

REDAKTION IM EINSATZ

Redaktionstreffen in Bonn

Vom 10. bis 12. Juni trafen sich in der Bonner Volkssternwarte die Redaktion sowie Kolumnisten und Experten von Abenteuer Astronomie. Dabei wurde kritisch über die bisher erschienenen Ausgaben diskutiert und der Themenplan für das Jahr 2017 festgelegt. Soviel kann schon heute verraten werden: Es werden sechs abwechslungsreiche Hefte werden, mit der für die Zeitschrift typischen Mischung aus populärer Wissenschaft und praktischer Astronomie.



Ein zentraler Punkt des Treffens war die Übergabe der Chefredaktion von Ronald Stoyan an Stefan Deiters. Deiters hat Physik in Kiel studiert und sich in Heidelberg in Astronomie zum Thema Kugelsternhaufen promoviert. In der deutschsprachigen Astronomie-Szene bekannt ist er vor allem als Kopf hinter dem Nachrichtenportal astronews.com, das seit 1999 erfolgreich astronomisches Wissen vermittelt. »Stefan Deiters verfügt zudem über journalistische Erfahrung als langjähriger freier Mitarbeiter bei den Kieler Nachrichten – zusammen mit dem astronomischen Fachwissen eine ideale Kombination, um die Redaktion von Abenteuer Astronomie zu leiten«, so Stoyan in Bonn.

Stoyan zieht sich damit zwar aus dem redaktionellen Tagesgeschäft zurück, bleibt der Zeitschrift aber als Verleger und in der Funktion des Herausgebers erhalten. Im Heft selbst wird er als Autor sichtbar bleiben und kehrt mit seinen festen Rubriken zur Deep-Sky (Seite 44) und Planeten-Beobachtung (Seite 34) zu seinen Wurzeln zurück.



Ronald Stoyan
Herausgeber



Stefan Deiters
Chefredakteur

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

vor 100 Jahren, als die Länder Europas sich im Ersten Weltkrieg bekämpften, ersann der deutsche Astronom Karl Schwarzschild erstmals ein theoretisches Konstrukt, das heute als Schwarzes Loch bezeichnet wird. Wir blicken in diesem Heft auf die spannende Geschichte ihrer Erforschung zurück, die mit der ersten direkten Beobachtung der Gravitationswellen vom Verschmelzen zweier Schwarzer Löcher im vergangenen Jahr einen weiteren Höhepunkt fand.

Totale Sonnenfinsternisse gehören wohl zu den spektakulärsten astronomischen Himmelschauspielen, die man beobachten kann. Gleich zwei Leser berichten in diesem Heft von ihren Erlebnissen in Indonesien während der Sonnenfinsternis im März.

Mit dieser Ausgabe vollzieht sich zudem ein personeller Führungswechsel in der Chefredaktion. Nach 22 Jahren in dieser Funktion bei interstellarum und Abenteuer Astronomie übergibt Ronald Stoyan die Leitung an Dr. Stefan Deiters (siehe Redaktion im Einsatz). Unverändert bleibt die inhaltliche Ausrichtung der Zeitschrift: Eine spannende Mischung aus populärer Wissenschaft und praktischem Hobby. Dafür sorgt nicht nur unser bewährtes Team aus Kolumnisten, sondern künftig auch ein neuer Experten-Beirat, der der Redaktion bei fachlichen Fragen zur Seite stehen wird. Abenteuer Astronomie wird also weiterhin Ihre unterhaltsame und informative Lieblingslektüre bleiben.

Ihr

Stefan Deiters
Ronald Stoyan

Schwarze Löcher

Wissen

First Light

- 8 Laser für scharfe Bilder
- 9 Blase aus Sternwind
- 10 Kommen und Gehen im Orbit

Fischers fantastische Zahlen

- 12 4,8 Millionen Arbeitsstunden

Deiters' erstaunliche Fakten

- 13 Gibt es gemeinsame Transite von Merkur und Venus?

Hauptartikel

14 **Schwarze Löcher**

100 Jahre zwischen Theorie und Nachweis

Hintergrund

- 20 Suche nach Planet Neun

Update

- 24 Per Laser durch die Galaxis
- 25 Der goldene Spiegel von James Webb

Müllers Universum

- 26 Warum dehnt sich das Universum aus?

Astro-ABC

- 27 C wie Cepheiden

14

100 Jahre zwischen Theorie und Nachweis



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 Laurentiustränen aus dem Perseus
- 29 Blauer Planet im Wassermann
- 29 Ein Hauch von Schatten

Aktuell im Sonnensystem

- 30 Der Mond im August/September
- 31 Die Planeten im August/September
- 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 Stadtbeobachter
- 41 Deep-Sky-Schätze Landbeobachter

Praxis

Spix' Spechteltipps

42 **Das silberne Himmelsband**

Die Sommermilchstraße mit bloßem Auge

Stoyans Sky

- 44 Im Netz des Cirrusnebels

Artikel

48 **Im Halbschatten der Erde**

Wann wird eine Halbschatten-Mondfinsternis sichtbar?

Astrophysik live

- 50 Die Entfernung der Sterne

42

Das silberne Himmelsband

Die Sommermilchstraße mit bloßem Auge



52

Auf die Montierung kommt es an

Technik

Dittlers Fotoworkshop

52 Auf die Montierung kommt es an

Dittiés Idee

54 Webcam-Ei wiederbelebt

Teleskop-Tuning

55 Tuben clever stabilisiert

Artikel

56 Merkurtransit extrascharf

Hochauflösende Transitbilder berechnen

Praxis-Check

58 Deep-Sky-Aufnahmen fast automatisch

Weigands Techniktipps

62 Das perfekte Flatfield

66

Schwarze Sonne über dem Kaolin-See

Erlebnis

Artikel

66 Schwarze Sonne über dem Kaolin-See

Sonnenfinsternis-Beobachtung auf der Insel Belitung

70 Finsternis zwischen Kokoschalen

Eine Tauch- und Sonnenfinsternis-Reise nach Indonesien

Mein bestes Astrofoto

74 Spektakuläre Plejaden

Leser-Galerie

76 Lesergalerie

Rückblick

77 Nacht der Polarlichter

80

Das Ende der Rosetta-Mission

Space Checker

Unsere Rubrik für Kids von Kids
Geocaching in der Milchstraße, Seite 82

Szene

Interview

80 »Wie wird die Rosetta-Mission enden, Herr Accomazzo?«

Space Checker

82 Geocaching in der Milchstraße

Netznews

84 Zielscheibe Jupiter

Diskurs & Diskussion

86 Ares für Bares

Vor 100 Ausgaben

87 interstellarum 4

Bericht

88 »Schönwetterkatastrophe« auf dem Vogelsberg

Astronomie vor Ort

90 Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten

Astro-Puzzle

91 Raten und gewinnen!

Rezensionen

92 101 Himmelsobjekte, die man gesehen haben muss

92 ISS Finder - Mobile Pass Prediction

Marktplatz

93 Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern

Leserbriefe

94 Leserbriefe

Rubriken

3 fokussiert

95 Termine

98 Vorschau

98 Kontakt

98 Impressum

98 Hinweise für Leser

ESO/F. Kamphues



Laser für scharfe Bilder

ESO/P. Habison



▲ Abb. 1: **Optische Astronomen sammeln nicht nur das schwache Licht der Sterne:** Sie schießen auch immer häufiger zurück! Leistungsfähige Laser erzeugen künstliche »Leitsterne« in der Hochatmosphäre der Erde und vermessen dabei exakt die Luftunruhe, die sonst Himmelsbilder verunstaltet. Rasend schnell verformbare Spiegel im Strahlengang können dann die Störungen wieder ausgleichen. Das Ergebnis sind im Idealfall gestochen scharfe Aufnahmen. Abb. 1a zeigt die erste Aktivierung der »Four Laser Guide Star Facility« am Very Large Telescope in Chile im April, Abb. 1b Vorversuche auf Teneriffa mit dem »Laser Guide Star«, der einmal die Bilder des in Chile geplanten European Extremely Large Telescope schärfen soll.

BLASE AUS Sternwind

Hubble und der Blasennebel



NASA, ESA | Hubble Heritage Team

▲ Abb. 2: Seine Katalognummer ist NGC 7635, aber man kennt ihn als »Bubble Nebula« oder Blasennebel: eine sechs bis zehn Lichtjahre große Gasblase um einen Stern von rund 15-facher Sonnenmasse, die er mit seinem Sternwind selbst erschaffen hat. Das Material, das der Stern ins All bläst, schiebt das dünne Gas zwischen den Sternen zusammen. Dadurch hat sich die Blasenwand gebildet und die energiereiche Strahlung des Sterns lässt sie aufleuchten. Schon der Astronom Wilhelm Herschel sah das 8000 Lichtjahre ferne Gebilde 1787 schwach in seinem Teleskop. Diese Ansicht, die das Weltraumteleskop Hubble mit seiner Wide Field Camera 3 gemacht hat, besteht aus vier Einzelbildern; die Farbauswahl entspricht nicht den natürlichen Farben des Nebels.

KOMMEN und GEHEN im Orbit

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt und darf nicht für kommerziellen oder privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



Viel Betrieb auf der ISS

◀ Abb. 3: Ein Schnappschuss aus der Internationalen Raumstation vom 6. April: im Bild drei der fünf damals angedockten Transport- und Versorgungsschiffe, neben den zwei Sojus-Vehikeln für den Personentransport auch ganz links ein Cygnus-Frachter. Kurz darauf traf auch noch ein Dragon-Raumfrachter ein: Zum ersten Mal waren damit je ein Lastentransporter der beiden Privatunternehmen Orbital ATK und SpaceX gleichzeitig angedockt. Beide Unternehmen hat die NASA mit der Versorgung der Raumstation beauftragt. Auch die (nicht-russischen) Astronauten sollen spätestens ab 2018 mit Raumschiffen der amerikanischen Privatindustrie an- und abreisen, während sich die NASA ganz auf Raumflüge jenseits des niedrigen Erdborbits konzentrieren will – zunächst in die Umgebung des Mondes und in den 2030-er Jahren dann auch zum Mars. Die ISS wird dann schon lange Geschichte sein.

⇌ INTERAKTIV



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

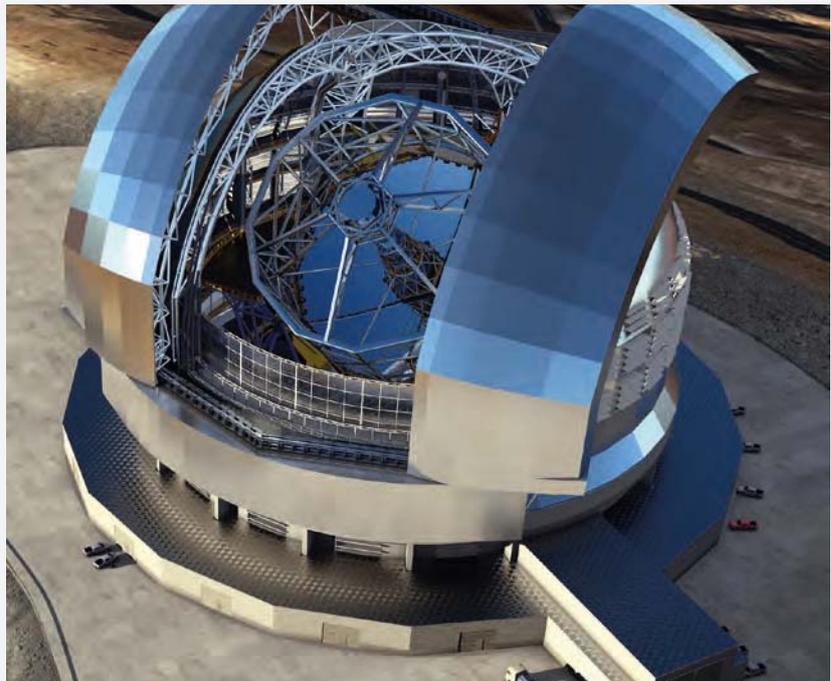
🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/fb

▶ Abb. 1: Computersimulierter Blick durch den Kuppelspalt auf das E-ELT: Mit der Auswahl des Herstellers steht nun auch das Design in den meisten Details fest.

Fischers fantastische Zahlen

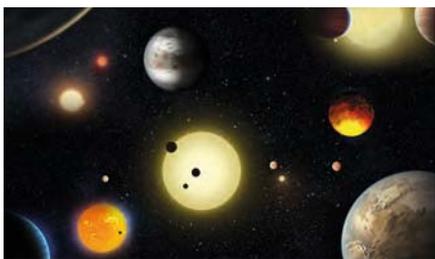
4,8 Millionen Arbeitsstunden

dürfte es erfordern, die Teleskopstruktur und den Schutzbau des European Extremely Large Telescope der Europäischen Südsternwarte in Chile zu errichten. Rund 400 Millionen Euro ist der Auftrag an ein Firmenkonsortium wert, der größte in der Geschichte der Astronomie am Erdboden. Auch sonst lässt das E-ELT die Rekorde purzeln: Sein Kuppelbau wird 80m hoch sein, die beweglichen Teile von Kuppel und Teleskop bringen es zusammen auf 8000 Tonnen, die Grundfläche ist so groß wie ein Fußballplatz. Und 30 Millionen Schrauben halten das Ungetüm zusammen, das 2024 in Betrieb gehen und 50 Jahre halten soll – und insgesamt 1,13 Mrd. Euro kosten wird.



ESO/L. Calçada/ACe Consortium

NASA/W. Stenzel



▶ Abb. 2: So stellt sich ein Künstler einige der »neuen« Planeten vor, die in den Daten des Weltraumteleskops Kepler entdeckt wurden.

1284 »neue« Exoplaneten

hat das Kepler-Projekt geliefert, doch es sind keine neuen Entdeckungen. Vielmehr hat erstmals eine vollautomatische Prozedur den gesamten Katalog der Planetenkandidaten des NASA-Satelliten durchforstet und durch systematisches Ausschließen von Alternativerklärungen viele bisher unklare Fälle »validieren« können. Kepler beobachtet die periodische geringe Abnahme der

Helligkeit eines Sterns, wenn etwas Dunkles vor ihm herzieht. Dass dies allerdings wirklich ein Planet des Sterns ist, lässt sich nur in wenigen Fällen mit anderen Daten beweisen. Die mit jeweils 99%iger Wahrscheinlichkeit echten Neuzugänge haben die Zahl der Kepler-Planeten auf 2325 mehr als verdoppelt: Es dominieren weiterhin die – im Sonnensystem nicht vorkommenden – Supererden.

1535 Kilometer Durchmesser

(mit den Fehlerbalken +75km/-225km) hat der Himmelskörper 2007 OR10 im Kuipergürtel jenseits der Neptunbahn nach einer neuen gemeinsamen Analyse von Helligkeitsmessungen im sichtbaren Licht und im Infraroten. Das Rückstrahlvermögen liegt überraschenderweise bei nur etwa 9%, weit geringer als die typischerweise mindestens

60% der großen Kuiper-Objekte. Damit »wächst« der noch namenlose 2007 OR10 gegenüber früheren Vermutungen um mehrere hundert Kilometer und steht auf dem 4. oder gar 3. Platz der Objekte im Kuipergürtel: Nur Pluto (2375km) und Eris (2330km) sind deutlich größer, während Makemake mit 1430km ein ähnliches Format hat.

🔗 SURFTIPPS

- E-ELT-Webseite der ESO
- Weltraumteleskop Kepler

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4012

Deiters' erstaunliche Fakten

Gibt es gemeinsame Transite von Merkur und Venus?



▼ Abb. 1: Der Merkurtransit am 9. Mai 2016. Bis Venus und Merkur gemeinsam vor der Sonnenscheibe zu sehen sein werden, müssen wir noch über 67.000 Jahre warten.

NASA Goddard Space Flight Center/SDO/G. Duberstein

Der Merkurtransit im Mai hat viele fasziniert: Durch ein Teleskop betrachtet konnte man verfolgen, wie der kleinste Planet des Sonnensystems mehrere Stunden lang vor der Scheibe der Sonne vorüberzog. Merkurtransite sind relativ selten und kommen pro Jahrhundert nur 13 bis 14 Mal vor – das nächste Mal am 11. November 2019. Transite der Venus sind noch seltener – es gibt sie in rund einem Vierteljahrtausend nur vier Mal. Der letzte Venustransit war im Juni 2012 zu sehen, der nächste wird erst 2117 zu beobachten sein.

Die Transite sind so selten, weil die Bahnen von Merkur und Venus um die Sonne nicht genau in der Ebene verlaufen, in

der die Erde unseren Zentralstern umrundet. Könnte es aber trotzdem vorkommen, dass sich irgendwann einmal beide Planeten vor der Sonne beobachten lassen? Der belgische Astronom Jean Meeus und sein italienischer Kollege Aldo Vitagliano haben das 2004 mithilfe umfangreicher Simulationen ausgerechnet. Sie berücksichtigen dabei die Bewegung aller größeren Körper des Sonnensystems. Das Ergebnis: Es kann tatsächlich gemeinsame Transite von Merkur und Venus geben, allerdings werden wir auf dieses Ereignis noch recht lange warten müssen. Meeus und Vitagliano sagten nämlich den nächsten gemeinsamen Transit von Merkur und Venus erst für den 26. Juli 69.163 voraus.

Welche Uhrzeit gilt auf der ISS?

Die Internationale Raumstation ISS umkreist die Erde in rund 90 Minuten. Die Besatzung an Bord kann also viele Male am Tag einen Sonnenaufgang oder einen Sonnenuntergang beobachten. Die ISS ist zudem ein internationales Projekt, an dem Teams in ganz verschiedenen Ländern und Zeitzonen beteiligt sind. Die beiden Hauptkontrollzentren befinden sich in Houston im US-Bundesstaat Texas und in der russischen Hauptstadt Moskau.

Man einigte sich daher salomonisch auf die

Verwendung der »koordinierten Weltzeit«, die im Prinzip der altbekannten »Greenwich Mean Time« entspricht, also der Zeit, die in Großbritannien verwendet wird. Das war ein guter Kompromiss, da diese Zeitzone auch in etwa zwischen den Zeitzonen von Houston und Moskau liegt. Dienstpläne bestimmen die täglichen Arbeitsabläufe und sehen in der Regel Tätigkeiten von ungefähr 6 bis 21 Uhr vor. Davon wird allerdings bei besonderen Ereignissen abgewichen – etwa wenn ein Raumschiff erwartet wird.

NASA



◀ Abb. 2: Die Internationale Raumstation ISS fotografiert im Jahr 2011 von der Raumfähre Endeavour aus.

⇌ INTERAKTIV

Stefan Deiters ist Astrophysiker und arbeitet als Wissenschaftsjournalist. Er gründete 1999 den Onlinedienst astronews.com. Seit Juni ist er Chefredakteur von Abenteuer Astronomie. Wenn Sie Fragen 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

Ist es gefährlich durch den Asteroidengürtel zu fliegen?

Zwischen den Bahnen der Planeten Mars und Jupiter befinden sich zwar unzählige Asteroiden ganz unterschiedlicher Größe, doch ist dieser Bereich auch extrem groß. Man muss also schon sehr viel Pech haben, um tatsächlich aus Versehen auf einen Asteroiden zu stoßen. Sicher war man sich darüber jedoch zunächst nicht: Als die Pioneer-Sonden Anfang der 1970er Jahre als erste den Asteroidengürtel durchflogen, hatten manche Wissenschaftler noch Sorge, dass sie dabei zerstört werden würden. Die Sorge erwies sich aber als unbegründet.

Als man für die Sonde Galileo, die sich 1989 auf den Weg zum Jupiter machte, ein Ziel im Asteroidengürtel suchte, das sie quasi im Vorüberfliegen unter die Lupe nehmen konnte, erwies es sich als außerordentlich schwierig, auch nur einen Asteroiden zu finden, der zumindest halbwegs auf der vorgesehenen Flugroute lag.

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

Schwarze Löcher

100 Jahre zwischen Theorie und Nachweis

▲ Abb. 1: Für Teleskope sichtbar sind Schwarze Löcher, egal welcher Masse, einerseits durch eine umgebene mächtige Akkretionsscheibe. Die Umwandlung von Gravitationsenergie in Strahlungsenergie, die in dieser Gasscheibe abläuft, ist der effizienteste Prozess, den man kennt. Bei genügend Energie werden außerdem zwei entgegengesetzte Jets produziert und hinausgeschossen, wobei sich die Plasmastrahlen in der Größenordnung von bis zu Millionen Lichtjahren erstrecken können.



NASA, ESA, Martin Kommissar (ESA/Hubble)

▲ Abb. 2: Künstlerische Darstellung von Cygnus X-1. Das System ist ungefähr 10.000 Lichtjahre von der Erde entfernt. Es handelt sich um ein Doppelsternsystem aus einem Schwarzen Loch mit etwa der fünffachen Masse unserer Sonne und einem Riesenstern.

Kaum ein astronomischer Begriff ist so populär wie der des Schwarzen Lochs. Jeder hat schon einmal davon gehört, selbst wenn man nichts mit Astronomie zu tun hat, etwa in Science-Fiction-Filmen und -Büchern. Doch Schwarze Löcher sind alles andere als Science-Fiction: Seit Jahrzehnten werden sie beobachtet und erforscht – lange Zeit nur indirekt, im vergangenen Jahr dann erstmals direkt. Zwischen diesem Nachweis von Schwarzen Löchern und ihrer »Erfindung« durch Karl Schwarzschild liegen damit genau 100 Jahre.

Weiße Zwerge, Pulsare, Neutronensterne, Quasare, Supernovae, Gammastrahlenausbrüche – das Universum ist voller faszinierender und extremer Objekte und Vorgänge, die unser Vorstellungsvermögen völlig übersteigen. Ein berühmtes Zitat des Biologen John B. S. Haldane bringt diese Tatsache wunderbar auf den Punkt: »Ich selbst habe den Verdacht, dass das Universum nicht nur seltsamer ist, als wir annehmen, sondern seltsamer, als wir überhaupt annehmen können.« Noch seltsamer, bizarrer und geheimnisvoller als alles andere sind Schwarze Löcher.

Orte ohne Wiederkehr

Wie es der Begriff umschreibt, geben Schwarze Löcher weder sichtbares Licht, Radiostrahlung, Gammastrahlung noch eine andere elektromagnetische Strahlung ab. Sie sind das ultimative Unbekannte, denn ohne Licht oder eine sonstige Information sind sie für die

Wissenschaft nicht zugänglich, da sie schlicht und einfach unsichtbar sind. Es sind unvorstellbare Gravitationskräfte, die ein Schwarzes Loch zu einem (unsichtbaren) Ort ohne Wiederkehr machen, denn alles, was ihnen zu nahekommt, verschwindet unweigerlich in ihnen. Absolut nichts gelangt hinaus, nichts kommt wieder zurück.

Was sich genau in ihnen abspielt, weiß bis heute kein Physiker, denn innerhalb dieser exotischen Gebilde brechen unsere Vorstellungen von Raum und Zeit zusammen. Schwarze Löcher stehen somit für das Unerklärliche, das Unerforschbare, so dass sie sich wie eine Erfindung eines Science-Fiction-Autors anhören.

Einsteins Gleichung, Schwarzschilds Lösung

Schon im Jahr 1783 spekulierte ein englischer Geistlicher und Naturphilosoph erstmals über Objekte, die wir heute Schwarze Löcher nennen. In den Mauern einer Kirche nahe

Leeds schrieb John Michell, dass nicht einmal Licht von der Sonnenoberfläche entkommen könnte, wäre der Stern tatsächlich 500-mal größer. Denn bei einem hypothetischen Stern dieser enormen Masse würde durch die resultierende Schwerkraft seine Fluchtgeschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit sein, so dass ihm absolut nichts entkommen würde. Michell beschrieb es vor über 230 Jahren so: »Alles Licht, ausgesandt von einem solchen Körper, würde durch seine eigene Gravitation zu ihm zurückkehren.« Wenig später nannte der französische Mathematiker Pierre-Simon Laplace diese Objekte »corps obscur« – dunkle Körper.

Der eigentliche »Erfinder« der Schwarzen Löcher ist allerdings Karl Schwarzschild. Er war Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam und hatte sich 1914 freiwillig zum Kriegsdienst gemeldet. Als wissenschaftlicher Berater einer Artillerie-Einheit hatte er Einsätze an der West- sowie Ostfront. Zwei Tage vor Weihnachten 1915 schrieb der Astronom an Albert Einstein: »Wie Sie sehen,

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

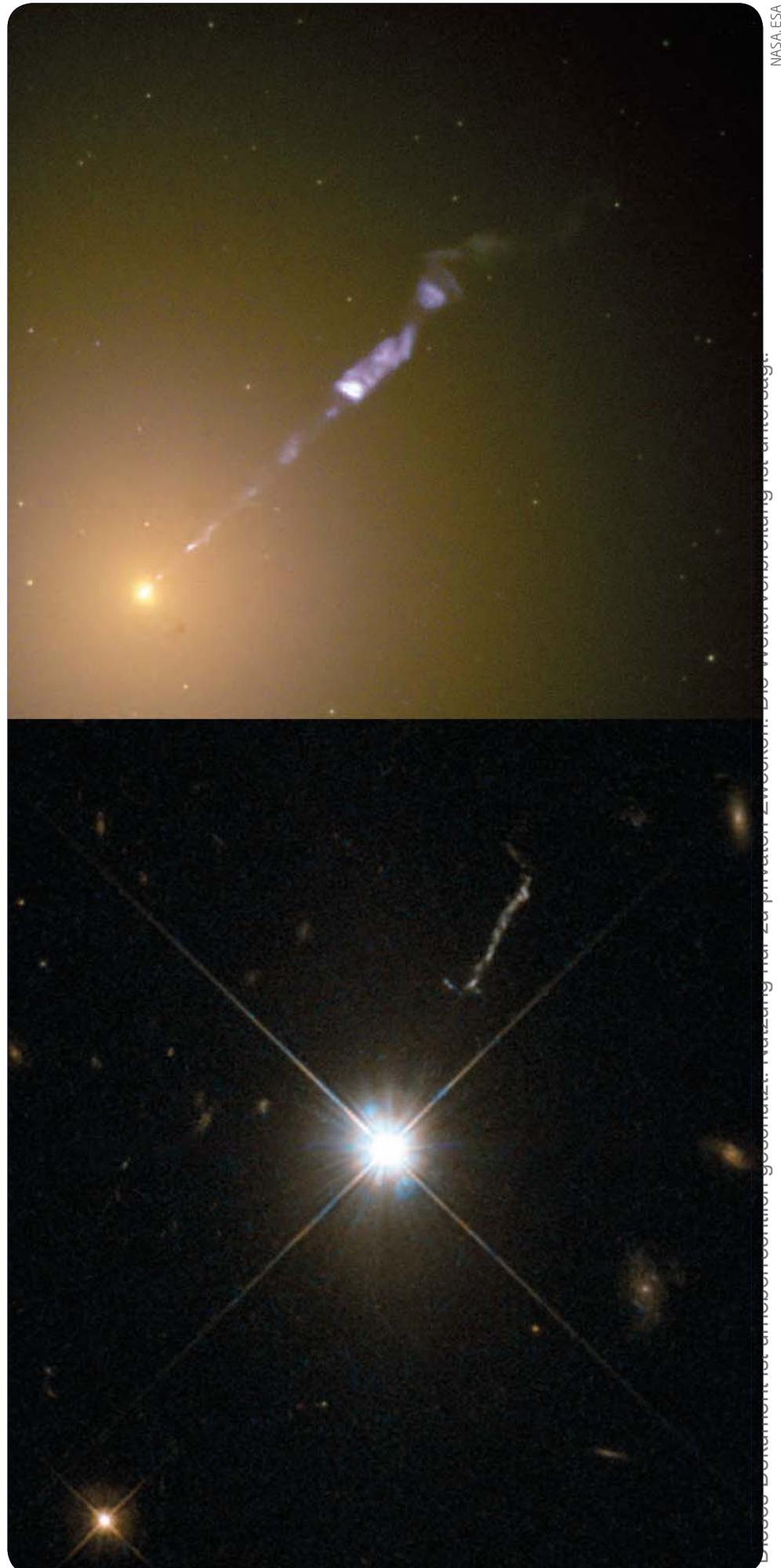
meint es der Krieg freundlich mit mir, indem er mir trotz heftigen Geschützfeuers [...] diesen Spaziergang in Ihrem Ideenlande erlaubte.« Schwarzschild berechnete damals aus der nur einen Monat zuvor von Einstein vollendeten Allgemeinen Relativitätstheorie die erste exakte Lösung der sogenannten Einsteinschen Feldgleichungen. Aus der im Einsatz im Ersten Weltkrieg gefundenen Mathematik, die heute als Schwarzschild-Lösung bekannt ist, lässt sich die Größe und das Verhalten von Schwarzen Löchern berechnen.

Kuriositäten mit Singularitäten

Zwei Arbeiten verfasste der Potsdamer Astronom im Winter 1915/16 an der Westfront in den Vogesen, schickte sie an Einstein, der sie anschließend zur Veröffentlichung einreichte. Schwarzschild konnte mit seiner Lösung berechnen, bei welchem Radius sogar ausgesandtes Licht die Gravitation einer Punktmasse nicht mehr überwinden kann. Hatte Michell noch über die 500-fache Größe der Sonne spekuliert, zeigte Schwarzschilds Mathematik, dass man stattdessen die Masse der Sonne auf einen Kugelradius von drei Kilometern [1] zusammenpressen muss, damit das Endprodukt kein Licht mehr aussenden kann. Bei der Erde sind es übrigens neun Millimeter Radius. Heute ist dieser Radius als Schwarzschild-Radius bekannt. Im März 1916 kehrte Schwarzschild nach Potsdam zurück und starb zwei Monate später mit 42 Jahren an einer seltenen Hautkrankheit, die er vermutlich von der Front mitbrachte. Seine erste mathematische Beschreibung von Schwarzen Löchern allerdings lebt bis heute weiter.

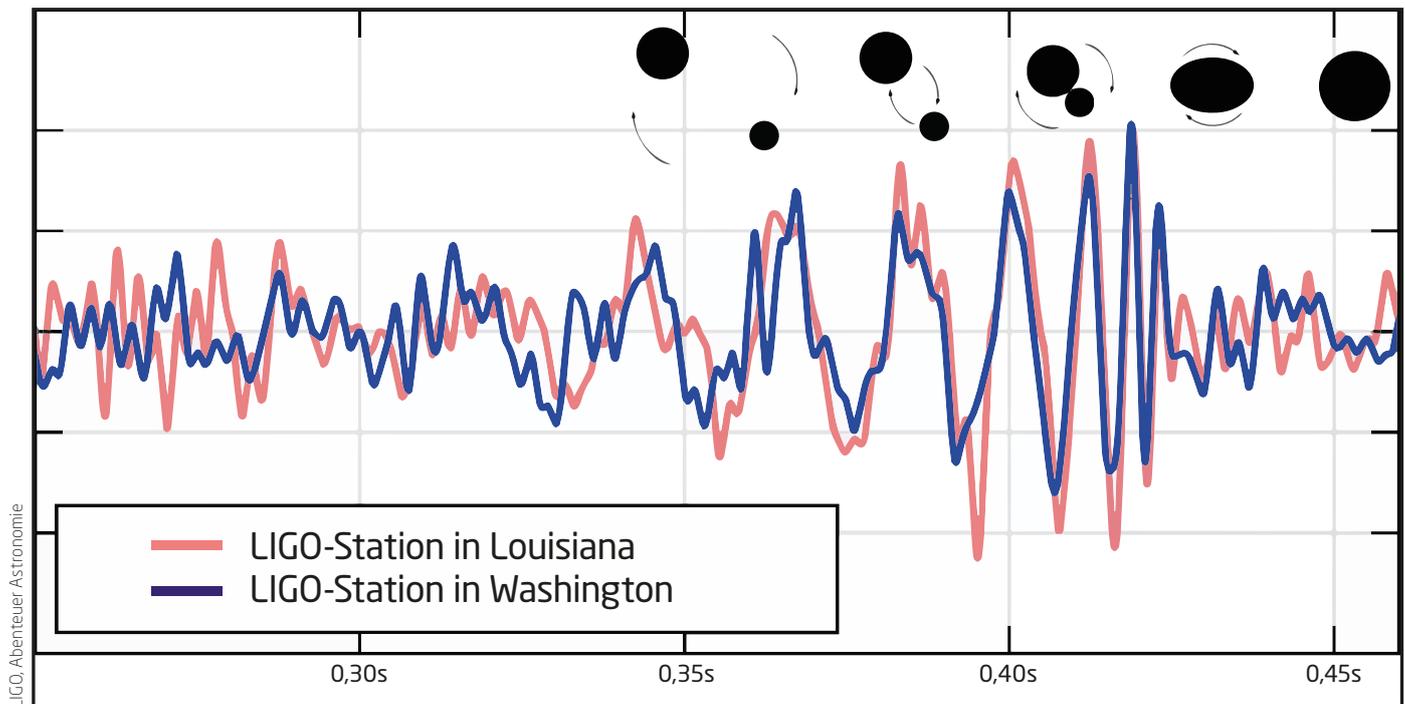
Doch kann ein Stern tatsächlich derart kollabieren, dass er seinen Schwarzschild-Radius unterschreitet? Wie soll Materie bzw. Raum und Zeit auf einen Punkt zusammengepresst werden? Kann es in der Natur physikalische Singularitäten, also unendlich kleine und unendlich dichte Punktmassen, überhaupt geben?

► **Abb. 3: So unterschiedlich können sehr aktive supermassereiche Schwarze Löcher aussehen:** Während der einige tausend Lichtjahre lange Jet der Galaxie M 87 (oben) durch ein 6,6 Milliarden Sonnenmassen schweres Schwarzes Loch angetrieben wird, überstrahlt bei 3C 273 (unten) die Energieproduktion der Akkretionsscheibe die Heimatgalaxie vollständig; der Jet ist daneben noch sichtbar. Dies macht ihn mit $12^{m}8$ zum hellsten Quasar am Nachthimmel, da er in zwei Milliarden Lichtjahren Entfernung so hell wie Billionen Sonnen leuchtet.



NASA, ESA

Das Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Keine weitere Vervielfältigung ist erlaubte.



▲ Abb. 4: Das erste direkt gemessene Signal einer Quelle von Gravitationswellen wurde am 14. September 2015 von zwei LIGO-Stationen detektiert. Die Energiespitze ist dabei der Kontakt zweier Schwarzer Löcher, das anschließende Abklingen des Signals wird als »Ringdown« bezeichnet und stellt dar, wie nach der Vereinigung das resultierende Schwarze Loch in seine Kugelform zurückkehrt.

Wegen dieser nicht zu beantwortenden Fragen galt Schwarzschilds Gravitationslösung lange Zeit als Kuriosität. Waren also Schwarze Löcher nur etwas für fantasievolle Theoretiker oder lassen sie sich doch irgendwie beobachten, obwohl sie keinerlei Strahlung aussenden?

Wette um das erste Schwarze Loch

Ziemlich genau 50 Jahre nach Schwarzschilds Theorie brachten die russischen Astrophysiker Jakow Seldowitsch und Igor Nowikow schließlich Licht ins Dunkel, denn sie sagten voraus, dass Schwarze Löcher sehr wohl sichtbar sein können. Wenn ihre Gravitation nämlich Materie anzieht – etwa von

einem Nachbarstern –, wird das Gas, je näher es dem Schwarzen Loch kommt, derart beschleunigt, dass es sogar energiereiche Röntgen- und Gammastrahlung abgeben sollte. Bei diesem als Akkretion bezeichneten Vorgang bildet sich eine Gasscheibe um das Schwarze Loch, die als Akkretionsscheibe bezeichnet wird. Und tatsächlich konnte man auf Grundlage dieser Vorhersage nur rund fünf Jahre später im Sternbild Schwan einen ersten echten Kandidaten für ein Schwarzes Loch aufspüren.

Anfang 1972 hatten Astronomen berichtet, dass es sich bei dem 8^m8 hellen Stern HDE 226868 im Sternbild Schwan um ein seltsames Doppelsystem handeln muss [2]. Da der Begleiter nur allein im Röntgenbereich

sichtbar war und gleichzeitig sehr massereich sein musste, zog man hier erstmals die Existenz eines Schwarzen Lochs in Betracht. Ende 1973 war es bereits die wahrscheinlichste Erklärung: Die Röntgenstrahlung stammt aus der Nähe eines Schwarzen Lochs mit der mehrfachen Masse unserer Sonne. Dieser Fund ließ ein Jahr später die beiden Physiker Stephen Hawking und Kip Thorne eine freundschaftliche Wette um Cygnus X-1 abschließen, wobei es um Zeitschriften-Abonnements als Wetteinsätze ging. 1990, als niemand mehr an die Existenz eines Schwarzen Lochs bei HDE 226868 zweifelte, beglich Hawking seine Wettschuld und spendierte Thorne ein Jahr lang das Männermagazin »Penthouse«.

IM DETAIL

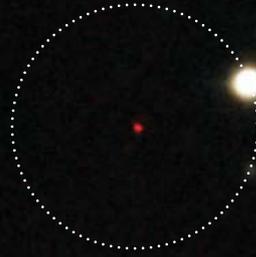
Der Begriff »Schwarzes Loch«

Beschäftigt man sich mit dem Ursprung des heute so populären Begriffs »Schwarzes Loch«, stößt man sehr schnell auf den theoretischen Physiker John Archibald Wheeler. Mündlich verwendete er erstmals den Terminus »black hole« - Schwarzes Loch - in einem Vortrag über das Universum, den er am 29. Dezember 1967 in New York hielt; ebenso ist er in der dazugehörigen Veröffentlichung zu finden. Wie sich Wheeler später erinnert, war es sogar ein Zuhörer seines Vortrags, der

den Begriff einwarf. Monatelang suchte der Physiker nach einem anschaulicheren Ersatz für die sperrige Umschreibung »durch Gravitation völlig kollabiertes Objekt«, bis die Bemerkung aus dem Publikum kam. Auch wenn Wheeler den Begriff erst populär machte, wurde er schon zuvor, nämlich im Januar 1964, in gleich zwei Artikeln für gravitativ vollständig kollabierende Sterne verwendet. Die Beiträge berichteten über zwei unterschiedliche Fachtagungen, und durch einen Teilnehmer führte

die Spur schließlich ins Jahr 1960 und zu dem Physiker Robert Dicke. Dieser sprach sowohl privat als auch bei seinen Vorlesungen gerne scherzhaft vom »Schwarzen Loch von Kalkutta« - eine enge Gefängniszelle. Das Verlies wurde 1756 zu einem Ort ohne Wiederkehr, als darin so viele Gefangene eingesperrt wurden, dass sehr viele das Loch nicht mehr lebend verließen. Nach dieser neueren Recherche ist also Dicke zumindest der indirekte Namensgeber der kosmischen Schwarzen Löcher.

► **Abb. 5. Nach der Analyse des rotverschobenen Lichts** von ULAS J1120+0641 (roter Punkt in der Bildmitte), der sich nur 0,7° nördlich von α Leo befindet, geht man derzeit davon aus, dass dieser entfernteste aller Quasare durch ein zwei Milliarden Sonnenmassen schweres Schwarzes Loch angetrieben wird. Bis heute fragen sich Astronomen, wie das Schwarze Loch in weniger als 800 Millionen Jahren auf diese Größe anwachsen konnte.



ESO/UKIDSS/SDSS

Die Masse macht's

Bei dem dunklen Begleiter von HDE 226868 handelte es sich um ein sogenanntes stellares Schwarzes Loch. Solche Objekte stellen das extremste Endstadium in der Entwicklung eines sehr massereichen Sterns dar und haben höchstens eine Masse von einigen Dutzend Sonnenmassen. Sie entstehen infolge eines vollständigen Gravitationskollapses, der als Supernova oder auch als Gammastrahlenausbruch beobachtet werden kann. Allerdings geht es noch exotischer, denn heute kennt man Schwarze Löcher mit Millionen bis zu vielen Milliarden Sonnenmassen. Astronomen gehen inzwischen davon aus, dass diese supermassereichen Schwarzen Löcher im Zentrum praktisch jeder Galaxie zu finden sind. Einerseits sind sie der zentrale Motor von äußerst aktiven Galaxienkernen, den sogenannten Quasare. Eine enorme Akkretions-scheibe gibt dabei unvorstellbare Energiemengen ab, so dass Quasare über viele Milliarden Lichtjahre hinweg sichtbar sind – auch in Amateurteleskopen [3]. Sie überstrahlen dabei oft ihre Heimatgalaxie und stoßen eng gebündelte Jets und andere Materieausströmungen aus.

Andererseits findet man supermassereiche Schwarze Löcher auch in weniger

aktiven Galaxienzentren, wie etwa in der Andromeda-Galaxie oder in unserer eigenen Galaxie, der Milchstraße. Der deutlichste Beleg für ein Schwarzes Loch im Zentrum der Milchstraße. Wurde 2002 vorgestellt [4]. Dabei wurden nicht die Geschwindigkeiten des umlaufenden Gases gemessen, Astronomen hatten stattdessen über viele Jahre hinweg die Bewegung der nächstgelegenen Sterne verfolgt. Daraus konnte man dann ableiten, dass das als Sagittarius A* (sprich: Sagittarius A-Stern) bezeichnete zentrale Schwarze Loch der Milchstraße eine Masse von rund vier Millionen Sonnenmassen haben muss. Ein dritter Typ Schwarzer Löcher liegt im Massenbereich direkt dazwischen. Sie werden mittelschwere Schwarze Löcher genannt und besitzen 1000 bis 100.000 Sonnenmassen.

GW150914 als direkter Beweis

Indirekt hat man Schwarze Löcher so mit schon seit 45 Jahren beobachtet und erforscht, man blieb dabei aber auf indirekte Messmethoden angewiesen, da Schwarze Löcher keine Strahlung oder sonstige Informationen abgeben. So untersuchte man etwa die Bewegung des umlaufenden Gases einer Akkretionsscheibe oder die Bewegung von Sternen um das Schwarze

Loch. Dies änderte sich völlig, als man im vergangenen Jahr mithilfe des Gravitationswellen-Observatoriums LIGO die Verschmelzung zweier stellarer Schwarzer Löcher mit jeweils rund 30 Sonnenmassen direkt beobachten konnte. Um die Empfindlichkeit zu erhöhen, waren die beiden Messstationen des LIGO-Detektors zuvor deutlich verbessert worden. Das verräterische Signal entdeckte man noch während eines Probelaufs, vier Tage bevor am 18. September 2015 mit dem regulären Betrieb begonnen wurde.

Nach monatelanger Datenanalyse wurden die Ergebnisse schließlich Anfang dieses Jahres der Öffentlichkeit vorgestellt.

Das Resultat hieß: In einer Entfernung von 1,3 Milliarden Lichtjahren kollidierten zwei Schwarze Löcher und brachten die Raumzeit immer stärker zum Schwingen. Diese äußerst winzigen Gravitationswellen lösten in den beiden LIGO-Laser-Detektoren (mit sieben Millisekunden Laufzeitdifferenz) das nobelpreisverdächtige Signal aus (Abb. 4) [4]. GW150914, wie die Quelle der Gravitationswellen genannt wird, ist somit nicht nur die allererste direkte Messung der von Einstein vor 100 Jahren vorhergesagten Gravitationswellen, sondern auch der direkte Nachweis für die Existenz Schwarzer Löcher, die Schwarzschild vor 100 Jahren berechnete.

► Abb. 6: So stellt sich ein Künstler den Quasar ULAS J1120+0641 aus der Nähe vor.

Unbekannte Saat der Schwergewichte

Daran, dass es Schwarze Löcher tatsächlich gibt, zweifelt heute niemand mehr. Man kann sie berechnen, (indirekt) beobachten und daraus wieder Vorhersagen ableiten. Die sensationelle LIGO-Entdeckung zeigte noch einmal eindrucksvoll, wie gut die Modelle der Theoretiker die Wirklichkeit beschreiben. Andererseits halten Schwarze Löcher noch immer so manches Rätsel parat: In der Frühzeit des Universums dürften Schwarze Löcher in den Zentren von Galaxien beispielsweise von entscheidender Bedeutung bei der Entstehung und Entwicklung der Galaxien gewesen sein. Allerdings ist noch nicht geklärt, wie es supermassereichen Schwarzen Löchern gelungen ist, in vergleichsweise kurzer Zeit eine so große Masse anzusammeln.

So können Astronomen mit dem Licht des Quasars ULAS J1120+0641 in eine Zeit nur 800 Millionen Jahre nach dem Urknall schauen. Wie das ihn antreibende Schwerkraftmonster von zwei Milliarden Sonnenmassen so schnell an Masse zunehmen konnte, bleibt weiterhin unklar, denn auch der Wachstumsrate von Schwarzen Löchern sind Grenzen gesetzt. Somit ist dieses überraschend rasante Wachstum vor 13 Milliarden Jahren nach wie vor Gegenstand aktuel-

ler Beobachtungen und Simulationen. Und ebenso ungeklärt ist die Frage nach ihrem eigentlichen Ursprung. Hat ihr Entstehen mit der ebenfalls nicht strahlenden Dunklen Materie oder sogar mit dem Tod der allerersten Sterne im Universum zu tun? Theorien gibt es einige, einen klaren Favoriten aber noch nicht [6].

Jenseits des Schwarzschild-Radius

In der Öffentlichkeit wecken Schwarze Löcher oftmals negative Assoziationen. Dabei werden sie gerne als ultimative und nicht zerstörbare Gefahr, als das plötzlich auftauchende und alles verschlingende Böse dargestellt. Unberechenbar sind sie längst nicht mehr, da ihre Eigenschaften inzwischen auf vielfältige Weise der Beobachtung zugänglich geworden sind. Das größte Rätsel liegt viel mehr innerhalb des Schwarzschild-Radius, schließlich weiß bis heute niemand, was sich eigentlich im Inneren dieser exotischen Objekte jenseits unserer Vorstellungskraft genau abspielt. Wird beispielsweise eine Vereinigung von Quantenphysik und Gravitationsphysik des Rätsels Lösung sein oder bleibt das Geheimnis der Singularität für immer verborgen? Auch in den nächsten 100 Jahren dürften Schwarze Löcher noch ein hochinteressantes Forschungsgebiet bleiben.

► Nico Schmidt

| DER AUTOR |

Nico Schmidt ist seit 20 Jahren begeisterter Hobbyastronom und interessiert sich bei der Beobachtung vor allem für die geschichtlichen und physikalischen Aspekte der Himmelsobjekte. Außerdem bloggt er auf www.ZauberDerSterne.de und unterstützt als Mitglied des Köln-Bonner-Astrotreff (KBA) die Öffentlichkeitsarbeit in Bonn.

Literatur

- [1] Schwarzschild, K.: Über das Gravitationsfeld einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit nach der Einsteinschen Theorie, Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, 424 (1916)
- [2] Bolton, T.: Identification of Cygnus X-1 with HDE 226868, *Nature* 235, 271 (1972)
- [3] Schmidt, N.: Billionen Sonnen hell – Teil 2, *interstellarum* 93, 36 (2014)
- [4] Schödel, R. et al.: A star in a 15.2-year orbit around the supermassive black hole at the centre of the Milky Way, *Nature* 419, 694 (2002)
- [5] Müller, A.: Was sind Gravitationswellen?, *Abenteuer Astronomie* 2, 20 (2016)
- [6] Pezzulli, E., Valiante, R., Schneider, R.: Super-Eddington growth of the first black holes, *MNRAS* 458, 3047 (2016)



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

▼ Abb. 1: Künstlerische Darstellung des hypothetischen Neunten Planeten weit draußen im Sonnensystem – nur noch schwach von der Sonne beschienen. Sein Aussehen – inklusive Gewittern auf der Nachtseite – ist natürlich reine Fantasie, aber seine physikalischen Eigenschaften lassen sich in Analogie zu Uranus und Neptun immerhin abschätzen. Das ist wichtig für die Vorhersage seiner Helligkeit am Himmel.

Suche nach PLANET NEUN

Jagd nach einem Phantom?

Seit einem halben Jahr ist alles anders im Sonnensystem – oder auch nicht: Zwei Astronomen postulierten im Januar die Existenz einer Supererde, die in weitem Abstand um die Sonne kreist und dabei die Bahnen anderer Objekte in den äußeren Regionen des Sonnensystems beeinflusst. Was ist wirklich dran an diesem Planeten Neun?

Es war so einfach: neun Planeten von Merkur bis Pluto, dazu zwischen Mars und Jupiter der Asteroidengürtel. So sah bis 1992 im Wesentlichen das Sonnensystem aus. Aber dann begann eine nicht endende Serie von Entdeckungen bis zu 2300km großer Eiskörper jenseits der Neptunbahn, die vor zehn Jahren ein neues Bild erzwangen. Das neue Sonnensystem hatte jetzt acht Planeten. Zusätzlich kreisten jenseits der Neptunbahn, im sogenannten Kuipergürtel, quasi gleichberechtigte Körper um die Sonne – einer davon war der ehemalige Planet Pluto.

Doch damit nicht genug: Schon 2003 hatte man das 1000-km-Objekt Sedna auf einer hochelliptischen Bahn außerhalb des Kuipergürtels entdeckt. Wie es dorthin gekommen sein sollte, konnte man sich nicht erklären. Dann wurde mit 2012 VP113 ein Verwandter Sednas entdeckt. Dessen Entdecker Chad Trujillo und Scott Shepard veröffentlichten 2014 auch gleich noch eine aufsehen erregende Hypothese: Da die Bahnen von 2012 VP113 und zehn weiterer Himmelskörper, die sich auch sehr weit von der Sonne entfernen, im Raum recht ähnlich angeordnet waren, schlugen sie als Erklärung vor, dass dafür ein unbekannter Planet mit mehr als einer Erdmasse verantwortlich ist. Seine Schwerkraft soll für die beobachteten Gemeinsamkeiten der Bahnen verantwortlich sein. Der in diesem Jahr postulierte Planet Neun ist eine Weiterentwicklung dieser Idee – und noch genauso unbewiesen wie sein Vorgänger.

Geburt einer Hypothese

Hinter Planet Neun stecken zwei Astronomen vom California Institute of Technology,

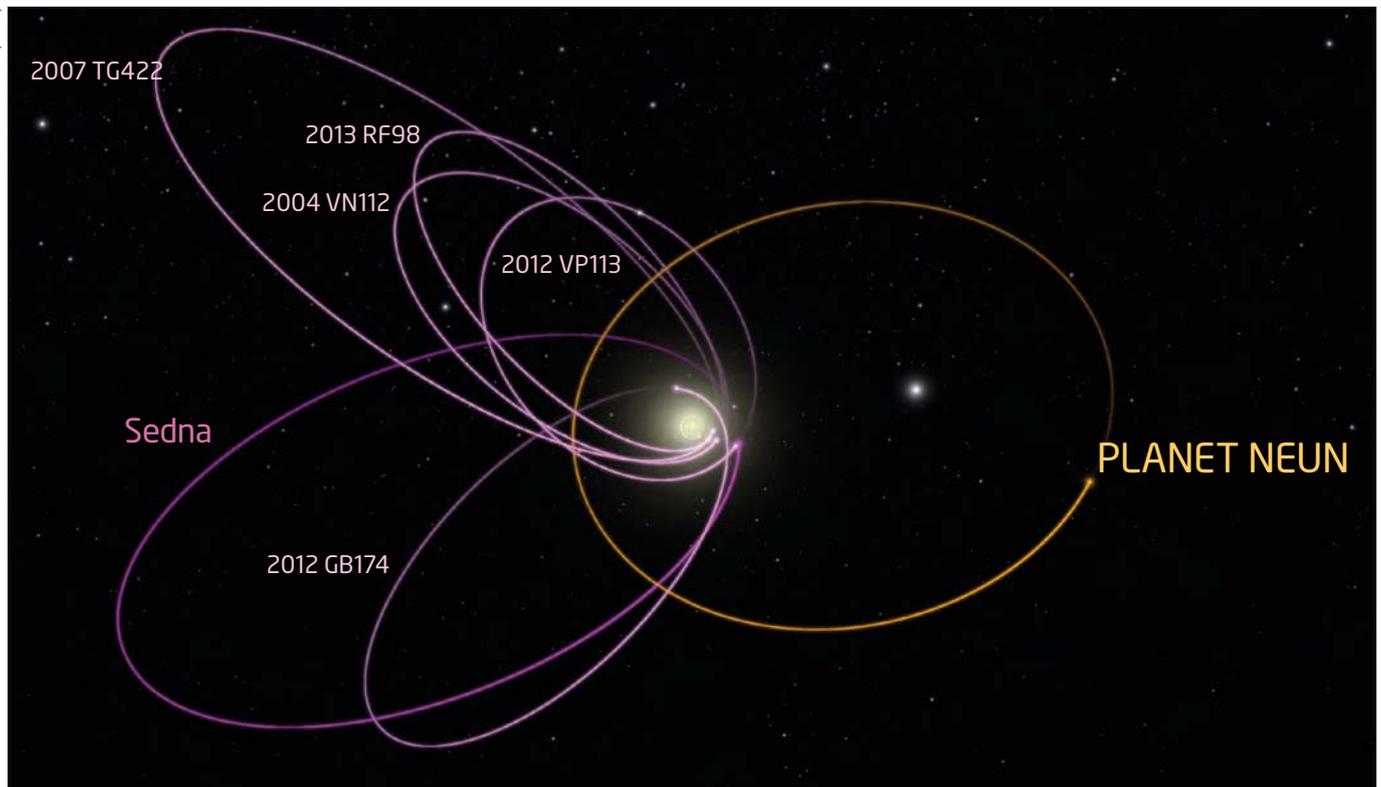
der Theoretiker Konstantin Batygin und der Beobachter Mike Brown, der einst Sedna entdeckte. Ihnen war aufgefallen, dass die Bahnen von sechs Objekten mit sehr ungewöhnlichen Bahnen im äußeren Sonnensystem – darunter Sedna und 2012 VP113 – noch enger verwandt waren, als die Arbeit von 2014 festgestellt hatte: Die Wahrscheinlichkeit, dass das zufällig so war, betrug nur 1 zu 15.000. Eine offensichtliche Erklärung gab es zunächst nicht, aber bei Computersimulationen im Sommer 2015 fiel den beiden Astronomen auf, dass ein hypothetischer, sehr ferner Planet auf einer Ellipsenbahn mit etwa 18.000 Jahren Umlaufzeit den gewünschten Effekt produzieren konnte.

Solch ein Planet musste rund zehn Mal so viel Masse haben wie die Erde und eine elliptische Bahn, die denen der verdächtig »arrangierten« sechs Objekte im Raum gegenüber lag. Nur selten würde ihnen seine Schwerkraft einen Stoß versetzen, aber genau das wurde für ein stabiles System gebraucht. Der postulierte Planet tat in den Simulationsrechnungen noch mehr: Er ließ die Sonnenabstände mancher Kuipergürtel-Objekte schwingen und anwachsen, was die großen Distanzen von Sedna und 2013 VP113 erklären würde. Und er schickte manche fernen Körper des Sonnensystems auf exotische Bahnen, die praktisch senkrecht zu der Ebene verlaufen, in der die großen Planeten um die Sonne kreisen. Auch solche Objekte wurden tatsächlich schon gefunden.

Ein postulierter Planet wird publik

Drei Rätsel des äußeren Sonnensystems mit einem Schlag gelöst: Dieser Befund war es wert, der Welt mitgeteilt zu werden. Nicht nur war

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



▲ Abb. 2: Die Bahnen der sechs verdächtigen Himmelskörper am Außenrand des Kuiperergürtels – und die des hypothetischen Planeten, der zu ihrer räumlichen Ausrichtung geführt haben könnte. Sedna und 2012 VP113, die mindestens 75 bis 80 Mal weiter von der Sonne entfernt sind als die Erde, gehören dazu – Planet Neun wäre sogar rund 250 Mal weiter entfernt.

die breite Öffentlichkeit von der Möglichkeit solch einer Supererde weit jenseits des Neptuns elektrisiert, auch zahlreiche Fachkollegen stürzten sich auf »Planet Neun«. Wie könnte er selbst auf eine Bahn so weit draußen gekommen sein? Welche Eigenschaften würde er haben, und was bedeutet das für seine Helligkeit am Himmel? Schließlich hatten etliche tiefe Durchmusterungen bislang keine Spur dieses Planeten entdeckt. Konnte man das Suchgebiet gezielt einkreisen? Gab es irgendwelche unerklärten Bahnstörungen anderswo, die dabei helfen würden? Waren die mysteriösen Bahnarrangements vielleicht doch aus dem Kuiperergürtel selbst heraus zu erklären?

Einen Alternativvorschlag ganz ohne Planet Neun gibt es tatsächlich: In Computermodellen arrangieren sich Scheiben aus vielen einzelnen Körpern – wie der Kuiperergürtel eine ist – gerne selbst. Ann-Marie Madigan und Michael McCourt hatten schon im letzten Jahr gezeigt, dass sich dabei Scheiben allmählich in regelrechte Kegel verbiegen können. Jetzt untersuchen sie genauer, ob speziell die von Batygin und Braun gefundenen Anordnungen der Bahnen auf diese Weise erklärt werden können: »Die Supercomputer laufen schon«, meinte Madigan zu Abenteuer Astronomie. Brown dagegen ist skeptisch: Der Verbiegeeffekt möge zwar »irgendwo in der Galaxis« am Werke sein,

teilt er auf Anfrage mit, aber die beobachtete Anordnung der Bahnen der Objekte in derselben Orientierung und Ebene im Raum sei so nicht zu erklären. Das könne nur sein stören der Planet verursachen.

Die Jagd ist eröffnet

Glaubt man nun, dass es »Planet Neun« tatsächlich gibt, kann er sich auf seiner elliptischen Bahn aktuell zumindest nicht in Sonnennähe befinden: Dort wäre er nämlich so hell, dass er schon mit einem größeren Amateurteleskop zu sehen sein müsste. Suchprogrammen wäre er dann längst ins Netz gegangen. In einer zweiten Arbeit vom März 2016 haben Brown – der Beobachter jetzt als erster Autor – und Batygin konkrete Wahrscheinlichkeitszonen für ihren Planeten am Himmel berechnet und solche, wo er von früheren Suchprogrammen ausgeschlossen wird. Bewaffnet mit dieser Analyse arrangiert Brown jetzt ein gezieltes Suchprogramm mit dem japanischen Subaru-Teleskop auf Hawaii, dem einzigen Teleskop der 8-Meter-Klasse mit passender Großfeldkamera – genaue Details der Strategie wollte er Abenteuer Astronomie aber nicht verraten.

Mehrere unabhängige Astronomengruppen haben sich parallel um eine weitere Eingrenzung des Suchgebiets bemüht – mithilfe

der Sonde Cassini, die seit 2004 um den Saturn kreist. Die Bahn keiner anderen Raumsonde im äußeren Sonnensystem wurde und wird so präzise verfolgt. Saturn müsste aber den Schwerkrafteffekten einer fernen Supererde ausgesetzt sein. Doch die Analysen gehen auseinander: Während das kalifornische Jet Propulsion Laboratory (JPL), das Cassini betreut, keine unerklärlichen Resteffekte in dessen Bahn sieht (wie man gegenüber dieser Zeitschrift betont), glaubt eine französische Gruppe genau so eine subtile Bahnstörung entdeckt zu haben. Aus dieser würde sich der Ort des hypothetischen Stör-Planetens im Raum und am Himmel abschätzen lassen.

Planetensuche mit Raumsonden

Beide Gruppen versuchen jetzt den Widerspruch zu klären, während sich eine dritte – Matthew J. Holman und Matthew J. Payne – derselben Daten mit einem umfassenderen mathematischen Modell angenommen hat: Die von den Franzosen entdeckte Bahnstörung taucht in deren erweitertem Datensatz wieder auf und kann noch genauer isoliert werden. Aber auch wenn sie nur die Daten des JPL berücksichtigen, scheint ein Störeffekt zurückzubleiben, allerdings ein viel geringerer: Er hilft kaum noch, den Ort des vermuteten Planeten



▲ Abb. 3: Wird dieses Teleskop Planet Neun aufspüren? Von allen Großteleskopen der Erde kann das japanische Subaru-Teleskop mit einem 8,4m großen Spiegel und einer Weitwinkelkamera die große Himmelsregion am schnellsten absuchen, in der sich die hypothetische Supererde befinden sollte.

besser einzukreisen. Hier ist das letzte Wort also noch nicht gesprochen. Verwenden kann man das Fehlen größerer Störungen der Cassini- bzw. Saturn-Bahn immerhin, um Planet Neun auf bestimmten Bereichen der vermuteten Bahn auszuschließen.

Andere Raumsonden sind für derartige Tests ungeeignet – mit einer Ausnahme: New Horizons, die bereits im Kuipergürtel unterwegs ist, müsste auf ihrer aktuellen Reise zwischen dem Pluto und dem zweiten Ziel 2014 MU69 um mehrere hundert Meter abgelenkt werden. Ansonsten bleiben nur die anderen natürlichen Objekte des Kuipergürtels für solche Untersuchungen – insbesondere die seltenen Vertreter mit exotischen Bahnen. Batygin und Brown betonen, dass ihre Analyse, so schön auch alles zusammen passt, doch nur auf einer Handvoll Objekten basiert: Würden mehr mit denselben kuriosen Bahneigenschaften gefunden, würde die Hypothese von Planet Neun stärker, fänden sich aber Gegenbeispiele, wäre sie tot.

Woher stammt Planet Neun?

Über Planet Neun im Kontext des gesamten Sonnensystems sind auch schon etliche Arbeiten erschienen: Allein zu seiner möglichen Herkunft gibt es drei völlig unterschiedliche Hypothesen. So könnte diese Supererde viel näher

an der Sonne entstanden und dann von Jupiter und Saturn nach draußen »gekickt« worden sein. Oder sie bildete sich in großem Sonnenabstand aus einem instabilen Ring aus »Kiesel«n. Schließlich könnte das junge Sonnensystem den Planeten auch eingefangen haben, als es sich noch in seinem Geburtssternhaufen befand.

Als Fazit bleibt also: Batygin und Brown sind etwas Faszinierendem auf der Spur und haben eine plausible Hypothese gefunden. Sie haben zudem interessante Forschungen anderer angestoßen. Die konkrete Suche nach Planet Neun scheint der Mühe wert zu sein – aber bewiesen ist dessen Existenz bislang in keiner Weise.

► Daniel Fischer



▲ Abb. 4: Die beiden Astronomen hinter der Vorhersage von Planet Neun: Mike Brown (links) und Konstantin Batygin.

Literatur

- [1] Batygin, K., Brown, M. E.: Evidence for a Distant Giant Planet in the Solar System, *AJ*, 151, 22, <http://arxiv.org/abs/1601.05438> (2016)
- [2] Brown, M. E., Batygin, K.: Observational constraints on the orbit and location of Planet Nine in the outer solar system, <http://arxiv.org/abs/1603.05712> (2016)
- [3] Madigan, A.-M., McCourt, M.: A new inclination instability reshapes Keplerian discs into cones: application to the outer Solar system, *MNRAS*, 457 L89, <http://arxiv.org/abs/1509.08920> (2016)
- [4] Holman, M. J., Payne, M. J.: Observational Constraints on Planet Nine: Cassini Range Observations, <http://arxiv.org/abs/1604.03180> (2016)
- [5] Trujillo C. A., Sheppard S. S.: A Sedna-like body with a perihelion of 80 astronomical units, *Nature*, 507, 471 (2014)

► SURFTIPPS

- Blog von Brown & Batygin

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4023

Per Laser durch die Galaxis

Ein Milliardär und die Reise nach Alpha Centauri

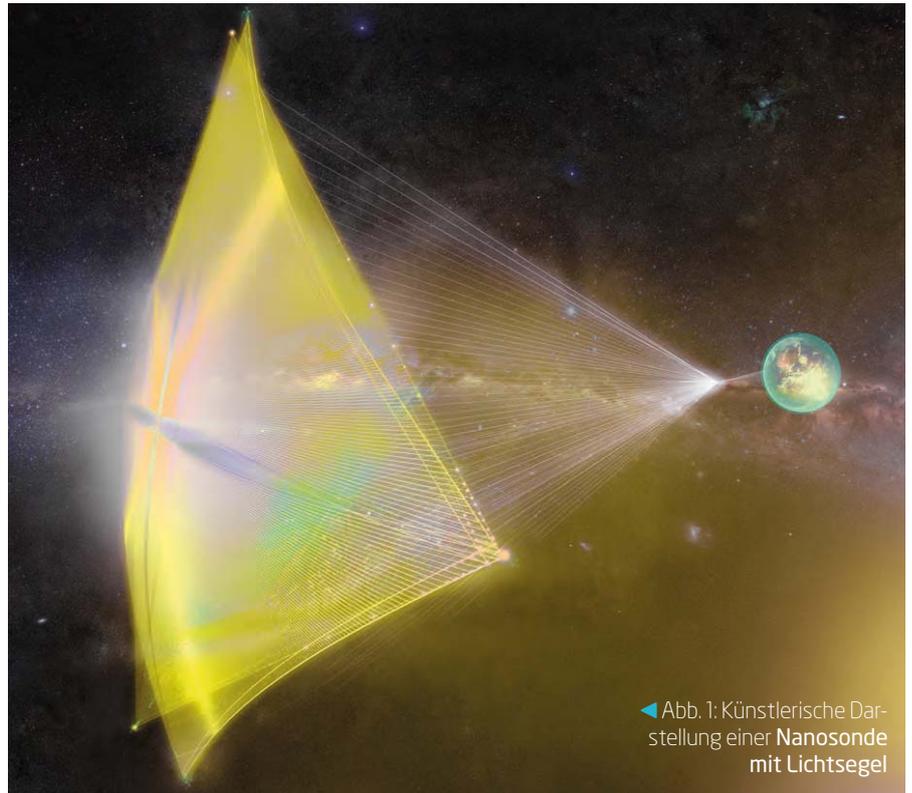
Ein winziges Raumschiff mit Laserstrahlen auf 20% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigen und zu den Sternen schicken – das klingt nach Science-Fiction, doch die Breakthrough-Initiative will diesen Sprung in eine neue Ära der Raumfahrt wagen.

Raumflüge zu fremden Sonnen – das wäre das ultimative Abenteuer! Die Ankündigung der »Breakthrough Starshot«-Initiative durch den Milliardär Juri Milner und den Physiker Stephen Hawking am 12. April 2016 in New York stieß auf ein breites Medienecho – allein schon wegen der 100-Millionen-Dollar-Spende des Unternehmers. Die Idee: Eine Armada von Minisonden soll frühestens in 20 Jahren zum nächstgelegenen Sternsystem Alpha Centauri starten. Durch gigantische Laser auf ein Fünftel der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt, könnten die briefmarkengroßen Kundschafter die 4,3 Lichtjahre Distanz in 20 Jahren überwinden.

Durchbruch mit privaten Mitteln

Alles nur ein PR-Gag? Dagegen sprechen die Höhe der Spende und die Riege namhafter Wissenschaftler mit Projektleiter Pete Worden, ehemaliger Direktor des NASA AMES Research Center. Die Meinungen von Experten schwanken dann auch zwischen Bewunderung und unverhohlener Skepsis – für undurchführbar mag das Projekt so recht niemand erklären. Milners Millionen dienen nur der Konzeptforschung, unbemannte interstellare Raumfahrt an sich ist für diese Summe nicht zu haben. Das komplette Projekt wäre milliarden schwer und liegt in der Größenordnung des CERN-Programms.

Mit Laserlicht zu segeln ist keine neue Idee. Damit so etwas überhaupt funktioniert, muss die zu beschleunigende Masse extrem klein sein. Milner spricht von »Nanocrafts«, Miniraumsonden im Grammbereich, bei denen alle Komponenten einschließlich der Elemente wie Kamera, Energieversorgung und Kommunikation im Format eines Computerchips integriert sind. Folgerichtig heißen derartige Vehikel »StarChip«. Die dazugehörigen vier



◀ Abb. 1: Künstlerische Darstellung einer Nanosonde mit Lichtsegel

Meter großen Lichtsegel sollen aus ultraleichten Materialien mit nur einigen 100 Atomen Dicke bestehen.

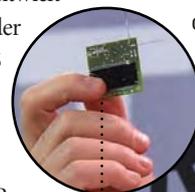
Viele Probleme suchen Lösungen

Milner und seine Mitstreiter setzen auf den Trend fortschreitender Miniaturisierung und betonen, keine der erforderlichen Technologien sei exotisch, es gehe nur um die Weiterentwicklungen. Doch die haben es in sich. Auf der Projektwebseite selbst sind aktuell 25 Herausforderungen gelistet, die es zu überwinden gilt – Vorschläge werden dankend entgegengenommen!

Hier die größten Knackpunkte: Zur Beschleunigung sind kilometergroße Laserarrays mit 100 Gigawatt Leistung nötig, die absolut synchron und ultrapräzise über einige Minuten hinweg die Lichtsegel im Erdborbit treffen. Ist das überhaupt möglich und wo? Solch ein Laser hätte ein enormes Zerstörungspotential – ist das politisch durchsetzbar? Kann das getroffene Sonnensegel mindestens 99,999% der eintreffenden Energie reflektieren ohne zu verdampfen? Wenn es eine der vielen Nanosonden trotz Kollisionsrisiko mit Staubteilchen bis Alpha Centauri schafft – lassen sich die Raumsonden dort abbremsern? Wie sollen die Winzlinge ihre Daten überhaupt zurück zur Erde senden?

Konkrete Lösungen, wie das alles funktionieren soll, sind am Anfang des Weges nicht zu erwarten. Technologische Entwicklungen der Initiative könnten der Menschheit ganz anders nützen. Die Vision ist faszinierend und nicht komplett unrealistisch. Bis Alpha Centauri ist es aber noch ein langer Weg.

▶ Paul Hombach



▼ Abb. 2: Juri Milner mit Nanosonden-Modell bei seiner Präsentation am 12. April 2016.



Bryan Bedder/Getty Images für Breakthrough Initiatives Foundation

➤ SURFTIPPS

- Breakthrough Starshot-Initiative

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a4024](https://www.kurzlink.de/a4024)

Der goldene Spiegel von James Webb

Sichtbare Fortschritte beim Bau des Hubble-Nachfolgers



NASA/Chris Gunn

▲ Abb. 1: Das James Webb Space Telescope Anfang Mai in einem Reinraum des Goddard Space Flight Center der NASA.

Beim Bau des James Webb Space Telescope, dem offiziellen Nachfolger des Weltraumteleskops Hubble, wurde im Frühjahr ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zum Start im Jahr 2018 erreicht. Mit der Montage der letzten Komponenten des Spiegels gilt das Teleskop als »optisch fertiggestellt«. Auch die Instrumente wurden inzwischen in die Teleskopstruktur montiert. In den nächsten Monaten sind umfangreiche Tests geplant.

In einem riesigen Reinraum des Goddard Space Flight Center der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA nimmt der designierte Nachfolger des Weltraumteleskops Hubble Formen an: Im März wurden die letzten Spiegelkomponenten montiert und das optische System des Teleskops fertiggestellt. Ende April wurde dann der Schutzüberzug von den Spiegelsegmenten entfernt, der die empfindliche Oberfläche vor Beschädigungen während der Montage schützen sollte. Erstmals war dadurch der goldschimmernde Hauptspiegel in voller Schönheit zu sehen.

Mit Goldschicht überzogen

Der Hauptspiegel hat einen Durchmesser von 6,5 Metern und besteht aus 18 sechseckigen Einzelementen. Sie bestehen aus Beryllium. Jedes dieser Segmente wiegt rund 20 Kilogramm und ist mit einer hauchdünnen Goldschicht überzogen. Dies soll für ein besseres Reflexionsvermö-

gen im Infraroten sorgen. Der Hubble-Nachfolger und seine Instrumente wurden nämlich besonders auf die Beobachtung im Infraroten ausgelegt, um die Strahlung ferner Galaxien analysieren oder Wolken kosmischen Staubs durchdringen zu können, die beispielsweise junge Sterne umgeben.

Im Mai wurde dann die Komponente mit den vier wissenschaftlichen Instrumenten in die Teleskopstruktur montiert. Die Ingenieure hatten diesen kritischen Schritt zuvor mehrfach bei Computersimulationen und mithilfe von Übungsmodellen geprobt, damit bei der eigentlichen Montage nichts schiefging. Das zusammengebaute Teleskop wird nun gründlichen Tests unterzogen. Dabei wird unter anderem überprüft, ob James Webb die Erschütterungen, denen das Teleskop beim Start ausgesetzt sein wird, unbeschadet übersteht.

Für James Webb wurden Kameras und Spektrografen für den nahen und mittleren Infrarotbereich entwickelt. Zwei Instrumente kommen dabei aus den USA, ein Instrument hat die europäische Weltraumagentur ESA beigesteuert, eines die kanadische Raumfahrtagentur CSA. Die Gesamtkosten für das Teleskop belaufen sich auf über acht Milliarden US-Dollar.

Teleskop mit Sonnenschirm

Nach den derzeitigen Planungen soll das Teleskop 2018 an Bord einer Ariane-5-Ra-

kete gestartet werden. Der große Spiegel wird dazu zusammengefaltet. Das Teleskop wird am sogenannten Lagrange-Punkt L2, 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt, positioniert. Eine Wartung des Teleskops, wie sie etwa bei Hubble mithilfe von Raumfähren erfolgte, wird also nicht möglich sein. Das Teleskop und seine Instrumente werden dort – geschützt durch einen riesigen Sonnenschirm von der Größe eines Tennisplatzes – auf Temperaturen von -233°C gekühlt.

► Stefan Deiters



Northrop Grumman

▲ Abb. 2: So soll es einmal aussehen: Künstlerische Darstellung des James Webb Space Telescope im All.

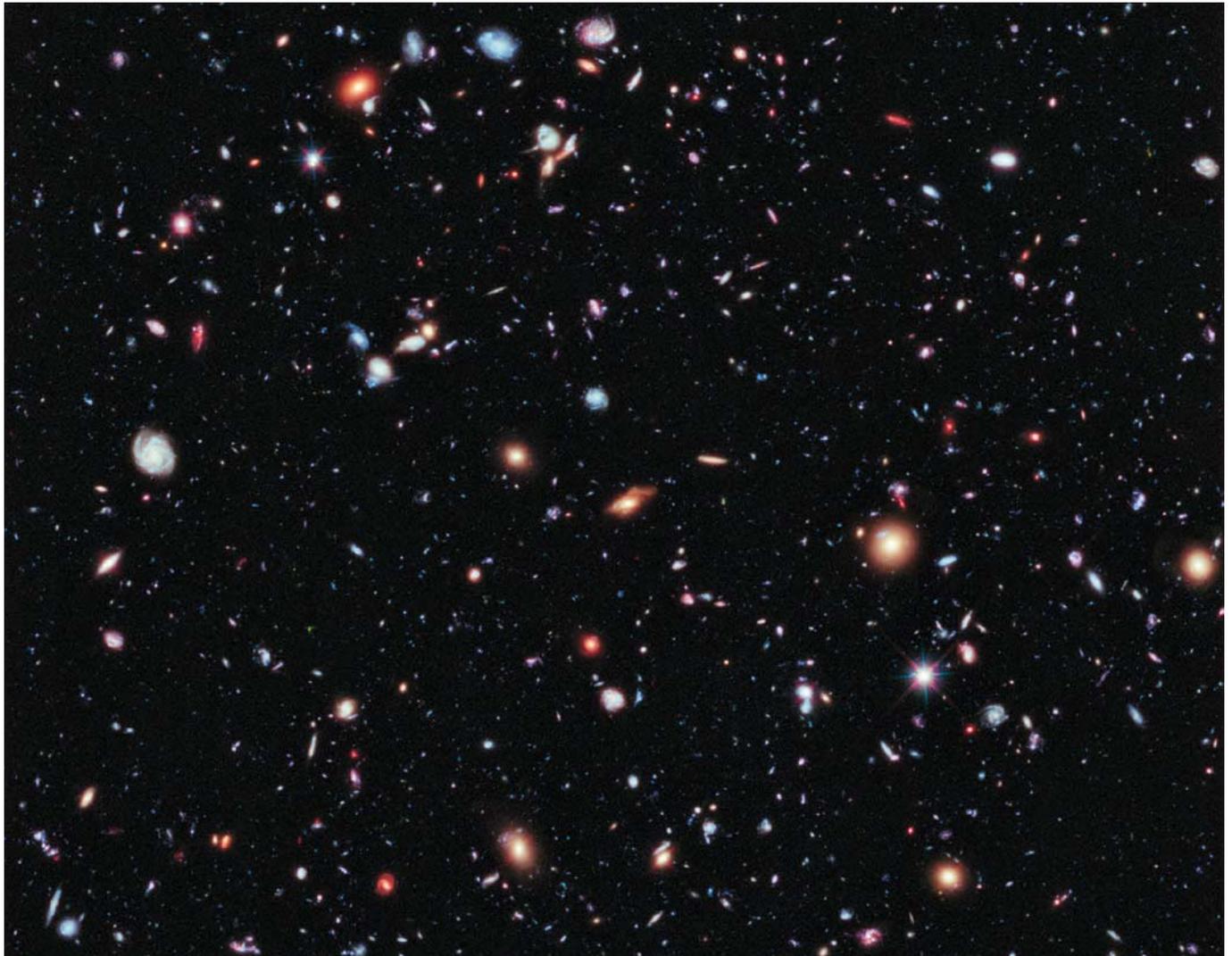
► SURFTIPPS

- James Web Space Telescope (JWST)
- JWST - NASA-Seite
- JWST-Flickr-Album

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4025

Warum dehnt sich das Universum aus?

Vor gut 100 Jahren staunten die Astronomen nicht schlecht, als sie bemerkten, dass sich sehr weit entfernte Galaxien ausnahmslos von der Erde entfernen. Für diese »Galaxienfluchtbewegung« wird die Ausdehnung des Universums verantwortlich gemacht. Aber was dehnt sich da aus? Und wird diese kosmische Expansion jemals aufhören?



NASA, ESA, G. Illingworth, D. Magee und P. Oesch (University of California, Santa Cruz), R. Bouwens (Leiden University) und das HUDF09 Team

▲ Abb. 1: Das Hubble eXtreme Deep Field. Solche »Tiefenfeldaufnahmen« entstehen durch lange Belichtungszeiten und machen den extrem weit entfernten Kosmos sichtbar. Durch die Beobachtung von Galaxien in so großen Entfernungen lässt sich die kosmische Ausdehnung direkt sehen und messen.

Big Crunch oder nicht?

Die Dynamik des Universums als Ganzes hängt davon ab, was sich im Kosmos befindet. Albert Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie von 1915 beschreibt das mathematisch. Energieformen, z.B. Materie und Strahlung, nehmen Einfluss auf Raum und Zeit, in dem sie sich befinden. Sie können eine Ausdehnung oder eine Schrumpfung des Raums bewirken, so auch des gesamten Kosmos. Dabei wäre es sogar möglich, dass sich das Univer-

sum zyklisch entwickelt, also im Urknall entsteht, sich ausdehnt, eine Maximalgröße erreicht, dann wieder in sich zusammenstürzt und von neuem im Urknall beginnen könnte. Die Sache hat einen Haken: Dieses Universum stürzt auf Ausdehnung null zusammen. Es gibt also einen »Endknall« oder »Big Crunch«, in dem wir und der ganze Rest des Universums zerquetscht würden.

Das passiert aber nur, wenn es im Kosmos genug Materie geben würde, die durch ihre Gravitation die Ausdehnung stoppen könn-

te. Aktuelle Messungen zeigen, dass zu wenig Materie da ist und das Universum daher nicht mit einem Endknall endet.

Lösung durch Supernovae

Mit ein bisschen weniger Materie sagen die Modelle ewige (aber nicht zunehmende!) Expansion sowie ein größeres Alter des Universums voraus. Man kann die Gültigkeit dieser Annahmen testen, indem man sich im Kosmos nach den ältesten Objekten umschaute. Astrono-



⇐ 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

men bestimmten das Alter der Milchstraße auf rund 13 Milliarden Jahre, was manches theoretische Modell bereits ausschließt.

1998 kam dann der Nobelpreis-prämierte Durchbruch. Anhand von weit entfernten Sternexplosionen vom Typ Supernova Ia entdeckten Astronomen, dass das Universum fast 14 Milliarden Jahre alt ist und sich sogar beschleunigt ausdehnt. Dieses Verhalten zeigt nur ein Modell mit einer neuen, wichtigen Zutat: einer Form von Antigravitation, der Dunklen Energie.

Nach dem Urknall ließ es das Universum zunächst langsam angehen – in einer Phase gebremster Ausdehnung: Das Universum vergrößerte sich zwar, aber das erfolgte allmählich immer langsamer. In einer späteren Phase kosmischer Entwicklung kam es dann zu einem Umschwung: Das Universum »gab wieder richtig Gas« und dehnte sich sogar beschleunigt aus – ein Verhalten, das bis heute andauert und astronomisch beobachtet werden kann.

Grund dafür ist, dass das Verhalten des Universums von seinen Bestandteilen abhängt. Es ist Spielball seiner Zutaten und reagiert auf Strah-

lung, normale und Dunkle Materie sowie auf Dunkle Energie. Das Ausdehnungsverhalten variiert, je nachdem, um welchen Bestandteil es geht. Normale und Dunkle Materie verhalten sich dabei gleich. Nach dem Urknall dominierte zunächst die Materie und bremste durch die Gravitationswirkung zwischen den Massen die kosmische Expansion. Die Materie dünnte sich aber durch die Ausdehnung immer mehr aus, so dass nun andere Zutaten dominant werden konnten. Erstaunlicherweise gewinnt die Dunkle Energie gerade in unserer gegenwärtigen kosmischen Epoche die Oberhand und sorgt für die kosmische Beschleunigung.

Ende im Big Rip?

Nach aktuellem Kenntnisstand kann diese beschleunigte Expansion nicht aufgehalten werden. Die ferne Zukunft des Universums ist daher nicht so rosig. Weil die Lichtwellen durch den sich ausdehnenden Raum auseinandergezogen werden, werden sie immer mehr gerötet und nehmen auch in ihrer Intensität ab. Der künftige

Kosmos wird daher kalt und dunkel. Gleichermaßen nehmen die mittleren Entfernungen der Galaxienhaufen zu. Irgendwann sind sie so weit voneinander entfernt, dass der ferne Kosmos aus unserem Blick verschwinden wird.

Es werden dabei sogar noch extremere Formen Dunkler Energien diskutiert, wie die »Phantom-Energie«. Sie würde sogar zu einem Zerreißen des Universums – dem »Big Rip« – führen. Dabei wächst der Raum über alle Maßen, und er zerreißt alles, vom Atom bis zum Galaxienhaufen. Die Ungenauigkeiten bei der Messung der kosmologischen Parameter lassen dieses Szenario noch immer zu, wenngleich die Phantom-Energie nicht favorisiert wird.

► Andreas Müller

👉 SURFTIPPS

- Online-Lexikon der Astrophysik

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4027

Astro-ABC: C wie Cepheiden

Cepheiden (gesprochen: Zefe-iden) sind große und leuchtkräftige Sterne, die sich im Rhythmus einiger Tage ausdehnen und wieder zusammenziehen und dabei ihre Helligkeit ändern. Dabei gibt es einen typischen Zusammenhang zwischen der Dauer dieses Pulsierens und der maximalen Sternhelligkeit: Je länger die Periode des Lichtwechsels ist, desto heller leuchtet der Stern. Entdeckt hat diese Beziehung die Astronomin Henrietta Swan Leavitt im Jahr 1912. Stellen Sie sich vor, es gäbe eine Sorte flackernder Glühbirnen, von der man sagen könnte: »Wenn sie fünfmal pro Stunde ihre Helligkeit ändert, ist es eine 100-Watt-Birne, bei dreimal pro Stunde ist es eine 150-Watt-Birne«. Dann würde es genügen, in einem entfernten Dorf eine Lampe zu beobachten und zu schauen, wie oft sie in einer Stunde flackert. Dann wissen Sie, wie hell diese Leuchte tatsächlich ist und können aus



▲ Abb. 1: Der Cepheid RS Puppis strahlt in 6500 Lichtjahren Entfernung

Hubble Legacy Archive, NASA, ESA, Stephen Byrne

der von ihnen beobachteten Helligkeit auf die Entfernung der Glühbirne schließen.

Zum Glück für die Astronomie verhalten sich klassische Cepheiden ganz ähnlich. Weil es zudem sehr helle Sterne sind, lassen sie sich sogar in manchen nahen Galaxien nachweisen, womit deren Entfernungen bestimmbar werden. Benannt sind die Cepheiden nach dem veränderlichen Stern δ Cephei, einem Cepheiden im Sternbild Kepheus.

► Paul Hombach

👉 SURFTIPPS

- δ Cephei beobachten

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4027

► Abb. 1: Blick zum Radianten der Perseiden im Sternbild Perseus. Das Maximum der Sternschnuppenaktivität wird für den 12. August zwischen 10 und 24 Uhr MESZ erwartet.

M. Theusner

LAURENTIUSTRÄNEN aus dem Perseus

Maximum der Perseiden am 12. August

Der bekannteste Meteorstrom in unseren Breiten sind die Perseiden, auch als »Tränen des Laurentius« bezeichnet. Der Ursprungskomet 109P/Swift-Tuttle benötigt etwa 130 Jahre für einen Umlauf um die Sonne. Auf seinem Weg durch das Sonnensystem hat er eine Staubschweif hinterlassen, die die Erde regelmäßig Mitte August durchläuft. Das relativ breite »klassische« Maximum mit der höchsten Zahl von Meteoren pro Stunde wird am 12. August zwischen 10:00 MESZ und 24:00 MESZ erwartet. In diesem Jahr dürften dabei vorübergehend nicht nur die üblichen

100, sondern sogar zwischen 150 und 160 Meteore pro Stunde zu sehen sein. Allerdings ist dieses Maximum von Mitteleuropa aus nicht gut zu sehen, da es hier tagsüber bzw. in der ersten Nachthälfte stattfindet.

Schon in der Nacht zuvor könnte sich aber ein Blick an den Himmel lohnen: Am 12. August um 0:34 MESZ soll die Erde eine junge Staubschweif mit kleineren Meteoroiden treffen, die beim letzten Umlauf um die Sonne freigesetzt wurden. Diese könnten die Zahl der Meteore pro Stunde für einige Zeit um zehn erhöhen. Gegen 1:23 MESZ werden dann hellere Meteore erwartet, die von Me-

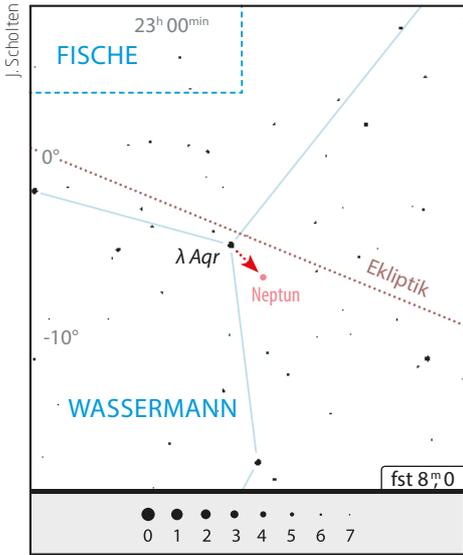
eteoroiden stammen, die 109P/Swift-Tuttle vor vier Umläufen freigesetzt hat. Zwischen 2:00 MESZ und 6:00 MESZ tritt die Erde dann in einen dichten Abschnitt des Stromes ein, dessen Material vor zwei Umläufen des Ursprungskometen freigesetzt wurde.

Zwar liegt das klassische Maximum für europäische Beobachter in diesem Jahr ungünstig, die Durchgänge der Erde durch die verschiedenen Staubschweife vor dem Maximum sind jedoch spannend. Der Mond wird die Beobachtungen dabei nicht signifikant stören.

► André Knöfel

Blauer Planet im Wassermann

Neptun in Opposition am 2. September



▲ Abb. 2: Position Neptuns am 2. September 22:00 MESZ im Sternbild Wassermann.

► Paul Hombach

Der Gasplanet am äußeren Rand des Planetensystems fällt nie durch besonders hohe Helligkeit auf, aber er ist bereits mit einem Fernglas zu sehen. Die beste Zeit dazu sind die Tage um seine Opposition, wenn Neptun seine erdnächste Stellung erreicht. Erdnähe ist in diesem Zusammenhang sehr relativ, am Tag der Opposition ist der Planet immer noch 29-mal weiter von der Erde entfernt als die Erde von der Sonne.

Am 2. September steht Neptun mit 7^m8 im Sternbild Wassermann nahe des Sterns λ Aqr. Im Fernglas gelingt es nicht, Neptun als Planeten zu erkennen, da er punktförmig bleibt. Seine bescheidenen 2,4" Durchmesser erfordern schon ein Teleskop mit einer Vergrößerung von 200x, um ein bläuliches Scheibchen zu erblicken. Wer den Planeten mit einem Fernrohr von wenigstens 150mm Öffnung im Visier hat, kann sich an eine Sichtung des hellsten Neptunmondes Triton wagen. Der 2700km große Eismond ist mit 13^m in Reichweite mittlerer Amateurlinienteleskope und steht am Oppositionsabend 15" nordöstlich Neptuns.

Ein Hauch von Schatten

Halbschatten-Mondfinsternis am 16. September

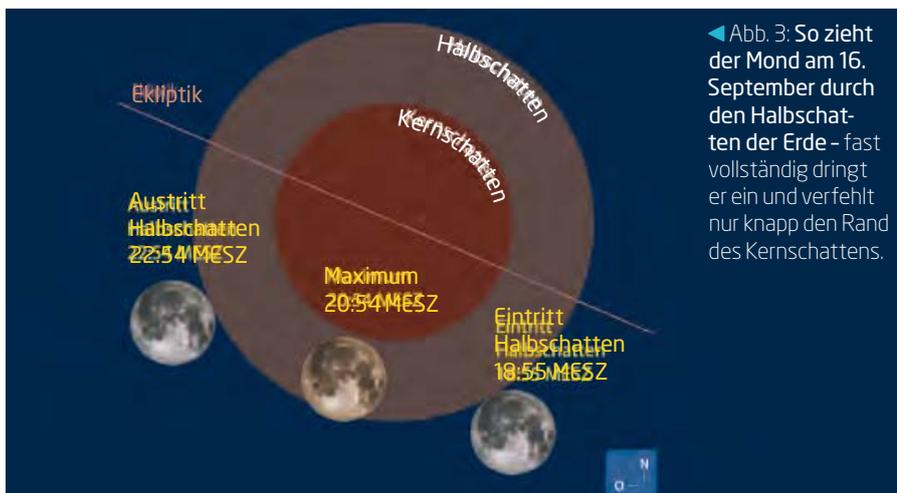
Bei einer totalen Mondfinsternis dringt der Mond komplett in den Kernschatten der Erde ein. Der eben noch helle Vollmondhimmel wird so dunkel wie in einer Neumondnacht. Bei einer partiellen Mondfinsternis reicht es nur für ein teilweises Eintauchen in den Kernschatten, ohne dramatische Begleitumstände am Himmel. Bei einer Halbschattenfinsternis schließlich wird der Kernschatten komplett verfehlt und der Mond durchläuft nur den Halbschatten der Erde.

Da Europa allerdings seit 2015 unter einer ungewöhnlichen 14-jährigen »Dürre« halbwegs gut beobachtbarer totaler Mondfinsternisse leidet, verdient selbst die Finsternis vom 16. Sep-

tember 2016 Beachtung: Immerhin wandert der Mond recht tief in den Halbschatten hinein und verbringt 3 Stunden und 59 Minuten darin. Der Eintritt – ohnehin immer unbeobachtbar – liegt noch vor Sonnenuntergang um 18:55 MESZ. Die maximale Verdunkelung wird um 20:54 MESZ an bereits weitgehend dunklem Himmel erreicht. Schluss ist um 22:54 MESZ.

Maximal taucht der Mond mit 91% seines Durchmessers in den Halbschatten ein: Da dieser zum Kernschatten hin allmählich dunkler wird, ist eine generelle Eintrübung eines Sektors der Mondscheibe zu erwarten. Im Osten des deutschen Sprachraums ist all dies etwas besser als im Westen zu beobachten, da der eingetübte Vollmond dort schon etwas höher steht: Mehr als 10° sind es, nur eine gute Stunde nach Mondaufgang, aber auch dort nicht.

► Daniel Fischer



◀ Abb. 3: So zieht der Mond am 16. September durch den Halbschatten der Erde – fast vollständig dringt er ein und verfehlt nur knapp den Rand des Kernschattens.

F. Gasparini

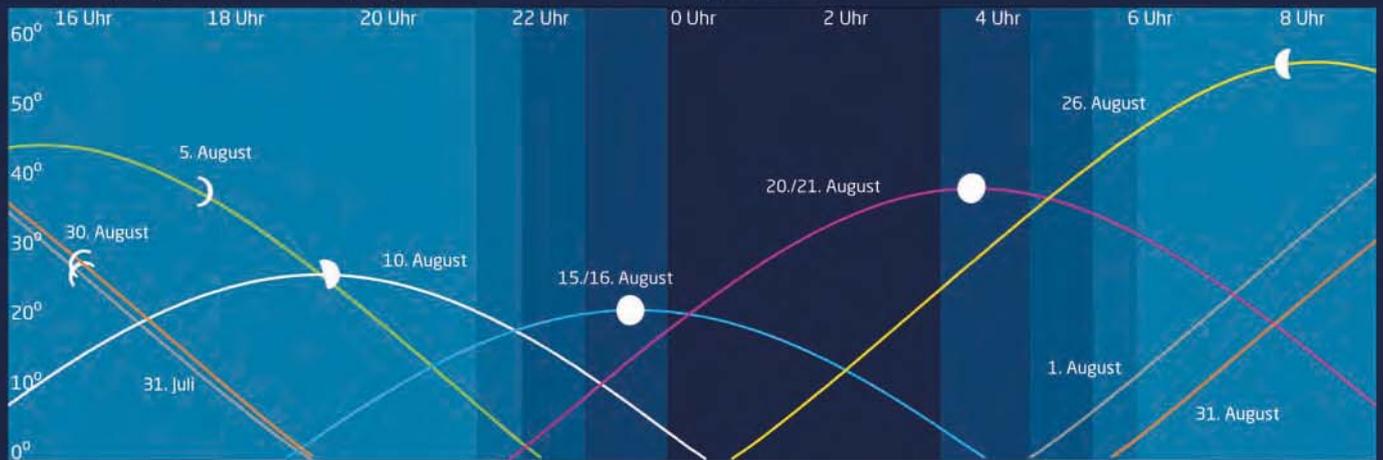
Astronomische Ereignisse im August/September 2016		
2.8.	22:45 MESZ	Neumond
4.8.	21:12 MESZ	Mond 2,2° SW Merkur (helle Dämmerung)
5.8.	21:00 MESZ	Venus 1° N Regulus (helle Dämmerung)
10.8.	20:21 MESZ	Mond Erstes Viertel
12.8.	15:00 MESZ	Maximum Perseiden, ZHR=100
16.8.	23:24 MESZ	Merkur (0 ^m 2) größte Elongation (27,4°) Ost
18.8.	11:27 MESZ	Vollmond
19.8.	23:54 MESZ	Mond bedeckt φ Aqr (4 ^m 2), Eintritt am hellen Rand
20.8.	00:04 MESZ	Mond bedeckt φ Aqr (4 ^m 2), Austritt
22.8.	8:49 MESZ	Kleinplanet (2) Pallas in Opposition (9 ^m 2, Peg)
25.8.	5:41 MESZ	Mond Letztes Viertel
27.8.	20:30 MESZ	Venus nur 0,2° W Jupiter, knapp über Horizont
31.8.	8:13 MESZ	Ringförmige Sonnenfinsternis über Zentralafrika
1.9.	11:03 MESZ	Neumond
2.9.	18:38 MESZ	Neptun Opposition (7 ^m 8)
3.9.	20:10 MESZ	Mond 2,8° NO Venus (helle Dämmerung)
9.9.	4:34 MESZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Südpol sichtbar (Breite: -6,859°), südlichste Libration der letzten 10 Jahre
9.9.	13:49 MESZ	Mond Erstes Viertel
13.9.	1:40 MESZ	Merkur untere Konjunktion
16.9.	1:00 MESZ	Mond bedeckt λ Aqr (3 ^m 7)
16.9.	18:54 MESZ	Halbschatten-Mondfinsternis, Ende auch in Europa zu sehen
16.9.	21:05 MESZ	Vollmond
18.9.	23:31 MESZ	Mond bedeckt v Psc (4 ^m 5), Eintritt am hellen Rand
18.9.	23:59 MESZ	Mond bedeckt v Psc (4 ^m 5), Austritt
22.9.	16:21 MESZ	Herbst-Tagundnachtgleiche
23.9.	2:54 MESZ	(45) Eugenia 13 ^m 0 bedeckt TYC 1298-00763-1, 11 ^m 3 (14,9s Δm: 1 ^m 9)
23.9.	2:56 MESZ	Petit-Prince, Mond von (45) Eugenia 13 ^m 0 bedeckt TYC 1298-00763-1, 11 ^m 3 (0,6s Δm: ,m2)
23.9.	11:56 MESZ	Mond Letztes Viertel
26.9.	9:00 MESZ	Jupiter Konjunktion
28.9.	21:30 MESZ	Merkur (-0 ^m 5) größte Elongation West, Morgenhimmel
29.9.	06:50 MESZ	Mond 2° NO Merkur
29.9.	14:00 MESZ	Kleinplanet (11) Parthenope in Opposition (9 ^m 2, Cet)

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

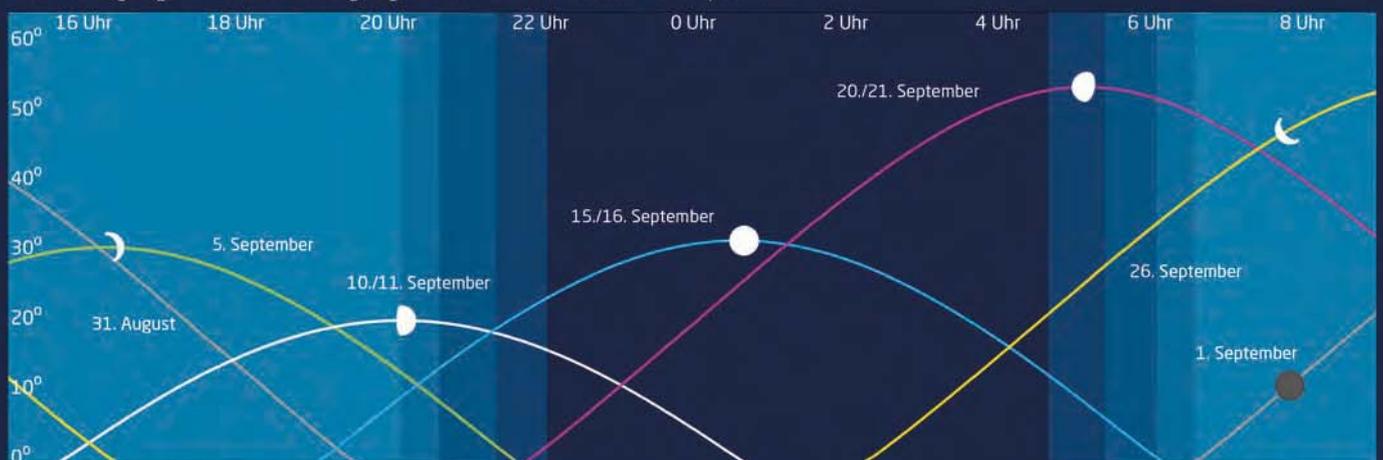
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Der Mond im August/September

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



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

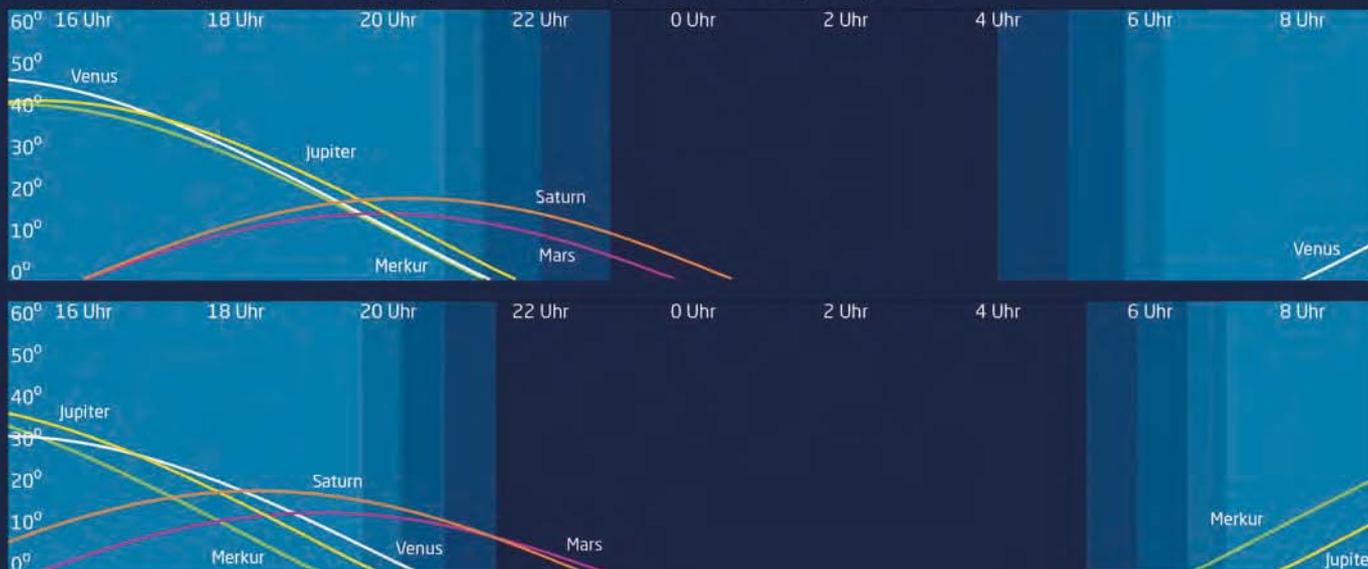


Die Daten und Ansichten auf dieser Doppelseite wurden erstellt mit CalSky für 50° Nord, 10° Ost. Die Plattform www.CalSky.com erlaubt Ihnen die exakte Kalkulation für Ihren Beobachtungsort.

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

Die Planeten im August/September

Planeten: Aufgang, Höhe und Untergang im August (oben) und September (unten) 2016



Planeten: Bahnen im August und September 2016



Planeten: Anblick im Fernrohr im August und September 2016



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

◀ Abb. 1: Polarlicht in der Nacht vom 8. auf den 9. Mai 2016 mit Sternschnuppen. Carsten Jonas

Sonne aktuell: Polarlichter und große Einzelflecken

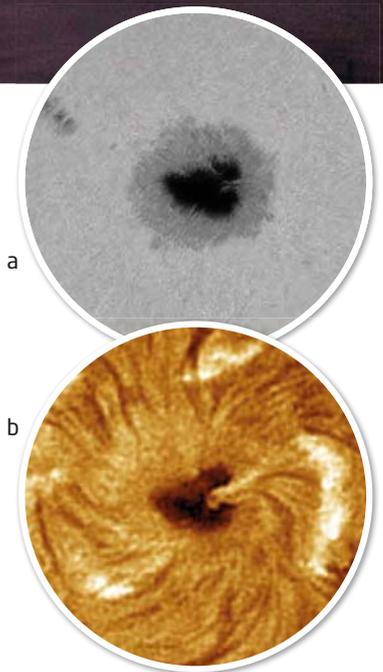
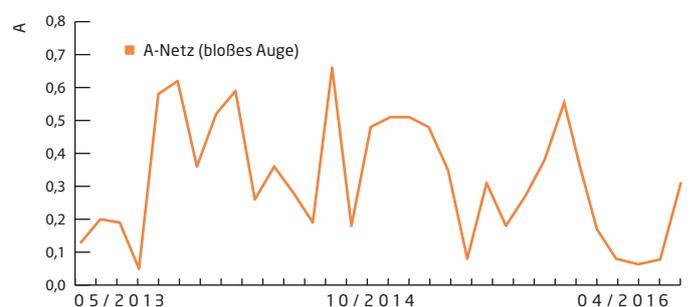
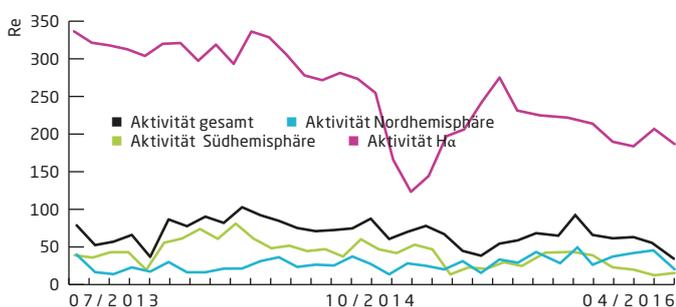
In den vergangenen Wochen wurden vermehrt visuelle bzw. fotografische Polarlichter gemeldet und teilweise sogar – wie in der Nacht vom 16. auf den 17. März – bis hinab nach Thüringen und Sachsen beobachtet. Grund für diese eigentlich eher im Fleckenmaximum zu erwartenden Erscheinungen des Erdmagnetfeldes waren Koronale Löcher, aus denen vermehrt Teilchenschauer aus tieferen Regionen der Sonne austraten, sowie einige wenige koronale Massenauswürfe.

Die Sonnenaktivität ist im März und April weiter stark abgesunken und es gab nur noch 17 bzw. 13 neue Fleckengruppen zu sehen. Im Maximum können diese Werte zwei- bis dreimal so hoch liegen wie aktuell. Dass die Beobachtung des Tagesgestirns dennoch nicht langweilig wird, bewies die aktive Region mit der von der US-amerikanischen National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) vergebenen Nummer 12529. Sie war vom 8. bis zum 20. April sichtbar und wies zeitweise einen Durchmesser von fast 70.000km auf. Mithilfe von Sonnenfinsternisbrillen konnte sie an einigen Tagen auch mit dem bloßen Auge gesehen werden. Diese Gruppe erwies sich als sehr stabil: Sie war im H α -Licht von starken

Flare-Gebieten umgeben und wurde offenbar von starken Magnetfeldern gehalten, so dass sie die Rotation überlebte und wenige Tage vor dem Merkurtransit am 9. Mai erneut am Ostrand erschien. Sie war allerdings deutlich kleiner geworden und bildete kurze Zeit später sogar einen zweiten Pol mit einer Umbra und einer oft nur rudimentär vorhandenen Penumbra. Von der NOAA hatte sie die neue Nummer 12542 erhalten. Bereits im März war ein großer Einzelfleck zu sehen gewesen, der relativ einsam über die Sonnenoberfläche dahinzog, ein typisches Phänomen in einem abklingenden Fleckenzzyklus.

Im H α -Licht fiel die Aktivität der Sonne – trotz etlicher Protuberanzen und Filamente – ebenfalls sehr gering aus und selbst die große Region 12529 blieb weitgehend inaktiv. Lediglich am 18. April brachte sie einen kräftigen M-Flare hervor, der mit einem koronalen Massenauswurf verbunden war. Desse Teilchenschauer verließ mit 1869km/s die Sonnenoberfläche, war aber aufgrund seiner Position nah am Westrand nicht erdwärts gerichtet und löste somit auch keinen geomagnetischen Sturm aus.

► Manfred Holl



▲ Abb. 2: Die große Sonnenfleckengruppe AR 12529 am 12. April 2016 mit einem sehr großen Hofgebiet (a). Im H α -Licht waren aus ihr heraustretende Filamentstrukturen sowie eine im Entstehen begriffene Eruption zu sehen (b). Erich Kopowski

► SURFTIPPS

- Übersicht zu geomagnetischen Stürmen
- Polarlicht-Video vom 8. Mai 2016
- Polarlicht-Video mit Meteorspur

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a4032](http://kurzlink: oc1m.de/a4032)

Kometen aktuell: Ein Komet mit langer Geschichte

Der Komet Pigott-LINEAR-Kowalski hat nicht nur einen komplizierten Namen, sondern eine ähnlich komplizierte Entdeckungsgeschichte hinter sich. Am 19. November 1783 entdeckte der englische Astronom Edward Pigott einen etwa 7^m hellen Schweifstern. Auch Pigotts bekannte Zeitgenossen Wilhelm Herschel, Charles Messier und Pierre Méchain beobachteten den neuen Kometen in den folgenden Wochen. Die Beobachtungen des bald schwächer werdenden Schweifsterns reichten aber nicht aus, um eine exakte Bahn zu berechnen. Zudem waren kurzperiodische Kometen zu dieser Zeit noch unbekannt.

Erst im Lauf des 19. Jahrhunderts wurden elliptische Bahn-Lösungen errechnet. Der Komet galt nun als verschollen und erhielt die Bezeichnung D/1783 W1 (Pigott). Das blieb bis ins 21. Jahrhundert so. Erst ein Fund im Jahre 2009 änderte daran etwas: Zunächst entdeckte im Januar 2003 das LINEAR-Team einen neuen Kometen mit der Bezeichnung C/2003 A1 (LINEAR). Zwar vermutete man schon, dass es sich um den verlorengegangenen Kometen Pigott handeln könnte, eine gesicherte Bestätigung blieb aber aus. Erst als Richard Kowalski vom Catalina Sky Survey im September 2009 einen weiteren »neuen« Kometen fand und dieser sich als identisch mit C/2003 A1 herausstellte, konnte eine Verbindung zwischen den Bahnen hergestellt und das Rätsel der Kometen gelöst werden: Aus P/2009 R2 wurde **226P/Pigott-LINEAR-Kowalski**, dessen Wiederkehr nun im September erfolgen wird.

Leider ist die Helligkeit des Kometen im Vergleich zum Entdeckungsjahr stark zurückgegangen.

Kometen im August/September 2016

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erw. Helligkeit
226P/Pigott-LINEAR-Kowalski	19.11.1783	5.9.2016 (1,77AE)	14.11.2016 (0,99AE)	September bis Dezember 2016	13 ^m bis 15 ^m
9P/Tempel	3.4.1867	2.8.2016 (1,54AE)	13.4.2016 (0,98AE)	April bis September 2016	11 ^m bis 12 ^m

Zu den beiden Sichtbarkeiten 2003 und 2009 erreichte er lediglich rund 16^m bzw. 17^m – in diesem Jahr könnte er 14^m oder auch etwas mehr erreichen. Wer diesen historisch so interessanten Schweifstern beobachten will, muss also über eine entsprechende Ausrüstung verfügen. Die Position am Himmel ist ab September sehr gut, 226P wandert durch das Sternbild Orion und ist in der zweiten Nachthälfte bestens zu beobachten.

Hellster Komet ist weiterhin **9P/Tempel**, der am Abendhimmel durch die Sternbilder Jungfrau, Waage und Skorpion wandert. Bei entsprechend geringer Horisonthöhe und einer Hel-

ligkeit zwischen 11^m und 12^m bleibt aber auch er ein schwieriges Objekt. Das Rendezvous zwischen 9P und dem Kugelsternhaufen M 4 am 27. September kann dennoch ein schönes Motiv für Astrofotografen abgeben.

► Burkhard Leitner

▼ Abb. 1: **Überraschungskomet im Frühjahr 2016 war 252P/LINEAR.** CCD-Aufnahme vom 7. Mai, 200mm-Newton bei 800mm, Moravian G2 8300, Belichtung 5x5 min (L-Kanal) bzw. je 5min (RGB-Kanäle).
Norbert Mrozek



☛ SURFTIPPS

- Entdeckungsgeschichte von 226P

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a4033](https://oc1m.de/a4033)



► Abb. 1: Jupiter in voller Schönheit, mit Großem Roten Fleck und Mond Ganymed (links). Aufnahme vom 21.4.2016 mit einem 235mm-Schmidt-Cassegrain bei 6000mm Äquivalentbrennweite. Michael Schröder

Planeten aktuell: Von Merkur bis Mars

Der Vorübergang von **Merkur** vor der Sonnenscheibe war das Highlight im Sonnensystem der letzten Monate (vgl. Kasten). Einigen Beobachtern gelang es, den innersten Planeten bereits zuvor bei seiner Abend-sichtbarkeit im April abzuzichten. Ende September ergibt sich am Morgenhimmel die nächste Chance.

Mars beendet nun die spannende Phase seiner Sichtbarkeit. Am 11. August unterschreitet der Durchmesser des Planetenscheibchens zwölf Bogensekunden, am 8. September erscheint es schließlich nur noch zehn Bogensekunden groß. Am 5. Juli war der Äquinoktium-Termin für den Roten Planeten: An diesem Tag begann auf der Südhalbkugel der Frühling

und auf der Nordhalbkugel der Herbst. Bereits Anfang Mai war teleskopisch nur noch ein kleiner Rest der Nordpol-Eiskappe zu sehen, der Südpol lag weitgehend unter Wolken verborgen. Im August dürfte von der Nordpolkappe gar nichts mehr zu sehen sein, während sich die südliche Polkappe zeigen könnte, wenn die Wolken über der südlichen Polarregion aufreißen.

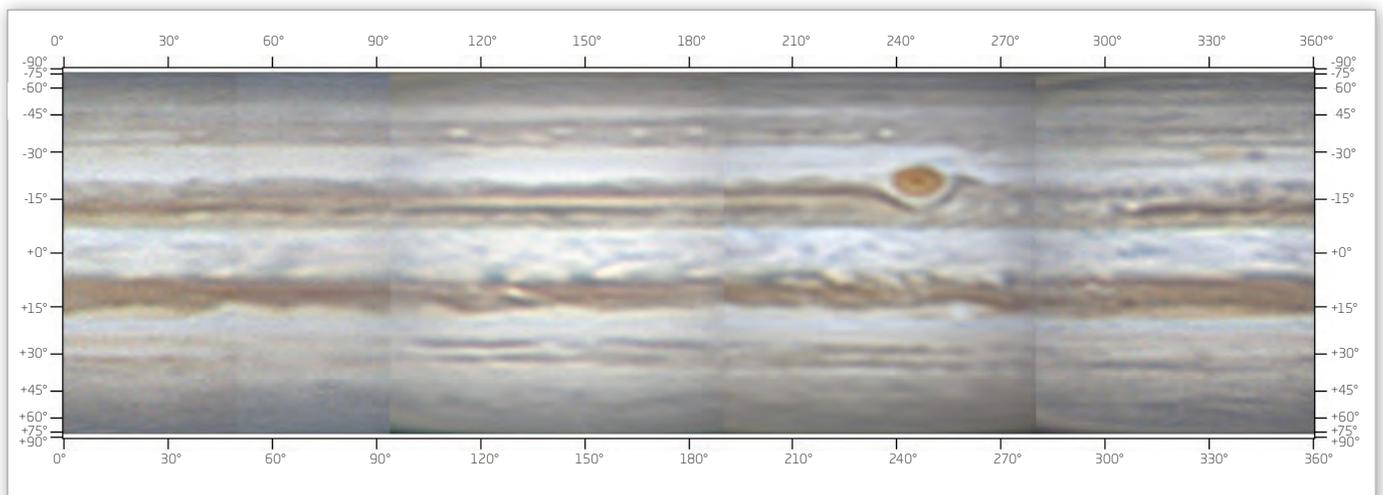
Leider wird der Rote Planet auch in den Sommermonaten seine Position im Sternbild Skorpion beibehalten – und damit den rekordverdächtig niedrigen Stand über dem Horizont. Die starke Luftunruhe macht visuelle und fotografische Bilderergebnisse ausgesprochen schwierig.

Vom selben Schicksal betroffen ist **Saturn**, zu dem in unserer Astrofoto-Community zum Re-

daktionsschluss noch keine Bilder eingetroffen waren. Bis Ende Mai machte der Ringplanet einen ruhigen Eindruck ohne jegliche Anzeichen verstärkter atmosphärischer Aktivität. Beobachtern wird dennoch empfohlen Saturn nicht aus den Augen zu lassen – bei gutem Seeing ist der Anblick immer wieder beeindruckend und die Atmosphäre des Ringplaneten ist immer wieder für Überraschungen gut.

Jupiter ist nur noch Anfang August tief am Abendhimmel zu sehen, die Zeit detaillierter Beobachtungen ist vorbei. In der Astrofoto-Community sind zahlreiche schöne Bilderergebnisse zu finden – die Fans des Riesenplaneten können ab Oktober auf eine Fortsetzung hoffen.

► Ronald Stoyan



▲ Abb. 2: Gesamtkarte Jupiters, erstellt zwischen dem 19. und 21. April, gewonnen mit einem 150mm-Maksutov-Cassegrain-Teleskop. Silvia Kowallik



▲ Abb. 3: Merkur drei Wochen vor dem Transit. Aufnahme mit einem 175mm-Refraktor. Rudolf Hillebrecht

▲ Abb. 4: Mars lässt sich aufgrund des niedrigen Standes über dem Horizont derzeit nur wenige Details entlocken. Diese Aufnahmen zeigt die markante Dunkelstruktur Syrtis Major, eine Wolke über der Südpolarregion (links oben) und die Reste der Nordpolkappe (rechts unten). Siliva Kowollik, Frank Meyer

IM DETAIL

Merkurtransit hochvergrößernd

Der Merkurtransit am 9. Mai bot bei fast vollständig klarem Himmel und meist erstaunlich guter Luftruhe bis zum Ende des Ereignisses die seltene Chance, die volle Auflösungskraft der zur Verfügung stehenden Teleskope zu nutzen. Ich beobachtete mit einem 120/900mm-Refraktor und Herschelprisma im Weißlicht. Dabei wurde ein Binokularansatz mit bis zu 255-facher Vergrößerung verwendet. Parallel verwendete ich ein 60/355-Teleskop mit H α -Filter.

Auch wenn man in etwa weiß, wo das Planetenscheibchen eintreten wird, ist es schwierig den ersten Kontakt genau zu er-

fassen. Im H α -Licht wurde eine kleine Protuberanz nur knapp verpasst, was ich aber erst nach dem Eintritt des Merkurscheibchens realisierte. Zum zweiten Kontakt herrschte im Weißlicht eine kurze Phase schlechter Luftruhe, so dass es zu einem etwa zehn Sekunden dauernden Tropfenphänomen kam, das Scheibchen also noch mit dem Sonnenrand verbunden schien, obwohl der zweite Kontakt schon vorüber war.

Überrascht war ich von der Größe des Merkurscheibchens. Es war mit einem 8 \times 21-Monokular klar zu sehen, mit bloßem Auge und Finsternisbrille bestand jedoch keine Chance, es zu erhaschen. Mit zunehmender Dauer des Tran-

sits verbesserten sich die Seeing-Bedingungen immer mehr, so dass eindrucksvoll zu sehen war, wie der Planet vor den Granulen der Sonnenoberfläche zog. Leider wurden zwei schöne Fleckengruppen mit viel Feindetail deutlich verpasst. Aber auch bei niedriger Vergrößerung konnte man sich kaum vom plastischen Eindruck des Ereignisses losreißen.

Zum dritten Kontakt stand die Sonne bereits sehr tief, so dass ich eine Anhöhe in wenigen Kilometern Entfernung aufsuchte. Nur wenige Augenblicke lagen zwischen drittem und viertem Kontakt - dann war das Schauspiel Geschichte.

► Ronald Stoyan



▲ Abb. 5: Diese Abbildung entspricht dem visuellen Anblick im Teleskop bei ca. 250 \times . Der Kontrast zu den Sonnenflecken und der Granulation beeindruckt. Michael Fast

Jetzt am Abendhimmel

Beobachtungsempfehlungen für August/September 2016

Sternbild-Streifzüge:
Der Schwan

Fernglas-Wanderung:
Im Norden des Schwans

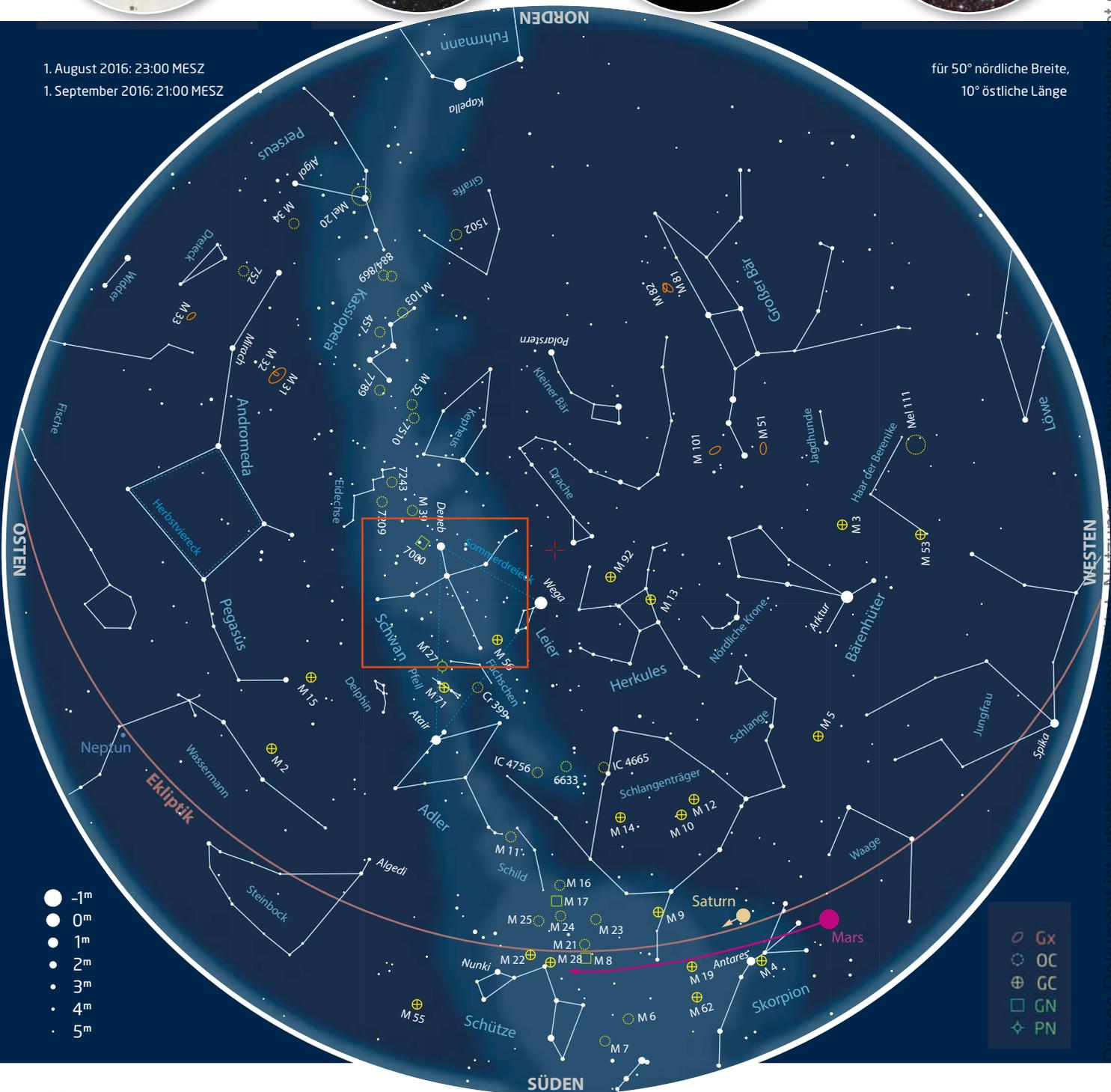
**Deep-Sky-Schätze für
Stadtbeobachter:**
Nebel mit Blinkeffekt

**Deep-Sky-Schätze für
Landbeobachter:**
Sichel im Schwan



1. August 2016: 23:00 MESZ
1. September 2016: 21:00 MESZ

für 50° nördliche Breite,
10° östliche Länge



- -1^m
- 0^m
- 1^m
- 2^m
- 3^m
- 4^m
- 5^m

- Gx
- OC
- ⊕ GC
- GN
- ◇ PN

Sternbild-Streifzüge: Der Schwan

Der Schwan zählt zu den prominentesten Sternbildern des Sommers. Während bei den allermeisten Sternbildern die namensgebene Figur nicht auf dem ersten Blick erkennbar ist, kann man sich bei dieser Konstellation einen fliegenden Schwan mit weit ausgebreiteten Flügeln unmittelbar vorstellen. Durch die Form eines großen Kreuzes, weshalb der Schwan manchmal als Pedant zum bekannten Südhimmel-Sternbild auch Kreuz des Nordens genannt wird, ist die Tierfigur leicht sichtbar. Die senkrechte Achse des Kreuzes stellt den länglichen Körper des Schwans dar. Dabei markiert Deneb den Schwanz (α Cyg), Sadr (γ Cyg) die Brust und am Ende des langen Halses befindet sich der Kopfstern Albireo (β Cyg). Ähnlich helle Sterne stellen auf der waagerechten Achse die weiten Schwinge des Tieres dar.

Göttervater als Schwan

Mythologisch geht das Sternbild auf eines von Zeus' vielen Liebesabenteuern zurück. Das Oberhaupt des Olympos verwandelte sich in einen Schwan, verführte Spartas Königin Leda und zeugte mit ihr zwei Kinder: Castor und Pollux, die man im Sternbild Zwillinge wiederfindet. Weniger bekannt ist die Geschichte um einen Sohn des Meerestotes Poseidon. Dieser wurde Kyknos (lateinisch Cygnus, was Schwan bedeutet) genannt, nachdem Fischer das Kind am Strand von Schwänen umkreist gefunden hatten. Später kämpfte Kyknos im trojanischen Krieg gegen die Griechen, wurde jedoch im Kampf von Achilles getötet, woraufhin Kyknos als Schwan an den Sternenhimmel gesetzt wurde.

Vielfältige Nebel

Für Hobbyastronomen eignet sich der Schwan wunderbar dazu, viele unterschiedliche Stationen eines Sternlebens zu entdecken, und das bereits mit wenig Teleskopöffnung. Da das Sommersternbild vollständig vom Band der Milchstraße durchzogen wird, beinhaltet es u.a. Gasnebel, Sternhaufen und Planetarische Nebel. Die bekannteste Sterngeburtsstätte des Sternbilds ist der Nordamerikanenebel (NGC 7000), der tatsächlich Ähnlichkeiten zu dem nordamerikanischen Kontinent aufweist. Wegen seiner Größe von einigen Grad empfiehlt sich ein kleines Tele-

► Abb. 1: Die alten Griechen sahen in der Form eines markanten Kreuzes am Himmel einen anmutigen Schwan.

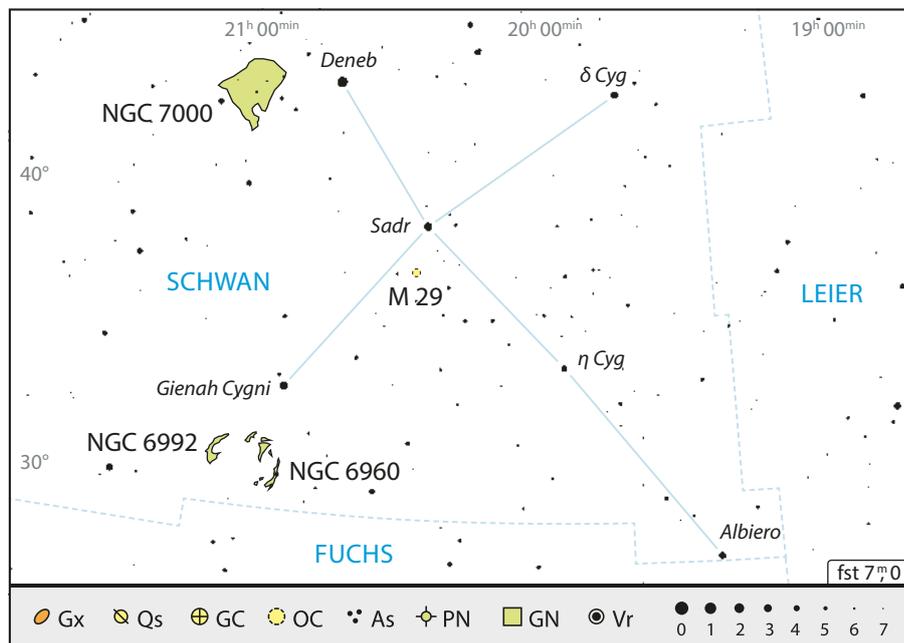


skop, mit dem ein 3 bis 4° großes Feld überschaut werden kann, und die Verwendung eines Nebelfilters.

Auch das Ende der Sternentwicklung lässt sich im Schwan sehr schön beobachten. So ist etwa der Cirrusnebel (NGC 6992/5 und NGC 6960), der sich im östlichen Flügel befindet, ein beeindruckendes Beispiel für den Überrest einer sehr massereichen Son-

ne, die in einer gewaltigen Supernova explodierte. Für seine Beobachtung ist ebenfalls ein Fernrohr mit großem Gesichtsfeld und der Einsatz eines Nebelfilters empfehlenswert; an sehr dunklen Beobachtungsplätzen ist ein Teil des Nebels sogar schon mit einem Fernglas erahnbar (siehe dazu auch »Stoyans Sky« in diesem Heft).

► Nico Schmidt



► Abb. 2: Übersichtskarte des Sternbilds Schwan mit den Beobachtungsempfehlungen.

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

Mond-Spaziergang: Zwei starke Kerle

Bei einem Mondalter von fünf Tagen nach Neumond zeigt sich ein prominentes Kraterpaar im nordöstlichen Mondquadranten auf einer Hochlandfläche zwischen Lacus Temporis (See der Zeit) und dem östlichen Rand des Mare Frigoris (Meer der Kälte). Das Kraterpaar Atlas und Hercules wurde nach zwei griechischen Sagen-gestalten benannt, die sich durch ihre übermenschliche Stärke auszeichneten. Für Mondbeobachter haben die beiden Krater einiges zu bieten.

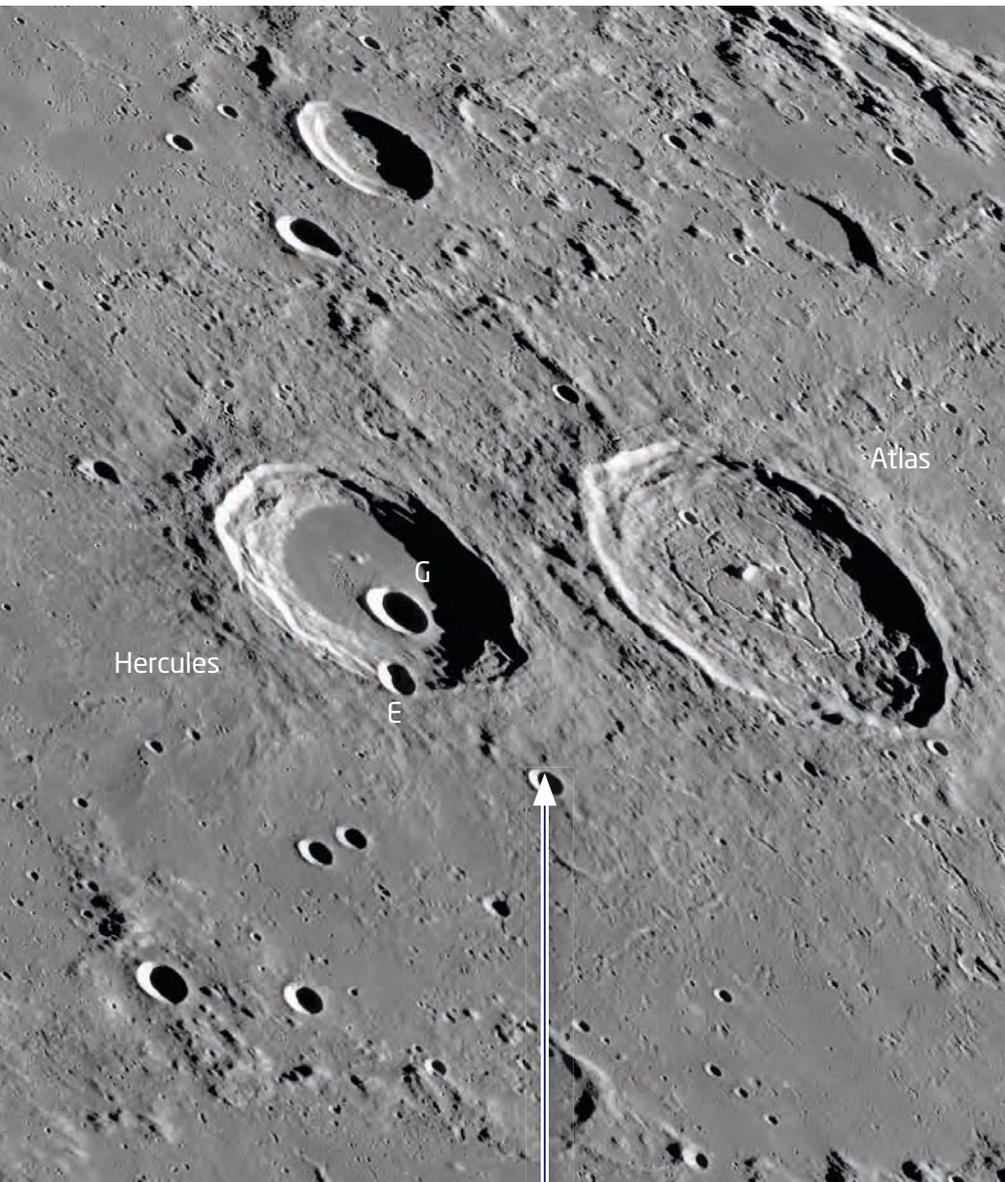
Hügel, Rillen und Flecken

Der 87km große und 3000m tiefe Krater Atlas besitzt stark terrasierte Wallhänge, die fast nahtlos in den welligen Kraterboden übergehen. Die hügeligen Areale sind nur etwa 100m bis 200m hoch und auch das kleine mehrgipfelige Zentralgebirge ragt lediglich etwa 300m über den Grund des Kraters. Bei sehr gutem Seeing werden die Rimae Atlas (Atlasrillen) sichtbar. Die beiden Haupttrillen beginnen am südöstlichen Wallrand und verzweigen sich dann in zwei große Bögen in nordwestlicher Richtung. Bei hohem Sonnenstand treten die hügeligen Gebiete in den Hintergrund und zwei dunkle Flecke auf dem Kratergrund kommen zum Vorschein, die sich südöstlich bzw. nordwestlich des Zentralgebirges nahe des Kraterwall befinden. Sie sind vulkanischen Ursprungs und vermutlich durch pyroklastische Ascheablagerungen entstanden.

Überflutet von Lava

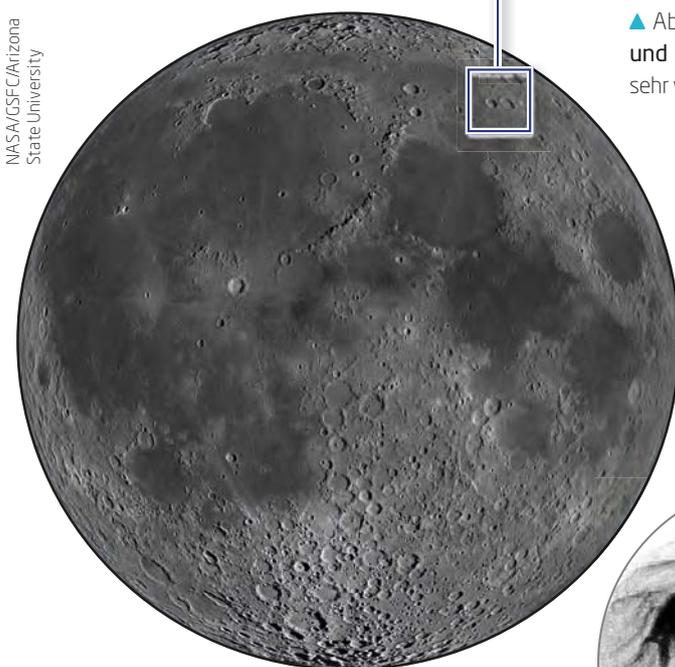
Der etwas kleinere Krater Hercules mit 71km Durchmesser und einer Tiefe von 3200m zeigt sich mit einem völlig anderen Gesicht. Der Kraterboden ist sehr glatt und mit dunkler Lava überflutet. Abwechslung bietet hier lediglich der 14km kleine Krater Hercules G und das Zentralgebirge, das jedoch nur noch mit drei winzigen Hügelchen herausragt. Genau auf dem südlichen Wall findet sich noch der Kleinkrater Hercules E mit einem Durchmesser von 9km. Bei flacher Beleuchtung zu Sonnenuntergang ist sehr schön sichtbar, wie hoch der äußere Wall von Hercules aus der umgebenden Mondoberfläche herausragt.

► Lambert Spix



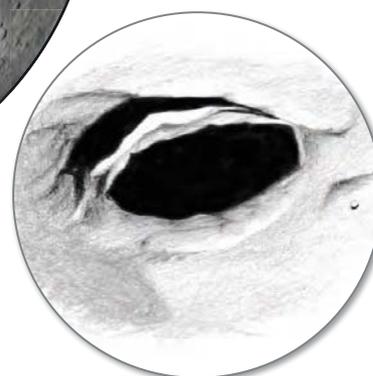
NASA/GSFC/Arizona State University

▲ Abb. 1: Die beiden Krater Atlas und Hercules zeigen sich äußerlich sehr verschieden.



NASA/GSFC/Arizona State University

◀ Abb. 2: Das attraktive Kraterpaar befindet sich im nordöstlichen Mondquadranten.



► Abb. 3: **Zeichnung:** Bei flachem Sonnenstand ragt der Wall von Hercules hoch aus dem Mondboden. Lambert Spix

Fernglas-Wanderung: Im Norden des Schwans

Im Sternbild Schwan finden sich so viele interessante Fernglasobjekte, dass sich damit einige »Wandertage« ergeben würden. Die vielleicht vielfältigste Gegend liegt im Norden, also in der Nachbarschaft des Schwanzsterns Deneb.

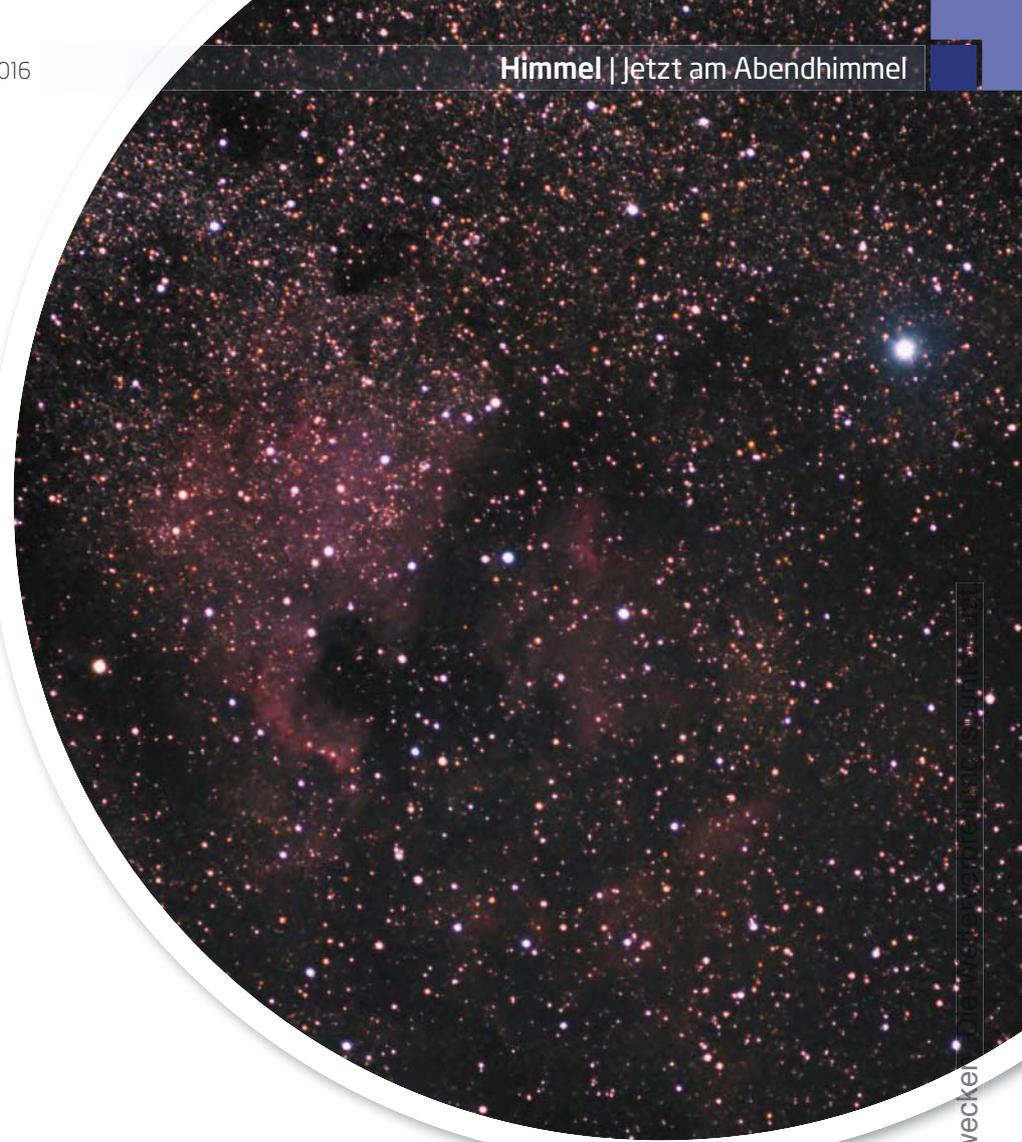
Spektakulärer Dunkelnebel

Etwa 9° nordwestlich von Deneb findet sich zwischen den 4^m-Sternen 63 Cyg und π² Cyg mit M 39 ein markanter, etwa vollmondgroßer offener Sternhaufen, der seine dreieckige Form schon in kleineren Ferngläsern offenbart. Je nach Größe der Optik und den Beobachtungsbedingungen zeigen sich bis zwei Dutzend Sterne. Von M 39 nur 3° östlich, also etwa ein halbes Sehfeld entfernt, kann man unter guten Bedingungen einen der faszinierendsten Dunkelnebel erkennen: Barnard (B) 168. Durch seine Länge von ungefähr 1,5° ist das schlauchartige Gebilde mit dem Beinamen »Dunkelzigarre« zudem ein ideales Fernglasobjekt, das erst durch den Sternreichtum der Umgebung zur Geltung kommt.

Nordamerika am Himmel

Wieder von Deneb ausgehend, aber in Richtung Südosten wandernd, finden wir zwischen 57 Cyg und ξ Cyg einen weiteren faszinierenden Gasnebel: den Nordamerikanebel NGC 7000. Sein Gas verschluckt nicht, wie Barnard 168, das Licht dahinterliegender Sterne, sondern es wird von diesen zum Leuchten angeregt. Wie schon bei der »Dunkelzigarre« hilft ein dunkler Himmel sehr beim Aufspüren von NGC 7000, indirektes Sehen und die Vermeidung von Streulicht tun ein Übriges.

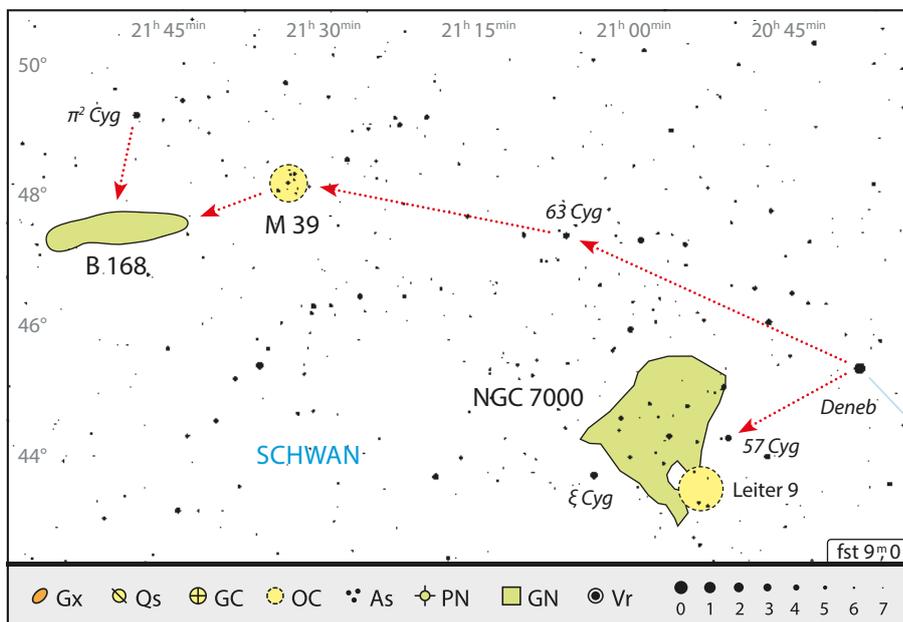
Eine gute Aufsuchhilfe stellt ein kleines Himmelsmuster knapp 1° südöstlich von 57 Cyg dar, das an das Sternbild Orion erinnert. Es besitzt allerdings nur eine Größe von 0,5° und besteht aus Sternen zwischen 7^m und 9^m. Dieser »Mini-Orion« ist in manchen Katalogen auch als »Leiter 9« verzeichnet. Seine Sterne gehören jedoch nur scheinbar zusammen. Er liegt – bezogen auf den Nordamerikanebel – im Golf von Mexiko, also in einem nebelarmen Bereich. Nur wenig östlich sollte nun der hellste Teil von NGC 7000, also



Mittelamerika, sichtbar werden. Rund um den Nebel gibt es eine Reihe von weiteren Sternhaufen und Dunkelnebeln, die zwar nicht so auffällig für Fernglasbeobachter sind, aber zum weiteren Herumwandern in dieser Himmelsregion einladen.

► KayHempel

▲ Abb. 1: Südöstlich von Deneb (heller Stern rechts oben) findet sich mit dem Nordamerikanebel NGC 7000 einer der schönsten Gasnebel. Der Mini-Orion ist links von der Bildmitte östlich des Golfs von Mexiko zu erkennen. Marcus Degenkolbe



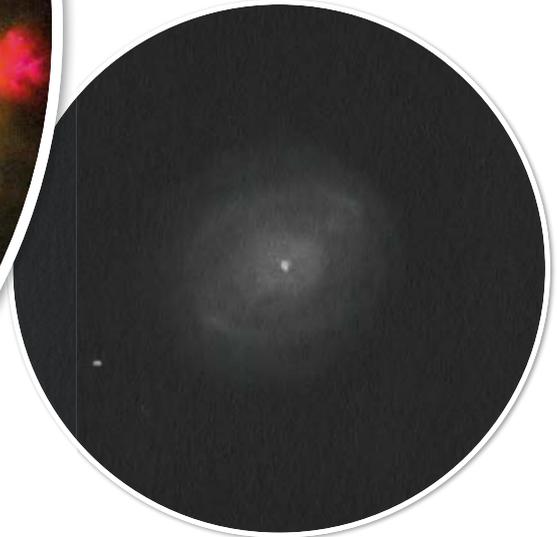
▲ Abb. 2: Deneb weist den Weg zu den Zielen dieser Fernglas-Wanderung.

J. Scholten

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken



◀ Abb. 1: Der blinkende Planetarische Nebel NGC 6826, wie Hubble ihn sieht.



▲ Abb. 2: Zeichnung von NGC 6826. Hans-Jürgen Merk

Deep-Sky-Schätze für Stadtbeobachter: Nebel mit Blinkeffekt

Ein Objekt, das verschwindet, wenn man es direkt ansieht, und wieder erscheint, wenn man an ihm vorbeischaut? Die beobachtende Astronomie ist reich an faszinierenden Objekten und NGC 6826, ein Planetarischer Nebel im Sternbild Schwan, gehört mit Sicherheit dazu. Wegen seiner wechselhaften Erkennbarkeit wird er auch »Blinkender Planetarischer Nebel« oder »Blinking Planetary« genannt.

Über den Flügel des Schwans

NGC 6826 ist zwar mit 8,^m8 genauso hell wie sein berühmter »Artgenosse« M 57, von 0,4' allerdings recht klein. Das lässt ihn bei geringen Vergrößerungen als ein stellares Objekt erscheinen, was leicht zu Verwechslungen mit Sternen in unmittelbarer Nachbarschaft führen kann. So gibt auch die Verwendung eines GoTo-Systems keine hundertprozentige Gewähr, dass sich der Nebel sofort im Sichtfeld als das gesuchte Objekt präsentiert. Beim Aufsuchen »per Hand« sollte man über δ Cygni – den hellen nördlichen Flügelstern des Schwans – in nördlicher Richtung zu θ Cygni (oder 13 Cygni) gehen, ein Stern 4. Größe, der leicht erkennbar ist, weil er von einem etwas schwächeren Stern begleitet wird. 1° nordöstlich davon liegt 16 Cygni, der ebenfalls einen durch einen Steg getrennten Begleiter hat. Um NGC 6826 zu finden, sollte man nun das sternarme Feld in östliche Richtung abfahren und sein Augenmerk auf einen alleinstehenden Licht-

punkt richten, der die Gestalt eines schwachen Sterns hat.

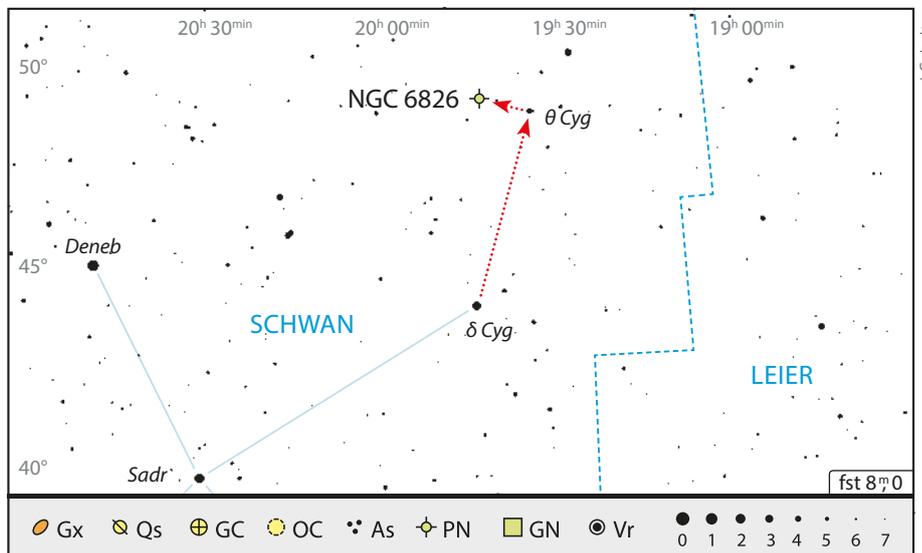
Blinken durch Indirektes Sehen

Ob es sich dabei tatsächlich um den gesuchten Planetarischen Nebel handelt, kann man nun mit dem eingangs erwähnten Blinkeffekt testen, am eindrucksvollsten gelang dies dem Verfasser bei Vergrößerungen um 80×. Schaut man an dem Lichtpunkt vorbei, so lässt sich ein schwacher Halo um den hellen Kern erkennen, ein eindeutiges Zeichen für den Nebelcharakter. Blickt man dann wieder direkt auf den Stern, verschwindet der ihn umgebende Nebel. Wendet man diese Technik des

sogenannten Indirekten Sehens in schnellem Wechsel an, dann entsteht der Eindruck des Ein- und Ausschaltens – NGC 6826 »blinkt«.

NGC 6826 ist 3000 Lichtjahre von der Erde entfernt und einige tausend Jahre alt. Mit einer Helligkeit von 10,^m7 ist der Zentralstern einer der hellsten aller bekannter Planetarischer Nebel. Die tatsächliche Ausdehnung des Nebels dürfte kleiner als ein halbes Lichtjahr sein. Planetarische Nebel entstehen, wenn ein sonnenähnlicher Stern am Ende seiner Entwicklung seine äußeren Hüllen ins All abstößt und diese dann durch die intensive Strahlung des noch heißen freiliegenden Kerns zum Leuchten anregt.

► Karl-Peter Julius



▲ Abb. 3: NGC 6826 lässt sich über die Sterne δ Cygni und θ Cygni finden.

B. Balick (University of Washington), J. Alexander (University of Washington), A. Hajian (U.S. Naval Observatory), Y. Terzian (Cornell University), M. Peirrotto (Universität Florenz), P. Patriarchi (Arcetri-Observatorium) und NASA/ESA

J. Scholten

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

► Abb. 1: Auf langbelichteten Fotografien wird die feine, filamentartige Struktur von NGC 6888 sichtbar. *Jochen Borgert*



▲ Abb. 2: Zeichnung von NGC 6888 bei leicht aufgehelltem Landhimmel mit einem 600mm-Newton. *Daniel Spitzer*

Deep-Sky-Schätze für Landbeobachter: Sichel im Schwan

Das Sternbild Schwan hat Beobachtern von Gasnebeln einiges zu bieten: Fotografien dieser Region werden dominiert vom Nordamerikanebel (NGC 7000) und dem weitläufigen γ -Cygni Nebelkomplex (IC 1318). Nicht weit von diesem entfernt finden wir den Sichel- oder Crescent-Nebel NGC 6888. Bei dem 1792 von Wilhelm Herschel entdeckten Objekt handelt es sich um einen sogenannten Wolf-Rayet-Nebel. Das Gas des Nebels stammt vom Wolf-Rayet-Stern WR 136.

Massereicher Wolf-Rayet-Stern

Wolf-Rayet-Sterne sind eine Entwicklungsphase sehr massereicher Sterne, die zum Ende ihres stellaren Lebens einen starken Sternwind erzeugen.

Dadurch blasen sie viel Materie in ihre Umgebung. Dieses Material sehen wir nun als Nebel um den Stern. Durch seine hohe Oberflächentemperatur von rund 55.000°C sendet WR 136 eine energiereiche ultraviolette Strahlung aus, die das Gas des Nebels anregt und so zum Leuchten bringt.

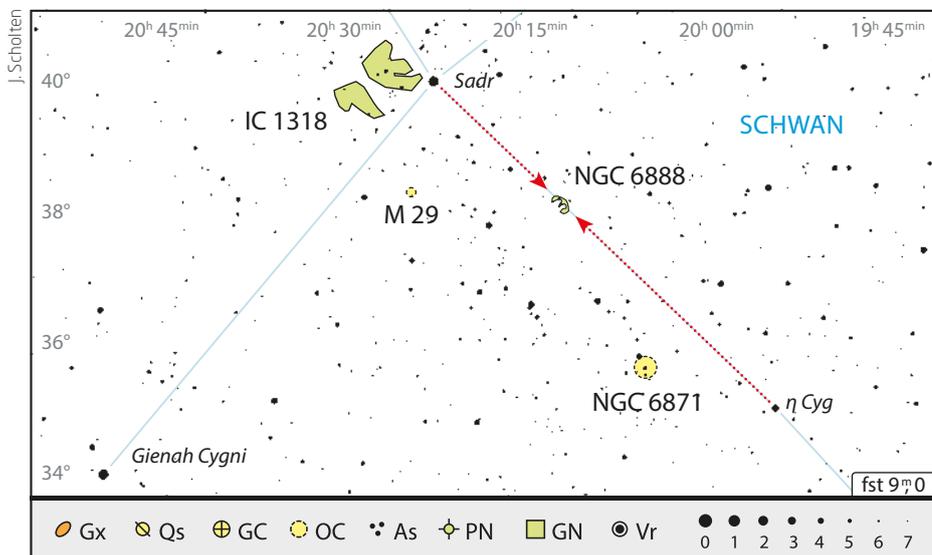
Zusätzlich ist ein weiterer Prozess für die Strahlungsemission verantwortlich: Das vom Stern ausgeworfene Material trifft auf das interstellare Medium, es bildet sich eine Stoßfront, in der das Gas erhitzt und ionisiert wird. Auf Fotografien von NGC 6888 ist eine faserige Struktur zu erkennen, die dafür sorgt, dass der Crescent-Nebel ursprünglich als Supernovaüberrest kategorisiert wurde. Jedoch fand man, anders als beim Krebsnebel, keinen Pulsar im Zentrum. Der ca.

18' \times 13' große Nebel ist etwa 4.500 Lichtjahre entfernt und besitzt damit eine reale Ausdehnung 25 \times 16 Lichtjahren.

Erst Filter macht Sichelform sichtbar

NGC 6888 kann schon in kleinen, lichtstarken Teleskopen (ab etwa 4") erfolgreich beobachtet werden. Ein 8"-Dobson dagegen ist ideal, da er gleichzeitig hinreichend Lichtsammelvermögen und Auflösungsvermögen vereint. Das Objekt ist im dichten Sternengewimmel der Milchstraße am besten über einen optischen Sucher zu finden. Man schwenkt, ausgehend von γ Cyg, in Richtung η Cyg und zwar ziemlich genau um ein Drittel der Verbindungsstrecke.

Hat man NGC 6888 gefunden, sollte man direkt den [OIII]-Filter einschrauben. Dieser hebt nicht nur den Kontrast zum Himmelshintergrund, sondern blendet zusätzlich die Sterne der Milchstraße aus. Außerdem wird erst durch Nutzung des [OIII]-Filters die charakteristische und namensgebende Sichelform erkennbar. Auf diese Weise vermeidet man, dass Sternketten Strukturen in dem sehr strukturreichen Objekt vortäuschen. Der nördliche Bereich der Sichel ist der hellste Abschnitt des Nebels. Auf langbelichteten Fotografien wird die enorme Helligkeitsspanne des Objektes sichtbar. Es lohnt sich daher zwischenzeitlich zum indirekten Sehen zu wechseln, um schwächere Partien wahrnehmen zu können. Ein aufgehellter Landhimmel kann auch für große Teleskope ein Problem werden und viele Details überstrahlen.



▲ Abb. 3: Den Crescent-Nebel findet man auf etwa einem Drittel der Strecke zwischen Sadr (γ Cyg) und η Cyg.

► Daniel Spitzer

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



Das silberne Himmelsband

Die Sommermilchstraße mit bloßem Auge

Eines der größten Wunder des Nachthimmels ist bereits mit dem bloßen Auge sichtbar: die Milchstraße. In einer klaren und mondlosen Sommernacht fern der hellen Städte überspannt ihr silbernes Band das gesamte Firmament. Sie reicht in unseren Breiten jetzt vom Sternbild Perseus am Nordhorizont bis zum Schützen am Südhorizont.

► Abb. 1: Die Beobachtung der Milchstraße ist immer wieder ein großartiges Erlebnis. In Richtung des Zentrums erscheint sie besonders hell. *Oliver Henze*



▲ Abb. 2: Diese Zeichnung macht deutlich, wie detailliert man die Milchstraße an einem sehr dunklen Standort mit bloßem Auge erkennen kann. Markus Dähne

Bei genauer Beobachtung erscheint die Milchstraße strukturiert: Helle wolkenartige Verdichtungen wechseln sich mit dunklen Arealen ab. Alleine die Beobachtung mit dem bloßen Auge bleibt stundenlang spannend.

Kosmische Heimat

Aus kosmischer Sicht betrachtet ist die Milchstraße unsere Heimatgalaxie. Sie ist eine Ansammlung von mehreren 100 Milliarden Sternen, die gemeinsam ein Zentrum umkreisen. Auch unsere eigene Sonne gehört zu diesen Sternen. Die vier- oder fünfarmige scheibenförmige Spirale hat einen Durchmesser von 100.000 Lichtjahren und eine Dicke von 3000 Lichtjahren. Das Zentrum ist aufgewölbt und erreicht eine Dicke von 16.000 Lichtjahren. Unser Sonnensystem befindet sich dabei in einem der Spiralarme in etwa 26.000 Lichtjahren Entfernung zum Zentrum und nur ungefähr 45 Lichtjahre oberhalb der Ebene der Galaxienscheibe. Das Alter der Milchstraße wird auf rund 13 Milliarden Jahre geschätzt.

Nur 6000 Sterne

Von diesen vielen Milliarden Sternen sehen wir jedoch nur einen winzigen Teil. Je nach Leuchtkraft der Sterne dringt ihr Licht nur noch aus Entfernungen von wenigen Lichtjahren bis zu einigen tausend Lichtjahren zu uns. So können von der gesamten Erde aus ungefähr 6000 Sterne unter einem dunklen und mondlosen Nachthimmel erkannt werden. An einem bestimmten Ort der Erde sind es sogar nur noch etwa 2500. Die übrigen Sterne sind zu schwach, um mit dem bloßen Auge wahrgenommen zu werden. Dort, wo man genau in die Ebene der scheibenförmigen Galaxis

blickt, stehen die Sterne besonders dicht am Himmel zusammen. Ihr Licht ergibt das Band der Milchstraße.

Spektakuläre Gabelung

Direkt über dem Kopf des Beobachters findet sich im Sommer das Sternbild Schwan. Dort liegt ein besonders auffälliger Teil der Sommer-Milchstraße: die sogenannte »Große Cygnuswolke«. Das Band der Milchstraße gabelt sich bei Deneb. Der westliche Strom endet im Schlangenträger, während der östliche bis hin zum Schützen reicht. Diese Gabelung wird auch »Great Rift« genannt. Die dunklen Areale entstehen durch ausgedehnte Gas- und Staubwolken, die das Licht dahinterliegender Sterne abschwächen. An einem dunklen Standort ist das »Great Rift« eine imposante Erscheinung und der Wechsel von hellen und dunklen Bereichen sehr auffällig.

Im Zentrum der Galaxis

Folgt man dem Verlauf der Milchstraße in Richtung Süden, wird das Band in den Sternbildern Schild und Schütze immer breiter und strukturierter. Helle Sternwolken dominieren nun das Bild. Dort liegt das Zentrum der Galaxis mit der größten Sternendichte. Das hellste Areal im Sternbild Schild wird als Schildwolke bezeichnet, das im Sternbild Schütze als Schützewolke. Da in diesen hellen Arealen weniger Dunkelwolken vorhanden sind, kann der Beobachter wie durch einen Tunnel in entfernter liegende Bereiche des Milchstraßenzentrums blicken. Unser Blick aus dem Inneren der Milchstraße ähnelt dem Blick auf eine Galaxie, bei der wir von außen gesehen genau auf die Kante blicken.

Am Rand der Scheibe

Am nördlichen Horizont findet die Milchstraße im Sommer ihren Abschluss im Sternbild Perseus. Dort blicken wir mehr zum äußeren Rand der Galaxienscheibe. Die Sterndichte ist deshalb wesentlich geringer als in Richtung des Zentrums. Die Milchstraße erscheint in diesem Abschnitt deutlich schwächer und schmaler. ▶ Lambert Spix

PRAXISTIPP

Raus aufs Land

Heute muss man dem störenden Licht der Städte entfliehen, um dieses Naturschauspiel der Milchstraße in seiner vollen Pracht bewundern zu können. In Stadtnähe wird die Milchstraße durch das helle Licht von Straßenlaternen, Häuserbeleuchtung und Leuchtreklamen einfach überstrahlt. Hier lohnt sich ein Ausflug von wenigstens einer halben Autostunde auf das Land an einen Standort mit freier Sicht auf den Südhorizont.

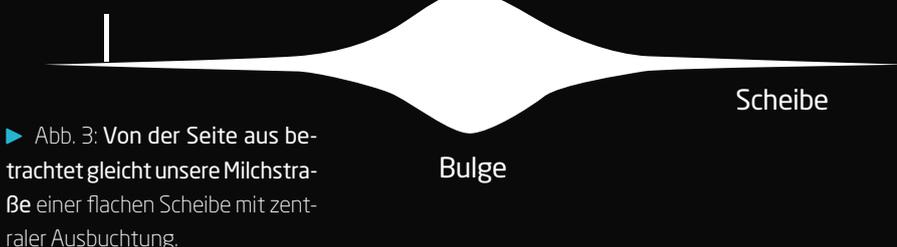
INTERAKTIV



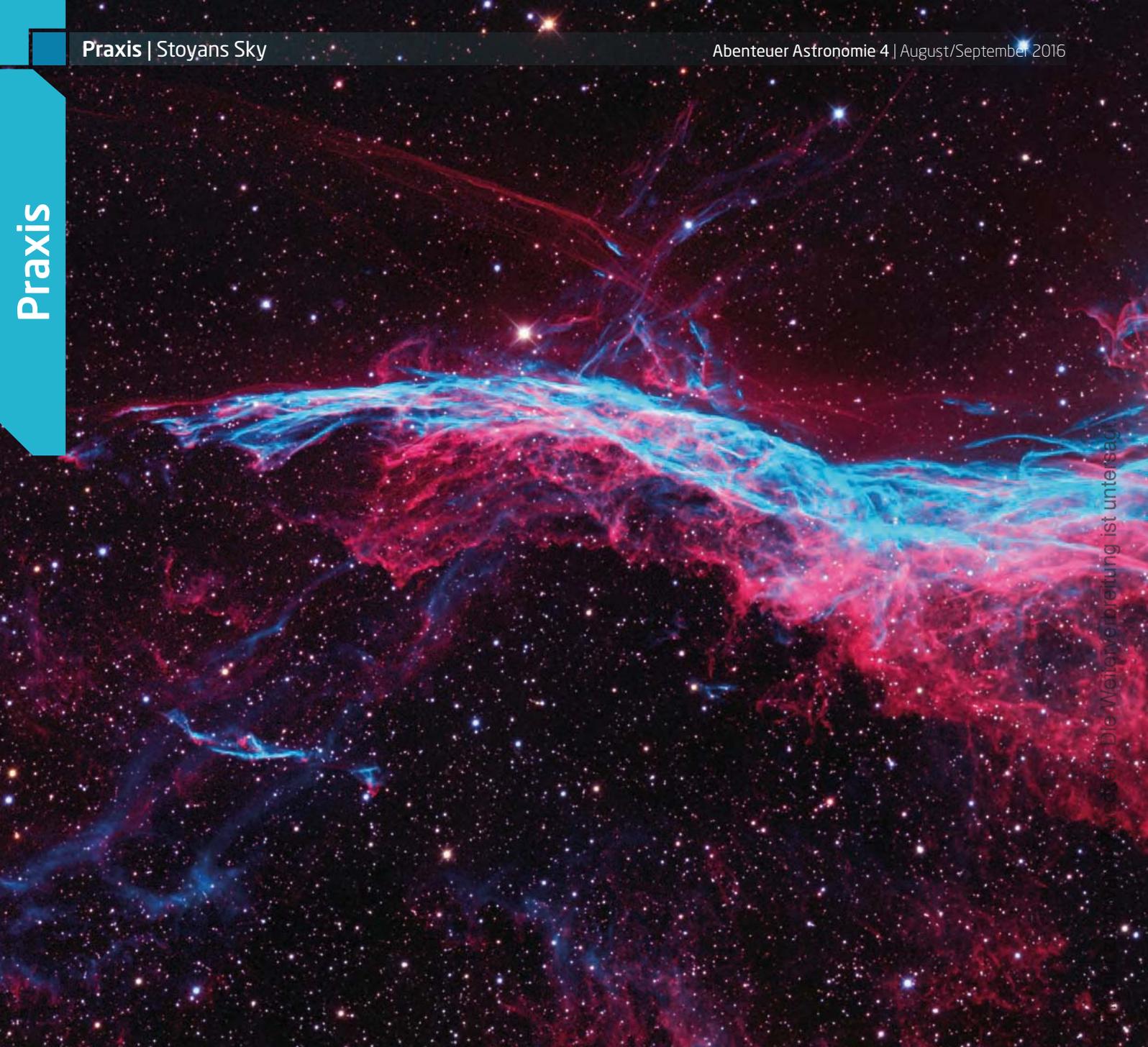
Lambert Spix' langjährige Leidenschaft ist die praktische Astronomie und ihre Weitergabe an Neulinge. Wenn Sie sich in seiner Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder auf unserer Facebook-Seite.

Kurzlink: oc1m.de/fb

Position der Erde



▶ Abb. 3: Von der Seite aus betrachtet gleicht unsere Milchstraße einer flachen Scheibe mit zentraler Ausbuchtung.

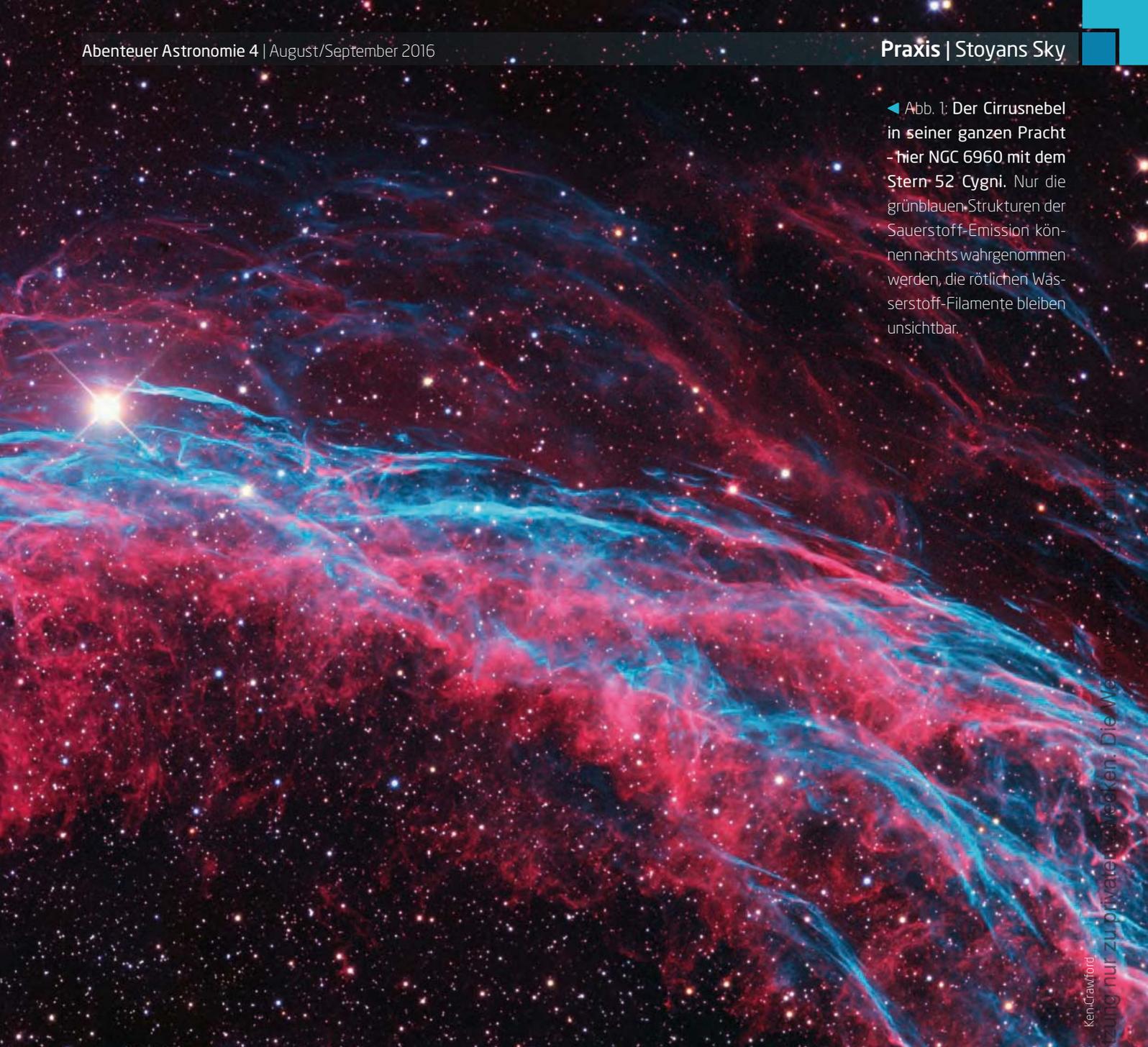


Quelle: NASA, ESA, Hubble Space Telescope, STScI. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

IM NETZ DES CIRRUSNEBELS

Ein Abend in der aufregendsten Nebelregion des Nordhimmels

Der Sommerhimmel ist voll faszinierender Sternhaufen und Nebel. Sie alle werden jedoch übertroffen an Größe, Komplexität und Schönheit von einem Gespinnst im Sternbild Schwan. Es erstreckt sich über mehr als sechs Vollmond-Durchmesser und besteht aus einem Dutzend einzelner Objekte: der Cirrusnebel. An einem dunklen Standort lässt sich mehr als ein Abend mit seiner Entdeckung verbringen.

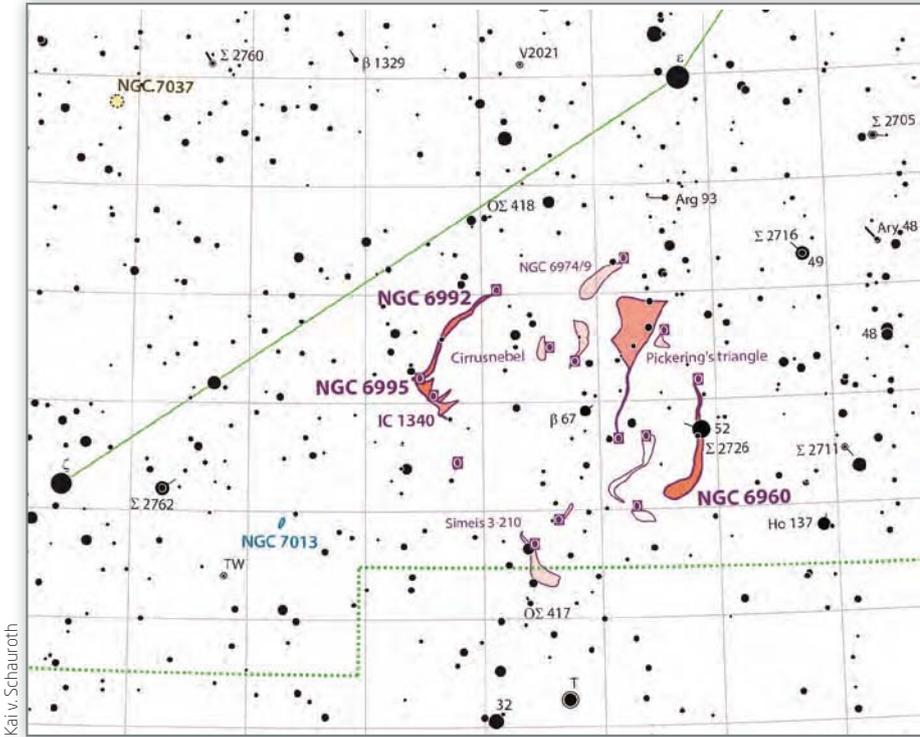


◀ Abb. 1: Der Cirrusnebel in seiner ganzen Pracht - hier NGC 6960 mit dem Stern 52 Cygni. Nur die grünblauen Strukturen der Sauerstoff-Emission können nachts wahrgenommen werden, die rötlichen Wasserstoff-Filamente bleiben unsichtbar.

Ken Crawford
Zeichnung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



▲ Abb. 2: Zeichnung von NGC 6960 mit einem 685mm-Spiegelteleskop. Uwe Glahn



Kai v. Schaubroth

▲ Abb. 3: Aufsuchkarte für die einzelnen Teile des Cirrusnebels aus dem »interstellarum Deep Sky Atlas«.

Der Nebelkomplex – ein Überrest einer Supernova, die sich vor weniger als 10.000 Jahren ereignete (vgl. Kasten) – erstreckt sich über ein Feld von mehr als drei Grad im Durchmesser und besitzt mehrere Katalognummern. Obwohl schon im Fernglas sichtbar und unter dunklem Himmel ab 100mm Öffnung ein wenn auch zarter Genuss, sind 200mm eine sinnvolle Minimalöffnung, um die Eigenart dieses Objekts zu erschließen. Mit mehr Öffnung wird der Beobachtungsgenuss noch potenziert. Wenn Sie die Chance haben auf einem Teleskoptreffen durch ein sehr großes Teleskop zu sehen, ist die Beobachtung des Cirrusnebels eine sprachlos machende Erfahrung.

Mit der Wunderwaffe zum Erfolg

Wer manuell aufsucht, startet an der südöstlichen Schwinge des Schwans. Der Nebel ist südlich der Verbindungslinie der Sterne ζ und ε Cygni zu finden. Ein guter Ausgangspunkt, um in das Dickicht einzutauchen, ist der Stern 52 Cygni, der etwas mehr als drei Grad südlich von ε steht. Auch wer per Goto-Steuerung aufsucht, sollte diesen Stern und nicht eine der Katalognummern als Startpunkt wählen. Der Clou: Hat man den Stern eingestellt, befindet sich der Nebelteil NGC 6960 schon im Feld. Je nach Teleskopgröße und Himmelsqualität sieht man einen zarten Lichtstreifen, der genau durch den Stern hindurch zieht.

Vielleicht erscheint Ihnen der Nebel zunächst sehr schwach. Das kann entweder an einer relativ kleinen Teleskopöffnung, wahrscheinlicher aber noch an mangelhafter Himmelsqualität liegen. Es gibt eine Zauberformel, die das Problem eindrucksvoll bekämpft: Nebelfilter. Aufgrund der Natur des Nebels (siehe Kasten) ist der [OIII]-Filter ein einzigartiges effektives Werkzeug beim gesamten Cirrus-Komplex. Plötzlich steht der Nebel wie mit Kreide auf eine dunkle Wand gemalt da. Ich empfehle seine Benutzung mit allen Teleskopgrößen und bei allen Bedingungen.

Autobahn oder Sturmvogel

NGC 6960 zieht sich von 52 Cyg mehr als ein halbes Grad Richtung Süden. Fährt man diesen Bereich mit dem Teleskop ab – hier ist eine manuelle Bewegung wie beim Dobson sehr von Vorteil – zerfasert das Nebelband immer mehr und wird schließlich schwächer. Die feinen Nebellinien werden mit wachsender Teleskopöffnung immer besser sichtbar – mehr Öffnung bringt schließlich nicht nur mehr Licht, sondern auch mehr Auflö-



▲ Abb. 4: Der gesamte Cirrusnebel-Komplex, zeichnerisch festgehalten mit einem 450mm-Teleskop. Rainer Mannoff

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



◀ Abb. 5: Die Hexenhand genannten Filamente von IC 1340, gezeichnet mir einem 360mm-Teleskop und [OIII]-Filter.
Ronald Stoyan

sung. Ein ganz feines Nebelfilament hängt genau an 52 Cygni – hier sollte man nicht zu schwach vergrößern.

Mit dem Nebelfilter im Okular gehört der Abschnitt nördlich von 52 Cygni zu den spektakulärsten Anblicken des Himmels. Nach Norden hin wird der Nebelstreifen immer schmaler und mündet schließlich in einer nicht ganz geschlossenen Spitze. Ich habe diesen »zweistreifigen« Anblick immer mit einer Autobahn verglichen, bei anderen Beobachtern ist der Spitzname »Sturmvogel« gebräuchlich.

Hexenhand und mehr

So schön NGC 6960 ist, er ist nicht der hellste Teil des Nebels. Dieser liegt drei Grad östlich von ihm. Manuell gelingt es mit etwas Übung, diese Distanz »blind« durch Schwenken des Teleskops zu überbrücken. Mit Goto-Steuerung sollte der Nebelfilter im Okular eingeschraubt werden, wenn man entweder NGC 6992 – das ist der nördliche Teil – oder NGC 6995 eingibt. NGC 6992 ist ein fast ein Grad langes Bündel von Nebelbändern, die sich gegenseitig umschlingen. Er ist deutlich heller als NGC 6960. NGC 6995 und besonders dessen Anhängsel IC 1340 nach Süden sind dagegen ein spektakuläres Netzwerk von sich überkreuzenden Nebelfilamenten. Mit einem großen Teleskop in dunkler Nacht erschließt sich hier eine betörend schöne, geheimnisvolle Nebelwelt. Einige Beobachter nennen dieses Gebiet »Hexenhand«.

Noch nicht genug? Wer schwache Nebel mag, für den beginnt erst der eigentliche Spaß.

»Pickering's Triangle« ist eine Größenordnung schwächer als NGC 6992/5, aber mit 300mm bis 400mm Öffnung erschließen sich fantastisch gewundene Nebel, die sich über mehr als ein Grad nach Süden nachvollziehen lassen. NGC 6974/9 ist sogar noch etwas schwächer. Faszinierend finde ich auch das schwache Gebiet von Simeis 3-210, das abseits südlich vom Hauptnebel steht, und den kleinen nummerloser Nebelspritzer südlich von IC 1340, der sich schon mit 200mm Teleskopöffnung gut abhebt.

Probieren Sie eine Zeichnung!

Ich könnte tagelang zubringen in diesem Labyrinth – und habe das tatsächlich einmal getan. Mit 360mm Öffnung nahm ich mir vor, den gesamten Nebelkomplex zu zeichnen. Insgesamt neun Nächte und 17 Stunden Beobachtungszeit waren dafür vonnöten – ein Ausweis dafür, dass es mehr als eines Abends bedarf, um alle Einzelheiten dieses unvergleichlichen Nebelreichs zu erfassen. Inzwischen haben weitere Beobachter diese Herausforderung angenommen.

Wenn Sie selbst den Bleistift zur Hand nehmen möchten, empfehle ich den nördlich von 52 Cygni gelegenen Teil von NGC 6960. Dieser hat eine relativ klare Struktur und gleichzeitig faszinierendes Feindetail. Wenn Sie zeichnen, werden Sie merken, wieviel mehr an Einzelheiten Sie wahrnehmen, weil Sie genauer hinschauen. Es gibt keinen so guten Lehrmeister für die visuelle Beobachtung wie ein eigener Zeichenversuch.

▶ Ronald Stoyan

IM DETAIL

Die Physik hinter dem Cirrus

Der Cirrusnebel-Komplex ist ein Supernova-Überrest. Vor etwa 5000 bis 10.000 Jahren hat in der Mitte des heutigen Nebelkomplexes ein massereicher Stern den finalen Höhepunkt seines Lebens erfahren: Der Kern des Sterns konnte dem ungeheuren Druck seiner äußeren Schichten nicht mehr standhalten und implodierte. Dabei zerriss es den Stern komplett in seine Einzelteile, seine Materie wurde mit bis zu 600.000km/h in den umgebenden Raum geschleudert. Dabei kollidierte es mit der dort schon vorhandenen Materie, und es bildeten sich leuchtende Stoßfronten an der Außenhülle dieser expandierenden Gasblase, die heute als Nebelfilamente sichtbar sind. Diese werden auf unserer Sichtlinie besonders an den Seiten sichtbar, dort wo sich die Fronten hintereinander staffeln.

Unter den Elementen, die aus der Supernova-Explosion in den Raum geschleudert wurden, waren nicht nur die ursprünglichen Bestandteile des Sterns von Wasserstoff bis zum Eisen, sondern auch schwerere Elemente, die nur bei Supernova-Ereignissen entstehen können. Für uns sichtbar ist jedoch vor allem die Emissionslinie des zweifach ionisierten Sauerstoffs bei 501nm – grünes Licht, das von den nachts aktiven Sinneszellen in unseren Augen besonders gut zu erkennen ist. Genau deshalb bringt ein [OIII]-Filter derart gute Resultate.



▲ Abb. 6: Detailsicht eines winzigen Filamentes des Cirrusnebels mit dem Hubble-Weltraumteleskop.

Die Teile des Cirrusnebels					
Name	R.A.	Dekl.	Größe	Bemerkung	isDSA
NGC 6960	20 ^h 45,7 ^{min}	+30 43'	45' x 5'	Sturmvogel	29
NGC 6992-5	20 ^h 57 ^{min}	+31 30'	55' x 5'		29
IC 1340	20 ^h 56,2 ^{min}	+31 4'	15'	Hexenhand	29
Pickering's Triangle	20 ^h 48,8 ^{min}	+31 43'	30'		29
Simeis 3-210	20 ^h 52,7 ^{min}	+29 30'	20'		29

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

ESA & Digitized Sky Survey (Caltech)

2:11 MESZ



a

2:38 MESZ



b

▲ Abb. 1: Sichtbarkeit der Verfinsterung bei einer Halbschatten-Mondfinsternis, hier am Beispiel des 28.9.2015. Die erste Aufnahme zeigt den Vollmond vor Beginn der Finsternis (a). Beim zweiten Motiv ist der Mond noch weniger als zur Hälfte im Halbschatten. Mit freiem Auge ist noch nichts zu erkennen. Das Bild mit 300mm Teleobjektiv am Display der Digitalkamera zeigt den Halbschatten als Verdunkelung links oben bereits eindeutig (b). Im dritten Bild ist

Im Halbschatten der Erde

Wann wird eine Halbschatten-Mondfinsternis sichtbar?

Totale Mondfinsternisse sind auch mit bloßem Auge beobachtet beeindruckende Himmelsereignisse. Sie beginnen mit dem kaum merklichen Eintritt in den Halbschatten der Erde. Oft bewegt sich der Mond aber auch ausschließlich durch den Halbschatten. Zwischen 2000 und 2099 gibt es neben 86 totalen und 144 partiellen Mondfinsternissen auch 84 Finsternisse, die nur den Halbschatten erreichen. Eine solche Halbschatten-Mondfinsternis wird am 16. September stattfinden.

Ab wann lässt sich eine Halbschatten-Finsternis erkennen? Während der totalen Mondfinsternis am 28. September 2015 waren mit freiem Auge die ersten Spuren des Halbschattens ab 2:45 MESZ zu sehen.

Das war sechs Minuten früher als erwartet. Im Rahmen eines »Citizen Science«-Projekts wurde durch Beobachtungen zahlreicher Finsternisse ermittelt, dass man eine

lich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die V

SURFTIPPS

- Projekt zur Sichtbarkeit des Halbschattens
- Aufnahmen einer Halbschatten-Mondfinsternis gesehen vom Mond
- Film der Mondfinsternis vom Mond

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a4048](https://oc1m.de/a4048)

W. Vollmann



◀ Abb. 2: Subtraktion der Aufnahme um 2:11 MESZ (Vollmond) und 2:38 MESZ (etwas weniger als zur Hälfte im Halbschatten). Der Halbschatten ist links oben hell zu sehen (bleibt bei der Subtraktion übrig). Der Rest des Mondes ist dagegen dunkel – bei völlig genauem Übereinanderlegen der Aufnahmen wäre er völlig schwarz.

2:51 MESZ



c

3:04 MESZ



d

der Mond nun zu 70 Prozent vom Halbschatten verfinstert. Mit freiem Auge ist der Halbschatten seit wenigen Minuten zu sehen, aber sehr zart. Am Display der Kamera und im Foto ist der Halbschatten jetzt sehr deutlich erkennbar (c). Drei Minuten vor dem Eintritt in den Kernschatten ist die Finsternis mit freiem Auge nicht mehr zu übersehen (d). Aufnahmen mit einem 300mm-Teleobjektiv bei Blende 10, Canon EOS 600D Digitalkamera, ISO 200, 1/640s belichtet.

Halbschattenfinsternis mit bloßem Auge erst dann bemerkt, wenn sich 70 Prozent des Mondes im Halbschatten befinden. Das war am 28.9.2015 allerdings erst für 2:51 MESZ vorausberechnet worden.

Ziel des »Citizen Science«-Projekts war die Unterstützung der Erforschung der möglichen Sichtbarkeit von Halbschatten-Mondfinsternissen im Altertum durch Beobachtungen mit freiem Auge. Dabei sollte die Frage beantwortet werden, ab welcher Finsternisgröße im Halbschatten eine Finsternis mit freiem Auge sichtbar ist. Meine Erfahrungen aus mehreren Finsternissen zeigen eine etwas bessere Erkennbarkeit des Halbschattens, wenn das Auge zuvor nicht an die Dunkelheit gewöhnt ist.

Kamera sieht Halbschatten früher

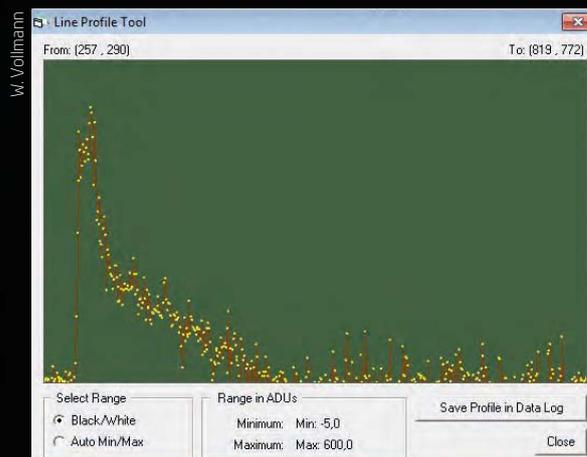
Während des Eintritts in den Halbschatten am 28.9.2015 wurden Aufnahmen mit einer Digitalkamera Canon 600D und einem 300mm-Teleobjektiv gemacht. Auf dem Kameradisplay war der Halbschatten schon wesentlich früher als mit freiem Auge zu sehen und schon um 2:38 MESZ recht deutlich. Die vier Aufnahmen zeigen den Vollmond vor dem Eintritt in den Halbschatten und drei Phasen bis kurz vor dem Eintritt des Mondes in den Kernschatten mit gleichem Teleobjektiv und gleicher Blende, Belichtungszeit und ISO-Empfindlichkeit. Sie sind also unmittelbar miteinander vergleichbar.

Am Computer mit einem Bildbearbeitungsprogramm lässt sich der Halbschatten

noch deutlicher sichtbar machen. Dazu legte ich die Aufnahmen um 2:11 MESZ (Vollmond) und 2:38 MESZ (etwas weniger als die Hälfte des Mondes im Halbschatten) möglichst genau übereinander und subtrahierete die beiden Bilder voneinander. Am Ergebnisbild ist der Halbschatten links oben hell zu sehen, er bleibt bei der Subtraktion übrig. Der Rest des Mondes ist dagegen dunkel – bei völlig genauem Übereinanderlegen der Aufnahmen wäre er völlig schwarz. Am durch das Subtraktionsbild gelegten Linienprofil lässt sich der Halbschatten über etwa 40% des Monddurchmessers entdecken. Durch diese Technik ist nahezu der gesamte Verlauf des Halbschattens fotografisch nachweisbar.

► Wolfgang Vollmann

lich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die



◀ Abb. 3: Linienprofil durch Abb. 2: Der Halbschatten lässt sich über ca. 40% des Monddurchmessers nachweisen

Die Entfernung der Sterne

61 Cyg und die erste Parallaxe

▲ Abb. 1: Orangefarben leuchtet es im östlichen Flügel des Sternbilds Schwan: das Doppelsystem 61 Cyg. Durch 1837 und 1838 durchgeführte Beobachtungen wurde es das erste ferne Sternsystem, bei dem ein Parallaxen-Winkel gemessen werden konnte, um daraus seine tatsächliche Entfernung zu bestimmen. *Alson Wong*

PRAXISTIPP

Sternhimmel über den Daumen gepeilt

Um sich die Methode der Parallaxen-Messung in der Astronomie vereinfacht vorzustellen, reicht es schon, wenn man sich den eigenen Daumen sprichwörtlich vor Augen führt. Man peilt abwechselnd mit dem linken und dem rechten Auge den Daumen über den ausgestreckten Arm an. Durch den Abstand zwischen den Augen erscheint der Daumen einmal weiter links und einmal weiter rechts vor einem entfernten Hintergrund. Diese Peilmethode ist als Dau-

mensprung bekannt und verdeutlicht das Grundprinzip der astronomischen Entfernungsbestimmung durch eine (einfache) Winkelmessung.

Bei dem gleichen Versuch am Sternhimmel springt der Daumen 5° weit. Würde etwa ein Stern im Laufe von sechs Monaten seine Position in dieser Größenordnung verändern, würde sich folgende Rechnung ergeben: Der Radius der Umlaufbahn der Erde um die Sonne (grob 150 Millionen Kilome-

ter) geteilt durch den Tangens des Parallaxen-Winkels ($2,5^\circ$) ergibt eine Entfernung von 3,44 Milliarden Kilometern, also 23 Astronomische Einheiten. Der Beispielstern würde sich also noch im Sonnensystem befinden. In der Realität sind allerdings selbst die Parallaxen der nächstgelegenen Sterne so winzig, dass erst im 19. Jahrhundert die Messgenauigkeit für die Bestimmung solch minimaler Winkelunterschiede zweier Sternpositionen ausreichte.

Immer ausgeklügelter werden die Methoden, mit denen Astronomen die dritte Dimension in der Himmelsbeobachtung erschließen. So wurden etwa Objekte entdeckt, die mehr als 13 Milliarden Lichtjahre entfernt sind. Angefangen aber hat alles mit dem unscheinbaren Stern 61 Cyg im Sternbild Schwan und der Suche nach seiner Parallaxe. Die Messung der allerersten Entfernung zu einem fernen Stern machte den Astronomen Friedrich Wilhelm Bessel berühmt.

Die Sterne müssen unendlich weit entfernt sein – davon war man lange überzeugt, fehlte doch jede Spur einer Parallaxe, mit der sich die wahre Entfernung zu ihnen bestimmen lassen sollte. Die Parallaxe ist der Winkel eines Objekts, der sich aus zwei verschiedenen Blickrichtungen ergibt. Veranschaulichen lässt sich das am eigenen Daumen: Schließt man abwechselnd seine Augen, scheint der Daumen vor dem Gesicht mal nach rechts, mal nach links zu springen (siehe Kasten).

Kennt man nun den eigenen Augenabstand und misst den beobachteten Winkelversatz, so lässt sich daraus mittels einer einfachen Dreiecksberechnung die Distanz zum Finger ermitteln. Nichts anderes versuchten die damaligen Astronomen auf der Suche nach der sogenannten Fixstern-Parallaxe. Doch schon das Daumen-Beispiel macht deutlich: Je weiter ich den Finger vom Gesicht entferne, desto kleiner wird der sichtbare Winkel.

Was beim Daumensprung das Augenpaar war, ist bei den Astronomen die Umlaufbahn der Erde um die Sonne. Diese hat einen Durchmesser von ungefähr 300 Millionen Kilometern, so dass man eine Sternposition misst und sechs Monate später die Beobachtung wiederholt, um dadurch eine Verschiebung der Position festzustellen. Da aber zu Kopernikus' Zeiten noch niemand eine solche Parallaxe am Sternhimmel bemerkt hatte, musste der Winkel un-

ter dem Auflösungsvermögen des Auges liegen und galt daher als unmessbar klein. Das änderte sich jedoch mit der Erfindung des Fernrohrs.

»Fliegender Stern« im Schwan

Um erfolgreich die Parallaxe eines Sterns zu bestimmen, sollte uns dieser möglichst nahe sein. Bei Sternen, die sich verhältnismäßig schnell am Himmel bewegen, also eine große Eigenbewegung haben, ist dies in der Regel der Fall. Giuseppe Piazzi, der Entdecker von Ceres, bemerkte 1804, dass sich der Doppelstern 61 Cyg mit rund 5" pro Jahr über den Himmel bewegt. Damit war er damals der scheinbar schnellste Stern. Der italienische Astronom empfahl daher, bei diesem Stern eine Parallaxenbestimmung zu versuchen und damit endgültig die Frage zu beantworten: Wie weit sind die Sterne entfernt? Auch Friedrich Wilhelm Bessel wurde auf den »fliegenden Stern im Schwan«, wie 61 Cyg manchmal genannt wurde, aufmerksam und schrieb 1812: »Auch glaube ich, dass die jährliche Parallaxe dieses Sternpaares sich unseren Beobachtungen nicht entziehen wird.«

Es dauerte schließlich noch 26 Jahre, bis Bessel im Oktober 1838 endlich die Entdeckung der allerersten Fixstern-Parallaxe und damit die zweifelsfreie Bestimmung der ersten Entfernung zu einem anderen Stern verkünden konnte: Er ermittelte, dass ein halber Umlauf der Erde um die Sonne die Sternposition unter einem winzigen Winkel von 0,314" verschiebt – der moderne Parallaxen-Wert beträgt 0,287". Aus diesem Winkel konnte Bessel schließlich ableiten: 61 Cyg ist 10,3 Lichtjahre entfernt.

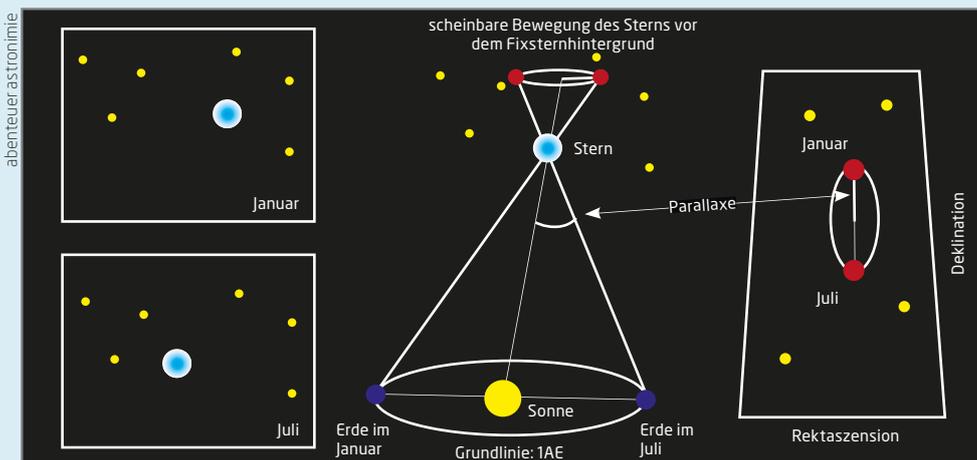
61 Cyg im Teleskop

Bessels Stern 61 Cyg lässt sich leicht auffinden, wenn man vom Hauptstern α Cyg

(Deneb) über ν Cyg in den östlichen Flügel des Schwans geht. Als Stern 5. Größenklasse ist er schon mit bloßem Auge sichtbar und bereits ein (stativgestütztes) 10x50-Fernglas oder ein kleines Fernrohr genügen, um den Doppelstern in zwei Komponenten aufzulösen. Mit etwas Aufwand können sich Astrofotografen sogar daran versuchen, die Parallaxe des Sterns einmal selbst zu bestimmen. Bei einem Winkel von rund 0,3" ist dies allerdings keine leichte Aufgabe, denn die Sternpositionen müssen auf mindestens 0,15" genau vermessen werden. Dies gelingt z.B. mit der Astrometrie-Software Astrometrica. Damit die Aufnahmen ausreichend viele Nachbarsterne enthalten, die als Referenzpositionen für das Astrometrieren dienen, ist auf eine entsprechende Belichtungszeit zu achten.

Nach einem Jahr (die Zeit, die die Erde für einen Umlauf braucht) des Datensammelns und der Bestimmung der Sternpositionen kann mit der Analyse begonnen werden. Wenn man nun in einem Diagramm beispielsweise die Veränderung der Deklination gegen die Zeit darstellt, natürlich befreit von der Eigenbewegung des jeweiligen Sterns, müsste die parallaktische Bewegung gegenüber den weit entfernten Nachbarsternen als Kurve zu sehen sein. Selbst wenn die Messpunkte streuen, sollte der Mittelwert zumindest die Größenordnung der Parallaxe (um 0,3") anzeigen. Zudem bietet der Doppelstern eine schöne Vergleichsmöglichkeit, denn man kann die Zahlenwerte von 61 Cyg A und B direkt gegenprüfen. So lässt sich aus diesem minimalen Winkelversatz und dem Bahnradius der Erde von 150 Millionen Kilometern tatsächlich eine ungefähre Sternentfernung von 103 Billionen Kilometern bzw. 10,9 Lichtjahre berechnen.

► Nico Schmidt



◀ Abb. 2: Das Prinzip ist simpel: Aus zwei verschiedenen Blickrichtungen erscheint das Objekt vor einem fernen Hintergrund an zwei verschiedenen Orten. Die unterschiedlichen Blickrichtungen können dabei durch ein Augenpaar (6cm Abstand) oder durch die um die Sonne laufende Erde (300 Millionen Kilometer Abstand) entstehen. Aus der Parallaxe (der halbe Winkel des sichtbaren Versatzes) und dem Abstand der Beobachtungspositionen kann trigonometrisch die Entfernung zum Objekt berechnet werden.

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



AUF DIE MONTIERUNG kommt es an

▲ Abb. 1: Der Lagunennebel (Messier 8) zusammen mit dem Trifidnebel (Messier 20). Die Aufnahme entstand mit einem Astrografen auf einer parallaktischen Montierung. Das Summenbild setzt sich aus acht Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von je 450 Sekunden zusammen.

Azimuthale Montierungen, parallaktische Montierungen, Gabel-Montierungen, Dobson-Montierungen, Deutsche Montierungen – das Angebot an verschiedenen Teleskopmontierungen ist groß und auf den ersten Blick unübersichtlich. Dieser Beitrag erklärt, worauf bei der Wahl einer Montierung zur Astrofotografie zu achten ist.

Teleskopmontierungen haben die Aufgabe, das Teleskop und die Kamera während der – unter Umständen mehrere Stunden dauernden – Belichtung dem Lauf der Sterne am Himmel nachzuführen. Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Montierungen

unterscheiden, die für diese Aufgabe unterschiedlich gut geeignet sind: azimuthale Montierungen und parallaktische Montierungen.

Azimuthale Montierungen

Azimuthale Montierungen sind beispielsweise in Form von Gabelmontierungen bei Schmidt-Cassegrain-Teleskopen zu finden oder in Form der sogenannten Rockerbox bei Dobson-Teleskopen. Diese Bauarten von Montierungen sind beliebt, da eine exakte Ausrichtung auf den Himmelspol nicht nötig ist und sie daher schnell und unkompliziert

zur nächtlichen Beobachtung aufgebaut werden können.

Für die Astrofotografie eignen sich azimuthale Montierungen jedoch zunächst einmal nicht: Weil die Ausrichtung des Bildfeldes der Kamera relativ zum Horizont immer gleichbleibt, werden alle Sterne zu kleinen Kreisbögen um den zentralen Stern (dessen Lauf am Himmel gefolgt wird) auseinandergezogen. Dies liegt daran, dass sich die Sterne bei ihrer täglichen Bewegung ebenfalls auf Kreisbögen über den Himmel bewegen. Selbst auf sorgfältigsten mit einer azimuthalen Montierung nachgeführten Aufnahmen sorgt die Bildfelddrehung deshalb bei längeren Belich-

▼ Abb. 2: Eine preiswerte parallaktische Montierung vom Typ EQ-2, die eine DSLR mit leichtem Teleobjektiv trägt. Deutlich zu erkennen ist das Gegengewicht an der Achse, das das Gewicht der Kamera ausgleicht. Während die Ausrichtung der Kamera in der einen Achse mit der biegsamen Welle (rechts im Bild) erfolgen kann, ist die zweite Achse motorisch angetrieben, um die Himmelsdrehung auszugleichen. Diese Kombination eignet sich gut, um Sternfelder aufzunehmen.



▲ Abb. 3: Zur Beobachtung von Mond und Planeten kommt hier ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop auf einer deutschen Montierung vom Typ Losmandy GM-8 zum Einsatz. Die Montierung ist deutlich massiver und damit tragfähiger als die in Abb. 2 gezeigte leichte Montierung. Beide Achsen dieser Montierung sind motorisch betrieben und zudem verfügt die Montierung über eine GoTo-Funktionalität, die es ermöglicht, zahlreiche Himmelsobjekte computergesteuert anzufahren.



◀ Abb. 4: Parallaktische Montierungen haben sich auch als Reisemontierungen bewährt. Diese Montierung vom Typ AstroTrack führt den montierten Kugelkopf batteriebetrieben bis zu zwei Stunden nach, um so auch am Urlaubsort Astrofotografie zu ermöglichen. Deutlich ist rechts das Polsucherfernrohr zu erkennen, dass die Ausrichtung der Montierung auf den Himmelspol vereinfacht.

tungszeiten für strichförmige Sternabbildungen und damit für Bildfehler. Mit mechanischen Zusatzprodukten wie Polhöhenwiegen oder sogenannten äquatorialen Plattformen können jedoch azimutale Montierungen so umgebaut werden, dass sie dennoch für die Fotografie verwendet werden können.

Parallaktische Montierungen

Üblich ist in der Astrofotografie daher der Einsatz von parallaktischen Montierungen: Diese ermöglichen bei entsprechender Aufstellung, einem einmal eingestellten Himmelsobjekt durch Drehung (Nachführung) in nur einer Achse zu folgen. Diese Achse muss hierzu parallel zur Erdachse ausgerichtet werden. Dies geschieht, indem diese Achse auf den vom Beobachtungsort sichtbaren Himmelspol (d.h. auf der Nordhalbkugel auf den

Dittiés Idee: Webcam-Ei wiederbelebt

Wer schon etwas länger im Geschäft ist, hat so was in der Bastelkiste herumliegen: die alte Webcam Philips ToUCam, die in den Anfangszeiten der Videoastronomie für sehr kleines Geld erstaunliche Ergebnisse geliefert hat. Mit dem Aufkommen der modernen Betriebssysteme Windows 7, 8 und 10 war damit Schluss. Philips hat nie neue Treiber nachgeliefert. Da wurde der Weiter-

betrieb unmöglich, obwohl die Kameras selber fast ewig halten.

Wer sie noch nicht weggeworfen hat, sollte das auch nicht tun, es gibt nämlich eine elegante Lösung. Wie findige Astronomen aus Österreich herausgefunden haben, wird das beliebte »Plastikei« auch von der Treibersoftware für neuere Kameras von Philips unterstützt. Passend ist der Treiber für das Modell SPC900 sowohl für 32 als auch 64 Bit, also ganz zeitgemäß. Die Installation

ist etwas aufwendig und erfordert das Ändern von Scripttexten. Dies wird im österreichischen Astroforum Schritt für Schritt genau beschrieben.

Sämtliche Funktionen der ToUCam werden damit unterstützt, Funktion und Bildqualität sind mit den neuen Treibern wirklich gut. So lebt eine gute, fast kostenlose Webcam wieder auf. Elektromüll mit neuer, angepasster Software ist nämlich keiner.

► Georg Dittié

◀ Abb. 1: Auch mit modernen Betriebssystemen kann die bewährte ToUCam weiter betrieben werden.



► SURFTIPPS

- Diskussion im Astronomieforum.at

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a4054](https://oc1m.de/a4054)

Stern Polaris), den Mittelpunkt der täglichen Himmelsdrehung, ausgerichtet wird. Zur exakten Ausrichtung kann, je nach Montierung, ein Polsucherfernrohr in – oder parallel zu – dieser Achse montiert werden. Einige computergesteuerte und meist hochpreisige Montierungen ermöglichen die exakte Ausrichtung auch ohne ein solches Polsucherfernrohr.

Unter den verschiedenen parallaktischen Montierungen hat sich die sogenannte Deutsche Montierung bewährt: Der Teleskoptubus mit Kamera wird bei diesem Montierungstyp an einem Ende der Deklinationsachse befestigt. Das aufgrund der einseitigen Belastung der Deklinationsachse entstehende Kippmoment wird durch ein Gegengewicht ausgeglichen, das an der gegenüberliegenden Achsseite befestigt ist. Damit dieses Ausgleichsgewicht nicht nur zusätzliches »totes« Gewicht darstellt, welches die Montierung belastet, kann es etwa durch eine Kamera für die Sternfeldfotografie ersetzt werden. Viele Montierungshersteller bieten entsprechende Halterungen als Zubehörteile an.

Alle Montierungen für alle Objekte?

Mit einer exakt eingenordeten und ausgerichteten parallaktischen Montierung können sowohl lange belichtete Aufnahmen von Deep-Sky-Objekten angefertigt werden als

auch die in der Regel kürzer belichteten Aufnahmen der Objekte unseres Sonnensystems; parallaktische Montierungen erfordern die Nachführung in nur einer Achse und eignen sich daher grundsätzlich für die Fotografie aller astronomischen Objekte.

Azimutale Montierungen hingegen erzeugen mit steigender Dauer der Belichtung zunehmend unschöne Bildfelddrehungen, für Deep-Sky-Aufnahmen eignen sie sich daher nicht. Für die kurzbelichteten Aufnahmen von Sonne, Mond und Planeten eignen sie sich jedoch eingeschränkt: Wann die Fehler in der Nachführung in beiden Achsen das Bildergebnis trüben, hängt dabei von der gewählten Vergrößerung und Belichtungszeit ab. Um für den Einstieg in die Astrofotografie aller Objekte des Nachthimmels auf der »sicheren Seite« zu sein, ist also eine stabile parallaktische Montierung zu empfehlen.

Neben der Tragkraft sollte bei der Anschaffung einer Montierung für die Astrofotografie aber auch überlegt werden, ob die zu fotografierenden Objekte per Star-Hopping aufgesucht werden sollen oder ob das Einstellen der Objekte per Computer erfolgen soll; sogenannte Go-To-Montierungen bieten diese komfortable Funktion. Für längere Belichtungszeiten ist zudem eine computergesteuerte Nachführung notwendig, daher ist bei der Wahl der Montierung auch auf einen Autoguider-Anschluss zu achten.

⇐ 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/fb

Teleskop-Tuning: Tuben clever stabilisiert

Leicht, stabil, günstig – wenn das alles wäre, was man von einem Teleskoptubus fordern muss. Er sollte auch isoliert, schwarz und am besten noch teilbar sein. Die Praxis sieht da anders aus: Nicht wenige Tuben sind weder dem Gewicht der Optik noch schwerem Zubehör im Okularauszug gewachsen. Die Folge ist schlicht eine dejustierte Optik, wenn sich beim Schwenken der Tubus verbiegt. Oder es kommt zu Schwingungen, schlimmstenfalls gar zu Resonanzen mit den Nachführmotoren. Und auch die Rohrschellen können beim Klemmen den Tubus verformen, so dass die Tubusrotation beim Newton die Justage verstellt.

Wer einen kompletten Austausch vermeiden will, kann nachbessern: Beim Durchbiegen wird der Tubus oval, was möglichst stramm eingesetzte Verstärkungsringe verhindern. Auch von außen eng anliegende Ringe zwingen dem Tubus eine runde und somit



S. Wienstein

gerade Form auf. Das hilft auch, den Okularauszug des Newton in der richtigen Position zu halten. Ein langer Rohrschellenkäfig stabilisiert den Tubus – vorausgesetzt, er ist selbst stabil genug.

Die »Hargreaves Strut«, eine Verbindungsstange zwischen der Gegengewichtsstange und einem oder beiden Tubusenden,

schafft stabile Dreiecke und stabilisiert so gegen Schwingungen. Die Dreieckskonstruktion mit passenden Winkeln sollte auch das Grundprinzip aller Gitterrohr-Tuben sein, da ein gleichschenkliges Dreieck sehr gut Kräfte aufnimmt – eine Verstärkung parallel angeordneter Stangen bewirkt hingegen wenig

▶ Sven Wienstein

MERKURTRANSIT

extrascharf

Hochauflösende Transitbilder berechnen

▲ Abb. 1: Merkur und die Sonnenoberfläche bei hoher Auflösung gleichzeitig scharf zu bekommen – das war die fotografische Herausforderung beim Merkurtransit am 9.5.2016. Das Bild zeigt Merkur kurz nach seinem Eintritt am Ostrand der Sonne um 13:25 MESZ mit 2504mm Äquivalentbrennweite. Für dieses Summenbild wurden 500 der 1330 Einzelbilder benutzt.

J. Mosch



J. Mosch

◀ Abb. 2: Merkur und die Sonnenfleckengruppen AR 2542 und 2543 in hoher Auflösung. Videosummenbild von 17:07 MESZ mit Äquivalentbrennweite 2504mm. 100-Sekunden-Video mit 1350 Einzelbildern, von denen 400 summiert wurden. Norden ist oben rechts.

🖱️ SURFTIPPS

- Avistack 2.0
- RegiStax 6
- Lucam Recorder

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4056

Der Merkurtransit vom 9. Mai 2016 konfrontierte Planetenfotografen mit einer besonderen Herausforderung: Wie lassen sich die Sonnenoberfläche und der vorbeiziehende Merkur gemeinsam scharf abbilden? Die Lösung ist relativ einfach, nur doppelt so zeitaufwändig wie bei Sonnenaufnahmen ohne Planet.

Meinen ersten Merkurtransit hatte ich 1970 als 16-Jähriger fotografiert. Dabei hatte ich unbeschreibliches Glück: Das winzige Planetenscheibchen wanderte genau über die Umbra eines großen Sonnenflecks. Vom Verstand her war mir klar, dass das 46 Jahre später nicht schon wieder passieren würde. Dennoch war ich bereits Wochen vor dem diesjährigen Transit wie elektrisiert. Wenn schon keine Fleckbedeckung, dann wollte ich wenigstens viel bessere Bilder als damals aufnehmen: Merkur scharf und kreisrund vor der Granulation – dieser Anspruch war nur mit der Aufnahme von Videos zu erfüllen.

Penible Vorbereitung

Würde es also reichen, die Kamera einfach hinter das Herschel-Prisma zu schrauben, da man die Bewegung von Merkur – angesichts einer Transiddauer von mehr als sieben Stunden – sicherlich vernachlässigen konnte?

Eine kleine Rechnung beantwortete die Frage: Relativ zur Sonne bewegt sich der Planet in einer Minute reichlich vier Bogensekunden. Das ist bereits ein Drittel seines scheinbaren Durchmessers. Knapp 0,7 Bogensekunden wandert er in zehn Sekunden. In dieser Zeit nimmt meine Kamera bei vollem Format gerade einmal 150 Einzelbilder auf. Das ist eindeutig zu wenig, um ein brauchbares Summenbild zu erhalten. Außerdem driftet Merkur dabei auf dem Kamerasensor um ein ganzes Pixel – und das schon bei einer Äquivalentbrennweite von 2000mm. Die Videos mussten also länger sein und zweimal gestackt werden – mit Ausrichtungspunkten einmal auf der Sonne und einmal auf Merkur.

Technik und Bearbeitung

Als Aufnahmeinstrument diente ein Apo-Refraktor 130/780mm mit Herschel-Prisma, Baader Flatfield-Converter und Solar-Continuum-Filter. Die Äquivalentbrennweite betrug 2220mm für die verwendete DSLR Nikon D800E und 2504mm für die CCD-Videokamera, eine Lumenera LU165M mit monochromem CCD-Chip von 1392 × 1040 Pixeln. Die Aufnahmezeit betrug 15 Bilder pro Sekunde, als Aufnahme-Software diente Lucam Recorder Professional.

Am 130mm-Refraktor nahm ich insgesamt 42 Videos von je 100 Sekunden auf, belichtete etwa 80 Aufnahmen mit der Spiegelreflexkamera und schaute zwischendurch regelmäßig durchs Binokular.

Aufwendige Bildverarbeitung

Die Bildbearbeitung der Videoaufnahmen erfolgte in drei verschiedenen Programmen: Das Berechnen der Summenbilder wurde mit Avistack 2.0 vorgenommen, das Schärfen mit RegiStax 6, und die Montage und Nachbearbeitung mit Photoshop CS5.

Ein erster Durchlauf mit Ausrichtung auf die Sonnenoberfläche ergab scharfe Flecken und Granulation, aber einen deformierten Merkur. Das war zu erwarten gewesen. Deshalb machte ich einen zweiten Versuch, diesmal mit Ausrichtung auf den Planeten: Jetzt war die Sonnenoberfläche verwischt, aber Merkur zeigte sich ideal kreisrund und nachtschwarz. Mein Plan war also aufgegangen. Nun mussten die beiden Summenbilder nur noch »verheiratet« werden.

Ehrliche Lösung

In jedem besseren Bildverarbeitungsprogramm ist das eigentlich kein Problem, wenn nicht der verschmierte Merkur wäre. Natürlich könnte man den einfach mit Granulation aus der näheren Umgebung »zustempeln«. Aber damit wäre die Grenze zur Bildmanipulation überschritten. Deshalb hatte

ich die Videos paarweise mit mindestens fünf Minuten Zeitdifferenz aufgenommen. Dadurch zeigte das Summenbild des einen immer dort saubere Granulation, wo auf dem anderen der verschmierte Merkur zu sehen war. Die beiden Bilder mussten nur noch als Ebenen übereinander gelegt und ausgerichtet werden, schon konnte aus dem einen ein passendes »Granulations-Pflaster« für das andere ausgeschnitten werden. Abschließend wurde der scharfe Merkur eingefügt.

Erleichterte Bildauswahl

Im Vergleich zu den Videos waren die DSLR-Aufnahmen schnell bearbeitet. Für die Qualitätsanalyse nutzte ich das Freeware-Programm Planetary Imaging PreProcessor (PIPP). In einem Arbeitsgang spiegelt es die wegen der Reflexion im Herschel-Prisma seitenverkehrt aufgenommenen Bilder, beschneidet sie auf ein gewünschtes Format, zentriert sie und fügt eine relative Qualitätszahl in den Dateinamen ein. Nach dem PIPP-Durchlauf verarbeitet man einfach die Bilder mit den höchsten Qualitätswerten weiter – ein schnelles und objektives Verfahren. Die vom Solar-Continuum-Filter verursachte grüne Farbe wurde unter Photoshop via Farbton und Farbbalance in ein augenfreundliches Sonnen-gelb verwandelt – eine Reminiszenz an den visuellen Anblick, den ich in meiner Jugend durch einen Chromfilter von Zeiss genießen konnte.

► Jörg Mosch

► Abb. 3: Der Merkurtransit 2016 im Überblick. Hier wurden die Merkurpositionen aus allen zehn DSLR-Aufnahmeserien im Bild von 16:40:12 MESZ vereinigt.



J. Mosch

DEEP-SKY-AUFNAHMEN fast automatisch



Die japanische Firma Takahashi genießt seit Jahren einen hervorragenden Ruf im Bereich der fotografisch-optimierten Teleskope. Das aktuelle Takahashi FSQ-106ED steht in der Tradition des 1999 unter dem Namen FSQ-106 eingeführten Vorgängers. Die aktuelle Version des Takahashi FSQ-106ED wurde 2007 eingeführt und unterscheidet sich von der Ursprungsversion unter anderem darin, dass die beiden ursprünglich enthaltenen Fluorit-Linsen durch ED-Linsen ersetzt wurden. In allen Versionen hat das FSQ-106 viele Freunde gefunden, so dass die FSQ-Reihe 2008 um ein FSQ-85ED (mit 450mm Brennweite bei 85mm Öffnung) ergänzt wurde und 2016 ein FSQ-130ED (mit 650mm Brennweite bei 130mm Öffnung) eingeführt wurde.

Riesiges Bildfeld

Das Takahashi FSQ-106ED ist ein – wie bei Takahashi bekannt – sehr solide verarbeitetes Teleskop, das in einem modifizierten Petzval-Design vier Linsen in vier Gruppen enthält, wobei zwei Linsen zur Optimierung der Abbildungsqualität aus ED-Glas sind. Das Objektiv hat eine Brennweite von 530mm bei einer Öffnung von 106mm, so dass das optische System ein Öffnungsverhältnis von $f/5$ aufweist. Die Optik verfügt über ein verwendbares Bildfeld von beachtlichen 88mm, so dass nicht nur Vollformatchips mit ihrer Chipdiagonalen von 43mm, sondern auch die in einigen gekühlten CCD-Kameras verwendeten großen Kodak-Chips vom Typ KAF-16803, KAF-50100, KAF-4301 bis hin zu Mittelformatchips mit einer Bildflä-

che von 60×60mm problemlos ausgeleuchtet werden können.

Rotierbarer Okularauszug

Das System besitzt neben einer verschiebbaren Taukappe auch einen eingebauten Kamera-Rotator, so dass die Kamera gelöst und gedreht werden kann, ohne die Fokuslage zu verändern. Eine Besonderheit des Teleskops besteht darin, dass hierbei nicht nur die Kamera, sondern der gesamte Okularauszug gedreht werden kann. Dieser ist als klassischer Zahnstangen-Okularauszug mit einer 1:7-Untersetzung ausgelegt und verfügt über einen Fokusweg von 30mm. Rückwärtig bietet das Teleskop an seinem 4-Zoll-Okularrohr zahlreiche Anschlussmöglichkeiten, so dass über das umfangreiche Adapter-Programm

Takahashi FSQ-106ED und der ICS Focus Wizard im Test

Perfekte Sternabbildung bis in die Ecken, stabile Fokusposition auch bei langen Aufnahmeserien und große Bildfelder zur Ausleuchtung großformatiger Detektoren. Das sind die Anforderungen, die engagierte Astrofotografen an Teleskope für die Deep-Sky-Fotografie stellen. Der FSQ-106ED von Takahashi verspricht diese Anforderungen zu erfüllen – unterstützt von einem neuartigen Fokussiersystem.



◀ Abb. 1: Ein leistungsfähiger Astrograf mit einem Öffnungsverhältnis von f/5: Das FSQ-106ED von Takahashi.

U. Dittler

IM DETAIL

Belichtungssteuerung mit dem ICS Focus Wizard

Der Focus Wizard kann während der nächtlichen Astrofotografie nicht nur die Auswirkungen der veränderten nächtlichen Temperaturen auf die Fokussierung ausgleichen, sondern parallel auch die Aufnahmen von Bilderserien steuern. Die maximale Belichtungszeit der Kamerasteuerung ist mit 650 Sekunden relativ kurz; zumindest dann, wenn lichtschluckende Schmalbandfilter für die Aufnahme bei moderaten ISO-Werten verwendet werden. Da in diesem Test in einigen Nächten die Optiken mit CLS- bzw. UHC-Filtern verwendet wurden, waren bei ISO 800 Belichtungszeiten von 15 Minuten (=900 Sekunden) notwendig, die über das System nicht mehr geregelt werden konnten.

des Herstellers von der Mittelformat-Kamera bis zum 1¼ Zoll-Okular jede denkbare optische Einheit adaptiert werden kann – da der Brennpunkt 18cm hinter der letzten Linse liegt, bietet sich für verschiedenen Anschlüsse reichlich Backfokus.

Für die Adaption von Kameras an den 4-Zoll-Auszug des Takahashi FSQ-106ED gibt es zahlreiche Möglichkeiten, die von einem M92- über M72-, M43- bis hin zu einem M36-Gewinde reichen und natürlich auch die üblichen 2- und 1¼-Zoll-Anschlüsse umfassen. Für diesen Praxischeck wurden die verwendeten Canon-Vollformat-Kameras mittels eines CA35-Adapters und eines Canon-Adapters mit Wide-T-Anschluss an das Teleskop montiert, so dass in diesen Adapter auch gefasste 2-Zoll-Filter (beispielsweise UHC-E) eingeschraubt werden können.

Fokalextender und Reducer

Das optische System wiegt bei einer Gesamtlänge von nur rund 58cm (mit eingeschobener Taukappe) stolze sieben Kilogramm. Ein ebenfalls in Takahashi-Grün gehaltene Rohrschelle ist ebenso optional verfügbar wie ein 7×50-Sucher, ein Fokalextender Q1,6 (der die Brennweite auf 850mm (bei f/8) verlängert) sowie ein Reducer QE 0,73 (Brennweite: 387mm bei f/3,65). Bei Verwendung von Extender oder Reducer verringert sich das Bildfeld auf – immer noch Vollformat-taugliche – 44mm.

Hilfreicher Focus Wizard

Für das FSQ-106 hat Werner Mehl unter dem Namen ICS Focus Wizard ein System

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

► **Abb. 2: Aufnahme des Rosettennebels mit NGC2244:** Takahashi FSQ-106 mit ICS Focus Wizard (Brennweite: 530mm, F/5). Kamera: Canon D6 (H α -modifiziert) mit UHC-S-Filter in WideT-Adapter. Summenbild aus 10 Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von je 450 Sekunden (ISO 1600; Gesamtbelichtungszeit: 75 Minuten). Bearbeitet mit DeepSky-Stacker und Photoshop.



zur Temperaturkompensation entwickelt, das Veränderungen der Fokusslage entgegenwirkt und so automatisch exakte Sternabbildungen während sinkender Nachttemperatur sicherstellt. Das System besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten: Aus einem kleinschrittigen Motor, der auf die Fokuswelle des Auszugs aufgesetzt wird, und aus einer rund 12x8x4,5cm großen Steuereinheit, die über ein Stativgewinde verfügt und so flexibel am Teleskop oder an der Montierung befestigt werden kann. An die Steuereinheit ist ein Temperaturfühler angeschlossen, der Temperaturänderungen im Bereich von 1/100°C erfasst und über den angeschlossenen Fokusmotor die Fokusslage in Schritten von 1/10.000mm kontrollieren kann.

Die Bedienung des Focus Wizard kann wahlweise über eine Funkfernbedienung erfolgen (ähnlich einer TV-Fernbedienung) oder über einen angeschlossenen PC. Dabei ist der Focus Wizard unkompliziert zu bedienen: Die Fokusposition kann – wie bei jedem Motor-Fokus-System – motorisch angefahren werden, danach ist in der Software nur noch das Feld »Kompensation aktivieren« auszuwählen und schon regelt der Focus Wizard die Fokusslage bei sinkenden Nachttemperatur nach. Darüber hinaus ist in das System eine Kamerasteuerung integriert, so dass auch die Steuerung von Langzeit- und Serienaufnahmen mit einer angeschlossenen DSLR an das System übergeben werden kann. Ein Display in der Steuereinheit informiert über die aktuel-

le Temperatur, den Status und die aktuellen Aktivitäten des Systems.

Um die Funktionsfähigkeit des Systems sicherzustellen, ist neben dem Anschluss des Fokusmotors und des Temperaturfühlers nur die Stromversorgung herzustellen und das System einmalig für die Temperatureinflüsse des verwendeten Teleskops zu kalibrieren (hierfür ist ein Stern zu Beginn einer Nacht exakt zu fokussieren und nochmals zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die Temperatur um mindestens zwei Grad gefallen ist. Aus der Temperaturdifferenz und der Fokussdifferenz errechnet der Focus Wizard dann die für Temperaturänderungen notwendigen Fokusskorrekturen und führt diese selbstständig durch). Im Rahmen dieses Praxischecks wurde das Focus Wizard-System am FSQ-106ED eingesetzt, um die Fokusslage selbständig zu kontrollieren.

Test mit Vollformat-Chip

Das Teleskop konnte in zahlreichen Nächten unter dem dunklen Himmel des Schwarzwaldes eingesetzt werden. Um die Möglichkeiten des großen Gesichtsfeldes der Optik möglichst gut nutzen zu können, kamen dabei Vollformatkameras von Canon zum Einsatz: eine zur Erhöhung der H α -Empfindlichkeit mit BCF2-Filter modifizierte Canon EOS 6D und wahlweise eine serienmäßige Canon EOS 6D.

Nachdem das zu fotografierende Objekt am Nachthimmel ausgewählt und grob ein-

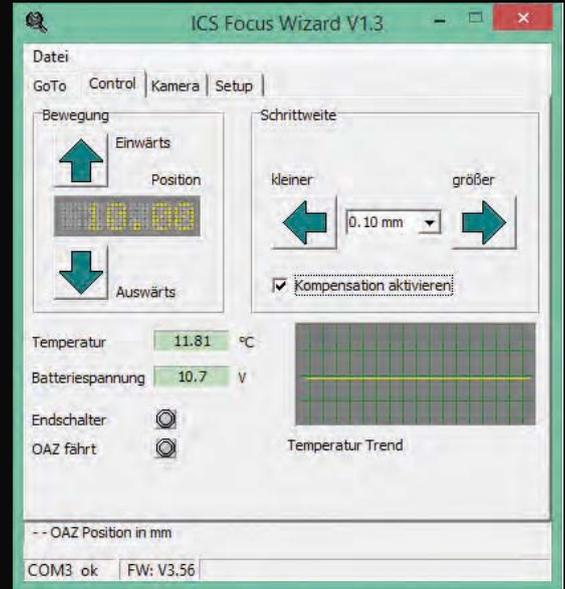
gestellt wurde, erfolgte die Fokussierung: Da das Teleskop zusammen mit dem Focus Wizard betrieben wird, erfolgt bei dieser Kombination die Fokussierung nicht mechanisch, sondern motorisch: Über einen PC können in einer übersichtlichen Oberfläche verschiedenen Parameter der Fokussierung eingestellt werden. Neben den Parametern der Temperaturkompensation ist auch die beim Fokussieren verwendete Schrittgröße wählbar: Diese reicht von 5mm fürs grobe Fokussieren bis hin zu 0,01mm für das exakte Feinfokussieren. Mit einer Bahtinov-Maske kann so auf der vergrößerten Live-View-Ansicht der DSLR sehr schnell und komfortabel der exakte Fokuspunkt gefunden werden.

Nach dem Fokussieren, das am einfachsten an einem hellen Stern in der Nähe des zu fotografierenden Objektes erfolgt, kann das Teleskop auf das Objekt geschwenkt werden. Sollte sich nun zeigen, dass die Ausrichtung des Objektes auf dem Chip nicht optimal ist, so kann der sehr griffige Kamera-Rotator gelockert werden, um die Kamera bzw. den Auszug mit Sucher und Kamera neu auszurichten. Im Gegensatz zu anderen Kamera-Rotatoren von Takahashi wird baubedingt beim Rotator des FSQ-106ED die Entfernung der Kamera zum Linsensystem beim Lösen des Rotators verändert, beim Fixieren der gefundenen neuen Kameraposition wird die Kamera dann wieder in die ursprüngliche Entfernung gebracht. Um Defokussierungen bei der Neuausrichtung der Kamera zu vermeiden, sollte daher erst die

► Abb. 3: Der FSQ-106ED mit angeschlossenem Focus Wizard und Vollformat-DSLR. Deutlich ist die Steuer-elektronik des Fokus Wizard zu erkennen, die die kontinuierliche Nachfokussierung auch während der Aufnahme sicherstellt.



U. Dittler



U. Dittler

▲ Abb. 4: Screenshot der Dialogbox von Focus Wizard. Die Software ermöglicht die exakte motorische Fokussierung und führt diese – sofern das Feld »Kompensation aktivieren« ausgewählt ist – bei sinkenden Temperaturen im Laufe der Nacht kontinuierlich nach.

Ausrichtung der Kamera eingestellt und dann fokussiert werden.

Entspanntes Beobachten

Gesteuert über einen externen Fernauslöser konnten so in zahlreichen Nächten Belichtungsreihen unterschiedlicher Deep-Sky-Objekte angefertigt werden, die oft kurz nach Einbruch der Dämmerung begannen und bis in die frühen Morgenstunden dauerten. Es ist erfreulich – fast schon langweilig – wie zuverlässig und kontinuierlich die Kombination aus leistungsfähigem Astrografen, motorisierter Fokussierung und Kamera nachts arbeitet. Da Montierung, Notebook und Kamera über das Stromnetz und nicht über Akkus mit der benötigten Batteriespannung versorgt wurden, bedurfte diese Kombination keiner weiteren Betreuung: Der Astrofotograf konnte sich ganz entspannt mit einem Fernglas der visuellen Betrachtung des Sternenhimmels hingeben – und dem leisen Summen der Montierung und dem regelmäßigen Klicken der DSLR lauschen.

Für Kenner von Takahashi-Teleskopen ist es beim Einsatz der Optik in Verbindung mit dem Focus Wizard dann am Ende der Nacht auch nicht überraschend, dass die Abbildungsleistung und die Farbbildung des Takahashi FSQ-106ED bis in die Bildecken des Vollformatchips überzeugen können: Die Optik liefert ein Bild mit hervorragenden und sehr feinen Sternabbildungen.

Fazit

Astrografen sind für die Astrofotografie optimierte Teleskope, deren Konstruktion auf eine optimale Bildqualität ausgerichtet sind. Das Takahashi FSQ-106ED ist in diesem Sinne ein kompromissloser Astrograf mit einer aufwändigen Konstruktion und Ausführung, die zu einem hohen Gewicht und hohen Preis führt – aber eben auch zu einer überzeugenden Bildqualität für die verwendeten Vollformatsensoren. Das nicht billige Teleskop ist sicherlich für viele engagierte Astrofotografen eine längerfristige Investition, denn das erfreulich große Bildfeld des Teleskops wird auch die nächste und übernächste Generation der CCD-Chips problemlos ausleuchten können.

Eine Schwäche des Teleskops besteht in der Anfälligkeit für Temperaturschwankungen, wie sie bei längeren nächtlichen Aufnahmeserien nicht vermeidbar sind: die hohe Abbildungsqualität der Optik offenbart kleinste Unschärfen. Diese Schwäche gleicht der optional erhältliche Focus Wizard zuverlässig aus und führt den Fokus auch bei längeren Belichtungszeiten und größeren Temperaturunterschieden exakt nach. Mit FSQ106 und Fokus Wizard steht engagierten Astrofotografen eine Kombination zur Verfügung, die beeindruckende Astrofotos ermöglicht.

► Ullrich Dittler

BEWERTUNG

- + Sehr großes Bildfeld
- + Hohe Lichtstärke
- + Stabiler 4-Zoll Okularauszug
- + solide Verarbeitung und herausragend feine Sternabbildung
- hoher Preis

Daten des Takahashi FSQ-106ED

Brennweite	530mm
Öffnung	106mm
Lichtstärke	f/5
Bildfeld	88mm
Fokusweg	30mm
Baulänge	580mm
Durchmesser des Tubus	125mm
Durchmesser der Taukappe	145mm
Gewicht	7kg
Lieferumfang	Tubus mit ein-schiebbarer Taukappe und integriertem Rotator sowie Fokussierer mit 1:7-Untersetzung
Optionales Zubehör	Rohrschellen, Sucher, Reducer 0,73, Extender 1,6
Preis	5483€

| DER AUTOR |

Ullrich Dittler ist Kolumnist bei Abenteuer Astronomie.

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

Das perfekte Flatfield

Auf dem Weg zum fehlerfreien Astrofoto

Technik



▲ Abb. 1: Flatfield-Erstellung mit einer Leuchtfolie vor der Teleskop-Öffnung.

Astrofotografische Rohdaten zeigen aus verschiedenen Gründen stets ein verfälschtes Abbild des Himmels. So führen Teleskop-Optik, Filter und Kamera zu einer über das Bildfeld hinweg ungleichmäßigen Ausleuchtung. Möchte man später bei der Bildbearbeitung den Kontrast einer Aufnahme erhöhen, so verbessert sich nicht nur die Sichtbarkeit des Objekts, sondern ebenso die der Bildfehler. Gerade bei Aufnahmen von schwachen und diffusen Objekten wie Nebeln oder den Außenbereichen von Galaxien entscheidet die Korrektur dieser Fehler darüber, ob das Objekt in allen Bildbereichen gut dargestellt werden kann. Bei photometrischen Aufnahmen, die der Helligkeitsmessung von Objekten dienen, ist die Bildkorrektur nicht nur zur besseren Darstellung nötig, sondern sogar zwingend erforderlich.

Zu den wichtigsten Aufgaben bei der Astrofotografie gehört daher das Erstellen von Korrekturbildern, um solche Fehler auszugleichen. Richtig hergestellte Korrekturbilder enthalten ausschließlich Informationen über die Helligkeitsverteilung in der Bildebene. Damit werden die astronomischen Aufnahmen geebnet, weswegen sie als »Flatfields« bezeichnet werden. Die Ebnung geschieht, indem jedes Rohbild

durch das Flatfield-Bild dividiert wird – eine Funktion, die jede gängige CCD-Bildverarbeitungs-Software bietet.

Ungleichmäßige Bildhelligkeit

Jede Komponente des Aufbaus kann Ursache für eine ungleichmäßige Ausleuchtung sein. Dominant ist meistens die Vignettierung, die vom Teleskop selbst erzeugt wird. Nur der Bereich in der Brennebene, von der aus die komplette Teleskop-Öffnung sichtbar ist, erfährt keine Vignettierung. Weiterhin gelangen mit der Zeit Staubpartikel auf die optischen Flächen. Staub auf der Objektivlinse macht sich kaum bemerkbar, da dieser sich weit außerhalb des Schärfebereichs befindet. Auf Filtern hingegen, gegebenenfalls auf dem Fenster der Chip-Kammer oder dem Chip selbst erscheinen Staubpartikel jedoch als dunkle Flecken auf den Bildern.

Zuletzt ist auch der Sensor selbst eine Ursache: Die Empfindlichkeit der einzelnen Pixel variiert leicht und bedarf ebenfalls der Korrektur.

Ein Flatfield für immer?

Das Flatfield-Bild soll also die Ausleuchtungssituation während der Belichtung genau

wiedergeben. Daher müssen Flatfield-Bilder im Allgemeinen bei der gleichen Fokusposition, gleicher Kamera-Orientierung und zudem gleichem Pixel-Binning erstellt werden.

Im Idealfall sind Flatfield-Bilder dauerhaft für eine bestimmte Kombination aus Kamera, Teleskop und Filter verwendbar. Dies ist nur dann gegeben, wenn das Chip-Zentrum auf der optischen Achse des Teleskops liegt und dessen Vignettierung symmetrisch ist. Das Flatfield-Bild kann – abgesehen von der Notwendigkeit, neue Staubflecken zu korrigieren – dann in jeder Kamera-Orientierung verwendet werden. Mit einem Aufbau, der dies leistet, lohnt es sich also, besonders penibel auf Sauberkeit zu achten. Dann können Flatfield-Bilder auch über Jahre hinweg verwendet werden. Ist die Ausleuchtung jedoch nicht symmetrisch oder ist Staub auf die optischen Flächen geraten, müssen neue Flatfield-Aufnahmen angefertigt werden.

Das optimale Flatfield

Wie also sehen optimale Flatfield-Daten aus? Grundsätzlich gelten hier die üblichen Bedingungen der CCD-Fotografie. Ziel ist es, ein möglichst rauschfreies Bild zu erhalten. Bei den üblichen Methoden zur Flatfield-Aufnahme (siehe Kasten) sind die Belichtungszeiten relativ kurz

M. Weigand

untersagt.

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

und es wird leicht ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis erreicht. Zudem können mehrere Aufnahmen gemittelt werden – am besten einige Dutzend, denn das Signal-Rausch-Verhältnis der Astro-Aufnahmen soll auf keinen Fall durch das Flatfield-Bild verschlechtert werden. Es ist noch zu beachten, dass wie beim eigentlichen Astrofoto Dunkelbilder abgezogen werden müssen, die gleich lange bei gleicher Temperatur belichtet worden sind.

Die Belichtungszeit der Flatfield-Bilder wird so gewählt, dass die Helligkeitswerte etwa bei der Hälfte des Dynamikbereichs der Kamera liegen. Bei Kameras mit mechanischem Shutter können sehr kurze Belichtungszeiten problematisch sein. Während der Shutter sich schließt, wird der Chip ungleichmäßig beleuchtet. Die Belichtungszeit muss entsprechend lange gewählt werden, so dass die Verschlusszeit im Verhältnis vernachlässigbar klein wird.

► Mario Weigand

IM DETAIL

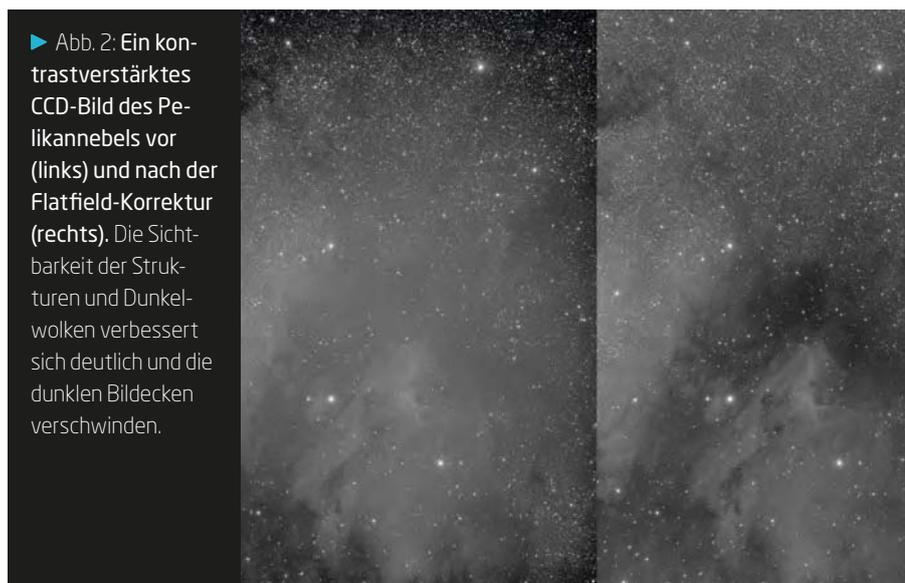
Methoden zur Erstellung von Flatfield-Bildern

Es gibt viele Methoden Flatfield-Bilder zu erstellen, wobei alle darauf setzen, eine Fläche mit völlig gleichmäßiger Helligkeit zu erzeugen und aufzunehmen. Die Fläche darf also keinerlei Struktur besitzen. Hilfreich in allen Fällen ist daher eine Milchglasscheibe, weißer Stoff oder Papier vor der Teleskopöffnung.

- **Skyflats:** Eine Möglichkeit bietet der Dämmerungshimmel, bevor die Sterne sichtbar werden. Dabei wird nach Sonnenuntergang das Teleskop gen Zenit gerichtet. Hier ist eine Art Diffusor vor der Öffnung empfehlenswert, da helle Sterne eventuell auf den CCD-Bildern sichtbar werden. Allerdings ändert sich die Himmelhelligkeit kontinuierlich und die Belichtungszeit muss immer

wieder angepasst werden, weswegen eher die folgenden Methoden zu empfehlen sind.

- **Weißer Wand:** Hierbei wird eine Wand oder auch eine Leinwand gleichmäßig beleuchtet und dann fotografiert. In der Praxis gestaltet es sich jedoch schwierig, eine Beleuchtung ganz ohne Gradienten zu erzeugen. Zudem ist nicht immer eine weiße Hauswand in der Nähe.
- **Leuchtfolien:** Seit einigen Jahren sind elektrische Leuchtfolien erhältlich. Die Folie wird plan auf die Teleskopöffnung gelegt. Anschließend wird ggf. die Helligkeit durch einige Lagen Papier reduziert. Dies ermöglicht sehr bequem und zu jeder Zeit, Korrekturbilder aufzunehmen, weswegen diese Methode klar zu empfehlen ist.



► Abb. 2: Ein kontrastverstärktes CCD-Bild des Pelikannebels vor (links) und nach der Flatfield-Korrektur (rechts). Die Sichtbarkeit der Strukturen und Dunkelwolken verbessert sich deutlich und die dunklen Bildecken verschwinden.

M. Weigand

INTERAKTIV



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

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/fb

M. Weigand



◀ Abb. 3: Ein typisches Flatfield-Bild mit Vignettierung des Teleskops und runden Staubflecken.

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

SCHWARZE SONNE über dem Kaolin-See

SONNENFINSTERNIS-BEOBACHTUNG AUF DER INSEL BELITUNG

Die totale Sonnenfinsternis am 9. März 2016 war ein kleines Jubiläum für mich, denn meine erste Sonnen-Totalität hatte ich genau 18 Jahre, elf Tage und acht Stunden zuvor auf der Insel Guadeloupe in der Karibik erlebt. Nun standen Sonne, Mond und Erde in beinahe derselben Konstellation zueinander. Grund dafür ist der sogenannte Saroszyklus, der am längsten bekannteste Finsterniszyklus für Sonnen- und Mondfinsternisse.

Lange Anreise

Nach den beiden Finsternis-Beobachtungen aus Flugzeugen heraus in den Jahren 2013 und 2015 habe ich mich zur Beobachtung dieser Sonnenfinsternis wieder für einen Standort an Land entschieden. Doch um diesen zu erreichen, hieß es wieder ins Flugzeug steigen. Zunächst ging es mit einem nagelneuen Riesenflieger vom Typ Airbus A380-800 nach Singapur.

Der dortige Anschlussflug startete dann etwa zu Sonnenuntergang. Blaugrau beschattete Gewitterwolken verteilten sich unter dem äquato-

rialen Dämmerungshimmel. In der Dunkelheit waren zahlreiche helle Lichter auf dem Meer zu sehen, wie venushelle Sterne unter mir – ein fast schon außerirdisches Bild. Wahrscheinlich waren es Fischerboote, doch warum die so viel Licht hatten, war mir nicht klar – schön sah es aus der großen Höhe aber aus.

Nach der Landung in Jakarta ging alles problemlos weiter. Schnell stand ich vor dem Terminal und spürte die feuchtwarmer tropische Luft. Zum Hotel nahm ich eines der vielen Taxis. Dort wurde ich beim Einchecken sehr freundlich empfangen – der Hotelangestellte kam aus Belitung und freute sich, dass ich vorhatte, seine Heimatinsel zu besuchen.

Überall »Gerhana Matahari«

Nach einer kurzen Nacht gab es ein Frühstück mit Orangensaft und frischen tropischen Früchten. Am Sonntagmorgen war nicht viel los und ich setzte meinen Weg in Richtung Sonnenfinsternis fort. Am Flughafen war mein Übergepäck bei dem Flug von Garuda nur eine kleine

Formalität und mein Koffer schnell eingepackt. Der Flug ging über sommerliche Wolkenfelder Richtung Norden und war nach weniger als einer Stunde schon vorbei.

Auf dem beschaulichen Flughafen im Urwald angekommen, wurde ich abgeholt und zum Hotel gebracht. Der Ort Tanjung Pandan zeigte sich als bunte Mischung – teils modern, teils verfallen, teils westlich, teils islamisch. Insgesamt wirkten die Leute freundlich und friedlich. Auf einem zentralen Platz und an einer Moschee entdeckte ich große Hinweisschilder auf die bevorstehende totale Sonnenfinsternis. Die Fahrt ließ sie an mir vorbeiziehen, das Wort »Matahari« fiel mir dabei auf.

Die Sonne strahlte vom tropischen Himmel. In der schattigen Lobby ließ es sich aber gut aushalten. Die Sonne sank nach und nach senkrecht in Richtung Horizont. Der eigentliche Sonnenuntergang fand dann hinter einer am Horizont aufziehenden Wolkenfront statt. Wenig später war es so dunkel, dass Orion im Zenit sichtbar wurde, sowie die hellen Sterne Sirius und Canopus.



S. Heinisius

◀ Abb.1: Die totale Phase der Sonnenfinsternis über dem Kaolin-See auf der indonesischen Insel Belitung.

▼ Abb.2: Granitsteine am Nordstrand von Belitung. Sie sind ein Wahrzeichen der Insel.

Suche nach dem besten Platz

Am nächsten Tag ging es auf Scouting-Tour. Nach einem ausführlichen Frühstück war das reservierte Auto da. Bei der Übergabe stellte sich heraus, dass auch der Fahrer im Mietpreis eingeschlossen war. Wir fuhren in Richtung Nordküste. Mit Hilfe von »Google Maps« hatte ich mich bereits zu Hause informiert und konnte mich daher gut orientieren. Wir fuhren zuerst Tanjung Kelayang an, auch wenn sich für diesen Ort der Präsident von Indonesien angekündigt hatte und somit eine Beobachtung dort wohl kaum möglich wäre.

Wir kamen an einen großen Platz mit Blick auf Strand und Meer mit einer großen offenen Halle und einer kreisrunden Fläche, die gerade frisch mit Blumenmustern bemalt wurde. Schwungvolle Popmusik ertönte aus Lautsprechern. Eine Gruppe Jugendlicher, alle vielleicht um die 15 Jahre alt, fragte nach einem Foto. Allerdings sollte nicht ich sie fotografieren, sondern sie wollten ein gemeinsames Bild mit mir zusammen haben. Das machte ich gerne mit, sie

S. Heinisius



waren so fröhlich und begeistert und versammelten sich blitzschnell um mich herum. An einem Verkaufsstand fand ich noch ein schönes »Gerhana Matahari«-T-Shirt – Sonnenfinsternis auf Indonesisch.

Party am Strand

Auf der weiteren Fahrt fanden wir unzählige geeignete Beobachtungsorte für die Sonnenfinsternis. Hier hätten Tausende Menschen das Himmelsereignis verfolgen können. Zahlreiche Parkplätze wurden fertiggestellt, Strände gesäubert und Partyvorbereitungen getroffen. Am Strand Tanjung Tinggi gab es zahlreiche runde Granitfelsen. Sie sind das Wahrzeichen der Insel Belitung. Die Landschaft sah auch ohne Finsternis schon spektakulär aus. Die Sonne näherte sich dem Zenit an einem knackig blauen klaren Himmel, nur hin und wieder von einigen Wolken begleitet.

Auch im Landesinneren fanden wir die Granitfelsformationen – an vielen Stellen war der Regenwald gerodet und Neuanpflanzungen, meist junge Palmen, erlauben freiere Blicke. So schlecht das für die Umwelt ist, zur Orientierung war der Blick zum horizontnahen Himmel von Vorteil. Auf der Rückfahrt kamen wir an einem türkisblauen See vorbei. Weißer Sand wurde hier abgebaut, ein unwirklicher Anblick.

Erinnerung an Robinson Crusoe

Am nächsten Tag ging unsere Fahrt an die Ostküste. Sie ist geprägt durch viele große einsame Sandstände. Hier gab es früher offenbar

einmal eine bessere Infrastruktur. Wir entdeckten Ruinen einer Mauer und eine zugewachsene asphaltierte Fläche sowie ausgeblühten riesigen Baumstümpfe und einen langen Steg ins Meer, der wackelig und notdürftig mit Brettern und Baumstämmen geflickt war.

Fast schon abenteuerlich war die Fahrt zu einem Strand, den wir nur über eine etwa zehn Kilometer lange Urwaldstraße erreichten: Sie glich mehr einem Feldweg mit Auswaschungen, Löchern, kleinen Holzbretterbrücken, meterhohem Gras und anderem Bewuchs. Wir gingen zwischen Granitsteinen eine alte Betontreppe herunter zu einem Strand in einer kleinen Bucht in der Nähe eines verfallenen Campingplatzes. Am Strand lag eine Art Geisterfloß. Ein wirklich abenteuerlicher Ort, an dem man an »Robinson Crusoe« denken musste.

Von der Inselmitte aus hatte sich in den letzten Stunden eine riesige tellerförmige Gewitterwolke gebildet, deren Rand nun die Sonne erreichte und die Insel in ihren Schatten legt – ein kleiner Vorgeschmack auf den Schatten des Mondes, der das am nächsten Tag in noch viel gewaltigerem Ausmaß tun sollte.

Plan B wegen Wolken

Nach einer weiteren sehr kurzen Nacht ging es um vier Uhr mit dem Auto los. Es war wenig Verkehr auf den Straßen und es gab keinerlei Probleme zügig an die Nordküste zu kommen. Wir waren kurz vor fünf Uhr an unserem geplanten Beobachtungsort, einem an der Nordküste gelegenen Damm, der meerumschlungen freie Blicke in alle Richtungen bot.

Doch im Norden waren große Wolkenfelder bis südlich des Sonnenaufgangspunktes zu sehen, über der Mitte der Insel aber freier Himmel. Es war klar, dass wir hier nicht bleiben konnten. Nach kurzer Beratung steuern wir den vorgesterten entdeckten türkisblauen Kaolin-See östlich von Tanjung Pandan an. Er sollte südlich genug liegen, um relativ sichere Beobachtungsbedingungen zu bieten.

Am See angekommen fanden wir eine Menschenmenge vor, am Seeufer und auf etwa zehn Meter hohen Sandbergen war aber noch genug Platz für uns. Der Sonnenaufgang fand hinter Wolken statt. Bis zum ersten Kontakt um 6:20 Uhr waren meine Beobachtungsinstrumente am Westufer des Sees aufgebaut. Die Sonne zeigte sich das erste Mal zwischen tiefliegenden Wolkenbändern und war bereits so hell, dass die Fotografie einen Sonnenfilter erforderte.

Gestochen scharfe Sichelbilder

Die Sonne stieg senkrecht höher und höher, die erste partielle Phase hatte begonnen. Der Fokus war perfekt. Gestochen scharfe Sichelbilder waren auf meinem Kameradisplay zu sehen – und dies immer wieder in etwas anderer Wolkensituation.

Die vielen Sonnenfinsternis-Interessierten waren auch ein schönes Bild. Ihre Blicke gingen meist in Richtung See, über dem die Sonne weiter nach oben stieg und trotz zunehmender Mondbedeckung in der feuchtwarmen Luft für Wärme sorgte.

Doch die Bedeckung durch den Mond gewann Oberhand und die Hitze ging zurück.

▼ Abb.3: Erste partielle Phase der Sonnenfinsternis.





▲ Abb.4: Die totale Phase der Sonnenfinsternis am 9. März 2016.

Nach und nach startete ich in Ruhe meine Aufnahmesequenzen. Zunächst die GoPro-Kamera vor mir, die nun alle fünf Sekunden ein 12-Megapixel-Bild parallel zur HD-Videoaufnahme aufnahm, dann die Sony-Videokamera. Es waren nur noch wenige Minuten bis zur Totalität.

Die Sichel war nun ganz schmal geworden. Ich positionierte die gleißende Sonne am unteren Bildrand meiner Canon EOS450D, die hinter einem Scopus-ED-Refraktor fokal montiert war. Dann startete ich den Timer-Auslöser, der nun alle zwei Sekunden eine Aufnahme machte, ohne dass ich mich weiter darum kümmern musste. Die Zeit wurde knapp. Kurz vor dem Diamantring schaffte ich es noch die Canon EOS600D im HD-Video-Modus mit drei Stufen Unterbelichtung zu starten. Alle Sequenzen liefen und ich blickte in die verschwindende Sonne – das Timing passte sekundengenau.

Freude und Ergriffenheit

Der Moment der Totalität war da. Das letzte Licht der Sonne grüßte wie ein sich schließendes Auge mit einer kugelrunden Lichtträne und machte den Blick auf den fein gefaserten Kranz der Korona frei. Ich sah sie scharf und glasklar, innen ganz dünn um den Mondrand herum, hell weiß strahlend, nach außen hin die feinen Fasern, die sich mit der hin und wieder leicht bewölkten dunkelbläulichen Umgebung vereinten.

Meinen Jubel konnte ich nicht verbergen, so groß war die Freude, aber auch die Ergriffenheit über diesen wunderschönen An- und Augenblick. Den Menschen hinter mir schien es ähnlich zu gehen. Dennoch war ich entspannt, die Bilder wurden nun von allein gemacht – ich stand in der ersten Reihe und nahm das Lichtspiel direkt und ohne Flugzeugfensterscheibe vor mir war.

Es war eine Totalität in wohliger Wärme, der Mondschaten um uns herum und als dunkle Rundung um die Sonne gut zu erkennen – die leichte Bewölkung macht es deutlich. Rechts im Süden war es heller, dort war die Sonnenfinsternis nur partiell.

Ich stoppte das Video hinter dem Walimex-Zoomobjektiv bei 650mm Brennweite und machte noch einige Fotos bei verschiedenen Belichtungszeiten. Nun kam mein neues 10–20mm-Weitwinkelobjektiv zum Einsatz. Ein Stativ stand bereit, auf dem ich nach der Objektivmontage die Kamera befestigte. Dann machte ich Aufnahmen der Finsternis-Szene am See. Die Helligkeit kam zurück. Sie hatte sich von rechts an die Sonne herangeschoben.

Cirren um die Sonne

Wahrscheinlich wegen einer kleinen Cirruswolke war der zweite Diamantring nicht so eindrucksvoll wie der erste, aber vielleicht waren meine Blicke auch gerade auf den Mondschaten gerichtet, dessen Rundung sich nach links

unten hinbewegend auf die im Nordosten der Insel liegenden Wolken zurückzog.

Das wiedergekehrte Sonnenlicht brach sich stark in den Cirren um die Sonne herum, die Korona war schnell weg, noch eine Weile war es links unten in den Wolken dunkel. Ich stoppte meine Aufnahmesequenzen.

Ich begann einzupacken, es wurde heißer und heißer. Als der Mond nur noch eine Delelle in der Sonne war, legten sich watteartige Wolken um die Sonne herum, und sobald sie in einem der Wattebüsche stand, war die Filterwirkung hoch genug, um bei 1/4000s bei 300mm ein weiteres schönes Motiv abzugeben. Ein leichter rosa Farbton gab dem Bild einen pastellenen Schimmer.

Die Menschenmenge hinter mir war verschwunden, es war wieder Alltag an der indonesischen Straße im Osten von Tanjung Pandan. Nach dem Einpacken ging ich mit meinem großen Hartschalenkoffer, Fototasche und Rucksack zum Auto. Es ging zurück ins Hotel. Nach einem Tag Erholung machte ich mich wieder zurück auf den weiten Weg nach Hause.

► Stephan Heinsius

👉 SURFTIPPS

- Homepage des Autors

🔗 Kurzlink: oc1m.de/a4069

Finsternis zwischen KOKOSSCHALEN

EINE TAUCH- UND SONNENFINSTERNIS-REISE NACH INDONESIA



▲ Abb.1: Der Höhepunkt jeder Sonnenfinsternis: die Sonnenkorona. Einzelbild mit Belichtungszeit 0,5s bei ISO 100 durch ein 500mm-Spiegelteleobjektiv bei Blende f/8.

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

Anfangs hatte ich Zweifel: Lohnt sich der lange Weg nach Indonesien, um dort am 9. März 2016 die totale Sonnenfinsternis zu beobachten? Schließlich sollte sich die Finsternis in einem weniger interessanten Teil des Landes und auch noch zu Beginn der Regenzeit ereignen. Ich habe es trotzdem gewagt und wurde mit einem klaren Himmel belohnt. Außerdem fand die Finsternis in einem wahren Paradies für Taucher statt.

Am 9. März 2016 sollte sich wieder eine totale Sonnenfinsternis ereignen. Der Mondschatten würde vom Indischen Ozean kommend einige Inseln Indonesiens überstreifen und dann über die Weiten des Pazifischen Ozeans wieder in den Weltraum verlaufen. Leider liegen die touristisch interessanten Regionen des Landes auf den Inseln Java und Bali und damit weit vom Totalitätsstreifen entfernt. Auch das Wetterrisiko war recht hoch, fiel die Finsternis doch mit dem Beginn der Regenzeit zusammen. Sollte man als Mitteleuropäer das Ereignis also lieber abschreiben und sich auch angesichts der langen Anreise lieber auf die Sonnenfinsternis 2017 in den USA konzentrieren?

Tauchen vor der Finsternis

Am 27. Februar war es dann soweit. Mit drei Gleichgesinnten aus unserem örtlichen Tauchverein bestieg ich den Flieger nach Indonesien, nicht ohne das Gewichtslimit bis zum letzten Gramm ausgereizt zu haben, denn weder Astrotgepäck noch Tauchgepäck zählen zu den Leichtgewichten. Nach insgesamt 17 Stunden Flug, zweimaligem Umsteigen und einstündigem Hoteltransfer fanden wir uns schließlich am Tanjung Karang, dem Korallenkap auf der Insel Sulawesi wieder. Ein erster Blick unter die Wasseroberfläche schon beim Schnorcheln zeigte: Die Standortwahl war vorzüglich: Das klare warme Wasser und die atemberaubenden



▲ Abb.2: Unser Beobachtungsplatz am Strand von Pedanda, auf dem sich neben den Touristen auch zahlreiche begeisterte Einheimische zur Beobachtung der Sonnenfinsternis eingefunden haben.

Totalität im Korallendreieck

Ein genaueres Studium der Region zeigte jedoch: Der Totalitätsstreifen zog genau durch das »Korallendreieck«, eine der artenreichsten Unterwasserparadiese unseres Planeten. Der Gedanke, einen Astro- mit einem Tauchurlaub zu verbinden, war für mich als Sporttaucher äußerst attraktiv und ich begann, mich näher mit dem Gedanken auseinanderzusetzen. Auch die Wetterstatistiken vom »SoFi-Wetterpapst« Jay Anderson und Satellitenbilder aus dem Archiv der Universität Kochi machten mir Mut, denn auf den Meeren zwischen Kalimantan (Borneo), Sulawesi und Halmahera waren akzeptable Sichtbarkeitschancen zu erwarten. Zusätzlich konnte man entlang der Westküsten der Inseln wegen der vorherrschenden Ostwindlage auf eine lokale Föhnwetterlage und damit auf klaren Himmel hoffen.

de Artenvielfalt des Unterwasserlebens waren überwältigend! Schon das allein hätte die lange Anreise mehr als gerechtfertigt.

Aber wir waren ja nicht nur zum Tauchen hier. Da die Tauchbasis einige Kilometer nördlich der Totalitätszone lag, hätten wir vom Hotel aus lediglich eine tiefe partielle Finsternis sehen können. Um die Finsternis tatsächlich total zu erleben, war eine Fahrt am frühen Morgen des 9. März unumgänglich. Darüber hinaus war es ratsam, den zu Hause aus »Google Earth« ausgesuchten und etwa 100km entfernten Platz auf seine Eignung als Beobachtungsplatz zu prüfen.

Einige Tage vor der Finsternis machten wir uns also das erste Mal auf den gut zweistündigen Weg entlang der Westküste Sulawesis. Die Straßenverhältnisse waren erstaunlich gut und der Autoverkehr überraschend gering. Aber die Vielzahl an Motorradfahrern, Fußgängern und Tieren auf der Straße ließ uns jede Minu-

te erleichtert aufatmen, dass wir nicht selbst fahren mussten.

Beobachtung zwischen Kokoschalen

Am Ziel angekommen, fanden wir schnell einen größeren betonierten Platz direkt am Strand. Er wurde von den Bauern zum Trocknen von Kokosnüssen benutzt und wir bekamen die Erlaubnis, hier später unser Equipment aufzubauen. Ein kurzer Check mit meiner App »EclipseDroid« zeigte, dass die Sonne zum Zeitpunkt der Finsternis hoch genug über den Palmen stehen würde, um einen ungestörten Blick auf das Geschehen zu haben. Für den Finsternistag hatten wir uns auch vergewissert, dass die Öfen zur Holzkohleerzeugung aus den Kokoschalen uns nicht mit dichtem Rauch belästigen würden. Und das Wetter war wolkenlos – zumindest an diesem Tag. Die Nachricht von der Ankunft eines ganzen Autos voll mit Touristen verbreitete sich im Dorf schnell, so dass wir nach wenigen Minuten von einer Schar Kinder umringt waren und von allen eifrig fotografiert wurden.

Endlich nahte der Finsternistag, der 9. März. Zuverlässig kam unser Fahrer und holte uns in aller Frühe um 4.30 Uhr am Resort ab. Wir waren auch nicht mehr allein, denn mittlerweile hatten sich uns praktisch alle Hotelgäste angeschlossen, sodass wir mit einer Kolonne aus fünf Pkws starteten. Leider war das Wetter bei weitem nicht so gut wie am Tag der Erkundungstour, als bei der Abfahrt wolkenloser Himmel herrschte. Es war bedeckt, und nur ab und zu sah man die hellsten Sterne durch die Wolken blinzeln. Würde die Rechnung aufgehen und sich an der Leeseite des Gebirges die Bewölkung auflösen?

Hoffen auf gute Sicht

Eine Stunde dauerte die Fahrt durch die Dunkelheit, bis sich endlich die Dämmerung am Osthorizont zeigte: Es wurde klar! Eine weitere halbe Stunde später kamen wir in der Stadt Pasangkayu an, wo wir bereits auf der Erkundungstour einen Ausweichplatz auf einem großen Parkplatz direkt vor der neuen Moschee am Ortseingang ausgesucht hatten. Der Ort hatte jedoch einige Sekunden weniger an Totalitätsdauer aufzubieten. Außerdem lag am Südhorizont, in der Richtung, wo wir eigentlich hinwollten, ein Wolkenfeld. Sollten wir besser unseren Plan aufgeben und in Pasangkayu am Alternativplatz bleiben? Wir entschieden uns für das Wagnis, noch 20 Minuten weiter nach Süden zu fahren, uns am weitaus schöneren Platz am

Strand niederzulassen und auf ein Auflösen der Wolken zu hoffen.

Großes Interesse der Einheimischen

Vor Ort wurden wir schon von einer Schar Kinder und Einheimischer erwartet. Die Nachricht von der Ankunft von gleich fünf Fahrzeugen machte schnell die Runde, so dass wir nicht lange alleine blieben. Die Tatsache, dass der Finsternistag auf das balinesische Neujahrsfest fiel und in ganz Indonesien ein Feiertag war, sorgte für noch mehr Zulauf als ohnehin schon.

Schnell ging es an das Aufbauen der Instrumente. Ich hatte ein 500mm-Teleobjektiv auf einer automatischen Nachführung sowie eine Spiegelreflexkamera mit Weitwinkeloptik im Einsatz. Mit einem Freund zusammen wollte ich die auf eine Leinwand projizierten fliegenden Schatten filmen sowie den Mondschatten mit einem Fischaugenobjektiv aufnehmen. Nebenbei befestigten wir eine GoPro-Kamera an meinem Stativ, auf dem auch noch eine kleine Wetterstation mit Datenlogger untergebracht war. Auch ein modifiziertes Sky Quality Meter mit Datenaufzeichnung hatte ich dabei. Die meisten Instrumente sollten automatisch arbeiten, damit wir uns auf das visuelle Erleben der Finsternis konzentrieren konnten. Leider hielt sich das Wolkenfeld eine Weile. Es war zwar so dünn, dass man die Sonne sehen konnte, aber gar keine Wolken wären uns natürlich lieber gewesen!

Wolkenloser Himmel

Endlich, der erste Kontakt! Im Fernglas konnte man frühzeitig beobachten, wie der Mond die Sonnenscheibe von oben herab anzuknabbern begann. Etwa 90 Sekunden später erkannte man das auch ohne optische Hilfsmittel beim Blick nur durch die Sonnenfinsternis-Brille. Die Sonnenaktivität war leider enttäuschend gering, nur eine winzige Fleckengruppe konnte man im Fernglas oder im Kamerateleskop erkennen. Langsam wurden die Wolken auch dünner und etwa eine Viertelstunde nach dem ersten Kontakt hatten sie sich völlig aufgelöst. Wir standen tatsächlich unter dem ersehnten wolkenlosen Himmel!

► Abb.4: Die Sonnenkorona kurz nach dem zweiten Kontakt. Belichtung 1/60 s, ISO 100. Eine wunderschöne große und reich strukturierte Protuberanz ist während der gesamten totalen Verfinsternung zu sehen. Zahlreiche kleinere Protuberanzen am linken, östlichen Sonnenrand werden durch den Mond im Verlauf der Finsternis nach und nach bedeckt.

Das Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung für private Zwecke. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



◀ Abb.3: Fischaugenaufnahme des Himmels, etwa zur Mitte der Totalität um 00:37:13 UTC. Man erkennt schön die rund um den Horizont verlaufenden Dämmerungsfarben. Walimex Vollformat-Fisheye 8mm f/11.



Noch während der Finsternis stieg die Temperatur bis auf 32° C an. Erst eine halbe Stunde nach dem ersten Kontakt begann sie wieder spürbar zu sinken, obwohl das Auge noch keinen Helligkeitsabfall bemerkte. Erst 20 Minuten vor der Totalität bildete sich langsam die typische bleierne Lichtstimmung einer tiefen partiellen Finsternis aus. Es wurde dämmeriger, diese Dämmerung zeigte jedoch noch keine Dämmerungsfarben! Die Lichtstimmung erinnerte an diejenige bei einem aufziehenden Gewitter, aber das Ganze fand bei wolkenlosem Himmel statt. Als die Sonnensichel immer schmaler wurde, erkannte man, dass sich der ehemals weiße Wolkenraum weit über dem Meer am Westhorizont bedrohlich dunkel verfärbt hatte und der darüberliegende Dunst eine rot-orangene Färbung angenommen hatte – ein Farbenspiel wie in der Dämmerung.

Meine Kamera hinter dem 500mm-Teleobjektiv, die automatisch von »EclipseDroid« gesteuert und vom »Star Adventurer« nachgeführt wurde, lief wie am Schnürchen. Und das war auch gut so, denn nun ging es rasend schnell. Venus war oberhalb der Sonne schon gut zu sehen, der Westhorizont wurde immer dunkler, die Lichtintensität sank spürbar und »fliegende Schatten« wurden schwach auf der Leinwand sichtbar. Nachdem die letzten Lichtperlen am Sonnenrand weggeschmolzen waren, konnte man eine riesige Protuberanz am Sonnenrand erkennen und die Korona zeigte sich in voller Pracht. Die umherstehenden Beobachter waren völlig aus dem Häuschen, denn für fast alle war es die erste Beobachtung einer totalen Sonnenfinsternis.

Begeisterung über erste Finsternis

Im allgemeinen Trubel vergaß ich leider, das Sky Quality Meter für die Himmelhelligkeit zu starten, meine zweite Kamera korrekt einzustellen und den Sonnenfilter vom Teleobjektiv zu entfernen. Als ich letzteres bemerkte, waren schon wertvolle Sekunden verronnen. Schnell konnte ich noch ein Experiment zur Polarisation der Korona machen, bevor mich die Faszination des visuellen Erlebens wieder in ihren Bann zog. Und schon kündigte der immer hel-

ler werdende Westhorizont das Ende der Totalität an. Der obere westliche Sonnenrand wurde schnell heller, schon blitzte die rot leuchtende Chromosphäre für wenige Sekunden auf, dann brachen nach zwei Minuten und 42 Sekunden Totalität die ersten Lichtperlen der Photosphäre durch tiefe Mondtäler durch und verschmolzen zu einer gleißenden Sichel. Nun hieß es wieder die SoFi-Brillen aufzusetzen und Filter zu montieren. Die totale Verfinsternis, wir hatten sie erlebt, und das bei bestem Himmel!

Die Lichtstimmung empfanden wir nun gänzlich anders als vor der Totalität. Obwohl die gemessene Lichtkurve der Finsternis fast perfekt symmetrisch verlief, mutete das wiedererscheinende erste Sonnenlicht fast wie volles Tageslicht an. Kaum jemand verfolgte das weitere Fortschreiten des Mondes in der zweiten partiellen Phase, die etwa zehn Minuten länger als die erste partielle Phase dauerte. Und schon drei Minuten nach dem dritten Kontakt begann die Temperatur von angenehmen 27° C schnell auf über 34° C zu steigen, bei einer Luftfeuchtigkeit von etwa 70 Prozent. Auch nach der Totalität waren die »fliegenden Schatten« nur sehr undeutlich zu erkennen. Der Wind wehte die ganze Zeit über recht schwach, zur Mitte der Finsternis erlosch er fast ganz. Der so oft in der Literatur erwähnte Finsterniswind war, wie schon bei allen meinen Finsternissen zuvor, wieder nicht zu messen gewesen.

Nachdem alles wieder abgebaut war, machten wir noch eine Mittagspause in Pasangkayu, bevor es wieder zurück zum Hotel ging, wo wir die ersten Ergebnisse sichten konnten. Erst als die ersten Beobachtungsberichte anderer Beobachtergruppen in Indonesien im Internet zu lesen waren, wurde uns bewusst, welches unwahrscheinliche Glück wir mit dem Wetter gehabt hatten. Kaum jemand konnte die Totalität bei wolkenlosem Himmel genießen! So mancher Hotelgast ließ sich auch vom Sonnenfinsternis-Virus infizieren und fragte sich: Wann gibt es die nächste Finsternis zu sehen?

So gilt: Nach der Finsternis ist vor der Finsternis. Ist das nächste Treffen im Kernschatten schon 2017 in den USA, oder vielleicht 2023 wieder in Indonesien?

► Wolfgang Strickling

► SURFTIPPS

- Webseite des Autors zur Sonnenfinsternis
- EclipseDroid

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4073

SPEKTAKULÄRE PLEJADEN

Sternhaufen-Bild mit Community-Unterstützung

IM DETAIL

Technik und Bearbeitung

Kamera: Canon EOS
600D modifiziert

Objektiv: 200/1000mm-Newton
TS Optics UNC

Montierung: Skywatcher NEQ6
PRO SynScan

Nachführkontrolle: QHY 5-II

Blende: f/5

Belichtungszeit: 60×5min

ISO: 400

Nachbearbeitung: DeepSkyStacker, Photoshop

SURFTIPPS

- Facebook-Seite des Autors
- Flickr-Seite des Autors

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4074

T. Stelzer

Nach einer längeren Durststrecke mit schlechtem Wetter versprach mir der Wetterbericht endlich einmal wieder eine klare Nacht, die ich mir nicht entgehen lassen wollte. Etwa eine halbe Stunde vor Einbruch der Dämmerung begann ich damit, das Teleskop im heimischen Garten aufzubauen sowie die beiden Kameras und den dazugehörigen restlichen »Kabelsalat« inklusive Laptop anzuschließen. Dann startete ich die Programme Stellarium, APT und PHD Guiding und stellte die Verbindung zur Montierung und zu den Kameras her.

Mittlerweile war es dunkel genug geworden, um die ersten Sternbilder sehen zu können. Ich

begann, das Teleskop möglichst exakt über den Polsucher auf den Polarstern einzunorden. Abschließend führte ich ein 3-Sterne-Alignment der Montierung über die SynScan-Handsteuerung durch und fokussierte die Kamera auf den hellen Stern Aldebaran im Sternbild Stier – soweit war ich jetzt startklar!

Erster Versuch mit M 45

Ich ließ das Teleskop Messier 45 – die Plejaden – anfahren, startete das Guiding und begann einige Testaufnahmen, um mit der Belichtungszeit zu experimentieren. Fünf Minuten pro Aufnahme schienen am besten zu funktionieren. Über

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

◀ Abb. 1: Der Offene Sternhaufen der Plejaden, aufgenommen in der Nacht vom 23. auf den 24. Dezember 2014.

die Software APT programmierte ich nun eine Aufnahmeserie von 70 Bildern mit jeweils 300 Sekunden Belichtungszeit bei einer Empfindlichkeit von ISO 400 und sah aufgeregt zu, wie mein allererster Versuch die Plejaden abzulichten begann.

Alle fünf Minuten landete jetzt ein neues Bild auf meinem Laptop, welches sofort von mir unter die Lupe genommen wurde: Passte auch wirklich alles? Nach einer guten halben Stunde vertraute ich dem Ganzen immer mehr, kontrollierte die Aufnahmen nur noch sporadisch und genoss in der Zwischenzeit den wunderschönen Nachthimmel über mir. Tief in der Nacht überwältigten mich dann doch Kälte und Müdigkeit und ich entschied, nach 65 Aufnahmen aufzuhören.

Kurz vor dem Schlafengehen stellte ich aber noch die EOS auf dem Balkon über Magic Lantern für eine weitere Intervallaufnahme von 65 Aufnahmen mit 300 Sekunden bei ISO 400 ein.

Alles in Lila

Am nächsten Tag sah ich mir die Aufnahmen an und ließ die Software DeepSkyStacker die ausgewählten 60 Roh-, Dunkel- und Rauschbilder zusammenrechnen. Gespannt wartete ich das Ergebnis ab und wurde enttäuscht – nicht das übliche Blau der Plejaden war zu sehen, sondern meine Aufnahme hatte einen heftigen Lila-Farbstich. Nach einigen Tagen und verschie-

denen Versuchen das Bild zu retten, wandte ich mich niedergeschlagen an das Forum Astrotreff.de und bekam dort sehr schnell Hilfe. Es stellte sich heraus, dass meine Version von DeepSkyStacker mit den Rohdaten der Kamera nichts anfangen konnte. Ein Update der Software behob das Problem und ich war wieder glücklich.

Nun ging es an die Weiterbearbeitung mit Photoshop. Nach einigen Stunden Arbeit lag das Ergebnis vor und ich konnte auf meinem Fernseher einen ersten Blick auf die fertige Aufnahme werfen – ich lehnte mich zurück und bewunderte mein eigenes kleines Meisterwerk.

► Tobias Stelzer

© 2016 Sky & Telescope Magazine. Die Weiterverarbeitung ist urheberrechtlich geschützt.

NORDAMERIKA AM HIMMEL

Erlebnis



▲ Abb. 1: **NGC 7000, der Nordamerikanebel.** Aufnahme mit einem 70mm-Refraktor bei 474mm Brennweite. Moravian G2-8300 CCD-Kamera. Insgesamt 5 Stunden und 40 Minuten mit Ha-, [OIII]- und [SII]-Filter in Wien belichtet. *Michael Fast*

◀ Abb. 2: **Der Kugelsternhaufen M 3.** Aufnahme mit einem 250mm-Newton bei 900mm Brennweite. Moravian G2-8300 CCD-Kamera. Insgesamt 9 Stunden mit Baader Planetarium LRGB-36mm-Filter in Oldenburg (in Oldenburg) belichtet. *Thomas Westphal*

NACHT DER POLARLICHTER



▲ Abb. 1: Die Nacht vom 6. auf den 7. März 2016 war die Nacht der Nächte für Polarlichter. Diese Aufnahmen entstanden von Hellnar auf Island aus. Die Polarlichter waren so stark, dass die Belichtungszeit bei einigen Bildern bis auf eine Sekunde reduziert werden musste. Die Bilder entstanden mit einer Canon EOS 5D MKII. Dieses Bild wurde 2 Sekunden bei ISO 3200 belichtet. *Michael Natschke*



▲ Abb. 2: Die Polarlicht-Korona in der Nacht vom 6. auf den 7. März 2016. Belichtungszeit 1 Sekunde. *Michael Natschke*

»» Wie wird die Rosetta-Mission enden, Herr Accomazzo? ««

▲ Abb. 1: Alles andere als eine Kugel: ein Ausschnitt aus der verwinkelten Oberfläche des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko, von Rosetta im Januar aufgenommen.

Gut 25 Monate hat die europäische Kometensonde Rosetta den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko durch das innere Sonnensystem begleitet. Jetzt haben die letzten Wochen der Mission begonnen: Am 30. September soll Rosetta auf dem Kometenkern aufsetzen. Flugdirektor Andrea Accomazzo ist für die Mission zuständig. Im Interview erzählt er, wie die letzten Tage von Rosetta aussehen werden.

Abenteuer Astronomie Herr Accomazzo, Sie sind der Flugdirektor von Rosetta – was bedeutet das eigentlich?

► **Andrea Accomazzo:** Der Flugdirektor übernimmt in kritischen Phasen von Missionen die Leitung des Operationsteams. Im Routinebetrieb kümmert sich nur eine begrenzte Zahl von Ingenieuren um die diversen Elemente der Raumsonde. Aber wenn es kritisch wird, braucht man viel mehr Leute, auch an anderen Orten. Der Flugdirektor muss all das koordinieren – wie der Dirigent eines Orchesters. Er spielt selbst kein Instrument, aber er weiß, wie all die Instrumente zusammenspielen müssen.

Abenteuer Astronomie Wie geht es Rosetta nach fast zwei Jahren in der Umgebung des Kometen?

► **Andrea Accomazzo:** Perfekt! Wir sehen keine konkreten Anzeichen für irgendeine Beeinträchtigung. Da hatte es ein paar Sorgen gegeben, zum Beispiel, dass sich Kometenstaub auf die Linsen diverser Instrumente legen würde. Aber das ist nicht der Fall, jedenfalls nicht so, dass man es merken würde. Dasselbe gilt für die Solarzellen, die haben vielleicht ein bisschen Leistung verloren, ein bis zwei Prozent, aber sicher keine zehn Prozent. Als der Komet 2015 in der Nähe der Sonne sehr aktiv wurde, gab es allerdings eine Schwierigkeit, die uns das ganze Jahr auf Trab gehalten hat. Ein aktiver Komet stößt mehr Staub aus, und irgendwann kann der Sternensensor für die Orientierung die Staubteilchen nicht mehr von Sternen unterscheiden. Das hatten wir vorhergesehen, aber die Staubbichte wurde zeitweise so hoch, dass der Sensor gar keine Sterne mehr sah. Damit kam die Software nicht mehr klar und wir mussten in größere Entfernung gehen, als wir wollten.

Abenteuer Astronomie Ist auch die komplizierte Gestalt des Kometenkerns eine besondere Herausforderung??

► **Andrea Accomazzo:** Das Hauptproblem ist die geringe Größe des Körpers – er hat nur wenig Schwerkraft. Andere Kräfte, die auf Rosetta wirken, sind vergleichbar stark, etwa die aerodynamische Wirkung des Kometengases: Wir haben gewissermaßen Gegenwind. Unter solchen Umständen wurde noch nie eine Raumsonde geflogen. Übrigens ist die Form des Kometenkerns ja sehr irregular: Die Schwerebeschleunigung ist also nicht gleichförmig, wie etwa bei einem Satelliten im Erdorbit. Das dicke Ende des Kometen zieht Rosetta deutlich stärker an als das kleine. Es sind zwar auch schon Sonden um ähnlich unförmige Asteroiden geflogen, aber in größerem Abstand, wo das Schwerfeld weniger variiert, und Aerodynamik gibt es dort auch nicht. Mit Rosetta zu navigieren, war also gleich zwei Stufen schwieriger.

Abenteuer Astronomie Das Ende der Mission steht nun bevor: Wie wird es ablaufen?

► **Andrea Accomazzo:** Wir streben einen kontrollierten Aufschlag auf den Kometenkern am 30. September an. Und in den letzten sechs bis acht Wochen davor wollen wir so tief wie möglich heruntergehen. Das machen wir schrittweise und beginnen mit ziemlich elliptischen Bahnen. Die eine Seite des Orbits wird relativ weit vom Kometen entfernt sein, etwa 15 bis 17 Kilometer, aber mit der anderen Seite gehen wir sehr nahe heran, bis auf wenige Kilometer. Und schließlich kommt es zum Kontakt mit der Oberfläche.

Abenteuer Astronomie Wird der Funkkontakt dann sofort abreißen – oder könnte Rosetta weiterfunken, wie einst die NASA-Sonde NEAR nach der Landung auf dem Asteroiden Eros?

► **Andrea Accomazzo:** Mit allergrößter Wahrscheinlichkeit werden wir den Kontakt sofort verlieren, wenn wir aufsetzen. Rosetta ist konkret so programmiert, sich selbst in einem stummen Passivzustand zu versetzen, wenn die Mission vorbei ist: Wir

wollen keine unkontrolliert sendende Sonde zurücklassen. Über ein NEAR-artiges Szenario hatten wir durchaus nachgedacht, aber Rosetta ist viel größer und hat riesige Solarzellen: Die berühren die Oberfläche vermutlich zuerst, und dann kippt die Sonde um. Die Wahrscheinlichkeit für eine Landung in brauchbarer Lage ist derart gering, dass wir erst gar nicht in diese Richtung planen. Aber wir wollen den Sender bis zum Aufsetzen betreiben: Aus seinem Signal werden wir erfahren, dass wir unten sind. Das wird wahrscheinlich einen Neustart des Bordcomputers im Passivmodus verursachen, und Rosetta verstummt für immer. Wir halten es für außerordentlich unwahrscheinlich, dass der Computer die Landung ohne diesen Neustart übersteht und noch Daten von der Oberfläche sendet.

Abenteuer Astronomie Und was werden Sie am 1. Oktober tun?

► **Andrea Accomazzo:** Ich bin für den Betrieb aller interplanetaren Missionen verantwortlich, nicht nur Rosetta. So bin ich auch Flugdirektor von BepiColombo, der 2018 zum Merkur starten soll, für den Solar Orbiter im selben Jahr und für die Sonde JUICE, die 2022 zum Jupiter startet. Bloß für ExoMars habe ich die Rolle einem Kollegen überlassen, weil sich der Flug der Sonde zum Mars zu stark mit Rosetta überlappt.

Abenteuer Astronomie Letzte Frage: Was ist für Sie das Interessanteste am Himmel?

► **Andrea Accomazzo:** Der Mond ist super-faszinierend! Ich wurde 1970 geboren und mein Vater erzählte mir, wie er die Nacht der ersten Mondlandung verbrachte. Ich hatte immer gefühlt, dass ich da etwas verpasst hatte, aber mit der Landung von Philae habe ich das nun wettgemacht. Ich würde alles geben, um zum Mond zu fliegen: Wenn ich an den Himmel schaue, ist er das Objekt für mich.

Die Fragen stellte Daniel Fischer.

IM DETAIL

Die Rosetta-Mission

Die Mission Rosetta der europäischen Weltraumagentur ESA wurde am 2. März 2004 gestartet. Die Sonde erreichte im August 2014 den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko und hat ihn seitdem auf seinem Weg durch das innere Sonnensystem begleitet. Im November 2014 setzte Rosetta den Lander Philae auf der Oberfläche des Kometen ab.



◀ Abb. 2: Accomazzo (2. von rechts) und andere Verantwortliche der Rosetta-Mission während der Landung Philaes im europäischen Kontrollzentrum ESOC in Darmstadt.



SPACE CHECKER

 INTERAKTIV


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

Geocaching in der Milchstraße

Eine astronomische Schnitzeljagd

Geocaching kennen sicher viele von Euch – die Jagd nach draußen im Gelände versteckten »Schätzen« mithilfe von GPS-Geräten oder Smartphones. Die Jugendgruppe »Young Stars« von der Sternwarte Sohland in der Oberlausitz hat das Konzept auf den Sternhimmel erweitert!



◀ Abb. 1: Das sind wir: die »Young Stars« von der Sternwarte Sohland in der Oberlausitz in Aktion!

▶ Abb. 2: Hier geht's los: Die Sonne (runder Bogen) steht am Anfang des Planetenwegs.



D. Irgang

Sternwarte Sohland

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

Die Sternwarte »Bruno H. Bürgel« in Sohland liegt am Startpunkt eines Planetenwegs. Solche Wege gibt es viele in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Dabei wird das Sonnensystem in einem kleineren Maßstab nachgebaut. Der Planetenweg in Sohland hat einen Maßstab von 1:1,4 Milliarden. 1,4 Milliarden Kilometer im All sind also ein Kilometer auf dem Planetenweg. Die Sonne mit einem Durchmesser von 1,4 Millionen Kilometern ist also nur noch einen Meter groß, die Erde ist nur noch eine kleine Murmel von 9mm (siehe Kasten). Der gesamte Weg bis zum Zwergplaneten Pluto sind etwas mehr als vier Kilometer, das kann man in etwa einer Stunde ablaufen.

Planeten-Schatzjagd

Der Planetenweg, der im Jahr 2000 fertig wurde, ist bei den Geocachern beliebt. Bei diesem Hobby geht es darum, ganz bestimmte Stellen im Gelände zu finden. Dabei lässt man sich von den geographischen Koordinaten dieses Ortes leiten – es gibt also nur die Zahlen von geographischer Länge und geographischer Breite als Aufsuch-Beschreibung. Diese Zahlen kann man in ein GPS-Gerät eingeben und sich genau zu der Stelle führen lassen. An der Stelle ist ein kleiner »Schatz« versteckt, der meistens ein paar Dinge wie Spielzeugfiguren, Stifte oder so enthält. Es geht aber eigentlich gar nicht um den Schatz, sondern um die Suche danach – Geocacher finden es spannend, die richtige Stelle nur mit den Koordinaten zu finden. Die Zahlen findet man im Internet, und auch wenn man ein Cache gefunden hat, schreibt man das auf bestimmte Geocaching-Seiten im Internet.

Ein aktiver Geocacher aus der Region um Sohland fand den Planetenweg so cool, dass er gleich einen »Multicache« angelegt hat. Dabei geht es nicht nur um ein einzelnes Versteck, sondern eine ganze Gruppe von Schätzen, die man nur findet, wenn man ein Rätsel löst. Beim Planetenweg geht es natürlich um ein astronomisches Rätsel zu unserem Sonnensystem!

Aufbruch in die Galaxis!

Die »Young Stars« hatten die Idee, am Planetenwanderweg ein eigenes Geocaching-Rätsel zu verstecken. Das Sonnensystem ist uns aber nicht genug, wir wollten es ein bisschen größer machen und haben uns für die Milchstraße entschieden! Der Planetenwanderweg wird so zum Milchstraßen-Wanderweg!

Die Idee dabei ist, dass die Sonne des Planetenweges, die an der Sternwarte steht, auch die Sonne in der Milchstraße ist – nur noch viel kleiner! Um

die Sternwarte herum liegen dann die Strukturen der Milchstraße, zum Beispiel die einzelnen Spiralarme. Damit es spannender wird, haben wir auch Aussichtspunkte einbezogen. Der Weg geht zudem über die Grenze nach Tschechien.

Wir haben die Planung damit begonnen, dass wir ein Bild der Milchstraße, wie sie von außen wohl aussehen würde, über eine Landkarte mit der Umgebung von Sohland gelegt haben. Diese Karte haben wir kopiert und jeder hat eine erhalten. Außerdem erhielten alle in der Gruppe ein GPS-Gerät. Dann ging die Suche nach markanten Wegpunkten auf der Karte los, schnell wurden wir uns über die interessanten Stellen einig, anschließend wurden bereits am gleichen Abend die ersten Wegpunkte zu Fuß im Orion-Arm sowie im Perseus-Arm aufgenommen. Für die entfernteren Regionen der Milchstraße (Scutum-Centaurus-Arm bzw. Outer Arm) werden wir das Fahrrad nutzen, damit kann die Aufnahme der Wegpunkte zügiger voranschreiten.

Selbst machen!

Wir planen, diesen Multicache noch in diesem Jahr fertigzustellen und im Internet zu veröffentlichen. Wir sind dann natürlich auf die Meinung der Geocacher gespannt!

Wenn ihr in der Nähe eures Wohnortes einen Planetenweg habt, dann könnt ihr dort auch ein astronomisches Geocaching-Rätsel anlegen. Wer es löst, hat nicht nur einen Schatz gefunden, sondern auch das Sonnensystem oder wie in unserem Fall die Milchstraße selbst erwandert!

► Dirk Irrgang



D. Irrgang

▲ Abb. 3: Mit dem GPS-Gerät bestimmen wir die Koordinaten an den Stellen, wo unser Rätsel stattfindet.

► SURFTIPPS

- Geocache Planetenweg
- Sternwarte Sohland Jugendprojekt

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4083

🔍 IM DETAIL

Wie funktioniert ein Planetenweg?

Ein Planetenweg ist ein verkleinertes Modell des Sonnensystems. Wie groß es ist, hängt vom Maßstab ab. Der Maßstab ist die Zahl, durch die man die eigentlichen Größen und Entfernungen teilen muss, damit man das richtige Ergebnis erhält.

Das kann man an einem Beispiel erklären: Die Sonne hat in Wirklichkeit einen Durchmesser von 1,4 Millionen Kilometern, also 1.400.000km. Weil ein Kilometer 1000 Meter sind, sind das auch 1.400.000.000m oder 1,4 Milliarden Meter.

Nimmt man den Maßstab von 1:1,4 Milliarden, dann muss man die 1,4 Milliarden Meter durch 1,4 Milliarden teilen. Heraus kommt natürlich: genau eins. Die Sonne im Modell muss also einen Meter groß sein.

Die Planeten sind winzig im Vergleich zur Sonne. Das erkennt man in einem solchen Planetenweg-Modell sehr gut! Mit demselben Maßstab sind die Planeten nur noch kleine Kügelchen:

- Durchmesser von Jupiter, dem größten Planeten: 142.000 Kilometer in Wirklichkeit -> 10 Zentimeter im Modell
 - Durchmesser der Erde: 12.000 Kilometer in Wirklichkeit -> 9 Millimeter im Modell
 - Durchmesser von Merkur, dem kleinsten Planeten: 4900 Kilometer in Wirklichkeit -> 3,5 Millimeter im Modell
- Auf diese Weise lassen sich auch die Entfernungen im Sonnensystem ausrechnen:
- **Sonne-Erde:** 150 Millionen Kilometer in Wirklichkeit -> 107 Meter im Modell
 - **Sonne-Saturn:** 1,4 Milliarden Kilometer in Wirklichkeit -> 1 Kilometer im Modell
 - **Sonne-Pluto:** 5,9 Milliarden Kilometer in Wirklichkeit -> 4,2 Kilometer im Modell. So lange muss man also am Planetenweg laufen, bis man alle Planeten abgewandert hat. Pluto ist aber inzwischen gar kein Planet mehr!

► Abb. 1: Einzelaufnahme aus dem Originalvideo vom Jupiterereinschlag. Gerry Kernbauer



ZIELSCHEIBE JUPITER

Sternfreunde entdecken und diskutieren Einschlag auf dem Riesenplaneten

22 Jahre ist es her, seit der Komet Shoemaker-Levy 9 (D/1993 F2) erst aufgrund der gravitativen Kräfte des größten Planeten des Sonnensystems zerbrach und dann auf ihn stürzte. Er wurde am 24. März 1993 mit dem 46cm-Schmidt-Teleskop am Mt. Palomar-Observatory entdeckt und fiel in mehreren Teilen zwischen dem 16. und dem 22. Juli 1994 in die Atmosphäre des Jupiters.

Entdeckung auf Video

Die Einschläge in die Jupiteratmosphäre wurde damals nur von Profis beobachtet, heute gelingt dies auch gut ausgerüsteten Sternfreunden. Schon zum vierten Mal haben Amateurastronomen in der Nacht vom 16. auf den 17. März 2016 den Einschlag eines Himmelskörpers in die Atmosphäre des Gasriesen dokumentiert. Der zeitlich gesehen erste, der das Ereignis in einem eigenen Video entdeckte, war Gerrit Kernbauer aus Österreich – der erste, der es international publizierte, war hingegen John McKeon aus Irland, der das Video sogleich bei Youtube einstellte und es damit weltweit bekannt machte. Gegenüber dem Video korrigierte Kernbauer später die genaue Einschlagzeit auf 1:18:33 MEZ am Morgen des 17. März 2016.

Ein Einschlag wird untersucht

Das entsprechende Posting im Astrotreff löste sofort Begeisterung aus und wurde sogleich analysiert. So fand man heraus, dass der Asteroid am südlichen Rand des Nördlichen Äquatorbandes bei einer Länge von 122,5° im Rotationssystem I in die Planetenatmosphäre eintauchte und dabei kurz aufleuchtete. Die Position wurde zwar als relativ ungenau eingestuft, doch berechnete man die ungefähre Position eines möglichen dunklen Flecks in der Atmosphäre, der sich aufgrund der schnellen Rotation des Jupiter binnen Stunden zeigen sollte, auf 276° jovigraphischer Länge im System II.

Da die Wetterlage in der fraglichen Nacht recht gut war, wurde bald spekuliert, dass der Einschlag auch von weiteren Amateuren aufgenommen worden sein müsste. Und tatsächlich: So meldete sich ein Fachastronom bei einem der Astrotreff-Mitglieder, bestätigte ganz offiziell diesen vierten Impakt, der von der Erde aus beobachtet wurde, und gab an, dass der Himmelskörper einen Durchmesser von etwa 10 bis 20 Metern hatte. Gleichzeitig wurde bezweifelt, ob sich jemals eine auffällige Erscheinung in der Jupiter-Atmosphäre zeigen würde, denn es war in den Folgetagen an den

infrage kommenden Stellen und auch anderswo nichts zu sehen.

Die Zeit muss stimmen

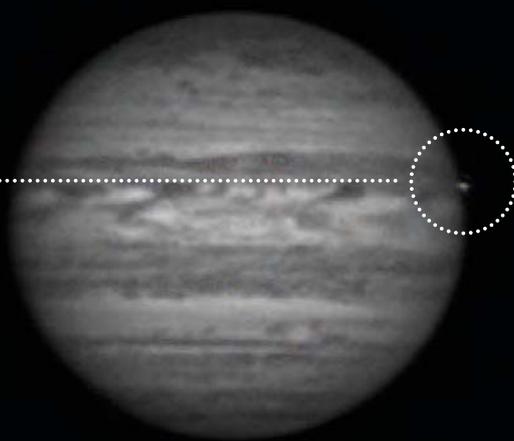
Neben der Tatsache, dass man überhaupt aus eigenen Videos solche Impakte auf Planetenoberflächen herausarbeiten kann, ging es auch um die Frage des »Wie«, etwa zum Aufnehmen mit Firecapture und der anschließenden Schnellauswertung mit der Jovian Impacts Detection Software (JID). Wesentlich dabei ist, vor Beginn der Aufnahmen die Rechneruhr zu kontrollieren und – falls nötig – zu kalibrieren, um bei besonderen Ereignissen die genaue Zeit aus den Videos bestimmen zu können. Bei weiterer Bildbearbeitung, die auch an die technischen Grenzen ging, gelang es sogar, aus dem Video von John McKeon Details auf der Oberfläche von Ganymed herauszuarbeiten.

► SURFTIPPS

- Diskussion zum Jupiter-Impakt
- Jupiter-Video von Gerrit Kernbauer
- Astrotreff-Forum Kontakte und Treffen

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4084

►Abb. 2: Der Einschlag auf dem Jupiter - genau am Rand - extrahiert aus dem Video von John McKeon und stark bearbeitet. Marc Delcroix



►Abb. 3: Auch das 4. Bergedorfer Teleskoptreffen wurde in den Foren von Astrotreff diskutiert.



M. Holl

Frühlingszeit ist Teleskoptreffenzeit

Kaum ist das Frühjahr angebrochen, sind die Wochenenden rund um Neumond mit Teleskoptreffen ausgebucht und natürlich wird darüber auch in den Foren diskutiert und informiert. Diese ursprünglich aus den USA stammende Tradition hat sich mittlerweile auch bei uns etabliert und so treffen sich viele Sternfreundinnen und Sternfreunde zweimal jährlich – einmal im Frühjahr und einmal im Herbst – an abseits gelegenen Orten, um gemeinsam unter einem dunklen Himmel zu beobachten und zu fotografieren.

Neben dem geselligen Beisammensein unterm Sternhimmel kommen dabei der Gedankenaustausch, das Kennenlernen anderer Beobachtungs- oder Fototechniken und die astronomische Fortbildung nicht zu kurz. Man hat auf den Treffen die Chance, einmal durch (große) Optiken zu schauen und manch einer

lernt hier auch Objekte am Himmel zu finden, die er sich nicht aufzusuchen getraut hat.

Viele regionale Treffen

Das nach wie vor bekannteste Treffen ist das ITV, das »Internationale Teleskoptreffen Vogelsberg« am Gederner See. Daneben gibt es mittlerweile eine stattliche Zahl kleinerer, regionaler Treffen wie den »Frühjahrestreff in Neu-Göhren«, von dem es im Astrotreff eine schöne Bilderstrecke gibt. Das 4. »Bergedorfer Teleskoptreffen« fand anlässlich der »Langen Nacht der Museen« in Hamburg auf dem Gelände der altherwürdigen Hamburger Sternwarte statt. Zeitgleich dazu wurde das »Aschberg Frühjahrs-Teleskoptreffen« im nördlichen Schleswig-Holstein veranstaltet.

Doch nicht nur im Norden traf man sich. In der Südpfalz gab es in diesem Jahr zum 10. Mal

die »Taubensuhler Astronomischen Nächte«, und für das »Herzberger Teleskoptreffen« im September gibt es im Astrotreff bereits erste Absprachen für Beobachtungen unter einem wirklich dunklen Himmel, der in Deutschland leider sehr rar geworden ist.

►Manfred Holl

⇌ 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.

Ares für Bares

Wer benennt den Himmel?

Szene

▲ Abb. 1: Ferne Welt – noch namenlos?

Ob Sterne, Planetoiden, Exoplaneten oder Krater – Objekte, die im Weltall entdeckt werden, erhalten einen Namen oder wenigstens eine eindeutige Katalognummer. Dafür gibt es international anerkannte Regeln. Doch sind die noch zeitgemäß? Werden sie zunehmend unterlaufen? Droht bei der kosmischen Namensfindung eine Mischung aus Ausverkauf und Faustrecht?

Wenn sich Wissenschaftler über ein Forschungsobjekt unterhalten, müssen sie sich sicher sein können, dass sie dasselbe meinen, egal ob es sich um eine Galaxie handelt oder eine Sorte Fußpilz. Daher hat jede Fachrichtung eine eigene Nomenklatur, die im Interesse von Chaosvermeidung verbindlich sein sollte.

In der Astronomie war das immer schon kompliziert. Jede Kultur hat eigene Namen für Sternbilder und Planeten hervorgebracht, da musste man sich irgendwann einigen. Die Internationale Astronomische Union (IAU) als oberste Namensbehörde tat das in Grundzügen im Jahr 1922 auf einer Versammlung in Rom. Was die Sternbilder und Planeten betrifft, so war diese Festlegung der antiken und westlichen Tradition verbunden.

Ist die IAU mit ihrem Latein am Ende?

Heute lässt die IAU am Himmel kulturelle Vielfalt walten. Da wurde aus der Not eine Tugend, denn so gut der Olymp auch bevölkert sein mag: Irgendwann gehen einem doch die griechischen und römischen Götternamen aus. Längst weiten Arbeitsgruppen der IAU ihre Namenssuche auf alle Bereiche der Mythologie, Geografie, Kultur und Wissenschaft aus, auch wenn Gebirge immer noch Montes und Täler Valles heißen.

Die IAU agiert nicht losgelöst von der astronomischen Gemeinschaft. Entdecker sind bei der Namensfindung nicht ausgeschlossen. Erstbeobachter können bei Kometen ihren Namen am Himmel verewigen und haben bei Asteroiden Vorschlagsrecht. Muss die Namensfindung demokratischer werden? Angesichts der Flut neuentdeckter Exoplaneten trat die IAU die Flucht nach vorne an und lud die Öffentlichkeit zur Abstimmung. Ideen für Namen sind willkommen, doch ein Anspruch auf deren Umsetzung ist weder einkauf- noch einklagbar. Oder überlässt man die Angelegenheit dem freien Markt?

Inflation der Namen

Es gibt am Himmel nur einen Sirius, aber er verfügt über mehr als ein Dutzend Alias-Bezeichnungen in offiziellen Katalogen. Was spricht dagegen, ihn gegen Gebühr zusätzlich Kevin-Noël zu nennen? Es ist nicht verboten,

dem Anbieter einer privat geführten Sternliste Geld dafür zu geben. Doch sollte der Erwerber damit rechnen, dass sich dieser Name, vorsichtig gesagt, international nicht so recht durchsetzen wird.

Eine Grauzone betritt momentan die Organisation Uwingu, in der nach eigener Aussage »Astronomen, Planetenwissenschaftler und ehemalige NASA-Mitarbeiter« arbeiten. Hier wird die Öffentlichkeit aufgefordert, z.B. bei der Benennung von Marskratern zu helfen, »so wie es die Marsrover-Fahrer seit Jahren machen«. Abgesehen davon, dass auch deren Vorgehen umstritten ist (man denke an die Chuzpe, mit der die NASA den längst aktenkundigen Aeolis Mons notorisch als »Mount Sharp« bezeichnet), muss für diese »Hilfe« bezahlt werden. Da gibt es dann z.B. »Zertifikate« als »großartige Idee zum Muttertag«, die mit knapp 40 US-Dollar zu berappen sind. Ares gegen Bares! Gewiss – das eingenommene Geld soll für Forschung und Lehre eingesetzt werden. Aber ob diese Namen auf allen künftigen Marskarten verbindlich sein werden, steht doch sehr in den Sternen. Braucht überhaupt noch der kleinste Marskrater und letzte Exoplanet einen Eigennamen? Wie auch immer: Einigt euch! ▶ Paul Hombach

👉 SURFTIPPS

- Namensregeln der IAU
- Uwingu

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a4086

IAU/UC Calçada

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

Vor 100 Ausgaben: interstellarum 4

Der Starhopper - The Age of Aquarius

Mehr als zwanzig Jahre ist die Ausgabe 4 von interstellarum nun her. Besonders stolz war ich, weil eine Deep-Sky-Aufnahme von mir auf dem Cover abgebildet war. Ansonsten war die Rubrik »Der Starhopper« meine Aufgabe im Heft. Ziel war es, den Lesern ansprechende Himmelstouren zu präsentieren, die man leicht nachbeobachten konnte. Für die Ausgabe 4 wurde das Sternbild Wassermann ausgewählt. Ich erinnere mich gut, es war eine besonders schöne Tour, da sie einfach und übersichtlich war, und bei einem Lieblingsobjekt, dem Saturnnebel NGC 7009, endete.

Die Vorbereitungen gestalteten sich immer sehr aufwändig, fast alle Objekte, Aufsuchwege und Tipps & Tricks habe ich vorher am Teleskop ausprobiert. Darüber hinaus war das Verfassen der Artikel immer harte Arbeit für mich, da mir das Schreiben noch nie leicht von der Hand ging.

Höhepunkt meiner Tätigkeit war mit dem Buch »Der Starhopper« erreicht, das 2008 im Oculum-Verlag erschienen ist. Dort habe ich die schönsten Touren und viel neues Material verarbeitet.

Als die Familie größer wurde, musste ich die regelmäßige Arbeit an der Zeitschrift aufgeben, obwohl mir die Weitergabe an praktischem Astrowissen auch heute immer noch genauso viel Spaß macht. Stehen klare Nächte an, dann zieht es mich nach draußen zum Beobachten. Bei mir ist die visuelle Beobachtung jedoch in den Hintergrund gedrängt worden, was ein allgemeiner Trend in der Szene ist. Früher wurden Objekte für das Beobachtungsbuch gesammelt, heute werden mit Kameras Daten gesammelt.

Ich sehe aber eine Renaissance für die visuelle Deep-Sky-Beobachtung, denn der Trend zur vollständig automatisierten Astrofotografie ist ungebrochen, und da bleibt viel Zeit, die man sich mit Starhopping-Touren vertreiben kann. Das Okular ist kein Auslaufmodell.

► Thomas Jäger



T. Jäger

▲ Abb. 1: Der Starhopper Thomas Jäger ist heute vor allem astrofotografisch unterwegs.



▲ Abb. 2: Ausschnitt aus dem Originalartikel in interstellarum 4.

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

»SCHÖNWETTERKATASTROPHE« auf dem Vogelsberg

Szene

B. Nagorsen

▲ Abb. 1: Der 30-Zöller von Raffael Benner ist am ITV ein traditioneller Publikumsmagnet.

Das Internationale Teleskoptreffen Vogelsberg 2016 in Gedern

Das verlängerte Wochenende um Christi Himmelfahrt ist der traditionelle Termin für das »Internationale Teleskoptreffen Vogelsberg«. Kalendarisch bedingt findet es immer rund um Neumond statt. Dieses Mal wurden die Teilnehmer zudem mit Traumwetter verwöhnt und es kam zur sprichwörtlichen »Schönwetterkatastrophe«. Da jede Nacht klar war, hat so mancher am Platz immer bis in den Morgen hinein beobachtet. Das führte zu wenig Schlaf und zunehmender Übermüdung.

Jede Nacht »durchgemacht«

Bei mir war das nicht anders, zumal die Morgensonne das Zelt schnell in einen Backofen verwandelte und ich dann draußen – im Schatten des Autos und mit Ohrstöpseln – auch nicht mehr allzu viel zusätzlichen Schlaf ergattern konnte. So ist das eben bei den leidenschaftlichen Beobachtern: Man »muss« nicht beobachten, aber wenn es schon so klar ist, hört man damit auch nicht gerne wie-

der auf. Insgeheim wünschte sich mancher da auch mal ein paar Wolken, die einem die Entscheidung abnehmen. Das ist mir – bei anderer Gelegenheit – auch schon so gegangen.

Bis Samstagnachmittag wurden 480 Besucher gezählt, darunter viele Stammgäste, die fast jedes Jahr am ITV mit dabei sind. Hier kann man alte Freunde treffen, die man sonst nicht sieht, oder ganz allgemein den Austausch mit Gleichgesinnten suchen. Auf dem Treffen finden sich aber für Erstbesucher viele sehr nette Leute mit großen Fernrohren, die den vorbeikommenden Interessierten nachts gerne schöne Objekte im Fernrohr zeigen.

Schlange stehen am großen Fernrohr

Ich bin da auch oft unterwegs, um bei alten Freunden zu beobachten. Bisweilen bilden sich größere Schlangen und während des Wartens ergeben sich dann schnell nette Gespräche. Im Fernrohr werden bevorzugt die bekannten Standardobjekte

eingestellt: Die sind nun mal besonders spektakulär. So ist sichergestellt, dass dem ganz unterschiedlichen Publikum auch etwas geboten werden kann. Mit fortschreitender Nacht bleiben dann eher die »Hardcore-Beobachter« übrig. Dann werden auch vermehrt wieder speziellere Objekte eingestellt.

Ein besonderer Höhepunkt war wie immer die Prämierung der Selbstbauteleskope am Samstag, die von Preisrichter Uli Zehndbauer gewohnt launig moderiert wurde. Unter den ausgezeichneten Geräten befanden sich eine ungewöhnliche Montierung für ein Binofernrohr, zwei Doppelrefraktoren mit teils aufwändigem Umlenkensystem sowie zwei Schiefspiegler – einer aus Carbon und einer aus einer Dachrinne konstruiert. Und zudem noch ein origineller Helm mit integriertem Feldstecher, der es erlaubt, bei der Beobachtung die Hände frei zu haben.

Mein Fazit ist eindeutig: ein in jeder Hinsicht gelungenes Treffen, bei dem wir reichlich vom Wetter verwöhnt wurden!

► Ben Nagorsen

B. Nagorsen



◀ Abb. 2: Mit zwei Freunden beim gemütlichen »Übertagen«. Wir hatten zwei Dobson-Fernrohre mit zehn (links) und zwölf Zoll Öffnung (rechts) mit dabei.

Astronomie vor Ort

Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten

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

Bayern

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

Öffentliche Führung
ab 16.7. jeden Freitag ab 21 Uhr

Schweiz

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

Sternwarte jeden Mittwoch
ab 19 Uhr geöffnet,

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

10.8. 19:00 Uhr: Themenabend
Perseiden
16.9. 19:00 Uhr: Halbschatten-
Mondfinsternis
22.10. : Jubiläum 40 Jahre
Sternwarte Kreuzlingen

Nordrhein-Westfalen

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

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

29.7. 23:00 Uhr: Sternenwanderung
30.7. 23:00 Uhr: Sternenwanderung

Österreich

Astronomischer Arbeits-
kreis Salzkammergut /
Sternwarte Gahberg
Adresse: Sachsenstraße 2,
A-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

Freitag, 12. und Samstag,
13. August 2016 - jeweils ab
21.00 Uhr - Sternschnuppennächte
auf der Sternwarte Gahberg

WERDEN SIE PARTNER-STERNWARTE!

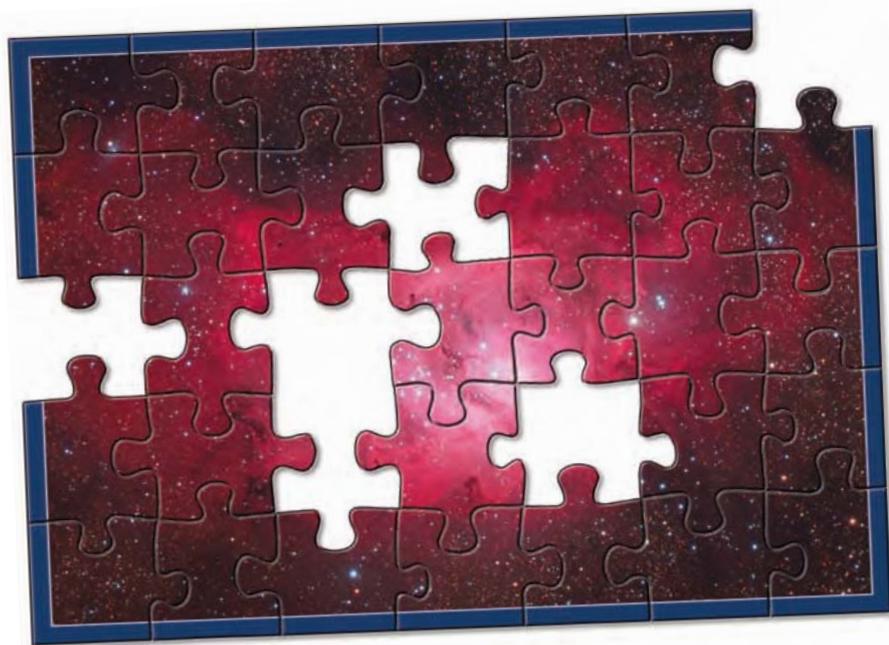
**Partner-Sternwarten von Abenteuer
Astronomie profitieren mehrfach:**

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

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

Astro-Bilderrätsel: Raten und gewinnen!

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



GEWINNER

Die Gewinner des Astro-Puzzles in Abenteuer Astronomie 3 sind:

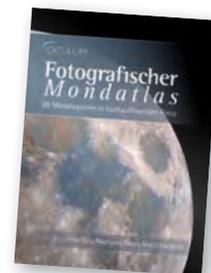
- Rolf Münch, Alteglofsheim
- Kathrin Merettig, Haar
- Felix Gelpke, Hildesheim

Alle Gewinner erhalten je ein Exemplar des Buches »Handbuch Astrofotografie«

Unter Ausschluss des Rechtswegs verlosen wir diesmal jeweils drei Mal zwei Bücher über den Mond: den »Fotografischen Mondatlas« und den »Reiseatlas Mond«. Der »Fotografische Mondatlas« ist ein einzigartiges Werk für visuelle und fotografische Mondbeobachter und sucht in Detailliertheit und Vollständigkeit seinesgleichen. Dazu gibt es den neuartigen »Reiseatlas Mond« für Mondbeobachter.

Fotografischer Mondatlas

Alan Chu, Wolfgang Paech, Mario Weigand, 192 Seiten, Hardcover, 34cm x 25 cm, durchgehend farbig



Reiseatlas Mond

Ronald Stoyan, Hans-Georg Purucker, 80 Seiten, wasserabweisende Oberfläche, Spiralbindung, 30cm x 21cm, durchgehend farbig

Bitte teilen Sie uns Ihre Lösung sowie Ihren Namen und Ihre Anschrift bis zum 5.8.2016 via Facebook-Nachricht, per E-Mail an: gewinnspiel@abenteuer-astronomie.de oder auf dem Postweg (Oculum-Verlag GmbH, Obere Karlstr. 29, 91054 Erlangen), Betreff »Astro-Puzzle«, mit und gewinnen Sie mit etwas Glück die beiden Bücher.

Auflösung aus Heft 3:

In einer Entfernung von 7000 Lichtjahren befindet sich der Offene Sternhaufen Messier 16. Er entstand aus der umliegenden Gas- und Staubwolke, die auch als »Adlernebel« bekannt ist. Im Inneren der Gaswolke befinden sich die »Säulen der Schöpfung«, welche mehrere Lichtjahre groß sind und an deren Spitzen weitere neue Sterne entstehen.

► Steffen Behnke

Buch: 101 Himmelsobjekte, die man gesehen haben muss

Für weniger erfahrene Beobachter ist eine falsche Erwartungshaltung der Frustfaktor schlechthin. Knallbunte Aufnahmen von Deep-Sky-Objekten erwecken den Anschein, der Nachthimmel sei visuell ein einziger Farbenrausch. Robin Scagell geht da auf Nummer sicher. In »101 Himmelsobjekte, die man gesehen haben muss« pflegt er zu jedem Objekt die Rubrik »Was zu sehen ist«. Im Fall des Cirrusnebels lautet seine Einschätzung ungeschminkt: Wahrscheinlich gar nichts! – zumindest beim ersten Versuch und ohne [OIII]-Filter, dessen Vorzüge der Autor bei dieser Gelegenheit einsteigerfreundlich erläutert.

IM DETAIL

Robin Scagell: 101 Himmelsobjekte, die man gesehen haben muss, Franck-Kosmos-Verlag, 2016, ISBN 978-3-440-15044-3, 19,99 €

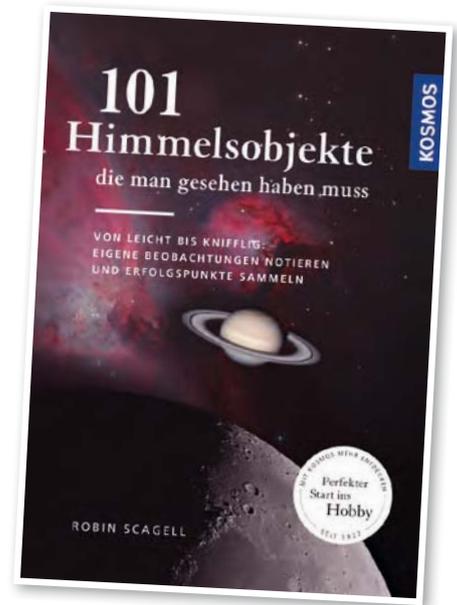
Nicht nur für junge Beobachter

Das Buch ist laut Scagell auf junge Beobachter zugeschnitten, doch kommen auch ältere Sternfreunde auf ihre Kosten. Immerhin decken die 101 Objekte ein breites Spektrum ab: von atmosphärischen Phänomenen über Mondformationen bis zu Deep-Sky-Perlen. Das Buch ist nach Jahreszeiten gegliedert. Die Objekte werden meist auf einer oder zwei Seiten vorgestellt. Kernelemente sind neben Bildern und Aufsichtskärtchen jeweils eine kurze Aufsuchanleitung und die Beschreibung dessen, was tatsächlich zu sehen ist. Bei Sternbildern wird zudem über die zugehörigen Sagen und Legenden informiert.

Fakten wie Entfernungen, Größenklassen oder Flächenausdehnung finden sich in kleinen Tabellen, Hintergrundwissen in Infokästen. Eine mehrseitige Einleitung vermittelt Grundkenntnisse in der Himmelsmechanik und Beobachtungstechnik. Wie ein roter Faden zieht sich als Beobachtungsanreiz ein Punktesystem durch das Buch. Für

einen erfolgreich gesichteten Cirrusnebel gibt es zum Beispiel zehn Punkte, für Neptun immerhin fünf, und auch mit einem erspähten Vollmond lässt sich noch ein Punkt ergattern.

► Stefan Zaruba



iOS-App: ISS Finder – Mobile Pass Prediction

Neben zahlreichen unbemannten Satelliten im Orbit weckt die Internationale Raumstation ISS das Interesse vieler Amateurastronomen. Nicht nur weil es spannend ist, die Station am Himmel zu entdecken, sondern auch weil es faszinierend ist zu wissen, dass sich auf der ISS Menschen in der Umlaufbahn befinden, die eventuell auch gerade zur Erde hinuntersehen, wenn wir zur ISS am Himmel hinaufschauen.

Die ISS am Himmel entdecken

Die für iPhone und iPad erhältliche App »ISS Finder – Mobile Pass Prediction« zeigt auf einer Karte nicht nur die aktuelle Position der ISS, sondern auch die Flugroute für die kommende Erdumrundung an. Auch die kommenden beobachtbaren Überflüge der jeweils nächsten zehn Tage werden aufgeführt. Die Bedingungen der Sichtbarkeit werden dabei direkt durch ein farbiges System veranschaulicht, so dass der Nutzer auf einen Blick erkennen kann, welcher Überflug die besten Beobachtungsbedingungen bietet.

Die Himmelsrichtung, in der die ISS auftauchen wird, lässt sich ebenso ablesen wie die Höhe der Flugroute über dem Horizont; eine grafische Visualisierung hilft beim Aufsuchen der Station am Nachthimmel.

Die Möglichkeit, sich durch Alarme an Überflüge erinnern zu lassen, hilft dabei den Überflug nicht zu verpassen. Diese Informationen können auch auf der Apple Watch angezeigt werden. Zudem informiert die App über die aktuelle Besatzung der ISS, so dass man stets weiß, wer nun gerade an Bord der Raumstation ist und von dort aus vielleicht gerade herunterschaut.

► Ullrich Dittler

IM DETAIL

iOS-App: ISS Finder Mobile Pass Prediction, 28 MB, Version 3,5, iOS 8.0 oder höher, kostenlos





MARKTPLATZ

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

Nimax: Omegon Smartphone-Halter: So wird das Handy zum Sucher

Über Jahre suchte man Himmelsobjekte ausschließlich mit Sternkarten und optischen- oder Leuchtpunktsuchern auf. Die Marke Omegon bietet nun eine moderne Ergänzung: Den Omegon Smartphone-Halter. Mit einer beliebigen Planetariums-Software wird damit das Handy zur modernen Navigation für den Himmel.

Ein Smartphone ist ein moderner Alleskönner. Apps, die interaktiv den richtigen Ausschnitt des Himmels anzeigen, gibt es massenweise. Genau hier setzt der Omegon Smartphone-Halter an. Er ermöglicht eine feste Montage des Mobiltelefons an einem Teleskop. Die Halterung für das Smartphone steckt man statt des Suchers in den Sucherschuh. Bewegt der Beobachter das Te-

leskop in eine gewünschte Region, erkennt er die Sternbilder und Objekte auf dem Bildschirm des Smartphones.

Damit wird das Handy zu einem Hybrid zwischen Sucherfernrohr und klassischer Sternenkarte. Der Vorteil: Interessante Objekte in der Region muss man nicht erst suchen, man erfasst sie direkt auf dem Bildschirm.

Über ein zweites Sucherfernrohr kann der Beobachter das Objekt anschließend genau einstellen. Daher empfiehlt Omegon den Halter mit dem Omegon Trifinder zu kombinieren, auf den bis zu drei Sucherfernrohre gleichzeitig passen. Der Omegon Smartphone-Halter besteht ausschließlich aus Aluminium. Das bedeutet: Der digitale Kompass ar-

beitet störungsfrei bis zu einer Teleskopgröße von 8". Auch Einsteigern gelingt damit das Aufsuchen schnell und einfach. Der Omegon Smartphone-Halter ist über Astroshop.de erhältlich.





LESERBRIEFE

Leserbriefe zu Abenteuer Astronomie 2



Was sind Gravitationswellen?

Ich hätte gerne gewusst, was passiert wäre, hätte es die von Ihnen angesprochene Kollision zweier Schwarzer Löcher, die zur Entdeckung der Gravitationswellen geführt hat, in unserer Galaxis gegeben.

Hier musste es doch auch zu einem gewaltigen Ausstoß an Gammastrahlung gekommen sein, die möglicherweise jegliches Leben in weitem Umkreis - wenn nicht gar in der gesamten betreffenden Galaxie vernichtet hätte!

Peter Reinhard

Für das gemessene Gravitationswellen-Ereignis GW150914 wird aufgrund der Vergleiche mit den Supercomputer-Simulationen von Theoretikern favorisiert, dass es von zwei verschmelzenden Schwarzen Löchern mit jeweils rund 30 Sonnenmassen emittiert wurde. Dabei muss es nicht notwendig auch zur Abgabe elektromagnetischer Strahlung kommen. Diese entsteht ja nur, wenn elektrische Ladungen beschleunigt werden. War die Umgebung der Schwarzen Löcher jedoch vollkommen materiefrei, so wird keine elektromagnetische Strahlung frei.

Kurz nach Entdeckung des Gravitationswellensignals im September benachrichtigten die LIGO-Forscher einige Kollegen aus der Astronomie, die nach einem elektromagnetischen Gegenstück fahnden sollten. Dabei war natürlich Stillschweigen angesagt, um die Gerüchteküche nicht überkochen zu lassen. Dadurch dass beide LIGO-Detektoren in Livingston und Hanford das Signal »hörten«, konnte die Richtung am Himmel eingegrenzt werden. Das Signal kam grob gesagt aus der Richtung der Großen Magellanschen Wolke (170.000 Lichtjahre entfernt), aber viel, viel weiter dahinter - fast einen Faktor 8000 weiter weg. Seither suchten 25 Astronomie-Teams nach einem elektromagnetischen Gegenstück. Hierbei waren auch Wissenschaftler unseres Exzellenzclusters Universe in München beteiligt, die mit dem Teleskop des Dark Energy Survey (DES) in Chile Ausschau hielten. Sie fanden nichts.

Aber wie auch in den Medien berichtet wurde, hatte der Gammastrahlen-Satellit Fermi der NASA etwas gefunden. Aus der Richtung von GW150914 kam ein kurzer, schwacher Röntgenblitz mit einer Energie etwas über 50 keV, der etwa eine halbe Sekunde dauerte. Derzeit wird kontrovers diskutiert, ob das tatsächlich mit dem Gravitationswellenereignis assoziiert war.

Falls die beiden verschmelzenden Schwarzen Löcher Gasflüsse in ihrer Umgebung hatten, dann hätten Sie Recht, und es wäre ein Strahlungsausbruch im Bereich der Gammastrahlung zu erwarten - ähnlich wie bei den Gamma-Ray-Bursts. Typischerweise sind diese Ausbrüche stark gerichtet (anisotrop) und daher kann man nicht von einer flächendeckenden Auslöschung von Leben in der ganzen Milchstraße, hätte es sich in unserer Heimatgalaxie ereignet, ausgehen. Zudem sind diese Ausbrüche kurz und nur der Teil unserer Erde, der ihm räumlich zugewandt wäre, wäre in Gefahr.

Je nach Szenario und Entfernung hätte dieser Gamma-Ausbruch zumindest die in dem Augenblick der Quelle zugewandte Erdseite »gegrillt«. Fakt ist jedoch: Bislang sind sich die Wissenschaftler nicht sicher, ob es ein elektromagnetisches Pendant gab.

Andreas Müller

Fotomaschine für Deep-Sky-Freaks

Zum Testbericht für den TS 100Q habe ich noch eine Ergänzung: Natürlich leuchtet das Gerät den Chip einer 8300er-Kamera gut aus, denn das Gerät wurde ja - wie Michael Deger schon erwähnt hat - für 49mm Bildfeld konstruiert. Aus diesem Grund habe ich den TS 100Q mit meiner FLI 16803 getestet. Die Ecken werden immer noch gut ausgeleuchtet und die Sterne sind auch noch punktförmig. Für den 8300er-Chip gibt es günstigere Geräte, aber wer ein großes Bildfeld will, ist mit dem TS 100Q auf der richtigen Seite.

Jürgen Kemmerer

»Müssen ältere Sternfreunde das Beobachten aufgeben, Herr Pfeiffer?«

Im interessanten Artikel über die Größe von Augenpupillen im Heft 2 von Abenteuer Astronomie wird auch der Zusammenhang von Austrittspupille eines Teleskops (AP) und Pupillendurchmesser des Auges (PD) diskutiert und dem Beobachter AP = PD empfohlen.

Klar ist, dass man Licht verliert, wenn $AP > PD$. Der andere Fall, $AP < PD$ ist aber völlig unproblematisch, die gesamte vom Teleskop gelieferte Lichtmenge wird von der Augenlinse aufgenommen und auf der Netzhaut fokussiert. Eine Veränderung von PD ändert das Bild auf der Netzhaut nicht, solange $AP < PD$ gilt. Es gibt also keinen Grund, $AP = PD$ zu fordern, man muss lediglich $AP > PD$ vermeiden.

Thomas Hebbeker

Für die Beobachtung ist es durchaus wichtig, dass die Austrittspupille möglichst nah am Wert der maximal geöffneten Augenpupille liegt. Die Flächenhelligkeit von Objekten, z.B. von Nebeln, Galaxien, nimmt mit dem Durchmesser der Austrittspupille des Teleskops zu. Sie erreicht ihren Maximalwert bei der größten erreichbaren Austrittspupille. Wird die Austrittspupille kleiner, sinkt auch die Flächenhelligkeit. Großflächige Nebel lassen sich deshalb am besten beobachten, wenn die Austrittspupille genau dem Wert der eigenen Pupillengröße entspricht.

Ronald Stoyan

Leserbriefe zum Extra Teleskope & Ferngläser



Navi für den Himmel

Zu dem Bericht »Navi für den Himmel« eine Frage: auf Seite 81 sind unter Kataloge im Hauptspeicher etliche Positionen aufgeführt, jedoch vermisste ich den eindeutigen Hinweis auf »Veränderliche Sterne« oder kann unter den Aufzählungen es nicht eindeutig interpretieren. Als Beobachter dieses Zweiges der Astronomie, übrigens auch mit einem 12.5" Dobson nebst 25x100 Bino, interessiert es mich sehr, ob so etwas gespeichert ist.

Dann würde nämlich die zitierte »Star-Hopping Methode« wegfallen und eine große Erleichterung darstellen.

Guenther Krisch

Derzeit hat das Nexus DSC keinen Katalog für veränderliche Sterne, deshalb war im Artikel auch nichts erwähnt. Ich habe dies mit Herrn Antonov der Firma Astro Devices jedoch besprochen und habe folgende Auskunft erhalten: »Nachdem Astro Devices einen Stand bei der NEAF (Northeast Astronomy Forum) in den USA hatte und sowohl dort als auch jetzt von Ihnen aus Deutschland eine Anfrage nach Veränderlichenkatalogen vorliegt, hat sich Astro Devices entschieden, mit einem neuen Katalog-Update sowohl den General Catalogue of Variable Stars als auch den The International Variable Star Index der American Association of Variable Star Observers mit aufzunehmen. Dieses Update wird bis spätestens Mitte Juni auf der Astro Device Website kostenlos zur Verfügung stehen.«

Peter Haberberger



Termine für Sternfreunde

August/September 2016

Mecklenburger Teleskoptreffen

11.-14.08.2016
D-18276 Lohmen

H-alpha Treff für Sonnenbeobachter

13.08.2016
D-65428 Rüsselsheim

3. Lange Nacht der Astronomie

13.08.2016
D-12101 Berlin

City-Star-Party

13.08.2016
D-70188 Stuttgart

15. Astronomietage Mirasteilas

26.-28.08.2016
CH-7153 Falera

Amateur Teleskoptreffen Burgwald

30.08.-04.09.2016
D-35288 Wohratal-Hertingshausen

Sankt Andreasberger Teleskoptreffen

01.09.-04.09.2016
D-37444 Sankt Andreasberg

Bayerisches Teleskopmeeting

01.09.-04.09.2016
D-85137 Pfünz

28. Starparty auf dem Gurnigelpass

02.09.-04.09.2016
CH-3099 Rüti/Gurnigel

WestHavelländer Astrotreff (WHAT)

02.09.-04.09.2016
D-14715 Havelaue OT Gülpe

Schleswig Holstein Teleskoptreffen (SHT)

09.09.-11.09.2016
D-24619 Rendswühren

4. Mitwitzer Sternennacht

10.09.2016
D-96268 Mitwitz

Astronomie-Messe AME 2016

10.09.2016
D-78054 Villingen-Schwenningen

Astronomietage Ostfriesland (ATO)

29.09.-03.10.2016
D-26639 Wiesmoor

Herzberger Teleskoptreffen (HTT)

29.09.-02.10.2016
D-04916 Jeßnigk-Schönwalde

Ravensburger Teleskoptreffen (RATT)

30.09.-02.10.2016
D-88263 Horgenzell

Almberg-Treffen Mitterfirmiansreut (ATM)

30.09.-03.10.2016
D-94158 Philippsreut

SURFTIPPS

- Alle Termine mit Links

[Kurzlink: oc1m.de/a4095](https://oc1m.de/a4095)

INTERAKTIV

Planen Sie eine Veranstaltung? Melden Sie uns Ihren Termin möglichst frühzeitig an: redaktion@abenteuer-astronomie.de.

[Kurzlink: oc1m.de/a4095](https://oc1m.de/a4095)

Abenteuer Astronomie 5, im Handel ab 23. September

ESA/ATG medialab



▲ Im Oktober erreicht die ESA-Sonde ExoMars den Roten Planeten. Mit ihr beginnt ein neues Kapitel der europäischen Marsforschung.

S. Krause



▲ Im kommenden Jahr ist in den USA eine totale Sonnenfinsternis zu beobachten. Wir geben Tipps für die Reisevorbereitungen.

CCD-Guide



▲ Die Herbstnächte laden zu Beobachtungen der eindrucksvollen Spiralgalaxie M33 im Sternbild Dreieck ein.

Kontakt

Abo-Service

Neue Abonnements, Adressänderungen, Fragen zum Bezug
aboservice@abenteuer-astronomie.de
 (0049) 0131-200650

Redaktion

Einsendungen, Fragen zu Artikeln, Leserbrief
redaktion@abenteuer-astronomie.de
 (0049) 0131-200650

Anzeigen

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

Facebook

facebook.com/AbenteuerAstronomie

Twitter

twitter.com/abenteuerastro

Impressum

Abenteuer Astronomie
 ISSN 2366-3000

Verlag

Ocolum-Verlag GmbH, Obere Karlstr. 25,
 51055 Erlangen, Deutschland

Geschäftsführung

Ronald Stoyan

Herausgeber

Ronald Stoyan

Chefredaktion

Dr. Stefan Deiters

Redaktion

Daniel Fischer, Paul Hombach, Christian Preuß

Kolumnen

Steffen Behne, Dr. Stefan Deiters, Prof. Ullrich Dittler, Daniel Fischer, Dr. Georg Dittié, Kay Hempel, Manfred Holl, Paul Hombach, Karl-Peter Julius, Burkhard Leitner, Dr. Andreas Müller, Nico Schmidt, Daniel Spitzer, 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, Eduardo Arriola, QUERWILD GmbH, Nadine Distler

Vertrieb

IPS Pressevertrieb GmbH, Meckenheim

Hinweise für Leser

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

Datenquellen: Himmelsalmanach 2016

Koordinaten: äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0

Helligkeiten: sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit

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

Kartenverweise: Deep Sky Reiseatlas (DSRA), interstellarum Deep Sky Atlas (isDSA), Fotogra5scher Mondatlas (FMA)

UNSERE PARTNER & SPONSOREN

Hersteller

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

Händler

Bresser, Rhede
 Teleskop Austria, Linz
 Optical Vision, Kempten

Sternwarten

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

Medien

Astrotreff.de
 CalSky.com
 CCD-Guide

Privatpersonen

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

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

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

Lambert Spix
 Wolfgang Vollmann
 Dr. Mario Weigand