

REDAKTION IM EINSATZ

Wolkenflucht im Mondschatten

Eine Sonnenfinsternis in den Tropen in der Regenzeit: Da sind die Erfolgsaussichten eher gering und präzise Wetterprognosen fast unmöglich – aber Flexibilität kann mitunter den Unterschied machen. So geschehen am frühen Morgen des 9. März 2016 auf der indonesischen Insel Belitung zwischen Sumatra und Borneo, wohin ich gut 60 Finsternisjäger begleitet hatte.



Der Mond hatte sich am lange vorher aus logistischen Gründen ausgesuchten Strand schon mehr als halb vor die Sonnenscheibe geschoben, ein hartnäckiges Wolkenfeld aber leider auch: Es wurde immer offenkundiger, dass sich die Sonne trotz ihres am Äquator fast senkrechten Aufsteigens nicht daraus würde befreien können. Nach rechts schien die Obergrenze der Wolken aber etwas niedriger zu sein – und so machten wir uns eine halbe Stunde vor der Totalität mit immerhin zwei der fünf Kleinbussen der Gruppe auf den Weg, vollgepackt mit Finsternisfreunden mit nur leichtem Astrogepäck.

Mit ständigem Blick an den Himmel rasten wir die einzige Küstenstraße entlang nach Süden: Den idyllischen Strand-Vordergrund opferte ich schließlich einem Tümpel vor dem Sportstadion von Manggar, wo die Sonne nun tatsächlich hinter deutlich dünnerem Gewölk ihrer totalen Verfinsterung entgegen blickte. Ganz aus den Wolken befreien konnte sie sich zwar nicht, aber bis auf die äußeren Bereiche ihrer Korona war am Ende alles zu sehen, was eine totale Sonnenfinsternis zu bieten hat, noch dazu mit auffällig großem Perigäums-Neumond – und all dies deutlich klarer als am ursprünglichen Standort, wie sich später zeigen sollte.

► Daniel Fischer

Ronald Stoyan

Chefredakteur



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Jupiter strahlte in den vergangenen Monaten hell vom Nachthimmel. Am 4. Juli, während er sich wieder von unserem Himmel zurückzieht, tritt er in das Gesichtsfeld der Raumsonde Juno. Seit fünf Jahren unterwegs und mit einem enormen Arsenal an Forschungsinstrumenten ausgerüstet, erhofft man sich grundlegend neue Erkenntnisse über den größten Planeten des Sonnensystems. Michael Moltenbrey berichtet in unserem Hauptartikel, wie Juno Jupiters Schleier lüften soll (Seite 14).

Der Merkurtransit am 9. Mai war das herausragende Ereignis der letzten Wochen. Für uns in der Redaktion ist es ein Ansporn, Ihnen die Ergebnisse dieses seltenen Vorübergangs des innersten Planeten vor der Sonnenscheibe in größtmöglicher Aktualität zu präsentieren. Am 10. Mai wurde unser Rückblick erstellt – noch am selben Tag ging das Heft in Druck (Seite 44).

Wir freuen uns über die vielen Leserbriefe, die uns zur ersten Ausgabe erreicht haben. Es waren so viele, dass wir hier gar nicht alle abdrucken konnten (Seite 94). Bitte schreiben Sie uns auch weiterhin Ihre Fragen und Bemerkungen – Redaktion und Autoren sind dankbar für jede Rückmeldung.

Clear skies,

Ronald Stoyan

Wissen

First Light

- 8 Sternriesen in der Tarantel
- 9 Ein junger Stern schießt um sich
- 10 Mit einer Atlas zur Raumstation
- 11 Aufbruch der Expedition 47

Fischers fantastische Zahlen

- 12 440.000 Lichtjahre

Deiters' erstaunliche Fakten

- 13 Was ist ein blauer Mond?

Hauptartikel

14 Jupiters Schleier fällt

Die Raumsonde Juno erkundet den Riesenplaneten

Müllers Universum

- 26 Was ist Λ CDM?

Astro-ABC

- 27 B wie Balkenspirale

Jupiters Schleier fällt

14

Die Raumsonde Juno
erkundet den
Riesenplaneten

Himmel

Wichtige Ereignisse

- 28 Herr der Ringe in der Südkurve
- 29 Rendezvous am Abendhimmel
- 29 Rote Rivalen

Aktuell im Sonnensystem

- 30 Der Mond im Juni/Juli
- 31 Die Planeten im Juni/Juli
- 32 Sonne aktuell
- 33 Kometen aktuell
- 34 Planeten aktuell

Jetzt am Abendhimmel

- 37 Sternbild-Streifzüge
- 38 Mond-Spaziergang
- 39 Fernglas-Wanderung
- 40 Deep-Sky-Schätze f. Stadtbeobachter
- 41 Deep-Sky-Schätze f. Landbeobachter

6

Praxis

Spix' Spechteltipps

42 Blick zum roten Planeten

Mars im Einsteigerteleskop beobachtet

Artikel

44 Dunkler Planet vor heller Sonne

Bilder des Merkurtransits am 9. Mai 2016

Stoyans Sky

- 48 Im Bann des Katzenauges

Astrophysik live

- 52 Wenn der Mars rückwärts läuft

Blick zum ROTEN PLANETEN
Mars im Einsteigerteleskop beobachten

42

Einsteiger?

Sie sind neu im Hobby? Wir haben viele Beiträge im Heft speziell für Neulinge. Überall dort, wo Sie dieses Symbol sehen, finden Einsteiger maßgeschneiderte Informationen!



Polarlichter über dem Postschiff

Mit den Hurtigruten auf Nordlichttour

54

Welches Teleskop für die Astrofotografie?

Space Checker

Unsere Rubrik für Kids von Kids
Blutmond oder bunter Mond, Seite 82

Technik

Dittlers Fotoworkshop
54 **Welches Teleskop für die Astrofotografie?**

Dittiés Idee
56 Ein richtig guter Sonnenfilter

Teleskop-Tuning
57 Gut durchlüften bitte

Artikel
58 **Mars selbst kartiert**
So entsteht eine Gesamtkarte des roten Planeten

Test
62 Die Gesichtsfeld Riesen

Weigands Techniktipps
66 Was bringt Filter-Stacking?

Erlebnis

Artikel
70 **Polarlichter über dem Postschiff**
Mit den Hurtigruten auf Nordlichttour

Mein bestes Astrofoto
74 Das Mondauge

Leser-Galerie
76 Lesergalerie

Rückblick
78 Sofi Asiatisch
79 Die Feuerkugeljäger vom Gahberg

Szene

Interview
80 **Karsten Danzmann**
Space Checker
82 Blutmond oder bunter Mond?

Netznews
84 Jedem sein Klassiker

Diskurs & Diskussion
86 Früher war alles klarer?

Vor 100 Ausgaben
87 interstellarum 3

Astronomie vor Ort
90 Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten

Astro-Puzzle
91 Raten und gewinnen!

Marktplatz
92 Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern

Rezensionen
93 Annals of the Deep Sky
93 Stellarium mobile Sky Map

Leserbriefe
94 Leserbriefe

Rubriken

3 fokussiert
98 Vorschau
98 Kontakt
98 Impressum
98 Hinweise für Leser

80

Karsten Danzmann im Interview



STERNRIESEN in der Tarantel

Neun Sterne mit über hundert Sonnenmassen

▲ »R136« lautet der prosaische Name des Sternhaufens im Zentrum des Tarantelnebels in der Großen Magellanschen Wolke, einer kleinen Nachbargalaxie der Milchstraße. Doch der bescheidene Name täuscht: Beobachtungen mit dem Hubble Space Telescope haben jetzt zeigen können, dass neun der Sterne Massen von mehr als dem Hundertfachen der Sonne besitzen. Dass derart massereiche Sterne überhaupt entstehen können, ist theo-

retisch nicht recht verstanden. Auch die Leuchtkraft der Giganten ist enorm: Zusammen sind die neun Sterne so hell wie 30 Millionen Sonnen. So viele Sternriesen so dicht beieinander sind nirgendwo sonst im Kosmos bekannt. Auch der massereichste bekannte Stern überhaupt, R136a1 mit 250 Sonnenmassen, gehört zu der Gruppe. Dutzende weitere Sterne des erst 1,5 Millionen Jahre alten Haufens besitzen immer noch mehr als 50 Sonnenmassen.

NASA, ESA, P. Crowther (University of Sheffield)

Ein JUNGER STERN schießt um sich



▲ Es sieht aus wie ein Szenenbild aus einem Science-Fiction-Film, aber es handelt sich um eine echte Aufnahme des Hubble Space Telescope: Der Blick fällt in die Sternen-Geburtsstube Orion B, wo ein gerade entstehender Stern mit scharfen Materiestrahlen auf sich aufmerksam macht. Sie rammen in das umgebende Gas, heizen es auf Tausende Grad auf und lassen es aufleuchten. Dieses verbreitete Phänomen, über das überschüssiger Drehimpuls des Jungsterns »entsorgt« werden kann, wird Herbig-Haro-Objekt genannt und HH 24 gehört zu den beeindruckendsten Exemplaren. Auf dem Bild sind auch noch weitere Jungsterne zu entdecken. So deutlich wie auf diesem Bild war das Geschehen noch nie zu sehen. Hubble konnte aber nun mit infrarotem Blick die dichte Wolke besser durchdringen, als es in sichtbarem Licht möglich gewesen wäre.

NASA, ESA, the Hubble Heritage (STScI/AURA)/ Hubble-Europe (ESA) Collaboration, D. Padgett (GSFC), T. Megeath (University of Toledo), and B. Reipurth (University of Hawaii)

Mit einer ATLAS ZUR RAUMSTATION

Ein Cygnus geht auf die Reise

▲ In der Nacht zum 23. März hat eine Atlas-V-Rakete erneut ein privates Transportschiff des Cygnus-Typs auf den Weg zur Internationalen Raumstation gebracht. Bei diesem Nachtstart haben sich viele Fotografen an solchen Langzeitbelichtungen versucht. Unter den fast 3,4 Tonnen

Nutzlast im Transporter sind auch eine Reihe ungewöhnlicher wissenschaftlicher Experimente. Am interessantesten für Sternfreunde dürfte sicher eine Kamera sein, die von der Raumstation aus Meteorite in der Erdatmosphäre aufnehmen und via Spektroskopie deren chemische Zusammensetzung un-

tersuchen soll. Das Experiment »Meteor Composition Determination« wird für zwei Jahre hinter der »Window Observational« Research Facility angebracht, einem speziellen Fenster im Weltraumlabor Destiny. Permanente Meteorbeobachtung aus dem Orbit gab es zuvor noch nie.

AUFBRUCH DER EXPEDITION 47



United Launch Alliance



NASA/Aubrey Gemignani

Die Weltraumstation ist bereits besetzt

▲ Fast schon Routine aber immer wieder ein faszinierendes Schauspiel: Mit der Soyuz TMA-20M sind in der Nacht zum 19. März Alexei Owtschinin, Oleg Skripotschka und Jeff Williams zur ISS gestartet und nach vier Erdumkreisungen keine sechs Stunden später an der Raumstation angekommen. Diese hat damit wieder sechs Besatzungsmitglieder, denn Tim Kopra, Tim Peake und Juri Malentschenko bleiben noch bis zum 5. Juni: Bis zu ihrer Abreise wird von der 47. ISS-Expedition gesprochen. Zu deren ungewöhnlichsten Aufgaben zählt sicher die Installation eines aufblasbaren Zusatzsegments der Raumstation, des »Bigelow Expandable Activity Module« (BEAM): Zwar wird dort niemand wohnen, aber das von einer Privatfirma entwickelte Modul soll zwei Jahre lang seine Haltbarkeit beweisen und zumindest zeitweise auch »betreten« werden.

⇐ INTERAKTIV



Daniel Fischer ist Redakteur bei Abenteuer Astronomie und unser Mann für die wahrhaft astronomischen Zahlen. Sie können ihn befragen über redaktion@abenteuer-astronomie.de oder unsere Facebook-Seite.

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/fb

► Abb. 1: Drei der riesigen Spiralgalaxien.

Fischers fantastische Zahlen

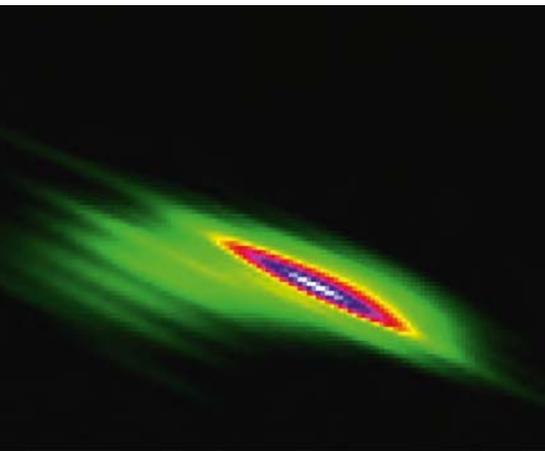
440.000 Lichtjahre

Durchmesser hat die größte von 53 außergewöhnlich riesigen und hellen Spiralgalaxien, auf die Astronomen beim systematischen Durchforsten der NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) gestoßen sind, einem Katalog mit 100 Millionen Galaxien aus zahlreichen Suchprogrammen. Die sehr seltenen und bisher schlicht übersehenen »Superspiralen« sind mindestens 180.000 Lichtjahre groß – die Milchstraße bringt es auf rund 100.000 Lichtjahre. Diese Exoten sind eine Überraschung, und ihre Entstehung ein Rätsel: Eigentlich sollten Spiralgalaxien nur bis zu geringerer Größe wachsen können und ihre Sternproduktion dann selbst abwürgen – das ist hier unterblieben.



SDSS

MPIFR nach Gómez et al.



▲ Abb. 2: Die Kernregion der aktiven Galaxie BL Lac bei 22 GHz Frequenz oder 1,3 cm Wellenlänge, rekonstruiert aus Messungen des RadioAstron-Programms mit 15 Antennen auf der Erde und einer auf einem Satelliten. Der synthetisierte »Beam« ist 261×21 Mikrobogensekunden groß.

21 Mikrobogensekunden

Auflösung hat das schärfste astronomische Bild, das je erzeugt werden konnte – allerdings nur in einer Orientierung: Senkrecht dazu ist es 12-mal unschärfer. Denn entstanden ist die Aufnahme der Zentralregion der aktiven Galaxie BL Lacertae mit einer Kombination von Messungen mit mehreren Radioteleskopen. Und die waren in diesem Fall nicht nur über die ganze Erde verteilt, eines saß auf dem russischen

Satelliten Spektr-R in etlichen Erddurchmessern Entfernung: Die sehr ungleichmäßige Verteilung der Antennen führt zu einer extrem elliptischen Punktbild-Funktion, so als ob man vor ein Teleskopobjektiv einen langen schmalen Spalt gesetzt hätte. Die Auflösung entspricht 20 Mikrobogensekunden, was einer 2-Euro-Münze auf dem Mond von der Erde aus gesehen gleichkommt!

2 bis 3 Prozent

Rückstrahlvermögen hat der Kern des Kometen P/2016 BA14 (PANSTARRS), der der Erde im März bis auf 3,5 Mio. km nahekam und daher gut untersucht werden konnte: Das Rückstrahlvermögen seiner Oberfläche, aus dem Vergleich der Helligkeit im

sichtbaren und infraroten Licht berechnet, ist damit nur halb so groß wie bei Kometen typisch. Derart naher Besuch von Körpern des Sonnensystems dieses Formats kommt nur alle Jahre einmal vor, und erdnahe Kometen sind eine noch größere Rarität.

👉 SURFTIPPS

- Superspiralen
- Schärfstes Bild
- Komet 2016 BA14

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a3012

Deiters' erstaunliche Fakten

Was ist ein blauer Mond?



▲ Abb. 1: Ob blau oder nicht: Der Vollmond ist immer einen Blick wert.

Der Begriff »Blauer Mond« stammt aus dem englischen Sprachraum und hat sich inzwischen auch im Deutschen eingebürgert. Es ist eine recht alte Bezeichnung, die nichts mit der tatsächlichen Farbe des Mondes zu tun hat: Als Blauer Mond oder Blue Moon bezeichnet man heute den zweiten Vollmond in einem Kalendermonat. Den kann es geben, weil zwischen

zwei Vollmonden nur rund 29 Tage und zwölf Stunden liegen. Im Schnitt tritt ein solcher Blauer Mond alle 2,5 Jahre auf, das nächste Mal am 31. Januar 2018. Den letzten »Blauen Mond« gab es am 31. Juli 2015.

Die heute gebräuchliche Definition ist vereinfacht gesagt war danach ein Blue Moon der dritte Vollmond in einer Jahreszeit, wenn es in dieser Jahreszeit ausnahmsweise einmal vier Vollmonde gibt. Das war in diesem Jahr der Fall: Der Vollmond am 21. Mai war ein solcher Blue Moon.

⇌ INTERAKTIV



Stefan Deiters ist Astrophysiker und arbeitet als Wissenschaftsjournalist. Er betreibt seit 1999 den Online-Dienst astronews.com.

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/fb

berechnet wurden. Vereinfacht gesagt war danach ein Blue Moon der dritte Vollmond in einer Jahreszeit, wenn es in dieser Jahreszeit ausnahmsweise einmal vier Vollmonde gibt. Das war in diesem Jahr der Fall: Der Vollmond am 21. Mai war ein solcher Blue Moon.

Was ist der »Planet Neun«?

Den »Planeten Neun« hat bislang niemand gesehen oder fotografiert. Das bedeutet allerdings nicht, dass es ihn nicht gibt. Die Astronomen Konstantin Batygin und Mike Brown vom California Institute of Technology sind sogar überzeugt davon, dass er sich irgendwo da draußen befindet. Sie haben sich nämlich die Bahnen von einigen Objekten angesehen, die weit jenseits der Neptun-Bahn um die Sonne kreisen. Dabei haben sie sehr eigentümliche Auffälligkeiten der Bahnen bemerkt, die sich nach ihren Berechnungen am besten mit einem bislang unentdeckten Planeten erklären lassen würden.

Dieser müsste etwa die zehnfache Masse der Erde haben. Auf seiner Bahn wäre er im Durchschnitt 20-mal weiter von der Sonne entfernt als Neptun und würde für einen Umlauf zwischen 10.000 und 20.000 Jahre benötigen. Wegen der großen Entfernung dürfte es sehr schwer sein, den Planeten auch tatsächlich aufzuspüren. Die infrage kommende Region dürfte aber künftig besonders gründlich überwacht werden.

Haben die Astronauten von Apollo 10 wirklich außerirdische Musik gehört?

Natürlich nicht, auch wenn diese Meldung zu Beginn des Jahres durch die Medien geister- te. Ursprung der Nachricht war eine Folge der Serie »NASA's Unexplained Files« des US-amerikanischen Discovery Channel. Darin wurde behauptet, dass die Astronauten der Mission Apollo 10 in ihrer Raumkapsel merkwürdige »Musik« gehört hätten – und zwar zu einem Zeitpunkt, als sie sich mit ihrer Raumkapsel – von der Erde aus gesehen – hinter dem Mond befanden. Tatsächlich ist auf Tonbandaufnahmen der Mission ein eigentümliches Störgeräusch zu hören, das einer der Astronauten als Musik bezeichnet und »outer-spacey« nennt.

Die NASA hat für diese Geräusche eine ganz einfache Erklärung: Es handelte sich um Interferenzen zwischen der Funkanlage der Mondlandefähre und des Kommandomoduls. Die Aufzeichnungen sind übrigens auch nicht wirklich neu: Alle Dateien sind seit 1973 im Nationalarchiv der USA öffentlich einzusehen, wurden allerdings erst 2012 digitalisiert und dadurch einer breite-



NASA

▲ Abb. 2: Das Apollo-10-Raumschiff »Charlie Brown« im Mondorbit.

ren Öffentlichkeit zugänglich. Apollo 10, gestartet am 18. Mai 1969, war die Generalprobe für die erste Landung auf dem Mond. Bis auf die eigentliche Landung wurden dabei alle Aspekte der Mission geübt.

🔗 SURFTIPPS

- Apollo-10-Musik
- Apollo 10 Flight Journal
- Die Suche nach Planet Neun

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a3013

Am 4. Juli 2016 nimmt eine lange fünfjährige Reise ein vorläufiges Ende, wenn die Raumsonde Juno in das fremdartige und bizarr anmutende Reich des Riesenplaneten Jupiter eindringt. Sie ist erst die zweite Sonde nach Galileo, die in eine Umlaufbahn um den Gasplaneten einschwenkt.

Jupiters Schleier fällt

Die Raumsonde Juno erkundet den Riesenplaneten

Der Name ist Programm. Jupiter, der Göttervater der römischen Mythologie, versuchte stets seine Untaten, ja gar sein wahres »Ich« hinter einem Schleier aus Wolken zu verbergen. Nur seiner Frau, der Göttin Juno, gelang es dahinter zu blicken und die Wahrheit zu erkennen. Genau wie in der Mythologie soll die Sonde die Geheimnisse des Gasplaneten Jupiters lüften.

Ein fremdartiges System

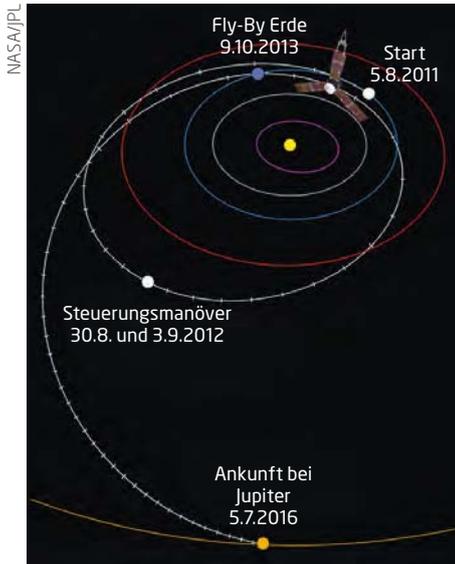
Jupiter ist – ähnlich wie die anderen Planeten des äußeren Sonnensystems – ganz anders aufgebaut als die uns vertrauteren Nachbarn Mars und Venus. Es fängt schon damit an, dass er keine feste Oberfläche besitzt, sondern zu einem Großteil aus Gasen und Flüssigkeiten besteht. Effekte wie Oberflächenerosion finden schlichtweg nicht statt. Auch die Winde unterliegen anderen Bedingungen, werden sie doch nicht durch Gebirge verändert.

Auch in anderer Hinsicht sticht Jupiter heraus. Er ist der mit Abstand massereichste Planet unseres Sonnensystems. Er vereinigt in sich etwa 2,5-mal die Masse aller anderen Planeten zusammengenommen, was ungefähr 318 Erdmassen entspricht. In seinem Äquatordurchmesser von knapp 142.000km

NASA/JPL

◀ Abb. 1: Künstliche Darstellung der Raumsonde Juno vor ihrem Zielobjekt Jupiter. Sie wird eine Bahn über die Pole des Planeten einnehmen und kann so auch die rätselhaften Polarlichter Jupiters erforschen.





▲ Abb. 2: Die Flugroute Junos. Ein Direktflug zu Jupiter wäre zu teuer und technisch aufwändig. Daher entschieden sich die beteiligten Wissenschaftler für die »klassische« Variante, bei der die Sonde mittels naher Vorbeiflüge an Planeten, in Junos Fall der Erde, beschleunigt und auf Kurs gebracht wird.

würde die Erde 11-mal Platz finden. Zusätzlich wird der Gasriese von mehr als 60 Monden umkreist. Die meisten davon sind mit einem Durchmesser von weniger als 10km sehr klein. Diese unregelmäßig geformten Begleiter hat Jupiter im Laufe der Zeit aus dem Sonnensystem herausgeschleudert.

Neben diesen Zwergen existieren einige große Monde, allen voran die berühmten vier Galileischen Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto. Ganymed ist mit einem Durchmesser von 5262km der größte Mond des Sonnensystems, was in etwa dem 1,5-Fachen unseres Mondes entspricht.

Jupiter und sein System sind fremdartiger und mysteriöser, als der erste Eindruck vermuten lässt. Viel haben wir schon durch die Raumsonde Galileo erfahren, die den Riesenplaneten zwischen 1995 und 2003 umkreiste. Doch nun, mehr als ein Jahrzehnt später, schickt sich Juno an, die noch offenen Rätsel Jupiters zu lösen.

Was verbirgt sich im Inneren des Riesen? Was treibt ihn an? Existiert ein fester Kern und falls ja, wie sieht er aus? Was ist die Quelle seines Magnetfeldes? Wie und warum kommen die starken Polarlichter in Jupiters Atmosphäre zustande? Wie genau setzt sich seine Atmosphäre zusammen?

Viel Arbeit liegt vor Juno

Eine Menge Arbeit wartet dementsprechend auf Juno. Die beteiligten Wissenschaft-

ler erhoffen sich von den Daten der Sonde zahlreiche neue Erkenntnisse.

Juno soll sogar dazu beitragen, die Entstehung unseres Sonnensystems besser zu verstehen. Hier kommen vor allem zwei Aspekte zum Tragen: die »Kern-Frage« und die Zusammensetzung der Atmosphäre. Viele der gängigen Modelle zur Entstehung des Sonnensystems und damit der Gasriesen setzen einen festen Jupiterkern voraus. Eine langsame Akkretion, also die Ansammlung von Material durch die eigene Schwerkraft wie bei den terrestrischen Planeten, ist hier kaum vorstellbar. Einige Modelle beschreiben daher ein rasches »Ansaugen« großer Mengen von Gas aus der sogenannten protoplanetaren Scheibe, die sich um die noch junge Son-

zellen der künftigen Gasriesen, allen voran Jupiter, bilden konnten. Schnell nahm dieser an Masse zu, indem er Gase – in erster Linie Wasserstoff und Helium – aus der ihn umgebenden Scheibe aufsaugte und als Gashülle um sich band.

Das Vorhandensein eines Kerns, die Bestimmung seiner Größe und die Untersuchung der Atmosphäre könnten dabei helfen, die verschiedenen Modelle besser auf ihre Plausibilität zu überprüfen. Ist bzw. war kein Kern vorhanden, so fallen die gerade skizzierten Modelle in sich zusammen. Existiert bzw. gab es einen Kern ausreichender Größe? Entspricht die Zusammensetzung der Atmosphäre den Vorstellungen über diejenige der protoplanetaren Scheibe?



▲ Abb. 3: Aufnahme des Planeten Jupiter der Raumsonde Cassini während ihrer Passage im Jahr 2000. Charakteristisch sind die hellen Zonen und dunklen Wolkenbänder. Etwa 20° südlich des Äquators ist der berühmte Große Rote Fleck zu sehen, ein gigantischer Wirbelsturm, der seit etwa 150 Jahren verfolgt wird. Der schwarze Fleck ist der Schatten eines der vier Galileischen Monde.

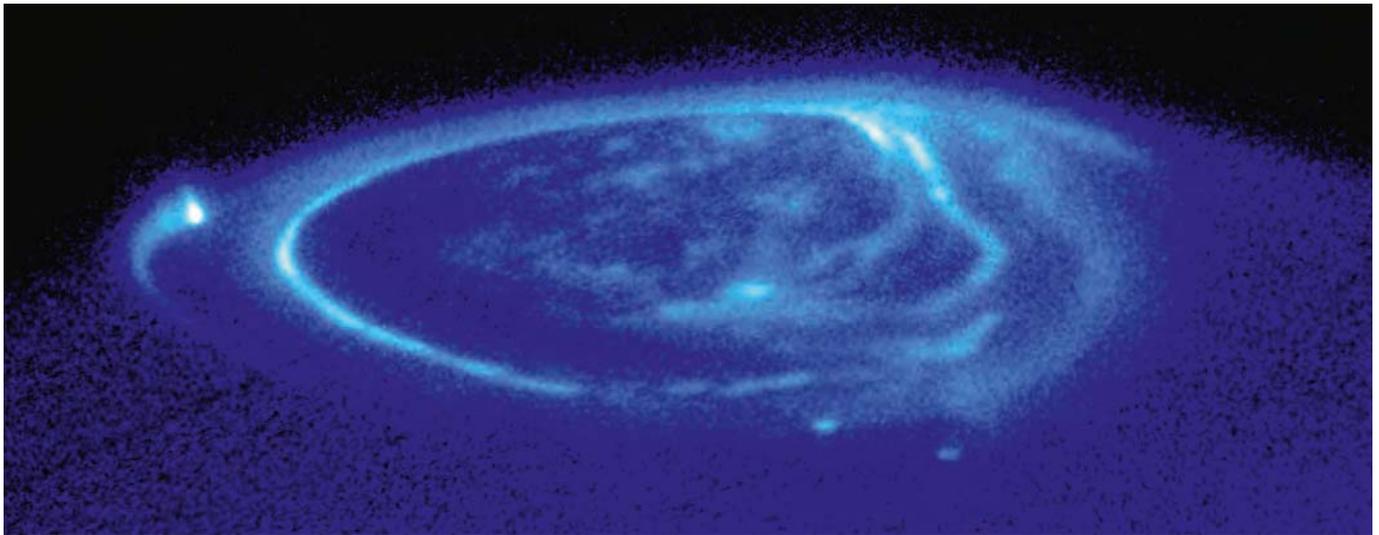
ne bewegte und aus verschiedenen Gasen und Staub bestand.

Im Bereich des inneren Sonnensystems waren die Temperaturen allerdings so hoch, dass sich nur schwerere Moleküle halten konnten, aus welchen dann allmählich die terrestrischen Planeten sowie zahlreiche Kleinplaneten (Asteroiden) entstanden. Die weit flüchtigeren Gase in der Scheibe, wie Wasserstoff und Helium, wurden aus dieser Region durch den Sonnenwind buchstäblich hinausgeblasen.

Ab etwa 2,7 AE Entfernung von der Sonne, bei Überschreiten der »Eislinie«, änderte sich die Situation aber schlagartig. Die Temperaturen werden so niedrig, dass diese flüchtigen Gase zu Eis auskristallisierten und die Keim-

Die Reise beginnt...

Die Raumsonde Juno der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA wurde am 5. August 2011 mit Hilfe einer Atlas-V-Rakete vom Weltraumbahnhof Cape Canaveral in Florida auf ihre fünfjährige Reise geschickt. Doch das fast vier Tonnen schwere Gefährt ist anders als beinahe alle seiner Vorgänger, die in das äußere Sonnensystem vordrangen: Die sonst auf solchen Missionen übliche nukleare Energiequelle fehlt. Als Sonde des New-Frontiers-Programms setzten die Ingenieure auf neuartige effizientere und strahlungsresistentere Solarzellen.



▲ Abb. 4: Polarlichter auf Jupiter, aufgenommen mit dem Hubble-Weltraumteleskop im ultravioletten Spektralbereich. Die Ursachen dieser ovalen Polarlichter sind allerdings noch nicht vollständig verstanden. Vermutlich entstehen sie durch Wechselwirkungen zwischen dem starken Magnetfeld Jupiters und seinen großen Monden. Spuren der Monde lassen sich in der Aufnahme erkennen, bspw. von Io (links), Ganymed (in der Nähe der Mitte) und Europa (etwas rechts unterhalb von der Ganymeds).

Eine solche Art der Energieversorgung bringt allerdings auch Einschränkungen mit sich. Jupiter ist von sehr starken Strahlungsgürteln umgeben, bei deren Durchflug die Solarzellen und Instrumente erheblichen Schaden nehmen würden. Zwar sind die meisten der hochempfindlichen Instrumente durch das „Jovian Radiation Vault“, eine etwa 1cm dicke Titanwand, vor den schlimmsten Einflüssen der Strahlung abgeschirmt. Dennoch bietet auch diese nur eingeschränkt Schutz.

Ferner benötigt die Stromversorgung mittels Solarzellen eine dauerhafte Bestrahlung mit Sonnenlicht. Längere Perioden im Jupiterschatten während der Umläufe würde zu dramatischen Energieverlusten führen. Für

detaillierte Beobachtungen der Atmosphäre ist zudem eine möglichst große Annäherung an den Planeten wünschenswert. Zu guter Letzt sollten alle Instrumente an Bord der Sonde in der Lage sein, zumindest einmal während der gesamten Missionszeit alle Regionen des Riesenplaneten zu beobachten.

Diese Anforderungen werden durch eine Bahn über die Pole am besten erfüllt. Die Sonde hat dann permanent Sicht zur Sonne und es wird somit eine kontinuierliche, stabile Stromversorgung der Instrumente ermöglicht. Leider sind damit aber auch nahe Vorbeiflüge an den vier Galileischen Monden, die durchweg in den starken Strahlungsgürteln und fernab der Polarebene liegen, unmöglich.

Eine Reise mit Umwegen

Wie bei den meisten Raummissionen wäre ein Direktflug zum Zielobjekt zu teuer, da zu viel Energie verbraucht würde. Daher wurde auf die klassische Variante mittels Swing-by-Manövern zurückgegriffen. Dazu wurde Juno zunächst nach dem Start auf eine Umlaufbahn um die Sonne gebracht und durch mehrere Kurskorrekturen auf einen Vorbeiflug an der Erde geschickt. Am 9. Oktober 2013 näherte sich die Sonde, nach gut zweijähriger Flugzeit, bis auf 560km der Erde. Deren Gravitationseinflüsse beschleunigten die Sonde und sandten sie auf direktem Weg zu Jupiter. Die Gesamtstrecke, die sie zurückgelegt ha-

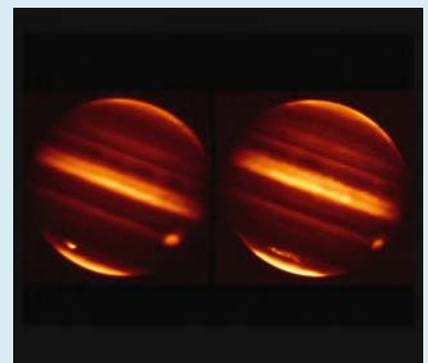
IM DETAIL

Achtung, Einschlag!

Mit seiner gewaltigen Masse spielte Jupiter schon immer eine herausragende Rolle in unserem Sonnensystem. Jupiter gilt als einer der Hauptgründe, warum sich zwischen seiner Umlaufbahn und der des Mars kein Planet entwickeln konnte und wir stattdessen das »Trümmerfeld« des Asteroidengürtels vorfinden. Seine Wanderungen im frühen Sonnensystem im Zusammenspiel mit Saturn gaben schließlich unserem Sonnensystem sein heutiges Antlitz.

Aber auch heute noch beeinflusst er maßgeblich das Schicksal zahlreicher Körper darin. Wenn sie ihm zu nahe kommen, verändert seine gewaltige Gravitation ihre Um-

laufbahnen: Aus langperiodischen Kometen können kurzperiodische werden, andere Objekte werden gar aus dem Sonnensystem geschleudert. Immer wieder passiert es aber auch, dass Kleinkörper eingefangen und auf mehr oder weniger stabile Umlaufbahnen gezwungen werden. Dies kann jeweils in einem fulminanten Finale enden, wenn diese Objekte auf Kollisionskurs mit dem Riesen geraten. Am faszinierendsten war der Einschlag des Kometen Shoemaker-Levy 9 im Juli 1994 auf Jupiter. Dies war aber kein isoliertes Ereignis. Weitere Impakte, wenngleich nicht so spektakulär, konnten in den Folgejahren beobachtet werden.

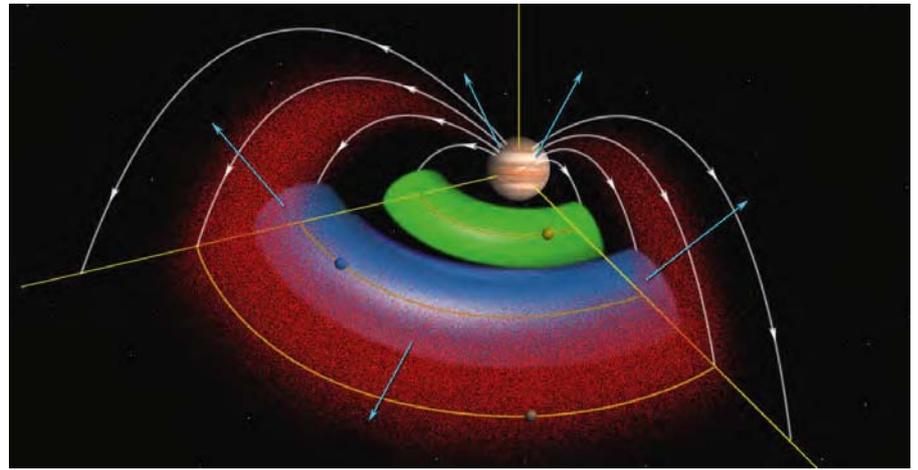


▲ Abb. 7: Infrarotaufnahmen eines Einschlags eines Kleinkörpers auf Jupiter im Jahr 2009 (links: 20. 7.2009; rechts: 16. 8.2009), rechts jeweils der Große Rote Fleck.

ben wird, beträgt unglaubliche 2,8 Milliarden Kilometer (ca. 19 Astronomische Einheiten, also dem 19-fachen Abstand Erde-Sonne) und ist damit deutlich länger als bei einem Direktflug.

Wenn Juno im Juli 2016 ihre Triebwerke für das Abbremsmanöver zündet, wird Jupiter sie in eine polare Umlaufbahn mit etwa 14-tägiger Umlaufzeit zwingen. Diese geplante Umlaufbahn wird sehr elliptisch sein und Juno bis auf etwa 4300km an die Pole Jupiters heran führen, dann aber weit hinaus jenseits der Bahn Kalistos tragen, welcher ihrerseits Jupiter in einer mittleren Entfernung von 1,9 Millionen Kilometern umkreist. Juno soll bis zu ihrem Missionsende im Februar 2018 etwa 37 Umläufe vollziehen und dabei zahlreiche wissenschaftliche Daten sammeln. Was wissen wir bereits über Jupiter?

Typisch für einen Gasriesen wie Jupiter ist seine relativ geringe Dichte von gerade einmal $1,3\text{g}/\text{cm}^3$ (Erde: $5,5\text{g}/\text{cm}^3$). Zum allergrößten Teil besteht Jupiter aus Gasen und Flüssigkeiten. Diese Zusammensetzung hat einige interessante Implikationen: Durch die schnelle Rotation von knapp zehn Stunden wirken starke Fliehkräfte, die zu einer gut sichtbaren Abplattung des Planeten führen: An den Polen besitzt er nur knapp 133.000km Durchmesser, am Äquator dagegen gut 10.000km mehr. Die Differenz entspricht fast dem Durchmesser der Erde.



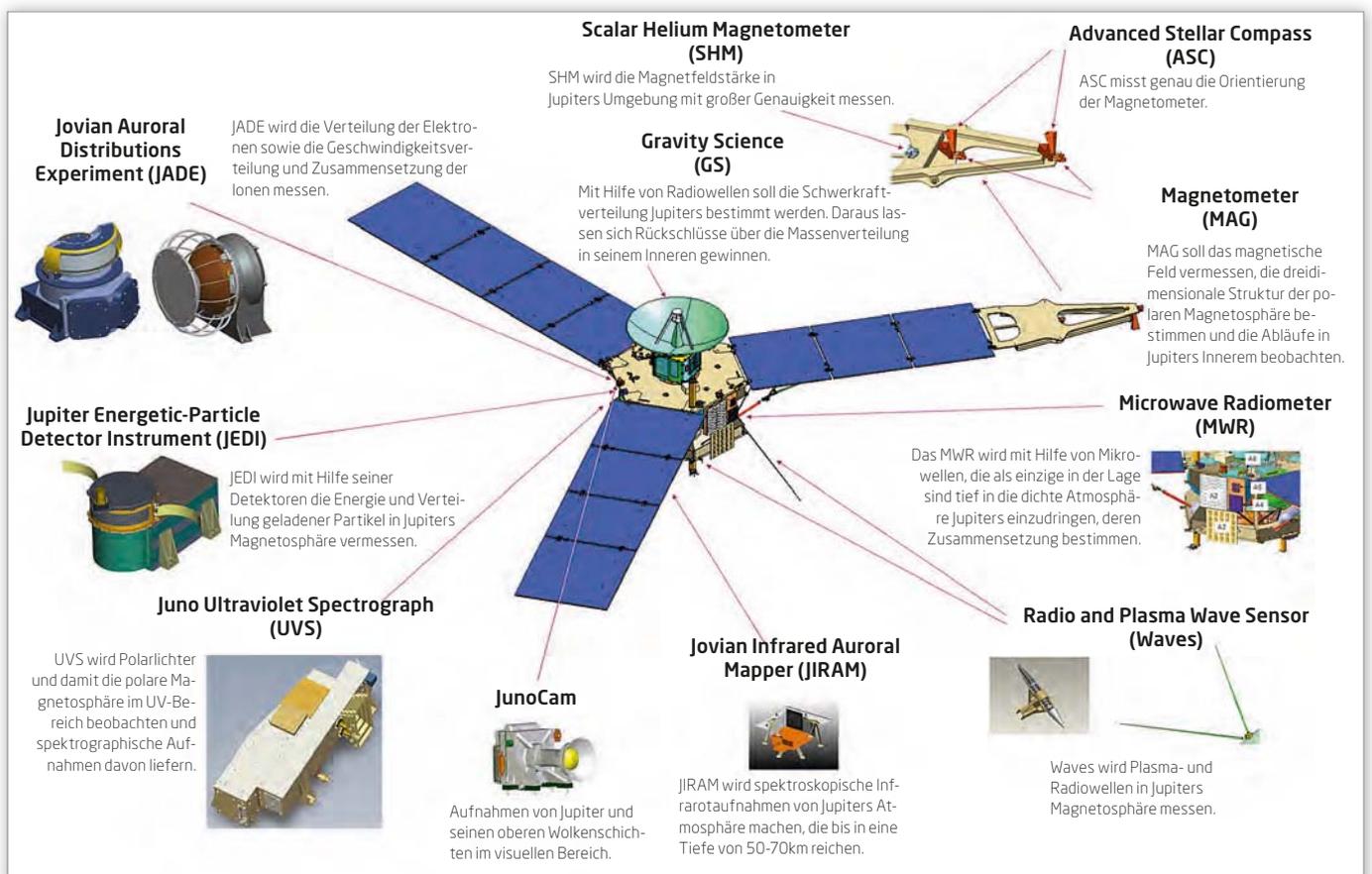
NASA/JPL/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

▲ Abb. 5: Das Magnetfeld Jupiters ist das größte und stärkste aller Planeten in unserem Sonnensystem. Die Abbildung zeigt die sogenannte Magnetosphäre Jupiters mit magnetisch gefangenen Ionen (rot) und einem Torus aus neutralem Gas der Monde Io (grün) und Europa (blau). Aus dem Torus um Europa werden elektrisch neutrale Atome (blaue Pfeile) in den Raum abgegeben. Diese entstehen dadurch, dass gefangene Ionen dort vorhandenen neutralen Gasen Elektronen stehlen und dadurch selbst neutral werden können. Die Daten wurden während eines Vorbeiflugs der Sonde Cassini gewonnen

Eine Welt aus Gas

Die bisher grob beobachtete Zusammensetzung von Jupiters Atmosphäre, die zu einem großen Teil aus Wasserstoff (etwa 88% bis 89%), Helium (ca. 10%) und Spuren von Methan, Ammoniak und weiteren Gasen besteht, korrespondiert auf den ersten Blick gut mit den gängigen Entstehungsmodellen. Letztendlich stehen und

fallen diese mit der Existenz eines »festen« Kerns. Bis heute gibt es keine eindeutigen Beweise – auch wenn vieles dafür spricht. Im Jahr 1997 legte eine Analyse gravimetrischer Messungen, die u.a. mit der Raumsonde Galileo gemacht wurden, eine kompakte Region von etwa 12 bis 45 Erdmassen nahe. Ein Beweis war dies allerdings nicht. Und genau hier kommt Juno ins Spiel. Die Sonde soll unter anderem mit dem »Gravity



NASA/JPL

▲ Abb. 6: Die Raumsonde Juno wurde von ihren Entwicklern mit einer Fülle wissenschaftlicher Instrumente ausgestattet, die es ihr ermöglichen werden, Daten über Jupiter in noch nie dagewesener Detailfülle zu gewinnen.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Science« Experiment das Gravitationsfeld Jupiters vermessen, was wiederum Rückschlüsse auf die Massenverteilung im Gasriesen erlaubt. So wird eine ungleichmäßige Verteilung der Massen durch feine Schwankungen in der Gravitation nachweisbar (vgl. Kasten).

Über diesem vermuteten Kern befinden sich Unmengen an Gasen und Flüssigkeiten. Auch die äußersten Schichten der Hülle bestehen vornehmlich aus Gas, welches mit zunehmender Tiefe und damit Druck in einen flüssigen Zustand übergeht. Interessant ist dabei, dass es keinen konkreten Phasenübergang zu geben scheint.

Was bedeutet das? Auf der Erde kennen wir so etwas aus unserer täglichen Wahrnehmung eigentlich nicht. An der Schnittstelle zwischen unserer Atmosphäre (Gas) und dem Meer (flüssige Oberfläche) haben wir einen klar definierten Phasenübergang. Aber genau so etwas scheint es auf Jupiter nicht zu geben. Die beiden Phasen gehen mehr oder weniger »fließend« ineinander über. Wie dies genau aussieht, sollen Messungen Junos zeigen. Das Magnetometer an Bord der Sonde wird hierfür das Magnetfeld des Planeten untersuchen. Aus den Ergebnissen, so hoffen die Wissenschaftler, lassen sich Erkenntnisse über die inneren Vorgänge Jupiters gewinnen. Auch das »Microwave Radiometer« soll die Anteile von Wasser und Ammoniak in den tieferen Schichten der Atmosphäre (500-600km tief) messen.

Wolken und noch mehr Wolken

Generell ist es auf Jupiter sehr kalt. Es werden nur etwa -108°C erreicht. Seine Atmosphäre ist mit geschätzten 5000km die dickste, die wir in unserem Sonnensystem kennen. Allerdings ist sie nicht klar nach unten hin abgegrenzt und geht auch hier vermutlich ohne Phasenübergang in die nicht-atmosphärischen Schichten über. In ihr toben gewaltige Stürme, wie etwa der Große Rote Fleck, und unzählige Wolken sind in Bänder gepresst, die in unterschiedlichen Geschwindigkeiten in Ost-West-Richtung um den Planeten rasen (vgl. Surftipps).

Bereits in kleinen Teleskopen erkennt man etliche dieser Wolkenbänder, die unterschiedliche Farben besitzen. Man unterscheidet hellere Zonen und dunklere Bänder. Die Zonen sind kühler als die dunklen Bänder. Erstere erhalten ihre Farbe höchstwahrscheinlich durch Ammoniak-eis, das aus tieferen Schichten der Atmosphäre aufsteigt. Woher die dunkleren Töne der Bänder kommen, ist noch nicht vollständig verstanden. Vermutlich zeichnen Phos-

phor, Schwefel oder Kohlenwasserstoffe dafür verantwortlich.

Bänder und Zonen werden durch Jetstreams getrennt, in denen Winde mit deutlich höherer Geschwindigkeit um Jupiter jagen. Vor allem an den jeweiligen Übergängen kann es dann zu Turbulenzen kommen, die sich in Wellenmustern zeigen. Der »Jovian Infrared Auroral Mapper« wird Spektralaufnahmen im nahen Infrarotbereich der oberen Wolkenschichten (in 50km bis 70km Tiefe) erstellen, »JunoCAM« schließlich Nahaufnahmen im visuellen Bereich liefern, die ein Studium der Wolkendynamik im Detail möglich machen.

Ein riesiges Magnetfeld

Eine der wichtigsten Aufgaben Junos wird es sein, das riesige Magnetfeld Jupiters (etwa 14-mal so stark wie das der Erde) und seine Polarlichter zu untersuchen. Auf der sonnenzugewandten Seite ragt es, zusammengestaucht durch den darauf aufprallenden Sonnenwind, zwischen fünf und sieben Millionen Kilometern ins All. Auf der sonnenabgewandten Seite erstreckt es sich fast 700 Millionen Kilometer weit und kommt damit der Umlaufbahn des Saturn bereits sehr nahe. Die Ursprünge dieses Magnetfelds, seine Struktur und die des von ihm umschlossenen Raums, der Magnetosphäre, sind noch nicht verstanden.

Ebenso wie das Magnetfeld geben auch die ovalen Polarlichter an den Polen Jupiters Rätsel auf. Sie wurden bereits mit dem Hubble-Weltraumteleskop, der Raumsonde und anderen vorbeifliegenden Sonden beobachtet. Ihre Ursprünge sind noch nicht vollständig verstanden. Polarlichter auf der Erde entstehen durch geladene Teilchen des Sonnenwinds, die durch das Magnetfeld der Erde auf die Atmosphäre unseres Heimatplaneten treffen und dort zu Ionisation führen. Ähnlich geschieht dies sicherlich auch auf Jupiter. Allerdings scheinen ebenso Wechselwirkungen mit seinen großen Monden, allen voran dem Vulkanmond Io, eine tragende Rolle zu spielen, denn Io schleudert große Mengen an geladenen Partikeln ins All, die dann rasch von Jupiters Magnetfeld eingefangen und seiner Atmosphäre zugeführt werden.

Ein großer Teil der Bordinstrumente Junos dienen eben jener Erforschung des Magnetfelds und der Polarlichter. Sie werden entweder spektroskopische Analysen in unterschiedlichen Frequenzbereichen (UV, Infrarot etc) durchführen oder die Energie, Geschwindigkeit und Verteilung der geladenen Teilchen genauer untersuchen.

Es wird spannend

Es wird also spannend, wenn Juno am 4. Juli 2016 in eine Umlaufbahn um Jupiter eintritt. Schon nach einigen Tagen werden auf der Erde die ersten, vorläufigen Ergebnisse erwartet, vor allem von der JunoCAM. Wir werden uns allerdings nicht lange an Aufnahmen von ihr erfreuen können: Vermutlich bereits nach sieben Umläufen wird die starke Strahlung des Gasriesen diese unbrauchbar machen. Es ist geplant, Juno bis Februar 2018 in Betrieb zu halten. Aber wer weiß, vielleicht können wir auf eine Verlängerung hoffen.

► Michael Moltenbrey

| DER AUTOR |

Michael Moltenbrey ist Informatiker, der sich seit vielen Jahren in seiner Freizeit leidenschaftlich mit Astronomie und Astrophysik auseinandersetzt. Ihn interessieren besonders die frühen Phasen der Entstehung unseres Sonnensystems.

Literatur

- [1] Bagenal, F., Dowling, T. E., McKinnon, W. B.: Jupiter: The planet, satellites, and magnetosphere. Cambridge University Press, 2004
- [2] Podbregar, N., Lohmann, D.: Im Fokus: Sonnensystem: Eine Reise durch unsere kosmische Heimat, Springer Spektrum, 2014
- [3] Cannat, G., Jamet, D.: Jupiter und Saturn: Die schönsten Bilder der Raumsonden Galileo und Cassini, Delius Klasing, 2007
- [4] Taylor, S.R.: Solar System Evolution 2ed: A New Perspective, Cambridge University Press, 2008
- [5] Fischer, D., Heuseler, H.: Der Jupiter Crash, 2. Aufl., Birkhäuser, Basel (1996)
- [6] Levy, D.: Impact Jupiter, Plenum Press, New York (1995)

► SURFTIPPS

- Missionswebseite der NASA
- Missionswebseite der University of Wisconsin
- Video der Wolkenbewegungen auf Jupiter
- Papiermodell der Sonde Juno

🔗 Kurzlink: oc1m.de/a3019

Ist da JEMAND?

Die Entdeckung der Erde durch Außerirdische



◀ Abb. 1: Aus der Ferne betrachtet ist die Erde - hier zusammen mit dem Mond aufgenommen von der Raumsonde Voyager 1 - nicht sehr groß. Wie könnten mögliche außerirdische Zivilisationen uns am besten finden?

Astronomen schlagen vor, sich bei der Suche nach Signalen außerirdischer Zivilisationen auf einen schmalen Bereich am Himmel zu konzentrieren. Von Planeten um Sterne, die in diesem Streifen liegen, würde sich die Erde vergleichsweise leicht entdecken lassen. Sollte es dort intelligentes Leben geben, könnte uns dieses schon längst aufgespürt und eine Botschaft Richtung Erde geschickt haben.

Sind wir allein im Universum? Diese Frage gehört wohl zu den spannendsten und in ihren Implikationen am weitesten reichenden, die wir Menschen uns je gestellt haben. Denn sollten wir eines Tages tatsächlich ein eindeutiges »Ja« auf die Frage geben können, sei es durch Nachweis von Radiobotschaften von weit entfernten Planeten außerhalb des Sonnensystems oder durch den offensichtlichen Besuch von Außerirdischen, würde dies wohl nicht weniger bedeuten als einen Umsturz unseres modernen Weltbilds. Biologen wüssten dann, dass es noch mindestens einen weiteren Ort gegeben hat, an dem eine von der Erde unabhängige Evolution stattfand und komplexes Leben entstanden ist. Physiker und Mathematiker könnten sich womöglich durch Kommunikation mit unseren neuen Bekannten an völlig neue Technologien oder abstrakte Konzepte wagen. Theologen hätten die große Aufgabe, die Schöpfung in der Bibel neu zu deuten. Soziologen könnten das Verhalten einer in ihrem Ursprung völlig von uns unabhängigen intelligenten Spezies studieren. Politiker und Militärexperten jeder Nation würden sich mit der bisher unbekanntem Aufgabe konfrontiert sehen, mit einem womöglich in allen technologischen und intellektuellen Belangen weit überlegenen Gegenüber zu verhandeln. Das wiederum würde die Frage aufwerfen, wer eigentlich der rechtmäßige Vertreter unseres Planeten in einem solchen Fall wäre.

Signale vom Mars?

Die moderne Suche nach extraterrestrischer Intelligenz, die sogenannte SETI-Initiative, geht zurück bis mindestens 1896. Damals spekulierte der Physiker und Elektroingenieur Nikola Tesla darüber, ob eine Weiterentwicklung seines elektromagnetischen Empfängers dazu genutzt werden könnte, Signale von möglichen Marsbewohnern zu empfangen. 1959 dann veröffentlichten Giuseppe Cocconi und Philip Morrison von der Cornell University in Ithaca im US-Bundesstaat New York einen vielbeachteten Artikel im Fachmagazin *Nature*. Sie schlugen vor, dass interstellare Kommunikation am sinnvollsten mit Radioteleskopen zu bewältigen sei: Radiowellen würden nur schwach von planetaren Atmosphären und vom interstellaren Medium absorbiert und sind – verglichen mit z.B. Gammastrahlen – relativ energiearm. Das würde die Anforderungen an den Energieverbrauch des Senders gering halten.

Keine Nachricht von Epsilon Eridiani

In den 1960er Jahren dann nahmen Wissenschaftler um den US-Amerikaner Frank Dra-



NRAO

▲ Abb. 2: Mit diesem 26-Meter-Radioteleskop des National Radio Astronomy Observatory in Green Bank (USA) suchte Frank Drake 1960 mit dem ersten modernen SETI-Experiment nach Signalen von außerirdischer Intelligenz.

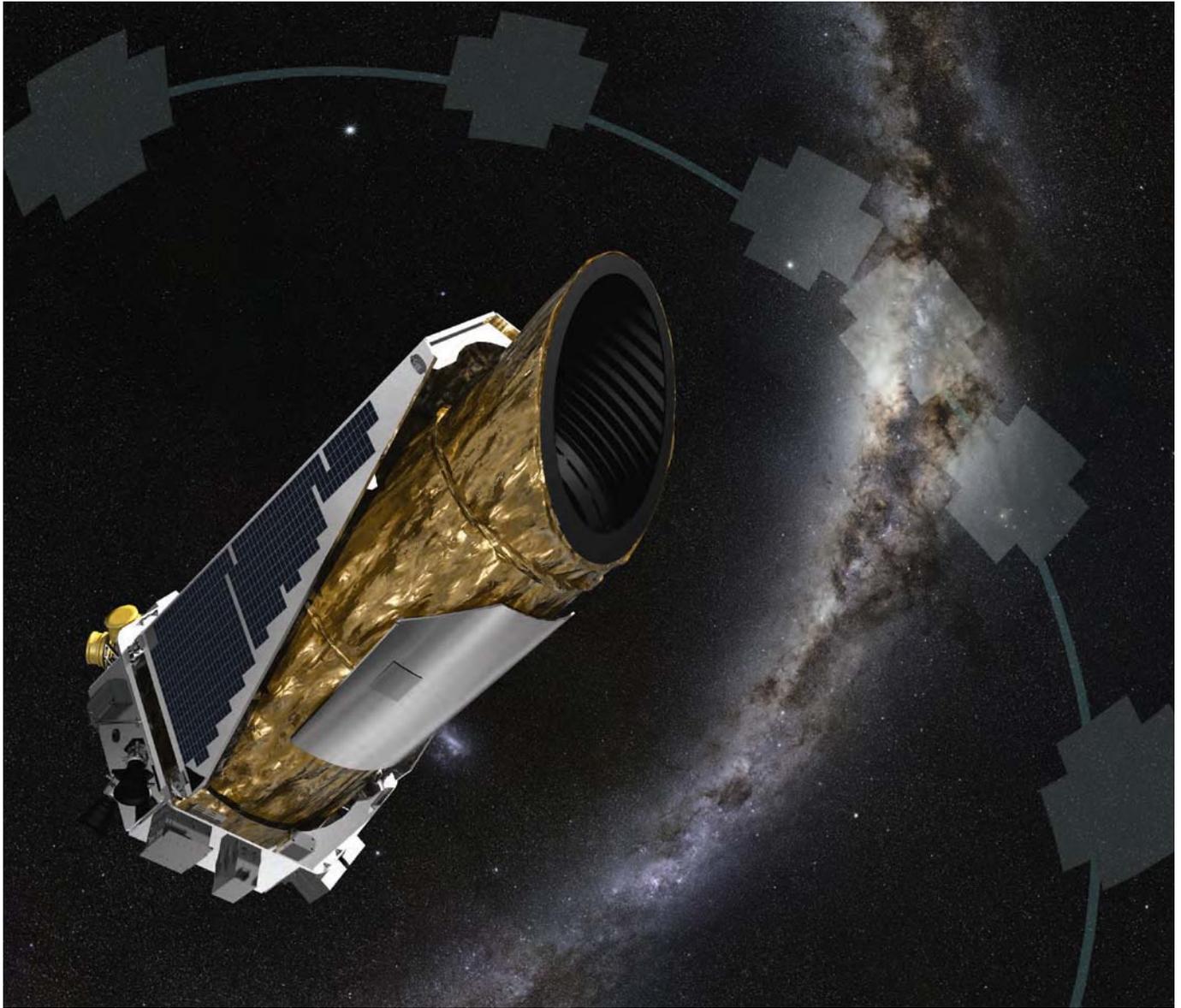
ke von der Cornell University im Rahmen des Projekts Ozma die Sterne Tau Ceti und Epsilon Eridiani ins Visier. Mithilfe des 26-Meter-Radioteleskops in Green Bank suchten sie nach Radioemissionen mit einer Frequenz von 1,42 GHz, fanden jedoch nichts. Der sowjetische Astronom Iossif Schklowski und der US-amerikanische Astronom Carl Sagan gaben mit ihren populärwissenschaftlichen Artikeln in den folgenden Jahren weitere Anstöße zur Suche nach außerirdischer Intelligenz: Mitte der 1990er Jahre wurde etwa im Rahmen des »Project Phoenix« unter Leitung von Jill Tarter nach Signalen von insgesamt 800 Sternen in der Nachbarschaft der Sonne, also innerhalb von rund 100 Lichtjahren, gesucht. Auch hier jedoch: Funkstille.

Über einhundert weitere Projekte wurden darüber hinaus durchgeführt. Manche konzentrierten sich dabei auf nahegelegene Sterne. Sollte es um diese nämlich bewohnte Planeten geben, könnte man eventuell auch Signale empfangen, die von den potentiell dort lebenden Zivilisati-

onen gar nicht absichtlich ins All geschickt worden sind. Andere Projekte richteten ihre Antennen auf Sternhaufen in der Hoffnung, möglichst viele Sterne – und damit mögliche Quellen von Radiosignalen – auf einmal abdecken zu können. Wiederum andere Experimente untersuchten interessante Einzelobjekte, wie etwa den Stern KIC 8462852. Bei diesem hatte das NASA-Weltraumteleskop Kepler eigentümliche Helligkeitsschwankungen festgestellt. Erfolgreich war jedoch keines dieser Projekte. Gibt es also in einem Umkreis von einigen hundert Lichtjahren tatsächlich keine weitere Zivilisation oder wurde bislang nur bei den falschen Sternen gesucht?

Die richtige Abhörstrategie

Doch welche Sterne sind die richtigen? Müsste man nicht am besten alle für uns sichtbaren Sterne gezielt nach Radio- oder anderen Signalen absuchen, um auf Nummer sicher zu gehen? – Natürlich, doch ist dies auf Grund der riesigen



▲ Abb. 3: Künstlerische Darstellung des Weltraumteleskops Kepler. Das Teleskop hat mithilfe der Transitmethode unzählige extrasolare Planeten entdeckt. Seit Mai 2014 läuft eine erweiterte, K2 genannte Missionsphase.

untersuchenden Datenmenge nicht durchführbar. Schließlich müsste man die Radioemission von Milliarden von Sternen auswerten – und dies noch in verschiedenen Frequenzbereichen und in Echtzeit. Es wäre eine Aufgabe für Tausende von Jahren. Außerdem wäre es mit einem einmaligen Abhören nicht getan, da manche Zivilisationen ihre Botschaften vielleicht nicht kontinuierlich senden oder gerade erst mit der Kontaktaufnahme beginnen, nachdem wir ihr Sternsystem zum ersten Mal abgehört haben. Wie lässt sich aber angesichts unserer recht begrenzten Möglichkeiten die höchstmögliche Trefferwahrscheinlichkeit erzielen?

Lauschen, wo uns jemand sehen kann

Die Antwort ist eigentlich ganz einfach: Wir müssen die wenigen zur Verfügung stehenden Teleskope dorthin richten, von wo

aus wir am wahrscheinlichsten Nachrichten erhalten könnten – also dorthin, von wo außerirdische Beobachter des Sonnensystems gute Chancen hätten, die Erde und das auf ihrer Oberfläche vorhandene Leben zu entdecken. Denn hätten sie die Erde entdeckt und festgestellt, dass sie ein bewohnbarer Planet ist, dann würden sie vielleicht auch versuchen, uns zu kontaktieren. Denn auch außerirdische Wissenschaftler dürften ihre Ressourcen nicht verschleudern und stattdessen vielversprechende Ziele anfunken. Doch von wo könnten außerirdische Beobachter unseren Planeten am besten ausfindig machen und als belebte Welt identifizieren? Bei der Antwort auf diese Frage hilft es, sich anzuschauen, wie irdische Astronomen nach anderen Planeten suchen.

Seit Entdeckung des ersten extrasolaren Planeten im Jahr 1995 wurden die Methoden zum Aufspüren der fernen Welten immer wei-

ter verfeinert. Heute finden Astronomen im Schnitt praktisch täglich Planeten außerhalb des Sonnensystems. Über 800 waren es allein 2014, während im vergangenen Jahr 144 Entdeckungen verkündet wurden. Als außerordentlich ergiebig hat sich dabei die sogenannte Transitmethode erwiesen, die im Jahre 2000 zum ersten Mal erfolgreich angewendet wurde. Sie macht sich das Vorüberziehen eines extrasolaren Planeten vor seinem Heimatstern zunutze. Während eines Transits verdunkelt sich der Stern von der Erde aus gesehen geringfügig, typischerweise um ein Prozent oder weniger für die Dauer von mehreren Stunden. Diese Verdunklung tritt periodisch einmal pro Umlauf auf, also einmal pro Jahr auf dem fernen Planeten, und hat immer den gleichen zeitlichen Verlauf von Verdunklung und anschließender Aufhellung zurück auf Normalniveau. Die meisten bekannten Exoplaneten haben Jahre oder Orbitperioden mit einer Dauer von

weniger als 365 Erdtagen. Das Weltraumteleskop Kepler hat mit dieser Methode seit 2009 über 1.000 Exoplaneten gefunden. Mehrere tausend Exoplaneten-Kandidaten warten noch auf eine Bestätigung.

Verräterische Transite

Um einen Transit sehen zu können, muss man allerdings unter einem ganz bestimmten Winkel auf das entfernte Exoplanetensystem blicken. Kepler hat über 100.000 Sterne über vier Jahre kontinuierlich beobachtet. Die 1000 gefundenen Exoplaneten legen also eine Trefferquote von 1/100 nahe. Das liegt daran, dass die Orbits von Exoplaneten praktisch zufällig zur Sichtlinie der Erdbewohner ausgerichtet sind. Die meisten Exoplaneten beschreiben somit Orbits, die nie zu einem Transit für einen Beobachter auf der Erde führen. Ungefähr jeder 100. Planetenorbit aber ist so ausgerichtet, dass wir Erdlinge den Planeten einmal pro Orbit vor seinem Stern entlangziehen sehen.

Während eines solchen Transits geben die Planeten viel über sich preis. Die Stärke der Verdunklung lässt nämlich Rückschlüsse auf den Durchmesser des Planeten zu. Von der Erde aus gesehen ist der Planet während des Transits nicht von seinem Heimatstern beleuchtet. Er erscheint quasi schwarz, auch wenn er genau genommen gar nicht räumlich aufgelöst sichtbar ist.

Gemessen wird allein die Helligkeit des Sterns. Die Fläche der unbeleuchteten Planetenscheibe ist proportional zum Quadrat des Planetenradius. Die gleiche Proportionalität gilt für den Stern. Der Helligkeitsabfall des Sterns bietet also einen direkten Vergleich des Flächenverhältnisses zwischen dem Stern und seinem Planeten und erlaubt somit eine Messung des Planetenradius relativ zum Sternradius. So hat Jupiter z.B. einen Radius, der fast genau 1/10 des Sonnenradius beträgt. Die Fläche von Jupiters Planetenscheibe beträgt also nur ein Hundertstel der Fläche der Sonne. Und daher verursacht ein Transit Jupiters vor der Sonne eine Verdunklung von 1/100 oder einem Prozent. Ein Erdtransit hingegen bewirkt nur eine winzige Verdunklung von gerade einmal 1/10.000 oder 0,1 Promille. Doch sogar diese minimale Helligkeitsveränderung kann das Kepler-Teleskop bei anderen Sternen gerade noch so nachweisen.

Solare Transite der Erde

Erdtransite könnten auch genau das Mittel sein, mit dem unser Planet für ferne, extrasolare Astronomen aufzuspüren wäre. Zwar wissen wir nichts über ihre technologischen Möglichkeiten, doch wissen wir, dass sie mit den gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten arbeiten müssen wie wir hier auf der Erde. Die

Transitmethode ist daher ein ganz natürliches Verfahren, um erdähnliche Planeten um sonnenähnliche Sterne zu finden – sowohl für uns als auch für andere mögliche Beobachter im Universums.

Genauso wie auch wir von der Erde nur Transite in ganz bestimmten Exoplanetensystemen sehen können, müssen auch etwaige extrasolare Beobachter eine spezielle Position haben, um solare Erdtransite beobachten zu können: Stellen wir uns z.B. vor, wie die Erde ihren Orbit um die Sonne vollführt und dabei eine fast kreisrunde Ebene um die Sonne aufspannt. Eine Senkrechte durch diese Ebene beschreibt die Orbitachse der Erde. Ein entfernter Beobachter des Sonnensystems nahe der Orbitachse der Erde sähe die Erde einmal jährlich einen fast perfekten Kreis um die Sonne vollführen. Einen Transit würde er nie wahrnehmen. Nur Beobachter, die sich nahe der Orbitebene befinden, haben Chancen, den Erdtransit zu beobachten. Genau genommen ist die Region ca. 0,5 Grad breit und erstreckt sich wie ein schmales Band um die Ekliptik einmal über den gesamten Himmel. Die Ekliptik ist die gedachte Sonnenbahn am Himmel und der Bereich, in dem sich die Planeten in der Nacht beobachten lassen. Innerhalb von ungefähr einem Viertel Grad um die Ekliptik können potenzielle außerirdische Beobachter also den Erdtransit beobachten.

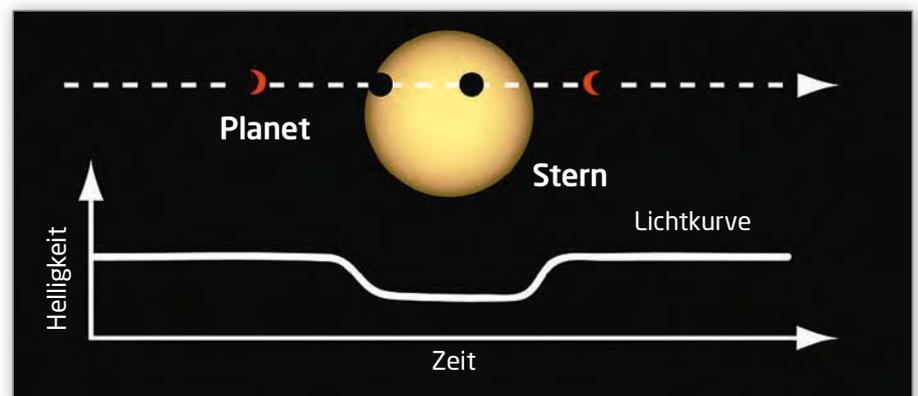
Fokus auf 82 Sterne

Die Größe dieser Zone, aus der heraus extrasolare Beobachter den Erdtransit beobachten könnten, ist verhältnismäßig gering. Ihre Fläche entspricht nur etwa einem Zweihundertstel oder 5 Promille der gesamten Himmelsfläche. Man kann sich zudem auf potentielle Beobachter beschränken, die den

Transit der Erde unter besonders günstigen Bedingungen messen können. Damit werden Planeten ausgeschlossen von denen aus gesehen die Erde nur gerade so am äußersten Sonnenrand entlangziehen würde und auf denen die Erdtransits besonders kurz und wenig ausgeprägt erscheinen würden. Besonders gute Möglichkeiten, unseren Planeten zu entdecken, haben Beobachter, für die die Erde höchstens einen halben Sonnenradius vom Zentrum der Sonnenscheibe entfernt über die Sonne wandert. Damit dies möglich ist, müssen sie sich allerdings in einem noch kleineren, restriktiveren Bereich der solaren Erdtransitzone befinden.

In der Datenbank des Hipparcos-Satelliten, mit dem in den frühen 1990er Jahren ca. eine Million Sterne katalogisiert und die Bewegungen und Entfernungen von ungefähr 100.000 Sternen vermessen wurden, haben mein Kollege Ralph Pudritz von der McMaster University in Hamilton (Ontario, Kanada) und ich nun 82 sonnenähnliche Sterne identifiziert, die sich in dieser restriktiven solaren Erdtransitzone befinden. Bei keinem dieser Sterne wurde bislang ein extrasolarer Planet nachgewiesen, was aber vor allem daran liegen dürfte, dass um die meisten dieser Sterne noch nicht nach Exoplaneten gesucht wurde. Trotzdem sollte, so schlagen wir vor, genau hier mit hoher Priorität nach Signalen von entwickelten Zivilisationen gesucht werden.

Der Zensus aller bisher gefundenen Exoplaneten legt nahe, dass jeder zehnte sonnenähnliche Stern einen erdgroßen Planeten in seiner habitablen Zone beherbergt. Die habitable Zone ist dabei der Entfernungsbereich um einen Stern, in dem erdähnliche Planeten flüssiges Oberflächenwasser haben können, was als Grundvoraussetzung für Leben gilt. Um die 82 nun ausgemachten Sterne in der Erdtransitzone könnte es also zahlrei-



▲ Abb. 4: Der hier gezeigte Transit eines Planeten vor seinem Mutterstern erlaubt die Messung der Größe des Planeten im Vergleich zum Stern. Je größer die Helligkeitseinbuße eines Sterns während des Transits ist, desto größer ist der Planet, der den Stern bedeckt. Im Beispiel der Erde würde die Sonne um ca. ein Zehntausendstel verdunkelt.

che Planeten geben, von denen wiederum ungefähr acht in der habitablen Zone liegen sollten. Hätte einer dieser acht wiederum Leben und gar höheres, intelligentes Leben mit Interesse an Astronomie hervorgebracht, dann könnte es dieser ferne Planet sein, von dem aus uns in diesem Moment Botschaften erreichen.

100.000 Möglichkeiten

Außerdem haben Ralph Pudritz und ich die Anzahl sonnenähnlicher Sterne berechnet, die sich tatsächlich – wenn auch mit bisher unbekanntem Entfernungen – in der Erdtransitzzone befinden: Es sind rund 100.000 Sterne. Das mag auf den ersten Blick viel erscheinen, doch hat beispielsweise das Weltraumteleskop Kepler eine ähnlich große

Zahl von Sternen über rund vier Jahre ständig beobachtet. Aussortiert werden müssten allerdings eventuell die Sterne, die nicht sonnenähnlich oder zu weit entfernt für interstellare Kommunikation sind.

So sollte es theoretisch möglich sein, schon innerhalb eines Menschenlebens die Frage zu beantworten, ob es in unserer Milchstraße noch an einem anderen, weit entfernten Ort eine Genesis gab. Mit der neuen SETI-Strategie könnten wir bald herausfinden, ob die Natur außerirdische Astronomen hervorgebracht hat, die mit ähnlichen Methoden wie wir nach Exoplaneten gesucht und schließlich unser Sonnensystem und die Erde entdeckt haben. Sie wohnen vielleicht auf einem dieser 100.000 Sterne.

► René Heller

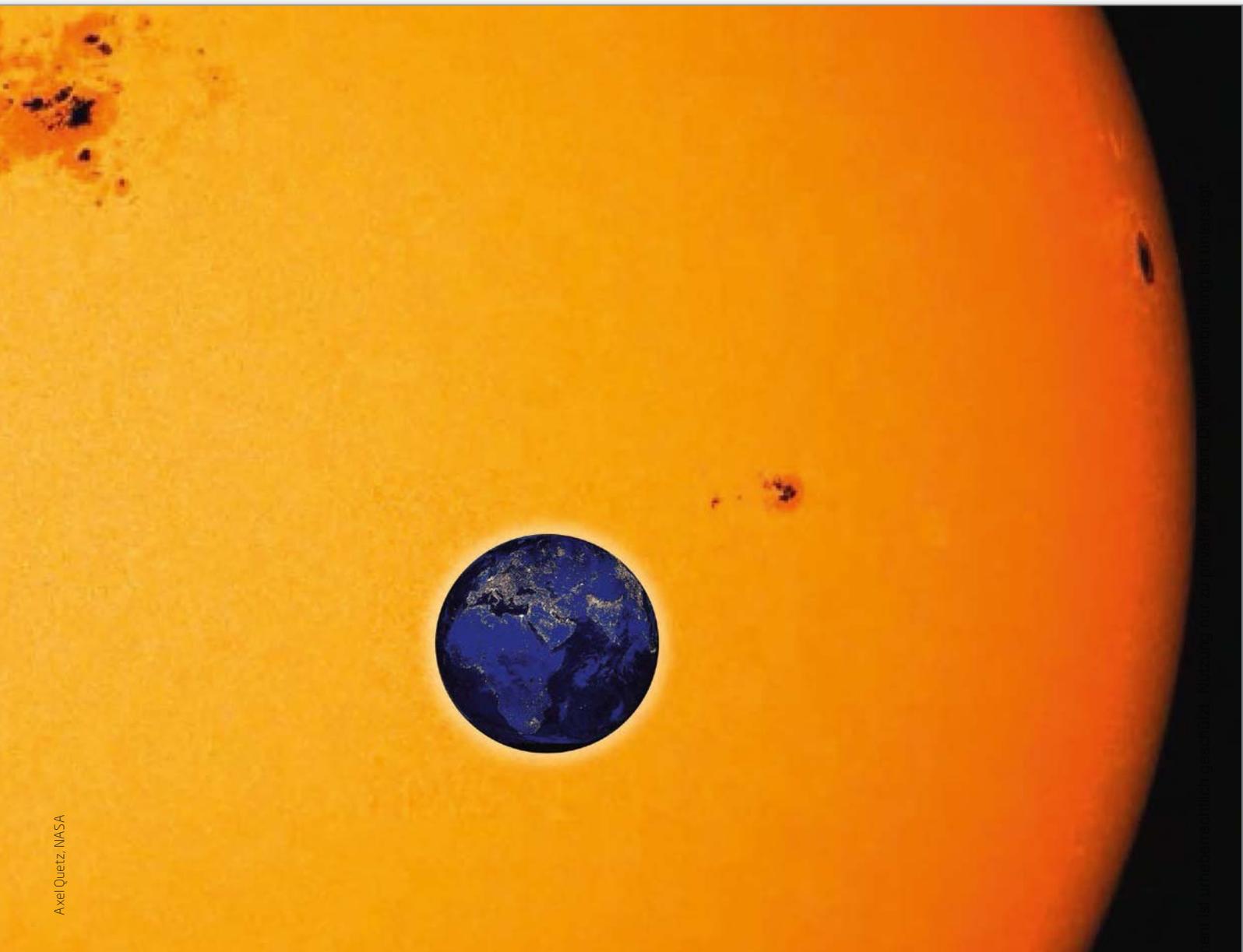
SURFTIPPS

- MPI für Sonnensystemforschung, Abteilung Das Innere der Sonne und der Sterne
- Weltraumteleskop Kepler
- Breakthrough Listen Initiative

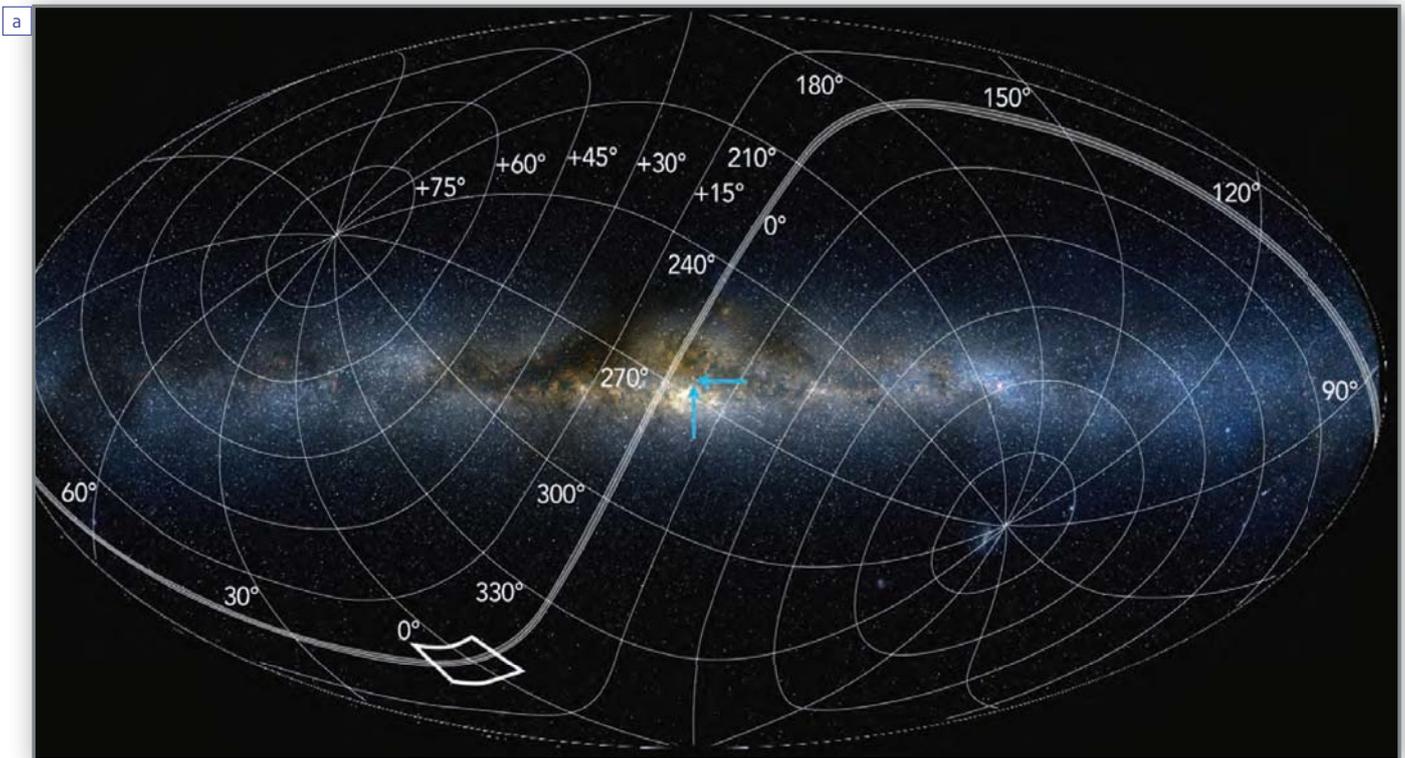
🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a3024](https://oc1m.de/a3024)

DER AUTOR |

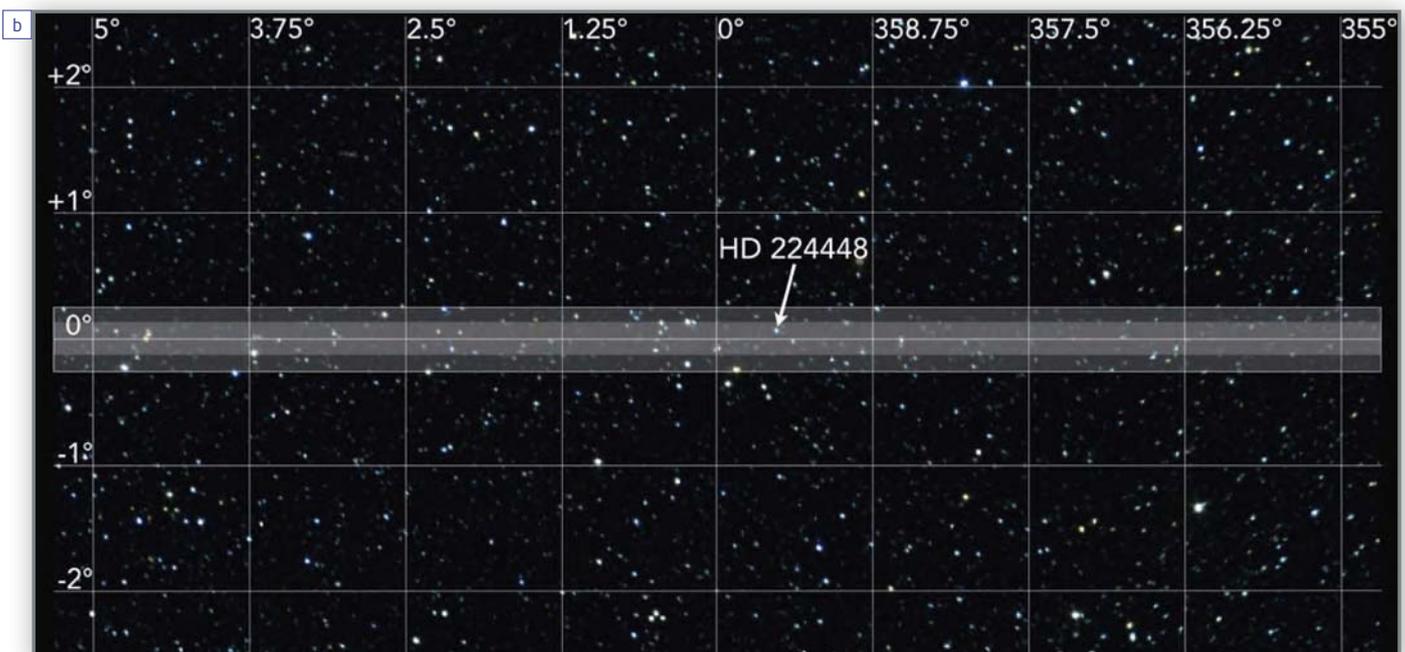
Dr. René Heller ist Astrophysiker am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen. Sein Forschungsschwerpunkt sind Exoplaneten und Exomonde.



▲ Abb. 5: Diese Fotomontage zeigt den Transit der Erde vor der Sonne. Die Größenverhältnisse von Sonne und Erde stimmen nicht überein, der Erdradius ist in Wirklichkeit nur ein Hundertstel des Sonnenradius. Wir als Beobachter befinden uns in der obigen Ansicht also in relativer Nähe zur Erde, während die Sonne weit entfernt ist. Diese Ansicht erlaubt es uns, die städtischen Lichter auf der Nachtseite der Erde auszumachen. Ein entfernter Beobachter des Erdtransits würde die Beleuchtung der Nachtseite jedoch nicht wahrnehmen können.



René Heller, ZMASS, Planck



▲ Abb. 6: Der obere Teil (a) zeigt ein Bild der Milchstraße. Die Pfeile im Bildzentrum zeigen auf das Zentrum der Milchstraße, um welches sich alle anderen Sterne auf dem Bild bewegen. Das übergestreifte Koordinatensystem bezieht sich auf die Ekliptik, also auf die Bahn der Erde um die Sonne. Der schmale, grau unterlegte Streifen entspricht der Erdtransitzzone. Läge der Erdborbit um die Sonne in der gleichen Ebene wie der Orbit der Sonne um das galaktische Zentrum, dann verliefte die Erdtransitzzone geradewegs durch die Mittelebene der Milchstraße, quer von rechts nach links im oberen Bild.

Unten ist eine Nahaufnahme des Bereichs, der im oberen Bild mit einem weißen Viereck gekennzeichnet ist (b). Das untere Bild zeigt deutlich ein inneres, heller unterlegtes Band sowie ein äußeres, weniger stark schattiertes Band. Das innere Band entspricht dabei der restriktiveren Erdtransitzzone. Weit entfernte Beobachter, die das Sonnensystem aus diesem schmalen Band heraus betrachten, sehen die Erde nie weiter als einen halben Sonnenradius vom Mittelpunkt der Sonnenscheibe entfernt entlangziehen, wenn sie einmal jährlich ihren Transit vollzieht. Der Pfeil im unteren Bild zeigt einen der 82 sonnenähnlichen Sterne (HD 224448), die in der neuen Studie als die interessantesten Ziele für die Suche nach außerirdischer Intelligenz identifiziert wurden.

Literatur

- [1] Lineweaver, C., Fenner, Y., Gibson, B.: The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way. *Science* 303, 59, DOI:10.1126/science.1092322, <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0401024> (2004)
- [2] Harp, G., et al.: Radio SETI Observations of the Anomalous Star KIC 8462852. <http://arxiv.org/abs/1511.01606> (2015)
- [3] Heller, R., Pudritz, R.: The Search for Extraterrestrial Intelligence in Earth's Solar Transit Zone. *Astrobiology* 16, 4, DOI:10.1089/ast.2015.1358, <http://arxiv.org/abs/1603.00776> (2016)

Was ist Λ CDM

Woraus besteht unser Universum? Und wie entwickelte es sich? Beide Fragen hängen eng miteinander zusammen. Denn die 1915 von Albert Einstein in einer einzigen Gleichung formulierte Allgemeine Relativitätstheorie besagt in Worten: Materie und Energie verbiegen das vierdimensionale Raum-Zeit-Kontinuum, und diese gekrümmte Raumzeit diktiert den Materie- und Lichtteilchen, wie sie sich zu bewegen haben.



▲ Abb. 1: Optische Aufnahme des Coma-Galaxienhaufens, den F. Zwicky beobachtete und daraus auf die Existenz Dunkler Materie schloss.

Galaxien auf der Flucht

Im Weltbild vor 100 Jahren war der Kosmos statisch und ewig. Bis dato schienen das auch alle Beobachtungen zu belegen. In den 1920er-Jahren entdeckten die Astronomen jedoch einen merkwürdigen Trend: Weit entfernte Galaxien bewegen sich allesamt von der Erde weg. Diese Fluchtbewegung der Galaxien verriet, dass das Universum dynamisch sein musste und sich ausdehnte. Die Galaxien entfernen sich von uns, da der Raum selbst zwischen einer Galaxie und uns auseinandergezogen wird. So geht es auch Lichtwellen, die aus den Tiefen des Kosmos bis zu uns vordringen. Sie werden mit dem Raum auseinandergezogen, d.h., ihre Wellenlänge wird größer. Das Licht wird somit gerötet, weshalb man auch von der kosmologischen Rotverschiebung spricht. Der Rötungseffekt wird umso größer, je weiter die Lichtquelle entfernt ist. Daher kann die kosmologische Rotverschiebung z als Entfernungsmaß benutzt werden.

Der kosmische Inhalt macht's

Was verursacht diese seltsame, kosmische Dynamik? Einsteins Gleichung verrät uns, dass alle kosmischen Energieformen das Schicksal des Universums bestimmen. Gemäß

$E = mc^2$ ist Masse der Energie äquivalent. Daher hat der materielle Inhalt des Universums eine Wirkung auf den Kosmos selbst – aber nicht nur dieser.

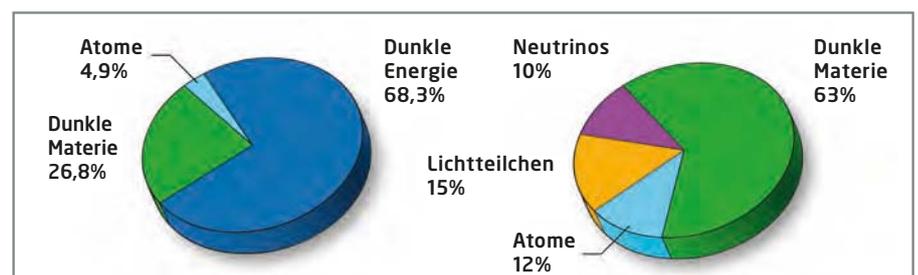
Die materielle Umgebung, die uns umgibt, besteht aus Atomen. Die Kosmologen rechnen alle Atome und Ionen zur baryonischen Materie. Dazu gehört nicht nur die Erde, sondern alles, was wir an Sternen, Galaxien und interstellarer sowie intergalaktischer Materie leuchten sehen. Es ist verblüffend, dass all das aber nur rund 5% des (lokalen) Universums ausmacht! Der ganze Rest, also rund 95%, besteht aus dunklen Komponenten.

Eine neue Materieform

In den 1930er-Jahren fanden Astronomen erste Hinweise auf eine vollkommen neue Ma-

terieform. Fritz Zwicky forderte ihre Existenz, weil er mit der sichtbaren Materie allein nicht die Bewegung der Galaxien im Coma-Galaxienhaufen beschreiben konnte. Sonst müsste der Haufen auseinanderfliegen. Ähnliches entdeckte Vera Rubin an einzelnen Galaxien, deren um ihr Zentrum kreisende Sterne durch eine unsichtbare, zusätzliche Materieform auf der Bahn gehalten werden mussten. Diese unsichtbare Materieform heißt Dunkle Materie (engl. dark matter; Abkürzung DM), weil sie nicht leuchtet, d.h. nicht elektromagnetisch wechselwirkt. Was könnte das sein? Aktuell favorisieren Kosmologen dafür bislang unentdeckte neue Elementarteilchen, die sehr schwer und elektrisch neutral sind. Damit ist ein erster Bestandteil in der Abkürzung Λ CDM geklärt. DM ist die Dunkle Materie.

Das C hängt mit der Dunklen Materie zusammen, denn die Kosmologen unterscheiden kalte (engl. cold, kurz C) und heiße (engl. hot, kurz H) Dunkle Materie. Es gibt also CDM und HDM. Dies bezieht sich auf die mittlere Geschwindigkeit der Teilchen. Ist sie hoch, sind die Teilchen »heiß«; ist sie gering, sind die Teilchen »kalt«. Leichte Teilchen wie die Neutrinos flitzen rasant durch das All – beinahe mit Lichtgeschwindigkeit. Schwere Teilchen kommen da viel schneller »außer Puste« und bewegen sich langsam. Die aktuellen Beobachtungen der Kosmologen legen nahe, dass die Dunkle Materie aus schweren Teilchen besteht. Auf der Erde wird nach den Teilchen in Experimenten wie CRESST, XENONIT oder LUX gesucht. Auch am Large Hadron Collider am CERN hofft man Teilchen zu finden, die nicht im Standardmodell enthalten sind,



▲ Abb. 2: Zusammensetzungen des Universums 13,8 Milliarden Jahre (links) und 380.000 Jahre nach dem Urknall (rechts)



⇌ INTERAKTIV



Andreas Müller ist Astrophysiker und beantwortet in seiner Kolonne Leserfragen zur Kosmologie. Wenn Sie sich in seiner Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder auf unsere Facebook-Seite.

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/fb

so u.a. supersymmetrische Teilchen, von denen das leichteste ein sehr geeigneter Kandidat für ein Dunkle-Materie-Teilchen wäre. Aber bislang fehlt jede Spur.

Auch substanzlose Energie kann dunkel sein

Die Dunkle Materie trägt zu den erwähnten 95% mit 25 Prozentpunkten bei. Was verbirgt sich dann hinter dem größten Anteil, den rund 70% des lokalen Universums? Hier kommt wieder Albert Einstein ins Spiel. Er erfand schon 1917 die »kosmologische Konstante« und symbolisierte sie mit dem griechischen Buchstaben Λ (Lambda). Einstein erklärte mit Λ mathematisch einen statischen Kosmos. Λ ist ein Skalar, also eine Zahl, die von Anbeginn des Universums an immer denselben Wert haben sollte. Es ist eine neue Naturkonstante. Mit der Entdeckung des expandierenden Kosmos in den

1920er-Jahren geriet Λ zunächst in Vergessenheit. Ende der 1990er-Jahre wurde Einsteins Λ aber wiederbelebt, weil weit entfernte Explosionen von Weißen Zwergen, die Supernovae Typ Ia, belegten, dass sich unser Universum sogar beschleunigt ausdehnt. Eine mathematische Erklärung dieses Phänomens im Rahmen von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie gelingt nur mit Λ .

Auflösung der rätselhaften Abkürzung

Λ CDM meint also das aktuell favorisierte kosmologische Modell, nach dem unser jetziges Universum von Einsteins Λ und kalter Dunkler Materie (CDM) dominiert wird. Das war übrigens nicht immer so. Bisher war immer vom lokalen Universum die Rede, also unserem Universum heute. Man könnte auch sagen: dem Kosmos bei kosmologischer Rotverschiebung

$z = 0$. In früheren kosmologischen Entwicklungsphasen und damit großen Werten von z war der Beitrag der kosmischen Inhaltsstoffe anders verteilt. Das liegt daran, da sie sich mit dem ausdehnenden Kosmos unterschiedlich stark ausdünnen. Neutrinos und Lichtteilchen spielten anfänglich sogar eine Rolle bei der kosmischen Dynamik. Später wurden sie infolge der Expansion viel stärker ausgedünnt als normale und Dunkle Materie. Einsteins kosmologische Konstante dünnte sich gar nicht aus und blieb konstant, so dass sie in späten Entwicklungsphasen – nämlich in unserem hier und heute – sogar die dominante Rolle spielt. Mittlerweile zählt Λ übrigens zu einer von vielen Formen der Dunklen Energien. Es gibt weitere, jedoch aktuell nicht favorisierte Formen wie die »Quintessenz« oder die »Phantom-Energie«. Kosmologie-Missionen wie Planck, der Dark Energy Survey, WFIRST und bald EUCLID versprechen mehr Klarheit über die Natur der Dunklen Energie zu bringen.

▶ Andreas Müller

👉 SURFTIPPS

- Online-Lexikon der Astrophysik
- Blogartikel zur Planck-Mission

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a3027

Astro-ABC: B wie Balkenspirale

Dieser ABC-Eintrag führt in die Tiefen des Alls in das Reich der Galaxien! Galaxien sind Systeme von Millionen bzw. Milliarden von Sternen, Gas und Staub. Im Teleskop erscheinen sie meistens nur als matt schimmernde Nebelflecken. Der Astronom Edwin Hubble wies in den 1920er Jahren nicht nur nach, dass diese Flecken eigene Sternsysteme weit außerhalb unserer Milchstraße sind, sondern versuchte auch, eine Ordnung in deren Formenvielfalt zu bekommen.

Viele Galaxien erscheinen diskusförmig. Oft ist es nicht leicht, ihre wahre Gestalt zu erkennen, z.B. wenn man von der Erde aus gesehen auf ihre Kante blickt. Verbreitet ist eine Form mit einem hell leuchtenden Kern, an den sich Spiralarme anschließen. Galaxien mit einem in die Länge gezogen Kern nannte Hub-



NASA, ESA, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

ble »barred spiral galaxies«, also Balkenspiralgalaxien. Rund 11% der helleren Galaxien gehören diesem Typ an.

Der Balken, der mehrere zehntausend Lichtjahre lang sein kann, und die Spiralarme bestehen aus Sternen und Gaswolken. Im Balken und Kern ist die Konzentration der Sterne höher. Hubbles Einteilung der Galaxientypen wurde im Laufe der Jahre erheblich verfeinert. Unsere eigene Milchstraße wird heute meistens als Balkenspiralgalaxie eingeschätzt. Das ist nicht leicht zu entscheiden, wenn man selbst in einem Spiralarm sitzt!

▶ Paul Hombach

◀ Abb. 1: Die Balkenspiralgalaxie NGC 1300, aufgenommen mit dem Hubble-Weltraumteleskop. Die Galaxie im Sternbild Eridanus ist ca. 65 Millionen Lichtjahre entfernt.



HERR DER RINGE in der Südkurve

Saturn in Opposition am 3. Juni



▲ Abb. 1: Saturns majestätische Ringe, wie sie im Jahr 2003 vom Hubble Space Telescope aufgenommen wurden. Die Farbgebung ist leicht überhöht. Die Neigung des Ringsystems ist derzeit vergleichbar, jedoch ist nun der Nordpol des Planeten zu uns geneigt.

NASA/ESA und E. Karkoschka (University of Arizona)

Den Ringplaneten die ganze Nacht beobachten können, wenn er der Erde am nächsten steht: Das sind normalerweise erfreuliche Aussichten für Amateurastronomen. Schade nur, dass das Objekt der Begierde so weit südlich steht und während der sommerlich-kurzen Nacht nur einen flachen Bogen über dem Horizont beschreibt.

Achteinhalb Stunden zeigt sich der Planet im südlichen Teil des Schlangenträgers während seiner Oppositionsnacht am 3. Juni. Mit bloßem Auge erscheint Saturn als ruhig leuchtender gelblicher Lichtpunkt. Ab-

gesehen vom noch helleren Mars, der weiter westlich strahlt, ist er das auffälligste Objekt in dieser Gegend des Sternhimmels. Zu seiner Helligkeit tragen die Saturnringe bei, die 2016 mit 26° Neigung fast maximal möglich geöffnet sind.

Dass Saturn Ringe hat, ist bereits in kleinen Teleskopen ab ca. 30× erkennbar. Dank der großen Ringöffnung ist bei höheren Vergrößerungen und ruhiger Luft auch das Beobachten der sogenannten Cassinischen Teilung in diesem Jahr einfacher. Sie zeigt sich als schmale dunkle Trennlinie im ansonsten

gleichförmig wirkenden Ring. Wer mit dem Teleskop Saturn beobachtet, wird auch dessen größten Mond Titan sehen können, der mit einer Helligkeit von 9^m schon mit kleinen Instrumenten erreichbar ist.

In Sachen Saturns Sichtbarkeit steht Beobachtern in nördlichen Breiten eine jahrelange Durststrecke bevor. Im Schnecken-tempo durchläuft der Ringträger die ekliptikale Südkurve. Erst zur Opposition im August 2021 wird er wieder höher am Himmel stehen als diesmal.

► Paul Hombach

Rendezvous am Abendhimmel

Mond nahe Jupiter am 11. Juni

Mond und Jupiter begegnen sich am Abend des 11. Juni im südlichen Teil des Sternbildes Löwe. Der kleinste Abstand zwischen beiden beträgt $2,2^\circ$ und wird in

der hellen Dämmerung erreicht. Mit dem Fernglas kann man bereits vor Sonnenuntergang nördlich des Mondes nach Jupiter suchen. Mit zunehmender Dunkelheit ist das Duo bequemer zu sehen. Jupiter erscheint dann dem bloßen Auge als heller Lichtpunkt oberhalb des Mondes. Die Nähe beider Himmelskörper ist nur scheinbar. In Wahrheit ist der Riesenplanet an diesem Abend 819 Millionen Kilometer von der Erde entfernt, der Mond nur 394.000 Kilometer.

Bei jedem Mondumlauf kommt der Erdrabant einmal an Jupiter vorbei, aber nicht alle Begegnungen sind so eng wie diese. Und nicht immer stehen beide Himmelskörper bei ihrer größten Annäherung für einen bestimmten Beobachtungsort auch über dem Horizont. Der Mond kann in seltenen Fällen sogar vor Jupiter herziehen. Die nächste von Europa aus sichtbare Jupiterbedeckung findet am 28. November 2019 statt, allerdings vormittags am Taghimmel.

► Paul Hombach

R. Sparenberg



▲ Abb. 2: Am 11. Juni passiert der Mond den Riesenplaneten Jupiter. Allerdings ist anders als am 22.4.2012 diesmal ein größerer Teil der Mondoberfläche beleuchtet.

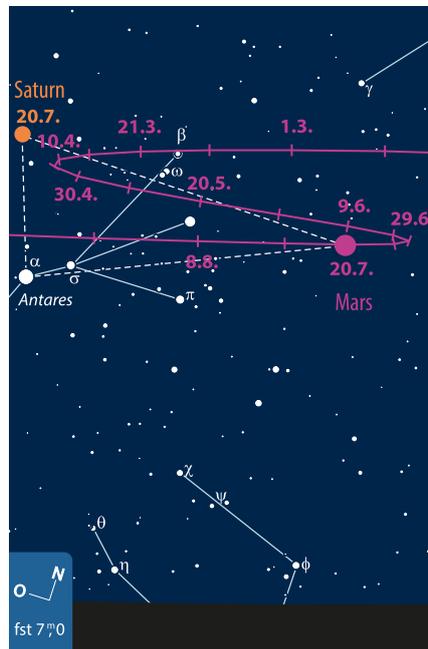
Rote Rivalen

Mars nähert sich Antares

Noch steht Mars im Sternbild Waage, doch nähert er sich mit gut $0,25^\circ$ pro Tag dem Sternbild Skorpion. Dort wartet ein farbähnlicher Rivale auf ihn, den er am 24. August passieren wird. Schon jetzt lohnt es sich, die Annäherung zu verfolgen.

Da vergleichen sich zwei, die verschiedener nicht sein könnten – ein kleiner, rötlicher Felsenplanet und ein wahrer Sternigigant: Der nach dem antiken Kriegsgott benannte Mars, griechisch Ares, und der Stern α Scorpii, genannt Ant-Ares, was ebenso mit »Gegenmars« wie bisweilen mit »marsähnlich« übersetzt wird. Beide verfügen über eine ähnliche rötliche Färbung. Bei Mars ist es der rötliche Staub mit Eisenoxid, also ordinärer Rost, der ihm die Farbe verleiht. Antares hingegen ist ein Überriese des Spektraltyps M1. Aufgrund der Oberflächentemperatur von nur 3700°C erscheint er dem Auge orange-rötlich. Trotz seiner fast 600 Lichtjahre Entfernung katapultiert ihn seine über zehntausendfache Sonnenleuchtkraft auf Platz 15 der hellsten Sterne am Himmel.

Antares' Helligkeit schwankt leicht um 1^m , die des Mars ist ungleich wechselhafter. Während er in Konjunktionsnähe mit blassen 2^m daherkommt, kann er in günstigsten Fällen $-2,7^m$



▲ Abb. 3: Das helle Dreieck am Sommerhimmel aus Mars, Saturn und Antares am 20. Juli um 22:30 MESZ.

erreichen und damit sogar Jupiter übertreffen. Von Anfang Juni wird seine Helligkeit von $-1,9^m$ bis auf $-0,7^m$ Ende Juli abnehmen. Am 24. August, wenn beide Himmelskörper nur $1,8^\circ$ trennen, ist Mars aber mit $-0,2^m$ mehr immer noch doppelt so hell wie der Riesenstern.

► Paul Hombach

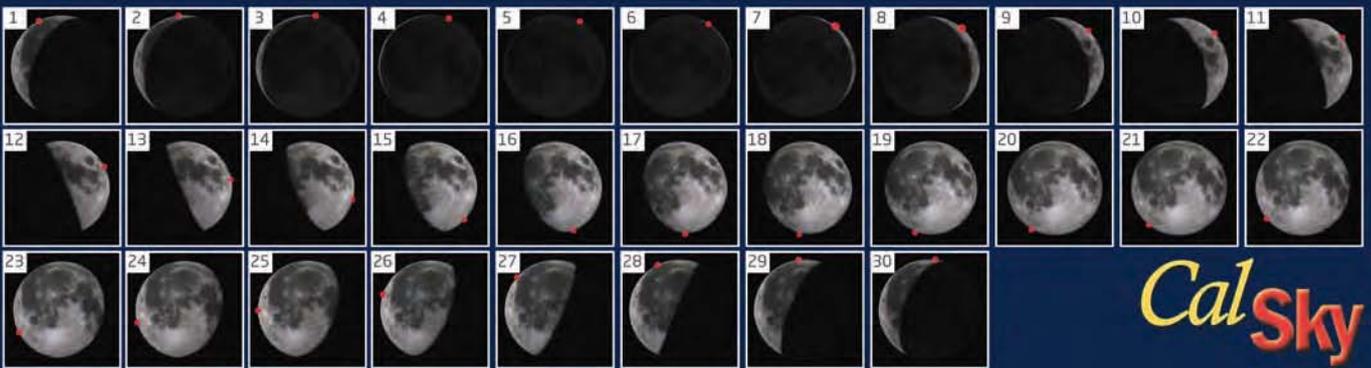
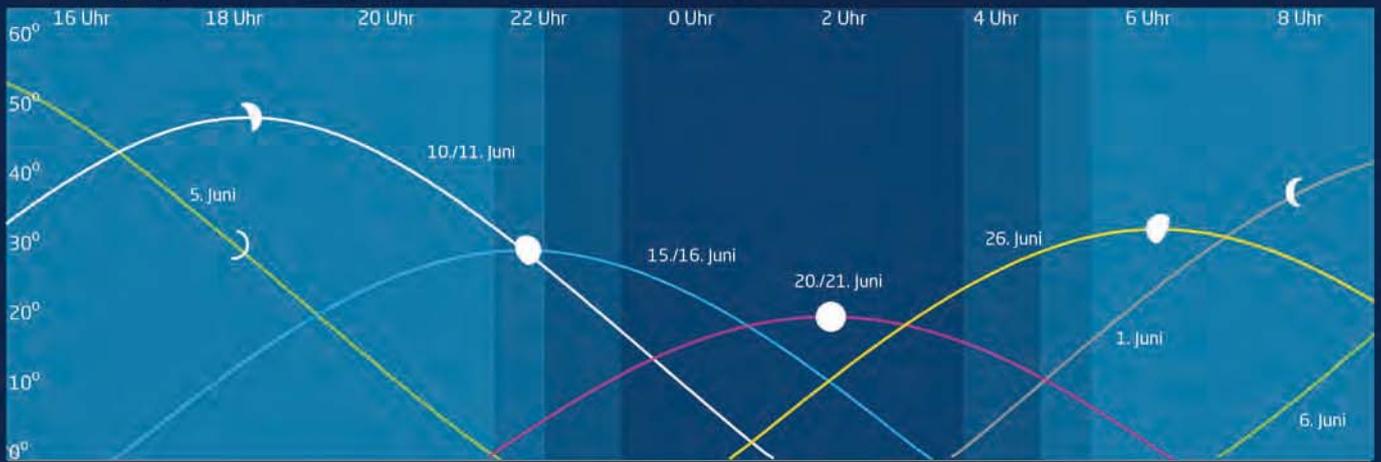
Astronomische Ereignisse im Juni/Juli 2016		
3.6.	8:37 MESZ	Saturn Opposition (0^m)
5.6.	5:00 MESZ	Neumond
5.6.	10:48 MESZ	Merkur ($0,4^m$) größte Elongation ($24,2^\circ$) West
6.6.	23:39 MESZ	Venus obere Konjunktion
11.6.	14:05 MESZ	Kleinplanet (8) Flora in Opposition ($9,4^m$, Oph)
11.6.	21:48 MESZ	Mond $2,2^\circ$ SO Jupiter
12.6.	10:10 MESZ	Mond Erstes Viertel
16.6.	0:35 MESZ	Mond bedeckt κ Vir ($4,2^m$), Eintritt
16.6.	1:50 MESZ	Mond bedeckt κ Vir ($4,2^m$), Austritt am hellen Rand
19.6.	2:48 MESZ	Mond bedeckt 24 Sco ($4,9^m$)
19.6.	3:24 MESZ	Mond $2,4^\circ$ NW Saturn
20.6.	13:02 MESZ	Vollmond
21.6.	0:34 MESZ	Sommersonnenwende
22.6.	0:04 MESZ	Mond bedeckt 43 Sgr ($4,9^m$), Eintritt am hellen Rand
22.6.	1:16 MESZ	Mond bedeckt 43 Sgr ($4,9^m$), Austritt
26.6.	1:13 MESZ	Mond bedeckt λ Aqr ($3,7^m$), Austritt
27.6.	20:19 MESZ	Mond Letztes Viertel
3.7.	23:07 MESZ	(4368) Pillmore $16,2^m$ bedeckt HIP 94423, $7,7^m$ ($1,7s$ Δm : $8,5^m$)
4.7.	13:01 MESZ	Neumond
4.7.	18:24 MESZ	Erde im Aphel
7.7.	5:24 MESZ	Merkur obere Konjunktion
12.7.	2:52 MESZ	Mond Erstes Viertel
20.7.	0:57 MESZ	Vollmond
27.7.	1:00 MESZ	Mond Letztes Viertel
29.7.	5:20 MESZ	Mond bedeckt γ Tau (Hyadum I) ($3,6^m$), Eintritt am hellen Rand, Dämmerung
29.7.	6:21 MESZ	Mond bedeckt γ Tau (Hyadum I) ($3,6^m$), Austritt, Taghimmel
29.7.	14:21 MESZ	Mond bedeckt α Tau (Aldebaran) ($0,9^m$), Taghimmel
30.7.	0:00 MESZ	Maximum Südliche Delta-Aquariiden, ZHR=16
30.7.	21:30 MESZ	Merkur nur $0,3^\circ$ N Regulus (tief über Horizont)

Zeiten bezogen auf 50° nördliche Breite, 10° östliche Länge.

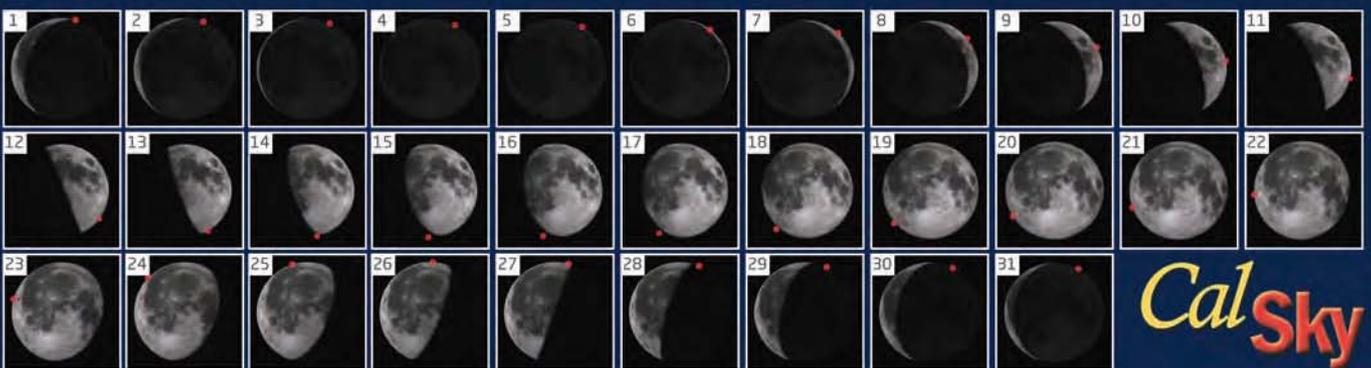
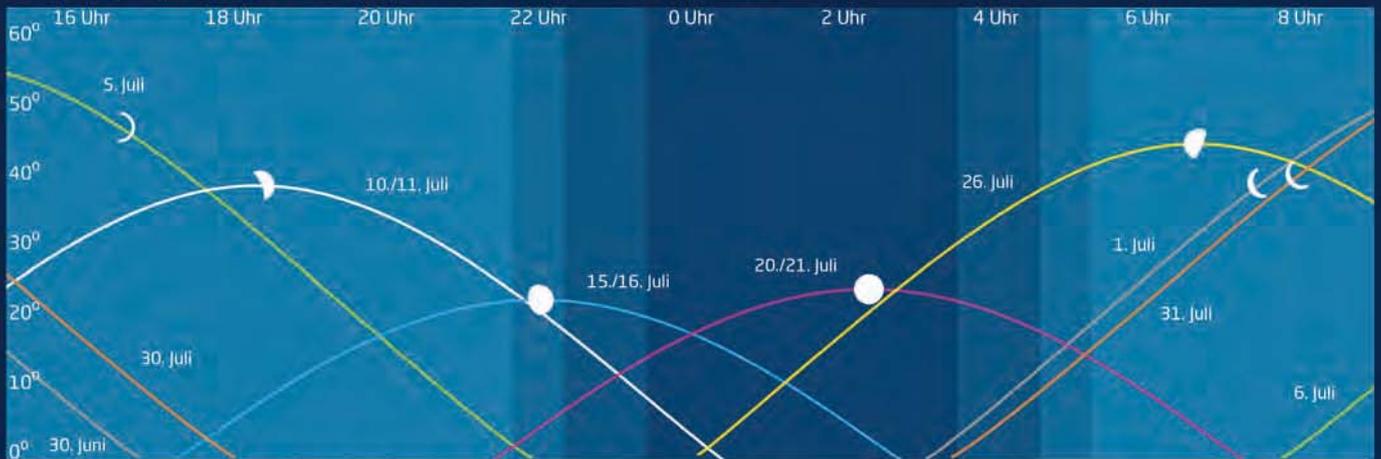
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Der Mond im Juni/Juli

Mond: Aufgang, Höhe und Untergang / Phasen und Libration im Juni 2016



Mond: Aufgang, Höhe und Untergang / Phasen und Libration im Juli 2016

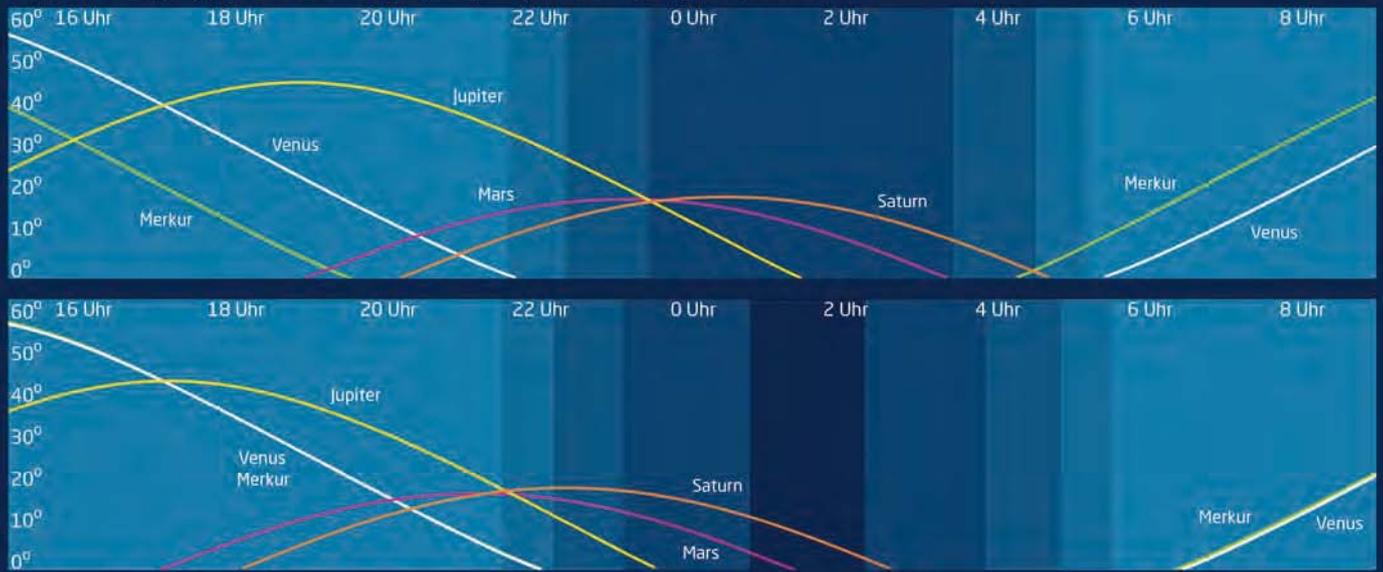


Die Daten und Ansichten auf dieser Doppelseite wurden erstellt mit CalSky für 50° Nord, 10° Ost. Die Plattform www.CalSky.com erlaubt Ihnen die exakte Kalkulation für Ihren Beobachtungsort.

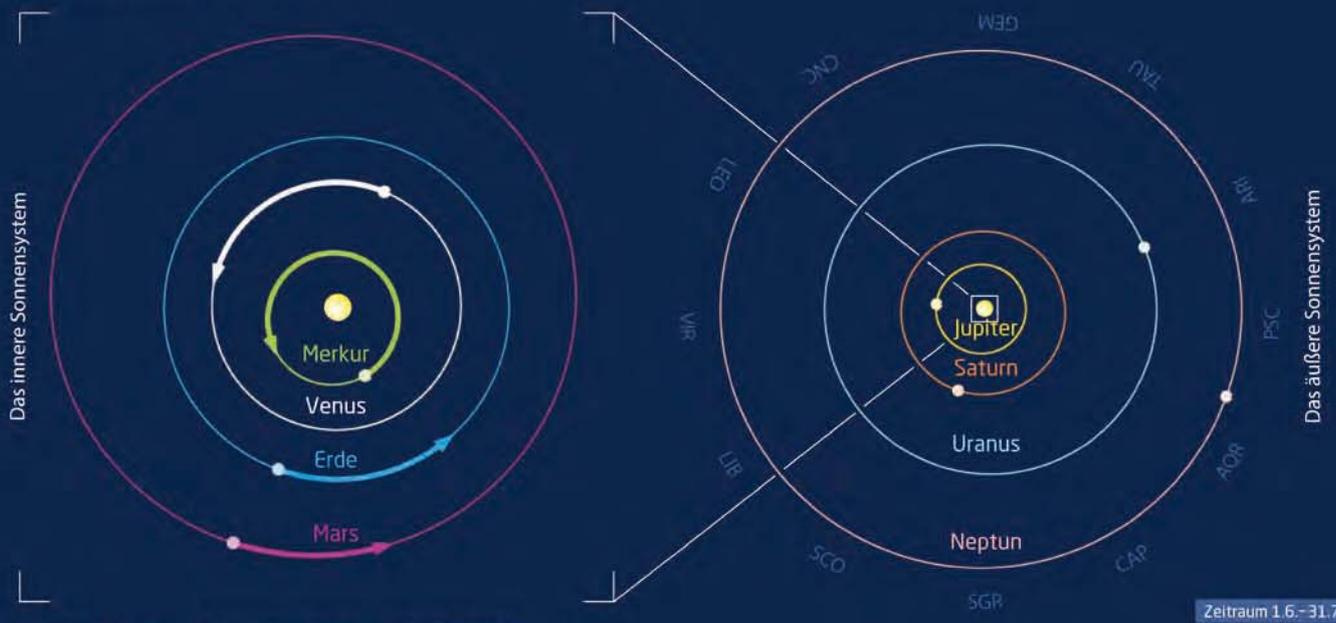
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Die Planeten im Juni/Juli

Planeten: Aufgang, Höhe und Untergang im Juni (oben) und Juli (unten) 2016



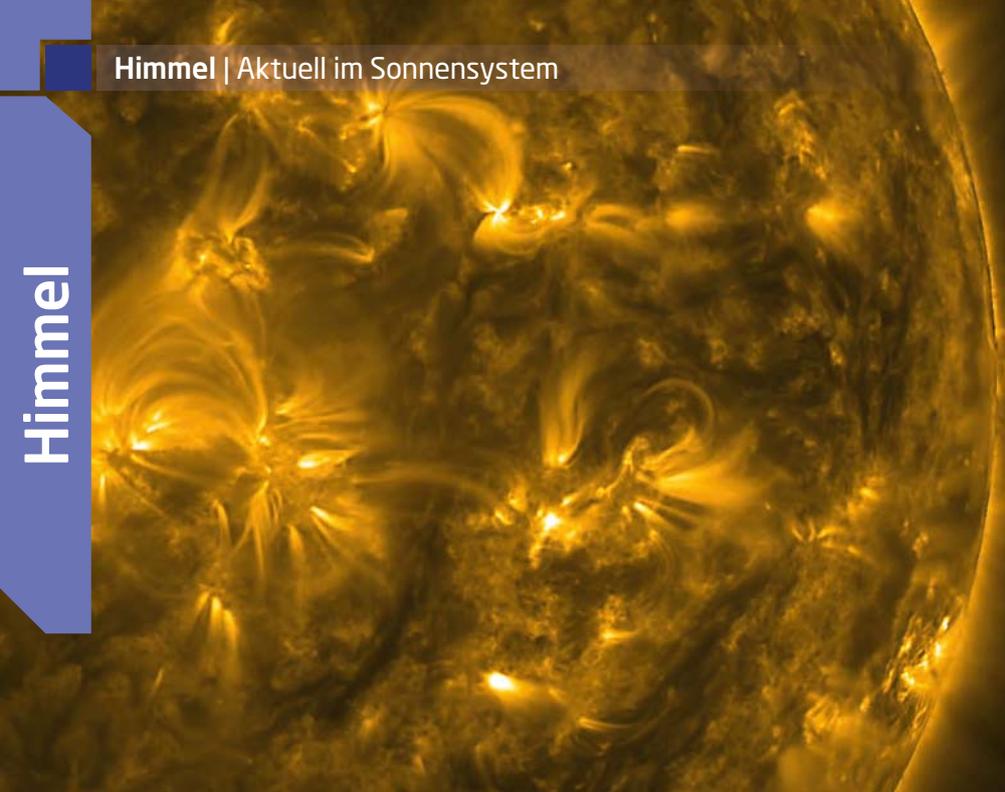
Planeten: Bahnen im Juni und Juli 2016



Planeten: Anblick im Fernrohr im Juni und Juli 2016



Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



◀ Abb. 1: Hohe Aktivität mit diversen Eruptionen auf der Oberfläche und am Sonnenrand am 8.1.2016, aufgenommen vom Solar Dynamics Observer (SDO) im extremen UV-Licht.

SURFTIPPS

- Aktuelle Sonnenaufnahmen der Leser
- Leibniz-Institut für Atmosphärenforschung
- GONG H-alpha-Network Monitor

[Kurzlink: oc1m.de/a3032](http://oc1m.de/a3032)

Solar Dynamics Observatory

Sonne aktuell: Magnetfeldloopings und Eruptionen

Die Tage mit einer hohen Sonnenaktivität sind rar geworden. In den ersten beiden Monaten des Jahres 2016 gab es nur einen echten Höhepunkt und zwar in den ersten Januartagen. Während im Weißlicht in dieser Zeit eine große Grup-

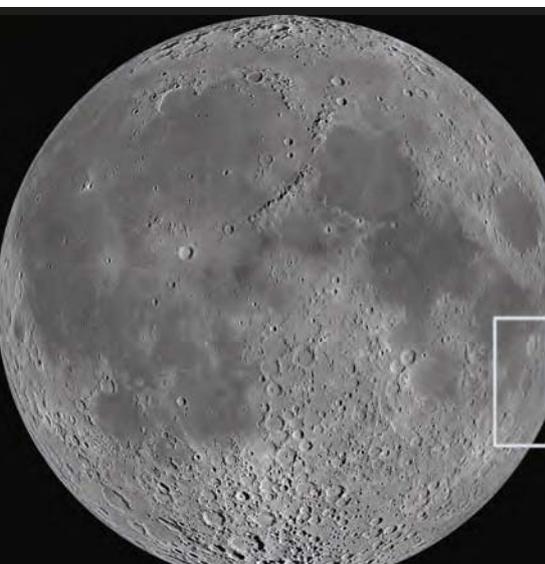
pe um den Westrand wegrotiert war und die Zahl vieler kleiner Gruppen sprunghaft anstieg, nahm die Aktivität in anderen Wellenlängenbereichen überdurchschnittlich zu. Für wenige Tage erinnerte die Sonnenaktivität wie etwa im Licht des Extremen Ultravioletts, das nur von Weltraumsatelliten aus erreicht werden kann, an längst vergangene Zeiten. Helle Bögen, die auf Magnetfeldern saßen, und Eruptionen verschiedenster Formen und Größen tummelten sich neben von koronalen Löchern herrührenden Strukturen. Danach fiel die Sonnenaktivität deutlich ab. Große Gruppen wichen vielen kleinen Aktivitätsgebieten. Die verschiedenen Relativzahlen, die zur mathematischen Bestimmung des Aktivitätsverlaufs der Sonne dienen, stiegen an, aber es war nur ein Scheineffekt, da die Fleckengruppen der beiden höchsten Klassen E und F nach Waldmeier fast völlig fehlten oder nach nur wenigen Tagen wieder zerfielen.

Im Januar wurden 16, im Februar 17 neue Fleckengruppen registriert. Im Ha-Licht – für das aktuelle Stadium des laufenden Fleckenzklus nicht ungewöhnlich – war dage-

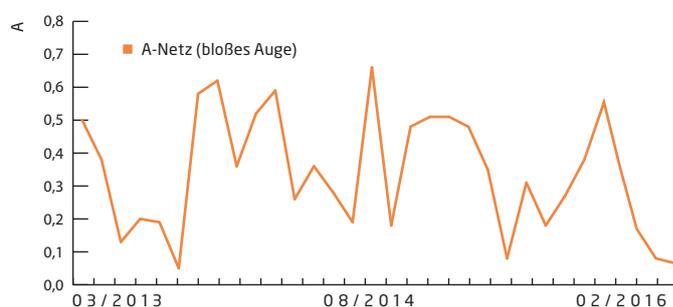
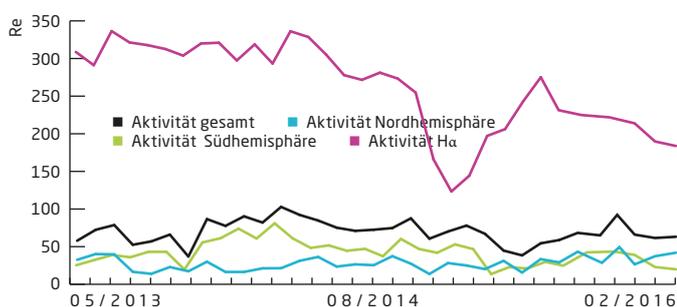
gen wesentlich mehr zu sehen. Ein Beispiel dafür wurde Abenteuer Astronomie von einem Leser zur Verfügung gestellt, der mit einem Kleinteleskop sowohl die Oberfläche als auch den Sonnenrand aufgenommen und zu einem Komposit zusammengefügt hat. Es zeigt sehr schön die typische Größe der Protuberanzen der letzten Zeit sowie helle Flaregebiete und dunkle strichförmige Filamente – so werden die über der Oberfläche sichtbaren Protuberanzen bezeichnet. Weitere Leserbilder finden Sie auf unserer Webseite (vgl. Surftipps).

Diese Flaregebiete sind neben eruptiven Filamenten und koronalen Löchern der Ursprung für viele energiereiche Ereignisse auf der Sonne. So gab es im Januar vier und im Februar sieben M-Flares, deren Strahlung vom irdischen Magnetfeld aufgefangen und zu den Polgebieten abgeleitet wurde und hier Polarlichter erzeugte, die auch von Norddeutschland aus zu beobachten waren. Daher bleibt die Sonne auch in Zeiten abnehmender Aktivität weiter für den Beobachter interessant.

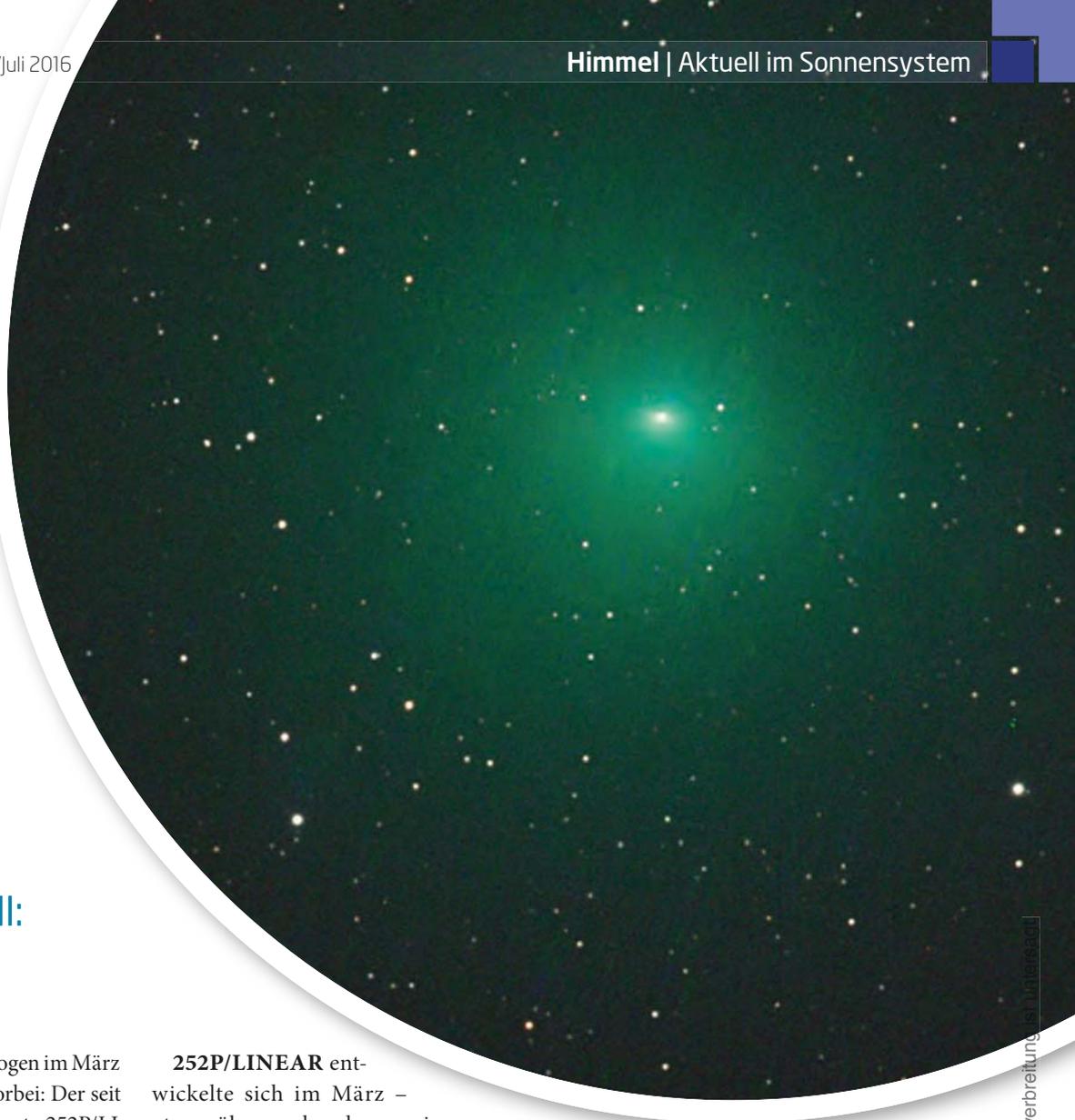
▶ Manfred Holl



▲ Abb. 2: Die Swonne im Ha-Licht am 27.3.2016, aufgenommen mit einem 35/400mm-Refraktor und einem Ha-Filter. Michael Schröder



► Abb. 1: 252P/LINEAR am 18. März von Namibia aus. CCD-Aufnahme mit 300mm-Astrograf bei 1140mm, CCD-Kamera FLI ML 8300, Belichtung 6min (L-Kanal) bzw. je 3min (RGB-Kanäle). *Gerald Rhe-mann*



Kometen aktuell: Zwei Kometen ganz nah

Gleich zwei Kometen flogen im März knapp an der Erde vorbei: Der seit dem Jahr 2000 bekannte 252P/LINEAR und der erst im Januar dieses Jahres entdeckte P/2016 BA14 (PANSTARRS). Die ähnlichen Bahnparameter der beiden Schweifsterne lassen auf einen gemeinsamen Ursprung schließen. Wahrscheinlich trennte sich die wesentlich kleinere Komponente P/2016 BA14 erst Mitte des 19. Jahrhunderts von LINEAR. Die zwei Kometen durchliefen am 15. März ihr Perihel und kamen praktisch zeitgleich (21. und 22. März) in Erdnähe – 252P bis auf 0,036AE, P/2016 BA14 sogar bis auf 0,023AE. Damit hat dieser Komet den drittkleinsten beobachteten Abstand zur Erde, lediglich Komet Lexell 1770 und 55P/Tempel-Tuttle 1366 waren uns noch näher.

Die Gelegenheit, gleich zwei Kometen so erdnah beobachten zu können, wurde auch von professionellen Observatorien, dem Hubble Space Telescope und vom Goldstone-Radioteleskop der NASA genutzt.

252P/LINEAR entwickelte sich im März – etwas überraschend – zu einem spektakulären Objekt. Beobachter auf der Südhalbkugel konnten eine rasante Steigerung von Helligkeit und Komadurchmesser feststellen.

Am 8. März war die Koma 5' groß und die Gesamthelligkeit lag bei etwa 10^m0. Aber schon am 11. gab es Berichte von 7^m0 Helligkeit bei einem Durchmesser von 30'. Am 14. März war er dann bereits 6^m5 hell und ein einfaches Fernglasobjekt. Der Komet steigerte seine Helligkeit bis zur Erdnähe um 0^m5 pro Tag und wurde am 19. freisichtig mit einer Helligkeit von 4^m8 und einem Durchmesser von 50'.

Zur Erdnähe raste 252P mit 10° pro Tag über den Südhimmel, die Helligkeit erreichte 4^m0 und der Komadurchmesser 70'. Ende März stieg der Komet dann auch über den mitteleuropäischen Horizont und konnte den ganzen April noch als

Fernglasobjekt am Morgenhimmel beobachtet werden.

P/2016 BA14 (PANSTARRS), der für Beobachter der nördlichen Hemisphäre weit aus günstiger platziert war, blieb leider wesentlich schwächer. Er entwickelte fast kein Koma und blieb sternförmig bei einem Maximum von 12^m5.

Im Juni und Juli gibt es nach derzeitigem Stand keine helleren Kometen.

► Burkhard Leitner

SURFTIPPS

- 252P/LINEAR bei S. Yoshida

 [Kurzlink: oc1m.de/a3033](https://oc1m.de/a3033)

Kometen im Juni/Juli 2016

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erw. Helligkeit
9P/Tempel	3.4.1867	2.8.2016 (1,54AE)	13.4.2016 (0,98AE)	April bis August 2016	11 ^m bis 13 ^m

Planeten aktuell: Die Großen Drei

In den Sommermonaten sind die drei für Hobby-Astronomen spannendsten Planeten am Abendhimmel versammelt. Jupiter sollte man so früh wie möglich beobachten, er geht schon in der Dämmerung am Westhimmel unter. Mars folgt tief am Südhimmel, er erreicht zum Ende der Abenddämmerung seinen höchsten Stand. Saturn ist ihm nur wenig auf den Fersen Richtung Osten und kann am längsten beobachtet werden.

Jupiter ist vor dem Eintreffen der Raumsonde Juno im Juli ein besonders interessantes Ziel. Im Teleskop sind nicht nur die vier Galileischen Monde, sondern auch die beiden dunklen Hauptwolkenbänder schon bei geringer Vergrößerung zu sehen. Mit Teleskopen von 80mm bis 100mm Öffnung und Vergrößerungen ab 150× kann man feinere Einzelheiten ausmachen. Die bekannteste ist sicher der Große Rote Fleck. Er erscheint momentan relativ klein, aber gut sichtbar orange eingefärbt. Seine variable Längsposition liegt derzeit bei 243° im Rotationssystem II.

Das südliche Äquatorband (SEB) ist in weiten Teilen in zwei Stränge geteilt. Damit unterscheidet es sich von seinem nördlichen Gegenstück (NEB). In letzterem hat sich bei 270° Länge, also fast nördlich des Großen Roten Flecks, ein heller ovaler Wirbel am Nordrand eingenistet. Das andere langlebige Sturmsystem auf Jupiter, das Oval BA, liegt dagegen südlicher als der Große Rote Fleck bei einer Länge von 340°. Es dürfte ihn im Juni bereits eingeholt haben.

Am 17. März um 1:30 MEZ filmte der österreichische Amateur Gerrit Kernbauer den Riesenplaneten. Zehn Tage später



▲ Abb. 2: Jupiter am 23. März. Der Große Rote Fleck leuchtet in sattem Orange. *Rudolf Hillebrecht*

bemerkte er einen hellen Blitz am Rand des Planeten. Er stammt von einem ca. 10m bis 20m großen Körper, der auf Jupiter eingeschlagen ist. Es ist der erste derartige Impakt, der vom deutschen Sprachraum aus entdeckt wurde. In der Jupiter-Atmosphäre blieben jedoch keine Spuren zurück.

Mars ist jetzt ideal beobachtbar, leider steht er tief im Süden, so dass sein Licht

☛ SURFTIPPS

- Aktuelle Planetenfotos unserer Leser
- Video von Gerrit Kernbauer

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a3034

◀ Abb. 1: Jupiter in voller Pracht mit Großem Roten Fleck am 10. März. *Christopher Go*



▲ Abb. 3: Spektakulär, aber schwierig zu beobachten waren die besonderen Mondereignisse in der Oppositionsnacht am 8. März. Diese beeindruckende Aufnahme gelang mit einem 150mm-Teleskop! *Silvia Kowolik*



ALPO-Japan

▲ Abb. 4: Mars am 20. März mit Wolken über den großen Vulkanen des Tharsis-Plateaus.



ALPO-Japan

▲ Abb. 5: Der beeindruckende Ringplanet mit der dunklen Cassini- und vielen weiteren Teilungen.

einen langen Weg durch die Atmosphäre nehmen muss. Damit wird ein gutes Bild bei ruhiger Luft unwahrscheinlicher. Der Durchmesser des Planetenscheibchens beträgt Anfang Juni noch fast die Hälfte von Jupiter, fällt jedoch bis Ende Juli deutlich ab. Im Teleskop erkennt man ab ca. 200-facher Vergrößerung einzelne dunkle Flecken. Diese sogenannten Albedostrukturen kennzeichnen lediglich eine andere Bodenbeschaffenheit. Die gewaltigen Marsvulkane sind dagegen nur durch die an ihren Gipfeln entstehenden Wolken zu sehen.

Saturns Ring ist ein absoluter Hingucker diesen Sommer. Bei mindestens 100-facher Vergrößerung kann man deutlich die dunkle Teilungslinie erkennen, die den inneren helleren Ring B vom äußeren dunkleren Ring A trennt. Weitere Ringteile wie der noch weiter innen liegende Ring C sind nur mit großen Teleskopen zu erkennen. Spektakulär sind die Schattenspiele, die sich durch die unterschiedliche Richtung von Erde und Sonne ergeben. Man kann im Teleskop verfolgen, wie der Schatten des Planeten auf dem Ring nach

der Oppositions-Stellung am 3. Juni, bei der er verschwunden war, mit jedem Tag breiter wird.

Auf Saturns Planetenscheibchen tut sich meistens nicht allzu viel. Oft ist nicht mehr als ein dunkles Äquatorialband zu sehen. Der Ringplanet ist jedoch ab und an für Überraschungen gut, dann entstehen plötzlich ausgedehnte Sturmsysteme, die im Teleskop als kleine helle Flecken zu sehen sind.

► Ronald Stoyan

IM DETAIL

Die Saturnmonde beobachten

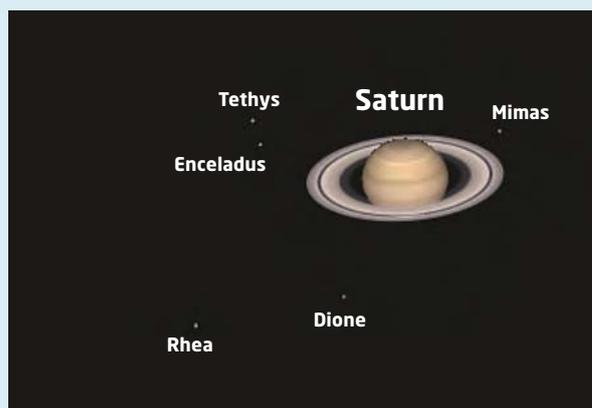
Die vier großen Jupitermonde sind sehr hell und schon im Fernglas zu sehen. Alle anderen des insgesamt mehr als 60 Körper umfassenden Systems bleiben jedoch mit normalen Amateurlinienteleskopen unerreichbar. Das ist bei Saturn anders: Der Ringplanet hat kaum weniger Monde als Jupiter, doch lassen sich hier ganz unterschiedlich helle Monde beobachten. Neben der Helligkeit spielt dabei auch die Nähe zum Planeten eine große Rolle, denn der Ring überstrahlt die kleinen Lichtpünktchen im Okular.

Titan ist der weitaus größte Saturnmond. Er ist nur wenig schwächer als die Galileischen Monde um Jupiter. Er ist schon mit kleinen Teleskopen als »Sternchen« unweit des Planeten zu erkennen.

Viel näher am Planeten steht Rhea. Sie ist jedoch auch deutlich dunkler als Titan und erfordert daher ca. 100mm Teleskopöffnung und ein geübtes Auge. In etwa gleich hell, aber

noch näher an Saturn und damit deutlich schwerer sind Tethys und Dione zu sehen. Hier sollte man 150mm Öffnung und mindestens 200-fache Vergrößerung ansetzen. Wer ein Teleskop von mehr als 300mm Öffnung hat, kann sich darüber hinaus an Enceladus und Mimas versuchen, die noch einmal deutlich schwächer sind und noch dichter am Planeten stehen. Eine Besonderheit ist Japetus. Er hat eine dunkle und eine helle Hemisphäre und ist deshalb mal relativ einfach, mal schwer zu sehen. Seine Bahn liegt noch außerhalb derjenigen von Titan.

Für die Entdeckung der schwächeren Monde ist die Kenntnis der genauen Posi-



WinJUPOS

▲ Abb. 6: Das innere Saturnmondsystem am 3. Juni um 1:30 MESZ.

tion wichtig. Mit einem Planetariumsprogramm kann man sich die genauen Positionen anzeigen lassen und gezielt nach ihnen suchen. Dabei hilft das gezielte Danebenschaun (»Indirektes Sehen«), damit die lichtempfindlichen Zellen des Auges angesprochen werden.

Jetzt am Abendhimmel

Beobachtungsempfehlungen für Juni/Juli 2016

Sternbild-Streifzüge:
Der Skorpion

Fernglas-Wanderung:
In den Scheren
der Skorpions

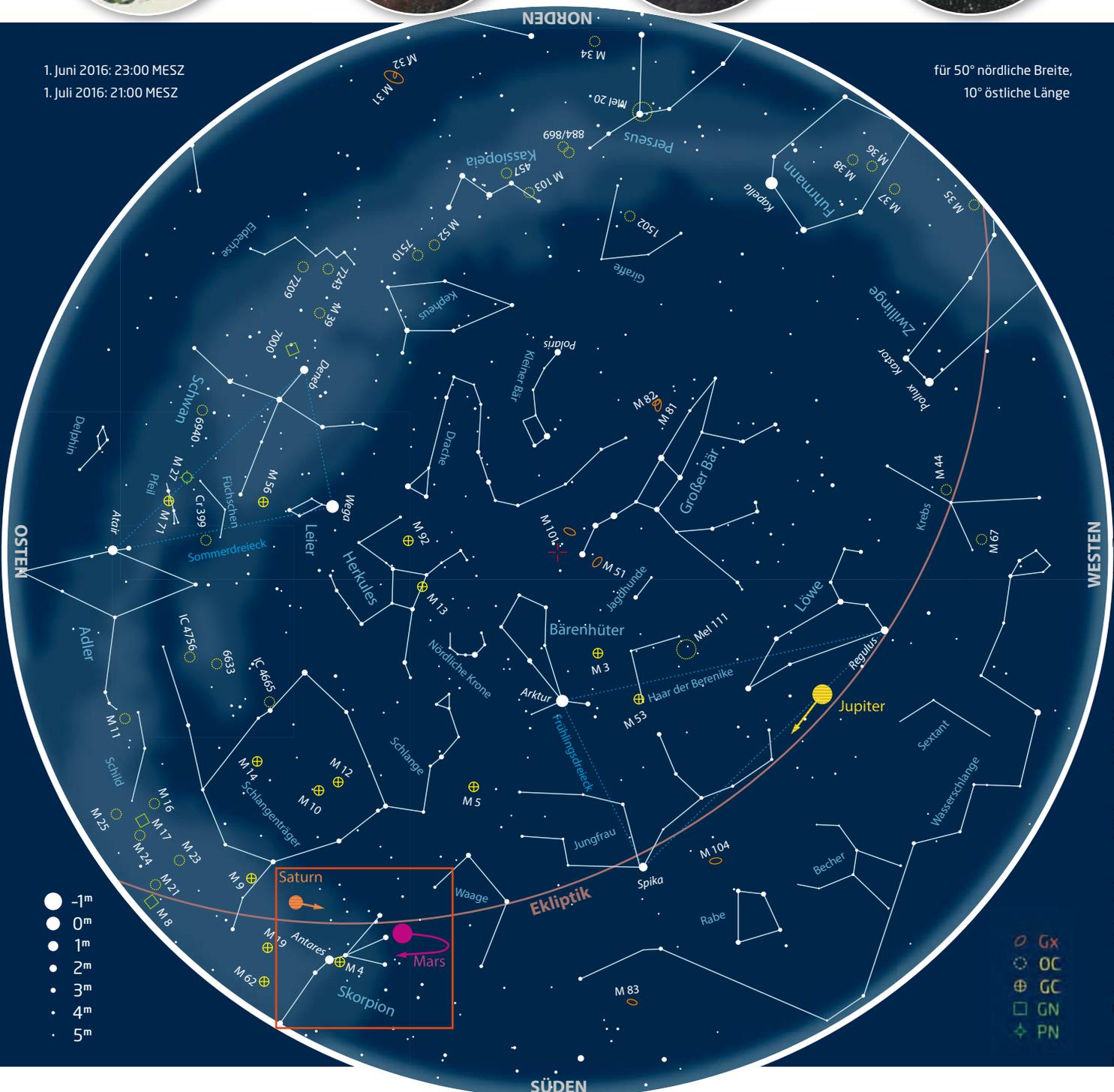
**Deep-Sky-Schätze für
Stadtbeobachter:**
Doppeltes Paar
im Skorpion

**Deep-Sky-Schätze für
Landbeobachter:**
Ein kosmisches Fossil



1. Juni 2016: 23:00 MESZ
1. Juli 2016: 21:00 MESZ

für 50° nördliche Breite,
10° östliche Länge



Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Sternbild-Streifzüge: Der Skorpion

Aus dem deutschsprachigen Raum ist vom Skorpion nur der nördliche Teil zu sehen. Sein orangefarben strahlender Hauptstern Antares (α Scorpii) markiert das Herz des Spinnentiers und zählt zu den 15 hellsten Sternen des Nachthimmels. Er ist ein wahrer Gigant: als Roter Überriese besitzt er den mehr als 700-fachen Durchmesser unserer Sonne. Wer das Sternbild vollständig sehen möchte, muss mindestens ans Mittelmeer reisen.

In vielen Kulturen zu Hause

Der Name des Sternbilds geht auf die Himmelsbeobachter in Mesopotamien zurück. Vor rund 5000 Jahren nannten die dortigen Sumerer die Konstellation GIR.TAB, was wörtlich etwa »scharfe Waffe« oder »brennender Stachel« bedeutet. Das Sternbild verbanden sie mit Išhara, einer Göttin der Unterwelt. Zugleich stellte man es sich auch als Skorpion-Menschen vor. Im sumerischen Gilgamesch-Epos bewachen nämlich zwei Skorpion-Männer das Tor zur Unterwelt, durch das die Sonne täglich ein- und ausgeht.

Die bekannteste mythologische Geschichte stammt aus dem antiken Griechenland und handelt vom starken Jäger Orion, der damit angab, jedes Tier erlegen zu können. Die verärgerte Artemis, die Göttin der Jagd, sandte daraufhin einen Skorpion aus, um den prahlerischen Jäger zu töten. Durch einen Stich mit dem giftigen Stachel starb Orion. Die beiden Gegner wurden möglichst weit voneinander entfernt an den Sternhimmel versetzt. In den Mythen der Maori, der Ureinwohner Neuseelands, stellt das gewundene Sternbild hingegen einen magischen Fischerhaken dar, mit dem der Halbgott Maui eines Tages ein Stück Land aus dem Ozean zog. Die so geangelte Insel zerbrach schließlich in zwei Teile: Neuseeland war entstanden.

Sternhaufen, kugelförmig und offen

Durch seine Nähe zum Band der Milchstraße finden sich im Skorpion viele Sternhaufen. Mit einer Helligkeit von 5^{m} bis 8^{m} müsste der Kugelsternhaufen M 4 gerade noch mit bloßem Auge erkennbar sein, doch stört der sehr helle Hauptstern Antares. M 4 zählt mit einer Entfernung von 7200 Lichtjahren zu den nächstgelegenen Kugelsternhaufen. Schon mit einem kleinen Te-

► Abb. 1: Im deutschsprachigen Raum bleibt der gefährliche Schwanz des Skorpions leider unter dem Horizont verborgen.

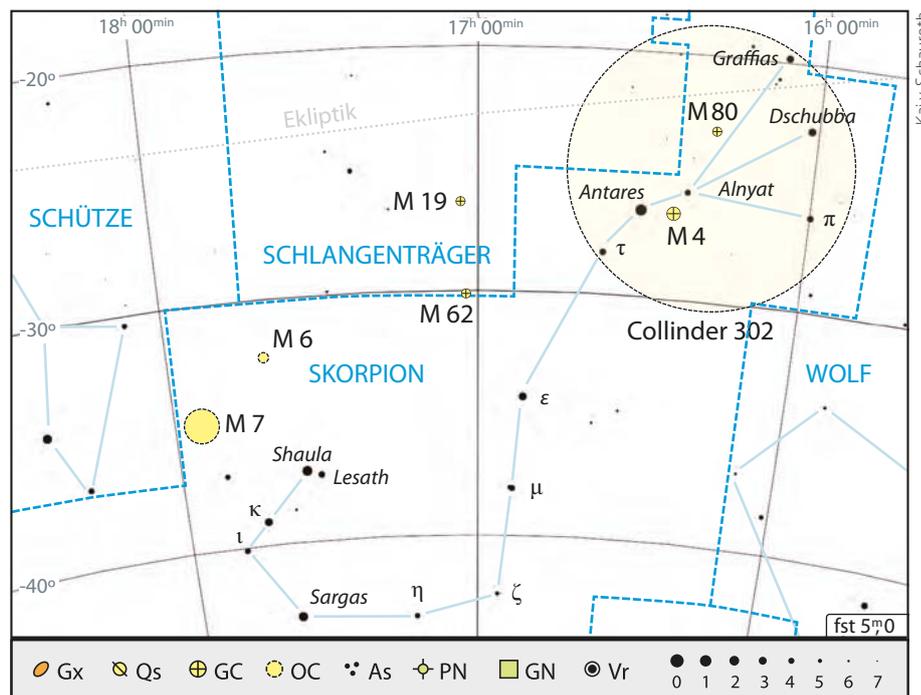


leskop lassen sich Einzelsterne erkennen; seine hellsten Mitglieder sind immerhin heller als 11^{m} .

Weitere interessante Sternhaufen sind M 80 sowie das Paar aus M 6 und M 7. Letzterer ist das südlichste Objekt der Messier-Liste und kulminiert im deutschsprachigen Raum nur weni-

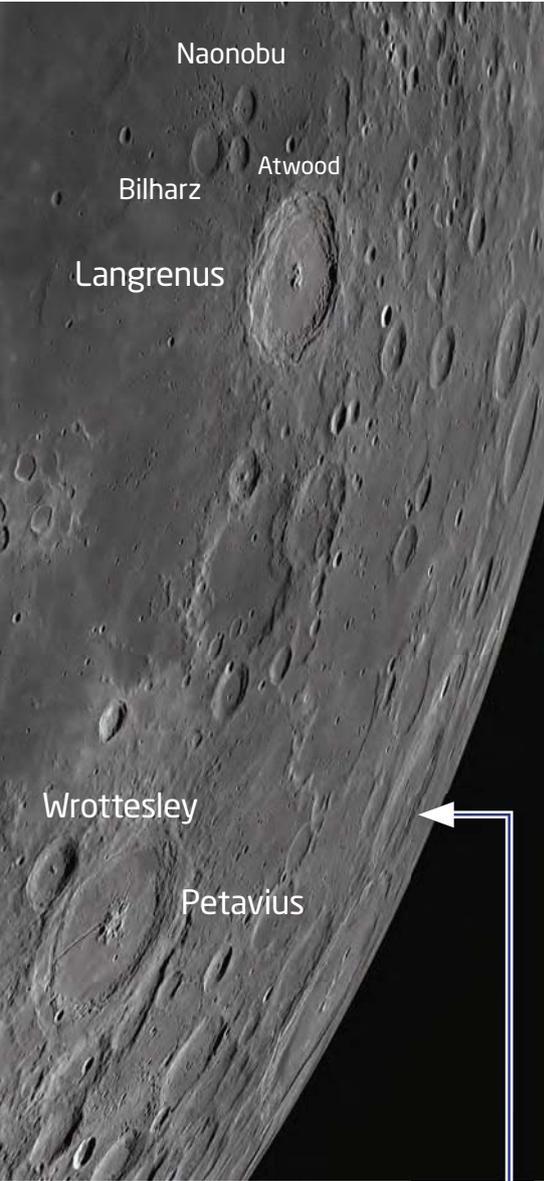
ge Grad über dem Südhorizont. Die auffälligen Sterne des markanten Sternfächers nordwestlich von Antares gehören zum sog. Antares-Bewegungshaufen Collinder 302. Die Sterne sind gemeinsam entstanden, ansonsten gibt es jedoch nur einen lockeren Zusammenhang.

► Nico Schmidt

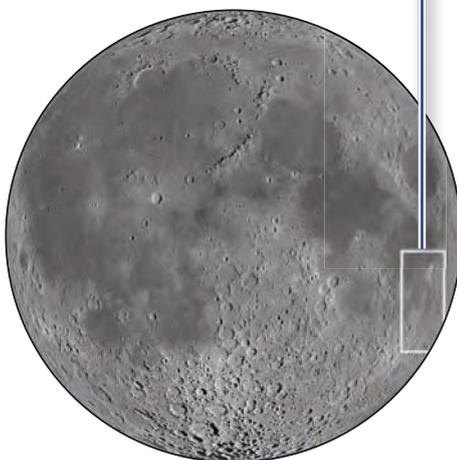


▲ Abb. 2: Übersichtskarte des Sternbilds Skorpion mit den Beobachtungsempfehlungen, rot eingekreist ist der Antares-Bewegungshaufen.

NASA/GSFC/Arizona State University



▲ Abb. 1: Langrenus und Petavius sind zwei typische Ringgebirge mit Zentralberg.



▲ Abb. 2: Beide Krater befinden sich nahe des Mondrandes.

Mond-Spaziergang: Highlights am Mondrand

Nahe dem östlichen Mondrand – auf dem gleichen Längengrad gelegen – finden sich zwei Krater, die bereits ab dem dritten Tag nach Neumond zu beobachten sind: Langrenus am östlichen Rand des Mare Fecunditatis (Meer der Fruchtbarkeit) und Petavius am südlichen Ende des Meeres.

Typisch Ringgebirge

Der 132km durchmessende und 4300m tiefe Krater Langrenus ist ein typisches Ringgebirge mit klar abgegrenztem Wall und den charakteristischen terrassenartigen Stufen der inneren Wallhänge. Sein bis zu 1400m über den Kratergrund herausragendes Zentralgebirge besteht aus zwei Hauptgipfeln. Mit diesen Merkmalen wird Langrenus oft mit dem in der Mondmitte liegenden Copernicus (vgl. Abenteuer Astronomie 1) verglichen. Der weitgehend flache und mit Lava überflutete Kratergrund ist nur im Norden und Nordwesten von einigen niedrigen Hügeln bedeckt. Diese nur etwa 100m hohen Erhebungen sind gut bei sehr flachem Sonnenstand erkennbar. Das Strahlensystem von Langrenus ist wenig ausgeprägt. Das helle Auswurfmaterial ist hauptsächlich in drei Strahlen gruppiert, die sich gut von der dunklen Oberfläche des Mare Fecunditatis abheben. Das nordwestlich liegende Trio aus den lavagefüllten Kratern Atwood (29km),

Bilharz (43km) und Naonobu (35km) bietet einen schönen Kontrast zu Langrenus.

Seltener doppelter Ringwall

Das mächtige und 177km große Ringgebirge Petavius zeigt sich wie Langrenus in einem guten Erhaltungszustand. Die vielstufig terrassierten Wallhänge überragen den gewölbten Kraterboden im Westen 3300m; im Osten sind sie noch 1800m hoch. Die Wallhänge zeigen eine seltene Besonderheit: Der südwestliche Abschnitt teilt sich beim Krater Wrottesley (58km) in zwei separate Wallkämme, so dass ein doppelter Ringwall zu sehen ist. Das Zentralgebirge zeigt sich bei gutem Seeing in eine Vielzahl von einzelnen Gipfeln unterteilt. Dabei erreicht das Gebirge fast die Höhe des Walls.

Mal schwarz, mal hell

Ausgehend von dieser zentralen Erhebung erstreckt sich in südwestlicher Richtung das Highlight von Petavius: Die Haupttrille der Rima Petavius (Petaviusrillen). Der 80km lange Spannungsbruch zeigt sich im Teleskop am Morgenterminator als dünne schwarze Linie, die sich kontrastreich vom Untergrund abhebt. Am Abendterminator dagegen erscheint sie als heller Strich, da jetzt die Innenseite der Rille beleuchtet wird. Weitere schwieriger zu beobachtende Rillenabschnitte befinden sich nördlich und nordöstlich des Zentralgebirges. Entdeckt wurden die Rima Petavius von dem deutschen Astronomen Hieronymus Schröter.

► Lambert Spix

► Abb. 3: Zeichnung von Langrenus:

Das Gebirge wirft bei flachem Sonnenstand zwei lange Schatten auf den Kraterboden. *Lambert Spix*



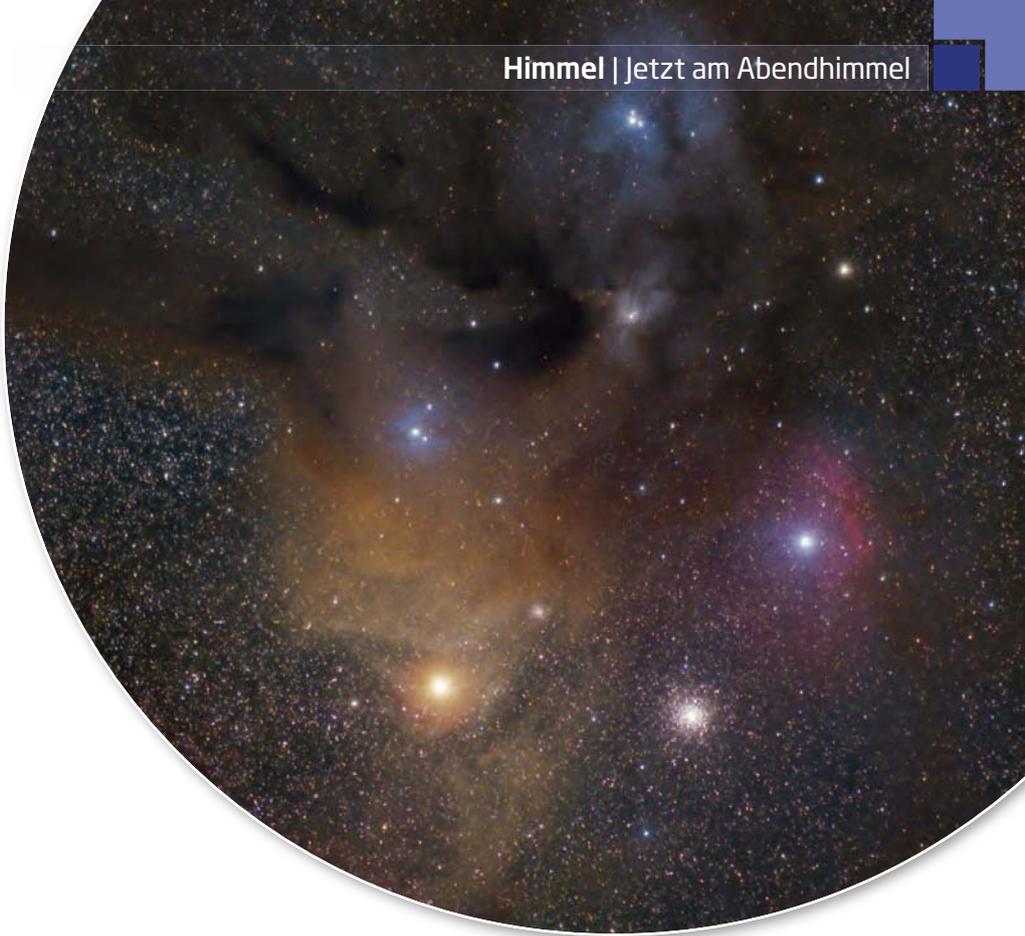
IM DETAIL

Lichtstrahl in Hyginus

Bei einem Mondalter von etwa 7 Tagen nach Neumond erscheint auf dem schattenbedeckten Kraterboden von Hyginus ein Lichtkeil, der mit zunehmendem Mondalter an Breite gewinnt. Hier scheint

die flach stehende Sonne durch die Rima Hyginus und beleuchtet so einen schmalen Streifen. Die Vergrößerung sollte aufgrund der geringen Größe des Lichtstrahls hoch genug sein, am besten 150× oder mehr.

► Abb. 1: Der farbenfrohe Rho-Ophiuchi-Nebel und seine Umgebung: Antares ist der helle orange Stern unterhalb des Nebels, rechts davon der Kugelsternhaufen M 4. *Jim Thommes*



Fernglas-Wanderung: In den Scheren der Skorpions

Das Sternbild Skorpion ist eine der eindrucksvollsten Konstellationen am Himmel, jedoch nur von Südeuropa aus vollständig zu sehen. Dort stört auch der Horizontdunst die Beobachtungen nicht mehr, so dass Sie im Urlaub Ihr Fernglas nicht vergessen sollten! Doch selbst von Mitteleuropa aus kann man diese Tour bei guten Sichtbedingungen angehen, es lohnt sich!

Vielfältige Kugelsternhaufen

Auf Fotos wirken Kugelsternhaufen oft zum Verwechseln ähnlich, doch können wir auf unserer Wanderung selbst mit dem Fernglas drei sehr unterschiedliche Exemplare sehen. Nur etwa 1° westlich von Antares befindet sich der helle und große Kugelsternhaufen M 4. Obwohl er noch nicht in Einzelsterne aufgelöst werden kann, wirkt er im Fernglas durchaus körnig. Aufmerksame Beobachter erkennen einen »Balken«, der durch sein Zentrum verläuft.

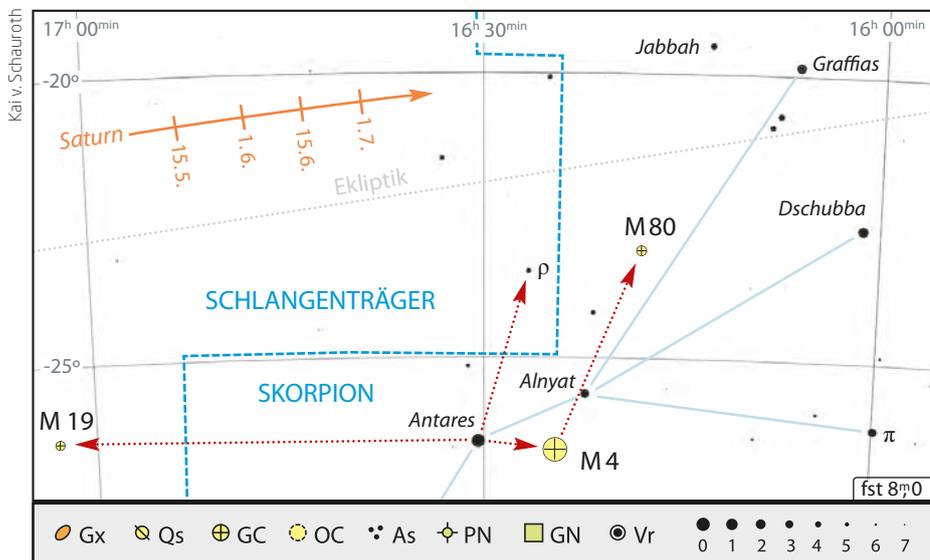
Ein weiterer Messier-Kugelsternhaufen im Skorpion ist M 80, der sich gut 3,5°

nördlich von M 4 befindet und von diesem über ζ und \omicron Sco aufgesucht werden kann. Allerdings leuchtet M 80 wesentlich schwächer, so dass er im Horizontdunst oft nur als rundlicher Nebelklecks zu erahnen ist.

Schwenken wir das Fernglas von Antares aus 7,5°, also etwa eine Sechsfeldbreite, nach Osten über die Sternbildgrenze hinweg zum Schlangenträger, erreichen wir einen weiteren Messier-Kugelsternhaufen, nämlich M 19. Dieser zeichnet sich durch eine auch schon im Fernglas erkennbare ovale Form aus.

Drei von Fünf

Der Stern ρ Oph ist vor allem wegen des gleichnamigen farbenfrohen Nebels bekannt, der im Fernglas jedoch nicht sichtbar ist. Aber auch ρ Oph selbst ist interessant: Es handelt sich um ein Fünfsternsystem, von dem drei Komponenten bei guten Sichtbedingungen bequem mit dem Fernglas aufzulösen sind, da sie jeweils gut 150" voneinander entfernt stehen. Finden lässt sich ρ Oph relativ leicht, da er nur 3° nördlich von Antares bzw. M 4 liegt. ► KayHempel

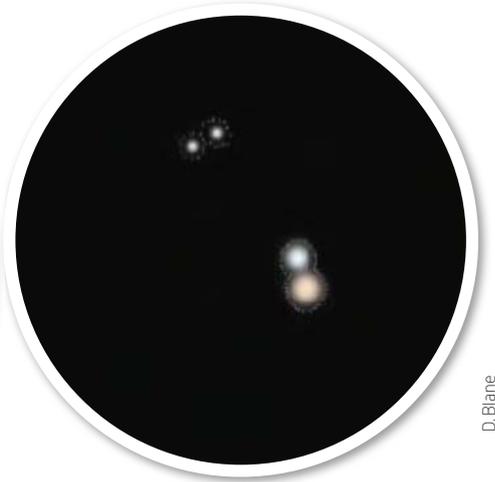
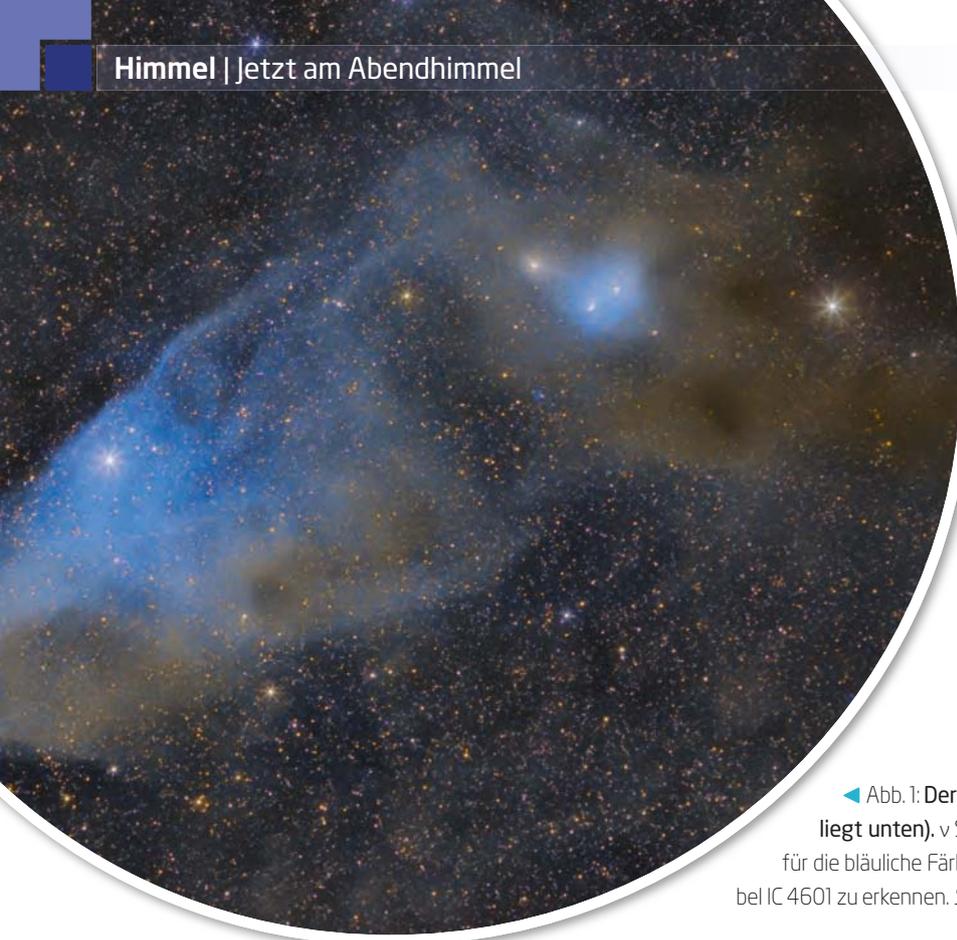


▲ Abb. 2: Rund um Antares findet sich eine Vielzahl spannender Fernglasobjekte.

PRAXISTIPP

Saturns großer Begleiter

Im Erscheinungszeitraum dieser Ausgabe steht Saturn nur wenige Grad vom Skorpion entfernt im Sternbild Schlangenträger. Sein Ringsystem lässt sich erst bei Vergrößerungen ab etwa 30× sehen, ein Fall für den Feldstecher ist aber der größte Saturnmond Titan mit einer Helligkeit von 8^m.4. Wichtig ist hier eine möglichst große Entfernung zum hellen Saturn. Geeignete Zeitpunkte können mithilfe der Grafiken im »Himmels-Almanach 2016« oder eines Planetariums-Programms ermittelt werden.



D. Blane

▲ Abb. 2: Zeichnung von v Scorpii im Teleskop.

◀ Abb. 1: Der »Blue Horsehead Nebula« IC 4592 im Skorpion (Norden liegt unten). v Scorpii befindet sich am Nasenrücken des Kopfes und sorgt für die bläuliche Färbung. Unterhalb der »Ohren« ist der ebenfalls bläuliche Nebel IC 4601 zu erkennen. Scott Rosen

Für Stadtbeobachter: Doppeltes Paar im Skorpion

Bei v Scorpii handelt es sich um ein Vierfach-Sternsystem, das häufig mit dem »Doppel-Doppel« ε Lyrae verglichen wird. Bereits mit 25-facher Vergrößerung lässt sich das erste Pärchen trennen: Eine 4^m starke Komponente löst sich mit einem komfortablen Abstand (41") von einem etwas schwächeren Begleiter (6^m3). Beide Komponenten haben ihrerseits Begleiter, deren Trennung jedoch sehr viel schwieriger ist und eine erheblich größere Öffnung erfordert. Mit einem 200mm-Teleskop ließ sich bei über 200-facher Vergrößerung eine dritte Komponente erahnen, wirklich gelungen ist die Trennung aber auch damit nicht. Der Beobachter benötigt also nicht nur eine gute Sicht zum Horizont, sondern auch einiges an Geduld.

Tief am Horizont

v Scorpii liegt mit einer Deklination von -19° ähnlich südlich wie M 41. Wer also in der Lage ist, den horizontnahen Offenen Sternhaufen im Sternbild Großer Hund zu beobachten, kann sich an den sommerlichen Ausflug zum Skorpion wagen. Ein geeigneter Ausgangspunkt ist hierbei Antares, der in den Sommermonaten zusammen mit den Scherensternen des Skorpions, π, δ und β Scorpii über dem Horizont zu sehen ist. In der Stadt gilt es da manchmal eine Häuserlücke auszunutzen. Von Vorteil ist, dass v Scorpii re-

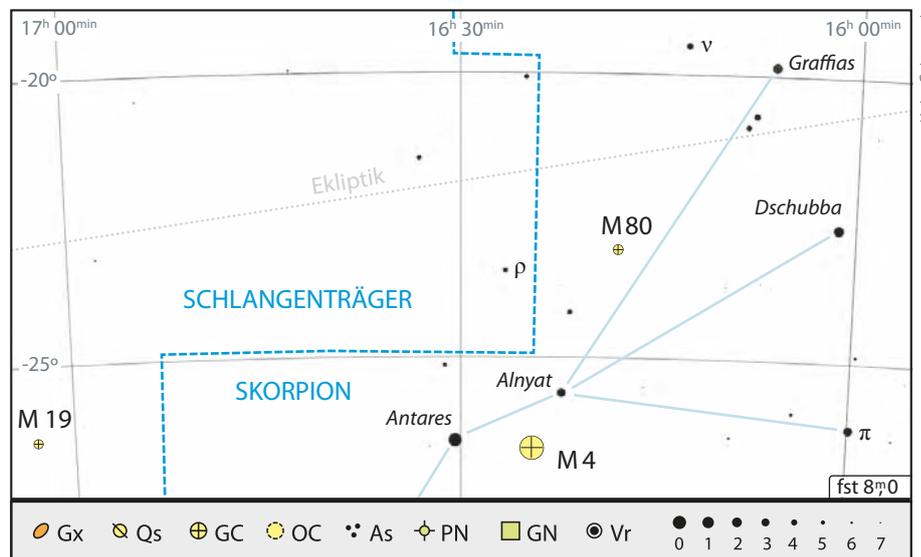
lativ leicht zu finden ist: Von β Scorpii, dem nördlichsten Stern der drei Scherensterne, braucht man das Teleskop lediglich 1,5° östlich zu schwenken bis hin zu einem markanten Dreieck mit zwei 7^m hellen Sternen und einem Stern der 4. Ordnung. Der hellere Stern ist unser Ziel: v Scorpii.

Pferdekopfnebel im Skorpion

Beim Pferdekopfnebel denkt vermutlich jeder an das markante Objekt im Sternbild

Orion. Nur wenige wissen, dass es auch im Sternbild Skorpion einen Nebel gibt, dessen Form an den Kopf eines Pferdes erinnert: IC 4592. Der Nebel fällt besonders durch seine überwiegend bläuliche Färbung auf. Verantwortlich dafür ist der auf dem »Nasenrücken« des Pferdes gelegene v Scorpii. Um den blauen Pferdekopfnebel im Umfeld von v Scorpii zu sehen, sind allerdings ein sehr dunkler Himmel und ein südlicher Standort nötig.

► Karl-Peter Julius



Kaiv. Schauroth

▲ Abb. 3: Aufsuchkarte für v Scorpii und M 4.

► Abb. 1: M 4 ist einer der nächstgelegenen Kugelsternhaufen.
Rudolf Dobesberger

Deep-Sky-Schätze für Landbeobachter: Ein kosmisches Fossil

Im Skorpion finden sich zahlreiche helle Nebel und Sternhaufen. Das macht ihn populär bei vielen Beobachtern und Fotografen. Er ist allerdings von Mitteleuropa aus schwer zu beobachten. Nur wenige Nächte im Jahr bieten die passende Kombination aus guter Horizontsicht, ausreichender Dunkelheit und klarem Himmel. Dann ziehen Objekte wie der helle Kugelsternhaufen M 4 die Beobachter geradezu magnetisch an.

M 4 wurde im Zeitraum 1745/1746 von Philippe Loys de Chéseaux entdeckt und 1764 von Charles Messier in seinen Katalog aufgenommen. Messier konnte M 4 auch in sehr schwache Einzelsterne auflösen und war damit der Erste, dem dies bei einem Kugelsternhaufen gelungen ist.

Kugelsternhaufen vor der Haustür

Mit einer Entfernung von etwa 7200 Lichtjahren ist M 4 der uns nächstgelegene Kugelsternhaufen, der mit Amateurinstrumenten beobachtet werden kann. Nur der erst 2006 im Infraroten entdeckte Haufen FSR 1767 liegt mit 4900 Lichtjahren noch näher. Mit einem Alter von 12,2 Milliarden Jahren erblicken wir hier ein kosmisches Fossil: Die Sterne des Haufens dürften alle das gleiche hohe Alter haben und damit eine noch vergleichsweise ursprüngliche Zusammensetzung aufweisen. Wie alle Kugelsternhaufen umrundet M 4 das Zentrum der Milchstra-

ße auf einer weiten Bahn und durchläuft so auch immer wieder die galaktische Scheibe. Dabei gehen in der Regel zahlreiche Haufensterne verloren, so dass M 4 im Laufe der Zeit an Leuchtkraft eingebüßt haben dürfte. Das Licht des Kugelsternhaufen wird heute außerdem durch das interstellare Medium um ein bis zwei Größenklassen geschwächt.

Auf den Standort kommt es an

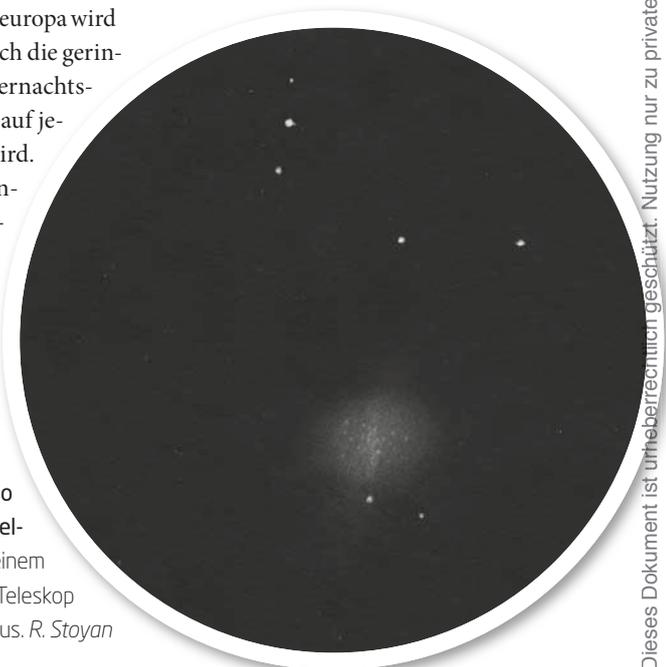
Von der Südhalbkugel aus ist M 4 bei optimalen Bedingungen fast noch mit bloßem Auge als blasses Nebelchen direkt neben Antares erkennbar. In Mitteleuropa wird für die Beobachtung jedoch durch die geringe Horizonthöhe und die Mitternachtsdämmerung erschwert, so dass auf jeden Fall ein Fernglas benötigt wird. Dieses zeigt in schönem Kontrast zum orangefarbenen Antares einen deutlichen Nebelball. Auch der Anblick im Teleskop ist stark vom Standort abhängig. Während von südlicheren Standorten nur 120mm

bis 150mm Öffnung zur Auflösung in Einzelsterne benötigt werden, muss man in Mitteleuropa schon 200mm Öffnung verwenden. Auffälligstes Merkmal von M 4 ist ein längerer Balken hellerer Sterne, der quer durch den Kugelsternhaufen verläuft.

Nur ein halbes Grad nordöstlich findet sich mit NGC 6144 ein weiterer, allerdings deutlich schwächerer Kugelsternhaufen. Astrofotografen bilden M 4 oft zusammen mit der farbenprächtigen Rho Ophiuchi/Antares-Region ab – eines der spektakulärsten Motive des gesamten Himmels.

► Matthias Juchert

► Abb. 2: So sieht der Kugelsternhaufen in einem kleinen 70mm-Teleskop bei 56× aus. *R. Stoyan*



► Abb. 1: **Fotografie des Mars** aus dem Orbit mit Blick auf die Polkappe.

NASA/JPL/USGS

Blick zum ROTEN PLANETEN



Mars im Einsteigerteleskop beobachten

schützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Die leuchtend orange-rote Erscheinung des Mars am Nachthimmel zieht die Menschen bis heute in ihren Bann. Allein fünf aktive Sonden umkreisen aktuell den Roten Planeten und zwei Rover erkunden seine Oberfläche. Mit dem ExoMars Trace Gas Orbiter samt Landemodul Schiaparelli ist gerade eine weitere Mission auf dem Weg zum Mars.

Viele alte Kulturen sahen in Mars den Boten für Krieg und Zerstörung. Die Griechen übernahmen diesen Glauben von den Babyloniern und aus deren Kriegsgott Nergal wurde Ares, der Feuer und Eisen beherrscht. Schließlich nannten ihn die Römer nach ihrem Kriegsgott Mars. Auch die Science-Fiction-Literatur der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts übernahm diese Sichtweise und beschrieb Mars gerne als Ursprung feindlicher Invasoren.

Mars im Profil

Mars hat einen erdähnlichen Aufbau, besitzt somit einen Kern, einen Mantel und eine feste Kruste. Seine typische rote Farbe stammt von Eisenoxid, also Rost. Mit einem Äquatordurchmesser von 6792km ist der Planet nur etwa halb so groß wie die Erde. Ein Tag auf dem Mars dauert 24 Stunden und 37 Minuten und ist damit fast gleich lang wie ein Erdtag. Die Bilder und Daten der auf dem Mars gelandeten Sonden zeigen einen trockenen Wüstenplaneten, dessen Atmosphäre nur rund ein Prozent des irdischen Luftdrucks aufweist. Allerdings deutet alles darauf hin, dass es in der Frühzeit des Planeten eine sehr viel dichtere Atmosphäre gegeben haben muss und sogar flüssiges Wasser vorhanden war. Es könnte sich also durchaus Leben in Form von Mikroorganis-

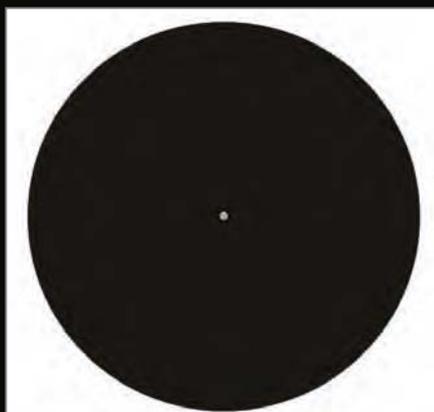
men wie z.B. Bakterien entwickelt haben. Die Entfernung Erde-Mars schwankt aufgrund seiner stark elliptischen Umlaufbahn zwischen 55,6 Millionen und 101 Millionen Kilometern.

Mars im Teleskop

Schon im 17. Jahrhundert konnte man im Teleskop dunkle Strukturen auf der Oberfläche des Mars erkennen. Diese Beobachtungen lassen sich heute bereits im kleinen Teleskop von 70mm nachvollziehen. Diese sogenannten Albedo-Strukturen sind vergleichbar mit den »Meeren« des Mondes. Es sind also Strukturen auf den Oberflächen von Himmelskörpern, die durch unterschiedlich starke Rückstrahlungseigenschaften des Materials bei Lichteinfall entstehen, so dass unterschiedlich helle bzw. dunkle Gebiete sichtbar werden. Sie erscheinen auf dem Mars meistens in einem mehr oder weniger hellen Branton im Gegensatz zum vorherrschenden orange-rot der übrigen Marsoberfläche. Eine besonders prägnante Albedo-Struktur ist die »Große Syrte«, lateinisch Syrtis Major, die im Teleskop als dunkle dreieckige Struktur erscheint.

Veränderliche Polkappen

Spannend ist auch die Beobachtung der Polkappen, die sich als sehr helle weißliche Flecken im Teleskop darstellen. Diese Strukturen verändern sich im Verlauf der Jahreszeiten des Mars deutlich. Mit dem einsetzenden Marsfrühling auf der entsprechenden Hemisphäre schmilzt die Polkappe langsam ab, wird kleiner und verschwindet im Sommer schließlich ganz. Auf der entgegengesetzten Hemisphäre kann im dortigen Herbst und Winter parallel ein Anwachsen der Polkappe beobachtet werden.



▲ Abb. 2: Ein Teleskop mit 70mm Öffnung zeigt Mars als kleines rötliches Scheibchen und bei günstigen Bedingungen die Polkappen und große Albedo-Strukturen (Illustration).



▲ Abb. 3: Zeichnung: Bei höheren Vergrößerungen von 200 × zeigt ein Teleskop mit 102 mm Öffnung bereits zahlreiche Albedo-Strukturen.

PRAXISTIPP

Der richtige Beobachtungszeitpunkt

Für den visuellen Beobachter ist Mars eine Herausforderung. In der Opposition 2016 erscheint das Marsscheibchen nur 18,4 Bogensekunden groß. Im Vergleich dazu besitzt der Mond eine Größe von 1800 Bogensekunden, ist also 100-mal so groß! Darüber hinaus erreicht der Planet dieses Jahr nur eine Höhe von etwa 18° über dem Horizont. Für eine erfolgreiche Beobachtung der Albedo-Strukturen oder der Polkappen müssen da gewisse Bedingungen erfüllt sein: Warten Sie mit der Beobachtung, bis der Planet seine höchste Stellung im Süden erreicht und nutzen Sie eine Nacht mit sehr ruhiger Luft. Wie gut das Seeing ist, verraten die Sterne: Flackern sie auch in Horizontnähe nur wenig, ist die Luftunruhe gering. Jetzt können Vergrößerungen von über 100× genutzt werden.

Beachten Sie allerdings, dass es für eine gegebene Teleskopöffnung eine höchstmögliche sinnvolle Vergrößerung gibt. Als Faustformel gilt: Maximale Vergrößerung = Teleskopöffnung × 2. Ein optisch gutes Teleskop von z.B. 70mm Öffnung erreicht also bei 140× Vergrößerung seine Leistungsgrenze.

INTERAKTIV



Lambert Spix' langjährige Leidenschaft ist die praktische Astronomie und ihre Weitergabe an Neulinge. Wenn Sie sich in seiner Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder auf unserer Facebook-Seite.

Kurzlink: oc1m.de/fb

► Abb. 1: Spektakulär: Der Vorübergang Merkurs vor der Sonnenscheibe am 9. Mai war ein Highlight für Amateurastronomen. Das kleine Merkur-scheibchen stand wie ausgestanzt vor den Strukturen der Sonnenoberfläche. Diese Aufnahme im Wasserstoff-Licht bei 656nm entstand mit einem Lunt 60mm-H α -Teleskop mit einer QHY5LII CCD-Kamera.
Sebastian Voltmer

Dunkler Planet vor heller Sonne

Bilder des Merkurtransits am 9. Mai 2016

Es ist eines der seltenen astronomischen Ereignisse und zudem noch eines, das ohne Hilfsmittel nicht zu beobachten ist: der Transit von Merkur vor der Sonne. Am 9. Mai 2016 verfolgten Amateurastronomen und auch Laien unter fachkundiger Anleitung, wie der sonnennächste Planet, sichtbar nur als kleiner schwarzer Punkt, langsam über die Sonnenscheibe wanderte. Das Schauspiel endete im deutschsprachigen Raum mit dem Sonnenuntergang. Abenteuer Astronomie hat die besten Bilder des Transits zusammengestellt.

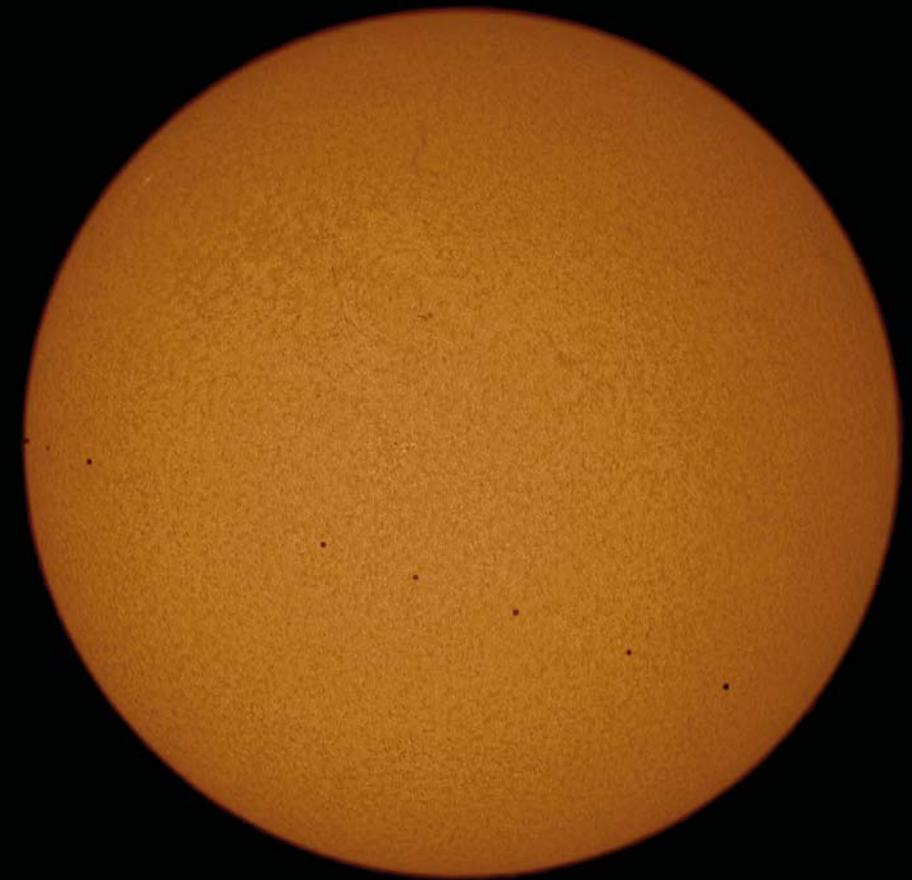
Einen Merkurtransit kann man nicht ohne Hilfsmittel verfolgen: Man benötigt ein Fernglas oder besser ein Teleskop mit einem sicheren Sonnenfilter, um das Ereignis sehen zu können. So konnte man, wo das Wetter mitspielte, auch am 9. Mai beobachten, wie der Planet um 13:12 Uhr MESZ die Sonnenscheibe berührte und in den folgenden Stunden langsam als kleiner schwarzer Punkt über unseren Zentralstern wanderte. Die Mitte des Transits war um 16:56 Uhr MESZ erreicht. Er endete gegen 20:40 Uhr. An vielen Orten war die Sonne da bereits untergegangen. Die besten Beobachtungsbedingungen gab es im Nordosten, während im Süden und Westen immer wieder Wolken den Blick auf die Sonne beeinträchtigten.

Nächste Chance

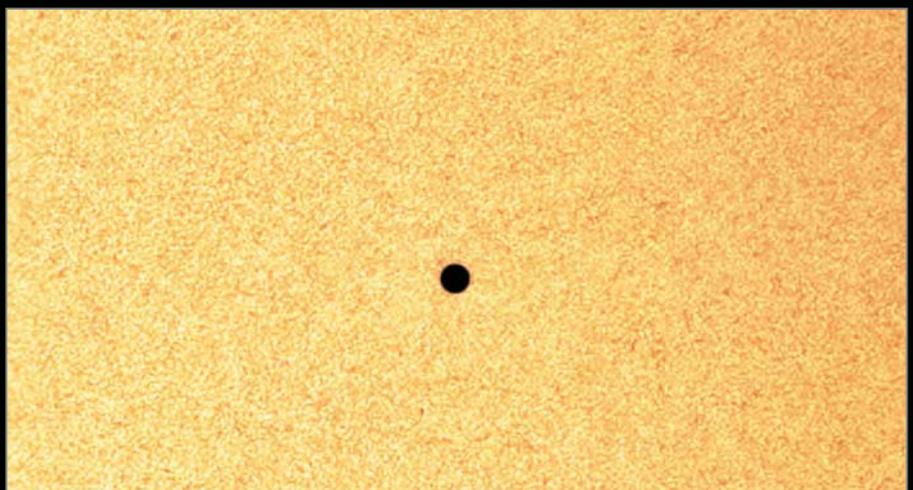
Wer am 9. Mai kein Glück mit dem Wetter hatte, muss gar nicht so lange auf die nächste Chance zur Beobachtung warten: Am 11. November 2019 wird der Planet wieder vor die Sonne treten. Allerdings ist dann von Mitteleuropa aus nur der Beginn zu sehen. Erst am 13. November 2032 lässt sich wieder ein fast vollständiger Merkurtransit vom deutschsprachigen Raum aus beobachten.

► **Abb. 3: Merkur kurz nach dem Eintritt.** Anblick im H α -Licht, aufgenommen mit einem 100mm-Refraktor und Daystar Quark Chromosphere Filter. *Michael Schmidt*

▼ **Abb. 2: Merkur zog über mehr als sieben Stunden vor der Sonnenscheibe entlang.** Diese Aufnahme ist ein Komposit aus acht Bildern. Aufgenommen mit einem Lunt ST 60/500 THalpha-Teleskop und einer Canon EOS 60Da. Pro Aufnahme wurde 1/250s belichtet bei ISO 400. *Frank Meyer*



► **Abb. 4 Das Merkurscheibchen im Weißlicht vor der Granulation der Sonnenoberfläche.** Aufgenommen mit einem 105/630mm-Refraktor, Baader Herschelprisma und Skyris 618M Kamera. *Sebastian Voltmer*



SURFTIPPS

- Bilder von unseren Lesern
- Mehr vom Solar Dynamics Observatory

 **Kurzlink:** oc1m.de/a3045

▼ Abb. 5: Während das Ereignis bei hohem Sonnenstand begann, fand der Austritt nahe des Horizonts statt – hier mit vorbei fliegendem Flugzeug im Vordergrund. Die Aufnahme entstand gegen 19:12 MESZ mit einem 175mm-Refraktor und Baader fotografischer Sonnenfilterfolie, 1/2500s belichtet bei ISO 400 mit einer Canon 5Ds. *Rudolf Hillebrecht*



▲ Abb. 7: Der Augenblick des Eintritts im H α -Licht. Eine Protuberanz wurde nur knapp verfehlt. Aufgenommen mit einem 60/355mm-Refraktor und 50mm Lunt H α -Filter. 40s belichtet mit einer ASI 120 Kamera. *Armin Erndt*

▼ Abb. 8: Der Eintritt ist um 13:15 MESZ gerade beendet. In dieser sehr scharfen Aufnahme ist kein Tropfeneffekt zu erkennen. Verwendet wurde ein 203mm-Newton und eine QHY5L-II m CCD-Kamera bei 0,57ms Belichtungszeit. *Torsten Kammer*



▲ Abb. 6: Die Kleinheit Merkurs im Vergleich zur Sonne wird in dieser Aufnahme besonders deutlich. Mosaik aus 16 Einzelbildern mit einem 72/432mm-Refraktor, gewonnen mit einem Daystar Quark Chromosphere H α -Filter. *Bernd Gährken*



Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken.

ERLEBNIS

Merkurtransit in Bonn als Wolkenkrimi

Schon einige Tage vor dem seltenen Naturschauspiel stand fest, dass der Merkurtransit angesichts einer dichten Schleierbewölkung für die Sonderveranstaltung an der Volkssternwarte Bonn zu einem Wolkenkrimi werden würde. Schon vor 12:00 Uhr zogen die ersten Cirren über den Himmel, die störten die in Bonn angebotene Sonnenbeobachtung jedoch überhaupt nicht. So konnte um 13:12 Uhr problemlos der Eintritt des kleinen Planeten in den aufgebauten Sonnenteleskopen beobachtet werden.

Manche Besucher fotografierten direkt das projizierte Sonnenbild an, andere hielten ihre Handys ans Okular, um so den Planetentransit festzuhalten. In

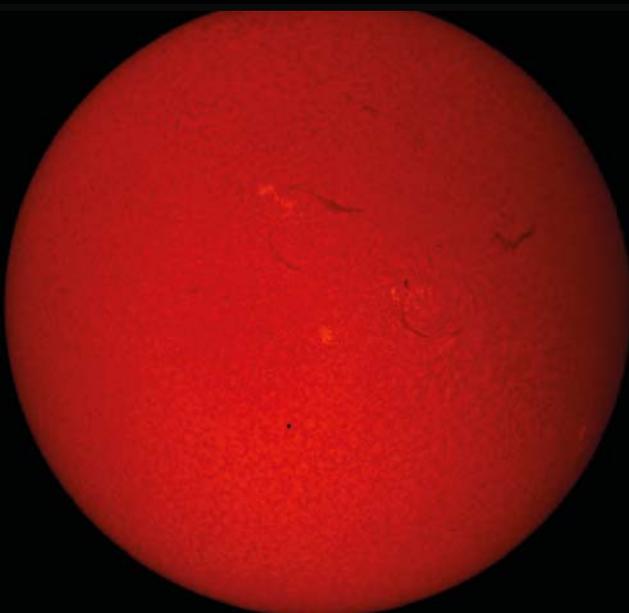
den ersten Stunden hielt sich noch das Wetter, zur Mitte des Merkurdurchgangs verschlechterten sich die Bedingungen zusehends, so dass das projizierte Sonnenbild immer diffuser wurde und auch der winzige Merkur verschwand. Doch schon nach einer halben Stunde lichten sich die dichten Wolken wieder und der kleine Planet war noch bis gegen 18:00 Uhr vor einer leicht diesigen Sonne zu sehen - danach verschwand die Sonne hinter dem Sternwartengebäude. Mit über 50 Besuchern war die öffentliche Beobachtung somit trotz einiger Wolken ein Erfolg.

► Nico Schmidt



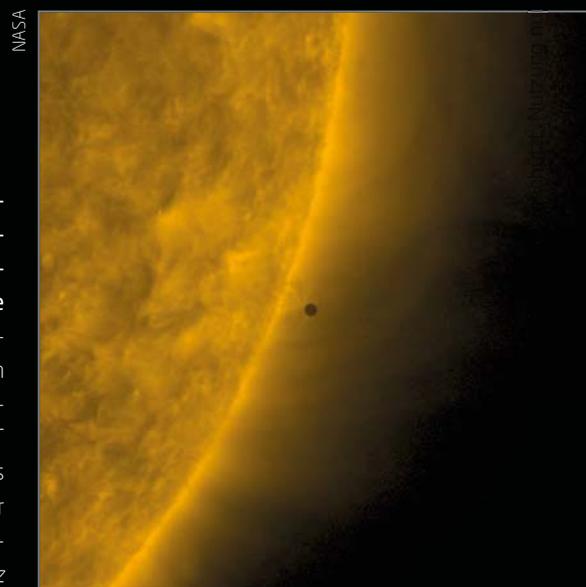
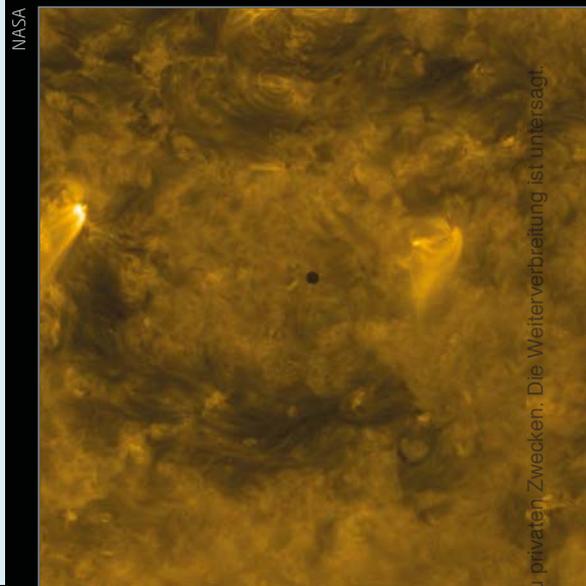
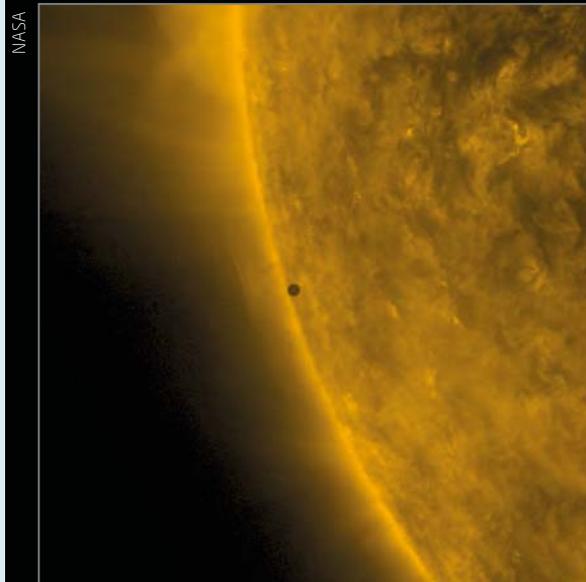
N. Schmidt

▲ Abb. 9: Zum Eintritt des Merkur drängten sich die Besucher der Volkssternwarte Bonn dicht um ein Teleskop, bei dem die Sonne mittels Projektion gezeigt wurde. So ließ sich das Sonnenbild auch bequem im Sitzen abfotografieren.



◀ Abb. 10: Das kleine Merkurscheibchen vor der Sonne gegen Mitte des Transits. Aufnahme mit einem 60/500mm-Refraktor und Lunt LS60T Ha-Filter, 200×0,8ms belichtet mit einer QHY5IIC CCD-Kamera. Frank Iwaszkiewicz

▼ Abb. 11: So sah das Solar Dynamics Observatory der NASA den Transit aus dem All. Bei einer Wellenlänge von 17nm im extremen Ultraviolett ist Merkur schon vor dem Eintritt und nach dem Austritt vor dem Hintergrund der Sonnenkorona zu sehen.



NASA
zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

► Abb. 1: Das Katzenauge NGC 6543 ist ein spektakuläres Objekt, nicht nur auf dieser Aufnahme des Hubble-Weltraumteleskops.

Im Bann des Katzenauges

Deep-Sky-Ziele rund um NGC 6543

Er sieht aus wie ein grün glühendes Auge in der Nacht: Der Katzenaugen-Nebel macht seinem Namen im Teleskop alle Ehre. Sein Bild des Hubble Space Telescope ist eines der bekanntesten des Weltraumteleskops. In direkter Nachbarschaft finden sich weitere interessante Ziele, die im Juni und Juli nahezu im Zenit zu finden sind.

Das Sternbild Drache schlängelt sich zwischen dem Kleinen und Großen Wagen hindurch. Mit einer markanten Kurve wendet es sich dann nach Süden und streckt seinen Kopf dem Himmels-Helden Herkules entgegen. Das Sternpaar χ und φ Draconis steht am Anfang der Kurve und bildet den Ausgangspunkt für das Aufsuchen der hier vorgestellten Objekte.

Ins Katzenauge

Der Katzenaugen-Nebel mit der leicht zu merkenden Nummer **NGC 6543** ist der unbestrittene Star dieser Himmelsregion. Wer ihn bei niedriger Vergrößerung per Goto oder Starhopping einstellt, merkt davon jedoch noch nichts: Der unscheinbare Planetarische Nebel ist weniger als halb so groß wie das Jupiterscheibchen. Ohne Vergrößerung geht hier

► Abb. 2: Der Katzenaugennebel (Mitte) mit dem äußeren Halo und IC 4677 (rechts) und der Galaxie NGC 6552 (links).

nichts, man sollte so hoch vergrößern, wie es Teleskop und Seeing erlauben (vgl. Kasten) – für letzteres ist der hohe Stand des Objekts im Frühsommer ideal.

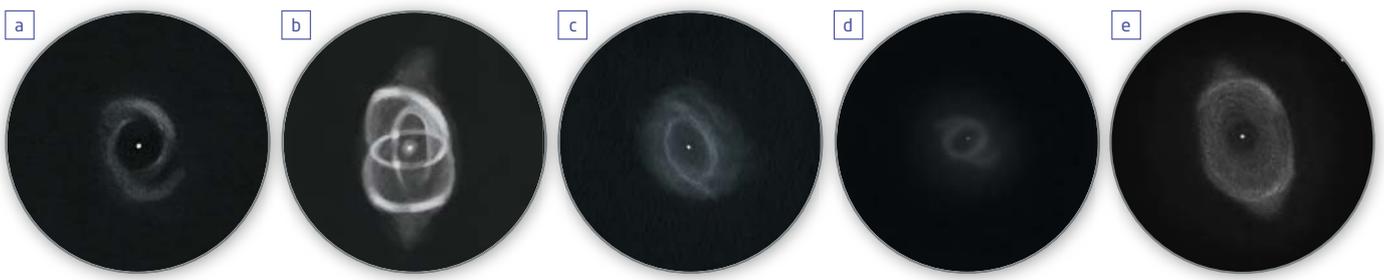
Mit sehr viel Geduld kann man schon in relativ kleinen Teleskopen ab 200 \times erkennen, dass die Nebelscheibe nicht homogen ist, son-

dern helle bogenförmige Strukturen und einen Zentralstern besitzt. Es ist auch mit mittleren Öffnungen relativ schwierig, die genaue Struktur dieser Bögen zu erfassen. Sehr sinnvoll ist eine Zeichnung – dies zwingt zum genauen Hinsehen und man lässt sich auf das Objekt voll ein.





NASA, ESA, HEIC, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)



▲ Abb. 3: Zeichnungen von NGC 6543: Uwe Glahn 400mm-Newton (a), Uwe Glahn 685mm-Newton (b), Hans-Jürgen Merk 400mm-Newton (c), Oliver Stein 350mm-Newton (d), Rainer Mannoff 460mm-Newton (e).

Mich erinnerten die Strukturen bei 600x mit dem 360mm-Newton an eine Brezel.

Bei niedriger Vergrößerung lässt sich neben der intensiven grünen Farbe noch eine weitere Besonderheit erkennen: der äußere Halo von NGC 6543. Insbesondere ein heller Knoten an der Westseite des Nebels mit der Bezeichnung IC 4677 lässt sich mit UHC- oder [OIII]-Nebelfilter herausarbeiten. Ohne den Filter kann man NGC 6552 sichten, eine 14^m-Galaxie 10 Bogenminuten östlich vom Katzenauge. Mir erschien sie mit 360mm Öffnung relativ deutlich, sie ist größer als der Planetarische Nebel.

NGC 6543 lässt sich von χ und ϕ Dra über das Paar 37/38 Dra per Starhopping auffinden. Ich bevorzuge den Weg über ω und 27 Dra: der Nebel liegt 4° südöstlich, wenn man genau rechtwinklig von der Verbindungslinie dieser beiden Sterne abgeht. Wer mit einem optischen Sucher arbeitet, erkennt NGC 6543 dort als 8^m-Stern.

Verloren im Raum

NGC 6503, 5° nördlich von NGC 6543, gehört zu den zu Unrecht unbekanntem Objekten. Die 10^m-Galaxie kann schon mit sehr kleinen Teleskopen als länglicher Nebelstreifen neben ei-

nem 7^m-Stern erkannt werden. Mit mittleren und größeren Geräten offenbart sich eine strukturierte Nebelscheibe. Auf Fotos sind zahlreiche rötliche Sternentstehungsgebiete zu sehen, die die Arme von NGC 6503 nachzeichnen. Wir blicken unter einem relativ flachen Winkel auf diese Spiralgalaxie.

Interessant an dieser 18 Millionen Lichtjahre entfernten Welteninsel ist ihre Position: Sie befindet sich im »Local Void«, einem riesigen Raum von 150 Millionen Lichtjahren Durchmesser, in dem sich nahezu keine anderen Sterne und Galaxien befinden. Der für seine blumigen Eigennamen bekannte amerikanische

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die V

Deep-Sky-Ziele rund um das Katzenauge

Objekt	Typ	R.A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Bemerkung	isDSA
NGC 6543	PN	17 ^h 59,5 ^{min}	+66° 38'	8, ^m 1	0,3'	Katzenaugennebel	3
NGC 6503	Gx	17 ^h 49,4 ^{min}	+70° 9'	10, ^m 2	4' × 1'	Lost-In-Space-Galaxy	3
NGC 6621/2	Gx	18 ^h 12,9 ^{min}	+68° 22'	13, ^m 2	2,1' × 0,8'	Arp 81	3
Kemble 2	Ast	18 ^h 35,1 ^{min}	72° 22'	k. A.	30'	Kleine Kassiopeia	3
PGC 61695	Qs	18 ^h 30,4 ^{min}	+73° 13'	14 ^m	stellar	variabel	3
NGC 6786	Gx	19 ^h 10,9 ^{min}	+73° 25'	13, ^m 0	1,1' × 0,9'	Paar mit UGC 11415	3
UGC 11415	Gx	19 ^h 11,1 ^{min}	+73° 26'	14, ^m 3	1,0' × 0,7'	Paar mit NGC 6786	3

Wild's Variable Object

Ein völlig anderes Ziel ist **PGC 61965**. Dieses sternförmige Objekt steht etwa 1° nördlich von Kemble 2. Es handelt sich um einen Quasar, einen extrem leuchtkräftigen Galaxienkern, in 1,5 Milliarden Lichtjahren Entfernung! Er gehört zu den hellsten seiner Art am Himmel und kann schon mit 250mm Teleskopöffnung gesichtet werden.

Während das visuelle Erscheinungsbild – wie ein sehr schwacher Stern – eher unspektakulär ist, offenbart regelmäßige Beobachtung einen interessanten Lichtwechsel. Paul Wild entdeckte, dass die Helligkeit des Quasars um mehrere Größenklassen zwischen 20^m und 14^m schwanken kann. Der Frankfurter Quasar-Beobachter Stefan Karge führt seit 17 Jahren eine Überwachung durch, Anfang 2016 betrug die Helligkeit 14,^m7 (vgl. Surfipps).

Für das Aufsuchen ist eine genaue Kenntnis des Orts erforderlich, denn der Quasar ist visuell kaum von einem Stern zu unterscheiden. Etwa 10 Bogenminuten südwestlich steht ein 9^m-Stern, der als Richtmarke dienen kann.

Nochmal interaktiv

Den Abschluss des Abends bildet das Galaxienpaar **NGC 6786/UGC 11415** etwa 5° östlich von PGC 61965. Wie bei NGC 6621/2 handelt es sich um ein wechselwirkendes System. Hier sind die beiden Galaxien aber noch weiter voneinander entfernt. Die Aufnahme des Hubble Space Telescope zeigt schon deutliche Anzeichen der gegenseitigen Gezeitenkräfte, die Verschmelzung wird aber noch einige hundert Millionen Jahre dauern. Die Distanz von der Erde beträgt etwa 350 Millionen Lichtjahre.

NGC 6786 ist relativ einfach schon mit 200mm Teleskopöffnung zu sehen, es zeigt sich aber damit noch kein Anzeichen der Wechselwirkung mit der Nachbargalaxie. Das bleibt großen Teleskopen vorbehalten. Die Galaxie UGC 11415 ist ein sehr schwieriges Objekt, auch deshalb, weil ein Stern direkt vor ihr steht und die Wahrnehmung des schwachen Nebelhauchs stört.



▲ Abb. 6: Die »Kleine Kassiopeia« alias Kemble 2. John Mirtle



▲ Abb. 7: Zeichnungen von NGC 6621/2 (a) und NGC 6786/UGC 11415 (b) mit einem 685mm-Newton. Uwe Glahn

IM DETAIL

Die Physik des Katzenauges

Der etwa 3000 Lichtjahre von uns entfernte Katzenaugen-Nebel ist ein so genannter Planetarischer Nebel. Diese Klasse von Objekten hat nichts mit Planeten zu tun, sondern beschreibt eine Phase am Lebensende sonnenähnlicher Sterne. Hat der Stern seinen Brennstoffvorrat an Wasserstoff, Helium und schwereren Elementen verbraucht, verliert er das Gleichgewicht von nach außen gerichtetem Strahlungsdruck und nach innen gerichteter Schwerkraft. Es stellen sich Instabilitäten ein, bei denen der Stern Masse verliert. Dabei stößt der Stern mehrmals seine äußeren Schichten in den umgebenden Raum ab. Der so freigelegte sehr heiße Kern des Sterns regt diese von ihm ausgestoßenen Gasmassen zum Leuchten an. Bei den meisten Planetarischen Nebeln spielt das grüne Licht des Sauerstoffs eine große Rolle, sie erscheinen deshalb in dieser Farbe im Teleskop und ein [OIII]-Filter kann seine Wirkung entfalten.

Der Kern von NGC 6543 ist etwa ein halbes Lichtjahr groß. Der Zentralstern – wahrscheinlich ein sehr enges Sternpaar – hat eine Oberflächentemperatur von annähernd 60.000°C. Er sendet einen starken Sternwind aus, der von innen an die zuvor emittierten Gasmassen stößt. Dadurch entstehen die auf dem Hubble-Foto bläulich aussehenden Schalen, die vor wenigen tausend Jahren erzeugt wurden. Die orangefarbenen Flecken an den gegenüberliegenden Enden sind so genannte Jets in einer bipolaren Anordnung, beeinflusst durch die Umlaufbewegung des zweiten, nicht sichtbaren Sterns. Weiter außen erkennt man schließlich schalenartige Stoßfronten, wo der Sternwind die kühleren Außenbereiche des Nebels von innen einholt. Die regelmäßige Anordnung legt mehrere wiederkehrende Ausbrüche nahe.

SURFTIPPS

- Aufsuchkarte für PGC 61965

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a3051

► Abb. 1: Planeten sind am Himmel nicht immer geradlinig unterwegs: Während der Rote Planet 2007/2008 eine Marsschleife mitten durch das Sternbild Stier zog, zeichnet Mars dieses Jahr eine S-Form bzw. Zick-Zack-Form durch den Skorpion.

P. Wienerroither

Wenn der Mars rückwärts läuft

Eine Marsschleife selbst beobachten

Rund alle zwei Jahre steht der Mars in Opposition zur Sonne und ist daher von der Erde aus die ganze Nacht beobachtbar. Dabei präsentiert die Himmelsmechanik eine ganz besondere Show: eine so genannte Marsschleife. Jeder Planet jenseits der Erde zeigt dieses seltsame Verhalten, doch die Oppositionsschleife des Roten Planeten lässt sich besonders gut beobachten. Die Schleifenbewegung von Mars am Himmel zu verfolgen, ist auch heute noch spannend, denn sie verdeutlicht den langen Kampf um das heliozentrische Weltbild.

Normalerweise wandern Planeten vor dem Hintergrund des Sternhimmels immer von West nach Ost. So wie sich Mars zu Anfang des Jahres noch im Sternbild Waage befand, sich zurzeit im Skorpion aufhält und im Herbst in den Schützen wechseln wird, so rückt jeder äußere Planet Nacht für Nacht ein kleines Stückchen nach Osten vor. Gelegentlich kommt es jedoch zu einem sonderbaren Himmelsschauspiel. Denn während der Mars-Opposition, wenn also der Planet genau gegenüber der Sonne steht und somit von der Erde aus die ganze Nacht beobachtbar ist, wird er zeitweise zum Geisterfahrer auf der Ekliptik. Der Rote Planet gerät aus der bekannten geordneten Bahn und läuft plötzlich rückwärts über den Himmel.

Seltene Planetenschleifen ...

Dabei verlangsamt sich die normale rechtläufige (prograde) Bewegung, bis der Planet kurz ganz anhält und sich danach für eine gewisse Zeit rückläufig (retrograd) über den Himmel bewegt, bis er erneut stoppt und wieder seine übliche Bewegungsrichtung einnimmt. Vor dem Hintergrund des Sternhimmels beschreibt diese seltsame Bewegung eine Schleife, genauer Oppositionsschleife oder Planetenschleife genannt. Besonders bekannt ist die Marsschleife, die der Rote Planet rund alle zwei Jahre am Himmel zieht.

Der rückwärtslaufende Mars ist nur ein scheinbarer Effekt, der allein aus der einfachen Tatsache entsteht, dass die Erde den äußeren Mars überholt: Die auf der Innenbahn gelegene Erde umkreist die Sonne schneller

als der weiter außen liegende Mars. Dieses simple Überholmanöver hat eine scheinbare Schleifenbahn zur Folge, wobei der Planet – je nachdem, wo Mars sich auf seiner Umlaufbahn gerade befindet – statt einer Schleife auch eine Zick-Zack-Bahn durchlaufen kann.

... und Kopernikus' Lösung

Bereits seit Jahrtausenden wird beobachtet, wie Mars seine normale Bewegung gelegentlich umkehrt und dabei eine Schleifenbahn an den Himmel zeichnet. Die wohl älteste Beschreibung des sonderbar rückläufigen Mars wurde in einer Grabkammer des Pharaos Seti I., Sohn von Ramses I., entdeckt. Vor fast 3300 Jahren wurden dort Hieroglyphen hinterlassen, die sinngemäß bedeuten, dass sich Mars rückwärts bewegt. Dieses selt-



hende Erde bewegt. So vollführte mit diesem Kreis-auf-dem-Kreis-Konstrukt der Rote Planet aus irdischer Sicht tatsächlich eine Schleife. Und obwohl es nicht gelang, auch mit noch so vielen Epizykeln die Theorie mit den Beobachtungen exakt in Übereinstimmung zu bringen, sollte das geozentrische Weltbild fast 1500 Jahre Bestand haben. Um 1510 entwarf schließlich Nikolaus Kopernikus ein Planetensystem, bei dem der Domherr annahm, dass die Planetenschleifen nur scheinbare Bewegungen sind, während alle Planeten um die Sonne kreisen sollten. Dafür muss man keine Hilfskreise mehr annehmen, bei denen sich die Umlaufrichtung der äußeren Planeten wirklich umkehrt.

Eine Marsschleife verfolgen

Eine Marsschleife lässt sich leicht selbst beobachten. Mit dem gelegentlichen Blick in Richtung Mars ist seine rückläufige Bewegung jedoch wenig offensichtlich, darum empfiehlt sich als kleines Projekt die Dokumentation mit Papier und Stift. Bereits kostenlose Programme wie »Stellarium« oder »Cartes du Ciel« bieten geeignetes Kartenmaterial zum Ausdrucken. Für die aktuelle Mars-Opposition genügt ein Ausdruck der Skorpion-Region nördlich des rötlichen Hauptsterns Antares, und damit die Sternkarte noch übersichtlich bleibt, reicht eine Grenzgröße von 8^m oder 9^m völlig aus. Da-

mit anschließend schwarze Sterne auf weißem Untergrund gedruckt werden, sollte die Übersichtskarte noch invertiert werden. Dann ist die Karte, in der die Positionen des Mars eingetragen werden können, auch schon fertig. Und es reicht schon eine kleine Wolkenlücke, um mit einem kurzen prüfenden Blick durch ein Fernglas die genaue Position des Planeten zu bestimmen und sie in die Sternkarte einzutragen.

Zick-Zack-Kurs statt Schleifenbahn

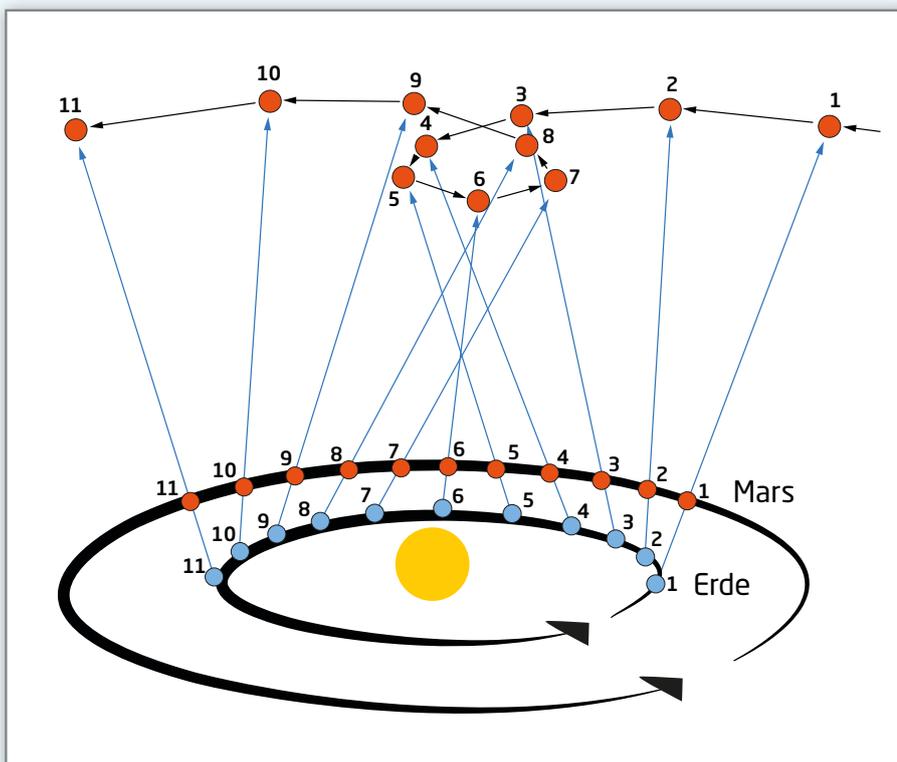
Die retrograde Bewegung der Mars-Opposition 2016 begann ab Mitte April. Den Umkehrpunkt erreichte der Planet am 17. April, d.h. er war kurz stationär und lief anschließend in scheinbar verkehrter Richtung weiter, so wie es schon die alten Ägypter beobachtet hatten. Während der rückläufigen Bahnbewegung kommt es Ende Mai zur Opposition, in der Mars, Erde und Sonne in einer Linie stehen, so dass der Rote Planet die gesamte Nacht beobachtbar ist. Das bedeutet auch, dass er am 22. Mai seine größte Helligkeit erreicht und zudem am 30. Mai mit 75 Millionen Kilometern Abstand der Erde am nächsten ist. Am 30. Juni wird Mars erneut stationär und nimmt anschließend wieder seine normale Bewegungsrichtung auf, wobei sich der Umkehrpunkt weniger als 0,5° entfernt vom helleren Kugelsternhaufen NGC 5897 befindet. Nun zieht der rötliche Wandelstern in Richtung Antares weiter, dem er am 24. August am nächsten steht.

Schaut man sich nun die in den zurückliegenden Wochen in die Sternkarte eingetragenen Planetenpositionen an, so fällt auf, dass Mars statt einer Schleifenbewegung eine wie oben beschriebene Zick-Zack-Bewegung vollführt hat. Da die Erdbahn leicht gegen die Marsbahn geneigt ist, ergeben sich je nach Position der Planeten unterschiedliche Bahnformen. Statt Papier und Stift lässt sich natürlich auch fotografisch eine Serie von Aufnahmen anfertigen, so dass die rückläufige Bewegung als Animation dargestellt werden kann. Insgesamt lässt sich so mit einfachen Mitteln das Himmelsschauspiel verfolgen bzw. sichtbar machen, das bei den Astronomen noch vor gut 2000 Jahren für Kopferbrechen sorgte und deshalb mit konstruierten Epizykeln (sowie der Kreisform) das geozentrische Weltsystem andert-halb Jahrtausende zusammenhielt.

same Verhalten sorgte später bei den griechischen Astronomen wie Ptolemäus für Kopfzerbrechen, denn wie sollte so eine Bewegung mit dem geozentrischen Weltbild erklärt werden. Ganz einfach: mit der Epizykeltheorie.

Nach ihr wanderte z.B. der Mars auf einem kleinen Kreis (Epizykel genannt), der sich wiederum seinerseits auf einem größeren Kreis (Deferent genannt) um die stillste-

Abenteuer Astronomie



▲ Abb. 2: Wenn die Erde auf der Innenbahn einen äußeren Planeten überholt, wird als Abbild dieser Bewegung am Sternhimmel eine Oppositionsschleife sichtbar.

► Nico Schmidt

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Welches Teleskop für die ASTROFOTOGRAFIE?



Der Markt der Teleskope scheint auf den ersten Blick unübersichtlich: Verschiedene Bauformen, unterschiedliche Öffnungsverhältnisse und auch noch Teleskope, die für die Fotografie optimiert sind, machen einem Einsteiger die Auswahl nicht leicht.

▲ Abb. 1: »Nadelfeine« Sternabbildungen bis in die Bildecken sind das Ziel der Astrofotografie. Für diese Aufnahme der Plejaden (Messier 45) wurde ein Refraktor mit 530mm Brennweite (f/5) zusammen mit einer Vollformat-DSLR verwendet. Das Bild setzt sich aus 12 Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von je 300 Sekunden (bei ISO 1600) zusammen und weist daher eine Gesamtbelichtungszeit von 60 Minuten auf.



Bei der Wahl eines Teleskops für die Astrofotografie sind vier Dinge wichtig: Die Brennweite des Teleskops, dessen Bauart, das Öffnungsverhältnis und die Größe des Bildfeldes, welches das Teleskop ausleuchtet.

Größe des Bildfeldes

Abhängig von der Kamera, die Sie für die Astrofotografie verwenden wollen, muss das Teleskop ein bestimmtes Bildfeld verzerrungsfrei ausleuchten, damit in den Bildecken nadelfeine Sternabbildungen und keine unschön verformten Lichtflecken entstehen. Zudem sollte das Teleskop über das gesamte Bildfeld ein (nahezu) gleichmäßig ausgeleuchtetes Bild liefern, damit Details und Sterne am Bildrand nicht durch Randabdunkelungen oder Vignettierungen geschluckt werden.

Wenn Sie für den Einstieg in die Astrofotografie eine digitale Spiegelreflexkamera mit APS-C-Sensor verwenden, so hat der rund 22,3mm × 15mm große Chip eine Diagonale von etwa 28mm; die meisten Amateuerteleskope können ein solches Bildfeld ausleuchten. Wenn Sie einen Vollformatchip mit 24mm × 36mm verwenden wollen, so ist hierfür ein Teleskop notwendig, das mindestens ein Bildfeld mit 43mm fehlerfrei ausleuchtet –

dies schaffen schon nicht mehr alle Teleskope. Leider fehlt diese Angabe meistens.

Öffnungsverhältnis

Die Lichtstärke von Fotoobjektiven wird in der Regel mit dem Blenden-Wert angege-



▲ Abb. 3: Klassische Linsenfernrohre eignen sich gut für die Astrofotografie. Die Ausrichtung auf das astronomische Objekt und dessen Abbildung auf dem Chip kann einfach mit der LiveView-Funktion kontrolliert werden.

▲ Abb. 2: An zahlreiche Amateuerteleskope kann mit wenig Aufwand eine DSLR angeschlossen werden. Hier kommt eine preiswerte Kamera mit APS-C-Sensor an einem Newton-Teleskop zum Einsatz.

ben; die entsprechende Angabe heißt bei Teleskopen Öffnungsverhältnis: Je kleiner die Zahl ist, umso lichtstärker ist das Teleskop und umso kürzer können die Belichtungszeiten gewählt werden. Das Öffnungsverhältnis ist die Relation von Öffnung zu Brennweite des Teleskops. Bei 100mm Öffnung und 900mm Brennweite beträgt es also 1:9.

Vereinfacht kann man sagen, dass Spiegelteleskope (Reflektoren) in der Regel Öffnungsverhältnisse zwischen 1:5 und 1:7 haben, Linsenteleskope (Refraktoren) üblicherweise zwischen 1:7 und 1:9 und Schmidt-Cassegrain-Teleskope meist um die 1:10. Spezielle Astrographen, d.h. Teleskope, die für die Astrofotografie optimiert sind, können auch Öffnungsverhältnisse zwischen 1:3 und 1:5 bei entsprechend kurzen Brennweiten erreichen. Mit derartig kurzbrennweitigen Teleskopen und großen Öffnungsverhältnissen können ausgedehnte Himmelsobjekte mit kurzen Belichtungszeiten abgebildet werden (vgl. Kasten).

► Abb. 4: Spiegelteleskope vom Typ Schmidt-Cassegrain sammeln mit ihren großen Öffnungen viel Licht. Hilfreich für die Astrofotografie sind die von den Teleskopherstellern angebotenen Fotoadapter, die dafür sorgen, dass die Kamera in der optimalen Position hinter der Optik positioniert wird.

Q IM DETAIL

Öffnungsverhältnis und Belichtungszeit

Die Belichtungszeit ist direkt abhängig vom Öffnungsverhältnis der verwendeten Optik. Je kleiner das Öffnungsverhältnis ist, desto länger wird die Belichtungszeit. Die Tabelle zeigt die Faktoren, um die für das gleiche Bildergebnis länger belichtet werden muss.

Öffnungsverhältnis	Belichtungszeit-Faktor
f/3 (Öffnungsverhältnis eines Astrografen)	1x
f/5 (Öffnungsverhältnis typischer Reflektoren)	3,25x
f/7 (Öffnungsverhältnis vieler Refraktoren)	7,5x
f/10 (typisches Öffnungsverhältnis eines SCT)	15x



Bauart

Grundsätzlich eignen sich Reflektoren, Refraktoren und auch Spiegel/Linsen-Teleskope für die Astrofotografie. Linsenteleskopen wird eine gute und kontrastreiche Abbildungen von feinen Sternen nachgesagt, während Spiegelteleskope in der Regel mit ihren größeren Öffnungen und längeren Brennweiten höhere Vergrößerungen erlauben und sich damit besonders gut zur Abbildung von kleineren Himmelsobjekten eignen.

Spiegel/Linsen-Teleskope, insbesondere Schmidt-Cassegrain-Teleskope (SCT) bieten meist noch größere Öffnungen und Brennweiten und können damit noch stärker vergrößern

und so Objekte detaillierter abbilden. Interessant sind einige Schmidt-Cassegrain-Teleskope durch die Möglichkeit, die Kamera im Fokus des Hauptspiegels zu positionieren und so die sich ergebenden Öffnungsverhältnisse von rund 1:2 zu nutzen: Mit kurzen Belichtungszeiten können so sehr tiefe Abbildungen erstellt werden.

Brennweite

Die Brennweite des Teleskops bestimmt in Verbindung mit dem Öffnungsverhältnis die Größe des gezeigten Himmelsausschnitts und dessen Vergrößerung. Lange Brennweiten bieten kleinere Himmelsausschnitte mit stärkerer Vergrößerung, kurze Brennweiten

Dittiés Idee: Ein richtig guter Sonnenfilter

► Abb. 1: Ein Neutraldichtefilter aus dem Fotohandel kann als Sonnenfilter für kleine Teleskope verwendet werden. Die selbstgebaute Befestigung ist nicht schön, aber praktisch.



Die Sonne im Weißlicht anzuschauen ist eine gute Idee, die man öfters in die Tat umsetzen sollte, denn es tut sich eigentlich immer was. Auch wenn das Fleckenmaximum vorbei ist, gibt es mit den hellen Fackelgebieten etwas zu sehen. Sie sind allerdings kontrastärmer als die dunklen Sonnenflecken, so dass man einen schon etwas besseren Sonnenfilter braucht. Ganz hervorragend geeignet ist ein Neutralglas in Form eines ND4-Filters. Die werden in guten Fotofachgeschäften auf Bestellung geliefert, denn einen Dämpffilter mit dem Faktor 1:10.000 bzw. 13 Blenden-

stufen hat wohl niemand auf Lager. Achtung: Vielfach wird im Fotohandel statt der Neutralen Dichte die Verlängerung der Verschlusszeit in der Bezeichnung verwendet. Viele als »ND4« bezeichnete Filter besitzen die Neutrale Dichte von 0,6! Man sollte deshalb nach »ND10.000« suchen.

Diese Filter gibt es in allen üblichen Fotogewindegrößen bis etwa 80mm Durchmesser. Das Neutralglas ist planparallel poliert und beschichtet. Der Aufwand zahlt sich aus, das Bild ist höchstens leicht gelblich-orange, aber gestochen scharf. Lediglich die ewige Luftunruhe begrenzt den Genuss. Der Filter wird mittig in einen Deckel montiert, der vorne auf das Fernrohr gesteckt wird. Sollte das Bild zu hell sein, schraubt man einen 8x-Neutralfilter ins Okular. So ist man von klarem Himmel bis diesigem Wetter passend ausgestattet.

► Georg Dittié



▲ Abb. 5: Astrographen sind für die Astrofotografie optimierte Teleskope, die oft über eine hohe Lichtstärke verfügen, um kurze Belichtungszeiten zu ermöglichen. Der hier abgebildete Astrograf verfügt bei einer Öffnung von 200mm über eine Brennweite von nur 600mm und weist damit ein Öffnungsverhältnis von $f/3$ auf (das hier von einer gekühlten Astro-CCD-Kamera genutzt wird).

zeigen hingegen einen größeren Ausschnitt bei kleinerer Vergrößerung.

Fazit

Bewährt haben sich Linsenteleskope mit Brennweiten zwischen 500mm und 1000mm Brennweite für den Einstieg in die Fotografie von Sternhaufen wie η und χ Persei (NGC 869 und NGC 884), ausgedehnten Galaxien wie der Andromeda-Galaxie (M 31) oder gro-

ßen Nebelgebieten wie dem Orionnebel (M 42) oder den Plejaden (M 45).

Möchten Sie hingegen schwächere Nebelgebiete fotografieren, so helfen Spiegelteleskope mit Öffnungsverhältnissen von 1:5 die Strukturen bei nicht allzu langen Belichtungszeiten einzufangen. SC-Teleskope mit Brennweiten über 1500mm eignen sich hingegen sehr gut, wenn Mond oder Planeten die ersten Objekte Ihrer astrofotografischen Unternehmung sein sollen.

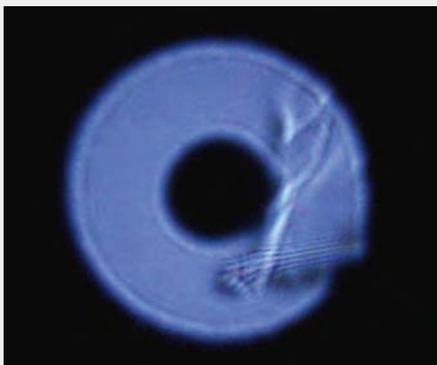
INTERAKTIV



Ullrich Dittler ist ein bekannter Astrofotograf und Autor zahlreicher Veröffentlichungen zur Astrofotografie und zu astrofotografischem Equipment. Er ist gemeinsam mit A. Martin und B. Koch Autor des »Handbuchs Astrofotografie«, das umfangreichste Kompendium zur Astrofotografie in deutscher Sprache. Er betreibt eine Privatsternwarte im Schwarzwald, dort widmet er sich neben der Deep-Sky- und der Sonnenfotografie auch dem Nachweis von Exoplaneten. Wenn Sie Fragen zur Astrofotografie haben oder sich für diese Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder auf unserer Facebook-Seite.

Kurzlink: oc1m.de/fa

Teleskop-Tuning: Gut durchlüften bitte



▲ Abb.1: Turbulent: Die Luftunruhe kann man sehr gut illustrieren, in dem man eine Hand vor die Optik hält.

Luftunruhe, meist Seeing genannt, gilt als unabänderlicher Teil der Beobachtungsbedingungen. Zum Glück stimmt das nicht ganz, denn ein Teil der Luftunruhe kann vom Teleskop selbst stammen, wenn darin störende Warmluftschlieren entstehen.

Um zu sehen, was damit gemeint ist, sollte man einmal einen hellen Stern sehr unscharf stellen und die Hand vor die Öffnung halten.

Die Lüftung eines Teleskops soll diese Warmluftschlieren verwirbeln, so dass eine homogene Luftmischung im Strahlengang entsteht. Da es fast immer Temperaturunterschiede gibt, ist die reine Auskühlung dagegen Nebensache. Einfache Belüftungskonzepte lassen sich an Teleskopen mit offenem Tubus realisieren. Hier wird gern ein Luftstrom durch die Tubus-Öffnung eingesaugt und mit einem hinter dem Hauptspiegel sitzenden Lüfter ausgeblasen. Lüfter, die einfach von hinten auf den Hauptspiegel blasen, können diesen hingegen nur abkühlen und erreichen keine Luftverwirbelung im Innern des Tubus.

Komplexere Belüftungskonzepte erzeugen eine flach über die optische Fläche gehende Strömung, wobei meist saugende und blasen-

de Lüfter einander gegenüber gesetzt werden. Dies funktioniert auch bei Gitterrohr-Tuben. Konzepte für geschlossene Tuben sollten den Innenraum frei von Staub und Pollen halten. Entweder man sorgt nur für eine Umwälzung innerhalb des Tubus, oder die zugeführte Außenluft muss gefiltert werden. Generell empfehlen sich regelbare Lüfter mit großem Querschnitt aus dem Computer-Zubehör.

► Sven Wienstein

SURFTIPPS

- Lüfter-Einbau am Intes Micro Alter IM715
- Ein Lüfter an einem 8-Zoll-Newton-Teleskop

Kurzlink: oc1m.de/a3057



MARS SELBST KARTIERT

So entsteht eine Gesamtkarte des roten Planeten

In den Wochen seiner Erdnähe wird unser äußerer Nachbar von der internationalen Amateurgemeinde fast lückenlos videografiert. Die Bilder werden in Internetforen gezeigt und in öffentlichen Archiven gesammelt. Aber viele landen auch nur im privaten Daten-Endlager, ohne dass je wieder etwas mit ihnen angefangen wird. Das ist schade, denn heute ist es jedem Sternfreund möglich, den berühmten Marskartografen Schiaparelli, Antoniadi und Co. nachzueifern.

Wozu eine eigene Marskarte? Die bringt doch die Forschung nicht weiter. So dürften zumindest Pragmatiker unter Hinweis auf die aktuellen Weltraummissionen argumentieren. Aber warum beobachten wir dann überhaupt noch dieses selbst zur Opposition winzige Planetenscheibchen mit unseren Fernrohren? Wir ärgern uns über südliche Deklination und wallende Luft und sind glücklich, wenn für Zehntelsekunden der Rest der Nordpolkappe oder die helle Wolke über Olympus Mons aufblitzen. Zum Glück gibt es heute die Videografie, mit der solche flüchtigen Momente festgehalten und aufsummiert werden können. Das Ergebnis sind Bilder, die unserer visuellen Wahrnehmung gleichkommen oder sie sogar übertreffen. Aus solchen Aufnahmen eine Gesamtkarte des Planeten zu erstellen, ist eine reizvolle Aufgabe. Sie bringt persönlichen Erkenntnisgewinn und die Freude, den unvollkommenen Beobachtungsbedingungen ein überraschend gutes Ergebnis abgetrotzt zu haben.

Schon fünf Bilder können ausreichen

Manche wagen sich nicht an das Berechnen einer Marskarte, weil sie glauben, dafür zu wenige Aufnahmen zu haben. Das ist oft ein Irr-

tum, denn bereits sechs, notfalls sogar fünf Bilder genügen. Voraussetzung ist, dass sie gleichmäßig über die Längengrade verteilt sind. Unterscheidet sich der jeweilige Zentralmeridian (also der Längengrad, der zum Zeitpunkt der Aufnahme genau in der Mitte des Planetenscheibchens steht) jeweils um rund 60°, ist die gesamte Planetenoberfläche mit sechs Aufnahmen abgedeckt.

In der Praxis wird es jedoch fast immer Zentralmeridian-Lücken geben. Deshalb muss man vielleicht einige Bilder mehr einbeziehen. Nach dem Grundsatz »Klasse statt Masse« sollten jedoch so wenige wie möglich verwendet werden. Zum einen, weil jeder Qualitätsmangel im Gesamtergebnis sichtbar ist. Zum anderen, weil das Nachbearbeiten umso aufwändiger wird, je mehr Bildsegmente die Karte bilden.

Auf Zeitgenauigkeit achten

Weil sich der Zentralmeridian des roten Planeten in einer Minute um 0,24° ändert, reichen Zeitangaben wie »gegen 23 Uhr« oder »kurz nach Mitternacht« nicht aus. Die Aufnahmezeit muss mindestens minuten genau bekannt sein. Außerdem sollte man einheitlich UT verwenden, weil die nachfol-

gend beschriebenen Berechnungen mit diesem Zeitsystem arbeiten. Sind LRGB-Bilder mit einer monochromen Kamera videografiert worden, gilt die zeitliche Mitte des detailgebenden Kanals als Aufnahmezeit. Das ist besonders wichtig, wenn zeitlich längere Videos derotiert, das heißt, auf den für ihre Mitte geltenden Zentralmeridian korrigiert wurden.

Digitales Werkzeug

Das kostenlos im Internet verfügbare Programm WinJUPOS (vgl. Surfipps) ist eine Art digitaler Werkzeugkasten für Planetenbeobachter. Neben vielen nützlichen Tools – unter anderem für die eben erwähnte Derotation – bietet WinJUPOS die Möglichkeit einer Kartenberechnung. Um die ausgewählten Planetenbilder auf eine Projektionsebene umrechnen zu können, muss man sie zunächst vermessen. Das geschieht unter dem Menüpunkt »Datenerfassung« → »Bildausmessung«. Nach Eingabe der Aufnahmezeit generiert das Programm eine Maske, in die das Bild eingepasst werden muss. Das geschieht über Tastaturbefehle, die anfangs etwas verwirrend erscheinen, aber in der Hilfe des Programms detailliert erklärt sind.



J. Mosch

▲ Abb. 1: Zwischen dem 12.2. und 15.3.2012 entstanden diese sechs LRGB-Summenbilder des Mars mit einem apochromatischen 180mm-Refraktor bei 7500mm Äquivalentbrennweite. Die Zentralmeridiane sind 1,1°, 62,0°, 92,9°, 141,9°, 239,8° und 300,1° (von links nach rechts). Süden ist oben.

Planetenrand und Pol-Orientierung beachten

Beim Justieren der Maske ist große Sorgfalt nötig. Das gilt sowohl für das Erfassen des Marsrandes als auch für die polare Ausrichtung. Ist eine Polkappe zu erkennen – was fast immer der Fall ist – nimmt man ihre Mitte als Nord- bzw. Südrichtung an. Wegen der Asymmetrie der polaren Eisflächen ist das natürlich nicht ganz exakt und muss gegebenenfalls später noch etwas korrigiert werden.

Ist die Mitte des Planetenscheibchens richtig belichtet, geht sein Rand in der Randverdunke-

lung unter und es besteht die Gefahr, dass das Planetenbild beschnitten wird. Dadurch würden alle Oberflächenmerkmale in der Karte etwas zu groß erscheinen und leicht in Richtung der Pole verschoben sein. Um das zu verhindern, werden unter dem zweiten Reiter (»Just.«) die Werte für Gamma und Kontrast so lange erhöht, bis der tatsächliche Planetenrand zum Vorschein kommt. Die optimale Einstellung variiert von Bild zu Bild und sollte durch Probieren gefunden werden.

Sind Bild und Maske zur Deckung gebracht, werden sie gemeinsam zentriert und horizontalisiert. Anschließend werden Gamma und Kon-

trast wieder auf Null gesetzt und das Ergebnis als Bildausmessungsdatei (*.ims) gespeichert.

Erstes Ergebnis wird sichtbar

Sind alle Bilder ausgemessen, findet man unter dem Menüpunkt »Auswertung« → »Kartenberechnung« das Fenster für den nächsten Schritt. Durch Rechtsklick auf den oben stehenden Tabellenkopf erhält man die Möglichkeit, die zuvor erzeugten ims-Dateien zu laden.

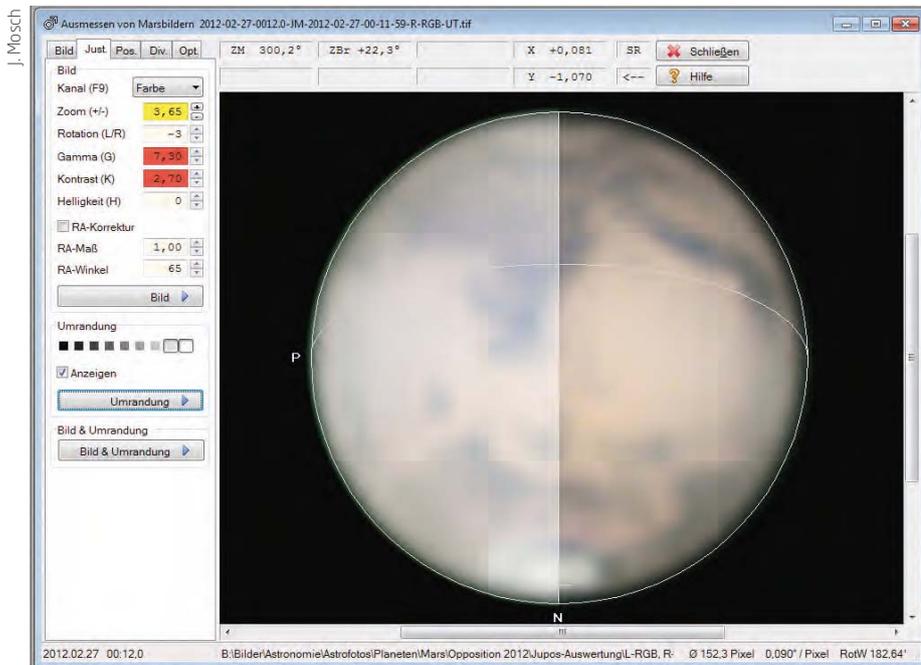
Unterhalb der Tabelle können nun Projektionsart, Breitenwerte, Kartenorientierung, Kartengröße und Layout ausgewählt werden. Der



▲ Abb. 2: Quadratische Plattkarte aus den sechs Mars-Ansichten der Abb. 1.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

J. Mosch



◀ Abb. 3: Beim Ausmessen der Bilder unter WinJUPOS kommt es darauf an, den Marsrand möglichst exakt zu erfassen. Dazu wählt man einen großen Zoom-Faktor (gelb) und erhöht die Gamma- und Kontrastwerte (rot). Die rechte Hälfte des Marsbildes zeigt den Anblick nach Rücksetzen von Gamma und Kontrast auf Eins.

linke Kartenrand wird üblicherweise auf 180° Länge gesetzt, wodurch der Nullmeridian in die Mitte rückt. Nach Klick auf »Kartenberechnung« erscheint ein erstes Ergebnis. Doch selbst wenn die »Automatische Helligkeits- und Farbkorrektur der Kartensegmente« aktiviert ist, werden die Segmentgrenzen noch deutlich zu erkennen sein. Man kann nun verschiedene Einstellungen probieren, bis man fürs Erste mit dem Ergebnis zufrieden ist. Dieses wird als Rohkarte gespeichert.

Segmentunterschiede verschwinden lassen

Waren die Bildausmessungen fehlerfrei, sollten sich an den Segmentgrenzen keine Verschiebungen der sichtbaren Oberflächenstrukturen zeigen. Leichte Helligkeits-, Kontrast- und Farbunterschiede treten jedoch fast immer auf. Sie entstehen, weil selbst bei unveränderter Technik und Belichtungszeit die Aufnahmebedingungen nie identisch sind.

Um die Kartensegmente anzugleichen, sind nun die bildkosmetischen Möglichkeiten von Photoshop oder einem anderen Bildbearbeitungsprogramm gefragt. Als Erstes wird jedes einzelne Segment pixelgenau ausgeschnitten und in eine gesonderte Ebene kopiert. Dadurch wird vermieden, dass sich die Bearbeitungsschritte unbemerkt auf die Nachbarsegmente auswirken. Mit den Reglern für Helligkeit und Kontrast versucht man nun, die Einzelsegmente so abzustimmen, dass sie ein einheitliches Gesamtbild ergeben. Schwieriger wird das bei eventuellen Farbunterschieden. Photoshop bietet hierfür unter »Bild« → »Korrekturen« → »Farbton/Sättigung« eine Fülle von Einstellmöglichkeiten. Diese sollten jedoch sehr sparsam eingesetzt werden (vgl. Kasten).

Wolken, Dunst und Polkappe

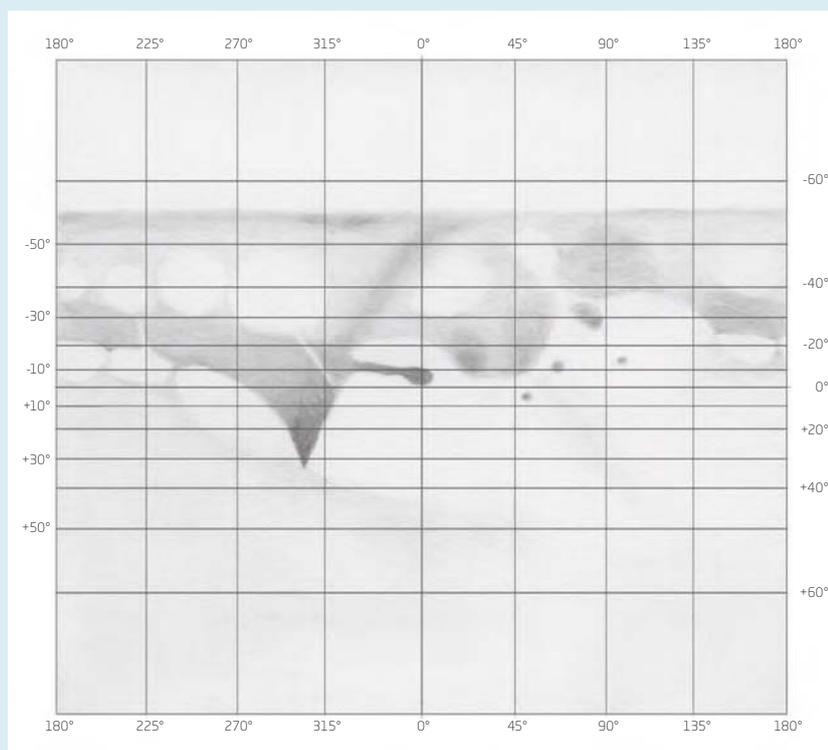
Streng genommen sollte eine Marskarte nur unveränderliche Albedomerkmale und topographische Strukturen zeigen. Aber je näher der Planet der Sonne steht, umso aktiver wird seine Atmosphäre. Das äußert sich in Morgen- und Abenddunst, in orografischen Wolken über den großen Vulkana-

ERLEBNIS

Mein allererster Versuch

Die hier beschriebene Kartenberechnung funktioniert auch mit Zeichnungen als Ausgangsmaterial. Allerdings gab es WinJUPOS noch nicht, als ich nach der Marsopposition 1971 meine erste Marskarte (Abb. 4) erarbeiten wollte. Die Details der Zeichnungen mussten mit einer selbst angefertigten Schablone vermes-

sen und mit dem Bleistift in ein vorbereitetes Gradnetz übertragen werden. Das Ganze war ein Mix aus Geometrie und Fiktion und wurde entsprechend ungenau. Das tat aber der Faszination Mars keinen Abbruch. Schon damals nahm ich mir vor, es eines Tages besser zu machen.



▲ Abb. 4: Marskarte in Mercator-Projektion. Die dafür verwendeten 19 Zeichnungen entstanden zwischen dem 19.7. und 3.10.1971 an einem 150mm-Cassegrain bei 140facher Vergrößerung.

nen und in ausgedehnten Wolkenfeldern, beispielsweise über Hellas Planitia. Wenn man statt der LRGB- nur die Rotkanal-Bilder verwendet, lässt sich zumindest ein Teil des Marswetters ausblenden. Ganz sind die saisonalen Erscheinungen aber nicht wegzubekommen. Das gilt besonders für Veränderungen der jeweils sichtbaren Polkappe. Weil sich die Rotationszeiten von Erde und Mars nur um 37 Minuten unterscheiden, braucht man mindestens 32 Tage, um alle für eine Gesamtkarte nötigen Bilder aufzunehmen. Innerhalb dieser Zeitspanne kann die Polkappe deutlich schrumpfen oder größer werden. Das führt zwangsläufig zu Versätzen an den Grenzen der Kartensegmente. Diese lassen sich nur durch Bildmanipulation beseitigen.

Bilder anderer Beobachter nutzen

Wer selbst videografiert, wird natürlich bestrebt sein, nur das eigene Bildmaterial zu verwenden. Auf fremde Aufnahmen zurückzugreifen, hat jedoch einen entscheidenden Vorteil: Weil Mars heute rund um den Globus beobachtet wird, kann seine gesamte Oberfläche im Idealfall innerhalb von 24 Stunden abgeleuchtet werden. Dadurch lässt sich der Einfluss temporärer Veränderungen drastisch reduzieren. Nachteilig ist nur die größere Inhomogenität des Bildmaterials. So können zum Beispiel Auflösung, Kontrast und Farbton erheblich differieren.

Attraktive Bildquellen sind die Marsarchive der Association of Lunar and Planetary Ob-

SURFTIPPS

- Software WinJUPOS
- ALPO USA
- ALPO Japan

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a3057

servers (ALPO, vgl. Surftipps). Wegen des Copyrights sollte man allerdings die Bildautoren kontaktieren und um Erlaubnis fragen – vor allem, wenn man seine Ergebnisse später veröffentlichen will.

Eigene Karte hilft sehen

Nach den letzten Korrekturen ist die Marskarte nun fertig. Wer mag, kann jetzt noch die Namen der Strukturen eintragen. Das ist keine unnütze Spielerei, denn es hilft, die Marsoberfläche besser kennenzulernen. Das ist von Vorteil für die visuelle Beobachtung: Ich selbst habe lange davon geträumt, eines Tages die Tharsis-Vulkane im Fernrohr zu sehen. Nachdem ich 2012 eine Marskarte erstellt hatte, konnte ich drei der vier kleinen Flecke 2014 bei sehr gutem Seeing finden. Wenn man weiß, wo man suchen muss, ist das gar nicht so schwer.

Ein Video vom rotierenden Mars

Abschließend kann nun noch ohne großen Aufwand ein Video des rotierenden Planeten erstellt werden. WinJUPOS bietet dafür unter »Werkzeuge« → »Ephemeridenrechnung« → »Optionen« die Möglichkeit, die Karte als Texturbild zu nutzen. Ist das vereinbart, findet man links neben »Optionen« das Fenster »Grafik«, wo das Filmsymbol anzuklicken ist. Nun öffnet sich ein weiteres Fenster, in dem Bildgröße, Schrittweite und die Zahl der Bilder pro Sekunde eingestellt werden. Nach einem Klick auf »Berechnen« wird das Video unter einem zuvor vereinbarten Namen als Avi-Datei gespeichert.

Der Mars in 3D

Mit einem Videoschnitt-Programm lässt sich sogar ein 3D-Video des rotierenden Planeten generieren. Dazu wird eine Kopie des ersten Videos um einen Zentralmeridian-Wert von 3° versetzt und seitlich neben dem Ausgangs-video montiert (vgl. Surftipps). Der 3D-Effekt stellt sich am Monitor ohne weiteres Hilfsmittel ein, wenn der Abstand der Planetenmitten dem Augenabstand des Betrachters entspricht.

▶ Jörg Mosch

PRAXISTIPP

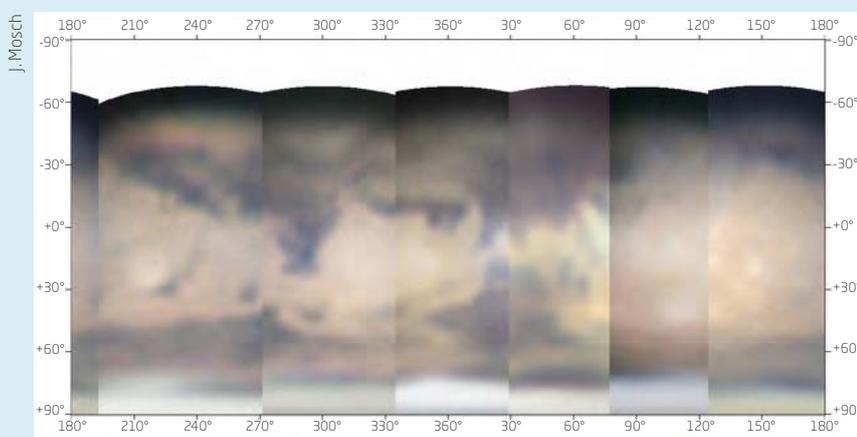
Vorsicht mit Abwedler und Verschiebungen

Besonders vorsichtig sollte man in Photoshop mit Veränderungen sein, die nicht die gesamte Fläche des jeweiligen Segments betreffen. An den Grenzen zeigen sich häufig Helligkeitsgradienten, die durch selektives Abwedeln bzw. Nachbelichten eliminiert werden können. Hierbei ist es wichtig, einen ausreichend großen Werkzeugdurchmesser zu wählen und nur mit geringer Belichtung (1% bis 2%) zu arbeiten.

Ein horizontaler Versatz, das heißt eine teilweise Doppelung der Oberflächenstrukturen, weist auf einen Zeitfehler hin. Sind die Strukturen vertikal verschoben, dürfte die Bildausmessung ungenau sein. Hat man die Ursache gefunden, kann die Karte neu berechnet

werden. Falls die Segmente dann noch immer nicht zusammenpassen, hilft nur vertikales Verschieben oder vorsichtiges manuelles Skalieren. Man sollte sich allerdings bewusst sein, dass spätestens damit die Grenze zwischen Bildbearbeitung und -manipulation überschritten wird.

Das ist auch zu bedenken, wenn es um projektionsbedingte Artefakte in den hohen Breiten der von der Erde abgewandten Polarregion geht. Weil hier die Bildinformationen erheblich gestreckt werden, entstehen mitunter Pseudostrukturen, die mit den tatsächlichen Albedomerkmalen nichts zu tun haben. Es empfiehlt sich daher, die Karte in diesem Bereich zu beschneiden.



▲ Abb. 5: Die erste Rohkarte zeigt noch deutliche Helligkeits- und Farbabweichungen sowie Versätze der einzelnen Bildsegmente. Durch Wiederholen der Bildausmessung und selektive Photoshop-Korrekturen lässt sich das aber weitgehend beheben. J. Mosch

DIE GESICHTSFELD RIESEN

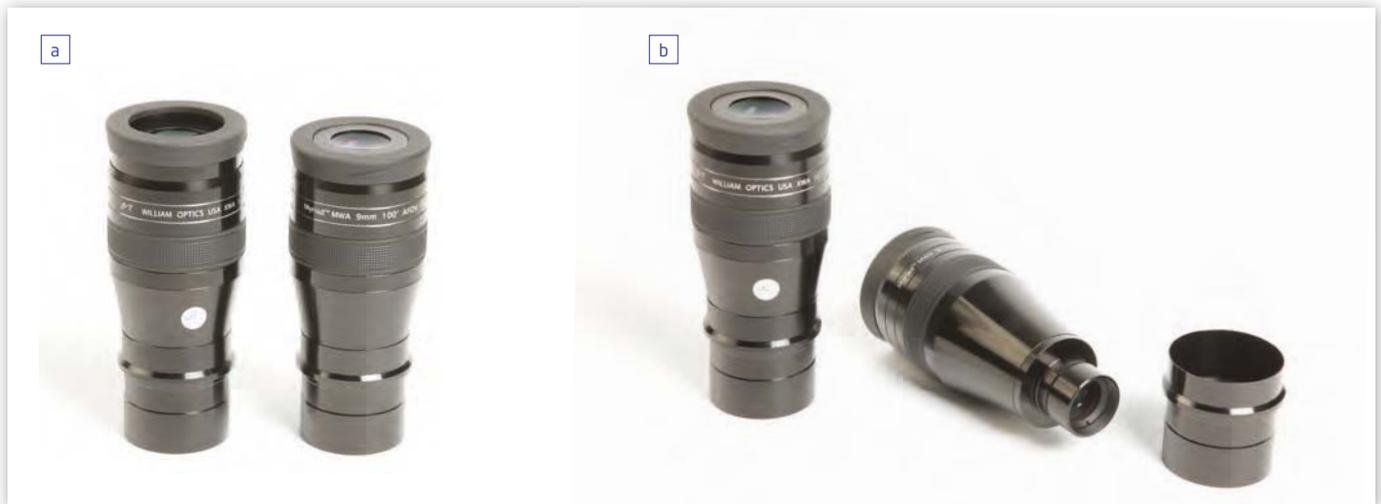
Neue 100°-Okulare im Test

Okulare mit 100° Gesichtsfeld haben seit der Einführung der Ethos-Okularreihe von Televue den Markt bestimmt und jenseits der Ultra-Weitwinkel die neue Klasse der Extrem-Weitwinkel definiert. In den letzten Monaten sind zahlreiche neue Modelle aus China auf den Markt gekommen. Wir haben sie in einem Praxistest verglichen.

Studio 1, Abenteuer Astronomie



▲ Abb. 1: Vier Bewerber um die Gunst der Sternfreunde: Die 100°-Okulare von William Optics, Sky-Watcher und Lunt Engineering (von links) sowie Meade (vorn liegend).



▲ Abb. 2: Die Okulare von William Optics und Sky-Watcher gleichen sich wie ein Ei dem anderen. Beide besitzen eine herausdrehbare starre Augenummuschel (a) und eine 2-Zoll-Überwurfhülse (b).

Es bietet gleich mehrere Vorteile, beim Blick durch das Okular ein möglichst großes scheinbares Gesichtsfeld zu haben: Man hat einen besseren Überblick zur Orientierung mit einer Sternkarte, sieht mehr von großflächigen Objekten und kann nicht nachgeführte Optiken wie Dobsons länger unbewegt lassen. Vor allem aber stellt sich jener »Space-walk-Effekt« ein, bei der man wie aus der Beobachtungskuppel eines Raumschiffs ins All schaut und ringsherum von Sternen umgeben ist. Das ist etwas ganz anderes als der Blick durch eine dunkle Röhre, wie ihn Okulare mit kleinem Gesichtsfeld zeigen.

Modelle

Platzhirsch ist nach wie vor Televue mit den Ethos-Okularen, die im Jahr 2007 die Vorreiterrolle bei den kommerziellen Extrem-Weitwinkeln innehatten. Sie wurden gefolgt von Explore Scientific, denen es wenige Jahre später gelang, 100°-Okulare in einer guten Qualität in China herstellen zu lassen.

Lange Zeit waren diese beiden Anbieter die einzigen am Markt. Nun sind innerhalb kurzer Zeit weitere in China gefertigte 100°-Okulare erschienen, darunter Modelle von Lunt Engineering, Meade, Sky-Watcher und William Optics. Damit haben die einst zur Oberklasse gehörenden Extra-Weitwinkel-Okulare den Weg in den »Mainstream« der Hobby-Astronomen gefunden – und potentiell den Weg in viele Okularkoffer.

Testarrangement

Für den Test standen die 9mm-Modelle der Okularreihen Lunt Engineering HDC, Sky-Watcher Myriad und William Optics XWA sowie das 10mm-Modell von Meade Serie 5000 MWA zur Verfügung. Getestet wurde an zwei Te-

leskopen höchster optischer Qualität, so dass teleskopseitige optische Fehler ausgeschlossen werden können: Einem 120/900mm-Vollapochromaten Takahashi TSA120 mit Öffnungsverhältnis $f/7,5$ sowie einem 508/2000mm-Selbstbau-Newton mit hervorragendem Hauptspiegel, gefertigt von Roland Herrmann. Als Referenzokular diente das 9mm-Modell von Explore Scientific, das der Autor seit Jahren gerne verwendet.

Um die Voreingenommenheit bei den Tests zu minimieren, nahm als zweiter Tester Bernd Lieb-scher teil. Er beobachtete zusätzlich zum Autor ohne zu wissen, welches Okular sich gerade im Okularauszug befand. Als Ergebnis wurden nur solche Resultate notiert, die beide Tester unabhängig voneinander gesehen hatten.

Testobjekte waren der Mond mit dem Refraktor sowie α UMa, M 82, M 97 und die Plejaden M 45 mit dem Newton. Die Vergrößerung betrug also jeweils $100\times$ ($90\times$ beim Meade-Okular) und $222\times$ ($200\times$).

Optik und Haptik

Schon beim Auspacken fällt auf: Die Okulare von Lunt, Sky-Watcher und William Optics sind sich sehr ähnlich, die beiden letzteren bis auf die Gravur des Markennamens rein äußerlich sogar vollkommen identisch. Sie besitzen eine dem Televue Ethos nachempfundene Form mit einer an die 1¼-Zoll-Hülse anschraubbaren 2-Zoll-Überwurfhülse, so dass die Okulare in allen herkömmlichen Okularauszügen verwendet werden können. Die 2-Zoll-Überwurfhülse ist jeweils im Lieferumfang enthalten.

Das Lunt-Okular ist etwas schlanker und damit besser an die Benutzung in Binokularansätzen angepasst. Bei den Okularen von Sky-Watcher und William Optics sind durch die Bauweise Augenabstände von weniger als 65mm binokular nicht realisierbar.

IM DETAIL

Scheinbares und wahres Gesichtsfeld

Das scheinbare Gesichtsfeld ist eine Eigenschaft des jeweiligen Okulars. Es bezeichnet den Sehwinkel, den das Auge beim Blick in das Okular überschauen kann. Astronomische Okulare bieten gewöhnlich zwischen 40° und 100° scheinbares Gesichtsfeld.

Das wahre Gesichtsfeld ist der Durchmesser des Himmelsausschnitts, der mit einer bestimmten Teleskop-Okular-Kombination überschaut werden kann. Es berechnet sich grob aus dem scheinbaren Gesichtsfeld dividiert durch die Vergrößerung, die mit der jeweiligen Teleskop-Okular-Kombination entsteht:

Wahres Gesichtsfeld = Scheinbares Gesichtsfeld / Vergrößerung

Man kann das wahre Gesichtsfeld selbst durch eine Messung bestimmen. Dabei misst man die Durchlaufzeit eines Sterns durch das Gesichtsfeld. Wichtig ist, dass der Stern durch das volle Feld läuft und nicht nur durch einen Teil. Das wahre Gesichtsfeld berechnet sich dann zu

Gesichtsfeld in Bogenminuten = (Durchlaufzeit in Sekunden \times \cos Deklination des Sterns) / 4



Abb. 3: Das Okular von Lunt von außen (a) und innen (b).



Studio 1, Abenteuer Astronomie

BEWERTUNG

Lunt Engineering HDC 9mm

- + volle 100° Gesichtsfeld
- + gute Verarbeitung
- + gute Randschärfe
- + geringe Reflexe
- + schmales Gehäuse
- nicht optimaler Einblick

Meade Serie 5000 MWA 10mm

- + volle 100° Gesichtsfeld
- + gute Verarbeitung
- + gute Randschärfe
- + geringe Reflexe
- + nutzbar für Brillenträger
- nervöser Einblick ohne Brille
- deutliche Verzeichnung

Sky-Watcher Myriad 9mm

- + volle 100° Gesichtsfeld
- + gute Verarbeitung
- + gute Randschärfe
- + geringe Reflexe
- starre Augenmuschel
- nicht optimaler Einblick

William Optics XWA 9mm

- + volle 100° Gesichtsfeld
- + gute Verarbeitung
- + gute Randschärfe
- + geringe Reflexe
- starre Augenmuschel
- nicht optimaler Einblick
- hoher Preis

Die Okulare von Sky-Watcher und William verfügen über eine starre, drehbare Augenmuschel, während bei Lunt eine flexible umklappbare Muschel angebracht ist, unter der sich ein M44,5x0,75-Gewinde zum Anschluss von Kameras verbirgt – leider wurde hier kein verbreiteter Gewindetyp verwendet.

Alle drei Okulare enthalten eine Konstruktion mit neun Linsen in sechs Gruppen. Teleskopseitig ist wie beim Vorbild Ethos ein Barlow-Element vorhanden. Auch wenn nur Lunt den Aufbau der Okulare offenlegt, dürfte er wohl bei allen drei Modellen identisch sein. Dass die drei Okulare von Lunt, Sky-Watcher und William Optics auch dieselbe Vergütung mit grünlichen, gelblichen, rötlichen und violetten Reflexen besitzen, legt den Verdacht nahe, dass auch der Fertigungsort sich kaum unterscheidet.

Ein Ausreißer ist das Meade MWX. Es ist wesentlich kleiner und leichter als die drei anderen Okulare. Es besitzt lediglich eine 1¼-Zoll-Hülse. Der Okularkörper wird von einer großen, griffigen Gummifläche dominiert. Die Augenmuschel ist umklappbar und abnehmbar. Der Hersteller verrät kaum etwas über die inneren Werte, die Verwendung von lediglich acht Linsen und die sichtbar andere grüne Vergütung deuten jedoch auf grundlegende Unterschiede zu den anderen Modellen hin.

Gesichtsfeld

Der erste Blick in ein Extra-Weitwinkel-Okular ist immer wieder faszinierend! Alle Okulare können das Versprechen des großen Gesichtsfelds halten, das scheinbare Feld ist jeweils identisch und weist mindestens 100° auf.

Die Plejadensterne erwiesen sich dafür als ideales »Messfeld«.

Im Detail zeigten sich geringe Unterschiede: Das größte tatsächliche Feld am Himmel besitzt das Lunt-Okular, bei Sky-Watcher und William ist es nur sehr wenig kleiner. Die Referenz von Explore Scientific zeigt sogar noch etwas weniger. Das Meade-Okular ist aufgrund der Brennweite von 10mm nicht direkt vergleichbar, besitzt insgesamt jedoch ein ebenbürtiges scheinbares Feld.

Da die Sehwinkel der Okulare sich kaum unterscheiden, müssen die leicht unterschiedlichen wahren Gesichtsfelder eine andere Ursache haben. Tatsächlich werden die Unterschiede durch die optische Verzeichnung der Okulare verursacht: Das Meade-Okular hat eine starke kissenförmige Verzeichnung, bei Lunt ist sie dagegen leicht tonnenförmig. Die Okulare von Sky-Watcher, William und das Modell von Explore Scientific zeigen keine wahrnehmbare Verzeichnung.



▲ Abb. 4: Das Meade-Okular ist das kleinste und handlichste – und damit am ehesten für den Einsatz mit Reise-Teleskopen geeignet.

Einblick

Das Okular von Lunt bietet eine flexible Augenmuschel. Ausgestülpt kann das ganze Feld überblickt werden, aber es gelingt keine entspannte Kopfhaltung, dadurch wirkt der Einblick leicht nervös. Bei den identischen Okularen von Sky-Watcher und William entsteht mit ganz ausgezogener Augenmuschel eine gute Kopfhaltung durch Kontakt mit Augenbraue und Wange, aber es kann nicht mehr das ganze Feld überblickt werden. Wird die Augenmuschel eingeschoben, ist der richtige Einblickpunkt nur schwer zu fassen. Für besten Eindruck muss eine mittlere Stellung der Augenmuschel gefunden werden, so dass gleichzeitig der Kopf angelegt und das gesamte Feld überblickt werden kann.

Beim Meade-Okular liegt auch bei voll ausgeklappter Augenmuschel die ideale Einblickposition relativ weit außen, so dass man sich nicht an die Augenmuschel anlehnen kann. Dadurch ist es schwer den richtigen Einblickpunkt zu finden, es kommt zum gefürchteten »Kidney beaning«, also dunklen Schatten im Gesichtsfeld. Brillenträger haben hier jedoch den Vorteil, dass sie das Okular gerade deshalb voll nutzen können!

Im Vergleich dazu gefällt das Explore-Scientific-Okular mit sehr angenehmem Einblick bei ausgeklappter Muschel, hier ist das ganze Feld sichtbar und der Kopf kann sich gegen das Okular lehnen, ohne dass man diese optimale Position lange suchen muss.

Randschärfe

Fallen die in China hergestellten Okulare in der Randschärfe ab? Keineswegs! Uns begeisterte bei allen Modellen der sehr geringe Schärfeabfall zum Rand. Achtet man nicht darauf, fällt er bei keinem der Okulare auf – selbst direkt am Rand ist die Leistung noch in Ordnung!

Ist man sehr pingelig, kann man beim Lunt-Okular auf den äußersten 20% des Gesichtsfeldradius einen leichten Schärfeabfall feststellen. Bei Sky-Watcher sind es gar nur



▲ Abb. 5: Die Vergütungen der getesteten Okulare unterscheiden sich nur wenig.

15%, bei William sogar nur 5%. Offenbar ist die Randschärfe mehr abhängig vom einzelnen Modell und nicht von der Baureihe. Beim anders konstruierten Meade-Okular war ab 40% des Gesichtsfeldradius eine leichte, ab 20% eine deutlichere Unschärfe festzustellen – aber keineswegs in einer Größenordnung, bei der eine Beschwerde angebracht ist. Im Vergleich dazu schnitt das Explore-Scientific-Okular mit leichten Unschärfen ab 15% des Gesichtsfeldradius durchschnittlich ab. Helle Objekte zeigten bei allen Okularen einen blauen Saum am Rand, am stärksten beim Okular von Meade, jedoch blieb dies bei allen Modellen absolut im Rahmen des Vertretbaren. Die optische Leistung aller Okulare ist also tadellos.

Reflexe

Wer schwache Nebel und Galaxien beobachtet, wird bei vielen Okularen von Geisterbildern und Reflexen gestört, vor allem dann, wenn im oder neben dem Gesichtsfeld ein hellerer Stern steht. Die Unterdrückung solcher Reflexe durch Vergütungen ist gerade bei Okularen mit derart vielen Glas-Luft-Grenzflächen eine große Herausforderung. Hier schneiden alle Okulare gut ab, viele Beobachter werden die Reflexe gar nicht bemerken. Wer genauer hinsieht, bemerkt minimale Unterschiede im Detail.

Das Lunt-Okular zeigte Reflexe, wenn ein sehr helles Objekt im Gesichtsfeld und außerhalb steht. Wurde der helle Stern jedoch genau am Rand positioniert, waren kaum Reflexe zu

erkennen. Das Okular von Sky-Watcher zeigte ein identisches Bild, beim Williams-Okular waren die Reflexe ebenfalls ähnlich, aber schwächer ausgeprägt. Beim Meade-Okular war der Eindruck genau umgekehrt: Hier zeigten sich kaum Reflexe bei hellen Objekten im Feld, aber umso mehr, wenn der Störfried genau am Rand positioniert wurde. Die Referenz von Explore Scientific zeigte zum Vergleich einige Reflexe bei Stand eines hellen Sterns in der Mitte des Feldes, aber keine, wenn der Stern am Rand oder außerhalb platziert wurde.

Fazit

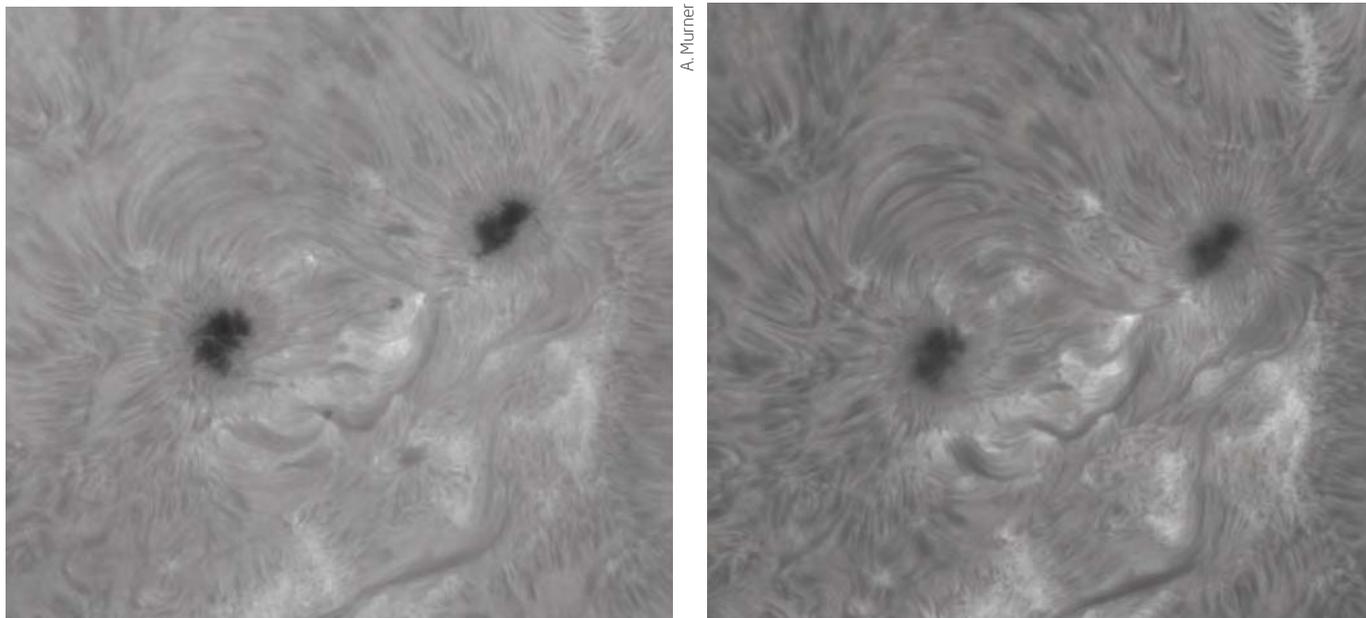
Lunt, Sky-Watcher und William bieten sehr gute 100°-Okulare, deren optische Leistung voll überzeugen kann. Sie sind ernsthafte Alternativen zu den Okularen von Televue und Explore Scientific, wenn man zu kleinen Abstrichen beim Einblickverhalten bereit ist. Das Meade-Okular ist insbesondere für die Verwendung an balance-empfindlichen Teleskopen, etwa Reise-Dobsons interessant, hier gibt es lediglich kleine Kritikpunkte bei Verzeichnung und Einblickverhalten. Insgesamt können alle vier Okulare bedenkenlos empfohlen werden.

► Ronald Stoyan

| DER AUTOR |

Ronald Stoyan, Chefredakteur von Abenteuer Astronomie, nutzt gerne die 100°-Riesen und kann sich die Rückkehr zu kleineren Gesichtsfeldern kaum noch vorstellen.

Daten der Okulare				
Modell	Lunt Engineering HDC 9mm	Meade Serie 5000 MWA 10mm	Sky-Watcher Myriad 9mm	William Optics XWA 9mm
Andere Brennweiten	20mm	21mm, 15mm, 5mm	20mm, 5mm, 3,5mm	20mm, 5mm, 3,5mm
Scheinbares Gesichtsfeld	100°	100°	101°	101°
Pupillenabstand	13mm	19,7mm	13mm	15mm
Steckhülse	2 Zoll + 1¼ Zoll	1¼ Zoll	2 Zoll + 1¼ Zoll	2 Zoll + 1¼ Zoll
Gewicht	465g	413g	595g	594g
Aufbau	9 Linsen in 6 Gruppen	8 Linsen	9 Linsen in 6 Gruppen	9 Linsen in 6 Gruppen
Durchmesser	55mm	60mm	63mm	63mm
Länge	151mm	111mm	151mm	151mm
Listenpreis	250€	279€	309 €	416€



▲ Abb. 1: Die Sonne im Licht der H α -Linie mit zwei verschiedenen Bandbreiten von 0,065nm (0,65Å) und 0,045nm (0,45Å).

Was bringt FILTER-STACKING?

Zwei Filter kombinieren zur H α -Sonnenbeobachtung

Die Sonne ist aufgrund ihrer dynamischen Oberfläche eines der spannendsten und veränderlichsten Objekte für Hobbyastronomen, insbesondere bei Beobachtung der Chromosphäre mit H α -Filtern. Auf dem Markt gibt es inzwischen eine Vielzahl an Filtern oder kompletten H α -Teleskopen. Optional werden oft auch sogenannte »Double-Stack-Einheiten« angeboten. Dabei handelt es sich um einen zweiten Filter, der in Kombination mit einem vorhandenen Filter einen besseren Kontrast bieten soll.

Doppelte H α -Filter

Um die Chromosphäre beobachten zu können, müssen das Weißlicht der Photosphäre geblockt und gleichzeitig die H α -Linien durchgelassen werden. Die Form der Transmissionskurve eines H α -Filters entspricht einer Lorentz-Glockenkurve. Ein wichtiges Kriterium dafür, wie deutlich die Strukturen der Chromosphäre hervortreten, ist die Breite des Transmissionsfensters, die als Halbwertsbreite (engl. »Full Width at Half Maximum«, FWHM) angegeben wird. Je geringer die Halbwertsbreite ausfällt, desto besser ist der Kontrast.

Eine Möglichkeit den Kontrast weiter zu verbessern ist das Kombinieren zweier Filter, das sogenannte »Filter-Stacking«.

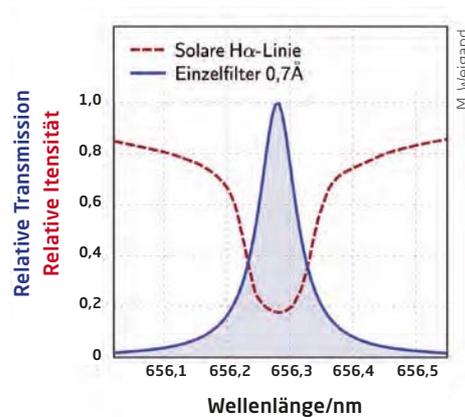
Die optimale Filter-Kombination

Beim Filter-Stacking multiplizieren sich beide Transmissionskurven und die resultierende Halbwertsbreite verringert sich dabei im Vergleich zum einfachen Filter. Schaut man sich dies für verschiedene Filter-Kombinationen an, zeigt sich, dass der größte Gewinn, d.h. die maximale Reduktion in der Halbwertsbreite erreicht wird, wenn der zweite Filter die gleiche Halbwertsbreite wie der erste besitzt. In diesem Fall reduziert sich die Halbwertsbreite um den Faktor 0,64 (vgl. Kasten). Somit kann beispielsweise mit zwei 0,07nm-Filtern (0,7Å) eine Halbwertsbreite von 0,045nm (0,45Å) erzielt werden.

Oft jedoch ist die genaue Halbwertsbreite unbekannt und Herstellerangaben sind mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Die meisten Filtersysteme auf dem Markt weisen Halbwertsbreiten zwischen 0,05nm und 0,1nm auf. Selbst im ungünstigsten Fall – das entspricht demnach einem Halbwertsbreiten-Verhältnis von 1:2 – kann also mit einem Multiplikationsfak-

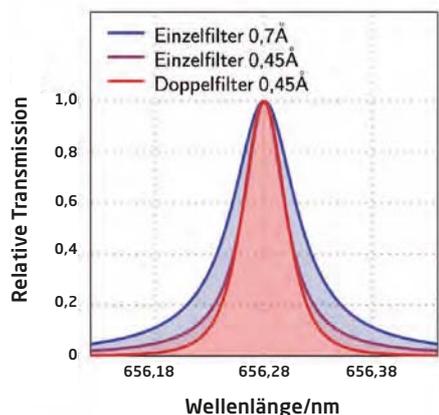
tor von etwa 0,85 und einer geringfügigen Kontraststeigerung gerechnet werden.

Zu den zugrunde liegenden Berechnungen muss angemerkt werden, dass von idealen Filtern mit 100% Transmission auf der zentralen Wellenlänge ausgegangen wurde. In der Praxis jedoch weichen die Transmissionsmaxima davon ab und liegen typischerweise bei ca. 60%, wodurch die Bildhelligkeit beim Filter-Stacking deut-

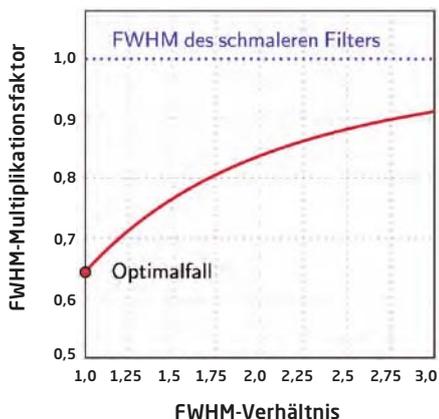


▲ Abb. 2: Typische Durchlasskurve eines H α -Filters mit 0,07nm Halbwertsbreite, was einem durchschnittlichen Filter entspricht (blau), und das Profil der solaren H α -Linie bei 656,2nm (gestrichelt). In diesem Beispiel wird fast nur der Kern der H α -Linie durchgelassen.

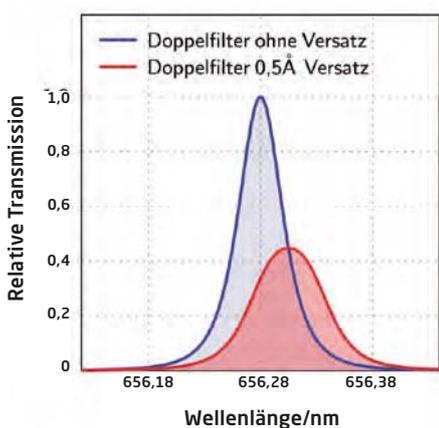
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



▲ Abb. 3: Wirkung des Filter-Stackings: Ein Doppelfilter weist ein steileres Profil als ein Einzelfilter mit gleicher Halbwertsbreite auf.



▲ Abb. 4: Resultierende Halbwertsbreite in Abhängigkeit vom FWHM-Verhältnis von breitem zu schmalen Filter. Im optimalen Fall werden Filter mit gleichen Halbwertsbreiten kombiniert. Die resultierende Durchlasskurve ist dann um den Faktor 0,64 schmaler.



▲ Abb. 5: Beide Filter müssen beim Stacking genau auf die H α -Linie eingestellt sein, ansonsten verschiebt sich das Maximum von der H α -Linie weg. In diesem Beispiel wurde das Transmissionsfenster eines der beiden Filter um 0,5Å gegenüber der H α -Linie verschoben. Die Halbwertsbreite der resultierenden Durchlasskurve (rot) vergrößert sich und das Transmissionsmaximum ist deutlich gesunken.

lich abfällt. Insbesondere bei höheren Vergrößerungen kann dies Detailbeobachtungen erschweren. Fotografen müssen länger belichten, was im Hinblick auf das eher schlechte Seeing bei Tag ein Nachteil ist.

Halbwertsbreite ist nicht alles

Die Halbwertsbreite stellt nicht den einzigen kontrastbestimmenden Faktor dar. Von Bedeutung ist auch die Breite im Basisbereich des Transmissionsfensters. Zwei Filtersysteme können die gleiche Halbwertsbreite aufweisen und dennoch aufgrund verschiedener Basisbreiten einen unterschiedlichen Kontrast zeigen. Hier gilt: je steiler das Profil, desto geringer die Basisbreite und desto besser der Kontrast. Denn über die Ausläufer der Transmissionskurve trägt die sehr helle Photosphäre signifikant zum Anblick bei und verschlechtert somit den Kontrast.

Vergleicht man die Transmission von zwei kombinierten 0,07nm-Filtern mit einem 0,045nm-Einzelfilter, erhält man den gerade beschriebenen Fall. Das Profil des Doppelfilters ist steiler und somit im Vorteil, er bietet den besseren Kontrast. Nur ein noch schmalere Einzelfilter würde den gleichen Bildkontrast liefern.

Optimierung

Die Filter auf dem Markt lassen sich hinsichtlich der zentralen Wellenlänge durch eine Kippmechanik, über eine Temperaturregelung oder Luftdruck auf die H α -Linie einstellen. Wichtig beim Filter-Stacking ist, dass beide Filter optimal auf die H α -Linie eingestellt sind. Bei einer »Verstimmung« der Filter gegeneinander verschiebt sich die zentrale Wellenlänge weg von der H α -Linie, was die Sichtbarkeit chromosphärischer Strukturen verschlechtert.

In der Praxis ist es sinnvoll zunächst nur mit Einzelfilter zu beginnen, und diesen entweder anhand des visuellen Eindrucks oder am Bildschirm per Livebild für einen bestmöglichen Kontrast einzustellen. Dann liegt die zentrale Wellenlänge des Filters auf der H α -Linie. Danach wird der zweite Filter montiert und ebenfalls visuell optimiert.

Beobachtung mit besonders schmalen Filtern

Das Resultat der Wirkung unterschiedlich breiter Filter hat Auswirkungen auf

INTERAKTIV



Mario Weigands Leidenschaft sind Hardware, Software und ihre Anwendung. Wenn Sie sich in seiner Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder auf unserer Facebook-Seite.

[Kurzlink: oc1m.de/fa](https://oc1m.de/fa)

das Ergebnis: Während mit einem breiteren System mit etwa 0,07nm die Photosphäre noch deutlich hindurch scheint, was besonders am Sonnenrand auffällt, ist sie bei 0,045nm praktisch nicht sichtbar. Die deutlich kontrastreicheren Strukturen auf der Scheibe gehen nahtlos in die Randstrukturen und Protuberanzen am Rand über. Gleichzeitig wird das Bild insgesamt dunkler, weswegen bei der Beobachtung ein effektiver Streulichtschutz ratsam ist.

► Mario Weigand

IM DETAIL

Berechnung der Halbwertsbreite

Um die resultierende Halbwertsbreite bei der Kombination zweier Filter zu berechnen, kann man folgende Formel verwenden:

V ist das FWHM-Verhältnis von breitem zu schmalen Filter.

$$\text{Faktor} = \sqrt{-\frac{1+V^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{1+V^2}{2}\right)^2 + V^2}}$$

POLARLICHTER ÜBER DEM POSTSCHIFF

MIT DEN HURTIGRUTEN AUF NORDLICHTTOUR

Hurtigruten – das ist jene berühmte Schiffslinie entlang der norwegischen Küste, die früher Post, Waren und Passagiere und heute vor allem Touristen befördert. Für die Strecke von Bergen nach Kirkenes benötigen die elf Schiffe der Flotte weniger als eine Woche. Im Oktober 2015 war ich insgesamt elf Tage hin und zurück unterwegs, um die großartigen Polarlichter von Bord aus zu fotografieren.

◀ Abb.1: Von Bord aus fotografiert: Kräftige Polarlichter vor der Inselgruppe der Vesterålen am 7.10.2015.
Canon EOS 5D Mark II mit Samyang 14mm f/2,8, 3 Sekunden, ISO 800. Manfred Kiau

Die Jahreszeit hatte ich mit Bedacht gewählt: Zum Zeitpunkt der Äquinoktien (Tag- und Nachtgleichen) im März/April bzw. September/Oktobre tritt die statistisch gesehen größte Wahrscheinlichkeit von Nordlichtereignissen auf. Erfreulicherweise war das Touristenaufkommen gegenüber der Hochsaison im Sommer schon deutlich geringer, so dass an Bord einigermaßen Freiraum für eigene Beobachtungen war. Denn für mich stand – wenngleich die Reise keine ausgewiesene Polarlichtfahrt war und demzufolge astronomisch nicht betreut wurde – die Beobachtung und insbesondere Fotografie von Polarlichtern im Fokus des Interesses. Begleitet wurde ich von meinem Astronomiefreund Dirk Sichel Schmidt und seiner Frau Inge.

Reiseverlauf

Am 4. Oktober, nach einem Flug von Düsseldorf über Kopenhagen nach Bergen, erfolgte die Abfahrt dort abends um 20:00 Uhr bei bewölktem Himmel. Am nächsten Morgen klarte der Himmel auf und dieser Zustand hielt sich bis zum 10. Oktober: tagsüber Sonne und nachts sternklarer Himmel mit Polarlichtern! Je weiter wir nach Norden vordrangen, desto heftiger waren die Polarlichtereignisse. Einen Höhepunkt erreichten die tanzenden Lichter in der Nacht vom 7. auf den 8. Oktober. Dabei erreichte der von Polarlicht-Enthusiasten verfolgte Aktivitätsindex (kp-Wert) 7,4 auf einer Skala von 0 bis 9! In dieser Nacht wurden bis an die Küsten von Nord- und Ostsee in Polen, Deutschland und Holland Polarlicht-Sichtungen gemeldet.

Lichterspektakel am Himmel – und an Bord

Unser Schiff befand sich in dieser Nacht auf Höhe der Lofoten sowie der benachbarten Vesterålen. Auf den Oberdecks des Schiffes herrschte rege Betriebsamkeit: Aufgeregte Menschen versuchten die Leuchterscheinungen – für viele sicherlich die ersten Polarlichter ihres Lebens – mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln fotografisch zu dokumentieren. Mobiltelefone, Smartphones, Tablet-PCs und alle erdenklichen Arten von Kameras kamen zum Einsatz. Leider waren auch viele Fotografierende dabei, die keine Kenntnis ihrer Geräte hatten. Sie wuss-

[© Hofschuiz]

► Abb. 2: Die MS Richard With am Anleger in Kirkenes. Manfred Klau



ten nicht, wie sie die Blitzlichtfunktion abschalten konnten oder dass das Anblitzen von Polarlichtern keine bildverbessernde Wirkung zeigt, sondern lediglich den Ladezustand des Akkus reduziert und in ganz erheblichem Maße auch die anderen Fotografen stört.

Leider erwiesen sich viele Reisende auch als beratungsresistent und blitzten weiter munter drauf los. Wer sich jedoch einen günstigen Platz möglichst an der Reling – damit sich niemand vor die eigene Kamera stellen konnte – erobert hatte und seine auf einem Stativ adaptierte Kamera einsetzte, der konnte dieses wunderbare Spektakel nicht nur beobachten, sondern auch weitgehend ungestört fotografieren.

Beeindruckendes Schauspiel

Am Himmel zeigten sich jegliche Arten von Polarlichterscheinungen: Bögen, Bänder, Strahlen, Vorhänge und Strahlenkronen. Selbst bei erfahrenen Nordlichtbeobachtern werden starke Emotionen geweckt, ich selbst war wie elektrisiert und voller innerer Anspannung. Erst als die ersten guten Bilder gemacht waren, konnte ich die Beobachtung mit einer gewissen Distanz genießen und nebenbei fotografieren. Glücklicherweise lernte sich das Oberdeck nach ein bis zwei Stunden auf ein erträgliches Maß, so dass meist eine freie Platzwahl möglich war. Auch in den nachfolgenden Nächten gab es wunderbare Nordlichter, in der Regel bereits

in der Dämmerungsphase, was fotografisch sehr reizvoll ist. Zeitweise waren die Polarlichter so schnell in ihren Bewegungen, dass durchaus von »tanzenden Lichtern« gesprochen werden kann. Dies wurde besonders deutlich an den Strahlen der Polarlichtbänder. Die schnellen Bewegungen waren fotografisch gar nicht zu erfassen.

Ausklang

Die positiven Wetterverhältnisse änderten sich erst am 11. Oktober, ab diesem Zeitpunkt gestaltete sich das Wetter wechselhaft und auch die Polarlichtaktivität ließ spürbar nach. Insgesamt konnte von einer geruh-samen Kreuzfahrt für Ruheständler keine

IM DETAIL

Die Hurtigruten

Die Hurtigrute wird von einer Flotte von elf Schiffen bedient. Täglich fährt ein Schiff von Bergen ab und ein Schiff legt in Bergen wieder an. Die Route führt von Bergen nach Kirkenes und zurück, hierbei werden insgesamt 2500 nautische Meilen zurückgelegt (ungefähr 4600km). Es können Teilabschnitte befahren werden, auch ohne Übernachtung.

Von Bergen bis Kirkenes werden 34 Häfen angelaufen, meist werden die Häfen, die auf der Hinfahrt nachts angelaufen wurden, auf der Rückfahrt tagsüber angesteuert. Die maximale Liegezeit beträgt 4,5 Stunden, es bleibt also genug Zeit für Stadtbesichtigungen.



▲ Abb. 3: Beeindruckend: Polarlichter am gesamten Himmel über dem Schiff! Canon 7D Mark II mit Fisheye Sigma EX 4,5mm f/4, 3,2 Sekunden, ISO 6400. Dirk Sichelschmidt

▼ Abb. 4: Im Hafen von Svolvær (a) Canon EOS 5D Mark II mit Samyang 14mm f/2,8, 6 Sekunden, ISO 800. Manfred Kiau



▲ Abb. 5: Polarlicht in der Abenddämmerung mit Schiffsheck, 9.10.2015. Canon EOS 5D Mark II mit Samyang 14mm f/2,8, 3 Sekunden, ISO 2000. Manfred Kiau

Rede sein: tagsüber Besichtigungen der Städte, in deren Häfen unser Schiff festgemacht hatte, abends und nachts Polarlichtereignisse allererster Güte. Hinsichtlich des Wetters und der Polarlichtaktivität hatten wir sehr viel Glück, denn gutes Wetter und möglichst wenig Wind und Wellengang sind Grundvoraussetzung fürs Gelingen guter Fotos. Deswegen sollte man klaren Himmel und Polarlichter gleich bei der Buchung mitbestellen!

► Manfred Kiau

☛ SURFTIPPS

- Hurtigruten

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a3073](https://oc1m.de/a3073)

🔧 PRAXISTIPP

Fotografie an Bord

Die Standortwahl auf dem Schiff ist schwierig, da man nicht alleine ist und man auch nie vorher weiß, wo genau die Polarlichter auftreten werden bzw. welchen Kurs das Schiff fährt. Idealerweise hält man sich in der Mitte des Schiffes auf, hier sind die Bewegungen am geringsten, hier befinden sich näherungsweise die Dreihachsen des Schiffes. Dafür sind am Bug und Heck des Schiffes die scheinbaren Bewegungen der Landschaft am geringsten. Die Belichtungszeit sollte man möglichst kurz wählen, damit die Verwischungen begrenzt und die Sternstrichsspuren möglichst kurz gehalten werden.

An Bord gibt es immer irgendwelche Lichter, diesen sollte man versuchen auszuweichen. Ein (kleiner) Teil des Schiffes kann als Vordergrundmotiv genutzt werden, jedoch geraten die Schiffsaufbauten meist zu hell, auch wenn das Hauptlicht ausgeschaltet ist. Die Liegezeiten in den Häfen kann man zum Verlassen des Schiffes nutzen, jedoch ist die Standortwahl schwierig, da die Schiffsbeleuchtung in den Häfen immer eingeschaltet ist, hinzu kommt natürlich die erhebliche Hafenbeleuchtung.

Checkliste für Polarlichtfotografen

- Benutzung einer DSLR
- unbedingt auf ein Stativ adaptieren
- ein Weitwinkelobjektiv mit möglichst großem Bildwinkel wählen, Blende ganz öffnen
- ISO-Zahl so niedrig wie möglich einstellen (Reduzierung des Bildrauschens), hier sollte man ein wenig probieren, beginnend bei ISO 1000
- für schnelle Polarlichtbewegungen die ISO-Zahl höher wählen zur Vermeidung von Wischeffekten,
- dies gilt auch bei stärkeren Schiffsbewegungen bzw. schwächeren Polarlichtern
- manuelle Einstellung wählen, Autofokus und Bildstabilisator sowie Blitzlicht unbedingt ausschalten
- Entfernungseinstellung manuell im Live-View an einem hellen Stern oder einem Objekt im Unendlichen, nicht auf die Unendlich-Markierung am Objektiv verlassen
- Display-Helligkeit herunter regeln
- Weißabgleich auf Tageslicht oder Automatik einstellen
- Fernauslöser verwenden

► Abb. 1: Der Mond und Mondhof mit seinen farbigen Ringen an inhomogenen dünnen Wolken während einer Halbschatten-Mondfinsternis am 19.10.2013.

DAS MONDAUGE

Mond und Mondhof auf einem einzigen Foto

B. Hoffmann

Mein bestes Astrofoto entstand in den absoluten Anfängen meiner Astrofotografie. Ich hatte mir gerade meine erste Kamera mit Wechselobjektiven zugelegt und wollte damit meine alte Begeisterung für die Astronomie wieder etwas aufleben lassen. Am 19.10.2013 gab es eine Halbschatten-Mondfinsternis und ich hatte mir vorgenommen, diese zu fotografieren.

Die Wetterbedingungen gestalteten sich allerdings schwierig: Mal dünne, mal dicke Wolken zogen schnell vor dem Mond vorbei. Wenn die Wolken dünn genug waren, konnte man deutlich den Mondhof mit seinen farbigen Ringen wahrnehmen. Da ich noch zehn Minuten bis zum Finsternis-Maximum hatte, versuchte ich

den Mondhof zu fotografieren. Nun lernte ich auch, was für ein riesiger Dynamikumfang im Spiel ist, wenn der gleißend helle Vollmond fade scheinende Wolken überstrahlt! Was man mit dem bloßen Auge ganz einfach sehen kann, ist nicht ohne weiteres auf den Sensor zu bannen. Ich probierte unterschiedliche Belichtungszeiten und auch Belichtungsreihen, die sich aber dank der schnellen Wolkenbewegung als unbrauchbar erwiesen. Ich wollte auf keinen Fall die Mondoberfläche ausbrennen lassen, was mir dann mit 1/15s Belichtungszeit gelang. Am Rohbild konnte ich das spätere Potential noch nicht erkennen und freute mich erstmal umso mehr, dass der Himmel einige Minuten später zum Maximum der Halbschattenfinsternis plötzlich aufriss. Da-

durch konnte ich erfolgreich mein erstes astronomisches Ereignis fotografisch festhalten.

Später am PC habe ich auch gleich gelernt, welche Reserven das RAW-Format in der Astrofotografie bietet: Aus dem hellen Mond und den fast nicht erkennbaren Wolken mit aufgeprägtem Mondhof konnte ich das hier präsentierte Endresultat erreichen. Die unregelmäßigen Wolkenstrukturen erzeugen eine gespenstische Stimmung und ich fühlte mich sofort an Saurons Auge erinnert! Daher gab ich dem Foto den Titel »Moon Eye«, das Mondaug. In den sozialen Netzwerken hat sich das Foto schnell selbstständig und es wurde zu meinem erfolgreichsten Foto.

zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



▲ Abb. 2: Unbearbeitetes RAW-Foto. Der hohe Dynamikumfang erfordert massive Nachbearbeitung, um sowohl Mondhof als auch den Mond selber sichtbar zu machen.

IM DETAIL

Technik und Bearbeitung

Kamera: Sony NEX-5N mit 16 Megapixel

Objektiv: SEL-55210 bei 210mm Brennweite

Blende: f/10

Belichtungszeit: 1/15s

ISO: 400

Nachbearbeitung: Adobe Lightroom CC, on1 Perfect Effects 9, Adobe Photoshop CC

Der Weg zu diesem Resultat war allerdings steinig: Zuerst habe ich in Lightroom die Level angepasst: Lichter runter, Tiefen hoch, Histogramm ausgereizt, so dass nichts ausbrennt oder absäuft. Auch die Klarheits- und Sättigungsregler haben geholfen, die feinen Strukturen und Farben in den Wolken sichtbar zu machen. Als nächstes habe ich das Foto in on1 Perfect Effects bearbeitet. Der wichtigste Schritt war hier die selektive Kontrasterhöhung an großflächigen Strukturen. Erst dadurch wurden die fast unsichtbaren Filamente in den Wolken sichtbar. Bis hier hatte sich leider auch ein heftiges Rauschen gebildet, weshalb das Foto in der dritten Station zu Photoshop weitergereicht wurde. Dort habe ich das Rauschen reduziert

und die Farbkanäle noch etwas angepasst, so dass das Bild möglichst genau das wiedergibt, was ich in der Nacht am Himmel gesehen habe.

Die drastische Bearbeitung hat natürlich auch ihre Spuren hinterlassen: Besonders der Mond hat gelitten und zeigt einige Artefakte. Heute mit knapp drei Jahren mehr Erfahrung würde ich meine Fotos nicht mehr so heftig bearbeiten. Aber dennoch blicke ich immer wieder gern auf diesen tollen Anfang meiner Astrofotografie zurück, der mich mit Sicherheit auch motiviert hat, diesem anspruchsvollen Hobby nicht irgendwann verzweifelt den Rücken zuzukehren!

Inzwischen bin ich mit einer kleinen, aber feinen transportablen Ausrüstung unterwegs

und habe mich auf Weitfeld-Deep-Sky-Fotografie spezialisiert. Ganz nach dem Motto: Alles muss batteriebetrieben sein und ich will die gesamte Ausrüstung in einem Rutsch zum Auto tragen können!

► Björn Hoffmann

SURFTIPPS

- Björn Hoffmanns Astrobin-Profil
- Björn Hoffmanns 500px-Profil mit Astro- und Landschaftsfotografie

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a3075



◀ Abb. 2: Der **Doppelsternhaufen h und χ** im Perseus. Aufnahme mit einem 200/900mm-Newton, Canon EOS 450D astro-modifiziert, ISO 200, 12×10min belichtet. *Daniel Förtsch*



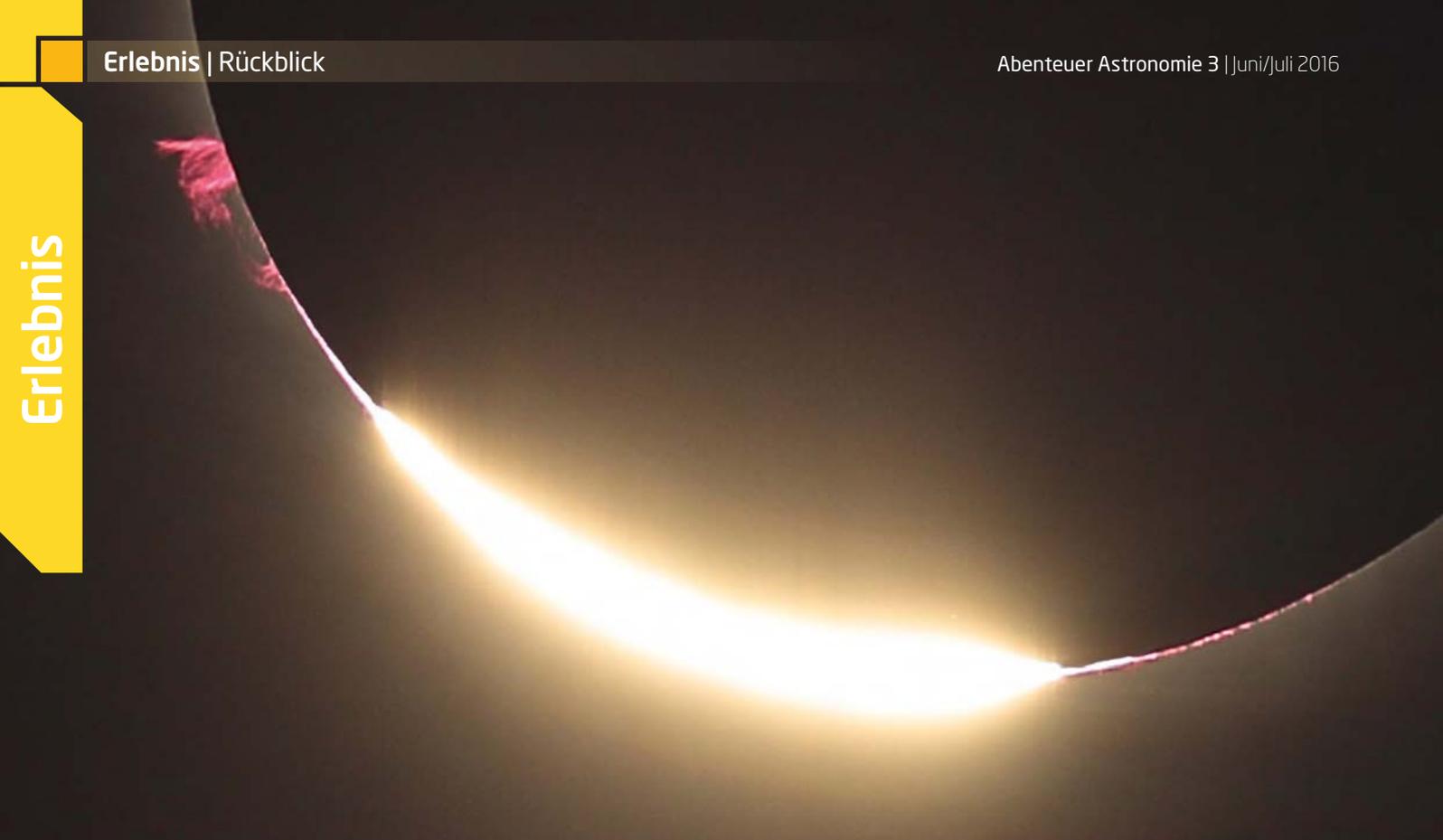
▲ Abb. 1: NGC 7635, der Bubble-Nebel. Aufnahme mit einem 355mm-Newton bei 1330 Brennweite, SBIG 8300 CCD-Kamera. Insgesamt 25 Stunden mit RGB- und H α -Filter in Nerpio/Spainien belichtet. *Lukas Demetz, Harel Boren*



▲ Abb. 3: M 51, die Whirlpool-Galaxie. Aufnahme mit einem 140/980mm-Teleskop, Atik 383L und ALCCD6c pro CCD-Kameras, 27×20min Luminanz-Kanal belichtet mit der Atik-Kamera, 6×20min die RGB-Kanäle mit der ALCCD-Kamera. *Michael Schröder*



▲ Abb. 4: Die Galaxien NGC 3718 (rechts) und NGC 3729 (links) mit der kompakten Galaxiengruppe Hickson 56. Aufnahme mit einem 200/1280-Cassegrain, SBIG ST8300M CCD-Kamera, 46×8min Luminanzkanal und je 6×8min RGB belichtet. *Michael Deger*



▲ Abb. 1: Die totale Sonnenfinsternis vom 9. März, fotografiert von Bord der MS Volendam in der Straße von Makassar in Indonesien. Zum 2. Kontakt zeigt sich eine beeindruckende Perlschnur und eine Protuberanz. *Dirk Ewers*

SOFI ASIATISCH



▲ Abb. 3: Jubel mischt sich mit der Begeisterung über das großartige Schauspiel. *Dirk Ewers*

▲ Abb. 2: Die Korona zur Mitte der Totalität. *Dirk Ewers*

DIE FEUERKUGELJÄGER vom Gahberg



▲ Abb. 4: Seit Sommer 2015 betreibt Erwin Fillimon auf der Sternwarte Gahberg eine Kamera, die jede klare Nacht bei einer Belichtungszeit von 30 Sekunden pro Bild ein Bild aufnimmt. Am 6. Februar gelang ein Treffer. Er hielt eine ca. -8^m helle Feuerkugel fest. *Erwin Fillimon*



▲ Abb. 5: **Kratzer am Horizont:** Besonders gute Sichtbedingungen haben dazu geführt, dass diese zweite Feuerkugel genau ein Jahr vorher am 6.2.2015 über eine unglaubliche Distanz von 900 Kilometern fotografiert werden konnte. Sie war über Dänemark im Zenit zu sehen! *Erwin Fillimon*

» Ein epochales Ereignis «

Es war die Wissenschaftsnachricht des Jahres, wenn nicht sogar des Jahrzehnts: Am 14. September 2015 gelang erstmals der direkte Nachweis von Gravitationswellen. An der im Februar der Öffentlichkeit präsentierten Entdeckung waren auch Forscher aus Deutschland maßgeblich beteiligt, unter ihnen Professor Karsten Danzmann, Direktor des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), einer der führenden Spezialisten für Gravitationswellen.

Abenteuer Astronomie Wann hatten Sie zum ersten Mal von der starken Welle am 14. September 2015 gehört - und wann hatten Sie sich überzeugt, dass es real war?

► **Karsten Danzmann:** Erfahren habe ich es am selben Tag, aber erst einmal hat niemand von uns daran geglaubt, weil das Signal einfach viel zu schön war. Bis es dann eingesunken ist, was für ein epochales Ereignis wir da gerade gesehen hatten, das hat schon mehrere Tage gedauert. Es ist ja nicht so, dass man ein Vierteljahrhundert nach sowas sucht und dann einfach sagt: Ach, Eureka, jetzt haben wir's gefunden.

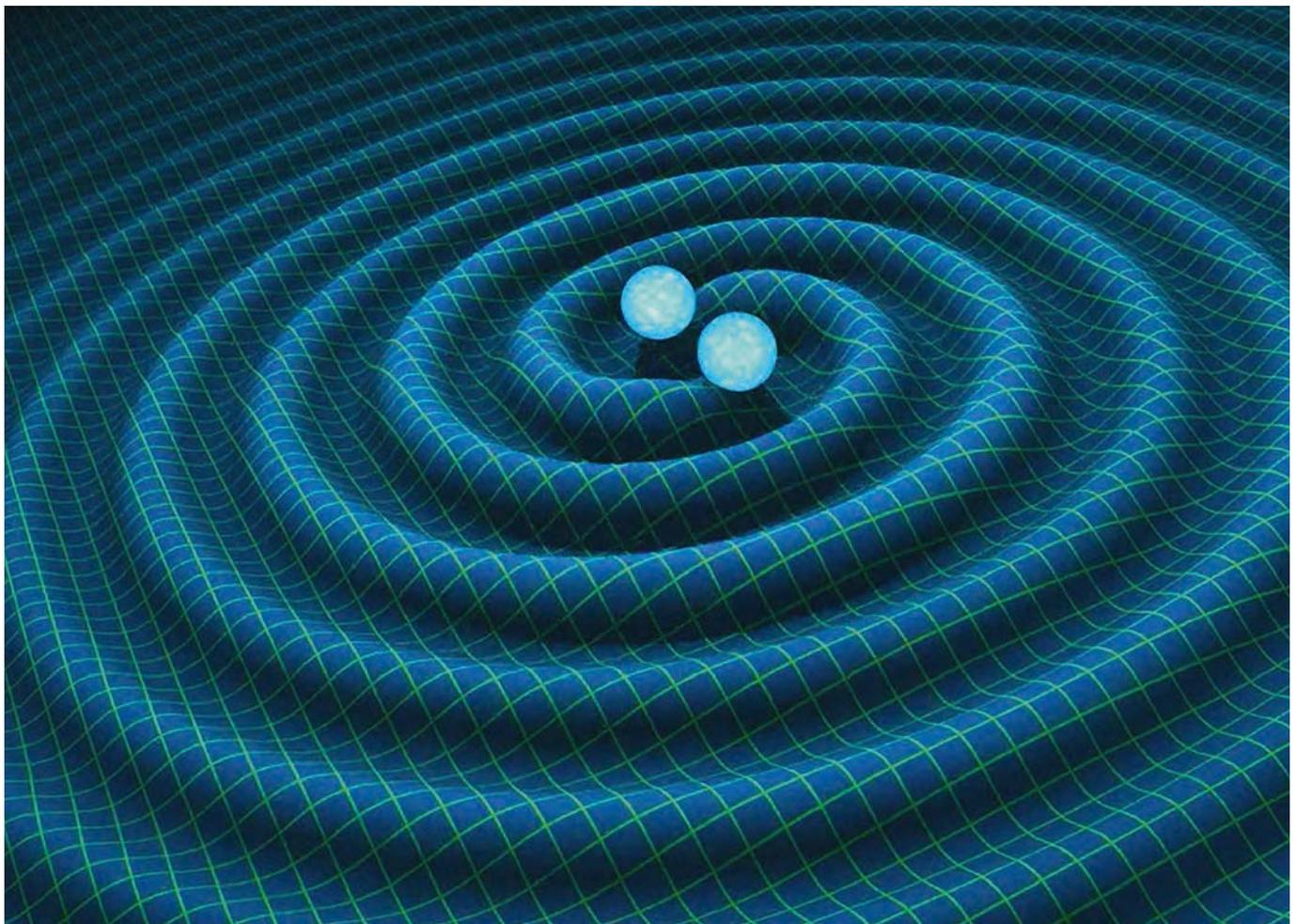
Abenteuer Astronomie Sie sind die führende Kraft hinter dem kleineren deutschen Gravitationswellen-Detektor GEO600. Er spielte beim Erfolg der großen amerikanischen LIGO-Detektoren eine wichtige Rolle.

► **Karsten Danzmann:** GEO600 ist von uns eigentlich als Technologieschmiede ins Leben gerufen worden: Wenn man klein und flexibel ist, da kann man alles Mögliche ausprobieren. Und wenn man guckt, was bei LIGO jetzt neu ist und verglichen mit der ersten Version die Empfindlichkeit entscheidend verbessert hat, dann ist fast alles von der GEO-Kollaboration entwickelt worden. Die

Spiegelaufhängung, die optische Anordnung und die Laser, das stammte alles von uns.

Abenteuer Astronomie Ist damit nun das Ende der Möglichkeiten erreicht?

► **Karsten Danzmann:** LIGO ist immer noch einen Faktor 3 von seiner Endempfindlichkeit entfernt, und das entspricht einem Faktor 30 in der Ereignisrate, weil das Volumen mit der dritten Potenz geht. Wenn alles klargeht, wird man solche Ereignisse wie im letzten September vielleicht jeden Tag sehen oder sogar viele pro Tag. Das wird dann richtig beobachtende Astronomie mit ernsthaften Ereignisraten.



R. Hurt/Caltech-JPL

▲ Abb. 1: Gravitationswellen sind von Albert Einstein vorhergesagte Kräuselungen der Raumzeit. Die künstlerische Darstellung zeigt Gravitationswellen, die durch zwei einander umkreisende Neutronensterne entstehen.



◀ Abb. 2: Prof. Karsten Danzmann, Direktor des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), gilt als einer der führenden Spezialisten für Gravitationswellen.

Abenteuer Astronomie Sie sind auch maßgeblich am Satellitenprojekt eLISA beteiligt, das in den 2030er Jahren ebenfalls nach Gravitationswellen Ausschau halten soll: Wie vergleicht sich das mit Laserinterferometern am Boden wie den LIGOs?

► **Karsten Danzmann:** Die einzige Gemeinsamkeit ist, dass es sich um Laserlicht mit der gleichen Wellenlänge handelt, aber im Detail ist alles anders: der Frequenzbereich, die Art der Interferometrie, die Schwierigkeiten, mit denen man zu kämpfen hat. Und vor allem sind auch die erwarteten kosmischen Quellen andere: zwar auch Schwarze Löcher, aber in kosmologischen Entfernungen. Dieses LIGO-Ereignis war ja noch in unserem Vorgarten: Für die meisten Menschen sind 1,3 Milliarden Lichtjahre ziemlich weit weg, aber das ist noch nicht das frühe Universum. Mit eLISA wird man jedes superschwere Schwarze Loch mit Millionen Sonnenmassen detektieren, egal wo es ist in unserem Universum: eLISA wird in seine Kinderstube schauen.

Abenteuer Astronomie Mit diesen Satelliten wird nebenbei auch ein Jugendtraum von Ihnen wahr, denn die Laser-Satelliten werden Schiefspiegler als Teleskope verwenden – und solche exotischen Fernrohr-Optiken hatten Sie sich als junger Amateurastrophysiker immer gewünscht. Was hatten Sie tatsächlich für Instrumente?

► **Karsten Danzmann:** Ich habe angefangen mit einem 6-cm-Reflektor, und dann irgendwann habe ich mir zu Weihnachten und Geburtstag und nochmal Weihnachten zusammen von allen einen Newton-Reflektor gewünscht, einen 5-Zöller, und den habe ich dann auch bekommen. Dann habe ich mir dazu selber eine Nachführung mit Motor zusammen gestöpelt:

Die war zwar primitiv, aber man konnte damit Aufnahmen machen. Allerdings hat der Motor nie funktioniert: Die besten Bilder habe ich gemacht, indem ich selber am Fernrohr gesessen und mit der Hand nachgeführt habe.

Abenteuer Astronomie Und was war Ihr beeindruckendstes Astro-Erlebnis?

► **Karsten Danzmann:** Das kam wesentlich später: die totale Sonnenfinsternis 1999 in Stuttgart bei Freunden. Eigentlich war der ganze Himmel zu, aber genau da wo wir waren, da war eine Lücke, und man konnte was sehen. Und ansonsten eindrucksvoll war es, als ich das erste Mal selber den Orionnebel fotografiert habe: eine halbe Stunde Belichtungszeit, es war zwar ein simples Bild, aber ich fand das toll. Da war ich vielleicht 13.

Die Fragen stellte Daniel Fischer.

Q IM DETAIL

Gravitationswellendetektoren

Albert Einstein hatte Gravitationswellen vor rund 100 Jahren vorhergesagt. Seit vielen Jahren bemüht man sich, diese Wellen auch direkt nachzuweisen. Über den ganzen Globus verteilt entstanden daher große Detektoranlagen, mit deren Hilfe man versucht, die winzigen Längenänderungen zu entdecken, die sich ergeben müssten, wenn eine Gravitationswelle den Detektor durchläuft. Die Anlagen bestehen in der Regel aus zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Tunneln, in denen Laserstrahlen hin- und hergeschickt und dann wieder zusammengeführt werden. Eine durch den Detektor laufende Gravitationswelle würde für eine Phasenverschiebung der Lichtwellen und damit für eine messbare Intensitätsänderung sorgen.

Das Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO), mit dem im September 2015 die erstmalige Entdeckung von Gravitationswellen gelang, besteht aus zwei identischen Detektoranlagen in den USA. Sie verfügen jeweils über L-förmig angeordnete, vier Kilometer lange Tunnel. An der Entwicklung der Detektoren und der Auswertung der Daten sind mehr als 80 wissenschaftliche Institutionen weltweit beteiligt, darunter auch die deutschen Wissenschaftler. GEO600 ist ein kleiner deutsch-britischer Gravitationswellendetektor in der Nähe von Hannover. Er verfügt lediglich über 600 Meter lange Tunnel und wird vor allem genutzt, um damit Technologien für größere Anlagen wie LIGO zu testen.

► Stefan Deiters



SPACE CHECKER

 INTERAKTIV


Space Checker ist unsere Rubrik für Astrokids zwischen 8 und 14 Jahren. Dieses Projekt wurde von den Mitgliedern der AG »Young Stars« der Sternwarte Sohland/Spree durchgeführt. Wenn du eines der Experimente gemacht hast, schreibe uns doch an redaktion@abenteuer-astronomie.de eine E-Mail!

Im vergangenen Jahr stand der Mond ganz besonders im Fokus der Arbeit unserer Astronomie-AG. Nach der erfolgreichen Organisation eines öffentlichen Beobachtungsevents zur partiellen Sonnenfinsternis im Frühjahr war die Beobachtung der totalen Mondfinsternis am 28. September 2015 für uns der nächste Höhepunkt. In einem weiteren Projekt beschäftigte sich eine Schülerin im Rahmen ihres Wettbewerbsbeitrages für den Wettbewerb »Schüler experimentieren«, die »Juniorensparte« von »Jugend forscht«, mit der Erforschung der Mondoberfläche auf Basis farbüberhöhter fotografischer Aufnahmen.

Als wir erfuhren, dass im September 2015 eine gut zu beobachtende totale Mondfinsternis stattfinden würde, fassten wir schnell den Entschluss, diese zu beobachten. »Wir«, das sind vier 14-jährige Schüler der Astro-AG des Einstein-Gymnasiums in Neuenhagen bei Berlin. Dazu hatten wir für diese von uns zuvor akribisch geplante Nachtarbeit einen Tag schulfrei ausgehandelt. Unser Ziel war es, den Verlauf der Finsternis mit Fotos, eigenen Eindrücken und einem selbst gemessenen Verlauf der Helligkeit vollständig zu dokumentieren.



▲ Abb. 2: Unser Beobachterteam.

Blutmond oder bunter Mond?

Zwei Projekte zur Beobachtung und Erforschung des Mondes



▲ Abb. 1: Der Mond während der totalen Phase der Finsternis, von uns selbst mit dem Schulfernrohr und einer Digitalkamera fotografiert.

Ausrüstung und Aufgaben

Die Beobachtung fand am 28. September 2015 von 1:00 Uhr bis 7:00 Uhr statt. Als Beobachtungsort wählten wir ein Feld nahe dem Dorf Wegendorf. Für die Bildaufnahmen verwendeten wir ein Telementor-Teleskop (DDR-Schulfernrohr) und eine Canon 1000D, die an das Teleskop angeschlossen wurde. Zur Dokumentation des Helligkeitsverlaufes nutzten wir ein Gerät, das die Helligkeit misst, sowie ein kleines Sucher-Teleskop mit einem Fotowiderstand.

Schon vorab hatten wir die Aufgaben unter uns verteilt: Lasse führte die Messungen zum Helligkeitsverlauf durch, Kenneths Aufgabe war das Nachführen des Teleskopes auf den Mond und das Fotografieren. Achill führte immer wieder die Lichtmessungen mit dem Messgerät durch. Währenddessen notierte Artus alle fünf Minu-

ten die Messwerte und eigene Kommentare und Eindrücke. Nachdem wir am Abend zuvor alle Instrumente getestet hatten, waren wir sehr gut darauf vorbereitet, das Ereignis zu dokumentieren. Und wir wurden mit einer kalten, klaren Nacht belohnt, wir hatten perfekte Bedingungen!

Ein voller Erfolg

Am frühen »Morgen« gegen 0:30 Uhr verließen wir das Haus, um unsere Beobachtersposition einzunehmen. Der volle Mond stand gleißend hell und hoch am Himmel. Es war eindrucksvoll zu beobachten, wie der Erdschatten den Mond gegen 3:06 Uhr berührte und dann nach und nach immer mehr bedeckte. Zunächst war der Mond hell und weiß, der Schatten dunkel und fast schwarz. Nachdem der Mond aber zum großen Teil vom Schatten bedeckt war,

konnte man auch den Rest seiner Oberfläche wieder wahrnehmen.

Mit Beginn der totalen Phase waren plötzlich viel mehr Sterne, auch in der Umgebung des Mondes, sichtbar. Der voll verfinsterte Mond erschien uns sehr dunkel, seine Farbe war nun braun bis rot. Ab 5:23 Uhr gab der Erdschatten nach und nach wieder den Blick auf den Mond frei. Wir beobachteten weiter bis zum Ende der Finsternis um 6:27 Uhr. Dabei konnten wir den Helligkeitsverlauf der Finsternis dokumentieren und einige Fotos aufnehmen. In der Zeitung lasen wir vorher

vom Blutmond, allerdings erschien uns der Mond nicht wirklich blutig, aber schon irgendwie ungewohnt gespenstisch. Das war unsere erste bewusst beobachtete totale Mondfinsternis, ein für uns alle schwer beeindruckendes Ereignis!

Julianes Forschungsarbeit: Der farbige Mond

In meiner Arbeit für den Wettbewerb »Schüler experimentieren« hatte ich mir vorgenommen, aus den Farbinformationen von selbst an-

gefertigten Mondfotos Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Mondoberfläche zu ziehen. Dazu habe ich zusammen mit meinem Lehrer Fotos vom Vollmond gemacht. Aufgenommen wurden die Bilder durch ein Teleskop mit einer digitalen Spiegelreflexkamera, wobei verschiedene Belichtungszeiten gewählt wurden. Diese Aufnahmen wurden anschließend mit einer HDR-Software zu einem Bild kombiniert, das einen großen Kontrastumfang aufweist.

Wenn man die Aufnahme nun in einem Bildbearbeitungsprogramm öffnet, kann man die Farbsättigung maximieren. Dann sieht man die Farben des Mondes! Diese nehmen wir normalerweise nicht wahr, da die Farbkontraste nur schwach sind. Mit ähnlichen Methoden arbeiten auch moderne Raumsonden wie z.B. Dawn. Hier werden die Aufnahmen mit verschiedenen Farbfiltern aufgenommen und dann zu einem farbigen Gesamtbild kombiniert. Die Ursache für die verschiedenen Farben ist die unterschiedliche mineralogische Zusammensetzung der einzelnen Gebiete.

In meiner Aufnahme des Mondes haben z.B. die dunkelblauen Gebiete einen hohen Metallgehalt (Eisengehalt > 15%, Titangehalt > 7%). Bei den ockerfarbenen Regionen handelt es sich um metallarme Basalte. Anschließend habe ich ausgehend von meinem Mondfoto eine eigene »geologische« Mondkarte gezeichnet.

► Kenneth Heinig, Lasse Borges, Artus Blauärmel, Achill Walther, Juliane Gebauer, Astro-AG Einstein-Gymnasium Neuenhagen bei Berlin

ERLEBNIS

Die Eindrücke der Mondfinsternisbeobachter

Lasse: Es war ne tolle Erfahrung auch mal ein bisschen mehr Einsatz für ein solches Experiment und Ereignis zu zeigen und dann auch konstant über Stunden Werte zu messen und Fotos zu machen.

Artus: Kann mich Lasse nur anschließen. Es war schön, dass wir im Team gearbeitet haben und jeder seine Aufgabe gut gemacht hat. War wie ein kleines Abenteuer!

Kenneth: Es war einfach ein schönes Erlebnis mit den Anderen unter dem freien Sternenhimmel zu stehen und den Mond zu beobachten.

Achill: Ich kann auch einfach nur immer wieder betonen wie atemberaubend die ganze Beobachtung war und was das für ein tolles Erlebnis war.



▲ Abb. 4: Das Ergebnisbild vom farbigen Mond, deutlich lassen sich die verschiedenfarbigen Gebiete unterscheiden.

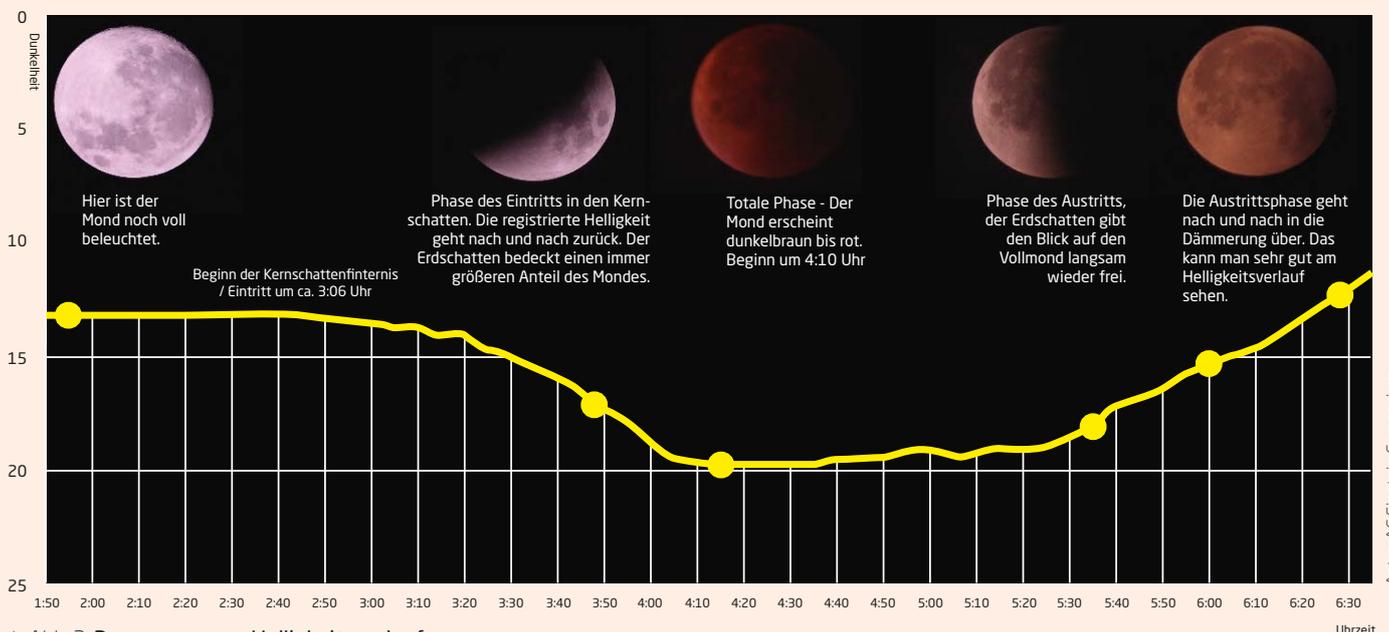
gefertigten Mondfotos Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Mondoberfläche zu ziehen. Dazu habe ich zusammen mit meinem Lehrer Fotos vom Vollmond gemacht. Aufgenommen wurden die Bilder durch ein Teleskop mit einer digitalen Spiegelreflexkamera, wobei verschiedene Belichtungszeiten gewählt wurden. Diese Aufnahmen wurden anschließend mit einer HDR-Software zu einem Bild kombiniert, das einen großen Kontrastumfang aufweist.

Wenn man die Aufnahme nun in einem Bildbearbeitungsprogramm öffnet, kann man die Farbsättigung maximieren. Dann sieht man die

PRAXISTIPP

Halbschattenfinsternis am 16.9.

Versucht doch unsere Beobachtungen nachzumachen! Am 16. September 2016 findet eine Halbschattenfinsternis des Mondes statt. Wir werden versuchen diese Finsternis photometrisch, also mit einer gemessenen Lichtkurve nachzuweisen. Das könnt ihr auch probieren! Oder fotografiert den Vollmond und versucht seine Farben sichtbar zu machen. Viel Spaß und viel Erfolg!



▲ Abb. 3: Der gemessene Helligkeitsverlauf.

Jedem sein KLASSIKER

Alte Fernrohre sind wieder beliebt

40 bis 50 Jahre alte Teleskope genießen heute einen Kultstatus. In einem Thread auf Astrotreff zeigen viele Sternfreunde ihre »Klassiker«. Bei manchen von ihnen fühlt man sich in die Anfangszeit des Hobbys zurückerzählt, als man mit 114/900mm-Spiegelfernrohren aus dem Quelle-Versandhauskatalog zum ersten Mal den Himmel erkundete. Sie saßen in der Regel auf viel zu schwachen Montierungen und zeigten nicht das, was die beiliegenden Informationsbroschüren versprochen. Die Linsenteleskope jener Zeit waren auch nicht sehr viel besser und offenbarten ihre Schwächen in Form von roten und blauen Farbsäumen um die beobachteten Objekte. Ein Traum vieler Sternfreunde war damals der Fraunhofer-Refraktor 150/1500mm auf einer für seinerzeitige Verhältnisse sehr genau laufenden Wachter Astronom 2-Montierung, die bei einem der Autoren des Forums auch heute noch in Gebrauch ist.

Eine Besserung stellte sich erst durch die von der heute nicht mehr existierenden Fa. Vehrenberg vertriebenen japanischen Vixen-Fernrohre ein, die seit Anfang der 1990er Jahre über deutlich bessere Nachführungen, Montierungen und optische Geräte verfügte und für den deutschen Markt zugänglich gemacht wurde. Eines davon war der Sirius 50L, der damals für knapp 300 DM mit Optik, azimutaler Montierung, höhenverstellbarem Alustativ, 5×20-Sucher, 24,5mm-Zenitprisma und Okularen mit 8mm und 20mm sowie einem Kompass ausgeliefert wurde. Die Bewertung dieses Teleskops fiel sehr unterschiedlich aus. Man konnte aber beispielsweise durch Schwärzung des Innentubus und bessere Okulare mehr Leistung aus der kleinen Optik herausholen.

Ein weiteres Instrument aus der Vixen-Familie war das RS-NP 114S, ein Spiegelteleskop, das besonders, wenn man qualitativ deutlich bessere Okulare verwendete



►Abb. 1: **Wieder beliebt:** klassische Amateurteleskope aus längst vergangenen Tagen.

als die mitgelieferten, sein vorhandenes Potenzial ausspielen konnte. Damals galten Plössl-Okulare als das »Nonplusultra«. Ein weiterer besprochener Klassiker ist der Tasco 13V-Refraktor mit einem Linsendurchmesser von 80mm und einer Brennweite von 910mm, der vergleichsweise gute Abbildungseigenschaften aufwies.

Im Zeitalter von Internetauktionenhäusern wie eBay können Interessenten auch heute noch klassische Fernrohre erwerben, die mehr als ein Ausstellungsobjekt im heimischen Wohnzimmer sind. Was ein klassisches Fernrohr ist, liegt eben im Auge des Betrachters oder in romantischen Beziehungen zum ersten Teleskop, wenn man sich auch damals teilweise sehr über sie geärgert hat.

Jupiter mit kleinen Instrumenten

Es erscheint auf den ersten Blick widersinnig, mit kurz Brennweitigen Teleskopen Jupiter aufzunehmen, weil er im Bildfeld nur eine sehr kleine Fläche einnimmt. Daher ist, wenn es das Seeing zulässt, der Einsatz von Barlowlinsen notwendig, um einen ausreichend vergrößerten Planeten aufnehmen zu können. Empfohlen von den Diskutanten auf Astrotreff wird ein visueller Vortest, bei dem man den Planeten durch das Teleskop beobachtet, durch das später fotografiert werden soll. Ist das visuelle Bild schon so schlecht, dass man nicht einmal die beiden Hauptbänder in der Jupiteratmosphäre sieht, braucht man keine Aufnahmen zu machen. Sind hingegen schon im Okular viele Details mit Barlowlinse zu erkennen, sollte man möglichst bald nach dem Auskühlen des Teleskops mit den Aufnahmen beginnen. Wichtig ist dabei natürlich eine

gut eingenordete und gleichmäßig laufende Montierung.

Was man beim Jupiter allerdings nicht vergessen darf, ist seine schnelle Rotation, die sich bei zu langen Videos schnell bemerkbar macht. Zu lange Filme kann man gut für Animationen verwenden, die, bei höherer Geschwindigkeit abgespielt, eine schöne Darstellung der Planetenrotation liefern.

Fehler in der Optik, ein Wandern des Planeten durch das Bildfeld oder zappelige Videos sind nach den Erfahrungen der Diskussionsteilnehmer häufig Quellen für schlechte Bildergebnisse. Teile der Aufnahme können dann verwischt aussehen. In der Zeit rund um die Jupiter- Opposition in der Nacht am 8. März 2016 sind trotz teilweise widriger Witterungsumstände mit Instrumenten wie einem 120/850mm-Newton und einer 2x-Barlowlinse sowie einer geschickten Bildbearbeitung ganz erstaunliche Bild-

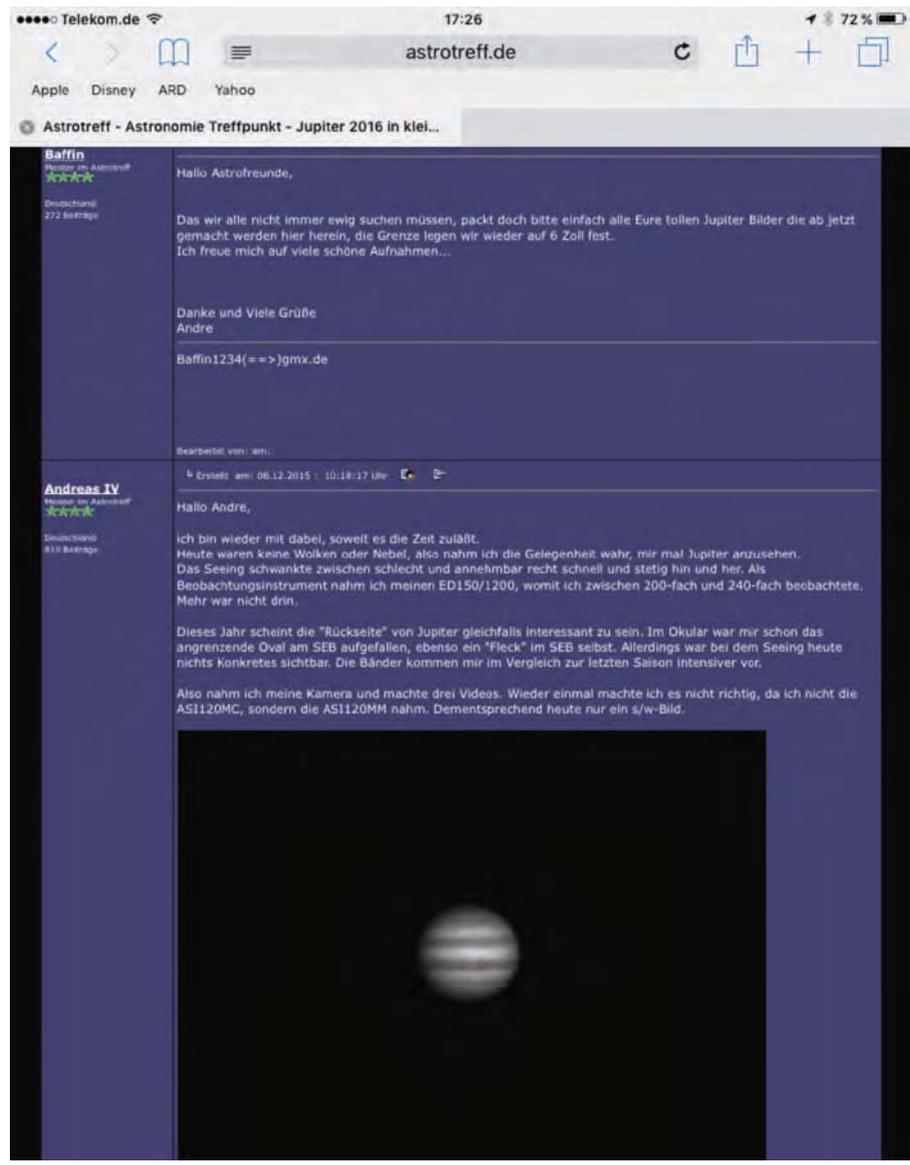
SURFTIPPS

- Diskussion zu Klassiker-Fernrohren
- Jupiter in kleinen Instrumenten

[KurzLink: oc1m.de/a3085](https://oc1m.de/a3085)

ergebnisse entstanden, die weit mehr als die beiden Hauptbänder der Atmosphäre des Riesenplaneten zeigen. Neben dem Großen Roten Fleck sind in diesem Thread Aufnahmen mit Jupiter und einigen seiner Monde, aber auch deren Schatten, kleine Animationen aus Einzelaufnahmen oder gleich zwei Mondschatten-Ereignisse zu sehen. Sie zeigen, dass Besitzer kleiner Instrumente keineswegs auf die Fotografie Jupiters verzichten müssen.

► Manfred Holl



► Abb. 2: Die Diskussion zu den Jupiterbildern mit kleinen Instrumenten.

INTERAKTIV

Netznews

Im Dschungel der Foren verbirgt sich manche Rosine - an dieser Stelle ausgegraben und aufbereitet. Dies geschieht exklusiv mit unserem Partner Astrotreff. Ausgewählt wurden Themen, die bei Erscheinen dieses Heftes nicht unbedingt aktuell, aber für den praktischen Beobachter dennoch von großem Interesse sein können.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt. astrotreff.de

Früher war alles klarer?

Einem Wettermythos auf der Spur

Geht es Ihnen auch so? Als Sternfreund, der schon jahrelang beobachtet, wird man den Eindruck nicht los: Früher gab es mehr klare Nächte! Ist das nur ein verklärter Blick auf die astronomisch-meteorologische Vergangenheit oder gibt es Statistiken, die das belegen?



P. Hombach

▲ Abb. 1: Wolken am Himmel – werden es immer mehr?

»Wann wird es mal wieder richtig Sommer?« sang Rudi Carrell anno 1975. Schon damals schien man der Meinung zu sein, dass früher wettermäßig alles besser gewesen sei. Das ist ein bekannter Auswahlereffekt. Mit der Zeit »verklärt« sich offenbar die Erinnerung. Schöne Wettererlebnisse bleiben in Erinnerung, tagelanges Durchschnittsgrau hingegen wird vom Gehirn nicht als speicherwürdige Information erachtet. Wer über das Blaue vom Himmel spekuliert, sollte daher nach überprüfbareren Fakten suchen.

Ein Blick in die Statistik

Auf den Seiten des Deutschen Wetterdienstes werden Interessierte fündig - zumindest, was Regenmengen und Sonnenscheindauer im langjährigen Vergleich angeht. Für den Niederschlag gibt es eine bis ins Jahr 1881 zurückreichende Messreihe, der man allenfalls eine marginal steigende Durchschnittsmenge entnehmen kann. Im Verzeichnis der Sonnenscheindauer, das ab 1951 geführt wird, weist der langfristige

Trend sogar leicht nach oben. Nimmt man sich eine Stadt wie Frankfurt am Main heraus und betrachtet jeweils das Mittel aus 30 Jahren, so liegt der Zeitraum 1981–2010 mit durchschnittlich 1662 Sonnenscheinstunden pro Jahr vor dem vom 1961–1990, der nur deren 1586 ausweist. Zumindest Sonnenbeobachter können also nicht klagen. Und die Zahl klarer Nächte? Der Sternfreund Jürgen Goldan wollte es selbst herausfinden und hat eigene Wetterbeobachtungen im Raum Hannover von 1981 bis 2015 ausgewertet. Bei aller Schwankung lässt sich feststellen: Im Durchschnitt ist immer nur jede 6. Nacht klar.

Ein Blick durch die Milchglasscheibe

Spannend sind Effekte, die durch den zunehmenden Flugverkehr hinzukommen. Erinnern Sie sich an den April 2010, als in Island der Eyja-Fjälla-Dingenskirchen ausbrach? Da eine Gefahr für die Flugzeugtriebwerke durch Vulkanstaub nicht auszuschließen war, wurde der Flugbetrieb über Mitteleuro-

pa tagelang eingestellt. Der Himmelsanblick war erstaunlich. Wo sich sonst nach höchstens einem Tag mit richtig blauem Himmel bald die charakteristische Milchglasscheibe »powered by Billigflieger« einstellt, war eine mehrtägige makellose Transparenz zu bewundern. Natürlich ist das eine Momentaufnahme. Der genaue Zusammenhang zwischen Kondensstreifen und Wolkenbildung bleibt Gegenstand der Forschung.

Teleskopkauf und schlechtes Wetter

Weitgehend unbewiesen ist der Zusammenhang zwischen dem Erwerb neuer Astro-Ausrüstung und der unvermeidlich darauf folgenden Schlechtwetter-Periode. Das ist etwa so belastbar wie die Einschätzung, dass ein beobachteter Teekessel das Wasser scheinbar nie zum Kochen bringt. Aber vielleicht steckt doch ein Körnchen Wahrheit drin: Da kauft man sich, inspiriert vom seltenen Anblick eines klaren Himmels doch wieder ein neues Teleskop. Bis es geliefert und aufgestellt ist, haben sich rein statistisch die nächsten Tiefausläufer eingefunden. Oder hatten wir »früher« einfach nur mehr Zeit zum Beobachten? Wie viele klare Nächte verstreichen heute ungenutzt, weil berufliche und private Verpflichtungen zugenommen haben? Wie auch immer: Möge sich niemand aus gefühltem Wetterfrust genötigt sehen, sein schönes Hobby an den Nagel zu hängen! In diesem Sinne: clear skies!

► Paul Hombach

👉 SURFTIPPS

- Zeitreihen des Deutschen Wetterdienstes

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a3086](https://oc1m.de/a3086)

Vor 100 Ausgaben: interstellarum 3

Der mausgraue Kittel

In Ausgabe 3 von interstellarum hatte ich in ein Wespennest gestochen. Das war mir vollkommen bewusst, Spaß gemacht hat es trotzdem.

Es ging in einem launig formulierten Beitrag in der Glossen-Kolumne »Das Streulicht« um mein Erstaunen, dass die meisten Teilnehmer auf Teleskoptreffen immer dieselben Referenzobjekte im Okular hatten: M 13, ε Lyrae, Wega. Ich hatte den Eindruck, dass diese Objekte hauptsächlich dazu dienten, die Leistung der jeweiligen Teleskope zu vergleichen. Stundenlang hörte ich die Besitzer über Beugungsscheibchen fabulieren und regte mich darüber auf, dass kaum jemand sein Teleskop zum Beobachten benutzen würde. Ich beschrieb die selbst ernannten Experten als Besserwisser im mausgraunen Kittel.

Das war natürlich übertrieben, aber es saß. Ich bekam zahlreiche Antworten, u.a. von Lesern, die sich wiedererkannten und ironisch »outeten«. Schließlich griff sogar der damals führende Teleskophändler Vehrenberg das Thema auf und nahm in seinem Katalog auf einer ganzen Doppelseite mit bildhübschem mausgraunen Kittel Bezug darauf.

Und heute? Ich würde sagen, dass der mausgraue Kittel den meisten Sternfreunden mittlerweile fremd ist. Und auf Teleskoptreffen werden – nicht zuletzt dank interstellarum – auch immer mehr »exotische« Objekte eingestellt. Ich persönlich würde immer noch ein Grenzobjekt im Okular dem Bild eines Beugungsscheibchens vorziehen, auch wenn ich die gepflegte Diskussion über Optiken mittlerweile durchaus goutieren kann.

► Ronald Stoyan

R. Scheffer



▲ Abb. 1: Der mausgraue Kittel im Vehrenberg-Katalog von 1995.



▲ Abb. 2: Ausschnitt aus dem Originalartikel in interstellarum 3.

INTERAKTIV

Vor 21 Jahren wurde interstellarum gegründet, die Vorgängerzeitschrift von Abenteuer Astronomie. Wir blicken in jedem Heft 100 Ausgaben zurück und lassen die ursprünglichen Autoren von damals zu Wort kommen. Das entsprechende Originalheft in voller Länge finden Sie kostenlos auf www.abenteuer-astronomie.de zum Download.

Kurzlink: oc1m.de/a3087

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



Termine für Sternfreunde

Juni/Juli 2016

Kleinplanetentagung

18.–19.6.2016
D-12435 Berlin

H-alpha Treff

(HaTR)
25.6.2016
D-65428 Rüsselsheim

Sonnetagung der Fachgruppe Sonne

2.–3.7.2016
D-99334 Kirchheim

WAA

Sommerworkshop
29.–31.7.2016
A-2724 Hohe Wand

Sächsisches Sommernachts- teleskoptreffen (STT)

29.–31.7.2016
D-01609 Peritz

Astronomisches Sommerlager (ASL 2016)

30.7.–13.8.2016
D-37444 St. Andreasberg

Astronomie vor Ort

Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten



Sternwarten und Astrovvereine sind überall im deutschen Sprachraum vertreten. Unsere Partner-Sternwarten haben die Möglichkeit, aktuelle Veranstaltungen und Neuigkeiten an dieser Stelle zu kommunizieren und ihre Einrichtungen und Aktionen ausführlich vorzustellen. Wir möchten diese Möglichkeit auch weiteren Sternwarten anbieten – werden Sie unser Partner!

Bayern

**Verein der Freunde
der Sternwarte Regensburg e.V.**
Adresse: Ägidienplatz 2,
93047 Regensburg
www.sternwarte-regensburg.de

1.06. - 15.07. Sommerpause
(Sternwarte geschlossen)

Öffentliche Führung
ab 16.7. jeden Freitag ab 21 Uhr

Nordrhein-Westfalen

**Astronomie-Werkstatt
Sterne ohne Grenzen**
Adresse: Sülzgürtel 42,
50937 Köln
www.sterne-ohne-grenzen.de

**Termine für Sternenwanderungen in
der Eifel im Juni/Juli:**

10.6. 22:00 Uhr:
Sternwanderung mit Halbmond
11.6. 22:00 Uhr:
Sternwanderung mit Halbmond
29.7. 23:00 Uhr: Sternwanderung
30.7. 23:00 Uhr: Sternwanderung

Österreich

Sternwarte Gahberg
Adresse: Sachsenstraße 2,
A-4863 Seewalchen
www.astronomie.at

Adresse: Sachsenstraße 2, A-4863
Seewalchen www.astronomie.at

**Vereinstreffen am 2. Freitag im Mo-
nat 19:00 Uhr im Gasthof Heller-
mann in Lenzing**

**Sternwartenführung jeweils am 10.,
20. und 30. des Monats ab 22:00 Uhr.**
8.7. 21:00 Uhr Astronomie am Atter-
see an der Promenade Seewalchen
12.7. 21:00 Uhr Astronomie am Mond-
see an der Promenade Mondsee

Schweiz

**Astronomische
Vereinigung Kreuzlingen**
Adresse: Breitenrainstrasse 21,
CH-8280 Kreuzlingen
www.avk.ch

**Sternwarte jeden Mittwoch
ab 19 Uhr geöffnet,**

zusätzlich Veranstaltungen
des Planetariums
jeden Mittwoch, Freitag,
Samstag und Sonntag

WERDEN SIE PARTNER-STERNWARTE!

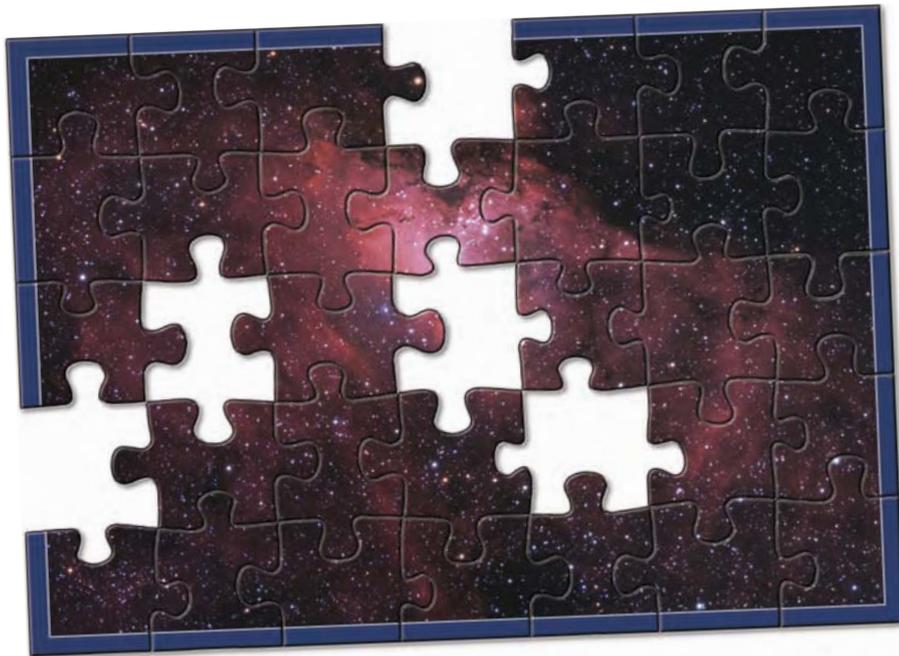
**Partner-Sternwarten von Abenteuer
Astronomie profitieren mehrfach:**

- Ihre Sternwarte erhält 10 Exemplare der Zeitschrift für Ihre Mitglieder oder Besucher
- Ihre Sternwarte erhält 3 Exemplare aller Neuerscheinungen des Oculum-Verlags
- Mit dem Verkauf der Zeitschriften und Bücher leisten Sie einen Beitrag zur Finanzierung Ihrer Sternwarte und bieten Ihren Besuchern immer neue Medien
- Ihre Sternwarte stellt sich in Abenteuer Astronomie vor und berichtet regelmäßig über Veranstaltungen, Aktionen und Beobachtungen
- Die Leser von Abenteuer Astronomie werden regelmäßig über Ihre Veranstaltungstermine unterrichtet

**Bitte kontaktieren Sie uns für Ihr
Sternwarten-Paket:
marketing@oculum.de**

Astro-Bilderrätsel: Raten und gewinnen!

Rätsel-Spaß der Extra-Klasse steuert unser Autor Steffen Behnke in jeder Ausgabe durch sein Bilderrätsel bei. Gesucht wird ein astronomisches Objekt, verlost werden unterschiedliche astronomische Buchtitel aus dem Oculum-Verlag. Können Sie mit Ihrem Wissen punkten? Dann ist unser Bilderrätsel genau das Richtige für Sie. Aber welches astronomische Objekt versteckt sich denn nun hinter diesem Ausschnitt?



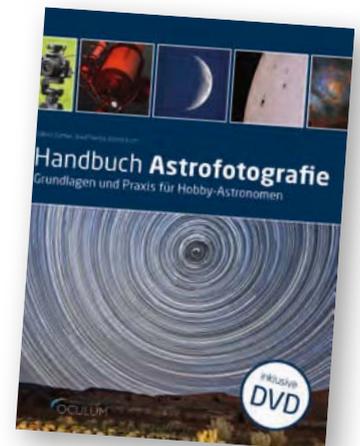
GEWINNER

Die Gewinner des Astro-Puzzles in Abenteuer Astronomie 2 sind:

- Udo Seidel
- Beate Schütt
- Nicole Schmidtke

Alle Gewinner erhalten je ein Exemplar des Buches »Lichtphänomene«

Unter Ausschluss des Rechtswegs verlosen wir 3 Exemplare unserer Neuheit »Handbuch Astrofotografie« im Wert von je 59,90€. In diesem weltweit umfassendsten Standardwerk zum Thema Astrofotografie wird von den Grundlagen bis zu den Details alles zur Fotografie des Himmels erklärt.



Handbuch Astrofotografie

Ullrich Dittler, Bernd Koch, Axel Martin
480 Seiten, Hardcover, 28cm × 21cm, durchgehend farbig

Bitte teilen Sie uns Ihre Lösung sowie Ihren Namen und Ihre Anschrift bis zum 5.6.2016 via Facebook-Nachricht, per E-Mail an: gewinnspiel@abenteuer-astronomie.de oder auf dem Postweg (Oculum-Verlag GmbH, Obere Karlstr. 29, 91054 Erlangen), Betreff »Astro-Puzzle«, mit und gewinnen Sie mit etwas Glück das Handbuch.

Auflösung aus Heft 2:

Das Puzzle der Ausgabe 2 zeigt die helle und große Spiralgalaxie Messier 101 (Feuerad-Galaxie) im Sternbild Großer Bär. Da wir von oben auf die Galaxie blicken, ist es uns möglich die Spiralarme im Detail zu beobachten. Entdeckt wurde die Galaxie am 27. März 1781 von Pierre Méchain.

► Steffen Behnke



MARKTPLATZ

Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern. Diese Inhalte werden von unseren Sponsoren gestellt und sind nicht redaktionell bearbeitet.

Astroshop: Teleskop-Konfigurator mit acht neuen Teleskopen

Beim Kauf eines Teleskops muss man sich meist mit festgelegtem Zubehör begnügen. Eine individuelle Auswahl von Okularen, Sucher oder Okularauszug ist nicht möglich. Vor etwa einem Jahr jedoch startete Astroshop.de den Omegon Teleskop-Konfigurator: Ein Tool, mit dem sich jeder Hobbyastronom einfach sein eigenes Teleskop mit Zubehör zusammenstellen kann. Nur sechs Schritte und wenige Minuten ist jeder von seinem Wunschteleskop entfernt.

Der Teleskop-Konfigurator umfasste zu Beginn nur zwei Newton-Teleskope der Omegon Advanced-Serie mit 152mm und 203mm Durchmesser und zwei verschiedene Montierungen. Doch der Konfigurator ist jetzt gewachsen: Nun kann jeder aus zehn verschiedenen Teleskopen plus Zube-

hör wählen. Hinzugekommen ist ein neues 203mm-Dobson-Teleskop, drei Maksutov-Teleskope mit 100mm, 127mm und 152mm und vier weitere achromatische Refraktoren mit 90mm, 102mm, 127mm und 152mm Objektivdurchmesser. Dadurch haben Sterngucker nun viel mehr Möglichkeiten ihr Teleskop auszuwählen. Und auch in Zukunft soll der Konfigurator mit weiteren Teleskopen ausgestattet werden.

Im Vergleich zum Einzelkauf sind die Bauteile im Konfigurator wesentlich preiswerter erhältlich. So ist man sicher ein ähnlich günstiges Teleskop zu bekommen wie im festgelegten Set, jedoch mit dem Vorteil, ein persönlich zugeschnittenes Teleskop zu erhalten.



Explore Scientific: Fokalextender

»Kann ich das auch größer sehen?« lautet eine der Standardfragen, wenn sich ein Einsteiger oder Besucher einer Volkssternwarte das erste Mal einen Planeten durch das Teleskop ansieht. Meistens ist die richtige Antwort dabei, dass ein kleineres, scharfes Bild mehr zeigt als ein großes unscharfes Bild. Es gibt jedoch Ausnahmen – so ist vor allem bei kurz brennweitigen Geräten oft eine höhere Vergrößerung möglich, als die Standard-Okularbrennweiten bei gutem Einblickverhalten ermöglichen. Auch bei der Aufnahme von Planeten will man in der Regel ein größeres Bild auf dem Chip haben, als die Teleskopbrennweite erlaubt. Dazu benötigt man hochwertiges Zubehör, das die effektive



Brennweite verlängert und die Bildgüte auch bei schnelleren Systemen nicht verschlechtert.

Explore Scientific bietet dafür jetzt eine Reihe von telezentrischen Fokalextendern an, mit den Verlängerungsfaktoren 2× (in 1¼ und 2 Zoll), 3× (1¼ Zoll) und 5×. Die vierlinsige telezentrische Konstruktion sorgt dabei dafür, dass die Bildgüte sehr hoch ist, und die ausgezeichneten Multivergrößerungen auf allen optischen Flächen verhindern störende Reflexe.

Das ist bei hellen Objekten wie den Planeten besonders wichtig. Mit den meisten Teleskopen kann bei der Verwendung des 5×-Fokalextenders das Bild bereits direkt mit einer Webcam oder CCD-Kamera verwendet werden, ohne den aufwendigen Umweg über die

Projektion gehen zu müssen – bei einer Teleskopbrennweite von 1,4m werden Jupiter oder die Saturnringe oft schon mit mehr als 1mm Größe auf dem Chip abgebildet. Das genügt ohne weiteres, um eine Vielzahl von Details im Bild festzuhalten. Die neuen Fokalextender sind zu unverbindlich empfohlenen Preisen zwischen 89,00€ (2× Fokalextender 1¼ Zoll) und 159,00€ (2× Fokalextender 2 Zoll) ab sofort verfügbar.

SURFTIPPS

- Omegon Teleskop-Konfigurator
- Fokalextender

 [Kurzlink: oc1m.de/a3092](https://www.kurzlink.de/oc1m.de/a3092)

Buch: Annals of the Deep Sky

Auch im Internetzeitalter sind gedruckte Verzeichnisse für Himmelsobjekte gefragt. Autoren wählen aus, filtern die wirklich relevanten Informationen und bereiten alles für ihre Leser verdaulich auf. Für Jahrzehnte war Burnham's Celestial Handbook die bedeutendste Enzyklopädie für Himmelsbeobachter. Zu jedem Sternbild listete der amerikanische Astronom Robert Burnham die für Hobby-Astronomen erreichbaren Himmelsobjekte auf und beschrieb jedes Objekt mit der gebotenen Ausführlichkeit.

Der Burnham ist allerdings in die Jahre gekommen. Sowohl die Astrophysik als

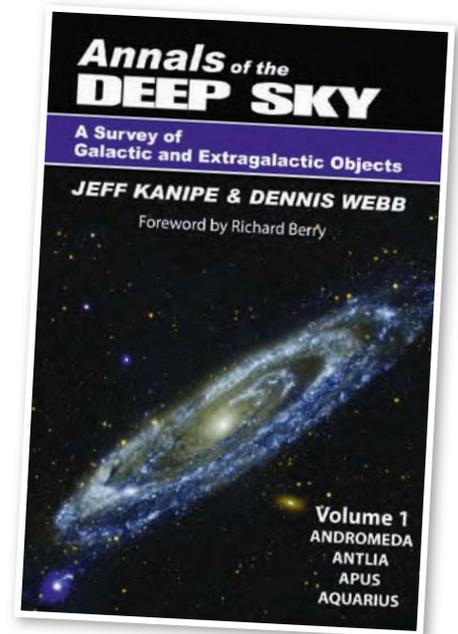
auch die Mittel der Amateurastronomen haben sich weiterentwickelt. Sein Konzept hat sich jedoch bewährt und so haben die Astronomen Jeff Kanipe und Dennis Webb beschlossen, es ins 21. Jahrhundert zu retten: Ihr mehrbändiges Werk Annals of the Deep Sky ist wie das Vorbild von Burnham aufgebaut, jedoch ausgestattet mit neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und modernen Abbildungen.

Der erste Band der Annals beginnt mit einer 121-seitigen Einführung in die beschreibende Astrophysik. Danach werden in alphabetischer Reihenfolge alle 88 Sternbilder mit ihren astronomischen Highlights abgehandelt. Neben historischen und astrophysikalischen Fakten bieten die Autoren auch nützliche Grafiken für Beobachter: detaillierte Aufsuchkarten sowie spezielle Karten für Veränderliche oder Doppelsterne.

Trotz des Kartenmaterials wird man die Annals eher nicht am Teleskop verwenden. Die Bücher würden eine feuchte Nacht nicht unbeschadet überstehen. Mit den Annals bereitet man Beobachtungen vor oder nach.

Das Werk gehört daher in die Bibliothek jeder öffentlich zugänglichen Sternwarte. Derzeit sind die ersten drei Bände lieferbar: von Andromeda bis Canis Major.

► Stefan Taube



IM DETAIL

Jeff Kampe, Dennis Webb: Annals of the Deep Sky - A Survey of Galactic and Extragalactic Objects, Volume 1, Willmann-Bell, 2015, ISBN 978-1-942675-00-6, ca. 30,00€

Android- und iOS-App: Stellarium mobile Sky Map

Es ist erfreulich zu beobachten, welche Entwicklungen derzeit bei den digitalen Sternkarten für Smartphones und Tablet-PCs stattfinden. Die für iOS- und Android-Geräte verfügbare App Stellarium mobile Sky Map erweist sich dabei als ein zeitgemäßer Vertreter dieser neuen Generation.

Klassiker mobil

Stellarium als PC-Programm ist seit vielen Jahren bekannt und bei zahlreichen Amateurastronomen im Einsatz; nun gibt es eine mobile Version: Zunächst ist Stellarium mobile Sky Map eine digitale Sternkarte, die die aktuelle Ansicht des Sternhimmels zeigt und dabei die Position und die Blickrichtung des Nutzers ausliest, um auf dem Display des Smartphones oder des Tablets die aktuelle Himmelsansicht zu präsentieren.

Die Darstellungsoptionen können dabei in weiten Teilen vom Anwender angepasst werden: Die Lichtverschmutzung am Beobachtungsort lässt sich ebenso einstellen wie die Leuchtkraft der Milchstraße. Dass sich die Anzeige verschiedener Himmelsobjekte (Sterne, Planeten, Satelliten, Deep-Sky-Objekte etc.) ein- und ausschalten lässt, ist bei Programmen dieser Gattung inzwischen selbstverständlich, ebenso wie die Anzeige von Ekliptik, Meridian sowie der Sternbildlinien und Sternbildfiguren.

Darüber hinaus kann diese App auch die Sternbildgrenzen anzeigen und enthält zu-

IM DETAIL

iOS-App: Stellarium mobile Sky Map, 44 MB, Version 1.2.3, iOS 5.1 oder höher, 2,99€

Android-App: Stellarium mobile Sky Map, 44 MB, Version 1.2.3, Android 2.3 oder höher, 1,99€

dem Hintergrundinformationen zu den Sternbildern und der Bedeutung des Sternhimmels in verschiedenen Kulturen – von den Azteken über die Chinesen, Ägypter, Inuit, Koreaner bis zu den altnordischen Interpretationen. Damit bietet die App Informationen, die über das hinausgehen, was andere derartige digitale Himmelskarten an Informationen zu den angezeigten Objekten enthalten. Aber auch ohne diese kulturellen Zusatzinformationen wäre die App eine Empfehlung wert!

► Ullrich Dittler





LESERBRIEFE

Ein Däne, Io und das schnelle Licht



In Heft Nr. 1 hat mich die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit aufgrund der Beobachtungen der Bedeckungen der Jupitermonde sehr angesprochen. Ich möchte nur gerne wissen, ob ich dies auch mit Hilfe der Verfinsterungen der Jupitermonde bewerkstelligen kann. Treten also die Verfinsterungen ebenso in einem Vielfachen der Umlaufzeit der Monde ein?

Ich glaube, dass es etwas leichter ist, die Zeitpunkte der Verfinsterungen zu bestimmen. Bei exakter Bestimmung von Bedeckungszeiten benötigt man doch mindestens einen Zehnzöller – die Luft ist einfach zu schlecht, um genaue Ergebnisse zu erzielen.

Peter Reinhard

Herr Reinhard vermutet richtig. Die im Artikel beschriebene Methode mit dem Bedeckungsanfang (BA) stellt nur eine Möglichkeit dar, auf die gleiche Weise kann (nach der Opposition) die Messung natürlich auch über das Verfinsterungsende (VE) durchgeführt werden. Hier würde das erste Licht, wenn also der Mond wieder aus dem Jupiterschatten tritt, als geeignete Zeitmarke dienen. Dies könnte sogar

tatsächlich leichter erkennbar sein als die Beobachtung des Bedeckungsbeginns am hellen Planetenrand.

Nico Schmidt

Was war vor dem Urknall?

Die Schwerebeschleunigung der Erde hat nach Wikipedia ihr Maximum auf der Erdoberfläche und nimmt dann (abhängig vom Aufbau) bis zum Erdmittelpunkt auf Null ab. Ebenso müsste es sich ja auf der Sonne verhalten – also im Mittelpunkt eine Schwerebeschleunigung von Null. Dennoch lese ich immer wieder: »Im Kern der Sonne sind Druck und Temperatur so hoch, dass die Materie dort die Form von Plasma hat. Nur hier, im tiefsten Inneren der Sonne findet die Kernschmelze statt.« Das verstehe ich nicht: Es müsste sich doch eigentlich eine Art Schalenstruktur aus unterschiedlichen Dichten ergeben – aber nicht mit der größten Dichte im Kern...

Können Sie mir erklären, wo mein Denkfehler liegt – und wieso die Kernschmelze dennoch nur im Kern der Sonne stattfindet?

Eckart Wiegräbe

Es ist richtig, dass die Schwerebeschleunigung abnimmt, je näher man dem Zentrum der kugelförmigen Masse kommt. Nicht vergessen dürfen wir aber die Masse der vielen darüber liegenden Schichten, die auf dem Zentrum lastet. Den Luftdruck auf der Erdoberfläche verdanken wir ja zu einem Großteil der Luftsäule, die sich über unseren Köpfen auftürmt. Der Druck ergibt sich dann aus der Gewichtskraft der Luftsäule pro Fläche. Wenn Sie in ein tiefes Schwimmbad hinabtauchen, können Sie direkt den zunehmenden Druck aus Luft- und Wassersäule in den Ohren spüren. Gleiches gilt für das Zentrum von Sternen, auf dem der Druck der Plasmaschichten lastet. Das ist der Gravitationsdruck. Er ist im Sonnenzentrum 200 Milliarden Mal höher als in der Erdatmosphäre.

Mit der Druckzunahme steigt auch die Temperatur (sofern die Anzahl der Teilchen gleich bleibt), wie man sich an der Gleichung eines ide-

alen Gases leicht klar machen kann. Die Kernfusion oder Verschmelzung von Atomkernen (bitte nicht mit der Kernschmelze, dem Unfall bei Kernreaktoren verwechseln) hängt entscheidend von der Temperatur ab. Je höher die Temperatur, desto schwerer können die Atomkerne sein, die miteinander fusionieren. Die Sonne erreicht 15 Mio. Grad und fusioniert Wasserstoff (Ordnungszahl 1). In schweren Sternen geht das weiter, bis das Element Silizium (Ordnungszahl 14) miteinander fusioniert (»Siliziumbrennen«). Daraus entsteht nämlich Eisen (Ordnungszahl 26), aus dessen Fusion keine Energie mehr frei wird. Bei schwereren Atomkernen als Eisen ist es günstiger, Energie aus deren Spaltung (Fission) zu gewinnen. Das geschieht gerade in herkömmlichen Kernkraftwerken, in denen Uran gespalten wird.

Andreas Müller

Da ich von Berufs wegen her viel mit Werkstoffen zu tun habe, interessiert es mich sehr auf Basis von unserem Periodensystem die Entstehung der Elemente näher zu beleuchten. Wikipedia hat ein schönes Periodensystem dargestellt, jedoch ist für mich nicht ganz erklärt bzw. klar, woher speziell die leichten Elemente Lithium, Beryllium und Bor stammen (es ist von Strahlung die Rede). Man lernt zwar viel über die Elemente im Periodensystem (in Schule und technischem Studium), jedoch ging keiner wirklich explizit auf die Herkunft der Elemente ein. Daher meine Frage: Woher stammt das Lithium für unsere Akkus? Entstand es nur während bzw. kurz nach dem Urknall, oder bildet es sich auch jetzt noch?

Jörg Nirschl

Die Elemente sind kosmischen Ursprungs und wurden auf sehr unterschiedliche Weisen erzeugt:

1) Primordiale Nukleosynthese im Urknall (Big Bang Nucleosynthesis, BBN) in den ersten Minuten nach dem Urknall. Elemente: Wasserstoff, Helium, Lithium, Beryllium (letztere beide nur in nur »in Spuren«)

2) Stellare Nukleosynthese in Sternen ab wenigen hundert Millionen Jahren nach dem Ur-

knall bis heute: Elemente bis zur Ordnungszahl 26, nämlich Eisen-56 (Ausnahme s-Prozesse in AGB-Sternen)

3) Explosive Nukleosynthese in Sternexplosionen ab wenigen hundert Millionen Jahren nach dem Urknall bis heute: Elemente, die schwerer sind als Eisen-56, z.B. Platin (Ordnungszahl 78), Gold (Ordnungszahl 79), Blei (Ordnungszahl 82) oder Uran (Ordnungszahl 92).

Nun zum Lithium, das übrigens nicht gesprochen wird wie »Lizi-um«, denn der Name leitet sich am vom griechischen Wort »lithos« für Stein ab, weil es in Gesteinen im 19. Jahrhundert entdeckt wurde.

Lithium (Li) und Beryllium (Be) entstanden noch in der primordialen Nukleosynthese, typischerweise durch Anlagerung von Proton, Neutron oder Deuteron (einer Verbindung von Proton und Neutron). Li-7 enthält sieben Nukleonen. Weil es kein stabiles Element mit acht Nukleonen gibt, brach die Kette der primordialen Nukleosynthese bei Li-7 ab. Etwa 20min nach dem Urknall war das frisch gebackene Universum dann zu stark infolge der Expansion abgekühlt, so dass die Fusion nicht weitergehen konnte. Danach musste man einige hundert Millionen Jahre warten, bis die ersten Sterne (die Population III) die kosmische Bühne betraten. Durch die Gravitation wurden sie im Innern so heiß, dass die Fusion weitergehen konnte.

Der Ursprung von Bor ist übrigens eine weitere spannende Frage. Es kommt weder aus der primordialen noch aus der stellaren Nukleosynthese, sondern aus Spallationsreaktionen mit kosmischer Strahlung (manchmal auch »nicht-thermische Nukleosynthese«). Dabei werden Atomkerne von kosmischer Strahlung, also elektrisch geladenen Teilchen wie Protonen, Alphateilchen oder noch schwereren Teilchen getroffen. Der so neu entstandene schwerere Atomkern zerplatzt in kleinere Bruchstücke. Trifft die kosmische Strahlung z.B. interstellaren Kohlenstoff, so kann aus der Spallationsreaktion Bor entstehen. Auch Li und Be entstehen in Spallationsreaktionen.

Andreas Müller

Wie man Tauwasser vermeidet

Von der empfohlenen Notlösung Hygienepapier aus reiner Zellulose möchte ich dringend abraten! Zellstoff-Taschentücher haben bei wiederholtem Gebrauch auf vergüteten Optikflächen eine schleifende Eigenschaft. Ich habe mir mit dieser bequemen Praxis die Oberfläche meiner Brille in relativ kurzer Zeit in einen Flecken-Teppich verwandelt.

Ich habe für Taubildung auf dem Teleskop immer einen kleinen Föhn mit 12V-Anschluss in greifbarer Nähe - zu Hause am Akku und unterwegs am Zigarettenanzünder. Das Föhnen wirkt sehr schnell und hält relativ lange vor. Die Endreinigung zu Hause:

1. mit Optikpinsel entstauben
2. mit Spezialreiniger für Linsen und optische Produkte und einem frischen Mikrofasertuch ohne Druck behandeln.

Klare Sicht!

Wolfram Haasemann

⇌ INTERAKTIV

Wir freuen uns über Ihre Leserbriefe an redaktion@abenteuer-astronomie.de!

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a3094

Abenteuer Astronomie 4, im Handel ab 22. Juli



▲ Der Cirrusnebel ist die faszinierendste Nebellandschaft des Sommerhimmels. Tauchen Sie ein mit uns!



▲ Die Sonnenfinsternis in Indonesien faszinierte viele Sternfreunde. Zwei Fernreisende berichteten von ihren Erlebnissen.



▲ Vor 100 Jahren wurde das Schwarze Loch als Gedankenexperiment »erfunden«. Heute wissen wir, dass es sie tatsächlich gibt.

Kontakt

Abo-Service

Neue Abonnements, Adressänderungen, Fragen zum Bezug
aboservice@abenteuer-astronomie.de
 (0049) 09131-970694

Redaktion

Einsendungen, Fragen zu Artikeln, Leserbrief
redaktion@abenteuer-astronomie.de
 (0049) 9131-9774664

Anzeigen

Aufträge, Mediadaten, Preise
anzeigen@abenteuer-astronomie.de

Facebook

facebook.com/AbenteuerAstronomie

Twitter

twitter.com/abenteuerastro

Impressum

Abenteuer Astronomie
 ISSN 2366-3944

Verlag

Oculum-Verlag GmbH, Obere Karlstr. 29,
 91054 Erlangen, Deutschland

Geschäftsführung

Ronald Stoyan

Chefredaktion

Ronald Stoyan

Redaktion

Daniel Fischer, Paul Hombach, Christian Preuß

Kolumnen

Steffen Behnke, Dr. Stefan Deiters, Prof. Ullrich Dittler,
 Daniel Fischer, Dr. Georg Dittlé, Kay Hempel, Manfred
 Holl, Paul Hombach, Karl-Peter Julius, Matthias Juchert,
 Burkhard Leitner, Dr. Andreas Müller, Lambert Spix,
 Ronald Stoyan, Stefan Taube, Dr. Mario Weigand

Korrektur

Verena Tießen, Manfred Holl, Paul Hombach,
 André Knöfel

Anzeigenleitung

Marion Faisst

Abo-Service

Melanie Jessen

Herstellung

QUERWILD GmbH, Dieter Reimann

Grafik

Arnold Barmettler, Eduardo Arriola,
 QUERWILD GmbH, Nadine Distler

Vertrieb

IPS Pressevertrieb GmbH, Meckenheim

Hinweise für Leser

Bildorientierung: Allgemein: Norden oben, Osten links; Planeten: Süden oben, vorangehender Rand links (wie im umkehrenden Teleskop)

Datenquellen: Himmelsalmanach 2016

Koordinaten: äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0

Helligkeiten: sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit

Deep-Sky-Objekte: DS (Doppelstern), OC (Offener Sternhaufen), PN (Planetarischer Nebel), GN (Galaktischer Nebel), GC (Kugelsternhaufen), Gx (Galaxie), Qs (Quasar), As (Sternmuster)

Kartenverweise: Deep Sky Reiseatlas (DSRA), interstellarem Deep Sky Atlas (isDSA), Fotografischer Mondatlas (FMA)

UNSERE PARTNER & SPONSOREN

Crowdfunding

Startnext



Hersteller

Nikon Deutschland, Düsseldorf
 Kowa Optimed Deutschland, Düsseldorf
 Omegon, Landsberg am Lech

Händler

Bresser, Rhede
 Teleskop Austria, Linz
 Optical Vision, Kempten

Sternwarten

Astronomischer Arbeitskreis Salzkammergut
 Sterne ohne Grenzen
 Sternwarte Kreuzlingen
 Sternwarte Regensburg

Privatpersonen

Dr. Andreas Alzner
 Daniel Buegin
 Pierre Capesius
 Prof. Dr. Ullrich Dittler
 Constantin Lazzari
 Dirk Lorenzen
 Franz-Peter Pauzenberger
 Arne Ristau
 Daniel Schmid
 Erich Suter
 Kurt-Peter Zirner

Medien

Astrotreff Astroforum
 CalSky.com
 CCD-Guide

**Wir danken allen
 Unterstützern herzlich!**