

Titelbild: Die Sonnenfinsternis am 21. August 2017 fotografiert von Sebastian Voltmer am Ocean Lake in Pavillion im US-Bundesstaat Wyoming. Details zu diesem Bild und weitere Fotos in unserem Beitrag zur »Great American Eclipse« ab Seite 60.

REDAKTION IM EINSATZ

Jährliches Treffen

Eine Zeitschrift wie Abenteuer Astronomie könnte nicht ohne die Mithilfe unserer zahlreichen Autoren erscheinen, die Spaß daran haben, regelmäßig über ihr Hobby zu berichten und die Leser an ihrem Wissen teilhaben zu lassen. Verlag und Redaktion wissen dies zu schätzen und laden daher alle regelmäßigen Mitarbeiter einmal im Jahr zu einem Redaktionstreffen ein, das in diesem Jahr am ersten Juli-Wochenende stattfand. Wir waren zu Gast bei der Volkssternwarte in Bonn.

Unter der historischen Kuppel wurde über die Themen der nächsten Hefte beraten und zudem diskutiert, was man noch alles besser machen kann. Für 2018 sind dabei zahlreiche spannende Themen und auch

P. Hombach



Ideen für neue Rubriken herausgekommen. Zudem bieten die Treffen natürlich auch Gelegenheit zum persönlichen Kennenlernen.

Kritik und Ideen sind uns übrigens nicht nur von unseren Autoren willkommen, sondern auch von Ihnen, liebe Leserinnen und Leser. Und natürlich freuen wir uns auch immer über neue Mitarbeiter, die interessante Themen in Wort und Bild aufbereiten können. Wenn Sie also mitmachen wollen oder Ideen für Beiträge haben, schreiben Sie uns. Vielleicht sind Sie ja dann schon beim nächsten Redaktionstreffen mit dabei.

► Stefan Deiters



Stefan Deiters

Chefredakteur

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

das war sie also, die »Great American Eclipse«. Viele von Ihnen dürften die totale Sonnenfinsternis am 21. August entweder im Internet oder sogar direkt vor Ort in den USA verfolgt haben. Ich hoffe, Sie hatten dann mit dem Wetter genauso viel Glück, wie die meisten unserer Autoren, die uns bereits kurz nach der Finsternis Bilder und Eindrücke geschickt haben, so dass wir Sie schon in diesem Heft an dem besonderen »Erlebnis Sonnenfinsternis« teilhaben lassen können (Seite 60).

Doch soll es diesmal natürlich nicht nur um unseren Zentralstern gehen: Ein roter Faden, der sich – ursprünglich gar nicht geplant – durch diese Ausgabe zieht, ist die Astronomie mithilfe von Beobachtungen im Radiobereich. Gleich zu Beginn des Heftes wirft Nico Schmidt einen Blick auf die Geschichte der Pulsare, die vor genau 50 Jahren entdeckt wurden (Seite 14). Unser Autor Manfred Holl verbrachte seinen Urlaub in der Eifel, wo es nicht nur einen eindrucksvollen Nachthimmel zu bestaunen gibt, sondern auch zwei Radioteleskope, an denen sich die Geschichte der Radioastronomie nachvollziehen lässt (Seite 66). Diese Geschichte wurde wesentlich mitgeprägt durch Prof. Richard Wielebinski, der in diesem Jahr die renommierte Karl-Schwarzschild-Medaille der Astronomischen Gesellschaft erhält. Daniel Fischer hat ihn interviewt (Seite 78).

Wer glaubt, Radioastronomie sei nur etwas für die Profis, den belehrt Georg Dittlé eines Besseren: Er beschreibt, wie man mit vergleichsweise einfachen Mitteln Meteore belauschen kann – und dies bei jedem Wetter (Seite 48). Und auch für optische Beobachter gibt es in diesem Heft natürlich wieder zahlreiche Tipps und Anregungen.

Und damit viel Spaß beim Lesen!

Ihr

Wissen

First Light

- 8 Orion auf den Zahn gefühlt
- 10 Koroljow-Kreuz über Kasachstan

Fischers fantastische Zahlen

- 12 Ein Jahr von nur 4,3 Stunden Länge

Deiters' erstaunliche Fakten

- 13 Jupiter leuchtet auch selbst

Hauptartikel

14 Geheimnisvolles Blinken aus dem All

Mit der Entdeckung des ersten Pulsars vor 50 Jahren begann ein spannendes und völlig neues Kapitel der Astrophysik

Hintergrund

- 20 Juno: Ein Gasriese voller Überraschungen

Update

- 24 Jagd auf Zwergen-Planeten geht weiter
- 25 Lauschen auf Gravitationswellen auch im All

Müllers Universum

- 26 Wie viele Universen gibt es?

Astro-Abc

- 27 J wie Julianisches Datum

14

GEHEIMNISVOLLES BLINKEN AUS DEM ALL

Die Entdeckung der Pulsare vor 50 Jahren

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!



Himmel

Wichtige Ereignisse

- 28 Ein grünes Scheibchen in den Fischen
- 29 Die Leoniden eher zahnlos
- 29 Die »verbotene« Abendsichtbarkeit

Aktuell im Sonnensystem

- 30 Der Mond im Oktober/November
- 31 Die Planeten im Oktober/November
- 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

Praxis

Spix' Spechteltipps

- 42 **Mit dem Zweiten sieht man besser**
Das Fernglas als Einsteigerinstrument

Stoyans Sky

- 44 **Seyferts schöne Spirale**
Die Galaxie M 77 und ihre Umgebung

Artikel

- 48 **Wie man Sternschnuppen belauscht**
Meteorscatter erlaubt mit relativ einfachen Methoden die Beobachtung von Sternschnuppen

44

SEYFERTS SCHÖNE SPIRALE

FASZINATION SONNENFINSTERNIS

Die »Great American Eclipse«
am 21. August 2017

60

Technik

Dittlers Fotoworkshop

54 In die Tiefen des Weltraums

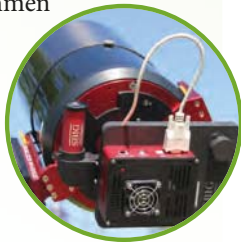
*Deep-Sky-Fotografie mit einer
gekühlten CCD-Kamera*

Teleskop-Tuning

57 Zusatzoptiken richtig eingesetzt

Weigands Techniktipps

58 Vom Öffnungsverhältnis
und tiefen Aufnahmen



54

Deep-Sky-Fotografie

mit einer gekühlten CCD-Kamera

Erlebnis

Artikel

60 Faszination Sonnenfinsternis

*Die »Great American Eclipse«
am 21. August 2017*

66 Auf den Spuren der Radioastronomie in der Eifel

*Kurzbesuche bei einer aktuellen und
einer ehemaligen Forschungsstätte*

Mein bestes Astrofoto

72 Der Fliegende Drache

Leser-Galerie

74 Kleiderbügel & Co.

Rückblick

74 Verdunkelter Mond

Szene

Interview

78 Richard Wielebinski

Space Checker

80 Klavierspielen am CMS-Detektor

Netznews

82 Einschlag auf Jupiter und Supernova Nr. 10

Diskurs & Diskussion

84 Astronomie zwischen Kunst und Kapital

Artikel

85 Sonnenfleckenzählung
und zersägte Teleskope

Astronomie vor Ort

88 Neuigkeiten und Veranstaltungen
unserer Partner-Sternwarten

89 Ausstellung »Sternenregion Eifel«

90 MINT-Girls-Besuch bei der
Sternwarte Regensburg

Marktplatz

91 Novitäten und Nachrichten von
Herstellern und Händlern

Leserbriefe

92 Leserbrief

Rezensionen

93 Buch: Astrofotografie

93 iOS-App: GoSatWatch

Astro-Puzzle

95 Raten und gewinnen!

Vor 100 Ausgaben

97 interstellarum 11

Rubriken

- 3 fokussiert
- 92 Termine
- 98 Vorschau
- 98 Kontakt
- 98 Impressum
- 98 Hinweise für Leser

ORION

AUF DEN ZAHN GEFÜHLT

Drei Sternfamilien im Nebel



▲ Abb. 1: Auch im fraglos bekanntesten Sternentstehungsgebiet der Milchstraße warten noch Überraschungen – die Astronomen müssen nur genau genug hinschauen. Dieses spektakuläre Bild entstand mit dem VLT Survey Telescope, einem 2,6-Meter-Teleskop auf dem Gipfel des Paranal in Chile, und der OmegaCAM. Es zeigt zahllose Sterne einzeln und in Farbe. Und siehe da, die Beziehungen zwischen Farbe und Helligkeit folgen nicht nur einem klaren Gesetz: Die Sterne gehören offenbar zu drei verschiedenen Generationen, die kurz nacheinander, aber mit Pausen dazwischen entstanden sind. Was der Mechanismus hinter diesen Schüben ist? Da muss noch weiter geforscht werden.

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

KOROLJOW-KREUZ

ÜBER KASACHSTAN

Sojus-Start wie aus dem Bilderbuch

NASA/Joel Kowsky



b

NASA/Joel Kowsky



c



▲ Abb. 2: Manchmal sind das Licht und die Sicht besonders gut, wenn in Baikonur eine Sojus-Rakete und -Kapsel zur ISS starten – so wie am 28. Juli, als unter anderem der italienische Astronaut Paolo Nespoli an Bord war (a). So gut wie schon lange nicht mehr konnten der Abwurf des nicht mehr benötigten Fluchtturms (b) und der vier Boosterraketen (c) am kasachischen Abendhimmel verfolgt werden. Die vier Raketen entfernen sich langsam und symmetrisch von der weiter aufsteigenden zentralen Stufe und bilden lange ein markantes Kreuz am Himmel – das nach dem sowjetischen Raumfahrt pionier Sergei Koroljow benannt wird.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



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



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

Ein Jahr von nur 4,3 Stunden Länge

hat der Exoplanet mit der zweitkürzesten Umlaufperiode, der bisher entdeckt wurde: EPIC 228813918 b ist nur vier Minuten langsamer als KOI 1843.03. Beide Planeten ähneln einander sehr: Sie sind Entdeckungen des Kepler-Satelliten, beide umkreisen Zwergsterne des Spektraltyps M und haben ungefähr die Größe der Erde. Direkt gemessen wurde nur der Durchmesser des neuen Planeten, während er seinen Stern verfinstert: etwa 90 Prozent des Erddurchmessers. Aber weil er auf einer derart engen Bahn um ihn saust, muss er eine ziemlich hohe Dichte haben, um nicht durch Gezeitenkräfte zerrissen zu werden: Der Anteil von Eisen an seiner Masse liegt mit rund 50 Prozent höher als bei der Erde, der Venus und dem Mars (aber niedriger als beim Merkur). Die USP-Planeten – die Abkürzung steht für »ultra short period« – haben nun wieder einen Vertreter mehr: Solche Extremfälle sind wichtig, um Modelle für Planetenbildung zu testen.



SURFTIPPS

- Breakthrough Initiatives

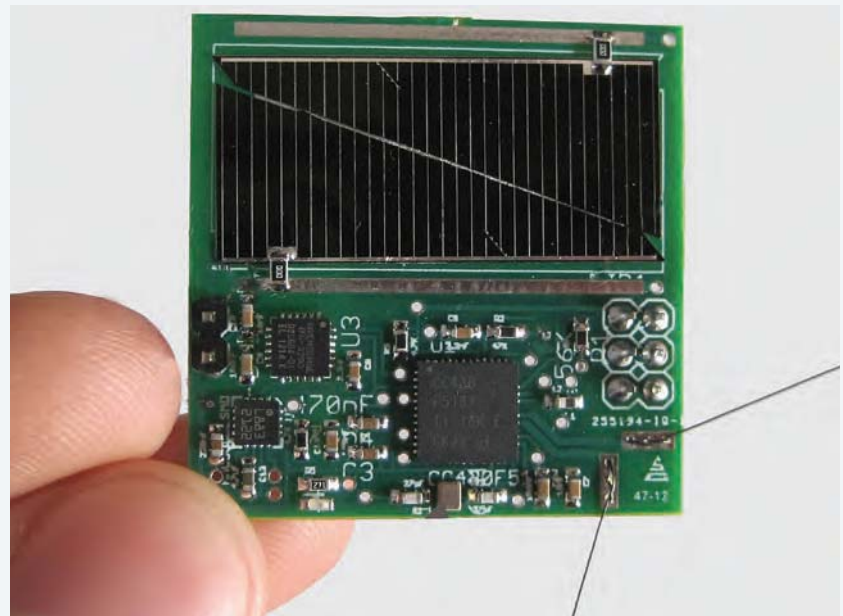
Kurzlink: oc1m.de/a11012

Fischers fantastische Zahlen

3,5×3,5 Zentimeter groß

sind die kleinsten künstlichen Satelliten, die nun ihre Funktionsfähigkeit bewiesen haben: Sechs dieser »Sprite« genannten Prototypen wurden im Juni huckepack auf zwei kleinen Satelliten gestartet, die eine indische Rakete in den Orbit trug – und mindestens einer konnte bald Funkkontakt mit der Erde aufnehmen. Die Satellitchen haben nur vier Gramm Masse und tragen gleichwohl Solarzellen, Sen-

soren, Computer und Sender. Es handelt sich um das erste Weltraumexperiment im Kontext des kühnen »Starshot«-Projekts, bei dem eines Tages Winzlinge von solchem Format mit starkem Laserlicht auf enorme Geschwindigkeit gebracht und zum Alpha-Centauri-System geschickt werden sollen. Aber auch Anwendungen für Schwärme solcher Satelliten im irdischen Weltraum sind denkbar.



▲ Abb. 1: Prototyp eines »Sprite«-Satelliten: Kaum zu glauben, aber es handelt sich um einen eigenständigen Raumflugkörper.

25 bis 100 Milliarden Braune Zwerge

geistern mindestens durch die Milchstraße, ein Fünftel bis die Hälfte der Zahl der richtigen Sterne: Diese neue Hochrechnung basiert auf besonders tiefen und scharfen Aufnahmen eines einzelnen Sternhaufens, RCW 38. Alle kompakten Objekte bis zehn Jupitermassen hinab konnten ausgezählt werden: Wie viele Sterne und Sub-Sterne welcher Masse gibt es? Das gefundene Gesetz ist dasselbe, das man auch in anderen jungen Sternentstehungsgebieten fand – und deswegen darf auch gleich auf die gesamte Milchstraße extrapoliert werden. Die produziert derzeit etwa vier Sterne – und knapp ein bis gut zwei Braune Zwerge – pro Jahr, früher aber mehr: Unterm Strich kommt die Zahl von 25 bis 100 Milliarden Braunen Zwergen heraus. Sie ist



▲ Abb. 2: Der zentrale Bereich des Sternhaufens RCW 38. Er befindet sich rund 5500 Lichtjahre von der Erde entfernt im Sternbild Segel des Schiffs.

aber nur eine Untergrenze, weil sie Braune Zwerge mit weniger als drei Prozent der Sonnenmasse noch gar nicht berücksichtigt.

Deiters' erstaunliche Fakten

Jupiter leuchtet auch selbst



▲ Abb. 1: Der Gasriese Jupiter verfügt über eine eigene Wärmequelle.

Planeten, so lernt man es in der Schule, leuchten nicht selbst, sondern reflektieren nur die Strahlung, die sie von ihrem Zentralstern erhalten. Das macht die direkte Abbildung von Planeten um andere Sonnen auch so schwierig, da sie meist vom hellen Schein ihrer Sonne überstrahlt werden. Im Fall des Gasriesen Jupiter stimmt die Aussage allerdings nicht ganz: Der größte Planet im Sonnensystem gibt mehr Strahlung ab als nur die reflektierte Sonnenstrahlung. Jupiter zieht sich nämlich noch immer zu-

sammen und heizt sich dadurch im Inneren auf. Sein Durchmesser schrumpft in jedem Jahr um wenige Zentimeter. Durch diesen Vorgang verfügt der Planet über eine eigene Wärmequelle. Wissenschaftler bezeichnen den Prozess als Kelvin-Helmholtz-Kontraktion. Lord Kelvin und Hermann von Helmholtz hatten ihn Ende des 19. Jahrhunderts als Erklärung für die Energieerzeugung in der Sonne vorgeschlagen, als man von den nuklearen Fusionsprozessen im Inneren unseres Zentralsterns noch nichts wusste.

Ursprünglich waren drei weitere Apollo-Mondmissionen geplant

Mit der ersten bemannten Mondlandung im Juli 1969 endete der Wettlauf der beiden Supermächte USA und Sowjetunion um die Vorherrschaft im Weltraum. Die USA hatten unvorstellbare Summen aufgewandt, um ihren Rückstand gegenüber der Sowjetunion aufzuholen. Mit der Landung von Apollo 11 war dies geschafft. Apollo 12, 14, 15, 16 und 17 landeten bis 1972 auf dem Mond, Apollo 13 erreichte den Erdtrabanten nicht. Ursprünglich waren noch drei weitere bemannte Mondmissionen, Apollo 18 bis 20, geplant. Aus Kostengründen wurde Apollo 20 aber schon im Januar 1970 gestrichen, Apollo 15 und 19 dann im September des gleichen Jahres. Die verbliebenen Missionen nummerierte man dann neu durch. Der ursprünglich für

die Mission Apollo 18 vorgesehene Astronaut Jack Schmitt, der einzige Wissenschaftler unter den Apollo-Astronauten, wurde auf der Mission Apollo 17 eingesetzt.



▲ Abb. 2: Apollo-17-Astronaut Eugene A. Cernan im Dezember 1972 auf dem Mond. Es war bislang die letzte bemannte Mondmission.

← INTERAKTIV

Stefan Deiters ist Astrophysiker und arbeitet als Wissenschaftsjournalist. Er gründete 1999 den Onlinedienst astro-news.com. Seit Juni 2016 ist er Chefredakteur von Abenteuer Astronomie. Wenn Sie Themen haben, die wir hier aufgreifen könnten, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder kontaktieren Sie uns über unsere Facebook-Seite.

Kurzlink: oc1m.de/fb

Auf der ISS herrscht keine Schwerelosigkeit

Diese Aussage mag manchen verwundern, der die Bilder von durch die Internationale Raumstation ISS schwebenden Astronauten vor Augen hat, doch korrekterweise müsste man bei der ISS oder anderen Raumschiffen im Erdorbit nicht von Schwerelosigkeit, sondern von Mikrogravitation sprechen. Der Grund ist einfach: Die Anziehungskraft unseres Planeten reicht deutlich weiter ins All, als die ISS von der Erde entfernt ist – beispielsweise ist ja auch der Mond durch die Anziehungskraft der Erde an unseren Planeten gebunden.

»Schwerelosigkeit« herrscht in der ISS oder in einem anderen Raumfahrzeug, weil es sich in einem Orbit um die Erde bewegt. Auf diese Weise wird für die Astronauten die Anziehungskraft der Erde durch die Fliehkraft ausgeglichen. Man sagt auch, dass sich die ISS im »freien Fall« um die Erde befindet. Und genau dies sorgt für einen der Schwerelosigkeit sehr ähnlichen Zustand im Inneren.

► Abb. 1: Künstlerische Darstellung des Pulsars PSR B1257+12 im Sternbild Jungfrau. Die schnell rotierenden Neutronensterne erscheinen uns als Pulsare, wenn einer der beiden eng gebündelten Strahlenkegel die Erde wie das Licht eines Leuchtturms überstreicht. Außerdem wurden um den Pulsar vor 25 Jahren die allerersten bestätigten Exoplaneten entdeckt.

Im Sommer 1967 machten Radioastronomen der Universität Cambridge am Mullard Radio Astronomy Observatory eine verblüffende Entdeckung. Mit einem neuen Radioteleskop, das aus einem 470 Meter langen und 45 Meter breiten Antennenfeld aus 2048 Antennen, über 1000 Holzpfeilen sowie 190 Kilometern Draht und Kabeln bestand, hatten sie Beobachtungen bei 81,5 MHz durchgeführt. Die 24-jährige Doktorandin Jocelyn Bell war mit der Auswertung der Daten beschäftigt und stieß am 6. August 1967 auf ein erstes Signal, das sich nicht zu-

ordnen ließ. Ein paar Monate später, am 28. November, tauchte es wieder auf und mit der höheren Zeitauflösung des Empfängers wurde das Signal immer seltsamer.

Vier seltsame Signale

Das extrem regelmäßige Radiosignal von CP 1919 im Sternbild Fuchschchen verblüffte alle, denn es schien mit der außerordentlichen Regelmäßigkeit von 1,337 Sekunden zu pulsieren, also zu blinken. Nachdem alle möglichen Störquellen ausgeschlossen wer-

den konnten, war die Hauptfrage: Was für ein astronomisches Objekt sollte mit einer derartigen Präzision pulsieren, so dass man seine Uhr danach stellen konnte? War es eine neue Art Stern, ein Gravitationslinsen-Effekt oder waren es doch bloß Signal-Reflexionen vom Mond? Halb im Scherz zog man sogar eine außerirdische Intelligenz in Betracht: Die Astronomen nannten die Quelle deshalb LGM 1 – »Little Green Men 1«. Durch weitere Beobachtungen war allerdings bis zum Jahreswechsel die Idee von »kleinen grünen Männchen«, die Richtung Erde funk-

GEHEIMNISVOLLES BLINKEN AUS DEM ALL

Mit der Entdeckung des ersten Pulsars vor 50 Jahren begann ein spannendes und völlig neues Kapitel der Astrophysik

Pulsare gehören zweifellos zu den verrücktesten und faszinierendsten Objekten im Universum. Sie sind der Inbegriff der Extreme: Ihre Dichte, ihre Rotation, ihre Magnetfelder, ihre Gravitation – an Pulsaren ist einfach alles extrem. Sie entstehen in gewaltigen Supernovae und können selbst Ursache energiereicher Sternexplosionen sein. Entdeckt wurde der erste Pulsar vor genau 50 Jahren. Manche hielten ihn damals für eine Botschaft Außerirdischer.

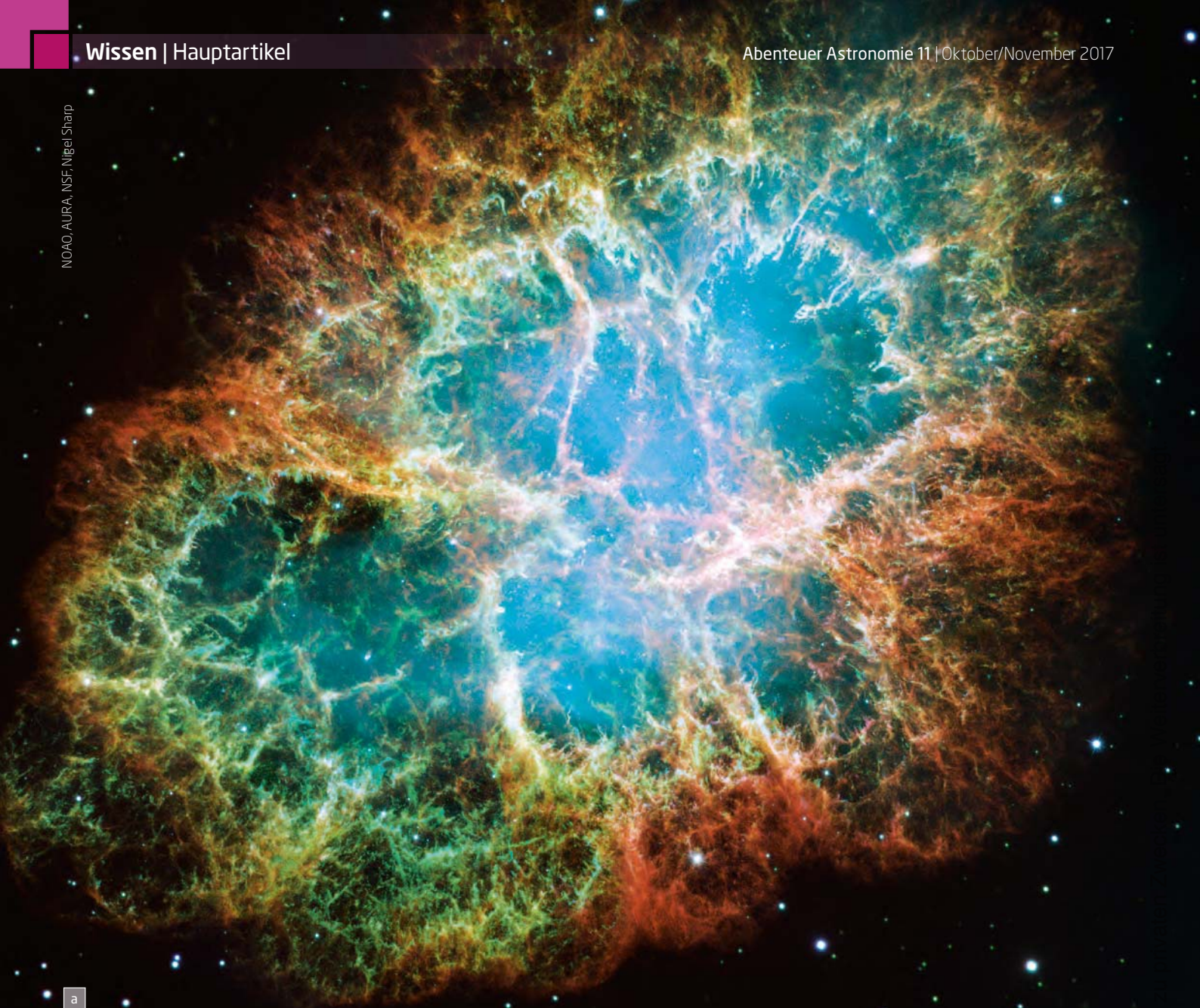
ten, praktisch auszuschließen (vgl. Kasten). Im Februar 1968 veröffentlichte Bells Doktorvater Anthony Hewish die Entdeckung von vier rätselhaften Radioquellen – ihre Pulsperioden lagen zwischen 0,25 und 1,337 Sekunden. Wenig später berichteten auch die Zeitungen von den sonderbaren Funkzeichen. Ein Reporter des Daily Telegraph nannte die Objekte für seinen Bericht kurzerhand Pulsare. Die Wortschöpfung sollte einfach für »Pulsating Star« – also pulsierender Stern – stehen. Als Erklärung für die ultrapräzisen Pulse vermuteten die Astrono-

men damals rasant schwingende Sternleichen wie Weiße Zwerge oder Neutronensterne.

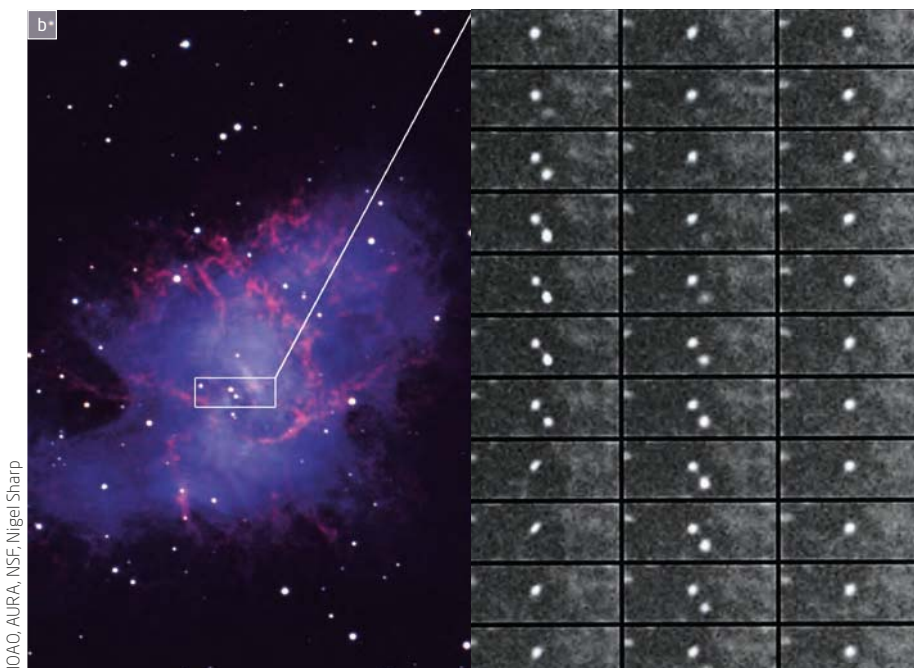
Sterne wie kosmische Leuchttürme

Die Existenz von Neutronensternen hatten theoretische Physiker schon seit einigen Jahrzehnten für möglich gehalten: So ging der sowjetische Physik-Doktorand Lew Landau 1931 während eines Auslandsaufenthalts in Zürich auch der Frage nach, wie sehr ein massereicher Stern komprimiert werden kann.

Die Dichte von Materie kann derart zunehmen, »dass Atomkerne in engen Kontakt miteinander kommen und einen gigantischen Kern formen«, so seine damalige Vermutung. Er spekulierte über ein kompaktes Objekt, das wir heute als Neutronenstern bezeichnen, ohne dass das Neutron damals schon bekannt war – das wurde erst im Jahr darauf entdeckt. Wiederum ein Jahr später erfanden die Astronomen Fritz Zwicky und Walter Baade den Begriff »Neutronenstern«. Mit ihrem Neutronenstern-Konzept wollten sie die ungeheuren Energiemengen erklären, die bei einer Super-



► Abb. 2: Der bekannte Krebsnebel im Sternbild Stier (a) ist der Überrest der Supernova des Jahres 1054. Der Pulsar braucht für eine Umdrehung nur 33,36702 Millisekunden. Mit der entsprechenden Zeitauflösung (b) lässt sich erkennen, welcher der beiden Sterne im Nebelzentrum die blinkende Sternleiche ist. Die Einzelbilder entstanden in einem Abstand von etwa einer Millisekunde, so dass die ganze Sequenz eine komplette Pulsar-Rotationsperiode zeigt.



nova freigesetzt werden. Nach ihrer im Dezember 1933 präsentierten Theorie stellten sie sich Neutronensterne als winzige Endprodukte gigantischer Sternexplosionen vor. Und somit schien damals nur eine Supernova beweisen zu können, ob beim Tod eines Sterns so eine exotische Kugel übrig bleibt. »Weck mich, wenn da oben etwas explodiert«, hieß es deshalb in einem Comic der L.A. Times.

Die hypothetischen Sternleichen beschäftigten in den folgenden Jahren viele Theoretiker, bis die »Little Green Men« den entscheidenden Hinweis gaben: Physiker wie Thomas Gold entwickelten Anfang 1968 ein Modell, nachdem die entdeckten Radioquellen keine schwingenden Weißen Zwerge, sondern tatsächlich schnell rotierende Neutronensterne sind. Die Signalfrequenz eines Pulsars ist also nichts anderes als die Rotationsfrequenz eines Neutronensterns. Sie drehen sich in rund einer

Sekunde einmal um ihre Achse, die Millisekunden-Pulsare rotieren sogar mehrere hundert Mal pro Sekunde. Dabei senden sie eng gebündelte Strahlenkegel aus, so dass, wenn diese die Erde überstreichen, das Objekt kurzzeitig aufblitzt. Pulsare sind also tatsächlich so etwas wie kosmische Leuchttürme.

Kompakt, kompakter, Neutronensterne

Ende 1968 wurde mit dem 300-Meter-Arecibo-Radioteleskop in Puerto Rico das wohl heute berühmteste Objekt dieser Art entdeckt: der Pulsar im Zentrum des Krebsnebels (M 1). Dieser drehte sich mit der irrwitzigen Rotationsperiode von 33 Millisekunden. Der Krebsnebel war damals schon als leuchtender Überrest der Supernova des Jahres 1054 bekannt, doch wie seine Strahlung entsteht, war den Astronomen lange Zeit nicht klar, da die Energiequelle dafür zu fehlen schien. Nun stellte sich heraus, dass der entdeckte Pulsar den Krebsnebel mit der nötigen Energie versorgt. Der Krebsnebel-Pulsar war somit der Nachweis dafür, dass es Neutronensterne tatsächlich gibt, und bestätigte zugleich Zwicky's alte Vermutung, dass Neutronensterne durch Supernovae entstehen.

Wenn das Fusionskraftwerk im Zentrum eines massereichen Sterns am Ende seines Lebens erlischt, stürzt die gesamte Sonne in Sekundenbruchteilen in sich zusammen. Tief im Kern wird die Materie derart komprimiert, dass eine äußerst kompakte, nur 20 bis 30 Kilometer durchmessende Kugel entsteht – ein Neutronestern. Die einstürzende Materie prallt von diesem kompakten Kern ab, so dass die äußeren Hüllen des Sterns explosionsartig weggesprengt werden. Von dem einst massereichen Stern bleiben nach dieser Supernova-Explosion nur noch eine Trümmervolk und ein Neutronestern im Zentrum übrig. Da beim Kollaps solcher Sterne die Materie auf ein winziges Volumen zusammengepresst wird, erreichen Dichte, Temperatur, Rotationsgeschwindigkeit und die Stärke der Magnetfelder unvorstellbare Extremwerte. Für die Rotation kennt man diesen Effekt von einem Eisläufer, der bei einer Pirouette die Arme an den Körper zieht und dadurch seine Rotation beschleunigt.

Neutronensterne sind Kugeln von der Größe einer Stadt, die jedoch die Masse von ein bis zu drei Sonnenmassen in sich vereinen. Die Dichte in ihrem Inneren entspricht daher der Dichte von Atomkernen. So wiegt ein Teelöffel Neutronestern-Materie mehrere Milliarden Tonnen bzw. so viel wie der Mount Everest.

Der erste Nobelpreis für Gravitationswellen

Pulsare bzw. Neutronensterne sind somit wahre Exoten im Sternenzoo. Sie sind auch unvorstellbar starke Magneten und funktionieren wie gigantische Dynamos: Durch die ungeheure Rotation und Magnetfeldstärke werden Ströme von bis zu einer Billion Ampere induziert, die Pulsare zu wahren Teilchenbeschleunigern werden lassen. Die Existenz von Neutronensternen lässt sich zudem nur mit quantenphysikalischen Effekten wie dem Pauli-Prinzip und der Heisenbergschen Unschärferelation beschreiben.

Pulsare stellen für die Astronomen somit ein einzigartiges Physiklabor der Extreme dar. Das gilt aber nicht nur für die Erforschung von exotischen Materiezuständen, sondern auch für das Verhalten von Gravitation. Mithilfe des Hulse-Taylor-Pulsars, der 1974 ebenfalls mit dem Arecibo-Radioteleskop entdeckt wurde, gelang in den folgenden Jahren schon ein erster indirekter Nachweis von Gravitationswellen. Der Pulsar dreht sich knapp 17 Mal pro Sekunde um seine Achse und war der erste entdeckte Pulsar in einem Binärsystem aus zwei Neutronensternen. Aus Beobachtungen von periodischen Zeitverschiebungen der Pulsarsignale ließ sich eine abnehmende Umlaufzeit der beiden Partner ableiten – Ursache war die Abstrahlung von Gravitationswellen.

Seitdem wurde Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie mithilfe von Neutronenstern-Paaren mit immer größerer Genauigkeit überprüft. Für ihre Entdeckung wurden Russell Hulse und Joseph Taylor 1993 mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet. Bereits 1974 war Anthony Hewish als Entdecker der Pulsare mit einem Nobelpreis geehrt worden. Den LIGO-Gravitationswellendetektoren ist im September 2015 schließlich der erste direkte Nachweis von Gravitationswellen gelungen – es wäre keine Überraschung, wenn es auch hierfür bald einen Nobelpreis gibt.

Gold dank Neutronensternen

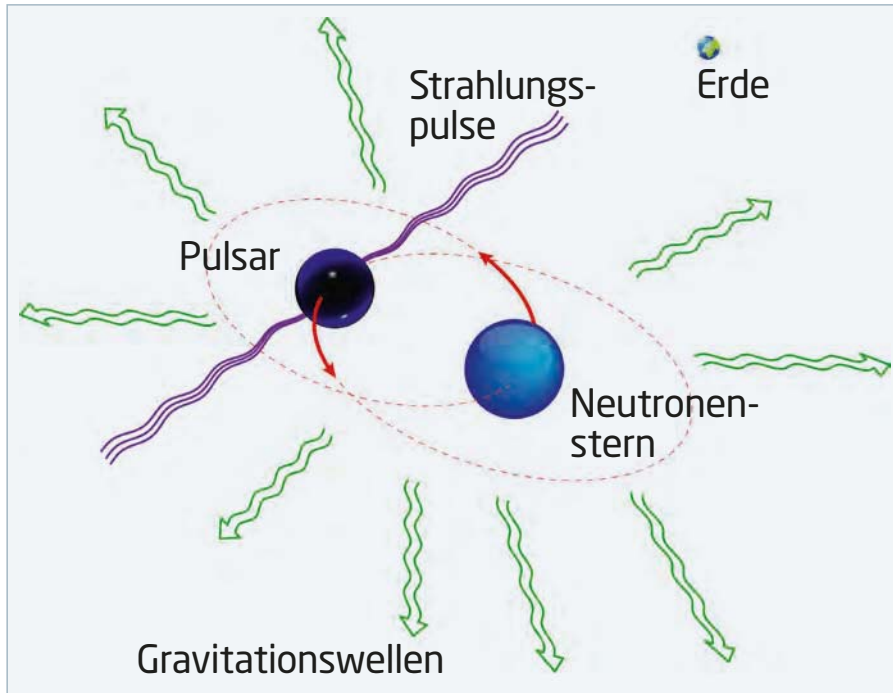
Neutronensterne haben sogar einen direkten Bezug zu unserem Alltag: Alle Elemente, die im Periodensystem nach dem Eisen kommen, wurden in Supernova-Explosionen erzeugt. Dabei kommt den in Sternexplosionen entstehenden Neutronensternen eine ganz wesentliche Rolle zu. Pulsare könnte man somit als Geburtshelfer von Elementen wie Kobalt, Kupfer, Blei, Gold, Silber usw. bezeichnen. Schwermetalle aus Supernovae begegnen uns überall im täglichen Leben – von der Autobatterie bis zum Akku im Smartphone.

Q IM DETAIL

Kleine grüne Männchen

Im Dezember 1967 wurden alle denkbaren Möglichkeiten in Betracht gezogen, um den merkwürdigen 1,337-Sekunden-Strahlungspuls des Pulsars CP 1919 zu erklären – auch die eines künstlichen Funksignals von »kleinen grünen Männchen«, also einer außerirdischen Intelligenz. Man bezeichnete die Radioquelle daher scherzhaft als »Little Green Men«. Niemand wusste allerdings, wie man hätte reagieren sollen, falls sich die Signale tatsächlich als Kontaktversuch einer fremden Lebensform herausstellen würden. Deshalb sollten zunächst keine Informationen an Kollegen durchsickern. Das hat funktioniert: Nicht einmal Fred Hoyle, der sein Büro direkt neben Anthony Hewish hatte, wusste von den Diskussionen über Aliens.

Wie sollte man die Bevölkerung der Erde informieren? War es überhaupt sinnvoll zu antworten oder würde man damit die Aliens nicht erst auf die Erde aufmerksam machen – mit möglicherweise fatalen Folgen? Aus diesen weitreichenden Fragen, mit denen sich die Radioastronomen in Cambridge im Dezember 1967 beschäftigten, gingen schließlich die SETI Detection Protocols und Reply Protocols hervor: Richtlinien für den Fall einer tatsächlichen Kontaktaufnahme mit Außerirdischen und wie man darauf reagieren bzw. antworten sollte. Kurz vor Weihnachten wurde dann eine zweite, dem Pulsar CP 1919 sehr ähnliche Radioquelle entdeckt und man hielt es für unwahrscheinlich, dass zwei außerirdische Spezies voneinander getrennt und dennoch zeitgleich auf der gleichen Frequenz in Richtung Erde funken könnten. Außerdem fanden sich keine Anzeichen dafür, dass die regelmäßigen Funkzeichen von einem Stern umkreisenden Planeten stammen. Die kleinen grünen Männchen gab es also nicht – zumindest nicht um CP 1919.



◀ Abb. 3: Bei der gegenseitigen Umkreisung zweier Neutronensterne – einer erscheint uns als Pulsar – verringert sich ihr gegenseitiger Abstand, zugleich erhöht sich ihre Umlaufgeschwindigkeit. Durch die Beschleunigung dieser beiden Massen werden Gravitationswellen abgestrahlt. Diese Wellen der Raumzeit konnten durch Beobachtungen des Hulse-Taylor-Pulsar indirekt nachgewiesen werden, was eine erneute Bestätigung von Einsteins Gravitationstheorie bedeutete.

mastrahlenausbrüchen (kurze GRBs bzw. Gamma Ray Bursts). Es handelt sich dabei um nur rund zwei Sekunden andauernde Ausbrüche im Gammastrahlenbereich, einer Strahlung, die noch energiereicher als Röntgenstrahlen ist. Die Gammastrahlenausbrüche gehören zu den energetischsten Ereignissen, die das Universum zu bieten hat.

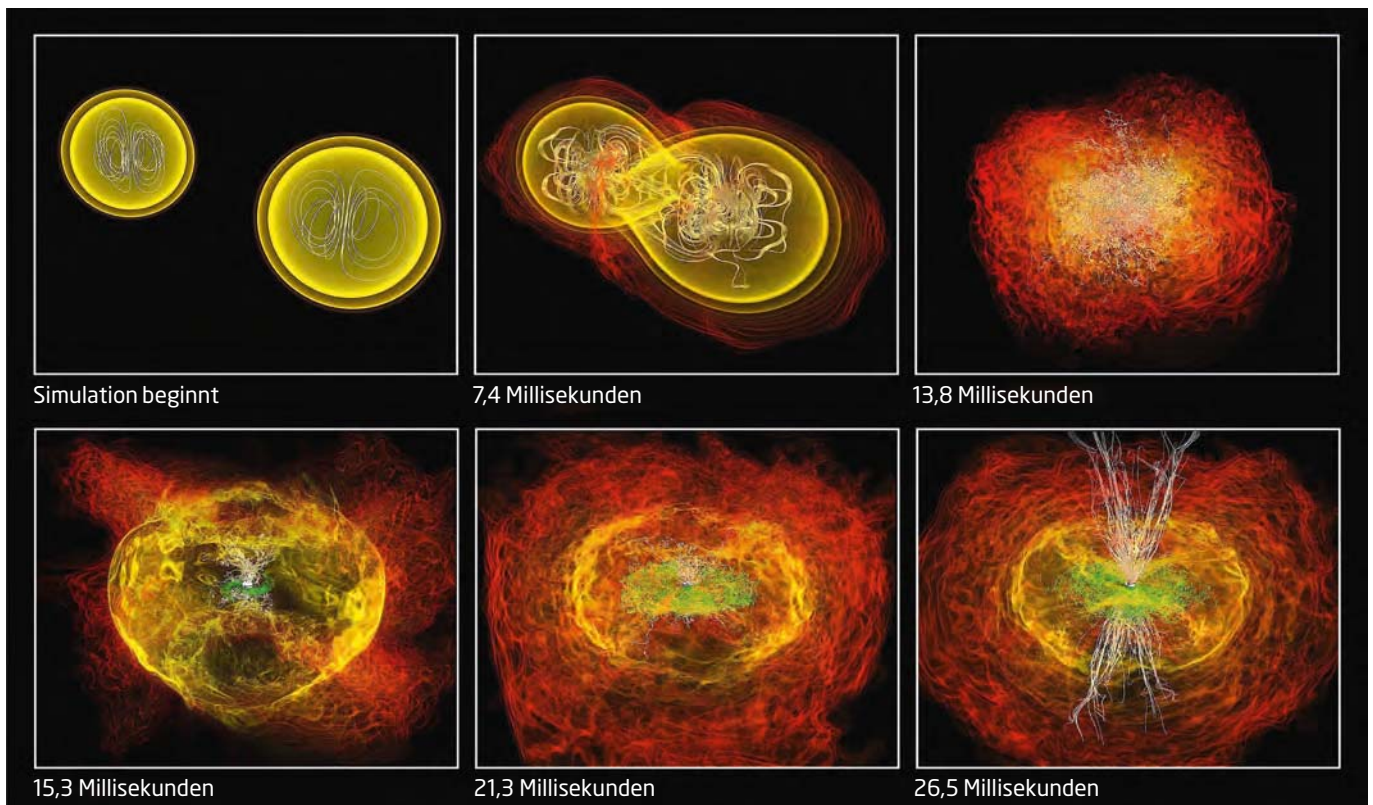
So dürften unsere glänzenden Schmuckstücke, die wir etwa um den Hals und am Finger tragen, tatsächlich mit hochenergetischen Gammaabblitzen zusammenhängen: »Es ist aufregend sich vorzustellen, dass das Gold in Hochzeitsringen weit entfernt in kollidierenden Sternen entstanden ist«, fasste dies einmal der Astrophysiker Stephan Rosswow treffend zusammen. So extrem und exotisch die Physik von Pulsaren auch sein mag, ihr Gold glänzt an unseren Fingern oder ist Bestandteil moderner Handys – in einer Tonne Smartphones stecken rund 300 Gramm Gold.

► Nico Schmidt

Neue Studien deuten sogar darauf hin, dass zusätzlich die Verschmelzung zweier Neutronensterne eine wichtige Rolle bei der Synthese schwerer Elemente spielt. Im Zusammenspiel von Beobachtungen an den größten Teleskopen und immer ausgefeilteren Computersimulationen versucht man gegenwärtig genau zu verstehen, wie die Elemente jenseits des Eisens erzeugt werden. Dabei müssen die Simulationen vor allem die beobachteten Elementverteilungen- und Häufigkeiten sowie ihre zeitliche Entwicklung wiedergeben. Erst so können Aussagen darüber

getroffen werden, ob eine Supernova oder eine Neutronenstern-Kollision – oder eine Kombination von beiden – für ein bestimmtes Merkmal der Elementanreicherung wahrscheinlicher ist. Derzeit wird die Theorie favorisiert, dass Elemente mit einem Atomgewicht jenseits von 130 (wie Gold, Neodym, Tantal, Uran) tatsächlich bei solchen Verschmelzungen erbrütet werden.

Die explosive Verschmelzung eines Neutronenstern-Paares oder eines Neutronensterns mit einem Schwarzen Loch ist zudem die führende Theorie zur Entstehung von kurzen Gam-



▲ Abb. 4: Mit aufwendigen Simulationen wird heute nachvollzogen, wie binnen Millisekunden durch das Verschmelzen eines Neutronenstern-Paares ein kurzzeitiger Gammastrahlenausbruch entsteht. Dabei werden Elemente erzeugt, die schwerer als Eisen sind.

Neutronensterne und Pulsare – eine Chronik

1931	Lew Landau stellt sich ultradichte Sterne als riesige Atomkerne vor
1932	James Chadwick entdeckt das Neutron; 1935 erhält er dafür den Physik-Nobelpreis
1933	Zwicky und Baade entwickeln die erste richtige Theorie über Neutronensterne, als Endprodukt von Supernova-Explosionen
1937	Gamow berechnet, dass ein Neutronengas mehr komprimiert werden kann als ein Gas aus Atomkernen und Elektronen
1962	Freeman Dyson sieht Neutronenstern-Paare als mögliche Quellen von Gravitationswellen
8/1967	Erstmals wird ein Radiosignal eines Pulsars aufgezeichnet
11/1967	Es gelingt die erste Messung einer Pulsar-Periode
2/1968	Die Entdeckung der ersten vier Pulsare wird im Fachblatt »Nature« veröffentlicht
3/1968	Ein Reporter des Daily Telegraph, Anthony Michaelis, erfindet den Begriff Pulsar
5/1968	Thomas Gold vermutet, dass Pulsare sehr schnell rotierende und stark magnetisierte Neutronensterne sind
11/1968	Mit der Entdeckung des Pulsars im Krebsnebel wird zugleich das Rätsel um die Energiequelle des Nebels gelöst
1971	Mit Cen X-3 wird der erste Röntgenpulsar entdeckt, wobei die Strahlung durch einen Gaszustrom (Akkretion) entsteht
1974	Anthony Hewish wird für die Entdeckung der Pulsare mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet
1974	Der Hulse-Taylor-Pulsar, ein neuer Prüfstein für Einsteins Gravitationstheorie, wird entdeckt
1976	Bei der Röntgenquelle Her X-1 gelingt es erstmals, die Magnetfeldstärke eines Pulsars zu messen: 5 Billionen Gauß
1982	Mit einer Rotationsperiode von 1,56 Millisekunden (642 Umdrehungen pro Sekunde) wird im Sternbild Förschen der erste Millisekundenpulsar entdeckt
1986	Gammastrahlenausbrüche (GRBs) können, so eine neue Theorie, durch die Kollision zweier Neutronensterne entstehen
1991	Der Begriff »Magnetar« für Neutronensterne mit noch stärkeren Magnetfeldern wird erfunden
1992	Die ersten extrasolaren Planeten werden um den Millisekundenpulsar PSR 1257+12 entdeckt
1993	Für die Entdeckung des Hulse-Taylor-Pulsars (Pulsar als Doppelsternbegleiter) wird der Physik-Nobelpreis verliehen
2003	Das erste und bisher einzige Neutronenstern-Paar, bei dem sich beide Objekte als Pulsare zeigen, wird entdeckt: PSR J0737-3039
2004	Im Sternhaufen Terzan 5 wird der Pulsar mit der höchsten Rotationsfrequenz entdeckt: 716 Umdrehungen pro Sekunde!
2004	Beim Magnetar-Flare von SGR 1806-20 wurde in einer Zehntelsekunde die Energiemenge erzeugt, die die Sonne in 100.000 Jahren freisetzt
2013	GRB 130603B gilt als bester Beweis für das Modell von verschmelzenden Neutronensternen
2015	Nach rund 50 Jahren kennen Astronomen um die 2500 Pulsare
2016	Untersuchungen der Zwerggalaxie Reticulum II bestärken die Richtigkeit des Neutronenstern-Kollisionsszenarios

Q IM DETAIL

Magnetare und Fast Radio Bursts (FRBs)

Pulsare sind die dichtesten Sterne mit den stärksten Magnetfeldern im Universum. Mit den Daten eines im Mai 1976 in Texas durchgeführten Ballon-Experiments ließ sich erstmals die Stärke ihrer Magnetfelder spektroskopisch direkt messen. Demnach sollten sie tatsächlich eine Magnetfeldstärke von 5 Billionen Gauß aufweisen, während das Erdmagnetfeld nur 0,5 Gauß oder ein Sonnenfleck ein paar tausend Gauß misst. Doch es geht noch extremer: Um eine bestimmte Klasse von stellaren Ausbrüchen zu erklären, entstand vor 25 Jahren die Magnetar-Theorie. Ihre noch stärkeren

Magnetfelder sollen die nötige Energie liefern, um die gewaltigen Eruptionen der sogenannten SGRs (Soft Gamma Repeater im Gammabereich) und AXPs (Anomalous X-Ray Pulsars im Röntgenbereich) zu verstehen. Auf anderem Wege können die freiwerdenden Energiemengen nicht erzeugt werden. Heute wird angenommen, dass die beiden Sternklassen sich in ihren Eigenschaften nicht unterscheiden und sie durch das Magnetar-Modell erklärt werden können.

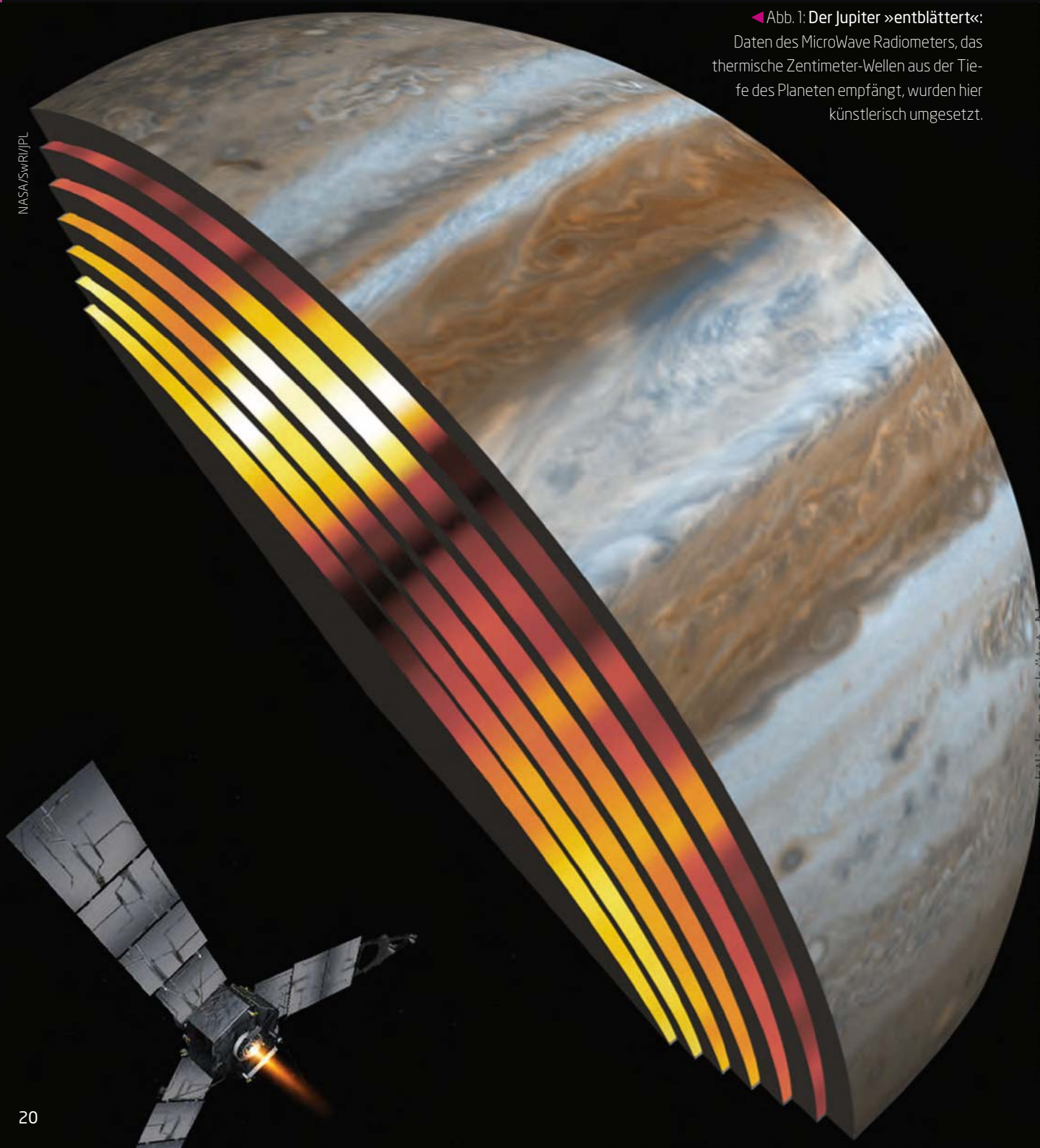
Neben vielen anderen Ideen hält man es auch für möglich, dass mit Magnetaren die weiterhin mysteriösen schnellen

Radioblitze (Fast Radio Bursts, FRBs) erklärbar sind. Sie wurden vor zehn Jahren in Archivdaten entdeckt, dauern nur einige Millisekunden und zeigen sich bisher nur im Radiobereich. Nach der bisher einzigen geglückten Entfernungsbestimmung scheinen sich FRBs in Milliarden Lichtjahren Entfernung abzuspielen. Doch was für Objekte sich hinter den Phänomenen verstecken, ist noch gänzlich unklar. Von Pulsaren, Magnetaren bis zu Dunkler Materie und Lichtsegeln von Außerirdischen wird alles in Betracht gezogen. An Ideen mangelt es wirklich nicht.

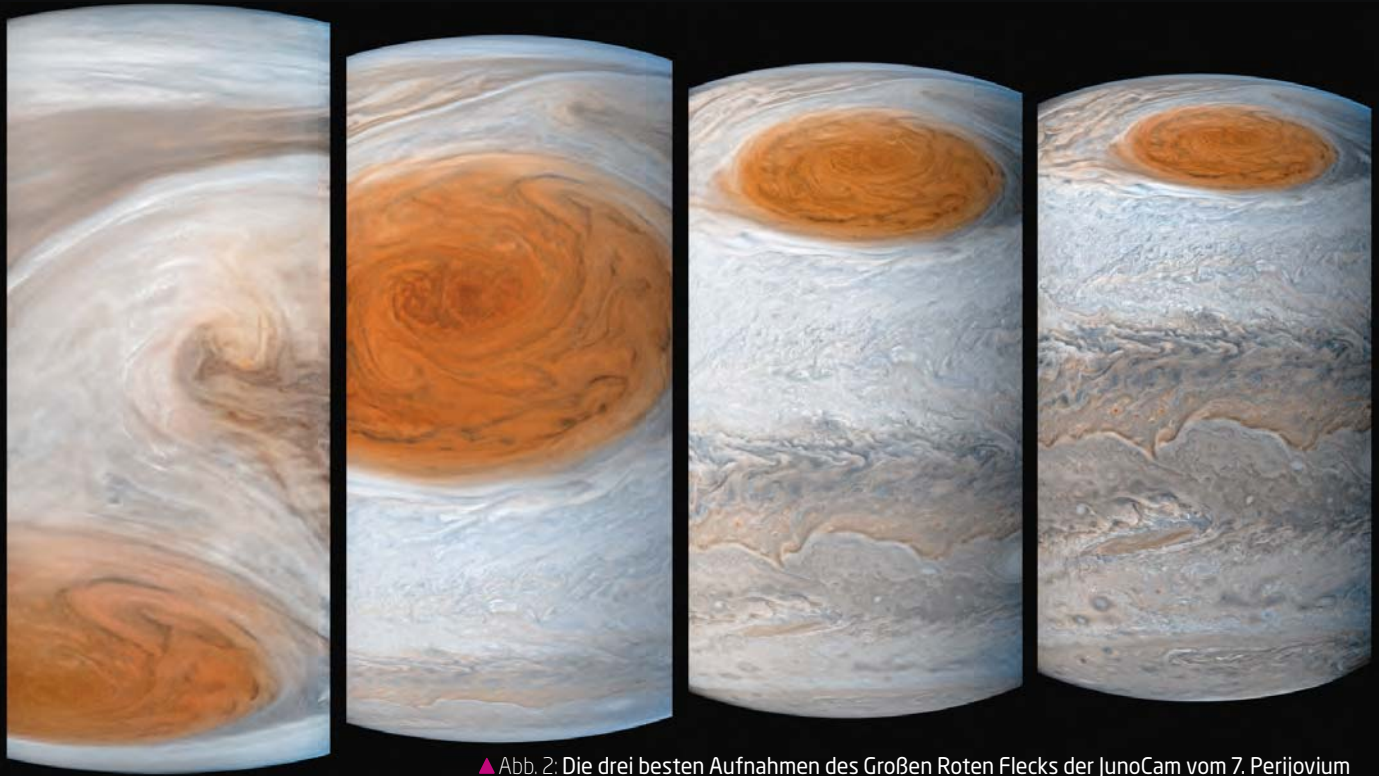
EIN GASRIESE VOLLER ÜBERRASCHUNGEN

Daten der Jupitersonde Juno zeichnen ein neues Bild des größten Planeten im Sonnensystem

◀ Abb. 1: Der Jupiter »entblättert«:
Daten des Microwave Radiometers, das thermische Zentimeter-Wellen aus der Tiefe des Planeten empfängt, wurden hier künstlerisch umgesetzt.



NASA/SwRI/JPL



NASA-JPL/SwRI/MSSS/Justin Cowart

▲ Abb. 2: Die drei besten Aufnahmen des Großen Roten Flecks der JunoCam vom 7. Perijovium am 10. Juli 2017: Wegen des geringen Abstands vom Planeten ist die Geometrie eine völlig andere als von der Erde oder auch einer fernerer Umlaufbahn aus.

Ein gutes Jahr befindet sich die NASA-Sonde Juno bereits auf einer stark elliptischen Umlaufbahn um den Planeten Jupiter und hat bereits zahlreiche interessante und auch überraschende Entdeckungen gemacht. Außerdem lieferte sie einige wissenschaftlich interessante Nahaufnahmen des Gasriesen – mit einer Kamera, die eigentlich nur für die Öffentlichkeitsarbeit gedacht ist.

Nur alle 53 Tage saust die Sonde Juno dicht am Jupiter vorbei – durch das »Perijovium« – anstatt alle zwei Wochen, wie es einmal vorgesehen war: Sorgen um die Funktionsfähigkeit eines Triebwerks haben die NASA bis auf Weiteres zum Verzicht auf das letzte Manöver bewogen, das die Ellipse deutlich verkleinert hätte. Der eigentlichen Forschung am Jupiter schadet der größere Abstand zwischen den Perijovien nicht, sofern die Mission so weit verlängert werden kann, bis deren geplante Gesamtzahl erreicht ist. Und dass sich die Beobachtungen nun über einen längeren Zeitraum erstrecken, könnte sogar manchen Langzeittrend klarer hervortreten lassen, ist Jupiter doch ein außerordentlich dynamischer Planet. Mit der gravierenden Panne beim einzigen anderen Jupiter-Orbiter Galileo – dessen Hauptantenne nicht aufging, weshalb die Gesamtdatenmenge der Mission erheblich reduziert war – ist Junos Problem also in keiner Weise vergleichbar.

Ein Kern voller Überraschungen

Der Einschuss in den Jupiterorbit selbst war am 4. Juli 2016 noch völlig nach Plan verlau-

fen, und schon bald hatten die vielseitigen Instrumente Junos die Arbeit aufgenommen. Zu sehen bekam die Öffentlichkeit im ersten Jahr praktisch nur Bilder der kleinen Kamera JunoCam, die nur deshalb an Bord ist, um dem Auge etwas zu bieten: Die wahren Aufgaben der Mission (siehe Abenteuer Astronomie Heft 3) liegen bei Messungen jenseits des sichtbaren Lichts. Am 25. Mai 2017 öffnete sich mit einem Schlag ein wahres Füllhorn ihrer ersten Ergebnisse: Nicht weniger als 46 wissenschaftliche Arbeiten wurden gleichzeitig publik. Und wie meistens, wenn ein fremder Planet mit neuen Messinstrumenten angegangen wird, ergaben sich daraus weit mehr neue Fragen als erhoffte Antworten.

Das beginnt schon ganz tief im Kern des Planeten: Dessen Eigenschaften verraten sich – indirekt aber berechenbar – über den genauen Bahnverlauf Junos während der Perijovien. Für die Entstehung der Gasriesen – im Sonnensystem wie auch bei anderen Sternen – gibt es zwei konkurrierende Modellvorstellungen. Im klassischen Bild bildet sich aus der Restscheibe um einen gerade erst entstandenen Stern schnell ein etwa zehn Erdmassen schwerer Kern aus Gestein und Eis, um den sich dann rasant Gas aus der Scheibe ansam-

melt. Alternativ kommt es in dieser zirkumstellaren Scheibe zu Instabilitäten, so dass sie unter ihrer eigenen Schwerkraft zu kollabieren beginnt: Dann erwartet man zunächst keinen Kern, es kann sich aber später noch einer bilden.

Junos Vermessung des Schwerefeldes Jupiters legt nun nahe, dass es keinen konzentrierten Jupiterkern gibt, sondern er sich – insgesamt 7 bis 25 Erdmassen schwere Elemente – über einen Großteil des Planeteninneren erstreckt. Dieser »verdünnte Kern« reicht bis fast zur Hälfte von Jupiters Radius: Viele Details sind noch offen, das bisher »bevorzugte« Modell Jupiters mit einem kompakten Kern dürfte Juno aber – mit Daten nur von den ersten beiden Perijovien – schon widerlegt haben.

Magnetfeld wie kein anderes

Das Innere Jupiters ist auch für die Erzeugung des starken Magnetfelds des Planeten verantwortlich: ein Dynamo, bei dem ein elektrisch leitendes Substrat in Bewegung ist. Juno kommt dem Planeten und damit diesem Feldgenerator näher als jede Raumsonde zuvor (bis 1,06 Jupiterradien vom Zentrum) – und schon beim ersten Perijovium mit



▲ Abb. 3: Zwei Stunden eines typischen Perijoviumsdurchgangs Junos aus Sicht der JunoCam und von zwei der fleißigsten Amateur-Bildverarbeiter umgesetzt: Erst fällt der Blick auf den Nordpol, dann gibt es den Äquator aus der Nähe und schließlich wieder aus größerem Abstand den Südpol zu sehen.

eingeschalteten Instrumenten offenbarte sich ihrem Magnetometer ein unerwartet strukturreiches Feld mit »reichem harmonischem Inhalt«, wie das im Fachjargon heißt. Das dürfte bedeuten, dass sich der Dynamoprozess relativ

dicht unter den Wolken Jupiters abspielt: Nicht in der tiefen Hochdruckzone, wo sein Wasserstoff bereits metallische Eigenschaften angenommen hat, sondern in der Schicht darüber, wo er noch in Molekülform vorliegt. So etwas

war zwar schon 1975 einmal postuliert worden, aber Juno könnte diese Vorstellung mit weiteren Messungen des Magnetfelds erhärten. Deswegen maximale von Juno gemessene Stärke von 7,8 Gauß lag übrigens doppelt so hoch wie nach aktuellen Modellen zu erwarten war.

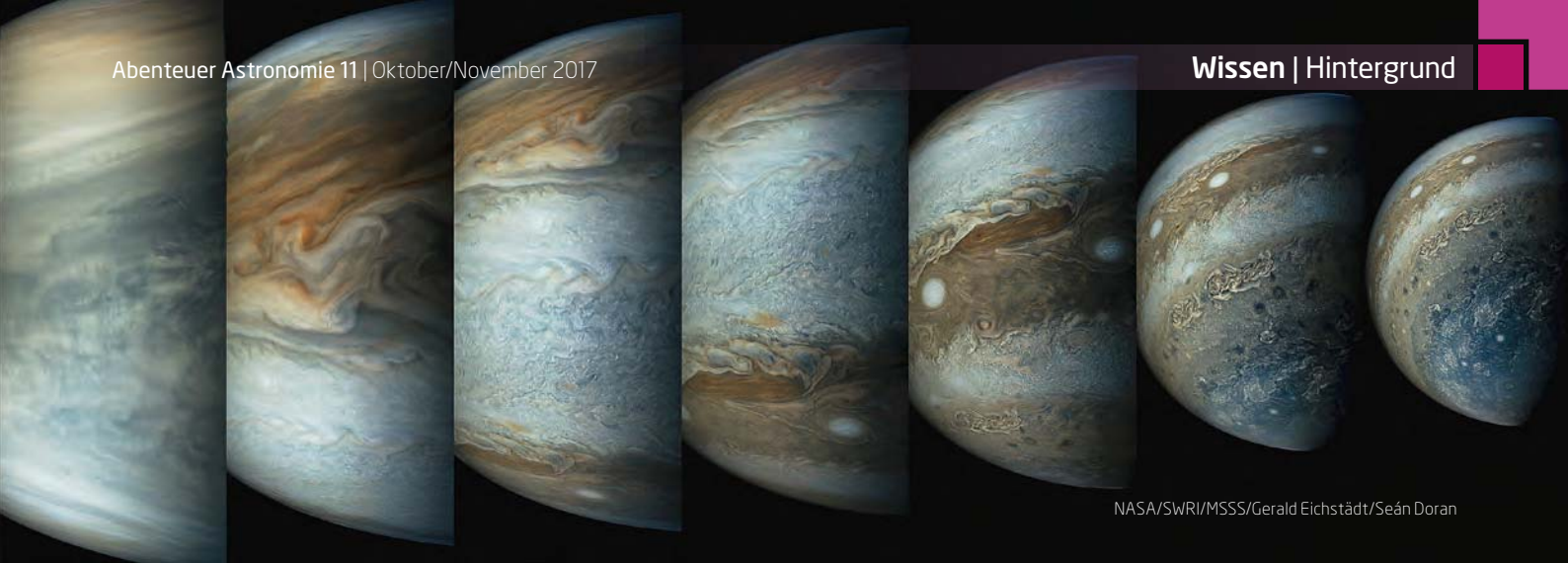
Das Dipolmoment von Jupiters Magnetfeld ist 20.000-mal so groß wie das der Erde, das Feld in Höhe der Wolken 20-mal so groß wie auf der Erdoberfläche, und seine Wirkungen reichen quer durch das ganze Jupitersystem – das Juno auf seiner ausladenden Ellipsenbahn fortwährend durchmisst. Kein Wunder also, dass sich ein Großteil der frühen wissenschaftlichen Juno-Arbeiten mit der Magnetosphäre auseinandersetzt. Zwar gibt es viele Analogien zu Prozessen im erdnahen Weltraum, die seit Beginn der Raumfahrt studiert werden, aber die Details erweisen sich beim Jupiter als »radikal verschieden«, wie es in einer der Arbeiten ausgedrückt wird: Das betrifft die Funktionsweise der Ionosphäre des Planeten – Schichten geladener Partikel – wie auch den Antrieb und die Teilchenversorgung seiner Polarlichter, auf die Juno dank ihrer polaren Umlaufbahn einen besonders guten Blick mit Ultraviolett- und Infrarotkameras hat. Ein deutlicher Unterschied zur Erde ist zum Beispiel, dass Plasma von der Ionosphäre nach oben in die Magnetosphäre quillt.

In die Tiefe der Atmosphäre

Im sichtbaren Licht endet der Blick auf den Jupiter bereits bei seinen Wolken in einem Druckniveau um 0,5 Bar: Fenster in tiefere Schichten tun sich dagegen im Bereich thermischer Radiostrahlung auf, die Juno bei 1,4 bis 50cm Wellenlänge messen kann – und dank der starken Annäherung in jedem Perijovium auch mit einer vergleichsweise guten Ortsauflösung. Bis zu Druckniveaus von



▲ Abb. 4: Der Südpol Jupiters aus 52.000 km Abstand mit seinen zahlreichen Zyklonen bis 1000 km Durchmesser: ein Mosaik aus JunoCam-Bildern von drei verschiedenen Orbits, um alles im Licht zu zeigen – die Farben sind verstärkt und die Bilder auf einen Standpunkt direkt über dem Pol umgerechnet.



NASA/SwRI/MSSS/Gerald Eichstädt/Seán Doran

NASA/JPL-Caltech/SwRI



▲ Abb. 5: Eine der Sternkameras Junos – zur räumlichen Orientierung – sah am 27. August 2016 die schwachen Ringe Jupiters von innen (!) vor dem Hintergrund der Sterne des Orion: Eine solche Perspektive gab es noch nie.

einigen Hundert Bar reicht der Blick, und Temperaturmuster werden sichtbar. Unterschiede von bis zu 50°C werden dabei auf unterschiedlichen Strahlungsdurchlass zurückgeführt, der wiederum die räumliche Verteilung des Haupt-Absorbers Ammoniak widerspiegeln dürfte.

Das von Juno gefundene Muster war eine Riesenüberraschung: Man hatte erwartet, dass der Ammoniak gleichmäßig in Jupiters Atmosphäre verteilt sein würde, stattdessen gibt es einen regelrechten dreidimensionalen Kreislauf, der an die Hadley-Zellen der irdischen Luftströmung erinnert – nur ohne tropischen Regenfall. Auch im Infraroten geht der Blick etwas in die Planetenatmosphäre hinein: Juno entdeckte zahlreiche »Hot Spots« mit weniger Wasser als in der Umgebung, aber mit recht unterschiedlicher »Trockenheit«. Die Atmosphärenkapsel Galileos von 1995 war durch Zufall in solch einen Hot Spot gefallen: Die alten Daten fügen sich nun in einen größeren Kontext ein.

Spektakuläre Bilder

Bei einer so komplexen Welt wie dem Jupiter wundert es nicht, dass auch die Wolken-Aufnahmen der JunoCam im sichtbaren Licht zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen führen. Da sie gar kein »richtiges« wissenschaftliches Instrument ist, bleibt die Verarbeitung ihrer Bilder aus der Nähe wie aus ungewöhnlichen Perspektiven weitgehend einer wachsenden Schar von Fans überlassen, denen die Rohbilder jeweils kurz nach einem Perijovium zur Verfügung stehen. Manche legen es auf schreiende Farben an, andere auf möglichst natürliche Pastelltöne (wie wenig »bunt« der Jupiter in der Realität ist, weiß ja jeder Amateurbeobachter) – und die meisten mühen sich, die aufregenden Wirbel und Wellen der Wolken klarer heraus zu arbeiten. Noch 50km kleine Details sind auf den besten JunoCam-Bildern zu erkennen. Die Planetenforscher waren vor allem von den ersten detaillierten Pol-Aufnahmen

vom August 2016 elektrisiert. Innerhalb von 30 Grad von beiden Polen verschwindet nämlich die bekannte Bänderstruktur, und es sind nur noch einzelne Strukturen vor besonders dunklem Hintergrund zu sehen. Am hellsten und auffälligsten sind dabei ovale Zyklone unterschiedlichster Größe, von 1400km bis zur Auflösungsgrenze Junos hinab (im Norden) bzw. von 1000 bis 200km Durchmesser (im Süden). Die Pole Jupiters unterscheiden sich also voneinander und erst recht von denen Saturns: So fehlt dem Jupiter dessen markantes sechseckiges Wolkenband. Was davon nur eine Momentaufnahme und was über einen längeren Zeitraum so ist, werden weitere JunoCam-Bilder zeigen müssen. Mit besonderer Spannung erwartet worden waren auch die ersten Nahaufnahmen von Jupiters Großem Rotem Fleck, der der JunoCam im Juli 2017 endlich vor die Linse kam: Hohe helle Konvektionswolken am Rand des gewaltigen Wirbelsturms, ähnlich irdischen Gewitterwolken, und Schwerewellen sind den Experten gleich aufgefallen. Und natürlich die markante Farbe: Das Gas mitten im Wirbel reicht besonders hoch in den Raum und ist weitgehend in Ruhe, was photochemische Prozesse befördert.

► Daniel Fischer

Literatur

- [1] Wahl, S. M.: Comparing Jupiter interior structure models to Juno gravity measurements and the role of a dilute core, *Geophysical Research Letters*, 44, 4649, <https://arxiv.org/abs/1707.01997> (2017)



SURFTIPPS

- Juno-Ergebnisse (NASA)
- Juno-Ergebnisse (SwRI)

🔗 Kurzlink: oc1m.de/a11023

► Abb. 1: Der nächstgelegene Stern überhaupt, Proxima Centauri, auf einem Bild des Weltraumteleskops Hubble, das nur optische Artefakte zeigt und keinen Planeten: Dieser verrät sich nur durch subtile Geschwindigkeitseffekte, die sich mit einem Spektrographen nachweisen lassen.

JAGD AUF ZWERGEN-PLANETEN GEHT WEITER

Kampagne »Red Dots« sucht nach weiteren Planeten um sonnennahe Sterne

Gleich der erste Versuch war ein Volltreffer: Im vergangenen Jahr gelang der unbestrittene Nachweis eines Planeten um den nächsten aller Sterne – und dieser war, zumindest vom Format her, sogar erdähnlich: Proxima Centauri b hat 1,1 Erddurchmesser und 1,3 Erdmassen, allerdings ist seine »Sonne« ein Roter Zwerg mit nur 1/7000 von deren Leuchtkraft, den der Planet alle elf Tage in nur 7,5 Millionen Kilometern Abstand umkreist.

»Proxima b« war der Fang einer energischen Beobachtungskampagne namens »Pale Red Dot«, die immer wieder die Radialgeschwindigkeit von Proxima Centauri gemessen hatte: Das leichte Vor und Zurück des Sterns unter der Schwerkraft seines kleinen Begleiters war schließlich in den Daten des Spektrographen HARPS am 3,6-Meter-Teleskop der ESO in Chile erkennbar geworden. Weil das so gut geklappt hatte, gibt es nun ein Nachfolgeprogramm: »Red Dots« wendet sich gleich drei nahen Roten Zwerg-

sternen zu, erneut Proxima Centauri, wo nach weiteren Planeten gesucht wird, sowie Barnards Pfeilstern, der mit zehn Bogensekunden pro Jahr schneller als jeder andere Stern über den Himmel saust, und Ross 154.

Die Masse der Messungen macht's

Vorgesehen sind jeweils 90 spektroskopische Beobachtungen pro Stern in einem Zeitraum von 100 Tagen mit HARPS, während gleichzeitig andere Teleskope die Helligkeit der Sterne überwachen. Beim 4,2 Lichtjahre nahen Proxima b gibt es vage Hinweise auf mindestens einen weiteren Planeten mit größerer Periode, denen die ersten neuen Daten zumindest nicht widersprechen. Barnards Pfeilstern in sechs Lichtjahren Entfernung wurde vor Jahrzehnten einmal ein Planet zugeschrieben, der sich aber schließlich als subtiler Messfehler entpuppte (was die gesamte Exoplanetenforschung in ein schiefes Licht rückte): Red Dots wird andere seither angedeutete Planeten-Kandidaten überprüfen. Und der zehn Lichtjahre entfernte Ross 154 ist eine Herausforderung, denn er ist jung, rotiert schnell und produziert Signale der Radialgeschwindigkeit, die einen Planeten vortäuschen könnten. Dank der Zahl und Dichte der Red-Dots-Beobachtungen, die sonst gar nicht zu arrangieren wä-

ren, sollte sich aber klar entscheiden lassen, ob ein etwaiger Planet echt ist oder nicht.

Astrophysik zum Zuschauen

Wie schon beim Vorgänger »Pale Red Dot« werden die laufenden Beobachtungen öffentlich diskutiert. Im vergangenen Jahr begann allerdings irgendwann das große Schweigen, das erst mit der feierlichen Bekanntgabe der hieb- und stichfesten Entdeckung von Proxima b gebrochen wurde. Jetzt sieht es aber so aus, als würden die HARPS-Daten so freimütig und schnell geteilt, dass jeder Interessierte darin nach Planeten fischen kann. Kurz für Wirbel gesorgt hat aber zuerst ein nur am Rande mit »Red Dots« assoziiertes Beobachtungsprogramm mit dem großen Radioteleskop von Arecibo auf Puerto Rico: Es untersucht die Emission von acht nahen Roten Zwergen, wobei nur Barnards Pfeilstern auf den Ziellisten beider Programme steht. Bei einem anderen der Arecibo-Sterne, Ross 128, war mysteriöse Radiostrahlung aufgetaucht, für die es zunächst keine passende Erklärung gab. Weitere Beobachtungen mit mehreren Radioteleskopen zeigten dann aber rasch, dass lediglich einer oder mehrere geostationäre Satelliten in den Strahlengang geraten waren.

► Daniel Fischer



SURFTIPPS

- Red Dots
- Signal von Ross 128

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a11024

ESA/Hubble & NASA

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

LAUSCHEN AUF GRAVITATIONSWELLEN AUCH IM ALL

Nach erfolgreichem Ende der Mission LISA Pathfinder wird nun Gravitationswellendetektor LISA realisiert

Die Mission LISA Pathfinder ist Geschichte: Mitte Juli wurde vom europäischen Raumfahrtkontrollzentrum in Darmstadt der letzte Befehl an die Sonde geschickt und diese damit deaktiviert. LISA Pathfinder hatte in den vergangenen 16 Monaten die Technologien getestet, die für ein weltraumbasiertes Gravitationswellenobservatorium nötig sind.

Erwartungen übertroffen

Die kleine Sonde hat mit ihren Messungen die Erwartungen aller beteiligten Wissenschaftler übertroffen und damit gezeigt, dass die erforderliche Technologie für den unter dem Namen Laser Interferometer Space Antenna (LISA) geplanten Gravitationswellendetektor im All bestens funktioniert. Ein entscheidender Teil der Experimente an Bord von LISA Pathfinder bestand darin, zwei Testmassen in den freien Fall zu versetzen und ihre relativen Positionen zu überwachen, während sie sich nur unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegen.

Da auf den Satelliten verschiedene Kräfte wirken – wie der Sonnenwind und der Strahlungsdruck des Sonnenlichts – waren die Testmassen im Abstand von 38 Zentimetern von den Störeinflüssen abgeschirmt. Sie schwebten im Inneren ohne mechanischen Kontakt zum Satelliten,

der ständig seine Position und Ausrichtung korrigierte, um den Massen zu folgen. Mithilfe eines Laserinterferometers wurde dann die Ausrichtung der beiden Testmassen relativ zum Satelliten und zueinander bestimmt.

Diese Technologien sind entscheidend für die LISA-Mission, mit der niederfrequente Gravitationswellen gemessen werden sollen, wie sie etwa bei der Verschmelzung extrem massereicher Schwarzer Löcher oder von Doppelsternen entstehen. Solche Messungen sind eine wichtige Ergänzung der Daten der irdischen Detektoren wie GEO600, LIGO und Virgo.

Geburt der LISA-Mission

Das Science Programme Committee der europäischen Weltraumagentur ESA hatte LISA im Juni als dritte große Mission des langfristigen ESA-Wissenschaftsprogramms »Cosmic Vision« ausgewählt. LISA wird aus drei Satelliten im Abstand von Millionen Kilometern bestehen, die ihre gegenseitigen Abstände hochpräzise mit Laserlicht vermessen. In den nächsten Monaten werden nun Design und Kostenberechnung der Mission abgeschlossen und diese anschließend zur Annahme durch die ESA vorgeschlagen. Läuft dabei und beim Bau der Satelliten alles nach Plan, könnte die Mission 2034 starten. Der wissenschaftliche Mess-

betrieb würde rund ein Jahr nach dem Start beginnen. Als Missionsdauer sind mindestens vier Jahre vorgesehen, sie könnte aber auf bis zu zehn Jahre ausgedehnt werden.

Schon lange bevor die ersten Gravitationswellen direkt gemessen wurden, hatten sich Wissenschaftler für den Bau eines weltraumbasierten Gravitationswellendetektors eingesetzt. Die Mission schien schon einmal gescheitert, doch blieben die Gravitationswellenforscher am Ball. 2013 wählte die ESA das »gravitative Universum« schließlich als Thema für die dritte große Mission ihres langfristigen Wissenschaftsprogramms aus. Mit der Entscheidung im Sommer ist die Realisierung von LISA nun wieder ein Stück näher gerückt. Die beteiligten Wissenschaftler um Karsten Danzmann, Direktor am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik Hannover und Direktor des Instituts für Gravitationsphysik der Leibniz Universität Hannover, sprachen so auch von der »Geburt der LISA-Mission«.

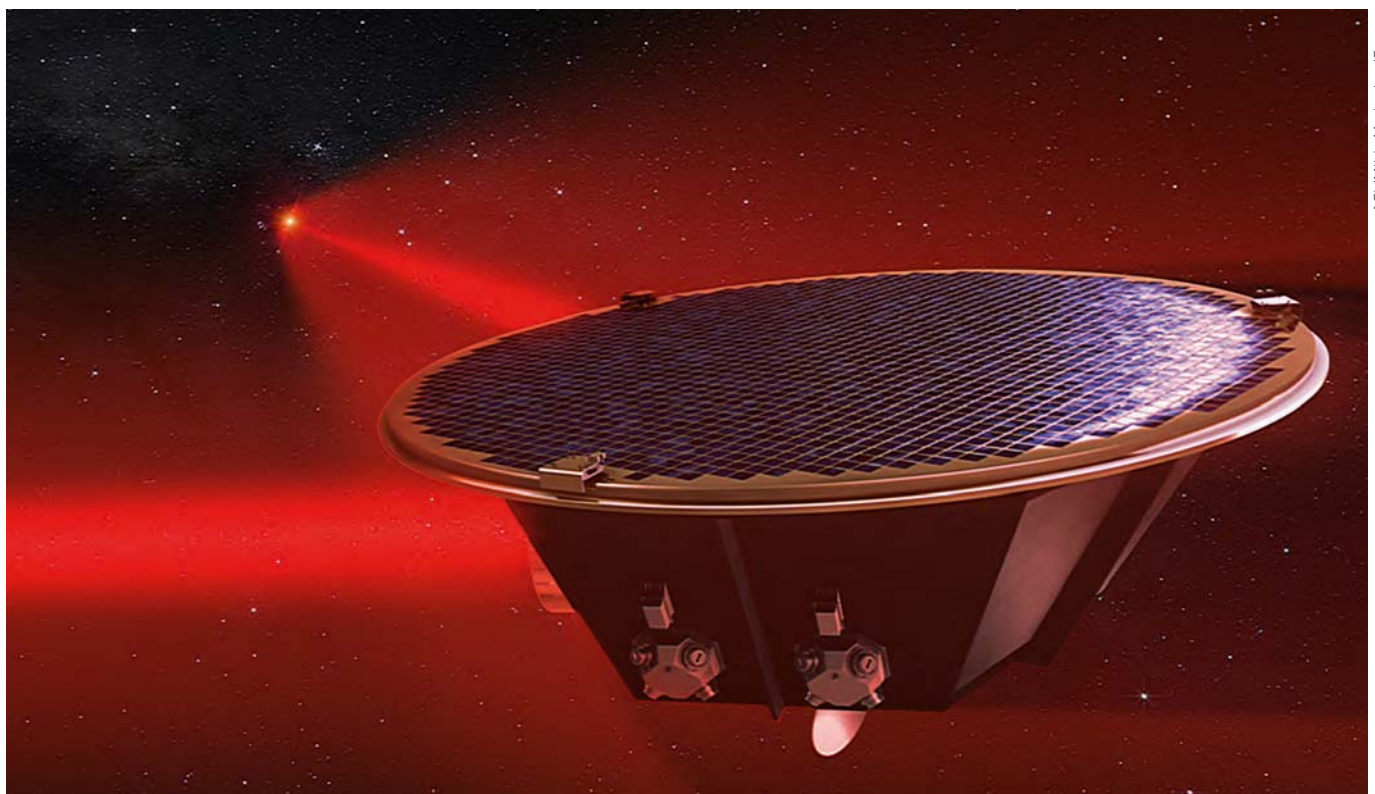
► Stefan Deiters



SURFTIPPS

- LISA

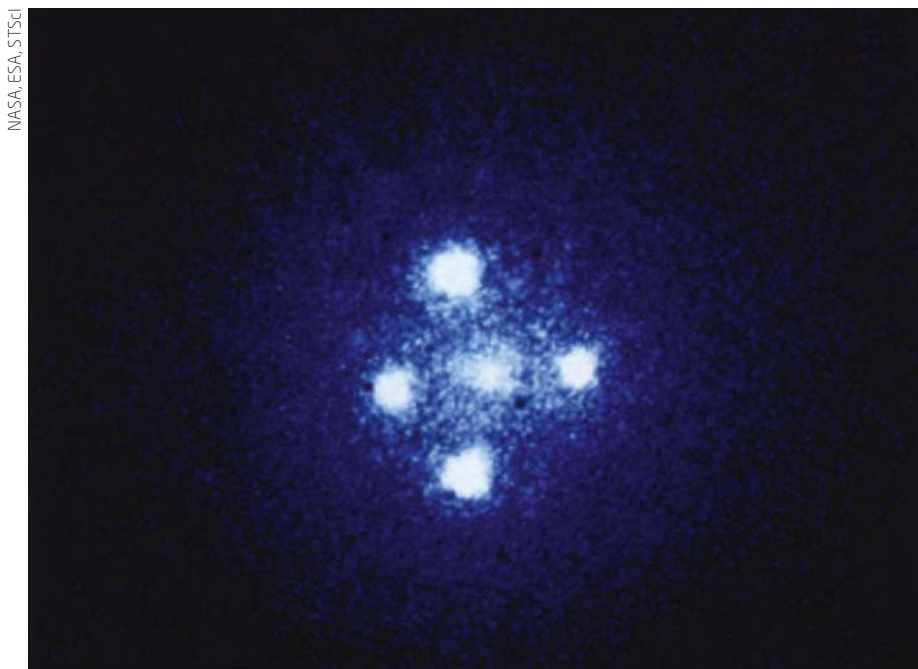
🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a11025](https://oc1m.de/a11025)



▲ Abb. 1: Die geplante LISA-Mission wird Gravitationswellen im Weltall messen. Sie besteht aus drei Satelliten im Abstand von Millionen von Kilometern.

WIE VIELE UNIVERSEN GIBT ES?

Die Frage klingt wie ein logischer Widerspruch: Das »Uni« in Universum steht schließlich für etwas Einzigartiges. Doch in der Science-Fiction hat das »Multiversum« trotzdem längst die Herzen der Fans erobert. Aber was ist wirklich dran?



NASA, ESA, STScI

▲ Abb. 1: Die vier äußeren Punktquellen außen sind ein Vierfachbild (»Einstein-Kreuz«) ein und desselben Quasars (QSO 2237+0305), also eines aktiven Galaxienkerns. Die massereiche Galaxie in der Mitte bewirkt die Lichtablenkung, so dass das Quasarlicht auf vier unterschiedlichen Wegen die Erde erreicht. Die Erklärung kommt ohne Paralleluniversum aus.

Eigentlich klingt es vermessen, dass wir glauben, diese Frage überhaupt beantworten zu können. Das Universum ist riesengroß, vielleicht sogar unendlich groß – wie sollten wir Menschen, die sich auf der winzigen Erde in den Weiten des Alls befinden, mit Gewissheit sagen können, wie der Kosmos beschaffen ist? Die Zuversicht kommt von einem tiefen Vertrauen in die Naturgesetze. Das Gesetz, wie sich das Universum als Ganzes dynamisch entwickelt, wurde vor 100 Jahren von Albert Einstein formuliert. Immer wieder wurde es glänzend bestätigt. Die Feldgleichung seiner Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) ist eine Art Weltformel, die uns sagt, woraus das Universum besteht und was sein Schicksal sein wird. In der Theorie sind tatsächlich auch verschiedene Universen denkbar. Sie kann sogar

nicht ausschließen, dass mehrere Universen nebeneinander existieren.

Reisen durch Raumzeit-Tunnel

Astronomen beobachten eine Vielzahl von Kandidaten für kleine und große Schwarze Löcher. Was steckt in ihrem Inneren? Nach Einsteins Theorie wäre es möglich, dass sie Verbindungen in andere Teile unseres oder sogar in ein anderes Universum darstellen. Leider wehrt uns die Schwärze der Löcher den Blick, wohin die Reise gehen würde. Physikalisch ist aber klar, dass die Reise kein Happyend hätte: Gezeitenkräfte würden den Reisenden zerreißen und blauverschobene Strahlung würde ihn grillen. Was auch immer auf der anderen Seite – falls es sie gibt – ankommt, wird nach allem, was

wir heute wissen, zerstört. Selbst wenn eine winzige unbemannte Sonde diesen Höllenritt durch ein Schwarzes Loch überstehen würde, könnten wir nicht mehr mit ihr kommunizieren, sobald sie den Ereignishorizont des Lochs überschritten hat. Es könnte solche Raumzeit-Tunnel in fremde Welten geben, aber sie sind spekulativ.

Vernetzte Universen

Nach Einstein ist es auch denkbar, dass verschiedene Bereiche des Universums miteinander verknüpft sind – ganz so, wie man die beiden Enden einer langen Röhre miteinander zu einem Schlauch verbinden kann. Diese Freiheit gibt es, und sie ist nicht durch Einsteins zentrale Gleichung der ART eingeschränkt. Auch deutlich komplexere Vernetzungen sind denkbar. Allerdings sollte es möglich sein, sie mittels astronomischen Beobachtungen aufzuspüren, z.B. durch Mehrfachbilder derselben Quelle. Die Mehrfachbilder, die bisher entdeckt wurden, sind gewöhnliche Gravitationslinseneffekte, die nicht ein multivernetztes oder gar zusätzliches Universum erfordern.

Liegt das Paralleluniversum gleich »um die Ecke«?

Es gibt sogar Theorien in der Kosmologie, die über die Einstein'sche Gravitation hinausgehen und die Existenz mehrerer Universen gestatten. Hier kann man zwei Arten unterscheiden: Im Rahmen der Stringtheorie werden sogenannte Branenwelten diskutiert. Dadurch, dass es in der Stringtheorie mehr als drei Raumdimensionen gibt, könnten sich weitere Universen (»Branen«) sozusagen »um die Ecke« befinden – getrennt von uns, nur durch einen vielleicht sogar winzigen Abstand in einer Extradimension. Diese erste Variante erfordert Extraruum, also zusätzliche Raumdimensionen neben Länge, Breite und Höhe.



▲ Abb. 2: Könnten Schwarze Löcher, wie hier illustriert, Raumzeit-Tunnel in eine andere Welt sein?

Die zweite Variante bedient sich der Konzepte der Quantenphysik. Der Zustand eines Quantensystems ist vor einer Messung nicht festgelegt. Erst im Messprozess ergibt sich einer von mehreren Zuständen mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit. Beispiel: Bevor Sie würfeln, kann das Ergebnis 1, 2, 3, 4, 5 oder 6 lauten. Bei einem normalen Würfel kommt jede Zahl mit der Wahrscheinlichkeit von 1/6, also ungefähr 16,7%. Erst nach dem Würfeln – das entspricht dem Messvorgang – haben Sie Gewissheit. Die sogenannte Viele-Welten-Theorie stellt eine radikale Forderung: In der Natur sei nicht nur das Ergebnis realisiert, das gewürfelt wurde, sondern gleichberechtigt alle, die grundsätzlich möglich sind! Ich mag die Idee, dass es gemäß dieser Theorie ein Leben gibt, in

dem ich ein Rockstar und mit Helene Fischer verheiratet bin. Weil mit jeder Entscheidung viele Möglichkeiten verknüpft sind, wächst die Anzahl der Quantenuniversen der Viele-Welten-Theorie rapide.

Suche nach Paralleluniversen

Am Ende vom Tag holt uns die seriöse Wissenschaft ein, und wir müssen uns fragen, ob wir mit wissenschaftlichen Methoden solche spekulativen Hypothesen widerlegen können. Bei Schwarzen Löchern wird es schwierig, da sie ihr Inneres nicht preisgeben. Bei den zusätzlichen Raumdimensionen, die die Stringtheorie benötigt, wurden in verschiedenen Experimenten bislang keinerlei Anzeichen gefunden. Die Zusatzdimensionen sollten nämlich die Naturgesetze verändern, so unter anderem den charakteristischen Abfall der Gravitationskraft mit dem Abstandsquadrat. Auch mit neuerdings messbaren Gravitationswellen lässt sich testen, ob die Einstein'sche Theorie modifiziert werden muss.

Tatsächlich suchen die Kosmologen auch in der Himmelskarte der kosmischen Hintergrundstrahlung nach Mehrfachbildern oder Spuren von Paralleluniversen. Sobald die Vordergrundquellen abgezogen werden, erkennt man eine fleckenhaftes Temperaturmuster der Wärmestrahlung, die kurz nach dem Urknall entstand. Die Karte könnte Spuren eines anderen Universums enthalten, auch hier unter an-

INTERAKTIV



Andreas Müller ist Astrophysiker und beantwortet in seiner Kolumne 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

derem in Form von Mustern, die sich an anderen Stellen des Himmels exakt wiederholen. Die Suche nach ihnen war bislang erfolglos. Dennoch bleibt ein Rest von Unsicherheit, sodass wir die Frage nur vorläufig so beantworten können: Wir wissen sicher nur von einem Universum – nämlich unserem.

► Andreas Müller

Astro-ABC: J wie Julianisches Datum

Das julianische Datum, abgekürzt JD, ist eine fortlaufende Zählung von Tagen, deren Beginn auf den 1. Januar 4713 v. Chr. festgelegt wurde. Der scheinbar willkürliche Anfangspunkt ergibt sich aus dem gemeinsamen Vielfachen dreier früher gebräuchlicher Kalenderzyklen. Die Grundidee zu dieser Zählweise hatte ein Gelehrter des 16. Jahrhunderts, Joseph Justus Scaliger, wobei sich erst Ende des 19. Jahrhunderts eine vom Astronomen John Herschel verfeinerte Fassung für die Verwendung in der Astronomie durchsetzte. Ein julianischer Tag beginnt nach heutiger Definition um 12 Uhr mittags Weltzeit (entsprechend 13:00 MEZ). Damit vermeidet man einen Datumssprung während der Nacht – praktisch für Astronomen! Außerdem gibt es keine Probleme, die durch die Verwendung ver-



schiedener Kalender entstehen können.

Zeitdifferenzen zwischen zwei astronomischen Ereignissen lassen sich leicht berechnen. Stunden, Minuten und Sekunden werden als Tagesbruchteile hinter dem Komma angegeben. Der erste Januar 2017 hatte um 13:00 MEZ das julianische Datum 2457755,0. Den letzten »runden Zehntausender« gab es am 9. Oktober 1995 (JD 2450000), den nächsten gibt es erst am 24. Februar 2023 (JD 2460000). Astroprogramme wie Stellarium zeigen neben dem »normalen Datum« auch das julianische an. Übrigens: Das julianische Datum ist nicht mit dem julianischen Kalender zu verwechseln, der bis 1582 galt.

► Paul Hombach

▲ Abb.1: Der Erfinder des Julianischen Datums, Joseph Justus Scaliger (1540-1609).



EIN GRÜNES SCHEIBCHEN in den Fischen

Uranus in Opposition am 19. Oktober

Inmitten einer eher sternarmen Gegend am Herbsthimmel gelangt der 7. Planet des Sonnensystems am 19. Oktober in Opposition zur Sonne. Seine Helligkeit von 5,^m7 reicht im Prinzip aus, um ihn für das bloße Auge sichtbar werden zu lassen. Dafür muss der Himmel nicht nur klar, sondern auch hinreichend dunkel sein. Da in diesem Jahr die Uranusopposition mit einem Neumondtermin zusammenfällt, ist die Gelegenheit günstig. Das Auffinden ist nicht ganz einfach, da es in Uranus' Umfeld an markanten Sterngruppen mangelt. Doch kann man sich über das auffällige Sternbild Pegasus, das sogenannte

Herbstviereck, gut an die Gegend heranzupirschen. Dazu verlängert man die untere Seite des Vierecks (α Peg – γ Peg) um den gleichen Betrag nach Osten, bis man auf η Psc stößt, der schon zur östlichen Sternkette der Fische gehört. 7° südöstlich steht der 4^m3-Stern ϵ Psc. Von diesem sind es noch 1,8° nach Nordosten zu Uranus, den man an dieser Position mit keinem helleren Stern verwechseln kann. Zur Beobachtung ist in jedem Fall ein Fernglas zu empfehlen. In diesem bleibt Uranus punktförmig. Um seine Planetennatur zu entdecken, muss also ein Teleskop eingesetzt werden. In den letzten Jahren konnten in der Uranusatmosphäre immer wieder Stürme gesichtet werden, z.T. sogar mit Amateurmitteln.

► Paul Hombach

▲ Abb. 1: Der Planet Uranus in einer Aufnahme des Very Large Telescope im nahen Infrarot vom November 2002: Damals waren die Ringe des Planeten deutlich zu erkennen, ebenso wie die Monde Titania, Umbriel, Miranda, Ariel und Oberon (von oben links nach unten rechts).

Die Leoniden eher zahnlos

2017 nur geringe Aktivität des Meteorstroms erwartet

Schon seit Jahrhunderten wird der Meteorstrom der Leoniden beobachtet. Wenn die Erde die dichteren Partikelwolken des Ursprungskometen 55P/Tempel-Tuttle durchquert, dann zeigt sich ein Feuerwerk am Sternhimmel mit hunderten Meteoren pro Stunde, das allerdings nur kurze Zeit anhält. Zwischen Ereignissen mit solch hoher Aktivität liegen aber bei den Leoniden meist viele Jahre mit deutlich geringerer Anzahl von Meteoren. Das liegt daran, dass der Ursprungskomet 55P/Tempel-Tuttle nur etwa alle 33 Jahre in Sonnennähe kommt und dabei Material verliert. Das letzte Perihel des Kometen war im Jahre 1998. Der letzte Ausbruch der Leoniden war im Jahr 2002 zu beobachten.

Heute ist es um diesen Strom recht ruhig geworden. Nur noch zehn Meteore pro Stunde werden derzeit erwartet. Nach den Berechnun-

gen der Wissenschaftler wird dies auch noch einige Jahre anhalten. Auch wenn der Strom nunmehr eher zu den weniger aktiven zählt, sind dennoch die Beobachtungsbedingungen in diesem Jahr recht gut. Der Mond beeinflusst die Beobachtungen überhaupt nicht. Allerdings wird das Maximum bereits am 17. November um 17.30 MEZ erwartet. Zu diesem Zeitpunkt steht der Radiant im Sternbild Löwe noch unter dem Horizont. Ein Staubschweif, der den Kometen im Jahre 1300 verließ, soll um 18.07 MEZ getroffen werden. Auch hier wird nur eine stündliche Zenitrate von 10 erwartet. Leider sind beide möglichen Mini-Maxima für Mitteleuropäer unsichtbar. Erst nach Mitternacht steigt der Radiant der Leoniden im Kopf des Löwen so weit über den Horizont, dass sich visuelle Beobachtungen lohnen.

► André Knöfel

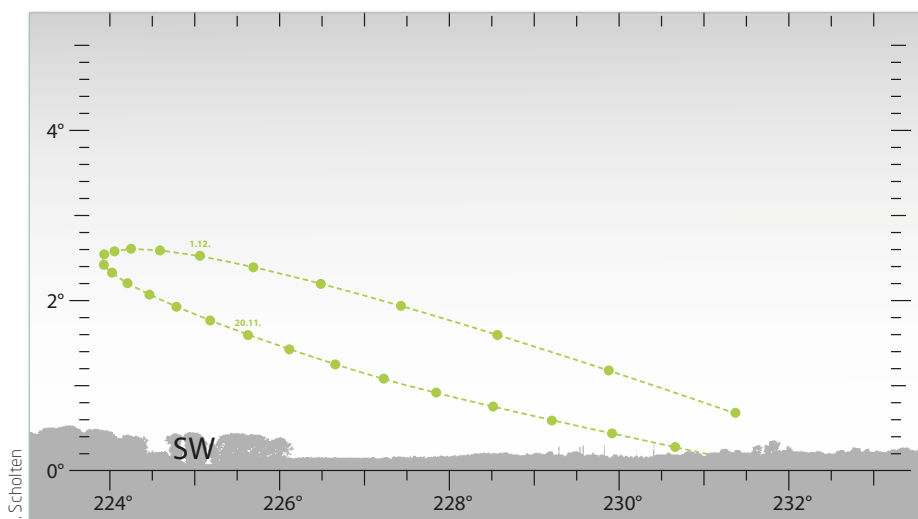
Die »verbotene« Abendsichtbarkeit

Merkur in östlicher Elongation am 24. November

2017 ist das Jahr der kuriosen Merkursichtbarkeiten. Neben seinen günstigen Auftritten am Abend- und Morgenhimmel bietet er je zwei weitere Morgen- und Abendsichtbarkeiten, sodass er unter besten Bedingungen insgesamt sechsmal in Erscheinung tritt. Damit es in unseren Breiten mit einer Merkursichtbarkeit überhaupt funktioniert, darf der kleine Planet nicht viel südlicher als die Sonne am Himmel stehen. Daher die Faustregel: Abendsichtbarkeiten fallen in das erste Halbjahr, Morgensichtbarkeiten ins zweite. Abweichungen von dieser Regel können in den Wochen um die Sommersonnenwenden eintreten, wenn sich die Deklinationen (also die »himmlichen Breitengrade«) von Sonne und Merkur

nicht allzu sehr unterscheiden. Ende November steht Merkur 5° südlicher, das wird schwierig! Diese Abendsichtbarkeit ist daher etwas für hartgesottene Merkur-Fans und wird nicht ohne optische Hilfsmittel zu erleben sein. Es ist ein bescheidenes Sichtbarkeitsfenster, das sich da öffnet: Am 19. November lässt sich der -0,3 helle Planet um 17.00 MEZ nur 2,5° über dem Westhorizont blicken. Die folgenden Tage bringen nur leicht verbesserte Bedingungen. Zwar fällt die größte östliche Elongation am 24. November mit 22° ganz passabel aus, doch liegt dieser Winkel flach über dem abendlichen Südwesthorizont. Am 3. Dezember geht der Vorhang für Merkur wieder zu.

► Paul Hombach



▲ Abb. 2: Merkur im November und Dezember am Abendhimmel, Sonne 6° unter dem Horizont.

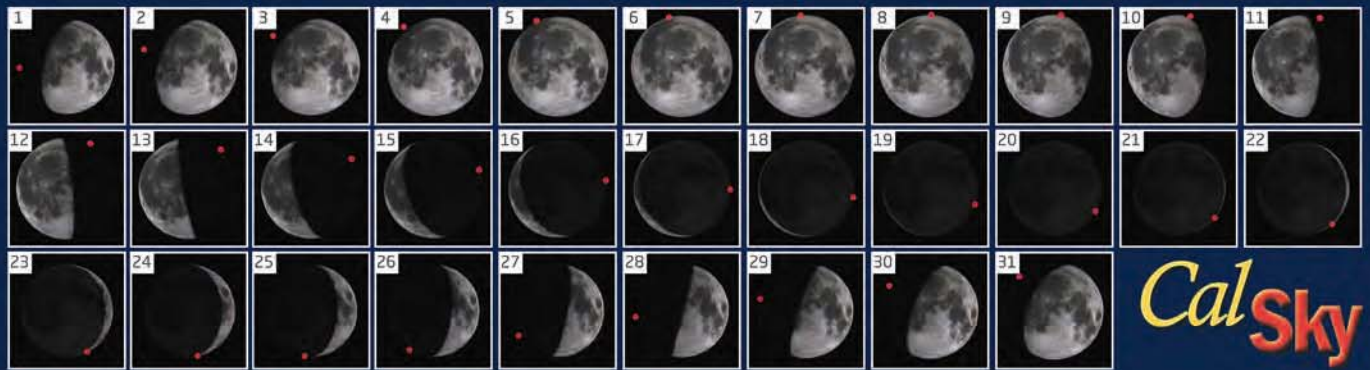
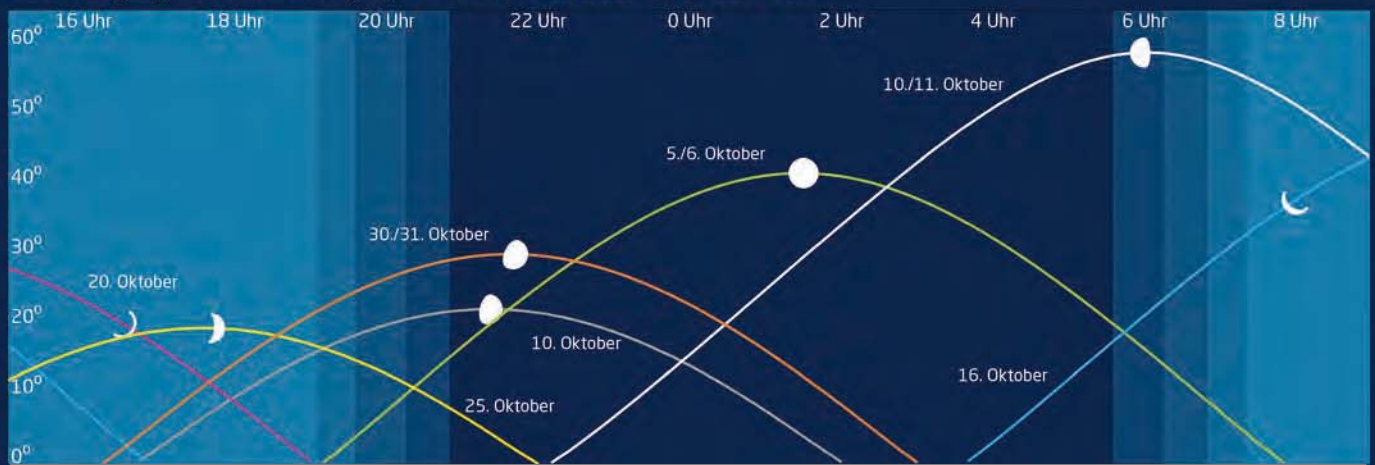
Astronomische Ereignisse im Oktober/November 2017

3.10.	14:55	MESZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Westseite (Länge: -5,588°)
4.10.	0:26	MESZ	Mond bedeckt χ Aqr (4 ^m 9), Bedeckung am dunklen Rand
5.10.	20:40	MESZ	Vollmond
8.10.	15:17	MESZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Nordpol sichtbar (Breite: +6,616°)
8.10.	20:00	MESZ	Maximum Draconiden, ZHR=20
8.10.	22:54	MESZ	Merkur obere Konjunktion
9.10.	22:00	MESZ	Mond 1,3° O Aldebaran
12.10.	14:25	MESZ	Mond Letztes Viertel
17.10.	1:58	MESZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Ostseite (Länge: 5,207°)
17.10.	7:02	MESZ	Mond 2,4° NE Mars
18.10.	6:31	MESZ	Mond 2,3° O Venus
19.10.	20:30	MESZ	Uranus Opposition (5 ^m 7)
19.10.	21:12	MESZ	Neumond
21.10.	17:34	MESZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Südpol sichtbar (Breite: -6,608°)
22.10.	3	MESZ	Maximum Orioniden, ZHR=23
26.10.	20:09	MESZ	Jupiter Konjunktion
28.10.	0:22	MESZ	Mond Erstes Viertel
29.10.	1:36	MESZ	(2) Pallas in Opposition (8 ^m 2)
30.10.	0:37	MEZ	(7) Iris in Opposition (6 ^m 9)
31.10.	9:40	MEZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Westseite (Länge: -6,729°)
4.11.	6:23	MEZ	Vollmond
4.11.	19:47	MEZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Nordpol sichtbar (Breite: +6,524°)
5.11.	19:53	MEZ	Mond bedeckt Hyadum I (3 ^m 6), anschließend weitere Bedeckung von Hyaden-Sternen
10.11.	21:36	MEZ	Mond Letztes Viertel
12.11.	15:27	MEZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Ostseite (Länge: 6,392°)
16.11.	20:01	MEZ	24P/Schaumasse im Perihel (1,21AE), ca. 10 ^m hell
17.11.	22:20	MEZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Südpol sichtbar (Breite: -6,566°)
17.11.	18:00	MEZ	Maximum Leoniden, ZHR=10
18.11.	12:42	MEZ	Neumond
24.11.	1:27	MEZ	Merkur (-0 ^m 4) größte Elongation Ost (22,0°), Abendhimmel
26.11.	18:03	MEZ	Mond Erstes Viertel
28.11.	10:12	MEZ	Merkur: Dichotomie/Halbphase
28.11.	13:24	MEZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Westseite (Länge: -7,687°)
28.11.	18:30	MEZ	Mond: Goldener Henkel sichtbar

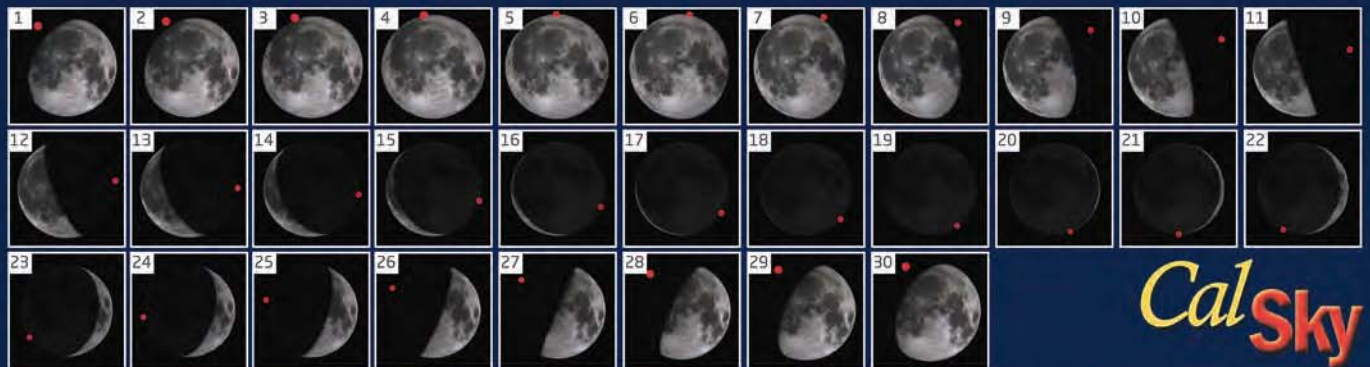
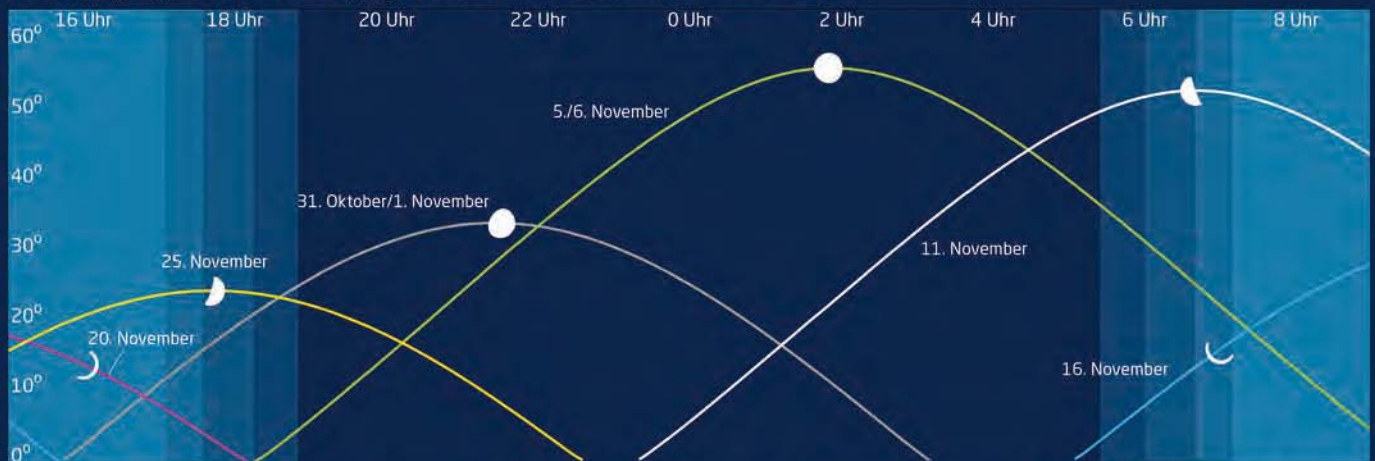
Zeiten bezogen auf 50° nördliche Breite, 10° östliche Länge.

Der Mond im Oktober/November

Mond: Aufgang, Höhe und Untergang / Phasen und Libration im Oktober 2017



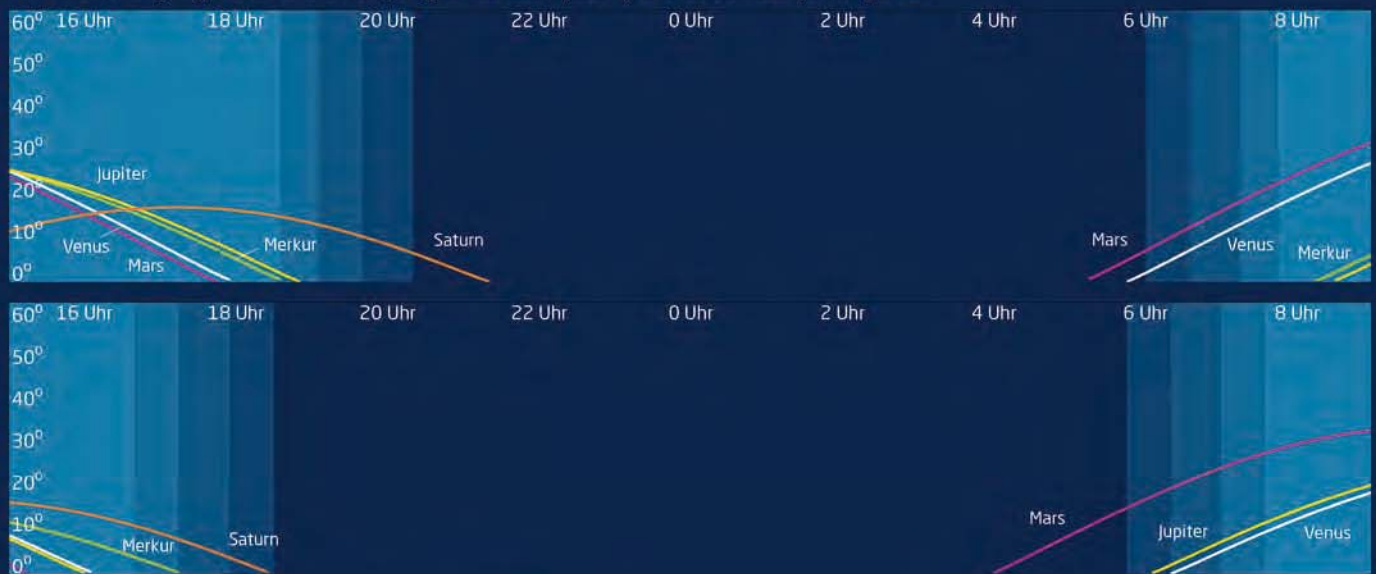
Mond: Aufgang, Höhe und Untergang / Phasen und Libration im November 2017



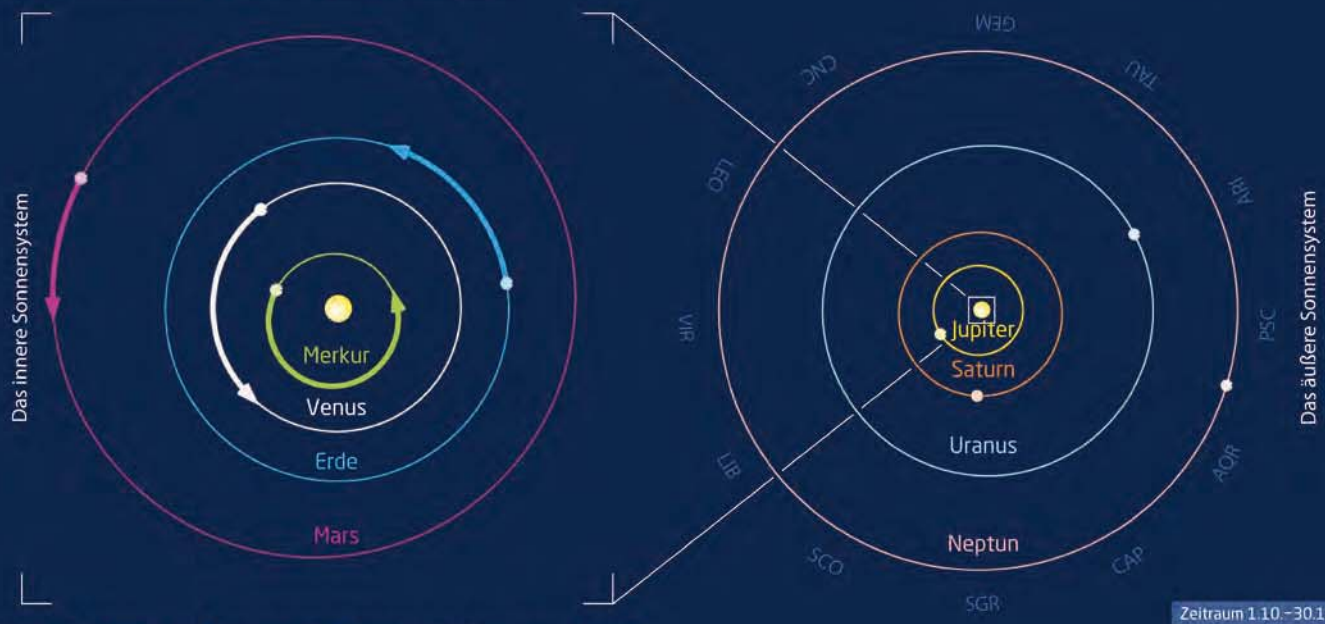
Die Daten und Ansichten auf dieser Doppelseite wurden erstellt mit CalSky für 50° Nord, 10° Ost. Die Plattform www.CalSky.com erlaubt Ihnen die exakte Kalkulation für Ihren Beobachtungsort.

Die Planeten im Oktober/November

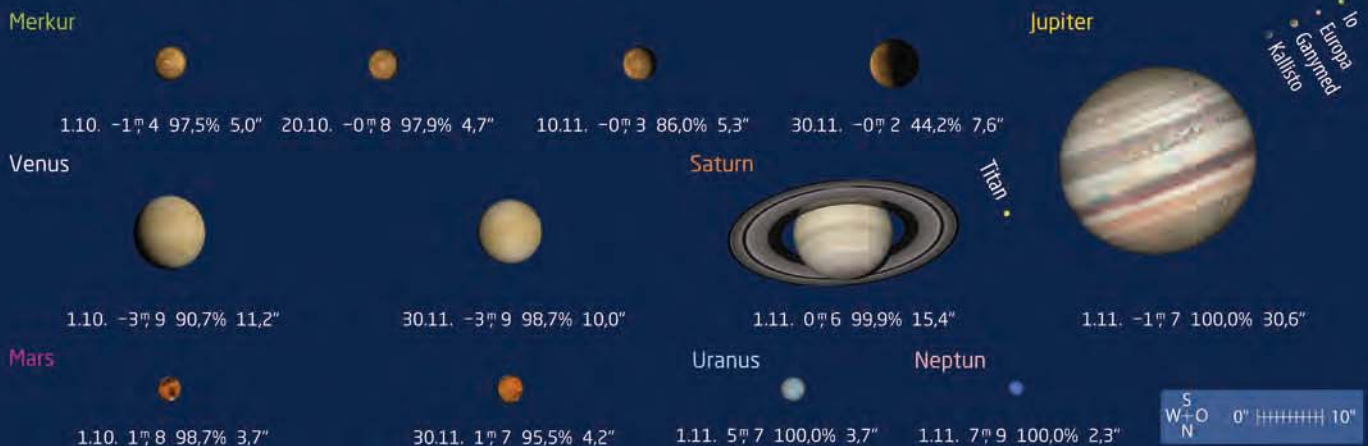
Planeten: Aufgang, Höhe und Untergang im Oktober (oben) und November (unten) 2017



Planeten: Bahnen im Oktober und November 2017



Planeten: Anblick im Fernrohr im Oktober und November 2017





► Abb. 1: Transit der ISS vor der Sonnenscheibe am 17.6.2017 im H α -Licht; Montage aus mehreren Bildern in Photoshop bearbeitet. Ullrich Dittler

Sonne aktuell: Immer weniger Aktivitätsgebiete

Erwartungsgemäß geht die Zahl der neuen Aktiven Regionen auf der Sonne immer mehr zurück – das für 2020 erwartete Fleckenminimum rückt näher. Die Monate Mai und Juni zeichneten sich hauptsächlich durch einen ruhigen Verlauf mit nur ganz wenigen Ausnahmen aus. Im Mai gab es nur fünf, im Juni nur drei neue Fleckengruppen zu beobachten. Die Zahl der fleckenfreien Tage ging zur gleichen Zeit von fünf auf vier zurück, dafür war im Juni die ganze Südhalbkugel durchgehend fleckenfrei. Die südliche Hemisphäre der Sonne scheint also schon zwei Jahre vor dem Minimum ihre Aktivität eingestellt zu haben. Das ist gar nicht so ungewöhnlich, wie es vielleicht scheint. Zu Beginn eines Zyklus treten neue Fleckengruppen oft vermehrt auf einer Halbkugel auf, zum Ende hin ist es umgekehrt und diese Hemisphäre verringert zuerst die Aktivität. Hier sind dann zuerst neue Flecken des neuen Zyklus mit umgekehrter magnetischer Polarität gegenüber dem alten Zyklus zu erwarten.

ten. Sie treten in der Regel ab 35 Grad nördlicher und südlicher heliographischer Breite auf, dieses Mal also wahrscheinlich im Süden, und das könnte noch vor Beginn des Eintritts in das Minimum der Fall sein. Auch das ist kein anomales Verhalten der Sonne. Ein Zusammenbruch der Gesamtaktivität nach dem Erscheinen der ersten Flecken des neuen Zyklus ist beinahe regelmäßig beobachtbar.

Die wenigen derzeit sichtbaren Sonnenflecken gehören meist dem einpoligen Typus mit Penumbra an und sind darum sehr stabil, weswegen sie auch über einen längeren Zeitraum hinweg beobachtet werden können. Ganz im Gegensatz zu den einpoligen Flecken ohne Penumbra, die in den letzten Monaten nur selten zu sehen waren. So ist zu erklären, weshalb es bei nur drei Fleckengruppen im Juni nur vier fleckenfreie Tage gab. Lediglich die Aktive Region mit der NOAA-Nummer 12661 brachte Ende Mai und Anfang Juni ein wenig Abwechs-

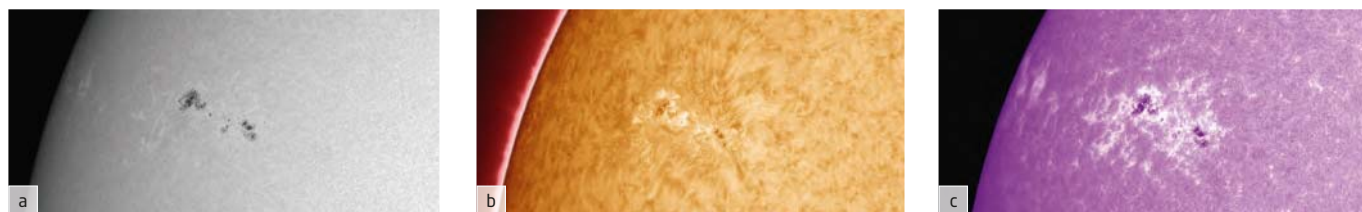
SURFTIPPS

- ISS-Transits vor der Sonne

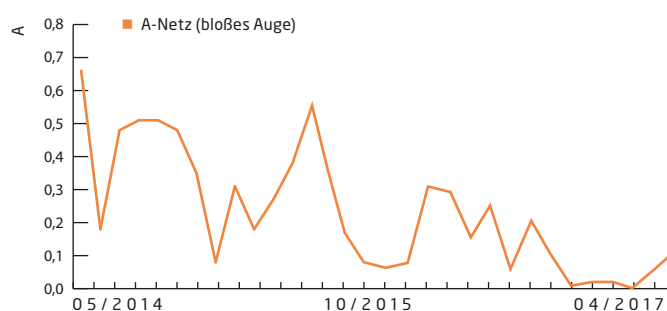
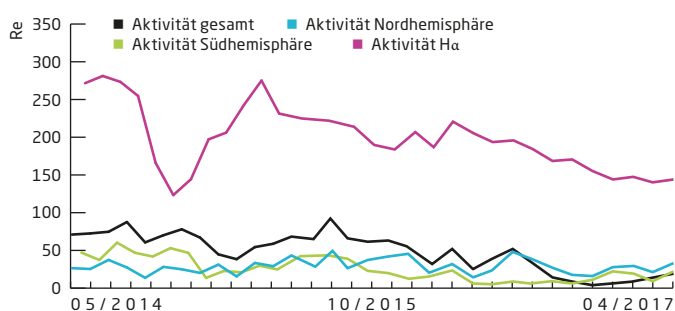
 [Kurzlink: oc1m.de/a11032](https://oc1m.de/a11032)

lung. Sie entwickelte sich binnen weniger Tage zu einer E-Gruppe, fiel aber nach kurzer Zeit in sich zusammen. Im H α -Licht war im Berichtszeitraum die Aktivität eher gering, die Zahl der Protuberanzen und Filamente blieb zwar annähernd gleich, ihre »Größe« ging aber immer mehr zurück. Flares der Klassen M und X wurden keine registriert, lediglich der aus koronalen Löchern verstärkt ausströmende Sonnenwind schickte einige Teilchenströme ins All, die als geomagnetische Stürme der untersten Klassen G1, G2 und in einem Fall sogar G3 beim Erdmagnetfeld ankamen und insbesondere Ende Mai einige im deutschen Sprachraum in niedrigen Höhen sichtbare Polarlichter bewirkten.

► Manfred Holl



▲ Abb. 2: Sonnenflecken in Weißlicht (a), im H α -Licht (b) und im Kalzium-Licht (c) am 3.6.2017 aufgenommen mit Baader Safty Herschel-Prisma mit Solar-Continuum-Filter (540nm, a), Coronado Solarmax 90 (b) und Lunt CaK-Modul (c) am Takahashi TOA-130 mit FFC und Kamera PointGrey Grasshopper3-U3-2855M. Bildverarbeitung: 500 von 2500 Picts in Avistack und Photoshop bearbeitet. Ullrich Dittler



Kometen aktuell: Eine Neuentdeckung für den Herbst

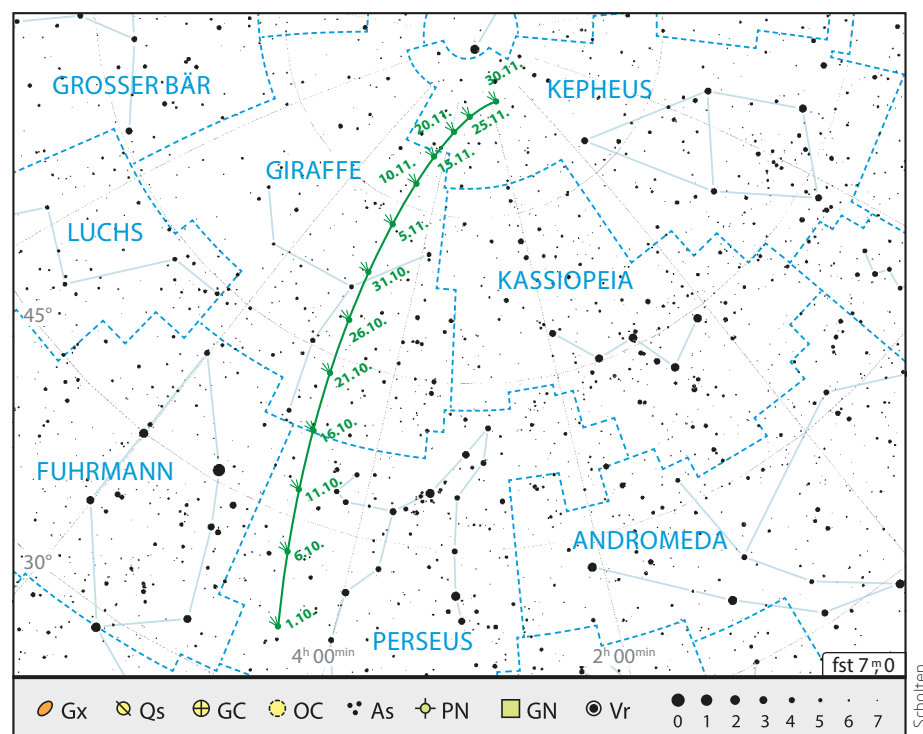
Im Herbst kann nur ein Komet mit kleinen Instrumenten beobachtet werden. Ansonsten gibt es am mitteleuropäischen Himmel nur wenig helle Schweifsterne, die kaum heller als 10^m werden. Am 19. Juli 2017 wurde im Rahmen des automatischen Supernova-Suchprogramms ASAS-SN (All-Sky Automated Survey for Supernova) auf dem Cerro Tololo in Chile ein neuer Komet im Sternbild Walfisch entdeckt. Nur einige Tage nach der Entdeckung erfolgte ein Helligkeitsausbruch auf 10^m, so dass **C/2017 O1** Mitte Oktober mit 7^m5 schon einfach in Ferngläsern und kleinen Teleskopen aufgefunden werden kann – vorausgesetzt, der Komet behält seine momentane Aktivität bei. In der Zeit seiner größten Helligkeit erreicht der Schweifstern auch seinen geringsten Abstand zur Sonne (Perihel) und kurz danach die geringste Entfernung zur Erde (Perigäum). Nach den ersten noch mit Unsicherheiten behafteten Bahnelementen durchläuft der Komet im Oktober und November sehr schnell die Sternbilder Perseus und Giraffe und wird zirkumpolar. Ab Mitte November wechselt er in das Sternbild Kepheus. Damit ist C/2017 O1 für Beobachter auf der Nordhalbkugel optimal am Nachthimmel platziert und erreicht Mitte Oktober gegen 4 Uhr morgens die Zenitregion.

Der am 1. Dezember 1911 von Alexandre Schaumasse in Nizza entdeckte kurzperiodische Komet **24P/Schaumasse** könnte in der Zeit seiner Sonnennähe, ab Mitte November 2017, eventuell die 10. Größenklasse überschreiten und auch in kleineren bis mittleren Teleskopen am Morgenhimmel sichtbar werden. Allerdings ist

eine konkrete Helligkeitsabschätzung zum jetzigen Zeitpunkt noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Anfang Oktober ist Komet Schaumasse voraussichtlich noch 11^m hell. Er wandert in dieser Zeit vom Sternbild Krebs kommend in den Löwen und überschreitet in der ersten Novemberwoche die Grenze zum Sternbild Jungfrau. Um den Periheliumtermin herum stört auch nicht mehr der Mond die Beobachtung. Zum Ende der astronomischen Dämmerung, gegen 5:30 Uhr, befindet sich der Komet in guter Beobachtungsposition rund 30 Grad hoch im Osten. Am interessantesten für Astrofotografen sind sicherlich die Begegnungen mit den hellen Galaxiengruppen um M96,

M95 und M105 zwischen dem 25. und 28. Oktober und mit M65, M66 und NGC 3628 im Sternbild Löwe zwischen dem 2. und 4. November. Leider stört der Vollmond, wenn der Komet diese Gruppe knapp 1,5° südlich passieren wird. Im letzten Monatsdrittel, wenn der Mond die Beobachtung am Morgenhimmel nicht mehr behindert, wandert 24P/Schaumasse durch den südlichen Bereich des Virgo Galaxienhaufens. Der am 7. September 2016 mit dem Pan-STARRS-1-Teleskop auf Hawaii entdeckte Komet **C/2016 R2 (PanSTARRS)** dürfte kaum heller als 10. bis 11. Größenklasse werden – und das auch erst ab Ende November. ▶ Andreas Schnabel

◀ Abb. 1: Im Herbst ist kaum ein Komet zu erwarten, der es etwa mit C/2015 V2 Johnson aus der ersten Jahreshälfte aufnehmen kann – hier eine Aufnahme von Ende Mai 2017.
Daniel Förtsch



▲ Abb. 2: Die Bahn des neu entdeckten Kometen C/2017 O1 im Oktober und November.

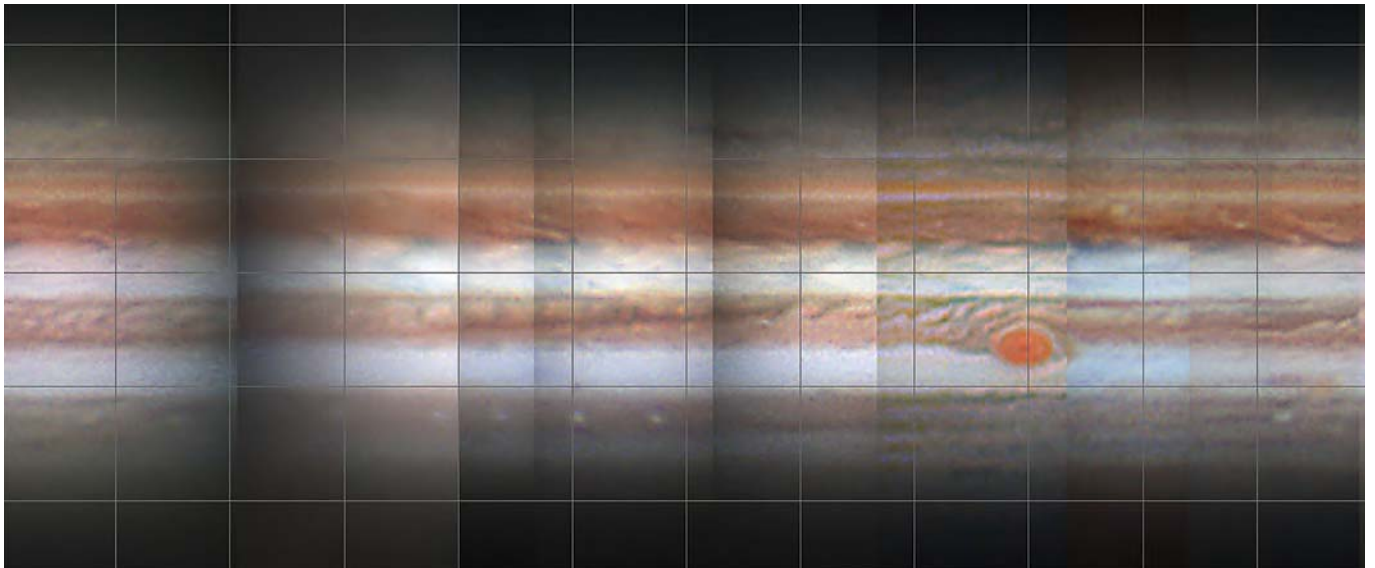
SURFTIPPS

- VdS Fachgruppe Kometen
- Aktuelle Kometen bei Seiichi Yoshida
- Aktuelle Kometen auf Winnies Kometenseite
- Kometarium.com
- The Sky Live

Kurzlink: oc1m.de/a11033

Kometen im August/September 2017

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erw. Helligkeit
C/2017 O1	19.7.2017	14.10.2017 (1,5 AE)	17.10.2017 (0,72 AE)	August 2017 bis Februar 2018	8,0 ^m bis 7,0 ^m
24P/Schaumasse	1.12.1911	16.11.2017 (1,21 AE)	21.11.2017 (1,46 AE)	Oktober 2017 bis Januar 2018	11,0 ^m bis 10,0 ^m
C/2016 R2 PanSTARRS	7.9.2016	9.5.2017 (2,60 AE)	22.12.2017 (2,05 AE)	November 2017 bis Juni 2018	11,0 ^m bis 10,5 ^m



▲ Abb. 1: Eine Gesamtkarte Jupiters aus Aufnahmen vom 8.4., 10.5., 10.6. und 18.6.2017 fotografiert mit einem 250mm Schaer-Refraktor und einem 250mm MakNewton. Ernst Elgaß

Planeten aktuell: Es stürmt auf Neptun

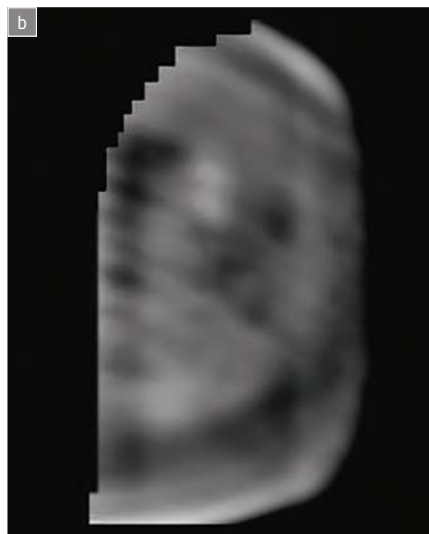
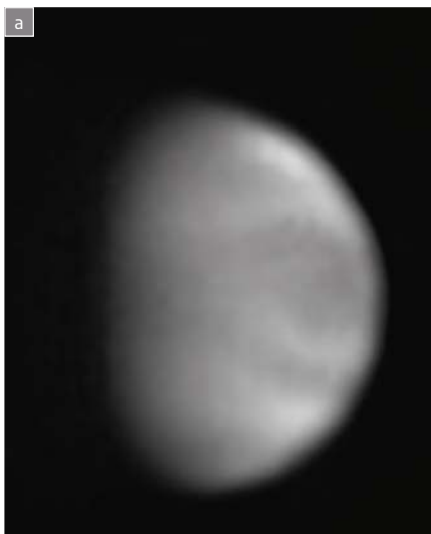
Venus, die im Oktober und November noch als Morgenstern leuchtet, zeigt im Teleskop normalerweise die helle Oberseite ihrer dichten Wolkenhülle ohne erkennbare Strukturen. Kommen Filter zum Einsatz, ändert sich die Lage: Während ein

UV-Filter die Wolkenstrukturen herausarbeitet, bietet das Infrarotfenster bei 1000nm sogar die Chance, bis auf die heiße Venusoberfläche zu schauen. Dies gelang im März 2017, als die beleuchtete Seite der Venus nur eine schmale Sichel war. Mars ist wieder am Morgenhimmel

aufgetaucht. Mit einem scheinbaren Durchmesser von 4" ist er noch kein lohnendes Ziel für Teleskopbeobachter. Sehenswert ist seine enge Begegnung mit Venus am Morgen des 5. Oktober. Jupiter hat sich vom Abendhimmel zurückgezogen. Beobachtern bleibt da immerhin, die Ergebnisse der diesjährigen Sichtbarkeit auszuwerten. Ab Mitte November wird sich der größte Planet des Sonnensystems wieder am Morgenhimmel zeigen. Saturn, der im Herbst ebenfalls von der Himmelsbühne abtritt, hat es Beobachtern in Europa durch seine südliche Stellung am Himmel bei seiner Opposition im Sommer nicht leicht gemacht. Dennoch gelang wahren Spezialisten unter den Amateurastronomen am 11. Juni eine spektakuläre Aufnahme, allerdings weit im Süden des Kontinents und mit wirklich großer Optik: dem 1m-Spiegel auf dem Pic du Midi in Südfrankreich, den sie im Rahmen des Pic-Net-Projektes nutzen konnten. Dank seiner maximalen Ringneigung, die Saturn in diesem Herbst erreicht, fällt der Blick optimal auf die Nordpolregion des Planeten, wo sich die bemerkenswerte sechseckige Wolkenformation zeigt. Einen Tag später nahm die Gruppe Neptun ins Visier. Auf Bildern im Infraroten zeigten sich bei einer Auflösung von 0,33 Bogensekunden pro Pixel zwei weiße Flecken in der südlichen Atmosphäre des fernen Planeten. Im Juli wurde ein neuer Sturm auf Neptun gesichtet, der sogar in einem Amateurteleskop mit 350mm Öffnung nachweisbar war. Im Fernglas bleibt Neptun freilich punktförmig. Dafür ist er im Herbst im Sternbild Wassermann vergleichsweise einfach am Abendhimmel zu finden. ► Paul Hombach



▲ Abb. 2: Der Saturn am 11. Juni, aufgenommen mit dem 1m-Spiegel auf dem Pic du Midi (a). Zwei helle Flecken in der Neptunatmosphäre am 12. Juni 2017, mit dem gleichen Instrument beobachtet (b). E. Kraaikamp/D. Peach/F. Colas/M. Delcroix/R. Hueso/C. Sprianu/G. Therin/Pic du Midi Observatory (OMP-IRAP)/Paris Observatory (IMCEE/LESIA)/CNRS (PNP)/Europlanet 2020 RI/S2P



▲ Abb. 3: Zwei Ansichten der Venus: Im Ultravioletten treten Wolkenstrukturen hervor (a, 18.7.2017), im Infraroten Oberflächendetails der Venus-Nachtseite (b, 2.3.2017), aufgenommen am 80cm-Refraktor der Volkssternwarte München. Bernd Gährken

Jetzt am Abendhimmel

Beobachtungsempfehlungen für Oktober/November 2017

Sternbild-Streifzüge:
Pegasus

Fernglas-Wanderung:
Die riesige Leere
des Pegasus

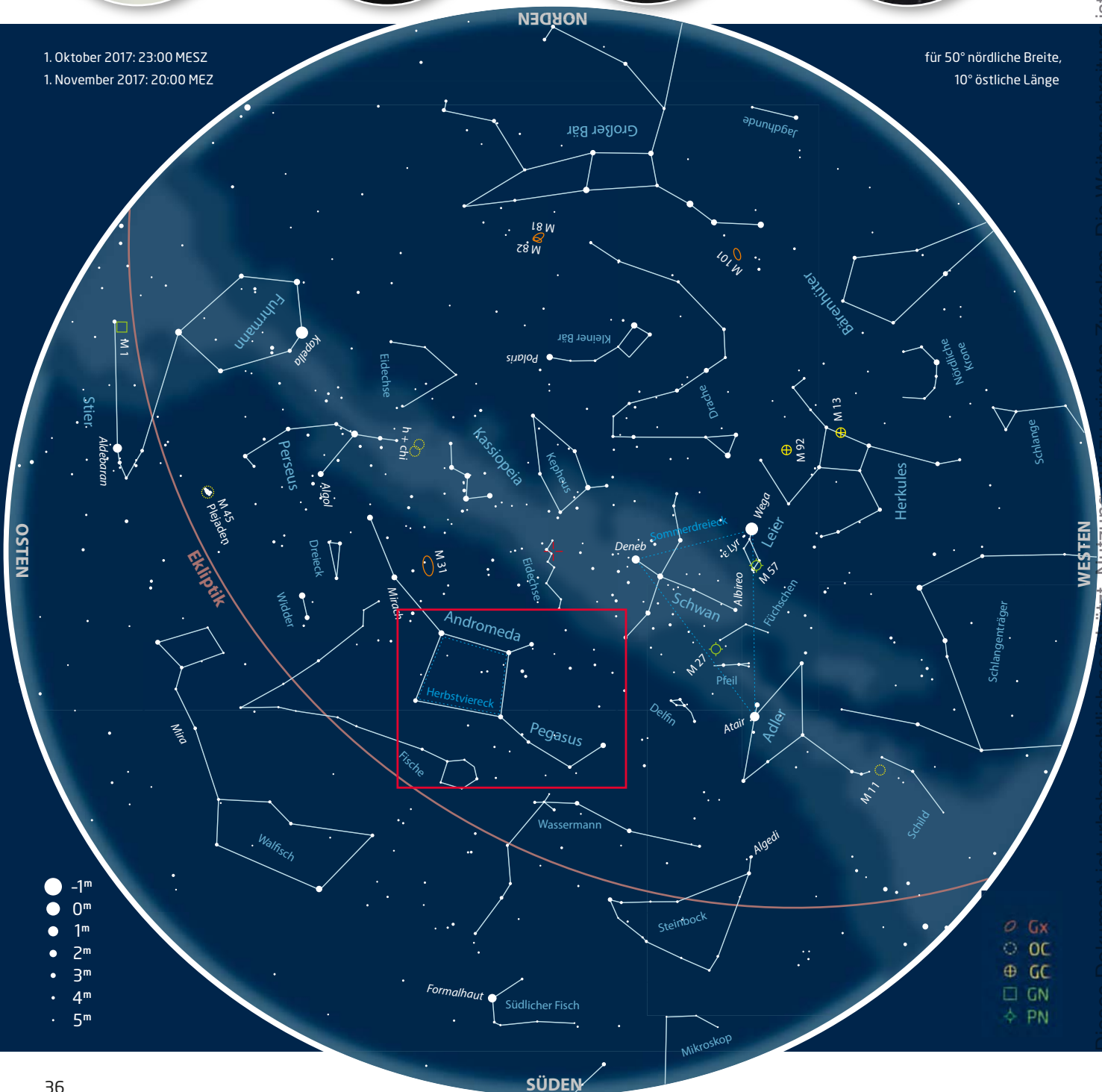
**Deep-Sky-Schätze für
Stadtbeobachter:**
Der Kugelstern-
haufen M 15

**Deep-Sky-Schätze für
Landbeobachter:**
Hickson 92 - die kom-
pakte Galaxiengruppe
Stephans Quintett



1. Oktober 2017: 23:00 MESZ
1. November 2017: 20:00 MEZ

für 50° nördliche Breite,
10° östliche Länge



Sternbild-Streifzüge: Pegasus

Nach Wintersechseck, Frühlingsdreieck und Sommerdreieck gibt es auch am Herbsthimmel eine jahreszeitliche Entsprechung. Da das Sternbild Pegasus größtenteils aus einer quadratischen Figur aus vier hellen Sternen besteht, spricht man hier gerne auch vom Herbstviereck. Es bildet den Vorder- teil des berühmten Flügelrosses, während eine von α bis ϵ Peg reichende Sternreihe Hals und Kopf des Pferdes darstellen. So ergibt sich das Bild eines vom Himmel fallenden Pegasus, wie es auch historische Sternkarten zeigen.

Der Grund des Falles könnte sein, dass das geflügelte Pferd während eines Fluges mit Bellorophon absichtlich aufgeschreckt wurde: Sein Reiter, der schon die feuerspeiende Bestie Chimäre besiegt hatte, wurde durch seine Heldentaten immer überheblicher und wollte sich deshalb mit Pegasus bis zum Olymp hinaufschwingen. Doch das sahen die Götter gar nicht gern, so dass sie das Pferd mittels eines Insekts aufscheuchten und Bellorophon abgeworfen wurde. Der fallende Pegasus wurde als Sternbild an das Himmelszelt versetzt, während Bellorophon Richtung Erdboden stürzte. Durch seine unsanfte Landung soll die türkische Stadt Tarsus (»Fußsohle«) zu ihrem Namen gekommen sein.

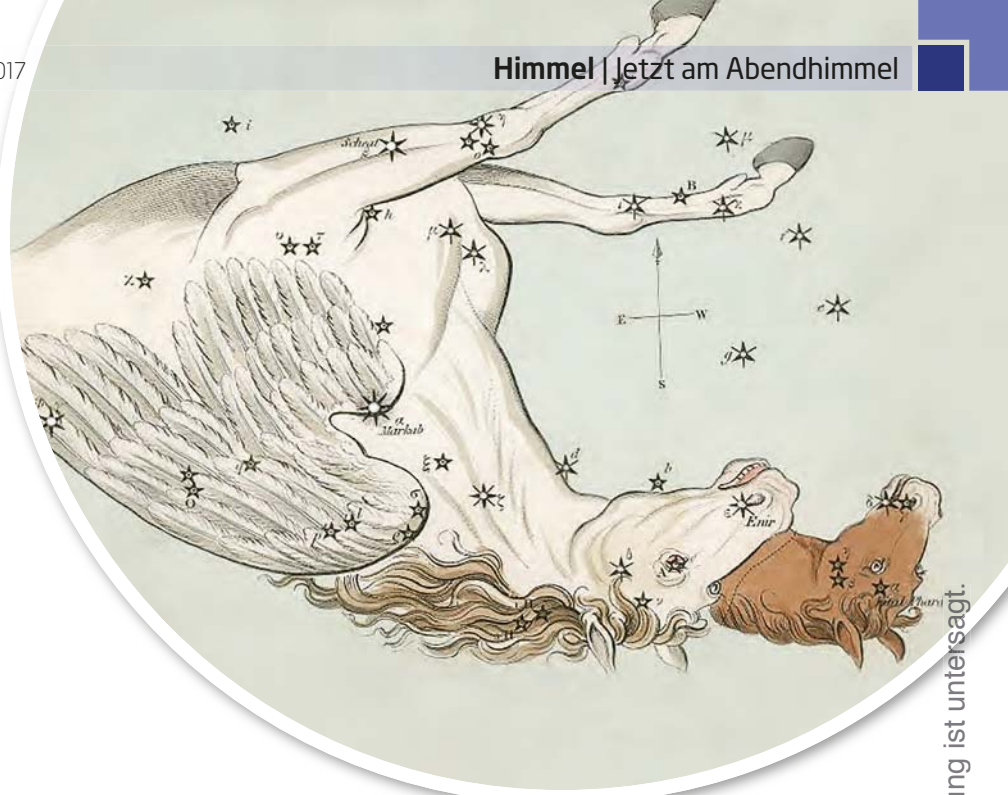
Flächenmaß oder aus Blut geboren

Pegasus gehört zum großen Sagenkreis um Perseus, der die Prinzessin Andromeda, Tochter von Kassiopeia und Kepheus, vor einem monströsen Meeresungeheuer retten wollte. Alle Figuren dieses Mythos leben seit Jahrtausenden am Herbsthimmel weiter. Für Andromedas Rettung benötigte Perseus das Haupt der grässlichen Medusa, da ihr Blick sofort alles in Stein verwandelt. Nachdem der Held es listenhaft abgeschlagen hatte, wurde aus Medusas Blut Pegasus geboren.

Statt des Flügelrosses stand bei den Astronomen im alten Mesopotamien die geometrische Form des Sternbilds im Vordergrund. Es wurde als Iku (»Feld«) bezeichnet, womit das grundlegende Flächenmaß der Sumerer gemeint ist. So findet sich das quadratische Sternbild beispielsweise in der würfelförmigen Arche des babylonischen Sintflut-Mythos wieder.

M 15 und Galaxien

Das Glanzlicht des Sternbilds ist zweifellos M 15. Bereits mit einem kleinen Fernglas ist der Kugelsternhaufen als winziger Fleck erkenn-

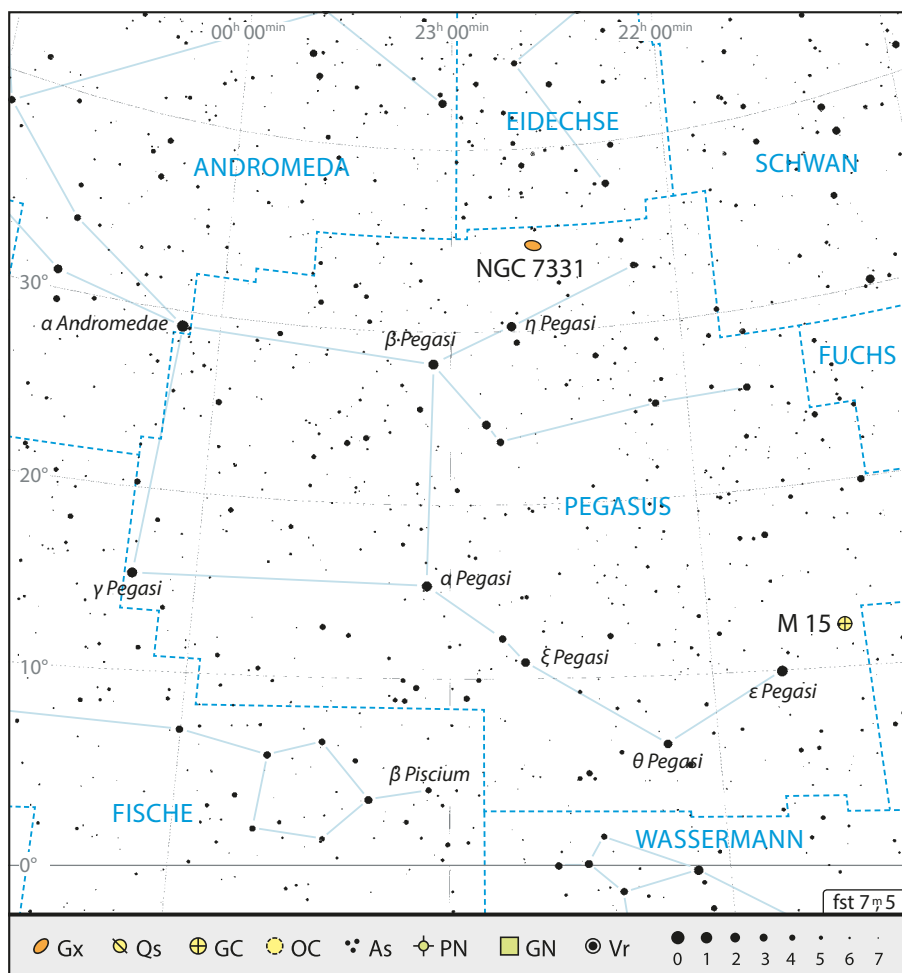


▲ Abb. 1: Alte Darstellungen zeigen, wie das geflügelte Pferd kopfüber vom Himmel fällt. Der kleine Pferdekopf rechts davon gehört zum Sternbild Füllen. Es stellt das Fohlen Celeris dar, das entweder Sohn oder Bruder von Pegasus sein soll.

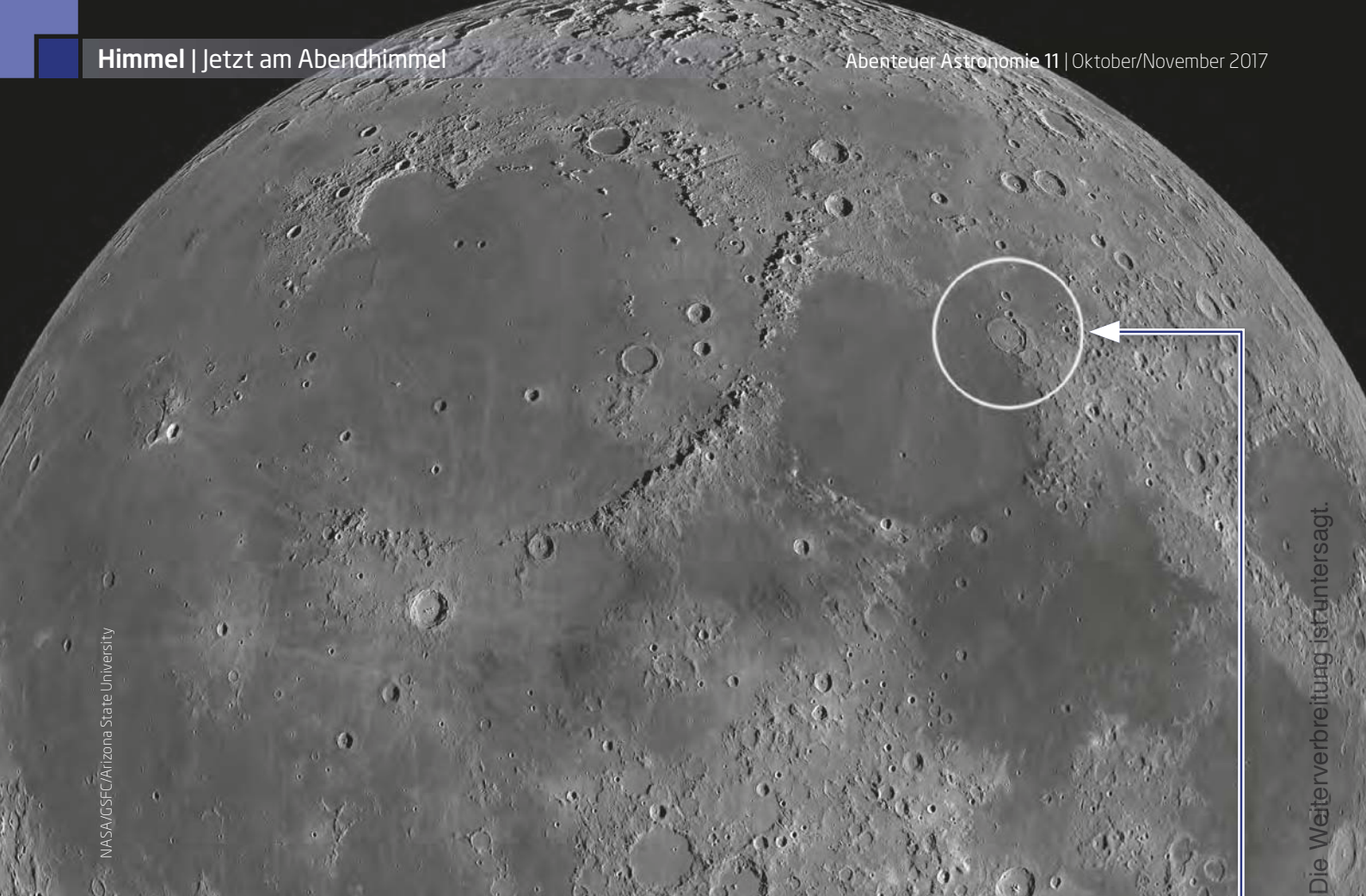
bar – es ist das gesammelte Licht von 12,5 bis 13 Milliarden Jahre alten Sternen. Die hellsten Sonnen sind $12^m,6$ hell und zeigen sich deshalb schon mit 100mm Öffnung. Für die Galaxie NGC 7331 reicht ebenfalls schon ein Einstei-

gerteleskop. Und Besitzer von größeren Teleskopen dürfen sich unter dunklem Himmel gerne an der Herausforderung der sehr schwachen Galaxiengruppe Stephans Quintett versuchen.

► Nico Schmidt



▲ Abb. 2: Übersichtskarte des Sternbilds Pegasus mit den Beobachtungsempfehlungen.



NASA/GSFC/Arizona State University

Die Weiterverbreitung ist untersagt.

▲ Abb. 1: Posidonius befindet sich direkt am Rande des Mare Serenitatis.

Mond-Spaziergang: Einschlag am Meeresrand

Eines der herausragenden Beobachtungsziele des Mondes ist die große Wallebene Posidonius. Am Rande des Mare Serenitatis (Meer der Heiterkeit) gelegen, steht die 100km große Formation bei einem Mondalter von fünf Tagen nach Neumond in voller Pracht am Terminator und lädt zu ausgiebigen Erkundungstouren ein.

Krater im Krater

Der vermutlich 3,5 Milliarden Jahre alte Einschlag ist komplett mit Lava überflutet und wirkt wie eine flache Schüssel. Der Wall von Posidonius ist stark verwittert und wird im Westen in Richtung des Mare Serenitatis flacher. Dort ist er an einer Stelle praktisch sogar durchbrochen und gibt einen kleinen Durchgang zum angrenzenden Mondmeer frei. Im Inneren der Wallebene befinden sich zwei kleinere Binnenkrater: der kreisrunde 11km große Posidonius A, etwas westlich der Mitte von Posidonius, und der nur 2km große Kleinkrater Posidonius C. Dieser wird bei gutem Seeing in einem Teleskop mit mittlerer Öffnung südöstlich von Posidonius A sichtbar. Dieser Krater besitzt sogar einen kleinen, aber ausgeprägten Strahlenkranz, der auf dem dunklen Basaltun-

tergrund sichtbar wird. Dafür lohnt ein Besuch bei Vollmond.

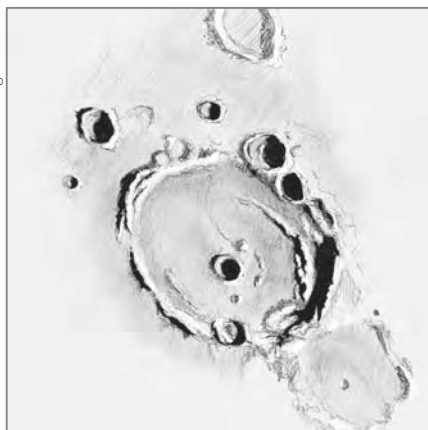
Spiralen und Rillen

Auffallend ist auch ein Gebirgszug innerhalb der Wallebene. Diese Erhebung beginnt im Süden von Posidonius direkt am angrenzenden Krater Chacornac und verläuft dann leicht spiralförmig und immer flacher werdend über den la-



▲ Abb. 2: Der Wall von Posidonius ist stark erodiert.

Serge Vieillard



▲ Abb. 3: Zeichnung von Posidonius: Auffallend ist ein Gebirgszug, der leicht spiralförmig in das Kraterinnere verläuft.

vaüberfluteten Kratergrund. Diese Struktur ist bereits in einem Teleskop mit kleiner Öffnung gut erkennbar. Vermutlich entstand das Gebirge durch Abrutschungen des Walls. Dabei umschließt die Spirale den nur mehr aus einigen flachen Hügeln bestehenden Überrest des ehemaligen Zentralgebirges. Das nächste Highlight von Posidonius ist ein komplexes Rillensystem. Davon wird in einem Teleskop mit mittlerer Öffnung im Wesentlichen die Hauptrille erkennbar, die mittig durch die Wallebene in Nordwest-Südost-Richtung verläuft.

► Lambert Spix

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. NASA-Grafik nur zu privaten Zwecken.

► Abb.1: Das Highlight des Pegasus: der Kugelsternhaufen Messier 15. Marcus Degenkolbe

Fernglas-Wanderung: Die riesige Leere des Pegasus

Obwohl es eines der flächenmäßig größten Sternbilder ist, bietet Pegasus nur wenige Ziele für Ferngläser. Da hilft nur das Überschreiten einiger Grenzen und Gewohnheiten.

Einsames Highlight nebst Geschwistern

Ein einziges Messier-Objekt hat sich doch verirrt in Pegasus' Weiten: Der Kugelsternhaufen M 15, einfach zu finden über θ und ϵ Pegasi, deren verlängerte Linie nach Nordwesten uns nach 4° direkt zu einem hellen runden Nebelbällchen führt. Dieses wird umgeben von einem 6^m -Stern $0,5^\circ$ östlich sowie einem $7^m,6$ -Sternchen direkt nördlich.

Nicht weit entfernt, aber schon jenseits der Sternbildgrenze zum Wassermann strahlt der himmlische Bruder von M 15, der Kugelsternhaufen M 2. Dieser unterscheidet sich kaum von ersterem, bei genauerem Vergleich lassen sich aber eine etwas geringere Helligkeit und eine leicht ovale Form

feststellen. M 2 befindet sich knapp 5° nördlich von β Aquarii.

Mini-Delfin

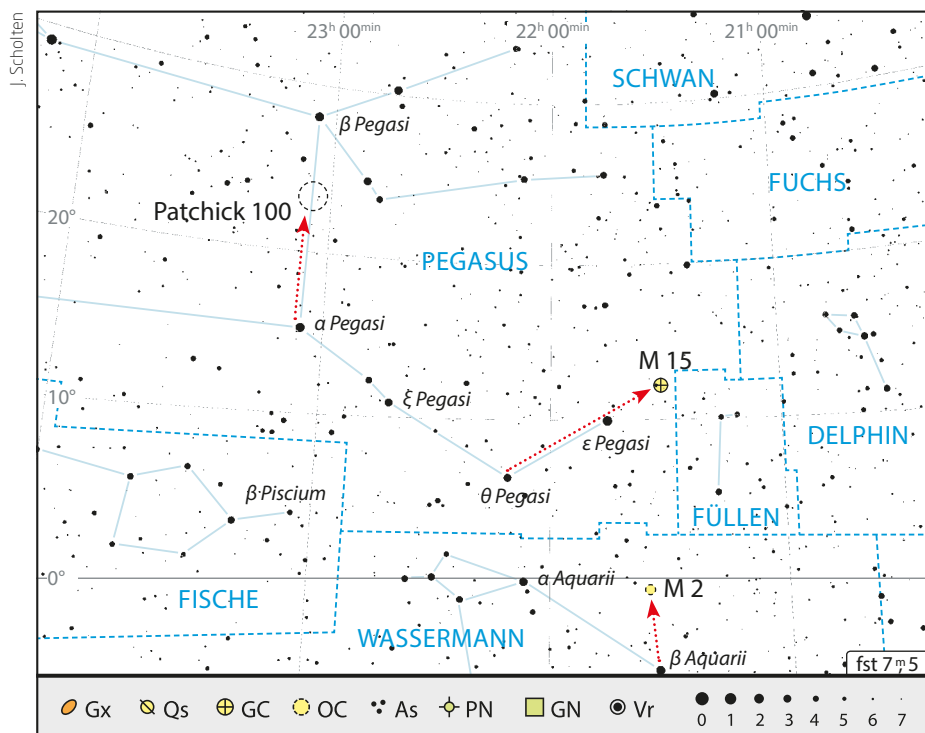
Die wissenschaftliche Astronomie war immer auf der Suche nach echten, also als physikalische Einheit existierenden Objekten – für schön oder kurios geformte Sternmuster war da kein Platz. Doch warum nicht einmal der Fantasie freien Lauf las-

sen? Auch die uns heute vertrauten Sternbilder sind schließlich einmal so entstanden. Beim Schwenk von α zu β Pegasi stößt man beispielsweise nach zwei Dritteln des Weges auf ein etwa 1° großes Gebilde, das sofort an das Sternbild Delfin erinnert. Sechs Sterne mit einer Helligkeit zwischen $6^m,8$ und $8^m,1$ bilden die miniaturisierte Kopie des himmlischen Meeressäugers, die nach ihrem Entdecker als Sternmuster Patchick 100 katalogisiert wurde.

Doppelte Freude

Mal ehrlich: Doppelsterne beobachtet man bei Maximalvergrößerung im Apo – und nicht bei 8-facher Vergrößerung im freihändig gehaltenen Feldstecher! Aber warum? Viele der Zwillingssonnen sind selbst im Fernglas zu finden – und wer dem Zittern entkommen will, darf natürlich auch ein Stativ benutzen oder das Glas zum Beispiel auf dem Autodach anlegen, um die Leistungsfähigkeit seiner Optik komplett auszuschöpfen. Damit erschließen sich viele Perlen dieser Objektgruppe, unter denen es auch im Pegasus einige gibt. Stellvertretend sei der schon als Aufsuchstern für M 15 genannte ϵ Pegasi oder Enif genannt, bei dessen 2^m -Hauptstern ein schwacher Begleiter gut $2'$ nordwestlich zu erkennen ist.

► Kay Hempel



► Abb. 2: Auf dieser Fernglas-Wanderung müssen weite Wege gegangen werden, um interessante Objekte rund um das Sternbild Pegasus zu finden.



▲ Abb. 1: Der Kugelsternhaufen M 15 erweist sich als ein echtes »City-Objekt« – auch wegen seiner interessanten Umgebung. *Markus Blauensteiner*



▲ Abb. 2: Zeichnung des Kugelsternhaufens M 15. *Oliver Stein*

Deep-Sky-Schätze für Stadtbeobachter: Der Kugelsternhaufen M 15

Das Kugelsternhaufen entgegen landläufiger Meinung auch für Stadtastronomen lohnende Beobachtungsziele darstellen, wurde bereits in der vorletzten Ausgabe am Beispiel des Herkuleshaufens (M 13) gezeigt. Ein weiteres Beispiel hierfür ist M 15 im Sternbild Pegasus. Der mit einer scheinbaren Helligkeit von 6^m,4 recht lichtstarke Kugelsternhaufen kann es an Attraktivität durchaus mit den Paradeobjekten M 13 und M 3 aufnehmen, weil er in einem attraktiven Sternumfeld liegt und einen dichten, konzentrierten Kern besitzt, der von einem nebligen Halo umgeben ist. Das alles lässt sich auch mit einem kleinen Teleskop von einem aufgehellten Standort aus gut beobachten.

Von Enif, einem hellen Mehrfachstern (2^m,5), der mit seinen weit entfernt liegenden Komponenten (11^m,5, 82", 8^m,7, 144") selbst ein schönes Beobachtungsziel darstellt, geht es dann mit geringer Vergrößerung (25×) rund 4° nordwestlich weiter durch ein relativ sternarmes Gebiet bis zu einer markanten Ansammlung von Sternen der 6. und 7. Größe. In deren Umgebung fällt dann auch sofort ein runder Nebelfleck ins Blickfeld, recht klein, aber eindeutig flächig ohne stellaren Charakter: M 15.

Ein echtes »City-Objekt«

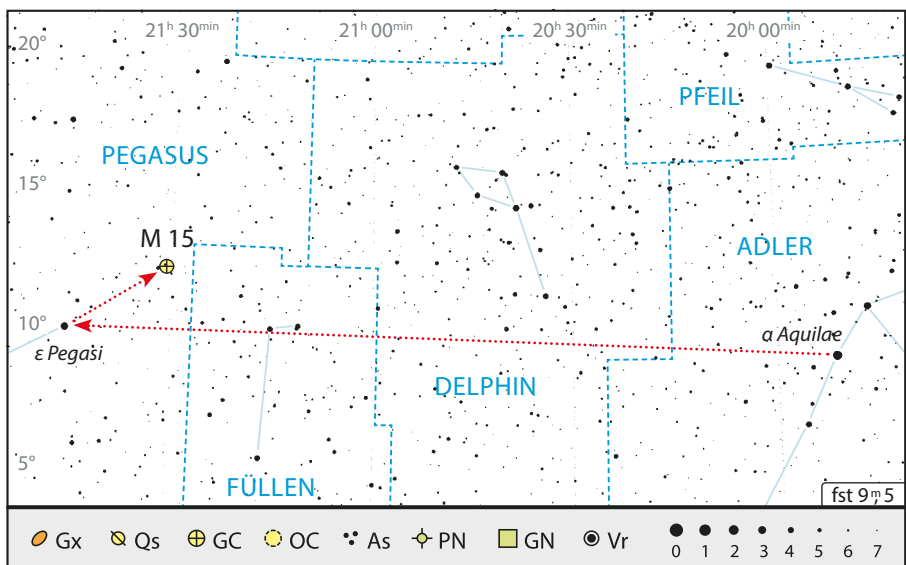
Wir blicken auf einen Nebel mit einem sehr hellen Kern, der von einem »milchigen« Halo umgeben ist. Dabei kann man getrost bis 140-

fach vergrößern, wobei die zahlreichen Umgebungsterne recht gut als Fokussierhilfe dienen können. Die dichte Konzentration des Nebels lässt allerdings, ganz im Gegensatz zu M 13 oder M 3, eine Auflösung in Einzelsterne kaum zu, auch wenn man eine große Optik mit entsprechend hoher Vergrößerung zur Hand nimmt. Die optische Attraktivität von M 15 leidet darunter allerdings nicht. Im Gegenteil: Die besondere Schönheit des Kugelsternhaufens ergibt sich weniger aus seiner Struktur als vielmehr aus seinem üppig bestückten Sternumfeld. M 15 gehört mit Sicherheit in die Kategorie der schönsten Kugelsternhaufen, die sich vom Stadthimmel aus beobachten lassen – eben ein echtes »City-Objekt«.

► Karl-Peter Julius

Astrophysikalisch interessant

M 15 liegt rund 39.000 Lichtjahre entfernt und ist auch aus astrophysikalischer Sicht bemerkenswert: So soll der Kugelsternhaufen, deren hellsten Sterne die 1000-fache Sonnenleuchtkraft besitzen, über 130 Veränderliche, zwei Cepheiden, zwei Zwergnovae und acht Pulsare beherbergen. Als Ausgangspunkt für eine Tour zu diesem interessanten Objekt bietet sich ε Pegasi (Enif) an, der hellste Stern des Sternbildes, der gut sichtbar südwestlich des markanten Pegasus-Quadrates strahlt. Wer Enif trotz seiner Helligkeit nicht sogleich findet, kann auch zunächst von Altair (α Aquilae) aus das östliche Sternfeld durchmustern. Nach einem Schwenk von rund 30° wird man dann auf Enif treffen.



▲ Abb. 3: Aufsuchkarte für M 15.

▲ Abb. 1: Zeichnung von Stephans Quintett mit einem 18-Zoll-Dobson bei 300× Vergrößerung. Rainer Mannoff

Deep-Sky-Schätze für Landbeobachter: Hickson 92 - die kompakte Galaxiengruppe Stephans Quintett

Der Herbsthimmel wird von dem markanten Sternbild Pegasus dominiert, der mit vier Hauptsternen das sogenannte Herbstviereck bildet. In dieser Region gibt es zahlreiche Galaxien und die hellste davon ist NGC 7331. Sie soll uns als Wegweiser zur bekannten Galaxiengruppe Stephans Quintett dienen. Im Fernglas ist NGC 7331 nicht sichtbar, erscheint aber bereits im kleinen Teleskop als diffuser ovaler Fleck mit heller Kernregion. Zum Aufsuchen schwenkt man sein Teleskop von η Pegasi aus 5,5° nach Norden zu zwei 6^m Sternen. NGC 7331 steht etwa 1° südlich davon. In Teleskopen ab 20cm Öffnung erscheint die Galaxie groß und hell.

Galaxiengruppen im Katalog

In den 1970er Jahren suchte der kanadische Astronom Paul Hickson auf den Palomar-Fotoplaten nach Galaxiengruppen. Seine ersten Ergebnisse wurden 1982 veröffentlicht und der endgültige Katalog mit 100 Galaxiengruppen erschien 1994. Der Hickson-Katalog ist für Amateurastronomen sehr interessant, da eine Vielzahl von Galaxienhaufen bereits mit mittleren Teleskopen beobachtet werden kann. Paul Hickson war jedoch nicht der Erstentdecker der Galaxiengruppe Stephans Quintett: Die erste Beobachtung gelang bereits dem französischen Astronomen Édouard Jean-Marie Stephan im

▲ Abb. 2: Stephans Quintett: NGC 7320C (oben links), NGC 7319, NGC 7318B und NGC 7318A und NGC 7217 (unten rechts). NGC 7320 (unten links) gehört nicht zu der Gruppe. Wolfgang Promper

Jahre 1877. Stephans Quintett ist 270 Lichtjahre entfernt und steht 30' südsüdwestlich von NGC 7331. Es ist die bekannteste Galaxiengruppe und trägt die Gruppennummer Hickson 92.

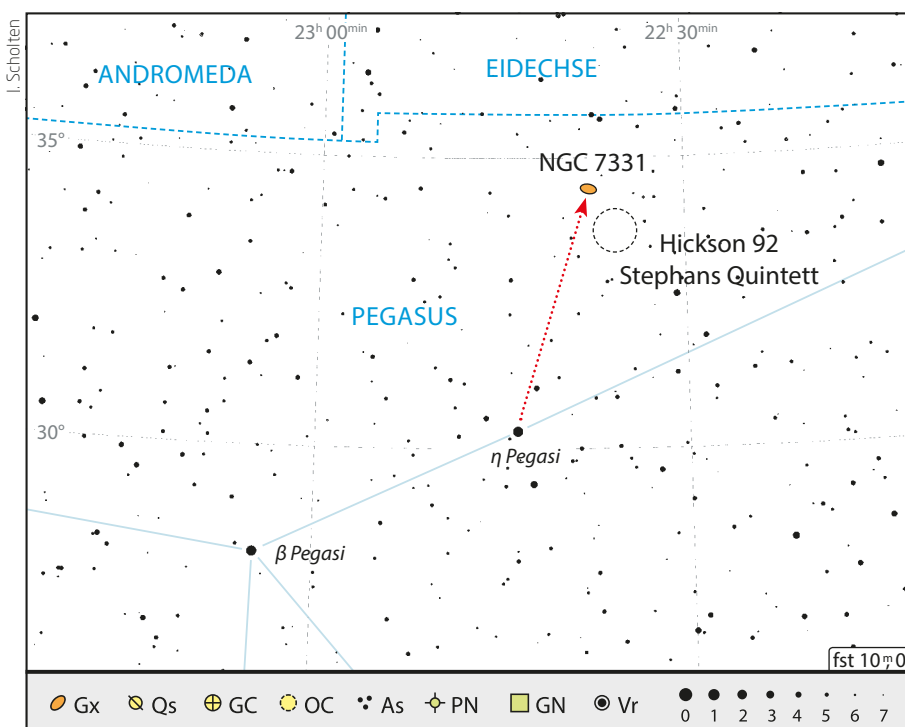
Fünf wechselwirkende Galaxien

Die Galaxiengruppe besteht aus den fünf wechselwirkenden Galaxien NGC 7317, NGC 7318A, NGC 7318B, NGC 7319 und NGC 7320. Da die Galaxien eine Helligkeit von rund 13^m haben, sollte man es auch hier am besten ab 20cm Öffnung probieren. Die Sichtung des Quintetts hängt jedoch auch von der Qualität des Himmels ab. Manche sehen in kleinen Teleskopen bereits einen schwachen diffusen Lichtfleck mit helleren Knoten. In größeren Teleskopen sollte die Galaxie NGC 7320 im Osten sichtbar sein, im Westen das Galaxienpaar NGC 7318 A/B und östlich davon die Galaxie NGC 7319. Im Südwesten steht dann noch ein 13^m-Stern, der von der Galaxie NGC 7317 umgeben wird.

Vordergrundgalaxie

Die Galaxie NGC 7320 wurde ursprünglich als Mitglied der Fünfergruppe angesehen, ist jedoch nur eine Vordergrundgalaxie in 35 Millionen Lichtjahren Entfernung. Um das Quintett zu erhalten, hat man sich entschlossen stattdessen NGC 7320C hinzuzählen. Diese kleine runde Galaxie steht 5' nordöstlich von NGC 7320 und kann nur unter bestem Landhimmel indirekt gesehen werden.

► Michael Feiler



▲ Abb. 3: Aufsuchkarte für NGC 7331 und der südsüdwestlich davon gelegenen Galaxiengruppe Hickson 92.

MIT DEM ZWEITEN SIEHT MAN BESSER

Das Fernglas als Einsteigerinstrument

Manchmal muss der Aufwand gar nicht so groß sein, um in ein Hobby einzusteigen. Zum Beispiel lässt sich die Himmelsbeobachtung wunderbar auch mit kleinen Instrumenten betreiben. Ein solches Teleskop im Kleinstformat ist das Fernglas.



▲ Abb. 1: Ein besonders beeindruckender Sternhaufen im Fernglas sind die Plejaden. Rudi Dobesberger

Das Fernglas als Einsteigerinstrument ist ein ernstzunehmendes Beobachtungsmittel. Es zeigt viele spannende Deep-Sky-Objekte wie Offene Sternhaufen, Kugelsternhaufen, Nebel und Galaxien. Ebenfalls ist die Beobachtung von Sonnenflecken, dem Mond und von Kometen möglich. Das Fernglas wird dabei so manches Objekt aufgrund seines großen Sehfelds und der empfundenen Dreidimensionalität des Bildes eindrücklicher darstellen als das »einäugige« Teleskop. Für den Einsteiger ist

es außerdem eine gute Lernhilfe zum ersten Auffinden von Deep-Sky-Objekten.

Maximale Freiheit

Ein weiterer Vorteil gegenüber dem Teleskop ist, dass der Beobachter praktisch keinen Aufwand für die Beobachtung hat. Ein Standard-Fernglas mit 40mm oder 50mm Öffnung kann man überall dabei haben, ist aus dem Stegreif einsatzbereit, intuitiv zu bedienen und lässt dem Benutzer maximale »Be-

obachtungsfreiheit«, ob man nun im Liegen, im Sitzen oder im Stehen beobachten möchte. Darüber hinaus lässt sich das Fernglas einfach auch für Natur- und Tierbeobachtungen verwenden.

Zahlenspiele

Betrachtet man ein Fernglas genauer, findet man z.B. auf dem Prismengehäuse eine Angabe zur Vergrößerung und zum Objektivdurchmesser, z.B. 10×50. Die 10 steht in

PRAXISTIPP

Vorteile des Fernglases

Sehfeld

Das Sehfeld eines typischen Fernglases übertrifft das eines Einsteigerteleskops um das Mehrfache an Durchmesser. Himmelsobjekte lassen sich damit leichter auffinden und ausgedehnte Deep-Sky-Objekte sind erst im Ganzen überschaubar.

Beidäugiges Sehen

Das beidäugige Sehen mit einem Fernglas ist wesentlich entspannter als der »ei-

näugige« Blick durch ein Teleskop, der Bildeindruck erscheint dem Betrachter dreidimensional. Darüber hinaus erhöht sich die Wahrnehmung lichtschwacher Objekte in der Dämmerung und feiner Details, da die menschlichen Augen die höchste Kontrastwahrnehmung und Sehschärfe im Zusammenspiel beider Augen erreichen.

Handhabung

Ein übliches Fernglas ist leicht und handlich. Es kann einfach auf Reisen mitge-

nommen, auf Wanderungen in den Rucksack gepackt und z.B. im Handschuhfach des Autos verstaut werden. Für die Beobachtung ist es quasi sofort einsatzbereit.

Naturbeobachtungen

Im Gegensatz zur meist 180° gedrehten Abbildung im Teleskop ist das aufrechte und seitenrichtige Bild im Fernglas ausgezeichnet für die Tier- und Naturbeobachtung, für den Einsatz bei Sportveranstaltungen, im Theater, auf der Jagd oder beim Wassersport geeignet.



▲ Abb. 2: Besonders komfortabel ist das entspannte Beobachten im Liegen. *Thomas Stelzmann*

diesem Fall für eine 10-fache Vergrößerung und die 50 für den Durchmesser der Objektivlinsen von 50mm. Ferngläser sind in unterschiedlichen Öffnungen erhältlich: kleinste Modelle mit 21mm Öffnung bis hin zu Giganten, deren Frontobjektive 150mm Durchmesser besitzen.

Für den Einstieg in die Himmelsbeobachtung sind allerdings 42mm bis 50mm Öffnung ausreichend. Diese Gläser bieten genug Lichtsammelvermögen und sind vom

Gewicht her gut zu halten. Sie bieten in der Regel eine 7- bis 10-fache Vergrößerung. Oftmals ist auf dem Gehäuse noch ein weiteres Zahlenpaar zu finden, z.B. die Kennzeichnung 114/1000. Die Zahlenkombination gibt den Bereich an, der im Fernglas überschaubar ist; hier ein Feld von 114m »Breite« in 1000m Entfernung. Möchte man zusätzlich den ungefähren Bereich in Grad errechnen, der mit dem Fernglas am Himmel überschaubar ist, teilt man das Gesichtsfeld auf 1000m durch den Faktor 17,5 – z.B. 114m geteilt durch 17,5 ist ungefähr 6,5°. Auf vielen modernen Gläsern ist dieses sog. wahre Gesichtsfeld ebenfalls angegeben.

7- oder 10-fach?

Ein Fernglas mit 7-facher Vergrößerung kann von den meisten Menschen ruhig gehalten

werden, so dass die Abbildung im Fernglas weitgehend zitterfrei ist. Bei einer Vergrößerung von 10-fach kann dies schon deutlich schwieriger sein und für manche Beobachter ein Stativ erforderlich machen. Das Fernglas mit 7-facher Vergrößerung und 50mm Objektivdurchmesser zeigt gegenüber dem Glas mit 10-facher Vergrößerung ein helleres Bild, das aber nur bei wirklich dunklem Landhimmel sinnvoll einsetzbar ist. Sollte der Beobachtungsplatz in der Stadt oder Stadtnähe liegen und kann das Glas ohne Stativ gehandhabt werden, ist das Fernglas mit 10-facher Vergrößerung bei gleich großer Öffnung die bessere Wahl, da der Himmelshintergrund dunkler erscheint.

► Lambert Spix



◀ Abb. 3: Typische Angaben der Kenngrößen auf dem Prismengehäuse.

⇌
INTERAKTIV
f



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](https://oc1m.de/fb)

SEYFERTS SCHÖNE SPIRALE

Die Galaxie M 77 und ihre Umgebung

CCD-Guide



▲ Abb. 1: M 77 ist eine der schönsten Spiralgalaxien - mit spannendem physikalischen Hintergrund. *Bernd Flach-Wilken*

Es gibt Himmelsobjekte, die erst auf den zweiten Blick ihre Besonderheit offenbaren. Dazu gehört M 77 im Sternbild Walfisch: Unscheinbar in kleinen Teleskopen, hat die moderne Astrophysik das beeindruckende Geschehen um ein gewaltiges Schwarzes Loch ans Licht gebracht. Wer genau hinsieht, kann die Besonderheit der Galaxie schon in mittelgroßen Teleskopen erkennen.

M77 steht unterhalb des Kopfes des Walfischs, dem Untier aus der Perseus-Sage. Da sie nur 1 Grad südöstlich des hellen Sterns δ Ceti zu finden ist, gelingt das Aufsuchen relativ leicht. Dabei sollte man nicht zu gering vergrößern – sonst übersieht man die kleine Galaxie.

Schwache Schale, heller Kern

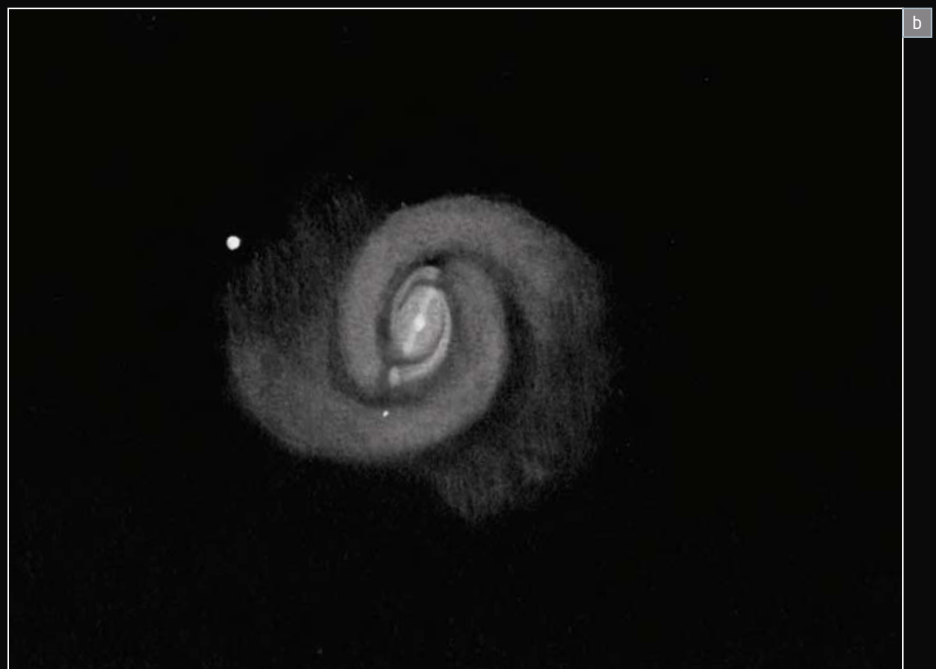
Auf den ersten Blick in einem kleinen Teleskop zeigt sich ein zwar einfach zu erkennender, aber nur kleiner runder Nebelfleck. M 77 ist, mit einem 100mm-Refraktor betrachtet, einer der eher unspektakulären Einträge des Messier-Katalogs. Schon mit 200mm Objektivöffnung beginnt sich jedoch zu zeigen, was diese Galaxie ausmacht: Der Kern ist sehr hell und nur etwa eine Bogenminute klein, er erinnert an einen Planetarischen Nebel. Er lässt sich ungewöhnlich gut herausvergrößern. Dagegen ist der umgebende Bereich recht lichtschwach.

Diese ungewöhnlich starke Trennung zwischen hellem Kern und schwachen Außenbereichen geht auf die besondere Physik der Galaxie zurück (siehe Kasten).

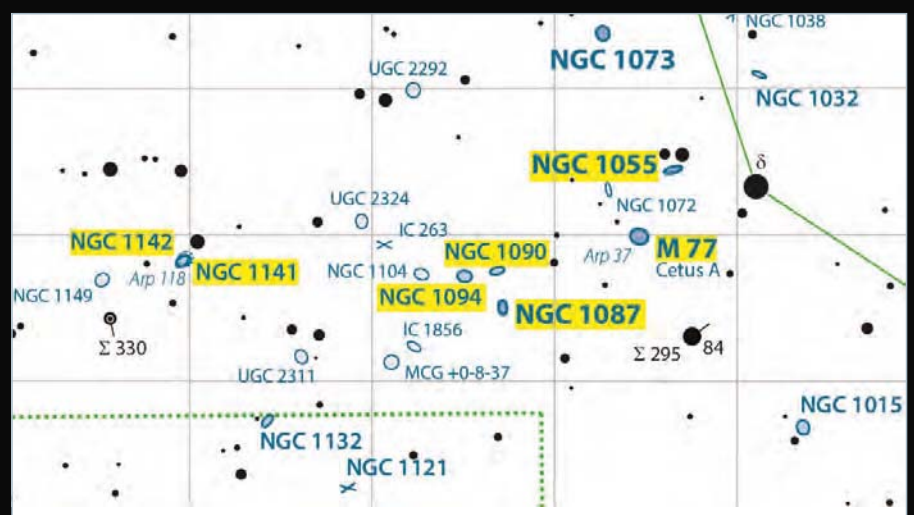
Richtig spannend wird es, wenn man große Teleskopöffnungen zur Hand hat. Dann löst sich der Kern in eine beeindruckende Spirale auf! Ich konnte diese Strukturen bereits deutlich mit 360mm und voll ausgeprägt mit 500mm Öffnung erkennen. Damit war auch die hellste HII-Region in M 77 südlich des Kerns zu erfassen.

Gas geben

Für die Wahrnehmung der feinen inneren Details sind Vergrößerungen notwen-



▲ Abb. 2: Zeichnungen von M 77: 400mm (a), 500mm (b). Uwe Glahn, Ronald Stoyan



▲ Abb. 3: Ausschnitt aus dem interstellarum Deep Sky Atlas.

CCD-Guide



▲ Abb. 4: M 77 und NGC 1055 bilden nicht nur am Himmel ein Paar, sie stehen auch räumlich beieinander. Bernhard Hubl

CCD-Guide



▲ Abb. 5: NGC 1055 erinnert an die Sombrero-Galaxie M 104. Michael Breite, Stefan Heutz, Wolfgang Ries

Deep-Sky-Ziele um M 77

Name	Typ	R.A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Bemerkung	isDSA
M 77	Gx	2 ^h 42,7 ^{min}	−0° 1'	8 ^m ,7	6,3' × 7,3'	Seyfert-Galaxie	62
NGC 1055	Gx	2 ^h 41,8 ^{min}	0° 26'	10 ^m ,6	7,6' × 2,7'		62
NGC 1087	Gx	2 ^h 46,6 ^{min}	−0° 46'	10 ^m ,8	3,9' × 2,3'		62
NGC 1090	Gx	2 ^h 46,6 ^{min}	−0° 15'	11 ^m ,8	3,9' × 1,8'		62
NGC 1094	Gx	2 ^h 47,5 ^{min}	−0° 17'	12 ^m ,7	1,3' × 1,0'		62
NGC 1141	Gx	2 ^h 55,2 ^{min}	−0° 11'	13 ^m ,1	0,9' × 0,7'	Arp 118	62
NGC 1142	Gx	2 ^h 55,2 ^{min}	−0° 11'	12 ^m ,8	0,9' × 0,5'	Arp 118	62

dig, die etwa dem Durchmesser der Optik in Millimetern entsprechen. Mit 200mm Öffnung sollte man also 200× nicht scheuen, mit 500mm kann man 500× probieren – sofern das Seeing mitspielt. Aufgrund der hohen Flächenhelligkeit ist der Kern von M 77 auch gut aus lichtverschmutzten Gegenden sichtbar.

Unter dunklem Himmel erreicht M 77 mit 500mm Öffnung eine Größe von 2,5 × 2 Bogenminuten und berührt den hellen Stern östlich nicht. Die etwa dreimal so großen sehr schwachen äußeren Spiralarme sind nur auf sehr tiefen Fotos nachzuweisen.

Die Physik von M 77 erlaubt noch eine besondere Beobachtungsvariante: Wer ein Spektroskop zur Hand hat, z.B. in Form eines Blazegitters, kann das Emissionslinien-Spektrum des Galaxiekerns selbst erkennen. Besonders die beiden [OIII]-Linien im blauen Bereich und die H α -Linie im tiefroten Bereich – letztere nur mit sehr großen Öffnungen erkennbar – stechen hervor. Interessant ist, dass alle Linien um 0,24nm ins Rote verschoben sind, denn hier wirken sich bereits die große Entfernung und die Radialgeschwindigkeit von M 77 aus.

Blick in die Umgebung

Auch die Umgebung von M 77 bietet schöne Ziele. Darunter ist vor allem NGC 1055 zu nennen, die sich 40 Bogenminuten nordwestlich von M 77 befindet und ein gleichseitiges Dreieck mit zwei Sternen von etwa 7^m bildet. Matthias Kronberger beschrieb sie mit 250mm Teleskopöffnung als »diffuser, Ost-West orientierter und weitestgehend strukturloser, länglicher Nebelfleck«. Mit mehr Öffnung ist zu erkennen, dass NGC 1055 eine schwächere Version der Sombrero-Galaxie M 104 ist: ein Dunkelband zerteilt die längliche Galaxie in zwei ungleiche Hälften.

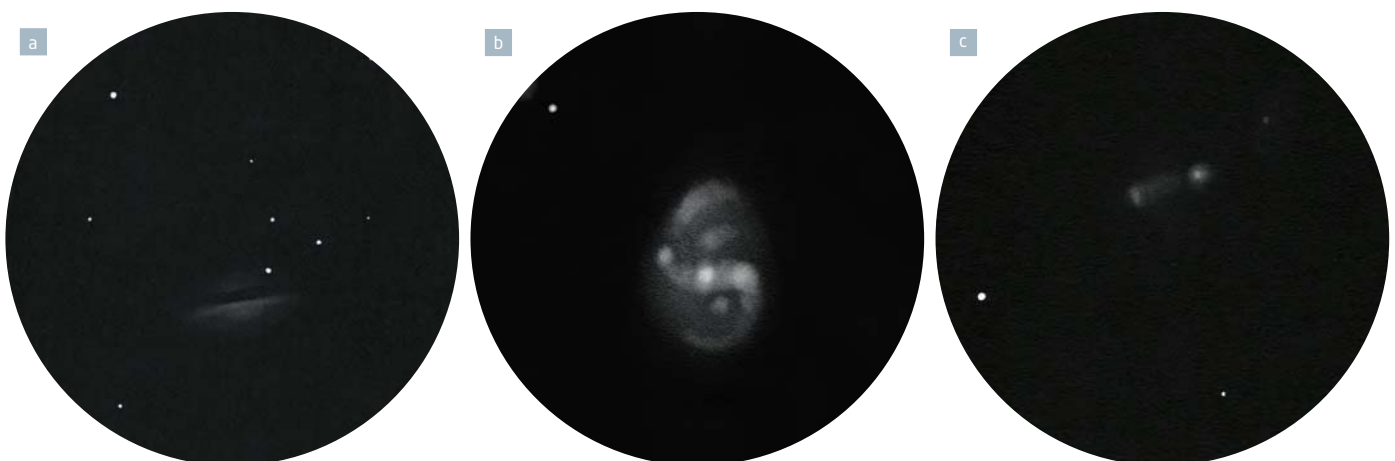
Südöstlich von M 77 liegt eine andere Sehenswürdigkeit, das Galaxientrio NGC 1087, NGC 1090 und 1094. »NGC 1087 ist die südliche und hellste Komponente. Der Nachbar NGC 1090 ist schwächer, von länglicher Form und wirkt insgesamt etwas unregelmäßig.« So lautet die Beschreibung von Matthias Kronberger mit 250mm Öffnung.

Für Liebhaber schwacher wechselwirkender Galaxien gibt es 1,5 Grad östlich noch einen Leckerbissen: Das Paar NGC 1141/1142 alias Arp 118. Die beiden Kerne sind mit 400mm Teleskopöffnung deutlich getrennt voneinander sichtbar.

► Ronald Stoyan



▲ Abb. 6: Die Dreiergruppe NGC 1087, NGC 1090 und NGC 1094. Oliver Schneider



▲ Abb. 7: Zeichnungen von NGC 1055 (a), NGC 1087 (b) und NGC 1141/2 (c) mit 400mm (a, c) bzw. 680mm (b) Öffnung. Uwe Glahn

Q IM DETAIL

Die Physik der Seyfert-Spirale

Eigentlich sollte das Licht von Galaxien dem der Summe ihrer Einzelsterne gleichen. Die meisten Galaxien weisen auch ein solches kontinuierliches Spektrum auf, das aus der Überlagerung der vielen Millionen oder Milliarden Sterne entsteht.

Bei einigen Galaxien ist das jedoch anders. Schon 1908 erkannte Vesto Slipher im Spektrum von M 77 helle Emissionslinien, so wie sie normalerweise im Spektrum von Gasnebeln vorkommen. 35 Jahre später war es Carl Seyfert, der M 77 und andere einer besonderen Gruppe von Galaxien mit Emissionslinien-Spektren zuordnete, die bis heute seinen Namen trägt.

Heute versteht man unter einer Seyfert-Galaxie ein System, dessen Kern etwa genauso viel Energie ausstrahlt wie die gesamte restliche Galaxie. Diese Emission findet nicht nur im optischen Wellenlängenbereich statt, sondern vor allem im Röntgenlicht – als Cetus A gilt M 77 aber auch als eine der hellsten Radioquellen am Himmel.

Die starke Emission entsteht im Kernbereich der Galaxie. Hier sitzt ein sehr massereiches Objekt – im Fall von M 77 nimmt man ein Schwarzes Loch von 15 Millionen Sonnenmassen an –, das Gas aus der nahen Umgebung anzieht. Dieses Gas wird auf dem Weg in das Schwarze Loch stark beschleunigt und auf-



▲ Abb. 8: Blick in die Kernregion von M 77.

geheizt, was für die beobachtete Strahlung verantwortlich ist.

Galaxienkerne dieser Art werden als »aktive Galaxienkerne« bzw. AGN bezeichnet. M 77 ist mit 60 Millionen Lichtjahren Entfernung das nächste das nächstgelegene Exemplar.

WIE MAN STERN- SCHNUPPEN BELAUSCHT

Meteorscatter erlaubt mit relativ einfachen Methoden die Beobachtung von Sternschnuppen

Astronomische Beobachtungen fast automatisch und bei jedem Wetter? Die Radioastronomie macht es möglich: Mit vergleichsweise wenig Aufwand lassen sich auch von Amateuren Sternschnuppen vom heimischen Garten aus belauschen. Selbst in ruhigen Zeiten sollte so alle fünf bis zehn Minuten eine Sternschnuppe zu beobachten sein.



▲ Abb. 1: Die für die Beobachtungen verwendete Yagi-Antenne. Die eigentliche Antenne ist der gebogene Stab in der Mitte, die anderen Querstäbe konzentrieren die Radiowellen auf den Dipol. Zum Testen ist der Aufbau provisorisch schräg nach oben aufgebockt.

Die Radiobeobachtung von Meteoriten ist ein dankbares Betätigungsfeld: Sie muss am besten rund um die Uhr, also auch tagsüber und bei bewölktem Himmel gemacht werden und ist weniger kompliziert, als viele vermutlich denken. Wenn ein kleines Teilchen in die Atmosphäre eintritt, schlägt es beim Verglühen Elektronen aus den Luftmolekülen. Dieser Ionenschweif wirkt dann wie ein Reflektor für Radiowellen – und diese gibt es in unserer Umgebung in großer Zahl, ausgestrahlt etwa von Radio- und Fernsehsendern, Betriebsfunk oder Radar.

Streuung am Ionenschweif

Um mit den Beobachtungen zu beginnen, muss man lediglich einen kleinen Empfänger an eine Antenne anschließen, die auf ein bestimmtes ca. 70 bis 100km über dem Erdboden liegendes Luftvolumen zielt, und »lauschen«, wie kleine Pakete von Radiowellen an einem solchen Ionenschweif gestreut werden. Diese Pakete zählt man dann und bekommt eine Information, mit welcher Intensität und Rate Sternschnuppen im belauschten Volumen aufleuchten. Dabei gilt es jedoch darauf zu achten, dass man den Sender selber nicht ständig empfängt, da sonst die schwachen Pakete übertönt würden. Wenn man einen besonders stabilen Sender »anzapft« und die Radiopakete durch Demodulation entschlüsselt, kann man sogar auf die Geschwindigkeit und die Größe der belauschten Sternschnuppe schließen.

Diese Beobachtungsmethode ist schon etabliert und wird im Fachjargon Meteorscatter genannt. In Belgien gibt es sogar einen Sender, der speziell für die Beobachtung von Sternschnuppen betrieben wird. Man kann aber auch Radarsender anzapfen. Einzige Bedingung ist, dass sich diese Sender vom eigenen Standort aus unterhalb des Horizonts oder hinter Bergen befinden und dass die Radiowellen so kurz sind, dass sie sich nicht als Bodenwelle ausbreiten. Die besten Frequenzen liegen dabei so zwischen 50 und 200MHz.

In der Praxis haben sich dabei zwei Sender als besonders geeignet erwiesen: Der Sender in Dourbes an der französisch-belgischen Grenze auf 49,970MHz sowie das Satellitenradar in Graves in Südfrankreich auf 143,050MHz. Beide Sender senden rund um die Uhr mit einer Leistung, die ausreicht, in ganz Mitteleuropa zu beobachten. Dazu sind sie ungemein frequenzstabil, lassen also auch Geschwindigkeitsmessungen per Dopplereffekt zu. Ein weiterer Vorteil ist, dass es für



▲ Abb. 2: Empfängerhardware aus SDRplay und einem kleinen Stromspar-PC mit USB-Schnittstelle. Die Antenne wird über N-Stecker-Adapter an SDRplay angeschlossen.

beide Frequenzen richtig gute und preiswerte Antennen aus dem Amateurfunk gibt, für den Sender Dourbes ist es das 6-Meter-Band, für Graves das 2-Meter-Band.

Normale Fernseh- und Radiosender sind für diese Meteorbeobachtungen nur bedingt geeignet, zumal es in diesen Frequenzbändern sehr »laut« zugeht. Das Nutzsignal, also Bild, Sprache und Daten auf dem Funksignal, verbreitern das Sendesignal so weit, dass man nur noch Schnuppen zählen kann, sinnvolle Geschwindigkeitsmessungen per Dopplersignal sind nicht mehr möglich. Mobilfunkfrequenzen sind völlig ungeeignet, die Sender sind abgehackt, viel zu nahe und das Frequenzband ist viel zu breit.

Kleiner Kasten statt Funkbude

Für den Empfang war in früheren Zeiten ein ganzer Turm aus teuren Geräten erforderlich: Vorverstärker, Frequenzfilter, Oszillator, Demodulator, Feldstärkenmessgerät und Radiospektrometer. Manch alter Funker führt noch gerne seine Funkbude aus der Analogzeit mit all den imposanten Kästen vor. Seit einigen Jahren sind all diese Funktionen dank der Digitalisierung in einem kleinen Kästchen verschwunden, das man per USB an einen ganz normalen PC anschließen kann, der nicht einmal besonders leistungsfähig sein muss – das Stichwort heißt hier »Software Defined Radio« (SDR). Das Antennensignal wird dabei nur noch verstärkt und grob gefiltert, um dann sofort in einen Digitalstrom

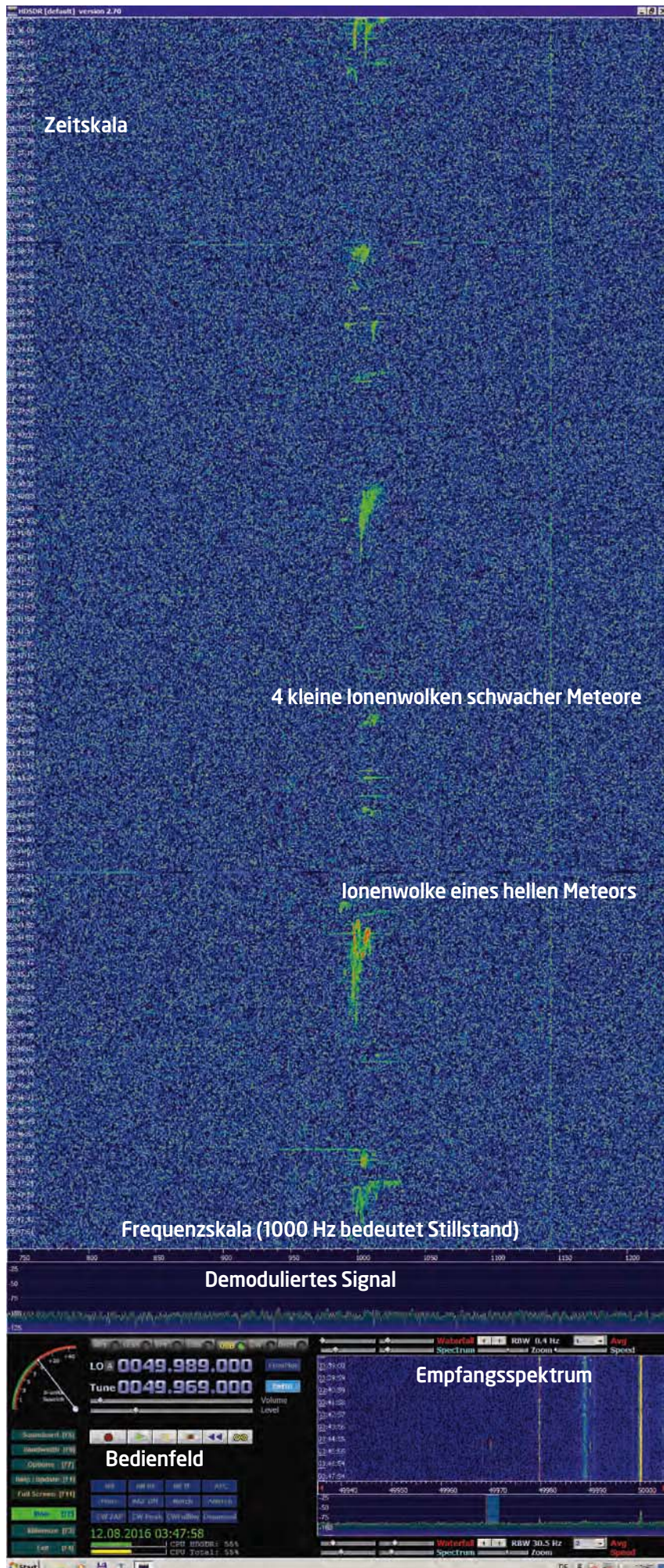
gewandelt zu werden. Alles Weitere geschieht dann per Software am Computer, die es auch als Freeware gibt.

Besonders erwähnenswert ist das Programm HDSDR, das sehr stabil läuft, gut konfigurierbar, grafisch sehr ansehnlich und besonders benutzerfreundlich gestaltet ist. Zudem gibt es für HDSDR auch direkt die Treiber für alle gängigen SDR-Empfänger.

Ein wenig Geld muss man schon investieren: Eine geeignete Antenne ist für etwa 100€ zu haben, geeignete SDR-Empfänger kosten um die 150 bis 200€. Woran man auch nicht sparen sollte, ist das Kabel zwischen Antenne und SDR-Kästchen. Für das USB-Kabel reicht dann aber schon Grabbeltischware. Sehr wichtig ist, dass die Stecker für die Hochfrequenz wirklich wasserdicht sind, denn die Antenne soll schließlich rund um die Uhr und bei wirklich jedem Wetter betrieben werden. Gute Erfahrungen habe ich mit N-Steckern und der Kabelsorte Ecoflex10 gemacht. Das Antennenkabel sollte nur so lang wie nötig sein, aber nicht gespannt werden. Auch ein Blitzschutz mit N-Steckern ist mehr als empfehlenswert. Die Kosten liegen hierfür bei 15 bis 30€.

Als SDR-Empfänger sind alle Geräte geeignet, die das Radiosignal mit mindestens 12 Bit digitalisieren. Sehr empfehlenswert ist vor allem der »SDRplay«, der selber schon alles an Elektronik enthält und den ich auch selber betreibe. Noch etwas leistungsfähiger, aber auch etwas anspruchsvoller ist der »Airspy R2«, der allerdings noch einen externen Antennenver-

G.Dittlé



IM DETAIL

Beispieleinstellungen

Für den Sender Dourbes sind die folgenden Einstellungen für SDRplay und HDSDR empfehlenswert: Die Beobachtungsfrequenz liegt bei 49,699Mhz, also das besagte Kilohertz unterhalb der eigentlichen Senderfrequenz. Die Empfängerbandbreite stellt man auf die minimal möglichen 200kHz. Man schaltet den Antennenvorverstärker ein und stellt die Verstärker im SDR-Empfänger so ein, dass das Feldstärkemessgerät der HDSDR-Software etwa +10dB anzeigt und der Lautsprecher ein klares monotones Rauschen ausgibt, in dem zuweilen ein Piepton auftaucht, ein »dreckiges« zweigestrichenes C. Es gibt noch einen lokalen Oszillator, der auf 50,100 Mhz eingestellt werden sollte. Damit liegt er außerhalb des beobachteten Frequenzbereiches und kann nicht stören.

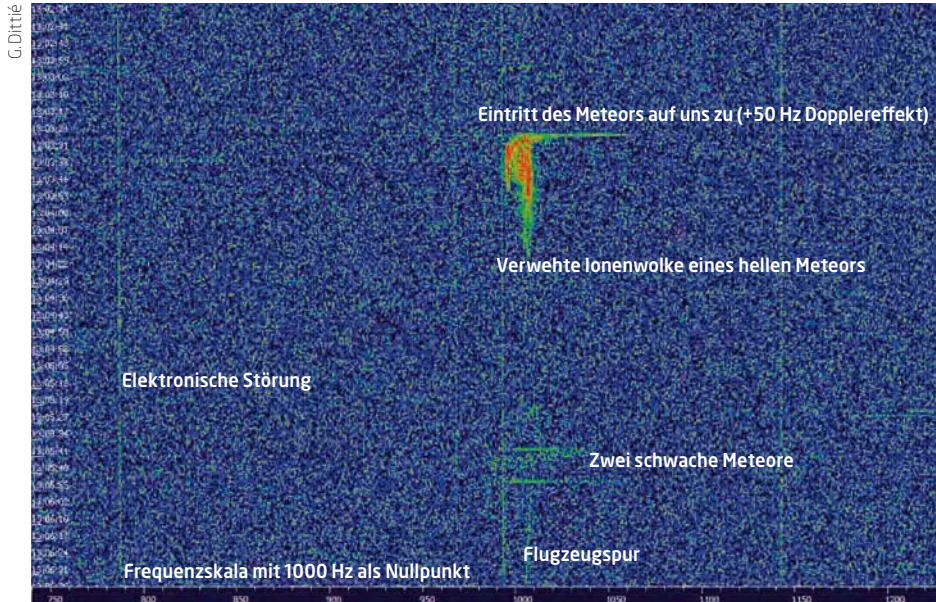
stärker benötigt. Für beide gibt es natürlich leistungsfähige Treiber für HDSDR und ähnliche SDR-Software.

Auf Meteorjagd im Garten

Zum Beobachten baut man die Antenne auf und richtet sie in Richtung Dourbes oder Graves aus. Sie sollte dabei rund 100km über den gewählten Sender zeigen. An die Antenne wird der SDR-Empfänger über das Antennenkabel angeschlossen, dabei den Blitzschutz vor dem SDR-Empfänger nicht vergessen. Der SDR-Empfänger wird per USB-Kabel mit dem PC verbunden. Da rund um die Uhr beobachtet werden soll, muss der PC auch die ganze Zeit laufen, so dass man hier auf den Stromverbrauch achten sollte. Sehr empfehlenswert sind kleine ITX-Einplatinencomputer mit Laptop-Technik. Zusammen mit einer SSD-Festplatte verbraucht mein Exemplar eine Kilowattstunde in zwei Tagen. Der Monitor wird dabei jeweils nur kurz zur Kontrolle einschaltet.

Die Software und der Treiber sind schnell installiert, bei HDSDR ist das simpel und auf der Webseite gut beschrieben. Wenn HDSDR läuft, bekommt man zwei sogenannte Wasserfalldiagramme angezeigt, die mit der Zeit von unten nach oben laufen und ständig aktualisiert werden. Auf diesen Diagrammen ist der empfangene Frequenzbereich als Spektrum in jeder Diagrammzeile dargestellt. Alle paar Sekunden oder

◀ Abb. 3: Typischer Screenshot der HDSDR-Software im Hochformat. Auf dem stark vergrößerten Wasserfalldiagramm für das demodulierte Signal sind zahlreiche kleine, aber auch große Sternschnuppen mit verwehten Nachleuchtspuren zu sehen.



▲ Abb. 4: Ein dicker Meteor im Wasserfalldiagramm zusammen mit der Spur eines kleinen im Detail - zusammen mit einigen Störkratzern und einer senkrecht geschwungenen Flugzeugspur unten.

Sekundenbruchteile kommt eine Zeile hinzu, die ganz unten eingefügt wird und so das Wasserfalldiagramm nach oben schiebt.

Im ersten Spektrum wird alles bis $\pm 4\text{MHz}$ oder auch enger rund um die eingestellte Empfangsfrequenz dargestellt. Im zweiten Spektrum wird das eigentliche Funksignal demoduliert, werden also die eigentlichen Informationen herausgeholt. Beim Fernsehen sind das Bild und Ton, beim WLAN die Daten.

Die Sender in Dourbes und Graves enthalten allerdings überhaupt keine Information, das demodulierte Signal wird somit ausschließlich von der Meteorspur geformt. Man bekommt also sehr detaillierte Informationen darüber, was da hoch oben passiert. Die Demodulation können wir uns wie eine Frequenzlupe vorstellen: Statt einige MHz sehen wir nur einige 100Hz. Deshalb brauchen wir den SDR-Empfänger auch nicht zu breitbandig einstellen, 200kHz und weniger reichen mehr als aus, was auch die anfallende Datenmenge stark reduziert.

Ionenspur mit Schallgeschwindigkeit

Der Meteoroid, der in die Erdatmosphäre eintritt, ist zwar etliche Kilometer pro Sekunde schnell, aber die Ionenspur hat maximal Schallgeschwindigkeit. Das ist aber wiederum nur ein Millionstel der Lichtgeschwindigkeit, mit der sich die Radiowellen ausbreiten. Von den 49,97MHz des Senders Dourbes bleiben also nur winzige 50Hz Dopplereffekt übrig, bei Graves sind es rund 140Hz – für normale SDR-Empfänger ist dies allerdings überhaupt kein Problem. Weil so tiefe Töne aber schwer hörbar sind, stellt man die Demodulation noch so ein, dass beispielsweise ein Kilohertz zum eigentlichen Tonsignal hin-

zuaddiert werden. Es gibt also bei jeder Sternschnuppe einen Pfeifton, der von der Software über den Sound-Ausgang ausgegeben und natürlich auch aufgezeichnet werden kann. Mit dieser Aufzeichnung des Tonkanals führen wir auch die Dauerbeobachtung durch. Im Fachjargon nennt man diese Demodulationsart »Upper-Side-Band«-Demodulation.

Das ist alles: Wenn man alles in Betrieb genommen hat, braucht man nur noch rund um die Uhr das anfallende Audiosignal aufzeichnen, alternativ auch das Wasserfalldiagramm des demodulierten Signals und dann die typischen Bursts im Spektrum zu zählen, die sich wie ein typischer Piepton anhören.

Die Inbetriebnahme selber ist ziemlich einfach, aber nicht trivial. Gerade jetzt sind die Pieptöne der Sternschnuppen sehr hilfreich. Auch in sternschnuppenarmen Zeiten wie dem Frühjahr ist immer irgendeine unterwegs. Sehr hilfreich sind auch Flugzeuge, die zufällig durch den Sendestrahl fliegen. Flugzeugspuren zeigen sich im Wasserfalldiagramm als gestreckte S-Kurve, die sich bis zu zwei Minuten lang durchs Diagramm schlängelt. Kann man die gut nachweisen, sind Antenne und SDR-Empfänger gut ausgerichtet, eingestellt und die Software richtig konfiguriert.

Störungen erscheinen im Wasserfalldiagramm als senkrechte oder langsam hin und her schwankende Kratzer. Stören können beispielsweise Computermonitore, Gewitter oder Motoren in der Nachbarschaft. Sie erzeugen sehr breite, aber kurze waagerechte Streifen, die sehr gut von Meteor- und Flugzeugspuren zu unterscheiden sind. Die schmalbandige Einstellung der SDR-Kästchen zusammen mit hochwertigem Kabel und wasserdichten N-Steckern sollte den Empfang aber relativ störfest machen. Sowohl Dourbes als

auch Graves senden ziemlich weit von Rundfunk-, Mobil- und WLAN-Frequenzen entfernt.

Terabyte an Daten

Jetzt braucht man eigentlich nicht mehr zu tun, als zuzuschauen, wie sich die Festplatte mit Daten füllt. Ein Beobachtungsjahr kann problemlos mehrere Terabyte an Daten produzieren. Verwendet man das Programm HDSR, empfiehlt es sich, das Wasserfalldiagramm für das demodulierte Signal auf Kosten der übrigen, nicht so wichtigen Anzeigen besonders groß zu machen, den Monitor hochkant zu betreiben und alle paar Minuten einen Screenshot zu machen. So kann man täglich einfach nur noch durch die Bilder blättern und bekommt einen grafisch sehr ansprechenden Überblick über die aktuelle Sternschnuppenaktivität. Es gibt auch Software, die das parallel aufgezeichnete Audiosignal analysiert. Eine typische Sternschnuppe hinterlässt im Wasserfalldiagramm eine praktisch waagerechte Spur, die bei winzigen, visuell wohl nicht mehr wahrnehmbaren Meteoren nur schwach ausgeprägt ist, bei sichtbaren aber schon ein mehr als deutliches Signal bis zur Sättigung ergibt. Der Maximalausschlag ist dabei nur $\pm 50\text{Hz}$ im Falle Dourbes ($\pm 140\text{Hz}$ beim Sender Graves), entsprechend der maximal möglichen Schallgeschwindigkeit. Hinterlässt das eingetretene Teilchen aber eine Nachleuchtspur, so hängen an dem Streifen eine oder mehrere Fahnen, die durch die Höhenwinde verweht werden und bei Boliden bis zu mehreren Minuten lang die Radiowellen streuen. Kleine Meteore oder Feuerkugeln lassen sich an der Form im Wasserfalldiagramm unterscheiden. Diese ermöglicht auch ein einfaches Erkennen von Flugzeugspuren, elektrischen Störungen oder Gewittern.

Die Beobachtung per Radioscatteer ist sogar empfindlicher als die visuelle Beobachtung von Sternschnuppen. Selbst in der ersten Jahreshälfte, die besonders arm an Meteoren ist, kann hin und wieder ein Signal empfangen werden – so etwa alle fünf bis zehn Minuten, wobei das Maximum in der ersten Tageshälfte liegt. Bei intensiven Meteorströmen wie den Perseiden kommt es alle paar Sekunden zu einem Signal.

► Georg Dittlé

SURFTIPPS

- Software HDSR
- SDR-Empfänger SDRplay
- SDR-Empfänger Airspy
- Arbeitskreis Meteore

🔗 Kurzlink: oc1m.de/a11051

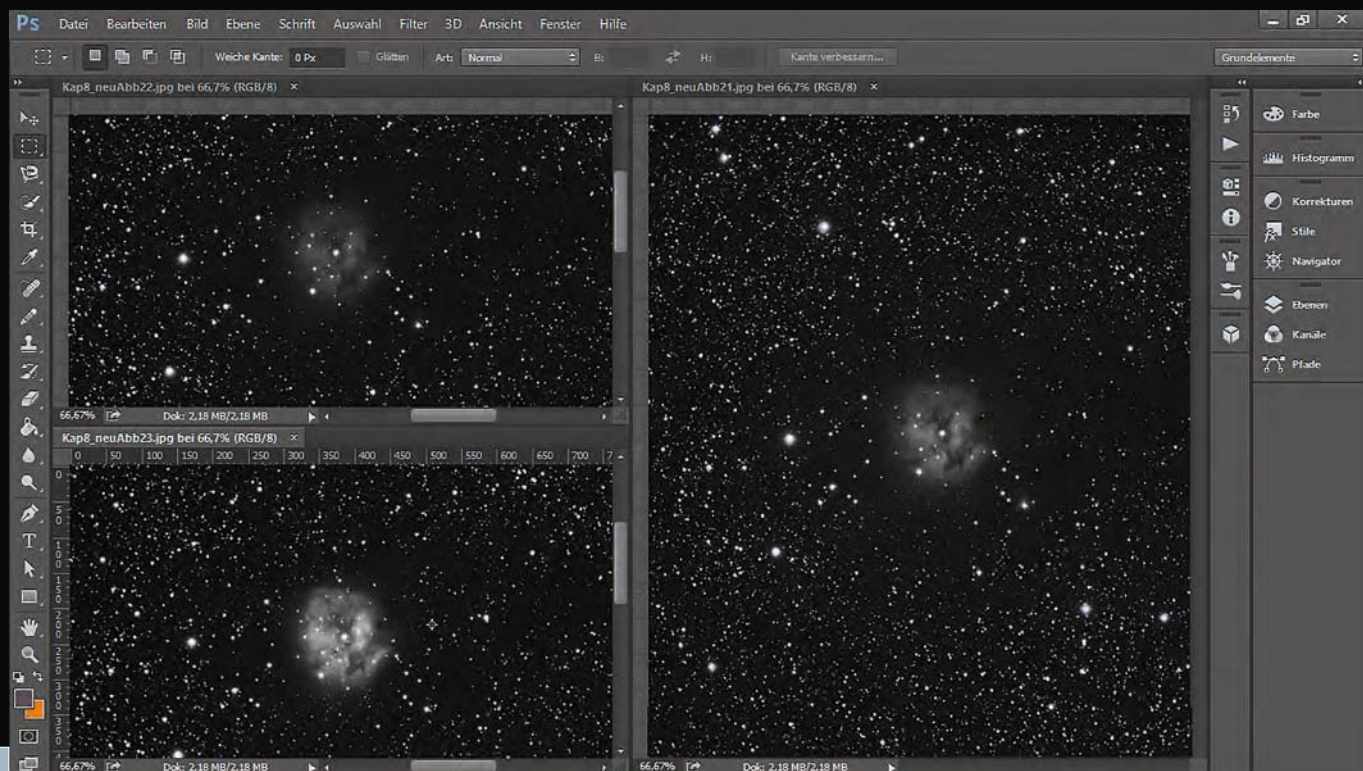
IN DIE TIEFEN DES WELTRAUMS



Deep-Sky-Fotografie mit einer gekühlten CCD-Kamera



U. Dittler



U. Dittler

▲ Abb. 1: Aufnahme des Kokonnebels (IC5146) im Sternbild Schwan und ihre Entstehung: Die Ansicht (a) ist eine Kombination der einzelnen Summenbilder in den Farbkanälen zu einem Farbbild. Das Summenbild aus je acht Einzelaufnahmen mit Rot-, Grün- und Blau-Filter (b) ist ausgerichtet, addiert und kontrastverstärkt worden. Kamera SBIG STF-8300 an 200/600mm-Astrograph, Gesamtbelichtungszeit: 72 Minuten, RGB-Filter.

Auch wenn es Astrofotografen gibt, die mit ungekühlten DSLR sehr beeindruckende Deep-Sky-Fotos erstellen, werden engagierte Astrofotografen auf gekühlte CCD-Kameras zurückgreifen, um die negativen Eigenschaften von DSLR, wie beispielsweise das ungünstige Signal/Rausch-Verhältnis, zu vermeiden. Mit ein wenig Erfahrung lassen sich dann spektakuläre Aufnahmen machen.

Ein kleiner Schritt von der digitalen Spiegelreflexkamera zu einer gekühlten CCD-Kamera wäre die Wahl einer solchen mit farbpfeindlichem Chip: Die Vorteile der DSLR, die Erstellung einer farbigen Aufnahme mit nur einem Bild, bleiben hierbei erhalten, während die Nachteile, das Rauschen einer ungekühlten Kamera, vermieden werden. Dennoch greifen viele Deep-Sky-Fotografen lieber zu einer gekühlten CCD-Kamera mit schwarz-weißem-Sensor, da diese deutlich vielfältiger einsetzbar sind – und zumeist weisen die Schwarz-Weiß-Chips auch eine höhere Empfindlichkeit auf als die Farbsensoren.

Brennweite ist objektabhängig

Schwarz-Weiß-Chips erfordern zwar für die Produktion einer Farbaufnahme die Erstellung von (mindestens) drei Aufnahmen durch entsprechende Rot-, Grün- und Blau-Filter, sie ermöglichen aber den Einsatz weiterer Filter (beispielsweise Schmalband- und Linienfilter). Dies setzt die Möglichkeit zum Filterwechsel voraus: ein Filterschieber oder ein motorisch betriebenes Filterrad, das über die Aufnahmesoftware gesteuert wird.

Engagierte Deep-Sky-Fotografen, die sich beispielsweise auf Doppelsterne oder Planetarische Nebel spezialisiert haben, werden sich bei der Wahl ihrer Aufnahmeoptik von den spezifischen Anforderungen leiten lassen: Für diese sehr kleinen Himmelsobjekte kann der Einsatz mit Brennweiten ab 2000mm bis 3000mm Brennweite zielführend sein. Für die Astrofotografie solcher Objekte gibt es optimierte Optiken in Ritchey-Chrétien- oder Cassegrain-Bauweise. Für die Fotografie von

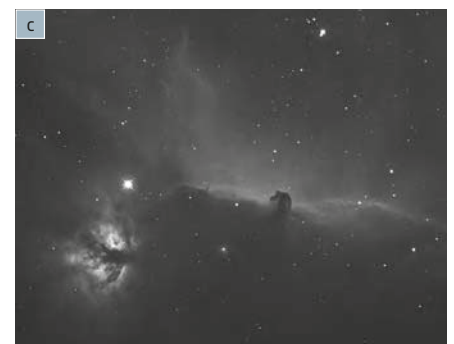
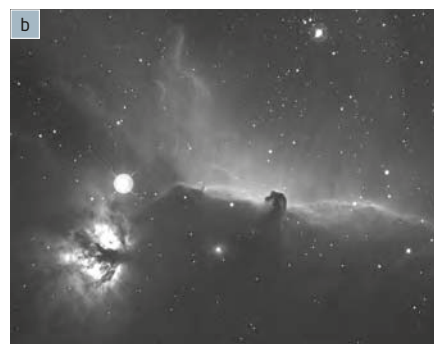
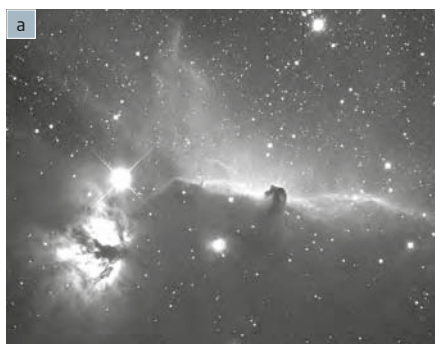


▲ Abb. 2: Eine gekühlte CCD-Kamera an einem Astrographen: Zwischen Teleskop und Kamera (rot/schwarzes Gehäuse) ist das (ebenfalls schwarze) Filterrad zu erkennen und daneben eine runde Nachführkamera (rot), die über einen Off-Axis-Guidar mit dem Strahlengang des Teleskops verbunden ist.

schwach leuchtenden Nebeln kommen hingegen Teleskope mit kürzeren Brennweiten zum Einsatz, oft nur zwischen 500mm und 1500mm Brennweite. Für diese Objekte bietet sich der Einsatz von kurzbrennweitigen, aber lichtstarken Optiken mit großer Öffnung an. Diese Teleskope sind in der Lage, Bildfelder von (mindestens) der Größe von Vollformatchips auszuleuchten. Gerade im Bereich der Astrographen mit großen Öffnungen und entsprechenden Bildfeldern finden sich zahlreiche spe-

zialisierte Modelle, die bis in Preisregionen eines Kleinwagens vorstoßen können.

Eine wirklich stabile Montierung auf einem entsprechenden Stativ oder einer Säule und ein zuverlässiger Autoguider sind für die engagierte Deep-Sky-Fotografie unerlässlich. Denn nichts ist so schade, wie am Ende einer langen klaren Nacht feststellen zu müssen, dass die Sterne während der langen Belichtungszeit doch nicht punktförmig abgebildet wurden, da die Montierung nicht »rund« genug lief, nicht exakt ge-



▲ Abb. 3: Vergleichsaufnahmen des Pferdekopfnebels (Barnard 33, IC434) mit drei unterschiedlichen H α -Filtern mit verschieden engem Durchlass: (a) H α -Filter mit 35nm Durchlass, (b) H α -Filter mit 7nm Durchlass und (c) H α -Filter mit 3,5nm Durchlass (c). Die Aufnahmen haben die gleiche Belichtungszeit und sind identisch verarbeitet. Deutlich ist zu erkennen, dass mit sinkender Halbwertsbreite zunehmend größere Teile des (kontinuierlichen) Sternenlichts geblockt werden. Leider steigen mit enger werdendem Durchlass auch die Anforderungen bei der Herstellung und damit auch der Preis derartiger Filter.

U. Dittler

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

U. Dittler

IM DETAIL

Filter und ihre Anwendung

Ha-Filter

Viele Emissionsnebel zeigen erst bei Verwendung eines H α -Filters ihre Struktur deutlich. Diese Filter helfen, große Teile des Lichtspektrums abzublocken, so dass die schwache H α -Strahlung des Nebels bei 656nm besser und kontrastreicher sichtbar wird. Die Wirkung derartiger Filter hängt von der Breite des Durchlasses ab: Je enger der Durchlass eines Filters (und je exakter er auf eine spezielle Wellenlänge ausgelegt ist), umso größer kann die beobachtbare Wirkung sein.

[OIII]-Filter

Dieser Filter eignet sich sehr gut zur Fotografie der meisten Planetarischen Nebel und Supernovae-Überreste, da es Sternlicht um zwei Größenklassen redu-

ziert und den Kontrast zwischen Nebel und Himmelshintergrund deutlich anhebt. Auch werden Randbereiche oft detaillierter abbildbar als bei Fotografie ohne den Filter. Die Spektrallinien des zweifach ionisierten Sauerstoffs liegen bei 496nm und 501nm; übliche [OIII]-Filter haben daher in der Regel einen Durchlassbereich von 6 bis 12nm im Bereich von 494nm bis 506nm.

[SII]-Filter

Dieser ebenfalls im Bereich der roten Spektrallinien transparente Filter eignet sich auch für die Fotografie von Emissionsnebeln. Im Gespann mit [OIII]- und H α -Filter werden [SII]-Filter traditionell eingesetzt, um Falschfarbenaufnahmen von Nebelgebieten zu erstellen. Die Spektralli-

nie des einfach ionisierten Schwefels liegt bei 672nm; übliche [SII]-Filter haben in der Regel einen Durchlassbereich von 6 bis 12 Nanometer um diese zentrale Linie herum.

H β -Filter

Im Gegensatz zu H α -Filtern sind H β -Filter im Bereich des blauen Lichtes transparent. Sie eignen sich für die Fotografie einiger Emissionsnebel, da nicht alle derartigen Nebelgebiete stark im [OIII]-Bereich strahlen – teilweise sind H β -Filter daher für die Erstellung von Falschfarbenaufnahmen besser geeignet. Die Spektrallinie der H β -Beta-Linie des Wasserstoffs liegt bei 486nm; übliche H β -Filter haben in der Regel einen Durchlassbereich von 8 bis 12nm um diese zentrale Linie herum.

nug eingeordnet war oder nicht stabil genug war, um den nächtlichen Windböen standzuhalten.

Filter in der CCD-Fotografie

Um mit gekühlten monochromen CCD-Kameras farbige Aufnahmen anfertigen zu können, ist, wie oben bereits angesprochen, der Einsatz von Farb- und/oder Schmalbandfiltern unumgänglich: Ein klassischer Satz aus Rot-, Grün- und Blau-Filter ist meist der Einstieg, um farbige Aufnahmen der Himmelsobjekte erstellen zu können. Um jedoch spezifische Details einiger Himmelsobjekte herauszuarbeiten, bieten sich vielfältige andere Schmalband- oder Lini-

enfiltern an (vgl. Kasten). Die einzelnen Aufnahmen durch die verschiedenen Filter können bei der anschließenden Bildverarbeitung den einzelnen Farbkanälen eines Bildes zugeordnet werden, so dass aus den verschiedenen schwarz-weißen Bildern einzelner Wellenlängen eine leuchtende farbige Aufnahme entsteht.

Da bei der Deep-Sky-Fotografie nicht selten Belichtungszeiten von mehreren Stunden verwendet werden, sollte man zur Deep-Sky-Fotografie stets ein Fernglas mitnehmen, um im Sternenhimmel »spazierenzuschauen«, während die Kamera am Teleskop die Belichtungsreihen abarbeitet.

► Ullrich Dittler

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



▲ Abb. 4: Der Lagunennebel und der Trifidnebel (M 8 und M 20) im Sternbild Schütze. Summenbild aus je sechs Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von je 1 Minute, sechs Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von je 15 Minuten und 2 Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von je 60 Minuten. Kamera: SBIG STF-8300, H α -Filter mit 35nm Durchlass, Teleskop: 130mm-Refraktor bei 1000mm Brennweite.

Teleskop-Tuning: Richtig eingesetzt

Teleskop-Tuning durch Zusatzoptiken vor Okular und Kamera

Ob nun vor dem Okular oder dem Kamera-Chip: Zusatzoptiken sind eine elegante Form des Teleskop-Tunings. Korrektoren verbessern die Abbildung, Reducer und Barlow verändern Brennweite und effektives Öffnungsverhältnis.

Die wohl verbreitetste Zusatzoptik ist die Barlow-Linse. Sie verändert vor allem die effektive Brennweite des Teleskops um den angegebenen Faktor. Eine 2× Barlow macht also aus 750mm Brennweite 1500mm – wodurch sich die Vergrößerung aller Okulare entsprechend verdoppelt oder in diesem Beispiel der Mond formatfüllend fotografiert werden kann. Sie ist allerdings kein Wundermittel: Durch die gesteigerte Vergrößerung wird das Bild genauso dunkler, als wenn ein Okular mit entsprechender Brennweite zum Einsatz kommt.

Ein gewisses Manko bleibt: Keine optische Fläche ist frei von Fehlern und bei einer Barlow muss man mit mindestens vier und manchmal sechs oder acht Flächen rechnen. Selbst bei bester Qualität bedeutet das einen kleinen Verlust an Licht und Kontrast. Zu günstig gefertigt, ist eine Barlow dann eher eine Notlösung. Gut gerechnete und hochwertig gefertigte Barlows können hingegen noch mehr: Sie wirken positiv auf die Bildfeldwölbung oder kompensieren bei entsprechender Auslegung die Koma am Bildrand des Newton.

Barlow, Shapley und Reducer

Je kürzer eine Barlow gebaut ist und je stärker ihr Faktor, desto größer wird der Augenabstand eines dahinter verwendeten Okulars – leider nicht ohne Begleiterscheinung: Der veränderte Lichtweg kann zu Vignettierungseffekten führen. Je weiter vor der Bildebene eine Barlow sitzt, umso stärker wird die Effektivbrennweite verlängert und umso länger wird der Lichtweg hinter der Barlow. Derart eingesetzt sorgt sie für zusätzlichen Backfokus, um beispielsweise einen Bino-Adapter anzuschließen. An schnellen Teleskopen wird aber ein echter Glaswegkorrektor für Bino-Ansätze benötigt. Er führt absichtlich leichte Korrekturf Fehler ein, um die Abbildungsfehler der Prismen zu kompensieren.

Eine Shapley-Linse kann man als Barlow mit einem Faktor unter 1× verstehen – also ein Linsensystem, welches die Effektivbrennweite verkürzt. Das nutzt eher dem Fotografen, der auf einem kleinen Chip mehr Himmelsausschnitt bei kürzerer Belichtungszeit

unterbringen kann. Werden dabei noch spezifische Abbildungsfehler eines Teleskops behoben, so erhält man einen fotografischen Reducer – was dem Begriff nach natürlich nur die Brennweitenreduzierung beschreibt, während speziell angepasste Reducer auf viele Abbildungsfehler positiv einwirken können. Vi-

sich vorstellen, dass Korrektoren umso besser funktionieren, je spezieller sie auf einen bestimmten Optiktyp und seine individuellen Abbildungsfehler abgestimmt sind. Wird ein Fehler »korrigiert«, den die Optik vor dem Korrektor gar nicht »liefert«, so wird praktisch das Gegenteil erzeugt: eine Art umgekehrter



▲ Abb. 1: Ob fotografisch oder visuell: Zusatzoptiken eröffnen neue Möglichkeiten und können die Abbildungsqualität verbessern.

suelle Beobachter setzen besser Okulare langer Brennweite ein, denn eine Shapley-Linse kann bei gleicher Größe keinen größeren Himmelsausschnitt aufnehmen als ein entsprechend ausgewähltes Okular.

Abbildungsfehler beheben

Reine Korrektoren ändern die Brennweite kaum, beheben aber Abbildungsfehler. Bekannt sind Komakorrektoren für Newtons, aber auch Bildfeldebnungslinsen. Man kann

Bildfehler. Einer der extremsten Korrektoren ist oder war wohl der »Chromakorr«, der aus einem achromatischen Refraktor die Abbildung eines ED-Apos herausholen konnte. Dafür genügte es aber nicht, den Korrektor für speziell eine Teleskopserie abzustimmen, sondern es mussten möglichst exakt passende Exemplare von Teleskop und Korrektor aus der Masse der Serienstreuung selektiert werden. Die Preisentwicklung heutiger ED-Apos macht das unattraktiv.

► Sven Wienstein

S. Wienstein

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



▲ Abb. 1: Reducer sind Linsensysteme zur Verringerung der Teleskopbrennweite und in verschiedenen Varianten und mit unterschiedlichen Reduzierfaktoren erhältlich.

VOM ÖFFNUNGSVERHÄLTNIS UND TIEFEN AUFNAHMEN

Die Verwendung von Reducern in der Astrofotografie

Reducer dienen der Verringerung der Brennweite und werden gerne eingesetzt, um eine kleinere Blendenzahl F , also Brennweite pro Öffnungsdurchmesser zu erreichen. Nicht selten ist im Internet auch zu lesen, dass man so »mehr Signal« auf den Chip bekommt. Ziel ist ein besseres Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) – wichtig für die Erstellung besonders tiefer Deep Sky Aufnahmen – oder die Verkürzung der Belichtungszeiten.

Die Anzahl der mit einer CCD-Kamera von einem Objekt registrierten Photonen wird maßgeblich durch die licht-sammelnde Querschnittsfläche des Teleskops und die Belichtungszeit bestimmt. In der »normalen« Fotografie wird zur Anpassung an die Lichtverhältnisse bei konstanter Brennweite mit der Blendeneinstellung die Öffnung und damit die Zahl der auf den Chip treffenden Photonen verändert. Für die Weitwinkel- und Teleobjektiv-Disziplin der Astrofotografie trifft folgende Aussage deshalb zu: Ein kleineres F führt bei gleicher Belichtungszeit zu einem besseren SNR. In der Astrofotografie spricht man dann von einer tieferen Aufnahme, da schwächere Objekte sich besser vom Bildrauschen abheben.

Tiefere Aufnahmen durch kleineres F ?

Bei Teleskopen sieht es jedoch etwas anders aus. Hier kommen Reducer zum Einsatz, die die Brennweite des Teleskops reduzieren, während der Öffnungsdurchmesser konstant bleibt. Damit erhöht sich demnach nicht die Anzahl der gesammelten Photonen, sondern die Anzahl der



▲ Abb. 2: An sehr kurz belichteten Mondaufnahmen kann die Wirkung eines Reducers sehr gut veranschaulicht werden. Links ein Mondbild bei $f/12,4$ und rechts mit Reducer bei $f/6,7$ mit gleicher Belichtungszeit und Öffnung. Das Reducer-Bild wurde auf den gleichen Abbildungsmaßstab vergrößert.

Photonen pro Pixel. Das heißt, die Photonenstatistik verbessert sich nur auf einzelne Pixel bezogen, nicht jedoch für das Objekt insgesamt. Dies gilt jedoch nur für aufgelöste, flächige Objekte. Punktquellen hingegen »reagieren« nicht auf einen Reducer, sondern nur auf mehr Öffnung. Bei

flächigen Objekten verringert sich die nötige Belichtungszeit, um ein bestimmtes SNR zu erreichen, um den Faktor R :

$$R = \left(\frac{F_{\text{verkürzt}}}{F_{\text{normal}}} \right)^2 = (\text{Reducer-Faktor})^2$$

Ein 0,75-fach-Reducer verkürzt die Belichtungszeit somit fast auf die Hälfte. Bei gleicher Belichtungszeit verbessert sich für flächige Objekte das SNR um den Kehrwert des Reducer-Faktors. Ein 0,75-fach-Reducer liefert also ein 1,33-fach besseres SNR. Gleichzeitig verringert sich aber zwangsläufig die Auflösung, was einen Informationsverlust bedeutet. Effektiv wird die Körnigkeit des Bildes äquivalent zur Verwendung größerer Pixel nur weniger sichtbar. Um tatsächlich mehr Bildinformationen und somit eine wirklich tiefere Aufnahme zu erhalten, müsste aber ein Teleskop mit größerer Öffnung gewählt werden. Weiterhin könnte man anstelle eines Reducers auch ein nachträgliches Software-Binning in Erwägung ziehen, das die Signalwerte mehrerer Pixel zusammenfasst. Nach dieser Betrachtung könnte man sich fragen, warum Reducer überhaupt verwendet werden sollten. Es gibt jedoch mehrere Gründe für den sinnvollen Einsatz eines Reducers.

Grenzfall schwache flächige Objekte

Eventuell ist bei einem astrofotografischen Projekt das SNR von entscheidender Bedeutung, zum Beispiel, wenn es um den Nachweis einer extrem lichtschwachen Struktur geht. Hier seien der Nachweis von schwachen Galaxienausläufern und die Fotografie mit Schmalbandfiltern erwähnt. Zudem fehlte in der Betrachtung bislang neben der Photonstatistik das kamerainterne Rauschen. Damit sich ein Objekt von diesem Rauschen besser abhebt, wäre eine größere Öffnung

zwar definitiv die beste Lösung, ist aber eventuell nicht realisierbar. In Szenarien mit sehr geringer Photonstatistik verbessert sich durch einen Reducer der Signalabstand zum Kamera-Rauschen, da mehr Photoelektronen einer gleichen Anzahl an Rauschelektronen pro Pixel gegenüberstehen. Durch einfaches nachträgliches Verkleinern einer Aufnahme ohne Reducer per EBV kann nicht der gleiche Effekt erzeugt werden. Ein Reducer ist hier also tatsächlich ein Gewinn.

Seeing, Pixelgröße & Motivwahl

Für detaillierte Aufnahmen kleinerer Deep-Sky-Objekte werden gerne Teleskope mit langen Brennweiten verwendet, beispielsweise RC-Teleskope. Besitzer solcher Geräte oder auch von CCD-Kameras mit sehr kleinen Pixeln bekommen in Deutschland jedoch nicht selten Probleme mit dem Seeing. Die Sterne auf den Aufnahmen sind dann aufgebläht und feine Details werden verschmiert. Das Auflösungsvermögen des Teleskops kann so überhaupt nicht genutzt werden. Wer sich keinen Geräte-Zoo mit der passenden Optik für jede Situation zulegen kann oder möchte, findet in einem Reducer die Alternative. Im Prinzip könnte man in diesem Fall die Aufnahmen auch einfach nachträglich verkleinern oder bereits mit Binning aufnehmen. Die Verwendung eines Reducer hat jedoch den Vorteil eines größeren Bildfeldes. Nicht zuletzt ist eine wichtige Aufgabe des Astrofotografen die Wahl des Bildausschnitts für eine ästhetische Bildkomposition. Für manche Motive ist ggfs. ein größeres Bildfeld nötig, sodass ein Reducer vonnöten sein kann.

⇌
INTERAKTIV
f



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

Fazit

Der Reducer kann ein wichtiges Mittel zur Anpassung der Brennweite an die Objektgröße oder an die atmosphärischen Gegebenheiten sein. Auch für sehr schwache flächige Objekte ist eine Verkürzung der Brennweite gewinnbringend, wenn ein Auflösungsverlust verschmerzt werden kann. Ansonsten ist für solche Objekte nur eines wichtig: möglichst viel Öffnung!

► Mario Weigand



▲ Abb. 3: Vergrößerte Ausschnitte verdeutlichen die Unterschiede: Ohne Reducer (links) ist die Auflösung am besten, jedoch versinken Strukturen in Mare Serenitatis am Terminator im Rauschen. Mit Reducer (Mitte) ist die Darstellung deutlich besser, aber die Detailschärfe hat sich gleichzeitig sichtbar verschlechtert. Rechts: Ein nachträglich per Software verkleinertes Bild liefert ein etwas stärkeres Bildrauschen als das echte Reducer-Bild.



Es war das astronomische Großereignis des Jahres: Am 21. August 2017 konnte man in einem schmalen Streifen, der durch die gesamten USA verlief, eine totale Sonnenfinsternis beobachten. 38 Jahre hatten die Nordamerikaner auf ein solches Ereignis auf ihrem Kontinent warten müssen. Doch nicht nur Amerikaner zog es zur »Great American Eclipse« in die Finsterniszone: Aus aller Welt waren SoFi-Fans in die USA gereist und brachten spektakuläre Aufnahmen und Berichte mit zurück.

HORIZONT IN ORANGEFARBENEM LICHT

Mit einem sechsköpfigen Team ging die Reise in den US-Bundesstaat Wyoming. Bei der ersten Erkundungstour entlang der Finsterniszone entdeckten wir unweit von Riverton alte Felsformationen an einem See, dem Ocean Lake in Pavillion. Hier baute ich mein Equipment bereits in der Nacht vor der Finsternis auf. Am nächsten Morgen versteckte sich die Sonne hinter einer großen Wolkenbank.

Die partielle Phase hat bereits begonnen und ist hin und wieder durch ein paar Wolkenlücken zu sehen. Würde das Wolkenband rechtzeitig zur Totalität verschwinden? Während ich die Filter

und Kameras nochmals prüfe, sehe ich, dass die Sonnensichel schon sehr schmal geworden war. Auf den Felsen haben sich inzwischen etliche Sonnenanbeter gemütlich gemacht. Nur noch zehn Minuten bis zum 2. Kontakt! Jetzt hat das Ende der Wolkenbank die Sonne passiert. Das Licht ist fahl geworden und die Schatten erscheinen sehr scharf. In Schritten wird es dunkler, während der Himmel völlig aufklart. Nur noch 30 Sekunden bis zur Totalität. Die Korona schält sich aus dem Himmelsblau, während die letzten Sonnenstrahlen durch die Mondtäler fallen: Diamantring, Perlschnur – Totalität! Der Horizont ist in orangefar-

benes Licht getaucht. Feine Streamer durchziehen die silbrig glänzende Sonnenkorona. Unmittelbar links daneben sehe ich Regulus. Und plötzlich fällt es mir wie ein Schleier von den Augen: Da! Das Erdlicht! Ich sehe zum ersten Mal die dunklen Mondmeere während einer Finsternis. Der stahlblaue Himmel über mir wird heller. Kaum sind 2min und 22s vergangen, quillt eine gleißend helle Perle zwischen einem Mondtal hervor. 3. Kontakt. Der fulminante Diamantring-Effekt bringt das Licht zurück und lässt die Korona allmählich verblassen, während der Tag aufs Neue beginnt.

► Sebastian Voltmer

FASZINATION SONNEN- FINSTERNIS

Die »Great American Eclipse« am 21. August 2017



▲ Abb. 1: Totale Sonnenfinsternis über Felsformationen am Ocean Lake in Pavillion (Wyoming, USA), 1/60 s belichtet bei ISO 1250 mit einer Sony a7s bei 14mm, f/2,8. Sebastian Voltmer



▲ Abb. 2: High Dynamic Range Image aus sechs Bildern (1/2s, 1/4s, 1/8s, 1/15s, 1/30s, 1/60s). Aufgenommen mit einer Nikon D800 bei ISO 160 durch einen Celestron 80 ED-Refraktor und nachgeführt über die AstroTrac TT320X-AG. Sebastian Voltmer



▲ Abb. 3: Zweiter Kontakt, 1/500s belichtet mit einer Nikon D800 bei ISO 160 an einem Celestron 80 ED (a), totale Phase der Sonnenfinsternis (b), 1/40s belichtet bei ISO 100 mit einer Canon EOS 5D Mark II durch ein Celestron NexStar 4SE, dritter Kontakt (c), 1/500s bei ISO 100 mit demselben Equipment. Sebastian Voltmer



◀ Abb 1: Nur noch eine halbe Stunde bis zur Totalität! Die Sonnenfinsternis-Fans auf der Winedown-Ranch in Oregon haben mit ihren Teleskopen die Sonne fest im Blick. *Paul Hombach*

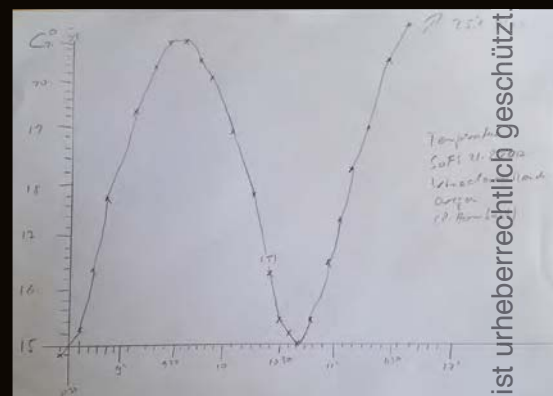
AUF DEN WIESEN DER WINEDOWN RANCH

150 SoFi-Enthusiasten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz stehen am kühlen Morgen des 21. August 2017 auf den gemähten Wiesen der Winedown Ranch in Oregon und fiebern der »Great American Eclipse« entgegen! Anders als vermutet war die Anreise nicht von Megastaun geprägt, auch die Wald- und Buschbrände blieben mit ihren Rauchschwaden dem Geschehen weitgehend fern. Wenige Augenblicke bis zum lang erwarteten Moment - Das Licht wird fahl, die Farbe der Landschaft eigenartig intensiv. Als der Mondschatten durch das Tal streift, bricht überall Jubel aus, begleitet von emsigem Kamera-Klicken. Der Anblick der V-förmigen Korona wird allen unvergessen bleiben, ebenso die Erkenntnis: Nichts vergeht so schnell, wie die kostbaren Sekunden einer totalen Sonnenfinsternis!

► Paul Hombach



▲ Abb 2: **Baily's beads** beim 2. Kontakt (a), aufgenommen mit einer Canon 100D bei ISO 100, 1/1000s durch einen 80/640mm Refraktor. Kombination zweier Koronabilder von 1/25s und 1/6s (b), bearbeitet mit Fitwork. Zur Schärfung kam der Larson-Sekanina-Filter zum Einsatz. *Paul Hombach*



▲ Abb 3: **Spontanwissenschaft am Rande der SoFi:** Die zwischen 8:25 und 12:00 Ortszeit (MESZ -9 Stunden) gemessenen Temperaturwerte wurden im Hotel schnell als Kurve gezeichnet. Es zeigt sich, dass die Temperatur bis einige Minuten nach der Totalität, an der Kurve mit (T) markiert, fällt, um dann wieder steil anzusteigen. *Paul Hombach*

ist urheberrechtlich geschützt

DUNKLE SONNE ÜBER DEM SNAKE RIVER

Wir hatten uns entschieden, die »SoFi 2017« mit einer Rundreise durch den mittleren Westen der USA zu verbinden: Wir wollten auch Mount

Rushmore, die Badlands, den Yellowstone Nationalpark und unter anderem die Städte Cody, Steamboat Springs und Denver besuchen. Diese Reise sollte es ermöglichen, die

Finsternis am Grand Teton Nationalpark zu beobachten. Die mondäne Stadt Jackson lag zentral auf dem Finsternispfad in Wyoming, hatte sich selbst zu einem zentralen Beobach-



▲ Abb. 1: Die Veränderung der Beleuchtungsverhältnisse in Abständen von jeweils 15 Minuten vom Beginn der Sonnenfinsternis bis zu deren Ende an der Red Bridge am Snake River südlich von Jackson am Eingang zum Grand Teton Nationalpark in Wyoming. Ullrich Dittler

KLARER FINSTERNISHIMMEL ÜBER OREGON

Nur 90 Sekunden Dunkelheit schenkte der Mond den 900 Sternfreunden der Oregon Star Party und mir in den Ochoco Mountains, dann war schon wieder alles vorbei. Teleskopisch gehörte der Anblick dank des klaren Himmels zu den schönsten, die ich je gesehen habe: Ein dunkelblauer Mond mit den schwarzen Flecken der Mondmeere, umgeben vom Pink der Sonnenchromosphäre, vor dem silbrigen Glänzen der extrem stark strukturierten Minimumskorona, und der helle Stern Regulus daneben – was für ein Anblick!

► Ronald Stoyan

► Abb. 1: Die Allsky-Aufnahme mit einer Canon 6D und 9mm-Fisheye-Objektiv zeigt den klaren Finsternishimmel über Oregon mit horizontumgreifender Dämmerung etwa zur Mitte der Finsternis. Ronald Stoyan



tungsort für Finsternisjäger erklärt und – ganz amerikanisch – große Shows an verschiedenen zentralen Beobachtungsorten organisiert: Öffentliche Teleskope und Beobachtungen, Erklärungen durch Nationalpark-Ranger etc.

Um diesem kommerziellen Trubel zu entgehen und uns stärker auf das Naturschauspiel der SoFi konzentrieren zu können, wählten wir einen abseits gelegenen Beobachtungsort südlich des Grand Teton Nationalparks am Snake River, der eigentlich von Anglern dazu genutzt wird, um ihre Boote in den Fluss zu lassen. Zu Beginn der Finsternis waren wir als Beobachter dort ganz alleine, nur der eine oder andere Angler zeigte Interesse an unserem Beobachtungsequipment – sie alle widmeten sich dann aber recht bald wieder ihrem eigenen Hobby: dem Fliegenfischen. Zur Totalität füllte

sich der Uferbereich dann doch noch mit mehreren Beobachtern. Während der Totalität schien das Leben am Snake River für wenige Augenblicke einzufrieren und die verdunkelte Sonne fesselte alle Beobachter. So schnell die Sonne vom Mond wieder freigegeben wurde, so schnell löste sich die Beobachtergemeinschaft am Ufer wieder auf: die jungen Familien fuhren wieder in die Stadt, die Angler widmeten sich wieder der Fischerei und wir waren wenige Minuten nach der Totalität wieder die einzigen Beobachter, die mit ihrem Equipment den Verlauf der zweiten Hälfte der totalen Sonnenfinsternis am Ufer des Snake Rivers bei Jackson beobachten: Insgesamt war die Finsternis ein erhabenes und faszinierendes Naturschauspiel in einer traumhaften und wilden Landschaft des mittleren Westens der USA. ► Ullrich Dittler

TIEFE ERGRIFFENHEIT

Diese Sonnenfinsternis wird mir unvergesslich bleiben! Auch wenn hohe Zirruswolken detailliertere Korona-Aufnahmen von Wind River Hotel in Riverton im US-Bundesstaat Wyoming verhindert haben, war es visuell ein unfassbares Erlebnis. Lange blieb es, auch bei einer nur noch hauchdünnen Sichel, vergleichsweise hell, aber dann setzte fast schlagartig eine Verdunkelung ein. Es wurde spürbar kühler, die ersten Sterne tauchten auf und ringsum am Horizont war eine rötliche Verfärbung erkennbar. Anstelle der Sonne war nun ein leuchtender Flammenkranz am Himmel zu sehen. Es machte sich buchstäblich eine tiefe Ergriffenheit breit und alle aus meiner privaten Reisegruppe fragten sofort nach Ende der Totalität »Wann ist die nächste Sonnenfinsternis?«. Unzählige Male haben wir an diesem Tag und auch danach dieses Erlebnis noch einmal vor unserem inneren Auge Revue passieren lassen. ► Peter M. Oden



PRAXISTIPP

Korona nicht nur zur Totalität?

Es ist schwer zu glauben: Ist die Korona der Sonne auch außerhalb der totalen Phase der Sonnenfinsternis mit dem bloßen Auge zu sehen? Die Antwort lautet: Ja! Den Tipp erhielt ich am Vorabend der Finsternis von Steven James O'Meara, der solche Beobachtungen bereits des öfteren durchgeführt hatte. Und tatsächlich: Sieben Minuten vor dem zweiten Kontakt gelang es mir ohne

Probleme, die Korona zu sehen, wenn der noch unverfinsterte Teil der Sonne von einem Hindernis abgeblockt wurde – in meinem Fall einer der vielen Wohnwagen, mit denen die Sternfreunde zur Oregon Star Party angereist waren. Die Beobachtung wurde von anderen anwesenden Sternfreunden sogleich wiederholt – zur vorsichtigen Nachahmung bei der nächsten Finsternis empfohlen. ► Ronald Stoyan



▲ Abb. 1: Auch manche Beobachter der Sonnenfinsternis waren ein Foto wert. Peter M. Oden

BESORGTE BLICKE AN DEN HIMMEL

Auf dem KOA Campingplatz in Culver, südlich von Madras in Oregon gab es am Morgen der Finsternis besorgte Blicke zum Himmel: Schmutzigbraune Schleier, verursacht durch Waldbrände im Norden Kaliforniens, überzogen zum Teil den Himmel. Bis zum ersten Kontakt verschwanden sie aber vollständig, so dass die aus aller Welt stammenden Campingplatzbewohner die ganze Finsternis ungestört beobachten konnten. Als zum zweiten Kontakt die Sonne hinter dem Mond verschwand und die Korona mit roten, aktiven Gebieten der Sonne am Rand sichtbar wurden, brandete Jubel und Beifall auf. Viel zu schnell waren die 1m50s Totalität vorbei und der Diamantring beendete das Naturschauspiel.

► André Knöfel, Sabine Alward, Matthias Alward

DIE EUROPÄISCHE PERSPEKTIVE



▲ Abb. 1: Auch aus dem Westen Europas war die Sonnenfinsternis zu sehen, allerdings nur als partielle Finsternis, wie hier von der Costa Adeje im Südwesten Teneriffas aus. Michael Hessmann



M. Hölzl

► Abb. 1: Panorama-Aufnahme des Geländes des Astroteilers auf dem Stockert

AUF DEN SPUREN DER RADIOASTRONOMIE IN DER EIFEL

Kurzbesuche bei einer aktuellen und einer
ehemaligen Forschungsstätte

Die Eifel gilt wegen des Sternenparks und dem außergewöhnlich dunklen Himmel als Geheimtipp für urlaubende Amateurastronomen. Doch selbst wer sich nicht der praktischen Astronomie verschrieben hat, sondern sich für die Geschichte der Astronomie – oder genauer: der Radioastronomie – interessiert, wird hier an zwei Orten fündig: in Effelsberg und auf dem Stockert bei Bad Münstereifel.

Wer das 100-Meter-Radioteleskop in Effelsberg besuchen möchte, muss zunächst einmal wandern: Über den Parkplatz, vorbei an einem kleinen Imbiss dem Hinweisschild folgend, gelangen Interessierte über eine Zufahrtsstraße entlang eines kleinen Planetenwanderweges nach 700m zum Besucherzentrum und der Aussichtsplattform direkt gegenüber dem Radioteleskop. Wer gut zu Fuß ist, kann auch den Milchstraßenweg über 4km, beginnend in Bursgahr, oder den 2,6km

langen Galaxienweg von der Martinshütte aus nehmen.

Riesige Parabolantenne

Das in einem Talkessel stehende und dennoch weithin sichtbare 100m-Radioteleskop gehört zum 1966 gegründeten Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) in Bonn und wurde in den Jahren 1968 bis 1971 errichtet. Am 12. Mai 1972 konnte es seiner Bestimmung über-

geben werden, am 1. August des gleichen Jahres begann der regelmäßige Messbetrieb. Die größte Schwierigkeit bei Entwurf und Bau war, dass eine Lösung gefunden werden musste, um eine Verformung des riesigen Parabolspiegels durch das Schwenken oder durch die ganz normale Nachführung auf ein Himmelsobjekt zu vermeiden. Dies wurde schließlich durch eine unterstützende Gitterkonstruktion erreicht. Mit ihrer Hilfe kann der vorgegebene Toleranzwert für eine Verformung des Spiegels von



Norbert Junkes/MPIfR



1mm deutlich unterschritten werden: Er liegt nach einer Messung im Jahr 2012 bei weniger als 0,6mm. Auf dem Gelände der Sternwarte befindet sich auch eine LOFAR-Station (LOFAR steht für Low Frequency Array): ein Radiointerferometer für den Frequenzbereich zwischen 10 und 80 bzw. 110 und 250MHz.

Wissenschaftlich beschäftigen sich die Radioastronomen in Effelsberg z. B. mit Galaxienkollisionen, Magnetfeldern im Universum, der Suche nach den Ursprüngen von Radioblitzen (Fast Radio Bursts, FRB), der Erstellung von Radiokarten in den Linien des neutralen Wasserstoffs und anderen aktuellen Forschungsthemen.

Einst das teuerste Forschungsprojekt

Gut 13km in Richtung West-Nordwest von Effelsberg steht in Bad Münstereifel-Eschweiler der 25m durchmessende Astropeiler Stockert auf dem gleichnamigen Berg. Er ist ein Vorläufer des späteren 100m-Radioteleskops und wird heute von der amateurastronomischen Vereinigung Astropeiler Stockert e.V. betrieben. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde 1955 der Bau

◀ Abb. 2: Seitenansicht der 100m-Antenne in Effelsberg.

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



INTERVIEW

»Äußerlich hat sich nicht viel verändert«

Abenteuer Astronomie: Die Geschichte des Radioteleskops auf dem Stockert ist sehr wechselvoll. Wie sah es dort zu Beginn des Messbetriebes Ende der 1950er Jahre aus?

Dr. Wolfgang Herrmann: Zunächst einmal war die Landschaft deutlich anders als heute. Der Stockert war damals nicht bewaldet, sondern ein »kahler Berg«. Heute ist das Gelände von Baumbestand umgeben. Abgesehen davon hat sich äußerlich nicht sehr viel verändert. Das Teleskopgebäude sieht eigentlich so aus wie immer. Auch die gesamte Mechanik der Anlage ist noch im Originalzustand und bietet dem Besucher einen Einblick, wie man so etwas in den 50er Jahren gemacht hat. Allerdings ist die gesamte Elektronik auf dem Stand von heute, und modernste Computer haben Einzug gehalten. Unseren Besuchern können wir aber in unserer Ausstellung noch die Technik von damals zeigen.

Abenteuer Astronomie: Das Radioteleskop, äußerlich einem »Würzburg-Riesen« sehr ähnlich, wurde in den 1960er Jahren neben der astronomischen Forschung auch militärisch genutzt. Was weiß man darüber?

Dr. Wolfgang Herrmann: Wie immer bei militärischen Vorhaben ist darüber nicht viel bekannt und auch nur sehr bedingt in alten Dokumenten nachzulesen. Das fördert natürlich die Legendenbildung. So wird immer erzählt, man hätte von dort aus den Berlin-Korridor beobachtet. Das ist aber physikalisch nicht möglich. Wir gehen vielmehr davon aus, dass primär Grundlagenuntersuchungen für militärische Radarsysteme gemacht wurden. Auch wurden wohl Versuche zur Radaraufklärung gemacht.

Abenteuer Astronomie: Der Standort auf dem Stockert hat auch seine Nachteile. Wie sehen diese konkret aus?

Dr. Wolfgang Herrmann: Der Standort auf dem Berg war für die Radarforscher gut. Dadurch ist das Teleskop aber sehr exponiert, und das führt dazu, dass andere Funksysteme leicht zu Störungen führen. Wir sehen halt rundherum bis auf den Boden. Heute



▲ Abb. 3: Dr. Wolfgang Herrmann im »Kontrollraum« des Astropeilers

würde man ein solches Teleskop nicht auf einen Berg setzen. Deshalb ist das Teleskop von Effelsberg auch in einer Talmulde.

Abenteuer Astronomie: Rund um den Astropeiler hat sich ein kleiner Verein gegründet. Können Sie Näheres über ihn und seine Aufgaben erzählen?

Dr. Wolfgang Herrmann: So klein ist der Verein mit immerhin 150 Mitgliedern nicht. Aber es ist natürlich richtig, dass nur eine kleinere Gruppe regelmäßig vor Ort ist. Primär geht es uns darum, hier ein betriebsfähiges Radioteleskop zu erhalten und zu nutzen. Wir tun dies unter Erhalt der historischen Substanz im Sinne des aktiven Denkmalschutzes.

Wir nutzen die Faszination, die von einem solchen Instrument ausgeht, um eine breite Öffentlichkeit für Astronomie und Naturwissenschaft im Allgemeinen zu interessieren. Insbesondere ist es uns ein Anliegen, junge Menschen für diese Themen zu begeistern. Hier arbeiten wir viel mit den Schulen der Umgebung zusammen. Ein Schwerpunkt unserer Arbeit darüber hinaus ist die Ausbildung von Studenten, die zu Praktika zu uns kommen. Hier hat sich eine rege Zusammenarbeit mit verschiedenen Universitäten herausgebildet.

Abenteuer Astronomie: Es wird heute noch fleißig mit dem Astropeiler gemessen. Wer nimmt die Messungen vor und was wird

konkret gemessen? Sind die Radioamateure an Forschungsprojekten beteiligt und wenn ja, an welchen?

Dr. Wolfgang Herrmann: Der Astropeiler Stockert ist heute das größte und leistungsfähigste Radioteleskop weltweit, welches in der Hand von Amateuren ist. Dies erlaubt uns eine Vielzahl von Beobachtungen bis hin zu einigen Themen, die in der aktuellen Forschung relevant sind. Die Schwerpunkte der Messprogramme werden durch die Interessen unserer Mitglieder bestimmt. Diese Möglichkeit ist wohl einmalig, dass jedes Mitglied hier seinen Neigungen nachgehen kann. Funkamateure spielen eine wichtige Rolle in unserem Vereinsgeschehen. Das spiegelt sich nicht nur in der Astronomie wider, sondern auch in direkten Funkanwendungen. Besonders aktiv ist der Verein hier im Bereich der sogenannten Erde-Mond-Erde-Kommunikation, bei der der Mond als Reflektor benutzt wird.

Abenteuer Astronomie: Wie sieht die Zukunft des Astropeilers aus?

Dr. Wolfgang Herrmann: Ein wichtiges Zukunftsthema für uns ist die Ausweitung der Möglichkeiten für Schüler. Jungen Menschen durch direkten Kontakt mit technischen Anlagen, verbunden mit physikalischen Phänomenen, die Faszination der Naturwissenschaften nahezubringen, ist uns ein besonderes Anliegen. Hier konnten wir sowohl tatkräftige als auch finanzielle Unterstützung durch die Rotarier Euskirchen-Burgfei gewinnen. Weiterhin hat gerade ein Physik-Lehramtsstudent der Uni Bonn eine Masterarbeit begonnen. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein pädagogisches Konzept für Schüler am Astropeiler entstehen. Die fortlaufende Verbesserung unserer Anlagen und die damit verbundene Ausweitung der Messmöglichkeiten wird sicher dazu führen, dass wir noch tiefer in die Physik des Radiohimmels eindringen können. Der Erhalt der Substanz und der laufende Betrieb sind eine ständige Herausforderung. Wir sind aber zuversichtlich, dass uns das auch in Zukunft gelingen wird. Hierbei sind wir auf die tatkräftige Mithilfe aller unserer Mitglieder angewiesen. Wir freuen uns deshalb über jeden, in unseren Kreis eintritt und sich an dieser Aufgabe beteiligt.

Norbert Junkes/MPfIR



▲ Abb. 4: Das Besucherzentrum mit der 100m-Antenne im Hintergrund

des ersten Radioteleskops in Deutschland beschlossen und 1957 seiner Bestimmung übergeben. Als eine der ersten Forschungsaufgaben untersuchten die Bonner Radioastronomen – das Radioteleskop war zunächst der Universität Bonn, ab 1966 dann dem neugegründeten Max-Planck-Institut für Radioastronomie angegliedert – die 21cm-Linie des neutralen Wasserstoffs. Die Geschichte des seinerzeit teuersten

Forschungsprojektes im Nachkriegsdeutschland war wechsellvoll und ist es bis heute: Schon bald wurden neben dem Radioteleskop weitere Gebäude errichtet. 1965 kam ein 10m-Radioteleskop hinzu und 1966 entstand das Laborgebäude. Das 10m-Teleskop war für die Radiostrahlung der Sonne vorgesehen und wurde daher »Sonnenspiegel« genannt, aus dem Laborgebäude wurde das »Sonnenhaus«. Ein

M. Holl



▲ Abb. 5: Die 25m-Antenne des Astropeilers Stockert

Q IM DETAIL

Radioteleskop Effelsberg

Max-Planck-Strasse 28D-53902

Bad Münstereifel-Effelsberg

Telefon: +49 2257 301-0

E-Mail: public@mpifr-bonn.mpg.de

Öffnungszeiten

des Besucherzentrums:

April bis Oktober von Dienstag bis Samstag jeweils um 10, 11, 13, 14, 15 und 16 Uhr. Vorherige Anmeldung (von montags bis freitags am Vormittag) erforderlich.

Astropeiler Stockert

Astropeiler Stockert 2-4

D-53902 Bad Münstereifel-Eschweiler

Führungen:

Von Mai bis Oktober werden jeden Sonntag um 14 Uhr öffentliche Führungen durch die Anlagen angeboten. Gruppenführungen sind nach Vereinbarung möglich. Termine können über die Mailadresse info@astropeiler.de angefragt werden.

Schaden am 25m-Spiegel führte zu einer Neuausrichtung der Forschungsgebiete und so widmete man sich vermehrt der Kontinuumsstrahlung der Sonne bei 11cm-Wellenlänge.

Von Amateuren betrieben

Wer zum Astropeiler auf dem Stockert fahren will, muss ganz gezielt danach suchen, denn im Gegensatz zur 100m-Antenne ist er nur von wenigen Punkten aus zu sehen. Die Besucherinnen und Besucher erwartet hier ein beschauliches Areal mit einer großen und einer kleinen Antenne und einem Wirtschaftsgebäude. Das Gelände ist allgemein zugänglich und man kann zwischen den Antennen hin- und herlaufen.

Die mit dem Astropeiler gemachten Erfahrungen flossen bei der Entwicklung des 100m-Radioteleskops in Effelsberg ein – die auf dem Stockert häufig stark wehenden und störenden Winde führten beispielsweise zum Bau des neuen Teleskops in einen Talkessel. 1975

➡ SURFTIPPS

- Radioteleskop Effelsberg
- Astropeiler Stockert

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a11069

wurde der Astroteiler vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie vorläufig außer Betrieb genommen. Zwischen 1979 und 1985 liefen wieder Forschungsarbeiten im Rahmen des »11cm-Survey der galaktischen Ebene«. Nach Abschluss dieses Projekts wurde der Astroteiler kaum noch genutzt, was einer weiteren Stilllegung gleichkam, die mehr oder weniger schleichend erfolgte. 1995 gab die Universität Bonn

den Standort endgültig auf und es gründete sich der Verein Astroteiler Stockert e.V. Das Areal wurde schließlich zum technischen Denkmal erklärt und später von der NRW-Stiftung übernommen. 2011 begann durch die Amateure des Vereins ein erneuter Messbetrieb, über den man sich im Rahmen einer Führung informieren kann. Hauptforschungsgebiet der Radioamateure sind die Pulsare, also rasch ro-

tierende Neutronensterne. Hierfür wird vor allem die 25m-Antenne benutzt, während man die 10m-Schüssel für verschiedene Messungen zwischen Erde und Mond einsetzt: für Mondechos, Morsetelegrafie und Sprechfunk. Der Astroteiler ist weltweit das größte Radioteleskop, das ausschließlich von Radioamateuren betrieben wird.

► Manfred Holl



INTERVIEW

»Die Aufgaben gehen dem 100m-Radioteleskop nicht aus«

Dr. Norbert Junkes, Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Referent für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit im Gespräch



▲ Abb. 6: Dr. Norbert Junkes auf dem Rundgang beim Radioteleskop.

Abenteuer Astronomie: Was ist das Besondere am Standort in Effelsberg?

Dr. Norbert Junkes: Was auf den ersten Blick auffällt, ist die Tallage des Teleskops. Während optische Teleskope wie auch Radioteleskope zum Einsatz im Millimeter- und Submillimeterbereich bevorzugt an hochgelegenen trockenen Standorten zu finden sind, wurde für das Radioobservatorium Effelsberg bereits vor 50 Jahren ein Tal ausgesucht, bei dem die umliegenden Hügel einen Schutz vor Störstrahlung von außen gewährleisten. Bereits damals spielte der Einfluss von Elektrosmog eine Rolle. Das war zunächst der Schutz vor Bodenradar von nahegelegenen Flugplätzen, später kamen diverse weitere Quellen von Störstrahlung hinzu. Handys, Mikrowellenherde, defekte Weidengeräte, hochfrequente Zündfunken und neuerdings Nahbereichsradar von Autos – das ist letztendlich der Grund dafür, dass der Besucherparkplatz ein ganzes Stück vom Teleskop entfernt liegt. Die knapp 800m Gehweg

führen entlang der Tafeln des Planetenwanderwegs – vom Zwergplaneten Pluto auf dem Parkplatz bis zur Station »Sonne« direkt auf dem Vorplatz des Besucherpavillons.

Es sollte aber auch ein Standort sein, der trotz geschützter Tallage einen umfassenden Zugang zum Himmel ermöglicht. Das Effelsberger Bachtal ist nach Süden hin offen, so dass das 100m-Teleskop in Richtung Süden bis auf 8 Grad Elevation herunter beobachten kann. Das gibt unter anderem Zugang zum Zentrum unserer Milchstraße, das bei -29 Grad Deklination im Sternbild Schütze mit dem Radioteleskop Effelsberg nur jeweils für zwei Stunden über dem Horizont erfasst werden kann.

Nicht zuletzt sollte das Observatorium auch vom Sitz des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Bonn aus gut erreichbar sein – das alles führte letztendlich zur Entscheidung für den Standort bei Bad Münstereifel-Effelsberg.

Abenteuer Astronomie: Welchen Forschungsaufgaben widmet sich das Max-Planck-Institut für Radioastronomie speziell in Effelsberg?

Dr. Norbert Junkes: Aufgrund seiner speziellen Konstruktion, die den Einsatz bis zu Radiowellen im Millimeterbereich ermöglicht, ist das 100-m-Radioteleskop Effelsberg nach wie vor konkurrenzfähig und mit jeweils aktuellen empfindlichen Empfängern auch mit an der Spitze der Forschung. Es wird sehr vielseitig eingesetzt, von Pulsarbeobachtungen mit hoher Zeitauflösung bis zu spektroskopischen Beobachtungen von Atomen und Molekülen mit hoher Frequenzauflösung, von Breitbandmessungen von Radiokontinuumsstrahlung und deren polarisiertem Anteil zur Vermessung kosmischer Magnetfelder bis zu Beobachtungen im Rahmen eines weltweiten Netzwerks von Radioteleskopen (Very Long Baseline-Interferometrie,

VLBI). Mit Weltraum-VLBI unter Beteiligung des russischen RadioAstron-Teleskops können dabei mit 21 Mikrobogensekunden die höchsten Winkelauflösungen in der Astronomie überhaupt erreicht werden.

Abenteuer Astronomie: Wie sieht die Zukunft des Radioteleskops aus?

Dr. Norbert Junkes: Die Aufgaben gehen dem 100m-Radioteleskop nicht aus. Mit jeweils neuen und empfindlicheren Empfängern werden neue Forschungsbereiche erschlossen. Dreimal jährlich erfolgt ein »Call for Proposals« für Beobachtungen mit dem Radioteleskop Effelsberg. Ein international besetztes Gutachtergremium, das »Programmkomitee Effelsberg«, beurteilt die eingegangenen Beobachtungsanträge nach wissenschaftlichen Meriten und technischer Umsetzbarkeit; erfolgreiche Beobachtungsanträge erhalten dann Zeit am Teleskop. Ein neuartiger »Phased Array Feed« (PAF)-Empfänger ist erst im Mai 2017 erstmals am Radioteleskop Effelsberg eingesetzt worden; die Suche nach neuen Pulsaren und den erst vor 10 Jahren entdeckten »Fast Radio Bursts« (FRBs) wird damit noch effizienter erfolgen können.

Ein Problem stellt natürlich die immer stärkere kommerzielle Nutzung von Frequenzbändern dar, die Messungen in einigen Frequenzbereichen zunehmend schwieriger werden lassen. Das mag auch dazu geführt haben, dass bei der Planung für das internationale Großprojekt eines Radioteleskops der nächsten Generation, des »Square Kilometre Arrays« (SKA), die Wahl auf zwei Standorte in weniger dicht besiedelten Regionen auf der Südhalbkugel gefallen ist, mit den zentralen Teleskopstationen in der südafrikanischen Karoo-Wüste und in Westaustralien, wo der Einfluss von Radiostörstrahlung (RFI) eine weniger große Rolle spielt.



F. Maszkewitz

▲ Abb. 1: Der Emissionsnebel SH2-114 im Sternbild Schwan erfordert viel Belichtungszeit.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung ohne schriftlichen Zweck der Weiterverbreitung ist verboten.

DER FLIEGENDE DRACHE

Ende Juli 2016, mit Beginn der nun wieder einsetzenden astronomischen Dämmerung, befasste ich mich intensiv mit einem neuen Objekt, dem »Sturmvogel« (NGC 6960). Er ist Teil des Cirrusnebels im Sternbild Schwan. Wie eigentlich immer in der Phase der Planung sah ich mir Bilder des Objekts in unterschiedlichen Farben im Internet an. Unter die Aufnahmen hatte sich dabei jedoch eine Ansicht »eingeschlichen«, welche sofort meine Aufmerksamkeit erregte. Diesen Nebel kannte ich nämlich noch nicht, einen Emissionsnebel mit der Katalogbezeichnung SH2-114. Er befindet sich ebenfalls im Sternbild Schwan, was mich motiviert, weiter nachzuforschen.

Selten beobachteter Nebel

An meinem Standort in Eggersdorf bei Berlin stand dieser Nebel nun beinahe ideal am Himmel. Ich gab also nachfolgend den Namen in die Suchmaschine ein. Wie ich schon vermutete, gab es nur eine begrenzte Auswahl an Bildern. Wie sehr oft bei Objekten des Sharpless-Kataloges, so war auch SH2-114 sehr schwach in seiner Flächenhelligkeit. Der Nebel wurde als »Fliegender Drache« bezeichnet, was mir äußerst passend erschien. Ich schwenkte nun endgültig in meiner Planung um und entschied mich für die Belichtung dieses Nebels. Zudem hatte ich ihn bisher in keinem der mir bekannten Astronomieforen gesehen.

Im nächsten Schritt befasste ich mich mit dem Bildausschnitt. Hierfür verwende ich in der Regel die Smartphone-App »Sky Safari«. Hier hat man die Möglichkeit, seine Equipment-Konstellation einfließen zu lassen und sich so den optimalen Bildausschnitt zu erstellen. Schnell zeigte sich so, dass der Nebel beinahe perfekt für meine Brennweite passte. Ich entschloss mich, das Bildfeld leicht zu drehen, um die Form des Drachen bestmöglich darzustellen. Die Planung beendete ich mit der Wahl der Filter und entschied mich für eine H α RGB Aufnahme.

Mitte August begann ich mit der Belichtung des Nebels in meiner eigenen Kuppelsternwarte. Die Kamera drehte ich entsprechend des gewählten Bildfeldes. Mithilfe einer Bathinov-Maske begann ich an einem helleren Stern im Sternbild Schwan mit dem Fokussieren und fuhr im nächsten Schritt erstmalig SH2-114 durch Eingabe der Koordinaten entsprechend meiner App-Daten an. Der Bildausschnitt musste nur geringfügig korrigiert werden. Die weitere Steuerung der Technik übernahm nun die Software Astro Photography Tool (APT). Unter anderem speicherte ich in APT den jetzt feststehenden Bildausschnitt mit dem integrierten »Plate Solve Tool«. Dieses Tool ermöglicht mir, sowohl nach dem Meridandurchgang als auch für weitere geplante Belich-

tungstage, den Bildausschnitt immer wieder auf den Punkt genau einzustellen.

Zunächst Enttäuschung...

Die Nachführung der Montierung ließ ich nun über meinen MGEN von Lacerta erfolgen, welcher mittels Off-Axis-Guider mit meinem Teleskop verbunden ist. Da das Sternbild Schwan in einer sehr sternreichen Region unserer Galaxie liegt, gab es keine Probleme einen geeigneten Nachführ-Stern zu finden. Nach einer kurzen Kalibrierung des MGEN konnte ich nun die Belichtungssession beginnen. Ich entschied mich für die Belichtung mit einem H α -Filter über die Dauer von 30 Minuten pro Einzelframe. Da meine CGE-Montierung eingescheitert ist, kann ich diese langen Belichtungen durchführen, ohne eine Bildfelddrehung in den Aufnahmen zu haben.

Die Spannung stieg, als sich die ersten 1800 Sekunden dem Ende neigten. Allerdings folgte auch prompt die Ernüchterung: Außer den hellsten Bögen des Nebels war rein gar nichts zu sehen. Mir wurde nun klar, warum es nur wenige Bilder dieses Nebels gibt und dass ich hier einiges an Belichtungszeit investieren musste. Nach sehr guten Nächten im August 2016 kamen letztlich 25×1800 Sekunden für den H α -Kanal zusammen. Weitere 30×180 Sekunden-Aufnahmen pro RGB-Kanal flossen zusätzlich für die Sternfarben in das Gesamtbild ein.

Bei der Bildbearbeitung griff ich auf Programme wie Straton, Fitswork, Photoshop und auch PixInsight zurück. Dabei wurde der H α -Kanal rot eingefärbt und mittels Ebenen-Technik mit den RGB-Daten gemischt. Vielleicht kann ich mit dieser Aufnahme weitere Sternenfreunde motivieren, diesen wunderbaren Nebel zu belichten. Mich macht diese Aufnahme sehr stolz.

► Frank Iwaszkiewicz



IM DETAIL

Technik und Bearbeitung

Optik: 10 Zoll f/4 TS ONTC Newton

Montierung: Celestron CGE GPS

Nachführkontrolle:

Lacerta, MGEN an TS OAG

Kamera und Belichtungszeit:

Atik 383L+, 750 Minuten (H α),
je 90 Minuten pro RGB-Kanal

Nachbearbeitung:

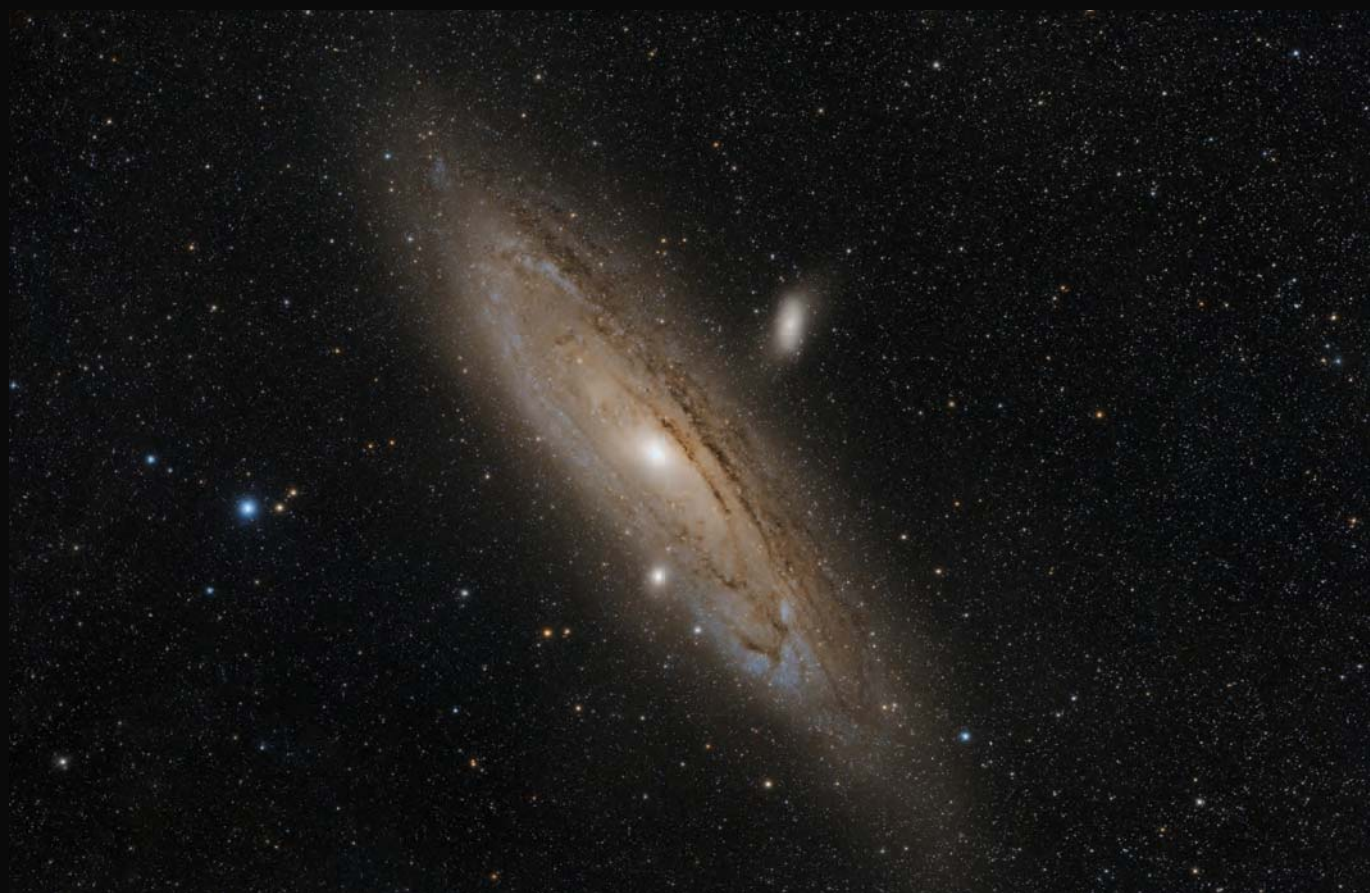
PixInsight, Photoshop,
Fitswork, Straton

KLEIDERBÜGEL & CO.

▲ Abb. 1: Der »Kleiderbügelhaufen« Collinder 399, einer der Stationen der Fernglas-Wanderung in Heft 10, aufgenommen am 17. Juli 2017 mit einem 100mm-Refraktor bei 412mm Brennweite und einer Nikon D610(a) bei 170min Belichtungszeit und ISO 400 von Österreich aus. *Michael Schmidt*



▲ Abb. 2: **Der Kugelsternhaufen M 13, der auch als Herkuleshaufen bekannt ist.** Das Bild entstand am 21. Mai 2017 mit einem 140mm-Refraktor bei 980mm Brennweite und einer Canon EOS 6Da mit einer Belichtungszeit von 10×5min und ISO 800. *Marco Wischumerski*



▲ Abb. 3: **Ein Blick auf unsere Nachbargalaxie Messier 31, mit dem Versuch einer möglichst »natürlichen« Farbgebung.** Das Bild entstand am 1. August 2017 mit einem 100mm-Refraktor bei 412mm Brennweite und einer Nikon D610(a) bei 180min Belichtungszeit und ISO 400 von Österreich aus. *Michael Schmidt*



▲ Abb. 1: Die partielle Mondfinsternis am 7. August 2017 aufgenommen über dem Kloster von Windberg in Niederbayern. Das Bild entstand um 20:50 MESZ. *Stephan Dütsch*

VERDUNKELTER MOND



▲ Abb. 2: Ein weiterer Blick auf die partielle Mondfinsternis. Diese Ansicht wurde um 20:52 Uhr MESZ mit einer Canon EOS 40D und einer Belichtungszeit von 1/15s von Halle (Saale) aus aufgenommen. *Jörn Leineweber*

»HERR WIELEBINSKI, WIE BEGANN DAS MIT DER RADIOASTRONOMIE?«

Die Karl-Schwarzschild-Medaille ist die höchste Auszeichnung, die die Astronomische Gesellschaft verleiht – für bedeutende wissenschaftliche Leistungen oder für die Beförderung der Astronomie auf breiter Front, kurz: für das Lebenswerk. Preisträger 2017 ist der australische Radioastronom polnischer Herkunft, Richard Wielebinski, der seit 1969 am Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) in Bonn wirkt und dort auch heute noch – mit 81 – täglich anzutreffen ist.

Abenteuer Astronomie Herr Prof. Wielebinski, Ihr Weg zur Radioastronomie war durchaus ungewöhnlich.

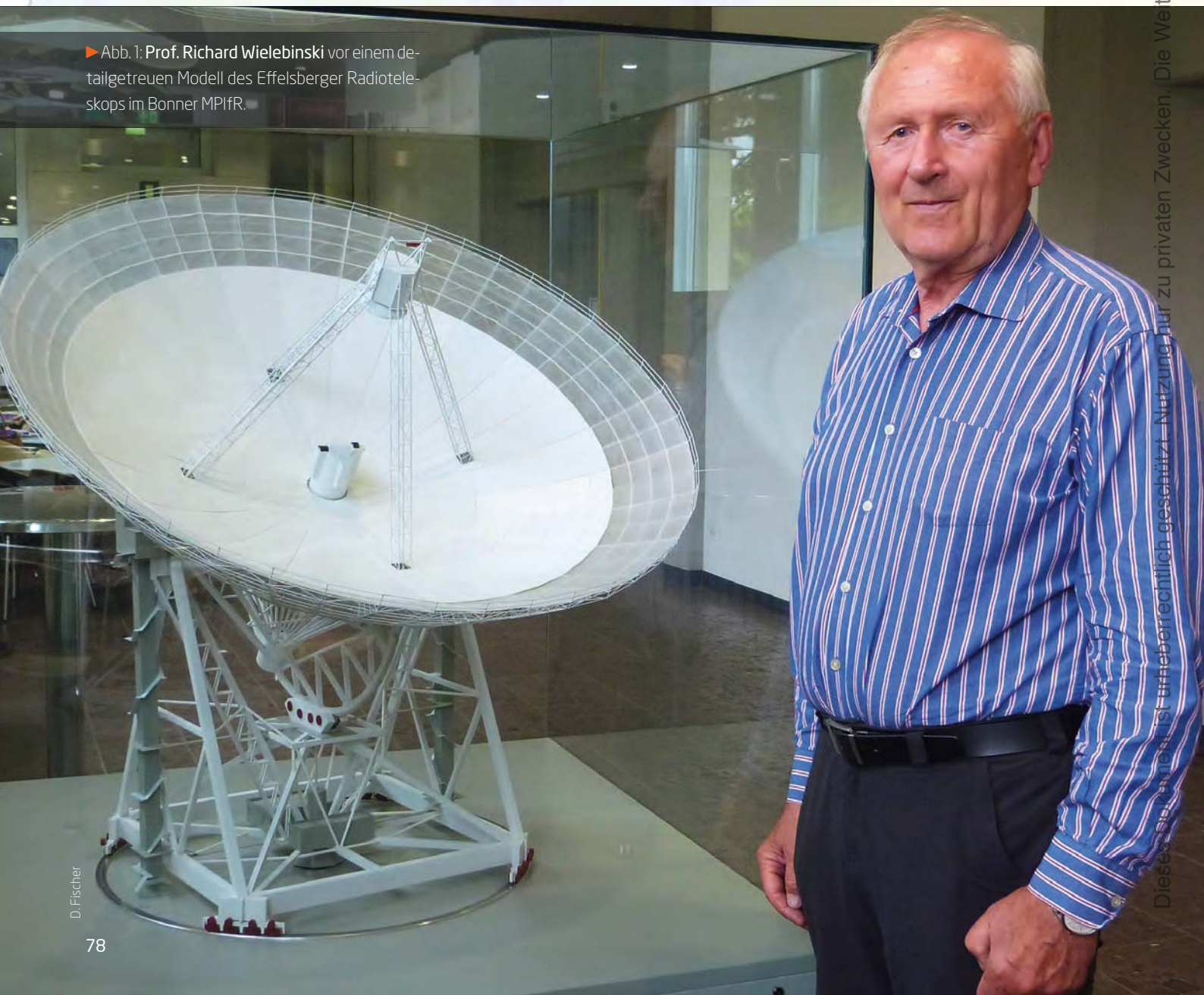
► **Richard Wielebinski:** Nachdem unsere Familie 1939 aus unserer Wohnung in Polen ausgewiesen wurde, lebten wir zehn Jahre in Lagern in verschiedenen Ländern, bis uns der Weg schließlich nach Australien führ-

te. Erst mit 14 Jahren bin ich in Hobart zum ersten Mal überhaupt in die Schule gekommen, 1950. Nach dem Abitur 1953 studierte ich dort auf Elektroingenieur – und traf dabei auf Grote Reber, einen der ersten Radioastronomen überhaupt, der in Tasmanien mit sehr langen Wellen experimentierte. Übrigens in erster Linie, weil er mit Außerirdischen Kontakt aufnehmen wollte.

Abenteuer Astronomie Sie jedoch waren damals noch ganz irdischen Dingen zugetan?

► **Richard Wielebinski:** Ich wurde Ingenieur bei der australischen Post und befasste mich dabei intensiv mit der Polarisation von Radiostrahlung, um Reflektionen und Geisterbilder besser zu verstehen. Ein Foto zeigt mich 1960 im Gestänge des Masts eines Fern-

► Abb. 1: Prof. Richard Wielebinski vor einem detailgetreuen Modell des Effelsberger Radioteleskops im Bonner MPIfR.



sehenders. Die Station wurde im Juni eröffnet – aber im August war ich bereits auf einem Schiff nach Cambridge in England. Ich hatte mich dort nämlich um ein Stipendium beim späteren Nobelpreisträger Martin Ryle beworben, wobei mich Grote Reber unterstützt hatte.

Abenteuer Astronomie Und nun kamen Ihnen die Erfahrungen beim australischen TV zugute?

► **Richard Wielebinski:** Ryle war von dem Bild auf dem Mast schwer beeindruckt, denn er war an Messungen der Polarisation von kosmischer Radiostrahlung interessiert, und drei Studenten waren bereits daran gescheitert – manche glaubten, das ginge überhaupt nicht. Ich konnte mit einem der sogenannten Würzburg-Riesen arbeiten, ehemaligen deutschen Radarschüsseln, die zu Radioteleskopen umfunktioniert wurden, und konnte die Fehler meiner Vorgänger vermeiden. 1961 gelangen die ersten Messungen: Ich peilte immer dasselbe Himmelsgebiet bei Sonnenuntergang an und sah, wie die irdische Ionosphäre die Polarisationsvektoren drehte. Das war der Beweis, den Ryle sehen wollte. Schon 1962 wurde das große Jahr der Polarisations-Detektionen.

Abenteuer Astronomie Auch bei einer anderen zentralen Entdeckung der Radioastronomie standen Sie quasi Pate?

► **Richard Wielebinski:** Cambridge war eine prägende Zeit in meinem Leben – ich habe da beinahe alles Mögliche erlebt. So habe ich für Tony Hewish auf dem Feld gearbeitet und an der großen Antenne mitgebaut, mit der später Jocelyn Bell die Pulsare entdecken würde. Die wurden auch später eins meiner großen wissenschaftlichen Themen: Wieder in Australien war ich bei der ersten Pulsarbeobachtung auf diesem Kontinent beteiligt, als die Schlüssel in Parkes Bells ersten Pulsar anpeilte. Die



▲ Abb. 2: Wielebinski 1960 bei Messungen auf einem Sendemast von ABT2 auf dem Mount Wellington in Tasmanien.

Signale erschienen später auf einer Banknote! Das ist auch so ein komisches Ding in meinem Leben gewesen.

Abenteuer Astronomie Dann kam 1969 der Ruf nach Bonn, wo Sie zur ersten Direktoren-Generation des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie gehörten, das sich um das gerade im Bau befindliche 100-Meter-Radioteleskop kümmerte. Und Sie entdeckten dort Ihr anderes großes Thema?

► **Richard Wielebinski:** Schon am Anfang wurde mir klar, dass wir in Effelsberg konkurrenzfähig sind, um Magnetfelder in Galaxien zu messen: Da sind wir massiv eingestiegen. Effelsberg hat hier ein Arbeitsgebiet regelrecht besetzt, erst jetzt holen die Amerikaner auf. Ich sehe ein großes Potenzial, wenn Magnetfelder weiter eingebracht werden in die Astrophysik. Sie sind lange sehr vernachlässigt wor-

den: Das hatte damit zu tun, dass sie schwer zu messen waren und manche Kollegen das unglaublich negativ gesehen haben. Zwei Generationen lang ist das so gegangen. Das Öffnen von neuen Spektralbereichen in der Radioastronomie kommt langsam zum Ende, aber ich glaube, dass es doch noch etwas Neues bringen kann, wenn man die Rolle der Magnetfelder ganz rigoros in der Astrophysik bearbeitet.

Abenteuer Astronomie Die Astronomische Gesellschaft hebt auch hervor, dass Sie »federführend in verschiedenen großen internationalen Kooperationen« waren, insbesondere auch bei der Gründung des französisch-deutschen Instituts für Radioastronomie im Millimeterbereich (IRAM) 1979.

► **Richard Wielebinski:** Im MPIfR wollen wir schon ein Weile zu kurzen Wellen gehen. Eine Zeit lang war ein 25m-Teleskop in Südafrika für Millimeterwellen im Gespräch, zusammen mit Frankreich und England, aber dann haben sich die Engländer rausgehalten. Ryle war kein Freund großer Kooperationen und ging seinen eigenen Weg. Da waren es noch zwei, aber die wissenschaftlichen Wünsche unterschieden sich: Die Franzosen wollten unbedingt ein Interferometer, wir wollten ein Einzelteleskop. Ich war auf Konsens aus, und so entstanden schließlich ein Institut und ein Interferometer mit 5 Antennen auf dem Plateau de Bure in Frankreich – und ein 30m-Teleskop auf dem Pico Veleta in Spanien. Ich selbst war aber immer lieber in kleinen Projekten involviert: Bei den Großprojekten müssen jüngere Leute ran.

Die Fragen stellte Daniel Fischer



▲ Abb. 4: Die 1973 ausgegebene australische 50-Dollar-Note würdigte wissenschaftliche Leistungen: Auf der Rückseite sind am Rand die Pulse des ersten von Australien aus beobachteten Pulsars zu sehen.



SPACE CHECKER



INTERAKTIV



Space Checker ist unsere Rubrik für Astrokids zwischen 8 und 14 Jahren. Wenn auch Du von Deinem Experiment berichten möchtest, dann schreibe uns eine E-Mail an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder bei Facebook.

Klavierspielen am CMS-Detektor

Eine Salzburger Schülergruppe besuchte im Rahmen des Projekts »art@CMS« das CERN in Genf

Salzburger Schülerinnen und Schüler besuchten im Februar das europäische Forschungszentrum CERN in Genf. Dabei lernten sie nicht nur viel über Teilchenphysik und konnten einen Blick hinter die Kulissen des riesigen Beschleunigers werfen, sondern verarbeiteten ihre Eindrücke vor Ort gleich künstlerisch – in Bildern, Gedichten, Videos und Musik.



▲ Abb. 1: Matthäus Kammerlander spielt vor dem CMS-Detektor des CERN Klavier.

An einem bewölkten Dienstagvormittag im Februar diesen Jahres ging es für uns, die Schüler des Pluskurses Astronomie und des Privatgymnasiums der Herz-Jesu-Missionare in Salzburg, endlich los: Mit schwerem Gepäck, unter anderem einem Keyboard, erwarteten wir mit Vorfreude unseren Bus nach Genf zum »Conseil européen pour la recherche nucléaire« (CERN), was auf Deutsch »Europäische Organisation für Kernforschung« bedeutet.

Kunst und Wissenschaft verbinden

Doch das eigentliche Projekt, das unter dem Namen »art@CMS« lief, hatte schon deutlich

früher begonnen. Seit Anfang des Schuljahres wussten wir, dass wir das wohl bekannteste Forschungszentrum der Welt besuchen durften und hatten uns entsprechend vorbereitet: Neben den Informationen rund um die Forschungseinrichtung hatten einige Schüler sich auch künstlerisch eingesetzt – mit teils tollen Ergebnissen. Denn das Projekt sollte Kunst und Wissenschaft verbinden. Bei einer Einführung am ersten Vormittag erfuhren wir, dass neben der Teilchenforschung auch der Touchscreen, das uns heute vertraute Internet und die Kernspintomografie, eine wichtige Diagnosemethode der modernen Medizin, am CERN entwickelt wurden. Außerdem hörten wir, dass das Budget mit etwa einer Mil-

liarde Euro pro Jahr unter dem von einigen Universitäten liegt.

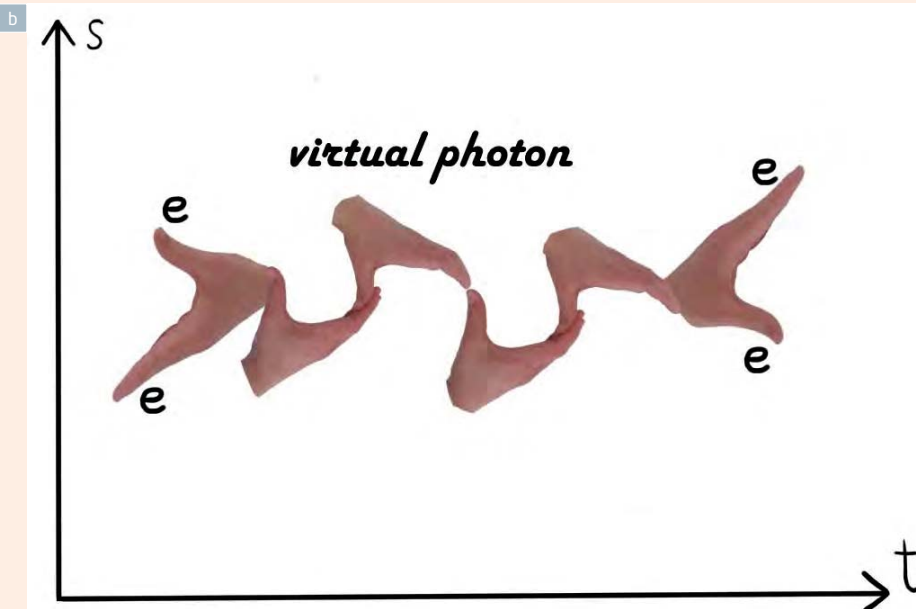
Nachdem wir einen alten, bereits stillgelegten Teilchenbeschleuniger besichtigen konnten, besuchten wir das Kernstück des CERNs – den weltweit größten Teilchenbeschleuniger »LHC«. Ausgestattet mit Helmen ging es in die Tiefe. Denn der Beschleuniger mit einem Umfang von etwa 27 Kilometern liegt in einer Tiefe zwischen 50 und sogar 175 Metern. So lässt sich die Wechselwirkung zwischen Umwelt und Beschleunigern minimieren. Da der Beschleuniger wegen des enormen Stromverbrauchs im Winter nicht betrieben werden kann, konnten wir den größten der Detektoren, CMS, aus nächster Nähe bestaunen. Ein unglaubliches Gefühl, die größte und wohl komplizierteste Maschine, welche die Menschheit je hervorgebracht hat, aus wenigen Metern zu erleben. Hier werden im Betrieb Teilchen mit mehr als 99,9 Prozent der Lichtgeschwindigkeit durchgejagt. Das heißt, dass diese die 27 Kilometer lange Strecke in einer Sekunde ganze 11.245 Mal zurücklegen!

Tiefe Temperaturen und Antimaterie

Doch wofür soll das gut sein? Mit enormer Energie lässt man die Teilchen frontal kollidieren und beobachtet dabei mit den riesigen Detektoren, wie diese in noch kleinere Teile zerfallen. So konnte man am CERN bereits ein neues Teilchen, das Higgs-Boson entdecken, der wohl größte Erfolg – bis jetzt. Wusstest ihr, dass am



▲ Abb. 2: Die Salzburger Schüler bei ihrem Besuch des CERN im Februar.



CERN auch die niedrigste Temperatur der Welt herrscht? Die Magnete, die die Teilchen auf ihrer Bahn halten, werden, damit sie ideal arbeiten, auf $-269,4^{\circ}\text{C}$ gekühlt.

Am nächsten Vormittag besichtigten wir den Kontrollraum des AMS-Projekts. Von dort wird ein Instrument auf der Internationalen Raumstation ISS gesteuert, mit dem unter anderem nach Antimaterie im Weltall gesucht wird. Weiter ging es zum CERN-Kontrollzentrum und zum Rechenzentrum. Das Computerzentrum umfasst rund 100.000 Prozessoren und ist damit sogar noch eines der kleineren – trotzdem ziemlich faszinierend! Unser letzter Besuch war die »Antimatter-Factory«, wo man bereits für etwa 20 Minuten Anti-Wasserstoff herstellen kann.

Rap und Klavier am Detektor

Unser nächster und letzter Tagespunkt war ein Rap-Workshop mit dem eigens aus Großbritannien eingeflogenen Rapper und Musiker Consensus, der auch schon ein Musikvideo am CERN gedreht hat. Einige machten sich gleich am Abend noch daran loszuschreiben und produzierten in einer unglaublichen Zeit von nur einem Tag einen präsentierfertigen Song. Auch die anderen Teilnehmer des art@CMS-Projekts arbeiteten an diesem Abend und am Freitagvormittag daran, das Erlebte künstlerisch aufzuarbeiten. Alle Ergebnisse findet Ihr übrigens auf unserer Website. Videos wurden produziert und geschnitten, Fotos bearbeitet und Bilder gemalt. Zwei Schüler hatten auch noch die einmalige Chance an diesem Tag direkt vor dem CMS-Detektor Klavier zu spielen.

Am Abend war es dann soweit, die große Präsentation unseres Projekts vor dem österreichischen Botschafter und dem Leiter des CMS-Projekts stand unmittelbar bevor. Nur kurze Zeit nach der Show saßen wir schon wieder im Bus nach Salzburg. Aber vielleicht war es ja für den einen oder anderen nicht der letzte Aufenthalt am CERN.

► Yannick Felix Voithofer

SURFTIPPS

- Aktivitäten des Pluskurses Astronomie
- Video über den CERN-Aufenthalt bei Youtube

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a11081](https://oc1m.de/a11081)

◀ Abb. 3: »Feynart« inspiriert von den Feynman-Diagrammen: »Couple Destruction« von Elena Daluna (a) und »Electromagnetic hands« von Isabella Wizani, Elisa Bauer und Christina Oberhofer (b).

Einschlag auf Jupiter und Supernova Nr. 10

Ein Querschnitt aktueller Beobachtungen, die in letzter Zeit bei astrotreff.de diskutiert wurden.

Wenn sich der größte Planet des Sonnensystems in Oppositionsnähe befindet, kann man ihn nicht nur die ganze Nacht hindurch beobachten, sondern auch eine ganze Reihe von Phänomenen und Ereignissen auf Jupiter verfolgen. Und auch in der Galaxie NGC 6946 gab es etwas zu sehen.



▲ Abb.1: Jupiter-Impakt am 26.5.2017 nah des Jupiter-Nordpols, 19:24-19:25 UT, aufgenommen mit Schmidt-Cassegrain 203/2000mm, ZWO ASI120MGS. *Thomas Rießler*

Wer erinnert sich nicht an den Jupiter-Crash vom Juli 1994, als der Komet Shoemaker-Levy 9 – in Fragmente aufgelöst – in die Atmosphäre des Riesenplaneten stürzte und dabei eine stattliche Anzahl dunkler Flecken hinterließ. Das passiert öfter als man denkt, meist allerdings in sehr viel kleinerem Maßstab. Einen größeren Impakt beobachtete der französische Amateurastronom Sauveur Pedranghelu von Korsika aus am 26. Mai 2017 und verbreitete dies über die ALPO-Jupiterliste. Nicht ganz 24 Stunden später wurde bereits im Webforum astrotreff.de auf den zwischen einer halben und

zwei Sekunden langen Einschlag hingewiesen. Kurz nach Bekanntwerden meldete sich ein Beobachter, der den Einschlag ebenfalls gesehen und mit Video aufgenommen hatte. Er ist darin als heller Punkt nahe des Jupiter-Nordpols zu sehen. Wie ein Abgleich der Beobachtung anderer Sternfreunde ergab – sie hatten teilweise die Videosequenzen aus der fraglichen Zeit noch gar nicht bearbeitet und ausgewertet –, wurde das Helligkeitsmaximum um 19:24:49 UT erreicht. Ein französischer Beobachter gab als Maximumszeit 19:24:52 UT an. Anscheinend gab es nordöstlich des Impaktortes einen weiteren Einschlag, es war

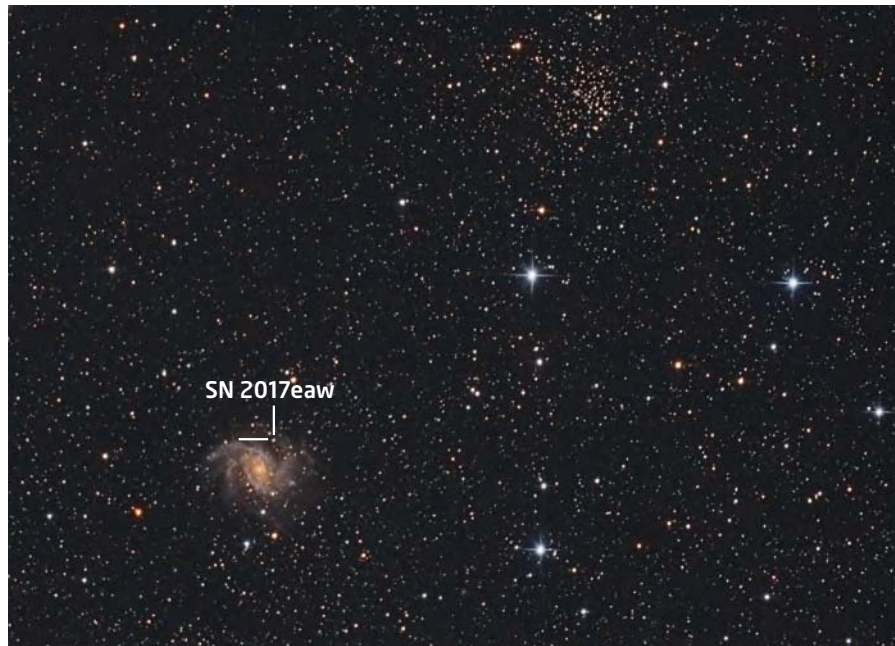
bisher noch nicht klar, ob die aufgenommene, deutlich lichtschwächere Erscheinung real oder ein Artefakt der Videobearbeitung war. Sie ist nur im Infrarot-Kanal einer RGB-Aufnahme zu erkennen. Spuren hat das Ereignis in der Jupiteratmosphäre keine hinterlassen. Möglicherweise, weil der Impaktor mit einem Durchmesser von vielleicht nur 10m, wie nach ersten Abschätzungen spekuliert wurde, dafür zu klein war.

Supernova in NGC 6946

Es ist die mittlerweile zehnte Supernova innerhalb von 100 Jahren in NGC 6946, die am 14. Mai 2017 durch den amerikanischen Amateurastronomen Patrick Wiggins mit einem 14-Zöller entdeckt wurde. Die Galaxie befindet sich zwischen den Sternbildern Kepheus und Schwan. Sie erhielt kurz darauf den Namen SN 2017eaw, womit gleichzeitig die Beobachtung als Entdeckung anerkannt wurde. Als Mindestöffnung zur visuellen Beobachtung wurden 20cm genannt. Kurz nach dem Aufleuchten der Supernova wurden beim astrotreff.de erste visuelle Schätzungen zwischen 12^m und 13^m genannt, weswegen man sie, trotz beginnender Mitternachtsdämmerung, recht gut beobachten und mit kleinen Teleskoptoptiken leicht fotografieren konnte.

Erste DSLR-Photometrie - Muniwin

Es scheint ein neuer Trend zu sein, dass Beobachter sich aufgrund preislich günstiger werdender technischer Hilfsmittel immer mehr in Arbeitsbereiche vorwagen, die bislang den Profis oder nur einigen wenigen semiprofessionell arbeitenden Amateurastronomen vorbehalten waren. Ein Beispiel dafür ist



▲ Abb. 2: Supernova SN 2017eaw in NGC 6946, 26.5.2017, 22:00-23:30 UTC, aufgenommen mit 130mm F/5 Newton (effektives F/4.75 durch Komakorrekter), 15×360 Sekunden mit Canon EOS 1000D bei ISO 800. *Mathias Höcker*

der Einstieg in die Photometrie, hier mithilfe des Programms Muniwin. Der Themenstarter hatte sich mit ersten Messungen an V474 Mon versucht, einem Veränderlichen Stern vom Delta-Scuti-Typ – Pulsationsveränderliche der Spektralklasse A2 bis A8 mit einer Periode von ungefähr 0,3 Tagen. Mit seinen Ergebnissen war er allerdings nicht ganz zu-

frieden. Er hatte rund um das Helligkeitsminimum zehn Aufnahmen mit einer Canon EOS 400 D und 50mm Objektiv im Abstand von fünf Minuten gemacht und bekam bei der Auswertung mit Muniwin sehr seltsame Ergebnisse heraus, die auch beim Vergleichstern Helligkeitsschwankungen zeigten. Wie sich rasch herausstellte, hatte er zu wenig Auf-

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.

SURFTIPPS

- Jupiter-Impakt
- Supernova in NGC 6946
- Photometrie mit Muniwin
- Das richtige Reisetoteleskop

Kurzlink: oc1m.de/a11083

nahmen gemacht und einen zu kurzen Beobachtungszeitraum gewählt. Dadurch stand zu wenig Signal für eine sinnvolle Auswertung zur Verfügung. Problem war außerdem, dass zum Beobachtungszeitpunkt Ende März das Sternbild Einhorn schon weit nach Westen gerückt war und nicht mehr so viel Zeit für eine durchgängige Beobachtung vorhanden war. Als Hilfe schilderten einige Forenautoren ihren Workflow für Helligkeitsbestimmungen bei veränderlichen Sternen.

Das richtige Reisetoteleskop

Zur Beginn der Urlaubszeit wird regelmäßig – gerade auch bei astrotreff.de – nach geeigneten Reisetoteleskopen gefragt. Schließlich möchte man unter einem anderen Sternenhimmel als dem heimischen oder unter besseren Bedingungen auch seinem Hobby nachgehen. Diskutiert wurde beispielsweise, welcher Refraktor der Beste wäre, um ihn mit auf die Reise zu nehmen. Neben dem Verweis auf viele Angebote kommerzieller Händler wurde erörtert, wie gut und wie groß die Optiken sein müssen, damit man sie per Rucksack transportieren kann. Daraus ergaben sich weitere Fragen, etwa, welche Modifikationen bei Taubeschlag möglich sind, bis zu welcher Vergrößerung man in Abhängigkeit zum angestrebten Teleskop gehen kann und welche Okulare letztendlich mitgenommen werden sollten.

► Manfred Holl

◀ Abb. 3: Screenshot zum Astrotreff-Thread zum Reisetoteleskop

astrotreff.de

Der Astrotreff
Regeln / Impressum

Die Foren
Kontakt

Die Beiträge
Werbung

Die Benutzer
Statistik

Astro-Galerie
Astrotreff-Chat

Bücher/Rezensionen
myAstrotreff

Hilfe
Suchen

Benutzername: Passwort: **Login**

Passwort speichern
Passwort vergessen?

Das neue Hand-Planetarium + App universe2go

Statistik
Registriert sind online: 168
Beiträge: 20118
Gesamtumfang Postings: 990823

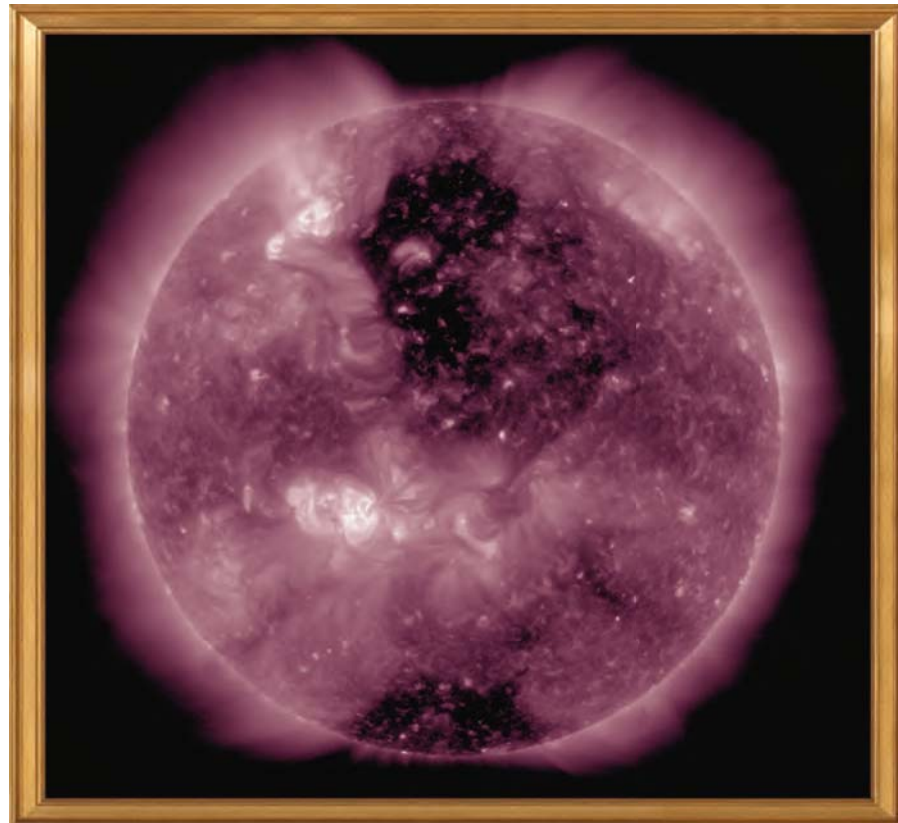
Alle Foren
Astronomie – die Technik (Geräte und Zubehör)
Technikforum Linsenteleskope (Refraktoren)
Reisetoteleskop

Neues Thema Zum Thema antworten
Druckversion

Autor	Thema
valentin Neues Mitglied	Erstellt am: 17.05.2017 : 19:35:35 Uhr Hallo, nachdem ich mich ausführlich informiert habe habe ich mir vor gut einem Jahr einen 8" Dobson zugelegt, mit dem ich auch ausgesprochen zufrieden bin. Aber wies so schön heißt "das beste Teleskop ist das das man am meisten verwendet" und da ich in einer Großstadt wohne ist der 8" da was die Mobilität angeht natürlich eine Einschränkung. Daher überlege ich mit schon seit längerem einen kleinen (und günstigen ;)) Achromaten als Reisegerät um ein bisschen durch den Himmel zu "bummeln" anzuschaffen. Diese sollte in einen Rucksack passen und auch vom Gewicht her noch auf ein Fotostativ gehen. Ein freund von mir hat sich unlängst diesen hier zugelegt und ist damit sehr zufrieden. http://www.astroschop.de/skywatcher-teleskop-ac-80-400-startavel-ota/p/21952 In vielen Foren wird einem der als Preis-Leistungs-Hit (Natürlich mit allen Einschränkungen bei 80mm Öffnung) empfohlen. Vor kurzem hab ich (mehr durch Zufall) den hier gefunden: http://www.astroschop.de/omegon-teleskop-90-500-ota/p/43767#tab_bar_0_select Den 2" Crayford OAZ finde ich persönlich sehr attraktiv da 2" in der Preisklasse doch sehr selten sind. Hat jemand von euch Erfahrung mit Omegeon? (oder sogar mit genau dem Teleskop?) Hab leider sonst keine Erfahrungen mit Omegeon allgemein finden können. Bin sonst auch offen für andere Vorschläge. Budget wären maximal 200-225 Euro (OTA). Brennweite sollte nicht über 500mm liegen und möglichst auch mit ausziehbarer Taukappe. Danke schon mal im Voraus CS Valentin Beantwortet von: am:
Tibaut Senior im Astrotreff ★★★★ Beiträge: 129	Erstellt am: 17.05.2017 : 22:29:48 Uhr Hallo Valentin, diesen Refraktor hatte ich vor kurzem erleben dürfen: http://www.teleskop-express.de/shop/product_info.php/info/p2685_Skywatcher-Startavel-102-OTA---Gro-feldrefraktor-102-500-mm.html Hat wirklich einen guten Eindruck gemacht. Wäre zwar knapp über dem Budget, aber die Leute bei TS lassen sicher mit sich reden :) (und etwas mehr Öffnung ist nie schlecht) Gruß Timo Beantwortet von: am:

Astronomie zwischen Kunst und Kapital

Erstaunt halte ich einen Flyer der Bundeskunsthalle Bonn in den Händen, auf dem zwei große Sonnenbilder des Solar Dynamics Observatory (SDO) prangen. Beworben wird allerdings keine Astronomie-, sondern eine Kunstaussstellung. Offenbar macht die Natur selbst die schönsten Kunstwerke...



SDO/NASA

▲ Abb. 1: Paul Hombach: »DIE SONNE NACH DEM FRÜHSTÜCK SCHAUEN (PURPLE)«, 2013

Das Faltblatt begleitet eine Ausstellung der Künstlerin Katharina Sieverding, die den Titel »Kunst und Kapital« trägt. Letzteres muss man in Gestalt von 10 Euronen berappen, wenn man die Sonderschau der preisgekrönten Fotopionierin im renommierten Bonner Musentempel besichtigen will. Ein spektakuläres blaues und ein flammend rot-oranges Sonnenfoto sind abgebildet. Einen Hinweis auf das SDO und die NASA als Quelle sucht man hier vergebens. Die Titel lauten schlicht »Sonne um Mitternacht schauen (BLUE)«, 2010-2015« und »Sonne um Mitternacht schauen (RED)«, 2010-2015«. Die Fotos sind so in der Ausstellung nicht zu sehen, sondern beziehen sich auf eine Videoinstallation, bei der auf gegenüberliegende Wände zwei je 233minütige Zeitraffer-Sequenzen aus 200.000 Einzelbildern der Sonne projiziert werden.

Die roten und blauen Aufnahmen sind übrigens Falschfarben. Tatsächlich handelt es sich jeweils um verschiedene Farbkanäle im extremen Ultraviolett, in dem die enorme Dynamik des solaren Geschehens besonders gut zu sehen ist. SDO liefert diese Bilder im Zehnsekundentakt und mit der vierfachen Auflösung eines Full-HD-Fernsehers.

Die Sonne kommt groß raus

Über Kunst kann man ja trefflich debattieren. Niemand wird bestreiten, dass von solchen Bildern eine gewaltige Wirkung ausgeht. Sie verdienen es schon von ihrer schieren Auflösung und Ästhetik her, »groß herauszukommen« – ob im Museum oder in der Volkssternwarte Ihrer Stadt, die vielleicht sogar noch die größere Leinwand und den besseren Beamer hat. Und siehe da: Selbst auf der SDO-Webseite ist man sich offenbar der künstlerischen Qualität unseres Zentralgestirns im Klaren. Wie sonst wäre die Unterseite »Sun as Art« – die Sonne als Kunst – zu erklären? Auch kostenlose Zeitrafferfilme findet man dort in Mengen. Es wäre doch schön, wenn Frau Sieverding ihre Zusammenstellung

der NASA als Fan-Bearbeitung zum Download für die astronomische Öffentlichkeitsarbeit anbieten würde, ähnlich wie es mit Bildern der Jupitersonde Juno gehandhabt wird.

Weltall per Quadratmeter

Die Idee, Astronomie im XXL-Format zu zeigen, ist mir übrigens schon 1990 begegnet. Damals hatte der Fotokünstler Thomas Ruff, bekannt für seine Großportraits, im Bonner Kunstverein überdimensionale Abzüge von Fotoplaten der Europäischen Südsternwarte ausgestellt, die Sternmuster, aber keine klassischen Deep-Sky-Objekte enthielten. Die Asterismen waren, wie es damals hieß, »aus rein ästhetischen Gründen« ausgesucht und sonst nicht verändert worden. Begleitend zur Ausstellung wurden seinerzeit Daniel Fischer und ich zu einem Vortrag eingeladen, in dem wir die ungeheure Tiefe hinter diesen zweidimensional erscheinenden Mustern veranschaulichten. Übrigens hätte ich damals ein Bild kaufen sollen, das hätte seinen Wert inzwischen vermutlich vervielfacht. Aber auf so was kommst du ja nicht, »ist doch 'n einfaches Astrofoto«. Offenbar nicht. Inzwischen finde ich im Internet, dass Herr Ruff neben zahlreichen anderen Astromotiven auch (in seinem Fall immerhin bearbeitete) Saturnaufnahmen der Cassini-Sonde verkauft – ehrlicherweise unter dem Motto »Cassini for Sale«.

Jeder ist ein Künstler

Jetzt stellt sich wieder die Frage: Hätte das nicht jeder machen können? Schließlich sind die fantastischen Bilder, die Satelliten wie Cassini oder SDO machen, Allgemeingut. Das ist das Schöne an der Raumfahrt: Was letztendlich aus öffentlichen Mitteln bezahlt wird, gehört folglich auch der steuerzahlenden Gemeinschaft. Wenn solche Forschung dann Kunst abwirft, wer darf daraus Kapital schlagen (vgl. den Titel der Ausstellung...)? Im Kunstshop der »Zeit« entdeckte ich, dass SDO-Einzelbilder der Größe 80×80cm in den Varianten RED und BLUE aktuell für schlappe 3800€ feilgeboten werden. Auf, Sternfreunde! Das können wir größer und preiswerter! Und hat nicht schon Joseph Beuys selig (übrigens Lehrer von Frau Sieverding in den späten 1960ern) gesagt: »Jeder Mensch ist ein Künstler«? Na dann mal Hüh! ▶ Paul Hombach

SURFTIPPS

- Solar Dynamics Observatory – Sun as Art

 **Kurzlink:** oc1m.de/a11084

SONNENFLECKENZÄHLUNG und zersägte Teleskope

Die 40. Tagung der Fachgruppe Sonne der VdS in Hamburg



▲ Abb. 1: Das »Sunlux«-Fernrohr mit aufgesetztem ERF-Objektivfilter und Webcam im praktischen Einsatz. Hartwig Lüthen

Seit 1977 treffen sich die in der Fachgruppe Sonne der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) organisierten deutschen Amateursonnenbeobachter alljährlich an unterschiedlichen Orten der Bundesrepublik. Zum dritten Mal nach 1978 und 1985 fand vom 23. bis 25. Juni 2017 die 40. Tagung wieder in Hamburg statt und zwar auf dem Gelände der altherwürdigen Sternwarte Hamburg-Bergedorf. Organisiert wurde die Veranstaltung in Kooperation der VdS-Fachgruppe Sonne, des Fördervereins der Bergedorfer Sternwarte und der Gesellschaft für volkstümliche Astronomie (GvA) in Hamburg.

Sie begann am Freitag mit einem gemeinsamen Pizaessen und einem Rückblick auf die

Tagungsgeschichte. Samstag war der »Vortragstag« und am Sonntag klang die Veranstaltung mit einem Überblick über die Geschichte der Hamburger Sternwarte und einer Führung über das Gelände aus.

Die ganze Tagung stand unter dem Motto »Die Praxis der Sonnenbeobachtung«. Schwerpunkt war dabei ein von Mitgliedern der GvA Hamburg entwickeltes Programm zur Positionsbestimmung von Sonnenflecken: »SunMap«. Dieses ermöglicht anhand eigener oder fremder Aufnahmen, beispielsweise den Bildern des Solar Dynamics Observer (SDO), die Position von Sonnenflecken nahezu automatisiert zu erfassen und zu bestimmen. Damit sind plötzlich Messungen für Amateure möglich geworden, die vor Jahren noch undenkbar waren.

Ein zweiter Höhepunkt am Samstag war die »Praxis der Sonnenfotografie«. Hier wurde beschrieben und anhand praktischer Beispiele gezeigt, wie man mit einem einfachen »Supermarkt«-Fernrohr und einem zersägten »Personal Solar Telescope (PST)« sehr ansprechende Sonnenbilder im Ha-Licht erzeugen kann. Es wurden nicht nur der Billig-Refraktor, sondern auch ein eigentlich sündhaft teures PST zerlegt, mit viel Bastelgeschick neu zusammengesetzt und mit einem 75mm-Bader-ERF-Objektivfilter versehen. Heraus kam ein »Sunlux« genanntes Fernrohr, mit dem man entgegen früherer Erwartungen nicht nur gut in den Fokus kommt, sondern auch



▲ Abb. 2: Sonnenfleckengruppe AR 12403 im Ha-Licht am 23.8.2015, aufgenommen mit dem »Sunlux«-Fernrohr. Hartwig Lüthen

mit Geschick bei der Bildverarbeitung sehr scharfe Aufnahmen erhält.

Weitere Vorträge beschäftigten sich mit der Arbeit niederländischer Sonnenbeobachter und speziell der dortigen Fachgruppe Sonne, der Geschichte der Sonnenbeobachtung in Deutschland sowie der aktuellen Entwicklung der Sonnenaktivität im laufenden Zyklus.

Wann und wo die SONNE-Tagung 2018 stattfinden wird, wurde noch nicht entschieden, das wird aber auf der Website der Fachgruppe rechtzeitig vorher bekannt gegeben.

► Manfred Holl



SURFTIPPS

- SONNE-Tagungen
- Fachgruppe Sonne der VdS
- SunMap

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a11085

M.Holl



▲ Abb. 3: Die Teilnehmer lauschen in der Bibliothek der Sternwarte Hamburg-Bergedorf den Vorträgen auf der SONNE-Tagung.

Astronomie vor Ort

Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten

Sternwarten und Astrovereine 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,
D-93047 Regensburg
www.sternwarte-regensburg.de

Öffentliche Führung
jeden Freitag **ab 21:00 Uhr**

Fr. 15.9.2017, 20:00 Uhr:
Blaue Sternriesen als Landschafts-
gärtner – auf Tour durch atemberauben-
de Himmelsregionen
Friedrich Ginglseder,
Sternwarte Regensburg

Do. 5.10.2017, 18:30 Uhr:
Führung „Faszination Weltall“
Kepler Gedächtnishaus und
Sternwarte Regensburg

Fr. 13.10.2017, 20:00 Uhr: Prakti-
sche Himmelsbeobachtung mit
Teleskop und Fernglas
Gottfried Meissner,
Sternwarte Regensburg

Do. 19.10.2017, 18:30 Uhr: Führung
„Faszination Weltall“
Kepler Gedächtnishaus und
Sternwarte Regensburg

Fr. 17.11.2017, 20:00 Uhr
Gezeitenkräfte – wie Ebbe und
Flut das Gesicht eines
Himmelskörpers verändern
Martin Nafz, Sternwarte Regensburg

Nordrhein-Westfalen

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

Sternwanderungen

Blick auf die Schätze des Nachthimmels mit
bloßem Auge und mit den Ferngläsern und
Teleskopen der Sternwarte. Ein unvergess-
liches Naturerlebnis.

September

Fr. 15.9.2017, 20:30-22:30 Uhr
Fr. 15.9.2017, 23:00-1:00 Uhr
Sa. 16.9.2017, 1:30-3:30 Uhr
Sa. 16.9.2017, 20:30-22:30 Uhr
So. 17.9.2017, 1:30-3:30 Uhr
Fr. 22.9.2017, 21:00-23:00 Uhr
Fr. 22.9.2017, 23:30-1:30 Uhr
Sa. 23.9.2017, 2:00-4:00 Uhr
Sa. 23.9.2017, 21:00-23:00 Uhr
Sa. 23.9.2017, 23:00-1:30 Uhr
So. 24.9.2017, 2:00-4:00 Uhr

Oktober

Fr. 20.10.2017, 20:00-22:00 Uhr
Fr. 20.10.2017, 22:30-0:30 Uhr
Sa. 21.10.2017, 1:00-3:00 Uhr
Sa. 21.10.2017, 20:00-22:00 Uhr
Sa. 21.10.2017, 22:30-0:30 Uhr
So. 22.10.2017, 1:00-3:00 Uhr

November

Fr. 10.11.2017, 18:00-20:00 Uhr
Fr. 10.11.2017, 20:30-22:30 Uhr
Fr. 17.11.2017, 18:00-5:00 Uhr
Leonidennacht

Österreich

Astronomischer Arbeitskreis
Salzkammergut / Sternwarte Gahberg
Adresse: Sachsenstraße 2,
AT-4863 Seewalchen
www.astronomie.at

Sternwarte Gahberg: Führungen jeden
10., 20. und 30. des Monats.
Nähere Infos unter www.astronomie.at
bzw. Servicetelefon **07662-8297**

Mi. 20.9.2017, 19:30 Uhr:
Sternwarte Führung – Saturn
Sa. 30.9.2017, 19:00 Uhr:
Sternwarte Führung – Saturn
Do. 26.10.2017, 14:00 Uhr:
Tag der offenen Tür – Astro-Foto
Gebrauchtmart

Schweiz

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

Sternwarte geöffnet
jeden Mittwoch ab 19:00 Uhr.

Zusätzlich Veranstaltungen des Plane-
tariums jeden Mittwoch, Freitag, Sams-
tag und Sonntag

Aktuelle Shows und Showtermine unter
www.avk.ch, telefonisch (Mo – Fr 14 – 17
Uhr): **+41 71 677 3800** oder per Mail an:
info@planetarium-kreuzlingen.ch

AUSSTELLUNG INFORMIERT ÜBER »STERNENREGION EIFEL«

Die Astronomie-Werkstatt »Sterne ohne Grenzen« macht mit einer Wanderausstellung durch die Gemeinden der Nationalparkregion Werbung für die Vermeidung von Lichtverschmutzung und informiert über die »Sternenregion Eifel«.

Die Ausstellung richtet sich sowohl an die Bürgerinnen und Bürger der Eifel als auch an die Besucher und Gäste aus nah und fern. Die Ausstellung »Sternenregion Eifel« war bereits in den Kreishäusern von Euskirchen und Düren zu sehen sowie in einer englischsprachigen Version auf der Jahreskonferenz der EUROPARC Federation in der Schweiz und auf der Internationalen Tourismus Messe in Berlin.

Vorbildliche Leuchten und Ratespiel

Informative Rollup-Poster mit anschaulichen Grafiken und Bildern sowie mehrere Beispielleuchten für eine vorbildliche, belastungsarme Beleuchtung, ein Groß-Monitor mit Videoanimationen, mehrere Fotoposter aus der Eifelregion bei Nacht und eine große Sternkarte mit Tiermodellen sowie eine Rätselaufgabe laden ein, sich über die Folgen der Lichtverschmutzung und die Bedeutung der

natürlichen Dunkelheit zu informieren. Außerdem lädt ein weiteres Ratespiel zum genauen Betrachten der Ausstellung ein und lockt mit attraktiven Gewinnen.

Die Region um den Nationalpark Eifel ist ein idealer Ort, um den Sternenhimmel und die Milchstraße zu beobachten. Der Nationalpark Eifel und der Naturpark Nordeifel haben sich zum Ziel gesetzt, die Natur vor den Belastungen des künstlichen Lichts, der sogenannten Lichtverschmutzung, zu schützen und die Artenvielfalt auch in der Nacht zu erhalten und zu fördern.

Vom Sternepark zur Sternenregion

Das Naturerlebnis, einen sternenreichen Nachthimmel beobachten zu können, soll auch für nachfolgende Generationen erhalten bleiben. Deshalb ist der Nationalpark Eifel im Jahr 2014 als erster »International Dark Sky Park« in Deutschland durch die Interna-

tional Dark Sky Association (IDA) mit dem Titel »Sternepark Nationalpark Eifel« ausgezeichnet worden.

Der Sternepark wird durch ein Projekt des Naturparks Nordeifel zu einer »Sternenregion Eifel« weiterentwickelt. Alle Kommunen in der nordrhein-westfälischen Eifel werden eingebunden. Auch eine Zusammenarbeit mit dem Naturpark Hohes Venn-Eifel in Belgien und mit den benachbarten belgischen Gemeinden ist vorgesehen. Dieses Vorhaben unterstützen die NRW-Stiftung Naturschutz, Heimat- und Kulturpflege, das EU-LEADER-Programm und der Kreis Euskirchen.

► Harald Bardenhagen

SURFTIPPS

- Sternenregion Eifel mit Terminplan der Ausstellungsstätten

 **Kurzlink:** oc1m.de/a11089



▲ Abb. 1: Astronomie und Natur – die meisten Sternbilder sind nach Tieren benannt.

H. Bardenhagen

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

MINT-GIRLS-BESUCH BEI DER STERNWARTE REGENSBURG

Im Rahmen des diesjährigen Projekts »Musik und Kommunikation« besuchten die MINT-Girls Regensburg am 7. Juli die Volkssternwarte Regensburg und erfuhren dabei einiges über Johannes Keplers berühmte Gesetze zur Bewegung der Planeten.



▲ Abb. 1: Die MINT-Girls Regensburg bei ihrem Besuch der Sternwarte Regensburg. *Friedrich Ginglseder*

Auch im Jahr 2017 veranstalteten die Universität Regensburg und die Ostbayerische Technische Hochschule wieder das Projekt MINT-Girls Regensburg, dieses Jahr unter dem Motto »Musik und Kommunikation«. Die Initiative will Mädchen und jungen Frauen die faszinierende Welt von Naturwissenschaft und Technik näherbringen und auf Studiengänge im natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereich neugierig machen. Unter Anleitung von Dr. Stephan Giglberger und Diplom-Pädagoge Armin Gardeia nehmen 16 interessierte Schülerinnen der zehnten und elften Jahrgangsstufe

aus Gymnasium oder fortführenden Berufsschulen am Projekt teil. Das Projekt bietet über einen Zeitraum von sieben Monaten zahlreiche Vorlesungen, Workshops und Experimente, die sich thematisch am roten Faden »Harmonices Mundi« orientieren.

Der Nachmittag des 7. Juli begann im Regensburger Keplermuseum: Der Historiker, Gästeführer, Texter und Autor Matthias Freitag führte die Gruppe durch das »document Keplerhaus« in der Regensburger Altstadt und erzählte über die damalige Weltanschauung, den Glauben und die Wissenschaft. Ein kleiner Ausschnitt aus dem dritten Buch von Johannes Kepler, der in Regensburg verstarb, interessierte die MINT-Girls besonders: die »Harmonices Mundi« – die Harmonik der Welt.

Der Astronom und Naturphilosoph Johannes Kepler erschloss in den 1620er Jahren aus den Bewegungen der Planeten die drei heute nach ihm benannten Gesetze. Die damalige Welt war geprägt von der Überzeugung, dass es eine göttliche Ordnung der Welt gibt – den Kosmos. Kosmos ist das griechische Wort für Ordnung oder Weltordnung. Bis kurz vor Keplers Zeit galt noch das geozentrische Weltbild, in dem die Erde im Mittelpunkt des Kosmos steht. Kopernikus, Galilei und Kepler revolutionierten das Weltbild durch die Erkenntnis, dass der Mond, die Erde und alle

Planeten die Sonne umkreisen. Kepler war bemüht, dennoch eine göttliche Ordnung in all dem zu erkennen und beschrieb die Welt in den fünf Büchern der »Harmonices Mundi«.

Nach dem Keplermuseum ging es weiter zur Sternwarte Regensburg, wo sich inzwischen auch drei ehemalige MINT-Girls ehrenamtlich engagieren, Vorträge halten und Führungen geben. Auf der Plattform und in der Kuppel zeigten zwei der Vorstände, Friedrich Ginglseder und Gottfried Meissner, den MINT-Girls die Teleskope und die verwendeten Filter, damit die Teilnehmerinnen anschließend selbst Sonnenbeobachtungen durchführen konnten. Trotz der immer wieder durchziehenden Wolken konnten sie dabei die Sonnenflecken und Flares gut erkennen.

Anschließend erklärte Dr. Christine Thoms den mathematischen Hintergrund der »Harmonices Mundi«: die Bewegungen der Planetenbahnen nach Kepler. Von besonderer Bedeutung war dabei für die MINT-Girls das dritte Keplersche Gesetz, nach dem die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten sich wie die dritten Potenzen der großen Bahnhalbachsen verhalten. Die damit ausgedrückten Zahlenverhältnisse entsprechen auch musikalischen Intervallen, wie Dr. Michael Braun, Musikwissenschaftler an der Universität Regensburg, anschließend erläuterte. Weitere Intervalle »verstecken« sich in den Geschwindigkeitsunterschieden zwischen Perihel und Aphel der Planeten, also an den Punkten der sonnen nächsten und sonnenfernsten Stellen ihrer Umlaufbahn. Auch das Team der Sternwarte konnte somit durch den Besuch der MINT-Girls wieder einiges lernen.

► Sven Seeberg und Dr. Stephan Giglberger



▲ Abb. 2: Auch ein Blick auf die Sonne mit ihren Sonnenflecken und Flares wurde den Besucherinnen, wie hier Martina Baier, geboten. *Friedrich Ginglseder*

SURFTIPPS

- MINT-Girls Regensburg
- Sternwarte Regensburg
- document Keplerhaus

 **Kurzlink:** oc1m.de/a11090

MARKTPLATZ

Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern.

Diese Inhalte werden von unseren Sponsoren gestellt und sind nicht redaktionell bearbeitet.

Vixen: Polarie Star Tracker Upgrade – Set



Die Firma Vixen hat nun ein platzsparendes Zubehör im Programm, womit der Fotograf auch ein größeres Teleobjektiv nachführen kann. Mit diesem neuen Zubehör für die Polarie hat der Astrofotograf die Möglichkeit seinen schon vorhandenen Polarie Star Tracker zu einer Paralaktischen Reisemontierung mit bis zu 6,5kg Tragkraft nachzurüsten. Kernstück ist der neue Multi- Montageblock (Art. 35522), der an der Polarie angebracht wird und eine Schwalbenschwanz-Aufnahme besitzt. An diesem Block kann die Schwalbenschwanzschiene DD (Art. 35525) angebracht werden, die mit mehreren Fotogewinde-Schrauben versehen ist und somit die Montage mehrerer Kameras oder das Anbringen eines größeren Teleobjektives oder Teleskops erlaubt.

Für das Arbeiten mit schweren Objektiven oder Teleskopen kann eine separate Gegengewichtsstange mit Gegengewicht angebracht werden. Mit der Quick Release Panorama Klemme (Art. 35527) und der Quick Release Angle Platte (Art. 35526) steht dem Fotografen nun auch eine Verstellung in Deklination zu Verfügung.

Der neue optionale Polsucher erlaubt eine sehr genaue und einfache Einstellung über zwei Referenzsterne ohne Datum und Uhrzeit einzustellen. Das Polsucherfernrohr ist zudem beleuchtet, dimmbar und verfügt über eine automatische Abschaltung. Passend zu dieser Montierung bietet Vixen die Polar Fine Adjustment Unit (Art. 35519) an, mit der eine sehr feinfühlig Polausrichtung möglich ist.

Weitere Informationen unter: <https://www.vixen-astronomie.de/produkte/polarie-star-tracker/polarie-multi-mounting-block-1/>

Der beliebte kleine Star Tracker wurde bisher hauptsächlich für die Fotografie von Sternfeldaufnahmen im Weitwinkel-Bereich genutzt. Viele Objekte benötigen jedoch eine höhere Brennweite um lohnenswerte Auf-

nahmen zu bekommen. Gerade auf Flugreisen ist das ein Problem, wenn die große Montierung nicht mehr in das Gepäck passt und auf das große Teleobjektiv verzichtet werden muss.

Lacerta: Motorfokus – Präzision für Ihren Okularauszug

Stabile Haltekraft, kein Durchrutschen zum Zenit hin mehr, präzisiertes Fokussieren über Ascom oder standalone, Temperaturkompensation mit extern platzierbarem Fühler, erleben auch Sie die vielen Vorteile des MFOC. Jetzt neu: Adaption an alle gängigen Takahashi-Teleskope und verschiedene Feather-

touch-Okularauszüge verfügbar. Fragen Sie uns - wir blicken durch!

Weitere Informationen unter: <https://teleskop-austria.at/index.php?search=mfla#m>

Lacerta Motorfocus montiert an den Feather-Touch-2-Zoll-Crayford-Zahnstangenauzug.



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



Termine für Sternfreunde Oktober/November 2017

Tagung der VdS-Fachgruppe Kometen

6.10.–8.10.2017

D-71116 Gärtringen

Astronomietage Ostfriesland

12.10.–15.10.2017

D-26639 Wiesmoor Zwischenbergen

Praktischer astronomischer Samstag (PaS)

21.10.2017

D-49828 Neuenhaus

Tagung der VdS-Fachgruppe Geschichte der Astronomie

27.10.–29.10.2017

D-28865 Lilienthal

Norddeutsches Astrofotografentreffen (NAFT)

4.11.2017

D-24537 Neumünster

Bochumer Herbsttagung BoHeTA 2017

11.11.2017

D-44801 Bochum



LESERBRIEFE

Abenteuer Astronomie Heft 10 – Stoyans Sky

Schön, dass zur Beobachtung eines der interessantesten Objekte der Galaxiengruppen angeregt wird. Noch dazu, wo die Entwicklung der umstrittenen Ansichten über Wechselwirkungen der Galaxien im Quintett (und bis zu NGC 7331) heute dank Internetrecherche und dem Zugriff auf Archive zu einer sehr spannenden Angelegenheit wird.

Zu den Informationen »Im Detail« ist allerdings eine wichtige Korrektur notwendig: die Rotverschiebung von NGC 7320 ist eben doch ähnlich wie die der anderen Galaxien der Gruppe! In der Datenbank SIMBAD ist zu lesen, dass laut einer Publikation von Woods, Geller und Barton aus dem Jahr 2006 für NGC 7320 eine scheinbare Fluchtgeschwindigkeit von 5779 km/s ermittelt wurde. Also gehört diese Galaxie doch zum Quintett. Doch die Mühlen der Zeit mahlen auch in der Wissenschaft langsam.

Warum und wie Geoffrey und Eleanor Margaret Burbidge (nicht Burbridge) 1961 einen viel zu niedrigeren Wert der Rotverschiebung ermittelt haben, u.a. Halton Arp dennoch unbeirrbar am

Status von NGC 7320 als Gruppenmitglied festhielt, was es mit einem »im Spiralarm« von NGC 7320 sichtbaren Quasar auf sich hat und tiefe Belichtungen in verschiedenen Wellenlängenbereichen zeigen etc., darüber kann sich jeder selbst ein Bild machen: dank der Online-Archive. *Martin Nischang*

Ich gebe zu, dass mich die Aussage, NGC 7320 sei doch ein Teil der physikalischen Galaxiengruppe des Quintetts, zunächst sehr überrascht hat, und ich an meiner Recherche zweifelte. Ich habe mir jedoch zur Beantwortung Ihrer Frage die neuesten Forschungsarbeiten zu Stephans Quintett angesehen und darf Ihnen widersprechen: Alle modernen Forschungen sehen NGC 7320 als Vordergrundgalaxie, die nicht zum Quintett gehört. Scheinbar ist die von Ihnen zitierte Arbeit nicht dort angenommen worden oder ihr Ergebnis wird nicht akzeptiert. Wenn man diese Studie genauer ansieht, handelt es sich gar nicht um eine Untersuchung des Quintetts, sondern generell um eine Untersuchung der Korrelation von Rotverschiebung und Ha-

Emission von wechselwirkenden Galaxienpaaren und kompakten Galaxiengruppen

(Link zur pdf-Datei: <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0603175.pdf>). Aus dem Artikel kann ich im Detail deshalb nicht auf die Stichhaltigkeit der behaupteten Messung schließen.

Die Moral von der Geschichte: Auch vertrauenswürdige Datenbanken wie SIMBAD sind nicht fehlerfrei. Ich würde immer eine Literaturrecherche empfehlen. Und es bleibt wohl Interpretationsspielraum für weitere Untersuchungen.

Ronald Stoyan

Abenteuer Astronomie Heft 10 – Deiters' erstaunliche Fakten

Sie schreiben im letzten Heft über Merkurtag und Merkurjahr. Zu Ihren inhaltlich völlig richtigen Ausführungen gibt es meines Erachtens eine durchaus kuriose Ergänzung: Durch die elliptische Bahn des Merkur und seine sehr langsame Eigendrehung kann es vorkommen, dass die Sonne am Himmel stationär wird, sich kurz rückläufig bewegt und dann wieder in der »normalen« Richtung weiterwandert. Je nach Position eines Merkurianers kann das sogar dazu führen, dass die Sonne aufgeht, kurz später in der selben Richtung wieder untergeht und dann ein zweites Mal aufgeht oder umgekehrt, dass sie nach dem Untergang nochmals kurz »vorbeischaufte«. Ich habe diese rückläufige Bewegung vor einigen Jahren einmal in einem Planetariumsprogramm nachvollzogen.

Wolfgang Stroh



Buch: Astrofotografie

Wer aufmerksam die Arbeiten von Hobbyfotografen verfolgt, zum Beispiel deren Einsendungen zu Fotowettbewerben, bemerkt, wie sich gelungene Nachtaufnahmen häufen. Die Empfindlichkeit der Digitalkameras erschließt auch Landschaftsfotografen ohne astronomische Kenntnisse oder entsprechendes

Equipment den Nachthimmel. Katja Seidel hat sich eben dieses Themas angenommen. »Spektakuläre Bilder ohne Spezialausrüstung« lautet der Untertitel ihres Buches »Astrofotografie«. Diesem Motto bleibt sie 293 Seiten lang treu – erst dann geht es in Kapitel 14 ihres Leitfadens um »Weiterführendes Equipment«. Darin taucht erstmals auch die Nachführtechnik auf. Davor zeigt die Autorin, wie ansprechende Aufnahmen mit stehenden DSLR- und Systemkameras gelingen. Seidels Lieblingsmotive, das legt zumindest die Bildauswahl nahe, sind große Sternfelder, gerne horizontnah und in Kombination mit Wasser oder Gebirgen. Ihr Panorama der Milchstraße, bei dem sich die hellsten Sterne auf der Oberfläche eines Bergsees spiegeln, würde jede Fototapete adeln.

Deep-Sky-Fotografie mit längeren Brennweiten läuft bereits unter »fortgeschritten«. Seidel ist im Grenzbereich der Astrofotografie zur Landschafts- und Available-Light-Fotografie unterwegs. In

diesen bekommt der Leser einen sehr tiefen Einblick – auch deswegen, weil einige spezielle Themen der Astrofotografie ausgeklammert sind: Hochauflösende Planetenfotografie spielt zum Beispiel keine Rolle. Dafür ist ein Fotoprojekt detaillierten Mondaufnahmen gewidmet. Spannend zu sehen, dass Seidel bei vielen Aufnahmen wenig dem Zufall überlässt. Sie schildert ihre detaillierte Aufnahmeplanung und die Verarbeitung der Rohbilder. Einige davon stehen Lesern zum Download bereit. 15 Fotoprojekte befassen sich unter anderem mit Leuchtenden Nachtwolken, einem Milchstraßenpanorama, Polarlichtern, einer Collage der Perseiden, dem Verlauf einer Mondfinsternis oder M 31.

► Stefan Zaruba



Q IM DETAIL

Katja Seidel:

Astrofotografie - Spektakuläre Bilder ohne Spezialausrüstung.

Rheinwerk-Verlag, 2017,

ISBN: 978-3-8362-4252-3,

39,90 €

iOS-App: GoSatWatch

Sie können sowohl störend als auch faszinierend sein: die zahlreichen Satelliten, deren Bahnen wir in den Abend- oder Morgenstunden am Himmel beobachten können, wenn die Sonne unter dem Horizont steht und die Satelliten während ihres Überflugs noch beleuchtet. Astrofotografen ärgern sich meist über Satelliten und die von ihnen erzeugten Strichspuren, manche engagierte Amateurastronomen suchen aber auch die Herausforderung, ausgewählte Satelliten oder die ISS bei ihrem Überflug zu beobachten oder zu fotografieren. Für beide Gruppen ist es wichtig, sich über die aktuellen Flugbahnen von Satelliten im Erdborbit informieren zu können. Genau dies ermöglicht die für iPad und iPhone erhältliche App GoSatWatch der Firma GoSoftWorks: Übersichtlich und in verschiedenen Kartendarstellungen kann der Nutzer sich die Bahn verschiedener Satellitengruppen

pen anzeigen lassen: Neben der ISS können etwa auch die 92 Iridium-Satelliten, 31 verschiedene GPS-Satelliten, 84 Globalstar-Satelliten, 59 Orbcomm-Satelliten, 116 Radiosatelliten oder wahlweise nur die aktuell sichtbaren Satelliten angezeigt und detaillierte Informationen zu ihnen abgerufen werden. Will man einen speziellen Erdbegleiter beobachten, so kann hierzu die Sky-Ansicht gewählt werden, die den exakten Bahnverlauf des Satelliten am Himmel des Beobachtungsortes anzeigt.

Die iOS-App GoSatWatch ist eine informative App, die nicht nur Astrofotografen helfen kann, Bilder mit unerwünschten Satelliten-Spuren zu vermeiden. Die App ist auch geeignet, den Blick auf die künstlichen Erdbegleiter zu er-



weitern und diese zu einem Beobachtungsgegenstand für Amateurastronomen zu machen – denn oft reicht schon ein vorhandenes Fernglas, um die einzelnen Satelliten und deren Überflüge in der Dämmerung zu beobachten.

► Ullrich Dittler

Q IM DETAIL

iOS-App: GoSatWatch, 30 MB, Version 4, iOS 8,4 oder höher, 9,99 €

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, zu gewinnen gibt es interessante Preise. 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?



Unter Ausschluss des Rechtswegs verlosen wir diesmal drei Mal ein »Astro-Praxis-Buchpaket«, bestehend aus den Titeln »Die Sonne«, »Meteore«, »Kometen« und »Galaxien«. Im Titel »Die Sonne« werden die Phänomene auf der Sonne erklärt und gezeigt, wie man diese mit modernen Sonnenteleskopen beobachten und fotografieren kann. »Meteore« informiert über die Entstehung der Sternschnuppen und gibt einen Einblick in die Erforschung dieser Objekte.

Das Buch »Kometen« erklärt, warum sich frühere Generationen beim Auftauchen von Kometen zu Tode erschreckt haben, welche Erscheinungsformen Kometen haben und beschreibt ausführlich, wie die Schweifsterne mit Amateurteleskopen beobachtet und fotografiert werden können. Abgerundet wird das Buchpaket durch den Band »Galaxien« – eine einzigartige Quelle an Informationen und Anregungen für Deep-Sky-Beobachter mit praktischen Tipps für die Beobachtung und Fotografie.

Bitte teilen Sie uns Ihre Lösung sowie Ihren Namen und Ihre Anschrift bis zum 30. Oktober 2017 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 »Astro-Praxis-Buchpaket«.



Auflösung aus Heft 10: NGC 3372 – »Der Carinanebel«

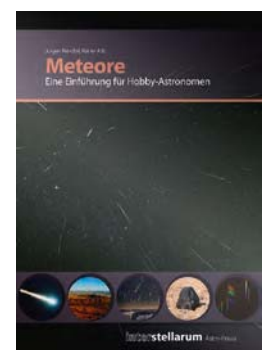
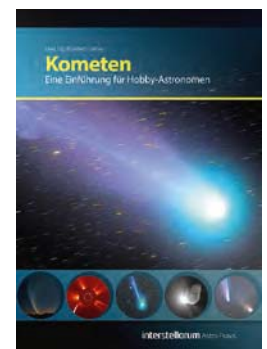
Der Carinanebel ist ein Emissionsnebel im südlichen Sternbild Kiel des Schiffs und damit für Beobachter auf der Nordhalbkugel nicht sichtbar. Der Nebelkomplex liegt im Sagittarius-Arm unserer Milchstraße und ist eine der größten HII-Regionen unserer Galaxie. *Steffen Behnke*

GEWINNER

Die Gewinner des Astro-Puzzles in Abenteuer Astronomie 10 sind:

- Wolfgang Bernhardt, Herrischried
- Michael Hoppe, Remscheid

Die Gewinner erhalten je eine interstellarum Archiv-DVD.



»Astro-Praxis-Buchpaket«: Die Sonne, Meteore, Kometen, Galaxien, 94,60€

Vor 100 Ausgaben: interstellarum 11

Aktion Offene Sternhaufen

J. Lamprecht



▲ Abb. 1: Früh übt sich: Jürgen Lamprecht mit Nachwuchs am Sternatlas.

Berufsastronomen setzen Offene Sternhaufen gerne in den Fokus ihrer Teleskope, trägt doch deren Erforschung maßgeblich dazu bei, die Sternentwicklung und die Struktur unserer Galaxis besser zu ver-

stehen. Ganz anders sieht die Situation unter uns Amateurastronomen aus: Hier stehen diese Objekte seit jeher im Schatten optisch spektakulärerer Gasnebel und Galaxien.

Dies war Auslöser für die »Aktion Offene Sternhaufen«, die vor gut 20 Jahren in interstellarum 11 angestoßen wurde. Von den mittlerweile fast 1500 in unserer Milchstraße bekannten Sternhaufen gehörten zu dieser Zeit nur sehr wenige zum Kanon der Beobachter und Fotografen.

Damit waren Offene Haufen eine gute Möglichkeit, ausgetretene Pfade zu verlassen, und dies mit einfachem Equipment auch unter ungünstigen Beobachtungsverhältnissen. Der größte Teil der damals unbeachteten Objekte ist nämlich auch bescheidenen Optiken zugänglich.

Mir selbst hatten es vor allem Sternhaufen angetan, die in bis dato unbekannten Kata-

◀ Abb. 2: Der Aufruf zur Beobachtung Offener Sternhaufen in interstellarum 11.

SURFTIPPS

- interstellarum 11 zum Download

 [Kurzlink: oc1m.de/a11097](http://oc1m.de/a11097)

logen aufgeführt wurden. 1997 war es dabei tatsächlich noch eine Herausforderung Informationen über diese Sternhaufen zu finden, Besuche in Sternwarten-Bibliotheken waren damit unverzichtbar.

Dies hat sich in den letzten 15 Jahren drastisch verändert: Magazinartikel, Sternhaufen-Monografien für Beobachter sind erschienen, viele Ressourcen nun im Internet zugänglich. Besonders das umfassende Buch »Star Clusters« von Archinal und Hynes hat 2003 die Sachlage nachhaltig verändert. Dieses Werk ist eine perfekte Basis für eigene Beobachtungsprojekte. Und tatsächlich findet man mittlerweile zu den meisten Katalogen systematische Beobachtungsreihen von Amateuren.

Persönlich konnte ich leider nicht wie erhofft zur Aktion beitragen, kurze Zeit später haben mich Beruf und Familie andere Schwerpunkte setzen lassen, doch wie das Foto zeigt, könnte eine Änderung in Sicht sein...

► Jürgen Lamprecht



Abenteuer Astronomie Extra, Himmels-Almanach 2018, im Handel ab 20. Oktober



Daniel Förtsch

Die astronomischen
Ereignisse des Jahres,
Woche für Woche be-
schrieben vom erfahre-
nen Autorenteam von
Abenteuer Astronomie.

► Mit zahlreichen
Beobachtungstipps,
Daten und Aufsuchkarten.

► Der ideale Begleiter
durch das Jahr.

Abenteuer Astronomie Heft 12 erscheint am 24. November 2017.

UNSERE PARTNER & SPONSOREN

Händler

APM
Lacerta
Vixen

Sternwarten

Astronomischer Arbeitskreis Salzkammergut
Sterne ohne Grenzen, Köln
Sternwarte Kreuzlingen
Sternwarte Regensburg

Medien

Astrotreff.de
CalSky.com
CCD-Guide

Privatpersonen

Daniel Buerger
Pierre Capesius
Prof. Dr. Ullrich Dittler
Constantin Lazzari
Dirk Lorenzen
Franz-Peter Pauzenberger
Arne Ristau
Daniel Schmid
Erich Suter

Wir danken allen
Unterstützern herzlich!

EXPERTEN-BEIRAT

Arnold Barmettler
Prof. Dr. Ullrich Dittler
Prof. Dr. Ulrich Heber
Volker Heinrich
Dr. Sebastian Heß
Manfred Holl

Bernhard Hubl
André Knöfel
Dr. Harald Krüger
Dr. Detlef Koschny
Burkhard Leitner
Dr. Andreas Müller

Andreas Pfoser
Herbert Raab
Dr. Jürgen Rendtel
Harrie Rutten
Nico Schmidt
Waldemar Skorupa

Lambert Spix
Wolfgang Vollmann
Dr. Mario Weigand

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

Website

www.abenteuer-astronomie.de

Impressum

Abenteuer Astronomie
ISSN 2366-3944

Verlag

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

Geschäftsführung

Marion Faisst, Ronald Stoyan

Herausgeber

Ronald Stoyan

Chefredaktion

Dr. Stefan Deiters

Redaktion

Daniel Fischer, Paul Hombach, Christian Preuß

Kolumnen

Steffen Behnke, Dr. Stefan Deiters,
Prof. Ullrich Dittler, Michael Feiler, Daniel Fischer, Kay
Hempel, Manfred Holl, Paul Hombach, Karl-Peter Julius,
Dr. Andreas Müller, Nico Schmidt, Andreas Schnabel,
Lambert Spix, Ronald Stoyan, Stefan Taube,
Dr. Mario Weigand, Stefan Zaruba

Korrektur

Verena Tießen, Manfred Holl, Paul Hombach,
André Knöfel

Anzeigenleitung

Marion Faisst

Abo-Service

Melanie Jessen

Herstellung

QUERWILD GmbH, Dieter Reimann

Grafik

Arnold Barmettler,
Dieter Reimann

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 2017

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 (Galakti-
scher Nebel), GC (Kugelsternhaufen), Gx (Galaxie), Qs
(Quasar), As (Sternmuster)

Kartenverweise: Deep Sky Reiseatlas (DSRA), in-
terstellares Deep Sky Atlas (isDSA), Fotografischer
Mondatlas (FMA)