [2], die maximale Transmission von ca. 50% ist für diese Anwendung noch akzeptabel. Trotz Blockung von 200 nm bis 3.500 nm war beim direkten Blick durch den Filter in die Sonne diese

noch als blaue Kreisscheibe zu erkennen. Um jegliches „Falschlicht“ zu unterdrücken, wurde vor diesen Filter noch ein für NIR antireflexbeschichteter Filter Schott RG 850 montiert. Im Internet finden sich mitunter Aufnahmen der Venus-Nachtseite, auf denen sich die erkennbaren Strukturen nicht mit echten Oberflächen-Features

(z. B. aus WinJUPOS, s. u.) in Übereinstimmung bringen lassen. In diesem Fall ist zu befürchten, dass tatsächlich nur Wolkenstrukturen und nicht die Oberfläche fotografiert wurde, was wohl auf unzureichende Filterung zurückzuführen ist.

Für die Verifizierung der fotografierten Strukturen bietet sich WinJUPOS von Grischa Hahn an [3]. Dazu in der Ephemeridenrechnung bei „Optionen“ die Textur „VenusThermalEmission1micron“ laden, die Länge des linken Kartenrandes auf 0,0° im System 1, die Bildorientierung auf NR und als Projektionsart „Quadratische Plankarte“ einstellen. Bei „Graphik“ muss „Texturierung“ sowie „Unbel. Oberfläche“ aktiviert sein.

Die Abbildung 1 zeigt für verschiedene Tage jeweils:

- links: eine kurz belichtete Aufnahme der Sichel (meist aus 500 x 33 ms Belichtungszeit)
- mittig: die lang belichtete Aufnahme der Nachtseite (Daten s. u.)
- rechts: das passende WinJUPOS-Bild dazu mit Annotationen.

Eine erste Aufnahme von Strukturen auf der Venus-Nachtseite gelang am Abend des 5. Mai 2020, allerdings bei sehr starker Luftunruhe. Zwei Tage später waren die Bedingungen deutlich besser. Die Abbildung 1a zeigt links die (kurzbelichtete) Sichel und mittig das tiefbelichtete Summenbild aus insges. 1.500 Bildern mit 1 s sowie 3.000 Bildern mit 0,5 s Belichtungszeit, aufgenommen zwischen 21:20 und 22:22 Uhr MESZ am 7. Mai 2020. Bei hoher Verstärkung wurde die Belichtungszeit soweit reduziert, dass die Nachtseite der Venus gerade noch im Rohbild erkennbar war. Nach Abzug von Darken erfolgte die Autosortierung mit 70% Verwendung und Überlagerung mit Giotto. Um die Überstrahlung durch die Sichel zu reduzieren, wurde in Photoshop eine unscharfe Kopie des Bildes abgeschwächt abgezogen. Die Nachtseite wurde per Gradationskurve stark hervorgehoben und geschärft. Die sonnenbeschienene Sichel ist extrem überbelichtet, wie der Ver-

gleich mit der kurz belichteten Aufnahme im linken Bildteil zeigt.

Auf dem passenden WinJUPOS-Bild dazu (rechts in Abb. 1a) ist eine deutliche Übereinstimmung mit den dunklen Strukturen auf der Nachtseite im mittigen Bild zu erkennen. Bei dem Fleck links oben handelt es sich um Beta Regio mit Rhea Mons und Theia Mons. Auch Asteria Regio direkt links unterhalb hebt sich ab. Rechts unterhalb ist Phoebe Regio sowie Devana Chasma zu identifizieren. Noch weiter rechts unten deutet sich Themis Regio an. Weitere schwache dunkle Strukturen könnten vom Rauschen oder auch von dichten Wolken stammen, die die Strahlung der Venusoberfläche streuen.

Die Abbildung 1b zeigt das Ergebnis von analogen Aufnahmen der Venus-Nachtseite am 15. Mai 2020. Die mittige Aufnahme entstand aus 6.730 Einzelbelichtungen zu je 0,5 s zwischen 21:30 und 22:37 Uhr MESZ. Die dunklen Strukturen haben sich erkennbar weitergedreht. Da sich die Venus sehr langsam mit einer Tageslänge von 243 Erdtagen und retrograd dreht, bewegen sich die Strukturen in einer Woche nur wenig weiter (und nach „links“). Die Breite der Venussichel betrug nur noch 9,1%, der Durchmesser bereits 50,6“, wir näherten uns also zunehmend der unteren Konjunktion am 3. Juni.

Eine weitere Aufnahmesequenz am 17. Mai bestätigte die dunklen Strukturen, jedoch unschärfer, da bei schlechterem Seeing. Am 18. Mai gelangen die besten Aufnahmen (Abb. 1c). Das mittige Bild entstand aus 3.000 Aufnahmen mit je 0,5 s Belichtungszeit zwischen 21:43 und 22:08 Uhr MESZ. Es sind weitere Details der Oberfläche der Venus zu erkennen.

Das zeitliche Aufnahmezeitfenster schloss sich nun zusehends, da bei ausreichender Dunkelheit die Venus kaum noch 10° über dem Horizont stand, so dass der Einfluss der Luftunruhe immer stärker wurde. Nach der Konjunktion am 3. Juni waren die Bedingungen deutlich schlechter. Es gelang nur noch eine Aufnahme am 7. Juli (Abb. 1d),

bei deutlich kleinerem Durchmesser (39“), größerer Sichel (24%) sowie schlechterem Seeing. Das mittlere Bild entstand aus 3.000 Aufnahmen mit je 0,5 s Belichtungszeit zwischen 04:18 und 04:43 Uhr MESZ. Nur mit Mühe lassen sich Aphrodite Terra sowie Tellus Regio identifizieren.

Interessanterweise weist uns die Venus zu unteren Konjunktionen immer die gleiche Seite zu, d. h. mit dieser Aufnahmetechnik lässt sich leider nie die „Rückseite“ der Venus beobachten [4]. Die erzielten Ergebnisse sind trotz der bestehenden Limitierungen erstaunlich. Das 24-Zoll-Newton-Teleskop ist in einer Kuppel montiert, die sich bei Sonneneinstrahlung aufheizt. Gerade bei Beobachtungen am frühen Abend fließt warme Luft aus dem Inneren durch den Kuppelspalt hinaus und verursacht starkes „Kuppelseeing“. Mit offen aufgestellten Teleskopen sollten sich deutlich bessere Ergebnisse erzielen lassen.

Deutliches Verbesserungspotenzial besteht auch bei der Auswertung der Rohbilder. Analysiert für die Sortierung und zur Überlagerung ausgerichtet wurde ja die helle Venussichel, nicht die eigentlich interessierende Nachtseite. Diese ist auf den Rohbildern nur sehr schwach zu erkennen. Wenn es gelingt, in einer Batchverarbeitung der Rohbilder die Nachtseite zu extrahieren und zu verstärken, könnte diese direkt sortiert und passgenau überlagert werden, wodurch die Qualität sicher deutlich gesteigert werden könnte.

*Internethinweise (Stand Juli 2020):*

[1] [www.sternwarte-wertheim.de/](http://www.sternwarte-wertheim.de/)

[2] [www.intorfilters.com/product-](http://www.intorfilters.com/product-page/1010-14-50)

*page/1010-14-50. Laut Messprotokoll des gelieferten Filters hat er folgende Daten: Transmission max. 53% bei 1.008 nm mit Halbwertbreite 13,5 nm.*

[3] *Bilder aus WinJUPOS mit freundlicher Genehmigung von Grischa Hahn. Zu WinJUPOS siehe [www.grischa-hahn.homepage.t-online.de/](http://www.grischa-hahn.homepage.t-online.de/)*

[4] <https://apod.nasa.gov/apod/ap200603.html>