

Titelbild: Der Physiker Stephen Hawking bei einem Besuch am CERN im September 2006. Im Hintergrund die Simulation eines supermassereichen Schwarzen Lochs im Zentrum einer Galaxie (siehe Artikel ab Seite 14).

REDAKTION IM EINSATZ

Live dabei am ESOC

Am nächtlichen Himmel ist der Mars gegenwärtig nur noch am frühen Abend zu sehen. Am 19. Oktober 2016 stand der Rote Planet aber den ganzen Tag im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Der erste Teil der Mission ExoMars der europäischen Weltraumagentur ESA und der russischen Raumfahrtagentur Roscosmos sollte sein Ziel erreichen und in einen Orbit um den Planeten einschwenken bzw. eine Landung versuchen.

Zusammen mit Medienvertretern aus aller Welt war auch Abenteuer Astronomie im europäischen Raumfahrtkontrollzentrum ESOC in Darmstadt dabei, als das ersehnte - und mit viel Applaus bedachte - Signal des Trace Gas Orbiter kam, das anzeigte, dass die ESA nun über eine zweite Sonde im Marsorbit verfügt. Vom Landemodul Schiaparelli aber hörte man nichts mehr.



Auf der ESOC-Bühne stand ein Modell Schiaparellis, das zeigen sollte, wie der Lander auf der Oberfläche aussehen würde, wenn alles so klappt wie geplant. Inzwischen weiß man, dass Schiaparelli vermutlich aus beträchtlicher Höhe auf die Oberfläche gestürzt ist. Da er aber mehrere Minuten lang wichtige Daten über den Flug durch die Marsatmosphäre übermitteln und der Orbiter zudem fehlerfrei in einen Marsorbit einschwenken konnte, fällt die Bilanz des Tages trotzdem positiv aus.

Für die ESA ist diese Lesart von entscheidender Bedeutung, fehlt doch für den zweiten Teil von ExoMars, den europäischen Marsrover, noch eine beträchtliche Summe Geld. Aus Schiaparellis Absturz wird man hoffentlich so viel lernen können, dass der ExoMars-Rover im Jahr 2021 sicher auf dem Mars aufsetzt und am ESOC in Darmstadt dann auch eine gelungene Marslandung gefeiert werden kann.

► Stefan Deiters



Stefan Deiters

Chefredakteur

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

er sitzt im Rollstuhl, kann sich nur noch über einen Sprachcomputer verständigen und ist ein Superstar der Wissenschaft: der Physiker Stephen Hawking. Bücher wie »Eine kurze Geschichte der Zeit« kennt heute praktisch jeder, der sich für Astronomie und Kosmologie interessiert. Mit öffentlichkeitswirksamen Auftritten und Aussagen zu Religion und Außerirdischen macht Hawking immer wieder von sich reden. Im Januar wird er 75. Abenteuer Astronomie gratuliert ganz herzlich und hat unseren Autor Andreas Müller gebeten, für diese Ausgabe das »Phänomen Hawking« einmal etwas näher zu beleuchten (Seite 14).

Natürlich ist der Himmel über Mitteleuropa alles andere als langweilig. Trotzdem konnte sich unser Redakteur Paul Hombach gar nicht sattsehen, als er zehn Tage lang von der Astrofarm Kiripotib in Namibia aus das All erkundete. In seinem Bericht lässt er uns an seinen Beobachtungen und Erlebnissen teilhaben (Seite 68).

Abenteuer Astronomie ist auch für seine detaillierten Testberichte bekannt. Davon gibt es in dieser Ausgabe gleich zwei: Unser Herausgeber Ronald Stoyan beschäftigt sich ausführlich mit einem neuen Spektiv von Kowa, das sich sowohl für Naturbeobachtungen als auch für Ausflüge am nächtlichen Himmel eignen soll (Seite 54). André Knöfel und Christoph Kunze haben die neuen »Omega Pro«-Filter von astroshop.de im Labor und im praktischen Einsatz getestet (Seite 60).

Abgerundet wird das Heft durch die zahlreichen anderen Rubriken, die Sie von Abenteuer Astronomie gewohnt sind. Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre, viele klare Winter Nächte und kommen Sie gut durch die Weihnachtszeit und ins neue Jahr.

Ihr

Stefan Deiters

Wissen

First Light

- 8 Sternentstehung Nebenan
- 10 Einmal Benu und zurück
- 11 Alles halb so wild

Fischers fantastische Zahlen

- 12 22 Monate Funkstille

Deiters' erstaunliche Fakten

- 13 Ist der Planet um Proxima Centauri b eine zweite Erde?

Hauptartikel

14 **Das Universum des Stephen Hawking**

Zum 75. Geburtstag des Superstars der Wissenschaft

Hintergrund

- 20 Katalog der Milliarden Sterne

Update

- 24 Rosetta im Ruhestand
- 25 Bald »Billigflug« zum Mars?

Müllers Universum

- 26 Was ist in einem Schwarzen Loch?

Astro-Abc

- 27 E wie Emissionsnebel

14

Das Universum des STEPHEN HAWKING

Zum 75. Geburtstag des Superstars der Wissenschaft

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 Heller Kleinplanet am Winterhimmel
- 28 Abendstern mit Begleitung
- 29 Geminiden im Mondlicht

Aktuell im Sonnensystem

- 30 Der Mond im Dezember/Januar
- 31 Die Planeten im Dezember/Januar
- 32 Sonne aktuell
- 33 Kometen aktuell
- 34 Planeten aktuell

Jetzt am Abendhimmel

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

6

Praxis

Spix' Spechteltyps

42 **First Light**

Wie sehen Deep-Sky-Objekte im Einsteigerteleskop aus?

Stoyans Sky

44 **Pferdekopf und Flammennebel**

Deep-Sky-Leckerbissen in Orions Gürtel

Astrophysik live

- 48 Die Nummer 1 im Stier

42

FIRST LIGHT

Wie sehen Deep-Sky-Objekte im Einsteigerteleskop aus?

Der unglaubliche Himmel

68

Zehn Tage Astronomie pur in Namibia



60

Filter für alle Fälle

Technik

Dittlers Fotoworkshop

50 Der Mond im Visier

Dittiés Idee

52 Wie Füße warm bleiben

Teleskop-Tuning

53 Schraubentausch

Praxis-Check

54 Tag und Nacht billant?

*Das Kowa Prominar
TSN 883 im Test*

60 Filter für alle Fälle?

*Die Omegon Pro-Filterreihe
im Labor und im Praxistest*

Weigands Techniktipps

64 Mehrere Pixel kombiniert

Erlebnis

Artikel

68 Der unglaubliche Himmel

*Zehn Tage Astronomie
pur in Namibia*

Mein bestes Astrofoto

72 Low-Budget nach Nordamerika

Leser-Galerie

74 Lesergalerie

Rückblick

76 Himmelschauspiele
bei Tag und Nacht

Szene

Interview

78 Robert Williams

Space Checker

80 Auf den Spuren von Titius und Bode

Netznews

82 Es muss nicht immer Namibia sein...

Diskurs & Diskussion

84 Warum ich das große Teleskop
nicht benutze

Vor 100 Ausgaben

85 interstellarum 6

Astronomie vor Ort

86 Neuigkeiten und Veranstaltungen
unserer Partner-Sternwarten

87 40 Jahre Volkssternwarte in Kreuzlingen

88 Ein Außerirdischer namens Glubschi

Astro-Puzzle

91 Raten und gewinnen!

Rezensionen

92 Gravitation u. Physik kompakter Objekte

92 PhotoPills

Marktplatz

93 Novitäten und Nachrichten von
Herstellern und Händlern

Leserbriefe

94 Leserbriefe

Rubriken

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

78

Der riskante Blick ins Nichts

Robert Williams
über das Hubble Deep Field



Sternentstehung NEBENAN

Sterngeburt in der Großen Magellanschen Wolke

▲ Abb. 1: In der kleinen Nachbargalaxie der Milchstraße entstehen reichlich neue Sterne, so wie hier in N159, wo die vielen heißen jungen Sterne das interstellare Gas zum Leuchten anregen: Trotz 160.000 Lichtjahren Distanz zeigt die Advanced Camera for Surveys des Weltraumteleskops Hubble eine Fülle von Details. Die intensive Ultraviolettstrah-

lung der Sterne lässt den Wasserstoff in dem 150 Lichtjahre großen Nebel aufleuchten. Ihre starken Sternwinde hinterlassen verschiedene Muster in den Gas-schleiern. Die hellste Stelle auf der linken Seite ist der kompakte Papillon-Nebel, ein sogenannter »High-Excitation Blob«, der mit der Geburt der massereichsten Sterne in enger Verbindung steht.



EINMAL BENNU UND ZURÜCK

Aufbruch zu einem Asteroiden

a

NASA/Joel Kowsky



► Abb. 2: Am 8. September startete in Cape Canaveral eine Atlas V mit der NASA-Raumsonde OSIRIS-REx; Sie soll 2018 den Asteroiden Bennu erreichen, 2020 eine Bodenprobe von mindestens 60 Gramm entnehmen und diese im September 2023 auf der Erde abliefern (a). Unten die Szenerie mit dem Sternbild Kassiopeia und Raketen-Schatten auf den Wolken in der Nacht zuvor auf einer 30-Sekunden-Aufnahme (b).

b

NASA/Joel Kowsky





ALLES HALB SO WILD

► Abb. 3: Die Landungen von Sojus-Kapseln in der Steppe Kasachstans sehen immer außerordentlich rustikal aus, und manchmal sind sie es auch – aber den aufgewirbelten Staub beim Bodenkontakt verursacht eine kleine Bremsrakete, die den Aufprall abfedert. So wie hier am 7. September bei der Landung von Sojus TMA-20M mit drei Mitgliedern der Expedition 48 nach 172 Tagen auf der Raumstation.



INTERAKTIV



Fischers fantastische Zahlen

22 Monate Funkstille

leistete sich der NASA-Sonnensatellit STEREO-Behind, der am 1. Oktober 2014 während eines kritischen Manövers plötzlich verstummt war, sich aber am 21. August 2016 genauso unvermittelt wieder bei der Bodenkontrolle gemeldet hatte. Doch der Zustand des Zwillings von STEREO-Ahead, der noch einwandfrei funktioniert, ist be-

denklich schlecht: Auch zwei Monate nach der Kontaktaufnahme bleibt die Funkverbindung sporadisch, die Lageregelung funktioniert nicht, und die Energieversorgung ist gestört. Ob STEREO-B jemals wieder wissenschaftlich arbeiten – und zusammen mit STEREO-A erneut die Sonne dreidimensional beobachten – kann, bleibt daher offen.



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

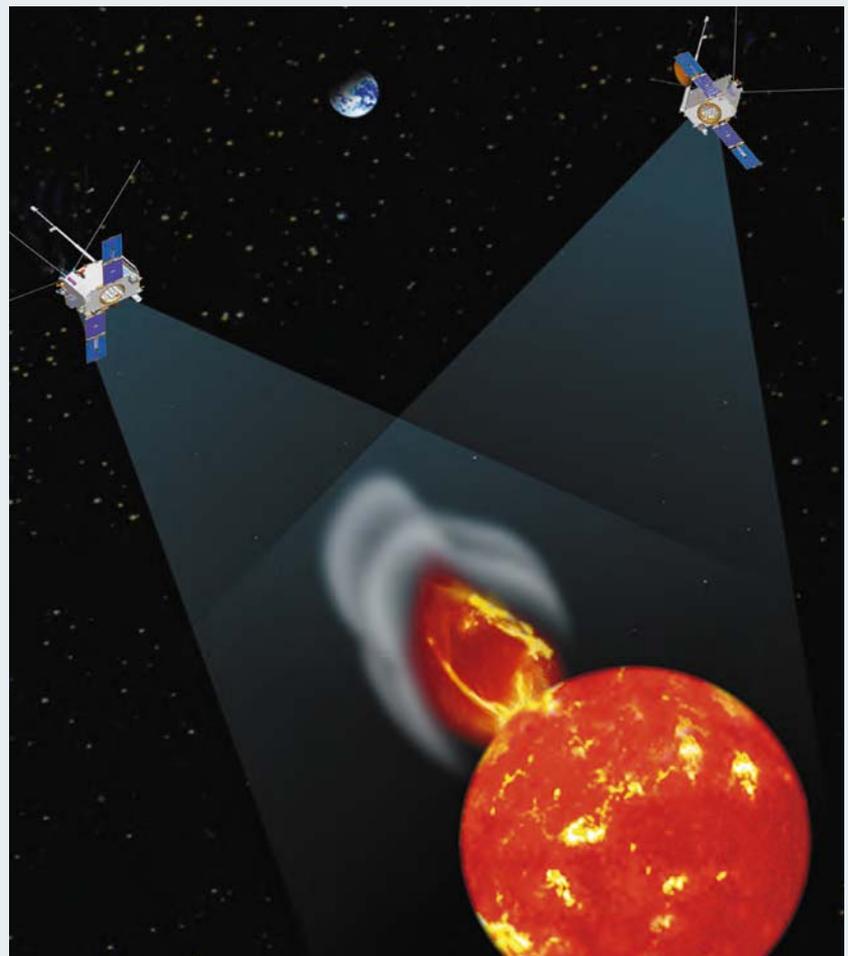
Über 275.000 Fotoplatten

sind von 1925 bis 2010 auf der Sternwarte Sonneberg in Thüringen aufgenommen worden: Das Ziel war es, den ganzen Nordhimmel permanent in zwei Farben aufzunehmen, zwecks Entdeckung und Verfolgung von veränderlichen Sternen. Manches Himmelsfeld ist über ein halbes Jahrhundert hinweg über 3000-mal erfasst worden: ein unschätzbare Fundus an historischen Daten und das – nach Harvard in den USA – zweitgrößte Plattenarchiv der Welt, das aber lange nur in Gestalt von Schränken voll ebendieser Platten existierte. Das ändert sich jetzt mit der Digitalisierung sämtlicher Sonneberger Platten, von denen die meisten 26° Gesichtsfeld und eine Grenzgröße von 14^m haben – und eine sehr unterschiedliche Qualität: Die automatische Erkennung und Helligkeitserkennung der Sterne stellt eine neue Herausforderung für die astronomische Software dar.

Ashley Pagnotta



▲ Abb. 2: Die Sternwarte Sonneberg, wo (mit Kameras unter dem Schiebedach links) jahrzehntelang der Himmel wieder und wieder fotografiert wurde – bis rund 300.000 Fotoplatten zusammengekommen waren.



Johns Hopkins University

▲ Abb. 1: **Wie es eigentlich sein sollte:** Die beiden STEREO-Satelliten betrachten die äußere Sonnenatmosphäre und ihre Massenauswürfe aus unterschiedlicher Perspektive. Das ermöglicht einen dreidimensionalen Blick auf unser Zentralgestirn.

2,6 Petabyte Daten

umfasst das genaueste dreidimensionale Bild – ein sogenanntes »digitales Geländemodell« – der Erde, das es je gab, und es ist made in Germany: Die beiden Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X des DLR haben in ausgeklügeltem Formationsflug von 2010 bis 2014 die gesamte Landoberfläche der Erde – 150 Millionen Quadratkilometer – abgetastet und dabei allein schon 500 Terabyte Rohdaten zur Erde ge-

schickt. Diese wurden dann, was selbst Großrechner an die Grenzen trieb, in ein globales Modell von 12 Metern Raster- und einem Meter Höhenauflösung umgerechnet: Letztere ist dank besonders guter Eichung gleich zehnmal besser ausgefallen als zu Beginn der Messungen erwartet. In voller Qualität können die Daten nun gekauft, in geringerer Auflösung bald auch frei heruntergeladen werden.

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

Deiters' erstaunliche Fakten

Ist der Planet um Proxima Centauri b eine zweite Erde?

ESO/M. Kornmesser



▲ Abb. 1: So könnte der Blick von der Oberfläche des Planeten Proxima b aussehen. Sicher ist dies allerdings nicht.

Im August haben Astronomen die Entdeckung eines Planeten um Proxima Centauri, mit 4,2 Lichtjahren Entfernung der sonnennächste Stern, bekannt gegeben – Proxima Centauri b. Der Planet dürfte eine etwas größere Masse als die Erde besitzen und seinen Zentralstern in einem Abstand umkreisen, der theoretisch die Existenz von flüssigem Wasser auf seiner Oberfläche erlauben könnte. Wie genau der Planet aussieht, wissen Astronomen bislang jedoch nicht: Man hat den Planeten näm-

lich nur aufgrund seiner Gravitationswirkung auf Proxima Centauri entdeckt, die ferne Welt selbst also gar nicht gesehen. Je nach Größe dürfte der Planet entweder ein reiner Gesteinsplanet sein oder aber eine gewaltige Wasserwelt. Proxima Centauri selbst unterscheidet sich deutlich von unserer Sonne: Es ist ein roter Zwergstern. Diese neigen zu heftigen Ausbrüchen, so dass der Planet immer wieder von intensiver Strahlung bombardiert werden könnte. Proxima Centauri b ist seinem Stern zudem so

⇐ INTERAKTIV



Stefan Deiters ist Astrophysiker und arbeitet als Wissenschaftsjournalist. Er gründete 1999 den Onlinedienst astro-news.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

nahe, dass er ihn in nur 11,2 Tagen umrundet. Dies geschieht vermutlich in gebundener Rotation, so dass er seinem Stern immer dieselbe Seite zuwendet. Dadurch dürfte es auf der Oberfläche extreme Temperaturunterschiede geben. Das alles macht diesen nahen extrasolaren Planeten zwar äußerst interessant, eine zweite Erde dürfte er aber nicht sein.

Ab welcher Größe ist ein Objekt kugelförmig?

Ab welchem Durchmesser ein Objekt unter dem Einfluss seiner eigenen Anziehungskraft kugelförmig wird, sich also im hydrostatischen Gleichgewicht befindet, lässt sich nicht allgemeingültig beantworten, da dies immer auch von der Zusammensetzung des Objekts abhängt. Objekte, die überwiegend aus Eis bestehen, können bereits ab einem geringeren Durchmesser das hydrostatische Gleichgewicht errei-



NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

chen als reine Gesteinsobjekte. Im Sonnensystem befinden sich Objekte aus Eis ab einem Durchmesser von etwa 400 Kilometern im hydrostatischen Gleichgewicht. Als kleinstes Objekt im hydrostatischen Gleichgewicht gilt der Eismond Mimas des Saturn mit einem Durchmesser von 396 Kilometern.

◀ Abb. 2: Der Saturnmond Mimas.

Wann wird New Horizons Voyager 1 & 2 als entfernteste Sonden überholt haben?

Gar nicht. Die Plutosonde New Horizons wird die beiden Voyager-Sonden nicht »überholen« können und irgendwann zur Sonde werden, die am weitesten von der Erde ent-

fernt ist: Voyager 1 entfernt sich nämlich mit einer Geschwindigkeit von etwa 3,6AE pro Jahr von der Sonne, bei Voyager 2 sind es 3,2AE pro Jahr, bei New Horizons aber »nur« 3AE pro Jahr.

➤ SURFTIPPS

- Suche nach erdähnlichen Planeten um Proxima Centauri

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a6013

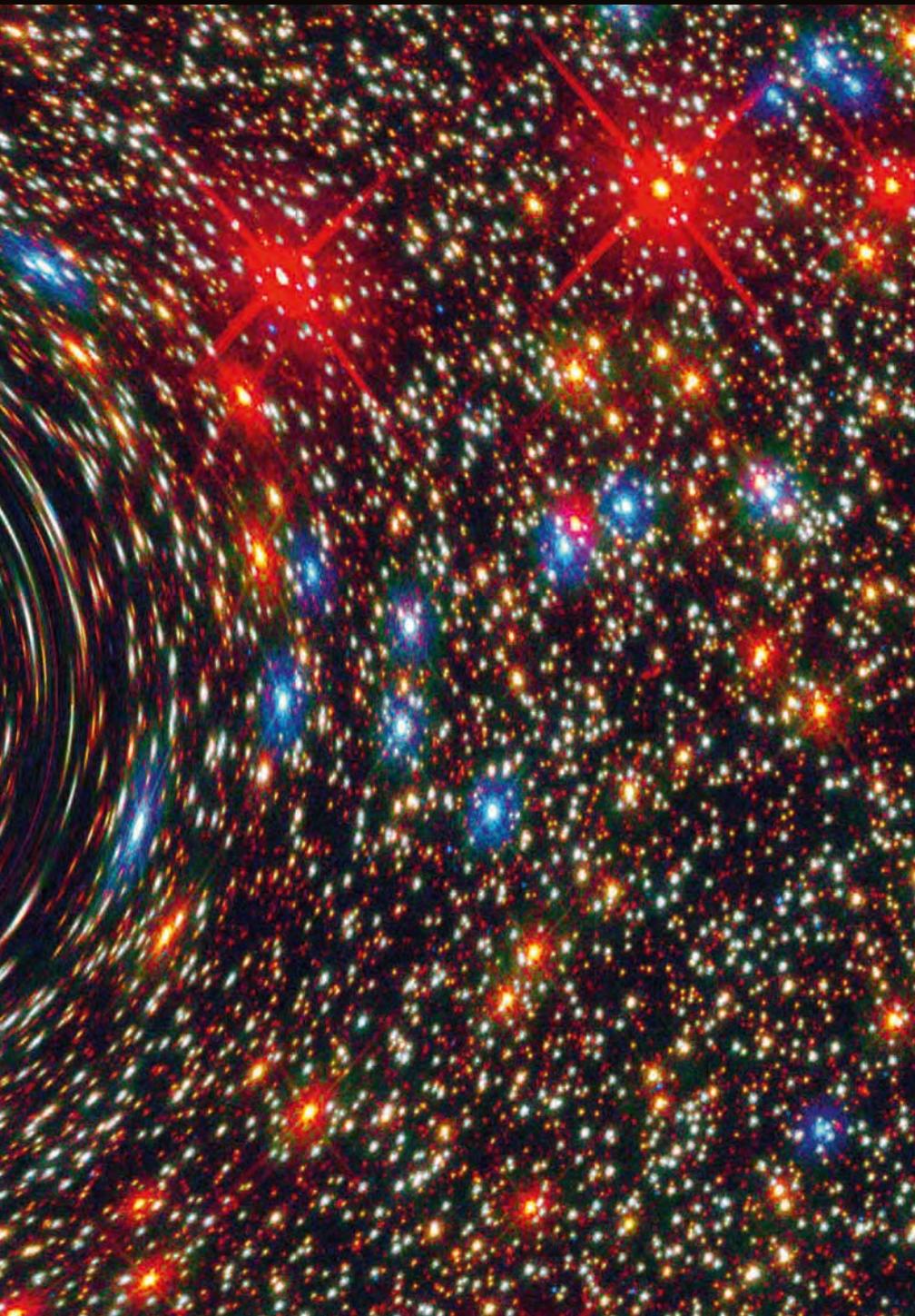
DAS UNIVERSUM DES STEPHEN HAWKING

Zum 75. Geburtstag des Superstars der Wissenschaft

▼ Abb. 1: Simulation eines supermassereichen Schwarzen Lochs im Zentrum einer Galaxie. Die schwarze Region entspricht dem Ereignishorizont des Schwarzen Lochs. Durch die extreme Anziehungskraft des Schwarzen Lochs wird der Raum in der unmittelbaren Umgebung verzerrt. In dieser Simulation wurden Farbveränderungen durch Doppler-Effekt und Gravitationsrotverschiebung der Strahlung nicht berücksichtigt. Hawking interessierte sich für die Vorgänge direkt am Ereignishorizont.

NASA, ESA und D. Coe, J. Anderson und R. van der Marel (Space Telescope Science Institute)

Der Physiker Stephen Hawking feiert am 8. Januar 2017 seinen 75. Geburtstag. Trotz seiner schweren Krankheit, die ihn bereits seit Jahrzehnten an den Rollstuhl fesselt, wurde Hawking zu einem Superstar der Wissenschaft. Sein Name ist untrennbar mit den großen Geheimnissen des Universums verbunden – Schwarzen Löchern und dem Beginn von Raum und Zeit. Der »Mythos Hawking« fasziniert dabei auch Menschen, die sich sonst nicht für theoretische Physik interessieren.



Der Mann ist eine lebende Legende – und ein medizinisches Wunder: Stephen Hawking ist vermutlich der bekannteste und berühmteste Physiker der Welt. Sein 1988 erschienenes Buch »Eine kurze Geschichte der Zeit« war ein Weltbestseller, der sich zehnmillionenfach verkaufte. Gastauftritte in Fernsehserien wie »Star Trek«, »Die Simpsons« oder »The Big Bang Theory« machten ihn auch in Kreisen bekannt, die sich sonst eher nicht für theoretische Physik interessieren. Was aber genau macht den »Mythos Hawking« aus, was ist der Wissenschaftler für eine Persönlichkeit und was sind seine wichtigsten Beiträge zu Physik und Astronomie?

Professor Hawking

Seine wissenschaftliche Karriere begann Hawking 1966 mit einem sogenannten »Research Fellowship« am Gonville and Caius College der Universität Cambridge. Am Institute of Astronomy der Universität forschte er zu kosmologischen Fragestellungen und zu Schwarzen Löchern – mit teils vielbeachteten Ergebnissen. Daher wurde er 1979 zum Inhaber des Lucasischen Lehrstuhls am Department für Angewandte Mathematik und Theoretische Physik der Universität Cambridge ernannt. Diesen Lehrstuhl, den vor ihm Berühmtheiten wie Isaac Newton oder Paul Dirac innehatten, bekleidete er bis zu seiner Emeritierung 2009.

Wenn Sterne kollabieren

Zusammen mit dem ebenfalls berühmten Theoretiker Roger Penrose beschäftigte sich Hawking zunächst mit der Frage, was eigentlich genau von einem massereichen Stern übrigbleibt, wenn er am Ende seines Sternenlebens kollabiert und danach in einer Supernova explodiert. Ist der kollabierende Sternkern schwerer als drei Sonnenmassen, geschieht etwas völlig Unerwartetes:

Die Materie wird so sehr zusammengedrückt, dass die Fluchtgeschwindigkeit der entstandenen kompakten Materiekugel so groß wird wie die Lichtgeschwindigkeit. Das heißt: Das Licht kommt von der Materiekugel nicht mehr weg – ein Schwarzes Loch entsteht.

Das Faszinierende an diesen Objekten ist, dass man nicht mehr sagen kann, in welcher Form die Materie im Innern des Lochs vorliegt. Ein Schwarzes Loch ist »Masse ohne Materie«. Hier kommt die Allgemeine Relativitätstheorie von Albert Einstein ins Spiel. Sie besagt, dass Massen die Raumzeit krümmen und umgekehrt, dass gekrümmte Raumzeit eine Form von Masse darstellt. Die Masse des Schwarzen Loches steckt also in der gekrümmten Raumzeit. Karl Schwarzschild fand 1916 eine Lösung von Einsteins Theorie, die die Raumzeit des Lochs exakt beschreibt. Er zeigte auch, dass im Zentrum des Lochs die Krümmung der Raumzeit unendlich wird. Man spricht von der Krümmungssingularität.

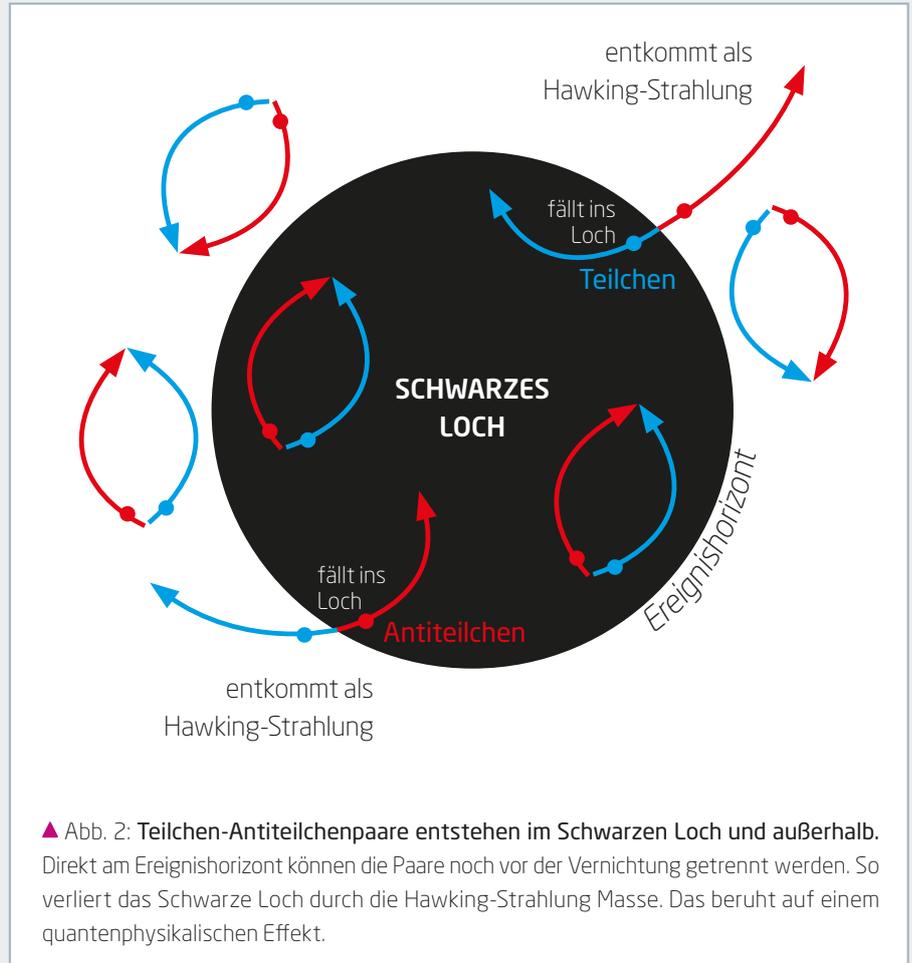
Hawking befasste sich mit diesen Singularitäten genauer. Das Perfide an den Singularitäten ist, dass in ihnen die physikalischen Gesetze ihre Gültigkeit verlieren, also jede Beschreibbarkeit versagt. Penrose und Hawking untersuchten, unter welchen Bedingungen Singularitäten auftreten. Sie fanden eine Art Naturgesetz, das zwingend erfordert, dass Singularitäten auftreten müssen. Die mathematischen Sätze, die dies beschreiben, sind als »Singularitätentheoreme« bekannt.

Strahlung aus dem Schwarzen Loch

Noch bekannter ist Hawking allerdings für seine Untersuchung des Ereignishorizonts, also der »Oberfläche« Schwarzer Löcher geworden. Seine am meisten zitierte Fachveröffentlichung stammt aus dem Jahr 1975 und behandelt eine neue Strahlungsform, die später nach ihm benannt wurde: die Hawking-Strahlung.

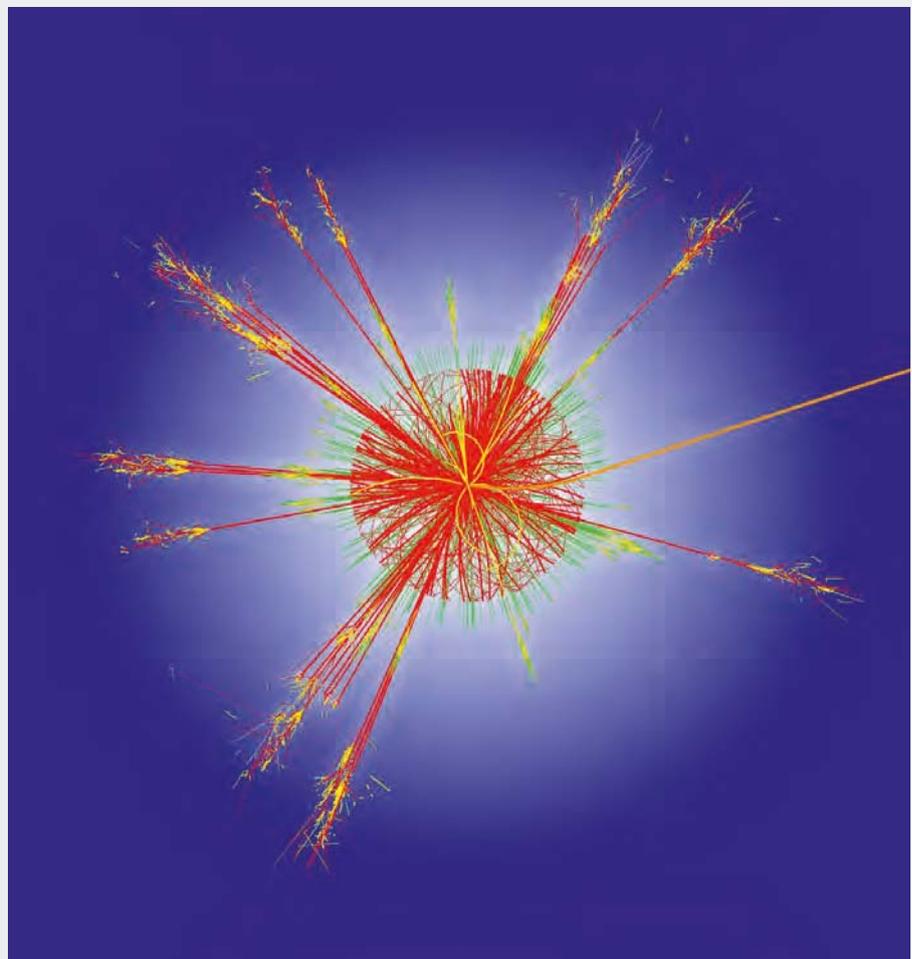
In seinen Berechnungen beschrieb Hawking die Gravitation mit Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie. Das Neue war, dass er sie mit Quantenfeldern verknüpfte. Elementarteilchen wie z.B. das Elektron werden durch solche Quantenfelder beschrieben. Hawking berechnete als Erster, wie diese Quantenfelder am Ereignishorizont quasi aus dem »Nichts« entstehen und was mit ihnen dort geschieht.

Im Prinzip bildet sich die Hawking-Strahlung wie folgt: Gemäß der Quantenphysik ist das Vakuum nicht absolut leer. Die Heisenberg'sche Unschärferelation besagt, dass »aus dem Nichts« Teilchen-Antiteilchen-Paare entstehen, sie sich aber nach kurzer Zeit wieder vernichten. Dieser



▲ Abb. 2: Teilchen-Antiteilchenpaare entstehen im Schwarzen Loch und außerhalb. Direkt am Ereignishorizont können die Paare noch vor der Vernichtung getrennt werden. So verliert das Schwarze Loch durch die Hawking-Strahlung Masse. Das beruht auf einem quantenphysikalischen Effekt.

A. Müller



▲ Abb. 3: Simulation des Zerfalls eines Schwarzen Mini-Lochs im Large Hadron Collider des CERN.

CERN

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



▲ Abb. 4: Stephen Hawking bei einem Besuch am CERN im September 2006. Die nach Hawking benannte Strahlung konnte bislang allerdings nicht am CERN nachgewiesen werden.

Vorgang ist ganz grundsätzlicher Natur und unvermeidbar. Ständig »wabert« das Vakuum, Teilchenpaare entstehen und vergehen. Die Energie zur Bildung der Teilchen stammt aus dem Vakuum selbst. Die Unschärferelation besagt nämlich, dass man vom Vakuum einen gewissen Energiebetrag »borgen« kann – je größer der Energiebetrag aber ist, umso kürzer die Zeit, für die diese Energie zur Verfügung steht.

Hawking betrachtete nun, was mit diesen Teilchen-Antiteilchen-Paaren am Ereignishorizont Schwarzer Löcher geschieht. Bildet sich ein Paar in unmittelbarer Nähe des Horizonts, dann kann es passieren, dass ein Teilchen in das Innere des Schwarzen Loches stürzt und das andere entweicht – und zwar noch bevor sich das Paar gegenseitig vernichten kann. Ein Beobachter, der diesen Vorgang von außen verfolgt, erhält den Eindruck, dass die so entkommenden Teilchen als Strahlung vom Schwarzen Loch entweichen. Das ist die Hawking-Strahlung.

Die Energie des entkommenden Teilchens geht zu Lasten der Energie des Schwarzen Loches und reduziert somit seine Masse. Die Hawking-Strahlung sorgt also für den allmählichen Zerfall eines Schwarzen Lochs. Irgendwann ist seine Masse aufgebraucht und das Schwarze Loch »verdampft«.

Schwarze Mini-Löcher am CERN?

Hawking berechnete, wie lange der Zerfall eines Loches durch Hawking-Strahlung dauert. Für sehr massearme Schwarze Löcher, die etwa 3000-mal so schwer sind wie ein Proton, geht dies rasend schnell: 10^{-24} Sekunden. Tatsächlich ist die letzte Phase des Zerfalls extrem heftig und kommt eher einer Explosion gleich. Die kosmischen Schwarzen Löcher ab einigen Sonnenmassen sind hingegen so massereich, dass ihr Zerfall durch Hawking-Strahlung viele Milliarden Jahre und mehr dauern würde. Daher würde der Zerfall eines solchen Lochs auch noch nie beobachtet.

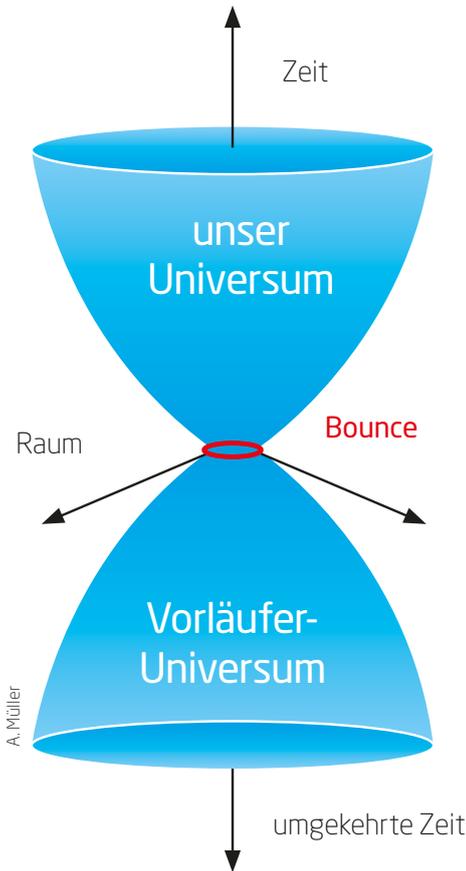
Als 2008 mit dem »Large Hadron Collider« (LHC) am CERN bei Genf der stärkste Teilchenbeschleuniger der Welt in Betrieb genommen wurde, gab es einen mächtigen Wirbel in den Medien um Schwarze Mini-Löcher. Unter bestimmten Voraussetzungen hätte es nämlich sein können, dass durch den Zusammenstoß der beschleunigten Teilchen im LHC Schwarze Löcher im Mini-Format entstehen. Diese hätten dann aber durch die Hawking-Strahlung in Sekundenbruchteilen wieder verdampfen müssen. Tatsächlich simulierten Teilchenphysiker, wie ein verdampfendes Schwarzes Loch im Beschleu-

niger hätte aussehen müssen. Beobachtet wurde ein solches Ereignis allerdings bislang nicht.

Hatte Hawking also unrecht? Wohl nicht: Schaut man sich nämlich die Veröffentlichung Hawkings an, wird klar, dass die Berechnung auf so allgemeinen Naturgesetzen beruht, dass tatsächlich von der Existenz der Hawking-Strahlung auszugehen ist. Offenbar war die Energie der Teilchen im Beschleuniger noch nicht hoch genug. Bei Untersuchungen an künftigen, noch stärkeren Teilchenbeschleunigern wird es also wieder spannend. Hätte man die Hawking-Strahlung am LHC entdeckt, wäre Hawking der Physik-Nobelpreis sicher gewesen.

Die Geburt des Universums

Hawking beschäftigte sich auch intensiv mit der Geburt unseres Universums. Nach dem aktuell favorisierten Standardmodell der Kosmologie fand vor 13,8 Milliarden Jahren der Urknall statt. In ihm wurden Raum und Zeit geboren: Zunächst entstanden in den Sekundenbruchteilen nach dem Urknall die Elementarteilchen, die fundamentalen Naturkräfte zwischen ihnen und schließlich Minuten nach dem Urknall die ersten neutralen Atome der leichtesten chemischen Elemente. Danach sorgten Dunkle Materie und



▲ Abb. 5: Hawkings Szenario zur Entstehung unseres Universums (oben) aus einem Vorläufer-Universum (unten). Anstelle einer punktförmigen Urknallsingularität gab es einen Rückprall (»Bounce«) eines zuvor existierenden, kollabierenden Universums.

normale Materie für die Entstehung großräumiger Strukturen: Sterne, Galaxien und Galaxienhaufen. Viel später entstand die Milchstraße mit unserem Sonnensystem.

Hawking interessierte sich vor allem für die früheste Phase der kosmischen Entwicklung, den Urknall. Was geschah da genau und warum? Gab es etwas vor dem Urknall? Zusammen mit Jim Hartle entwickelte Hawking neue kosmologische Modelle. Das sogenannte Hartle-Hawking-Universum von 1983 ist ein Modell, das ohne Urknallsingularität auskommt. Allerdings erfordert dieser Ansatz ein neues, noch hypothetisches Kraftfeld, das Instanton genannt wurde. Ab 2007 entwickelten Hawking, Hartle und Thomas Hertog ein weiteres Modell, das sogar den Zustand vor dem Urknall beschreibt. Demnach gäbe es ein Vorläuferuniversum mit umgekehrter Zeitrichtung und anstelle des Urknalls sei ein Rückprall (»Bounce«) geschehen, aus dem unser heutiges, expandierendes Universum hervorgegangen ist.

Hawkings Modelle vom Universum sind äußerst interessant, aber spekulativ. Ein experimenteller Test von kosmologischen Modellen in der Epoche des Urknalls ist grundsätzlich sehr schwierig. In vielen – nicht nur in Hawkings –

Modellen werden neue Felder gefordert. Sehr häufig haben sie Ähnlichkeiten zu dem 2012 am LHC nachgewiesenen Higgs-Feld und breiten sich im gesamten Universum aus. Um solche Modelle zu testen, müsste man die entsprechenden Felder nachweisen.

Hawking und Gott

Ähnlich wie Einstein kokettiert Hawking immer wieder gerne mit provokanten Thesen über Gott und die Schöpfung. Schon 1981 fand eine Kosmologie-Tagung im Vatikan statt, bei der Hawking behauptete, dass das Universum keinen Schöpfer benötige. Anlässlich der Veröffentlichung des Buchs »Der Große Entwurf« im Jahr 2010 wiederholte er, dass »die Hand Gottes nicht nötig sei, um die Entstehung der Welt zu erklären«. Vielleicht war das nur ein PR-Gag, um das neue Buch zu promoten. Im Jahr 2011 erhielt Hawking etwas Gegenwind von fast höchster Stelle, nämlich von Papst Benedikt XVI. persönlich: »Das Universum ist kein Ergebnis eines Zufalls«. Beeindruckt hat diese Intervention Hawking allerdings nicht: Im gleichen Jahr äußerte er sich in einem Interview: »Ich habe in den letzten 49 Jahren mit der Erwartung eines baldigen Todes gelebt. Ich habe keine Angst vor dem Tod, aber ich habe es nicht eilig zu sterben. Ich möchte noch so vieles vorher tun. Ich halte das Gehirn für eine Art Computer, der aufhört zu arbeiten, wenn seine Bestandteile versagen. Es gibt keinen Himmel oder ein Leben nach dem Tod für defekte Computer; das ist ein Märchen für Leute, die Angst vor dem Dunkeln haben.«

Genie im Ruhestand

Nach seiner Emeritierung 2009 forschte Hawking am Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics (DAMTP) der Universität Cambridge und am renommierten Perimeter Institute in Kanada. 2012 eröffnete Hawking persönlich die Paralympischen Sommerspiele in London. Hawking macht immer wieder von sich reden: Im Sommer 2015 trat er öffentlich mit dem russischen Milliardär Yuri Milner auf, als dieser bekanntgab, mit einer Spende von 100 Millionen US-Dollar das SETI-Projekt zur Suche nach außerirdischen Intelligenzen fördern zu wollen. Im September 2016 veröffentlichte Hawking mit 375 Wissenschaftlern einen offenen Brief, in dem er die Klimapolitik des US-Präsidentschaftskandidaten Donald Trump anprangerte.

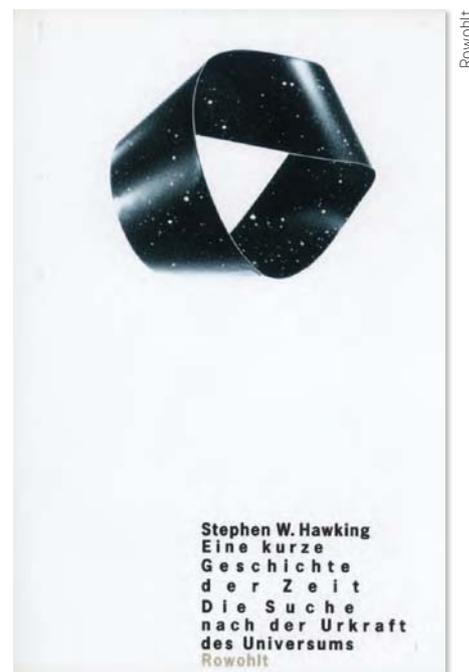
Mythos Hawking

Stephen Hawking gehört zu den größten lebenden Persönlichkeiten. Er ist weltbekannt, ob-



wohl nur sehr wenige seine Forschungen verstehen. Warum ist das so? Vermutlich liegt es an mehreren Faktoren: Hawking ist ein medizinisches Wunder und Vorbild für alle, die mit gravierenden, tödlichen Krankheiten zu kämpfen haben. Sein Auftreten im Rollstuhl mit Roboterstimme macht ihn zu einem »Paradiesvogel der Wissenschaft«, der im Gedächtnis bleibt.

Aber trotz seiner Behinderungen schafft es Hawking, die Tiefen des Universums zu erforschen. Seine Gedanken überflügeln die Grenzen von Raum und Zeit. Hawking selbst brachte es auf den Punkt: »Ich kann mich zwar



▲ Abb. 6: Das 1988 erschienene Buch »Eine kurze Geschichte der Zeit« wurde zum Weltbestseller und machte Hawking berühmt.



▲ Abb. 7: Stephen Hawking schwerelos während eines Parabelflugs im Jahr 2007. Er wollte sich damit auf einen Flug ins All vorbereiten.

nicht bewegen und muss mithilfe eines Computers sprechen, aber mein Geist ist frei. Gedanklich kann ich durch das Universum reisen und mich mit seiner Geschichte befassen. Ich hatte schon immer ein klares Ziel: Ich will herausfinden, wie das Universum funktioniert und warum es überhaupt existiert. Zum Glück gibt es überall Hinweise. Der wichtigste befindet sich direkt über unseren Köpfen.«

► Andreas Müller

| DER AUTOR |

Andreas Müller ist Astrophysiker und wissenschaftlicher Koordinator im Exzellenzcluster »Origin and Structure of the Universe« der Technischen Universität München. Er ist Kolumnist von Abenteuer Astronomie.

Literatur

- [1] Vaas, R., *Hawking's neues Universum*, Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart (2008)
- [2] Vaas, R., *Hawking's Kosmos einfach erklärt*, Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart (2011)
- [3] Hawking, S., *Particle Creation by Black Holes*, *Commun. Math. Phys.* 43, 199 (1975)

SURFTIPPS

- Website von Stephen Hawking
- Website von Andreas Müller

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a6019

IM DETAIL

Kindheit und Ausbildung

Stephen William Hawking kam am 8. Januar 1942 in Oxford, Großbritannien zur Welt. Seine Eltern waren die Wirtschaftswissenschaftlerin Isobel Hawking und der Tropenmediziner Frank Hawking. Anstelle einer staatlichen Grundschule besuchte der kleine Stephen zunächst die private Byron House School. 1950 zog die Familie in die Kleinstadt St. Albans in die Nähe von London um. Dort ging er auf die St. Albans School. Ursprünglich wollte Hawking Mathematik studieren, begann dann aber 1959 mit 17 Jahren ein Physik-Studium an der Universität Oxford mithilfe eines Studienstipendiums. Im Jahr 1962 machte Hawking dort den Bachelor-Abschluss und wechselte an die Trinity Hall der Universität Cambridge. Ein Jahr später erhielt Hawking die Diagnose, die sein Leben für immer verändern sollte: er litt unter der degenerativen Nervenerkrankung ALS. Dennoch heiratete er 1965 Jane Wilde und schloss 1966 seine Promotion an der Universität Cambridge über Astrophysik und Kosmologie ab. Eigentlich gaben ihm die Ärzte nicht viel Zeit, aber Hawking hielt an seinen Forschungen fest.

Hawking privat

Aus der Ehe mit Jane Wilde, die er 1965 heiratete, gingen drei Kinder hervor: Robert (*1967), Lucy (*1970) und Tim (*1979). 1990 kam es zur Scheidung von Jane. Danach lebte Hawking mit seiner Pflegerin Elaine Mason zusammen, die er schließlich 1995 heiratete. 2006 ließ er sich auch von ihr scheiden. Später schrieb Hawking mit seiner Tochter Lucy populärwissenschaftliche Bücher, wie »Der geheime Schlüssel zum Universum« (2009) und »Die unglaubliche Reise ins Universum« (2011). Er ist heute dreifacher Großvater.

Hawking's Krankheit

Im Jahr 1963 erhielt der 21-jährige Hawking eine erschütternde Diagnose: Er leide an Amyotropher Lateralsklerose, kurz ALS. Es handelt sich dabei um eine sehr seltene, leider unheilbare Nervenerkrankung. Dabei werden allmählich die Nervenzellen zerstört, was zu einer fortschreitenden Muskellähmung führt. Die Ärzte gaben ihm damals noch ungefähr zwei Jahre zu leben. Doch Hawking gab nicht auf und entpuppte sich als medizinisches Wunder. Er überlebte, sein Gesundheitszustand verschlech-

terte sich allerdings im Laufe der Jahrzehnte. Da zunächst sein motorisches Nervensystem in Mitleidenschaft gezogen wurde, ging Hawking bald nur noch mit einem Stock. Ab 1968 war er auf einen Rollstuhl angewiesen. 1985 war ein weiteres Schicksalsjahr: Hawking zog sich bei einem Forschungsaufenthalt am CERN bei Genf eine Lungenentzündung zu, an der er fast gestorben wäre. Da ihn die Genfer Ärzte aufgaben, veranlasste seine Frau den Transport ins Krankenhaus nach Cambridge. Dort musste ein Luftröhrenschnitt durchgeführt werden, was zum Verlust seiner Stimme führte. Seither ist Hawking auch bekannt als der Physiker mit der »Roboterstimme«. Diese wird von einem Sprachcomputer generiert, den er bis 2005 noch mit einem Handtaster ansteuern konnte. Mit fortschreitender Erkrankung musste er ihn später mit einem Infrarotsensor am rechten Wangenmuskel und mittlerweile mit den Augenbewegungen steuern. Das erschwert natürlich sehr die Kommunikation, so dass es Hawking inzwischen viel Zeit und Mühe kostet, Fragen zu beantworten.

Wette um Schwarze Löcher

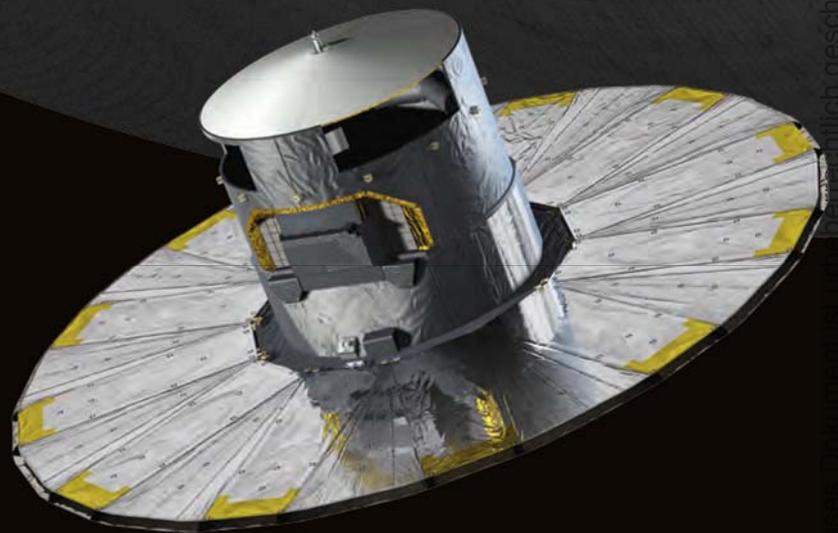
Hawking versteht es brillant sich und seine Forschung medienträftig in Szene zu setzen. So meldete er sich im Jahr 2004 kurzfristig bei der internationalen Konferenz »General Relativity and Gravitation« in Dublin an, um zu verkünden, dass er eine 1997 abgeschlossene Wette verloren geben wolle. Bei dieser Wette ging es um die Frage, ob Schwarze Löcher Information vernichten oder ob sie erhalten bleibt, also irgendwo im Loch gespeichert wird. Der US-amerikanische Quantenphysiker John Preskill war der Meinung, dass die Information erhalten bleiben müsse. Hawking und der theoretische Physiker Kip Thorne stützten sich auf die Relativitätstheorie und waren überzeugt, dass die Information vernichtet würde. Aufgrund von neuen Entdeckungen des Stringtheoretikers Juan Maldacena Ende der 1990er-Jahre änderte nun Hawking seine Meinung, wie er den Konferenzteilnehmern in Dublin erklärte. Obwohl die Details des Problems bis heute ungelöst sind, erhielt der Wettgewinner Preskill von Hawking unter den aufmerksamen Augen der Weltpresse seinen Wetteinsatz: eine Baseball-Enzyklopädie.

► Andreas Müller

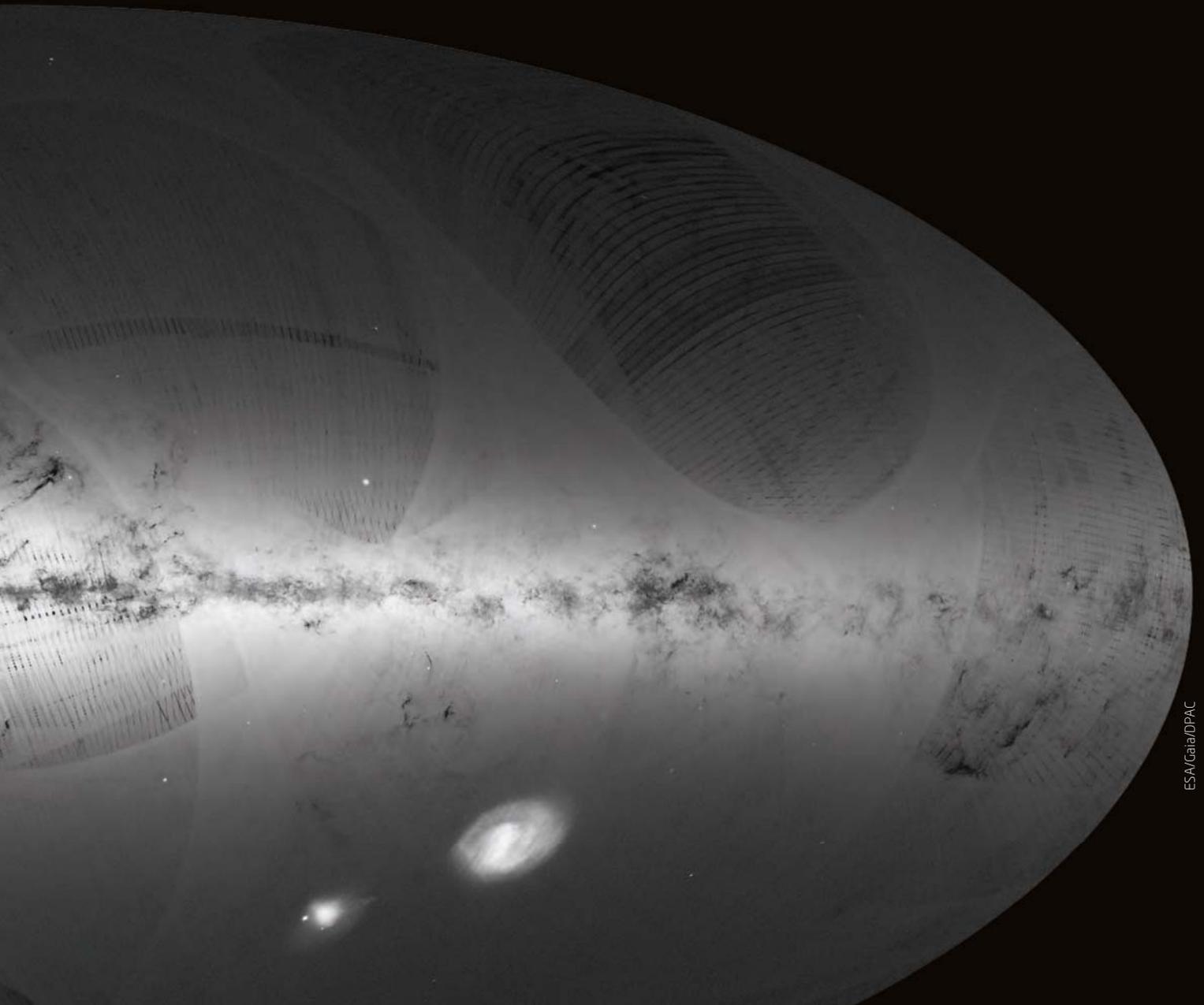
KATALOG DER MILLIARDEN STERNE

Erste Datenveröffentlichung des Satelliten Gaia liefert genaue Entfernungen für zwei Millionen Sterne

▲ Abb. 1: Was aussieht wie ein Bild des ganzen Himmels und insbesondere der Milchstraße, ist vielmehr eine Karte der Sterndichte des Gaia-Katalogs in seiner ersten Fassung ohne Berücksichtigung der Sternhelligkeiten. Die noch recht ungleichmäßige Himmelsabtastung der ersten 14 Monate durch den Satelliten – eine künstlerische Darstellung im Vordergrund – fällt auf, später wird sich das ausgleichen.



Seit 2014 erfasst der europäische Astrometriesatellit Gaia systematisch den Himmel und soll so bis 2023 den bislang präzisesten Katalog der Milchstraße mit rund zwei Milliarden Sternen erstellen. Im September wurden zunächst genaue Entfernungen zu rund zwei Millionen Sternen veröffentlicht.



ESA/Gaia/DPAC

Um das Jahr 2023 soll er fertig sein: der umfassendste und präziseste Katalog der Sterne der Milchstraße, mit vielleicht zwei Milliarden Einträgen. Für jeden dieser Sterne wird es nicht nur superpräzise Angaben zum Ort am Himmel und Helligkeiten in mehreren Farben, sondern auch eine Entfernung sowie Informationen zur Bewegung in allen Dimensionen und zur Natur des Himmelskörpers geben. Dieser finale »Data Release« des Gaia-Projekts wird weite Bereiche der Astronomie auf eine neue und viel solidere Basis stellen.

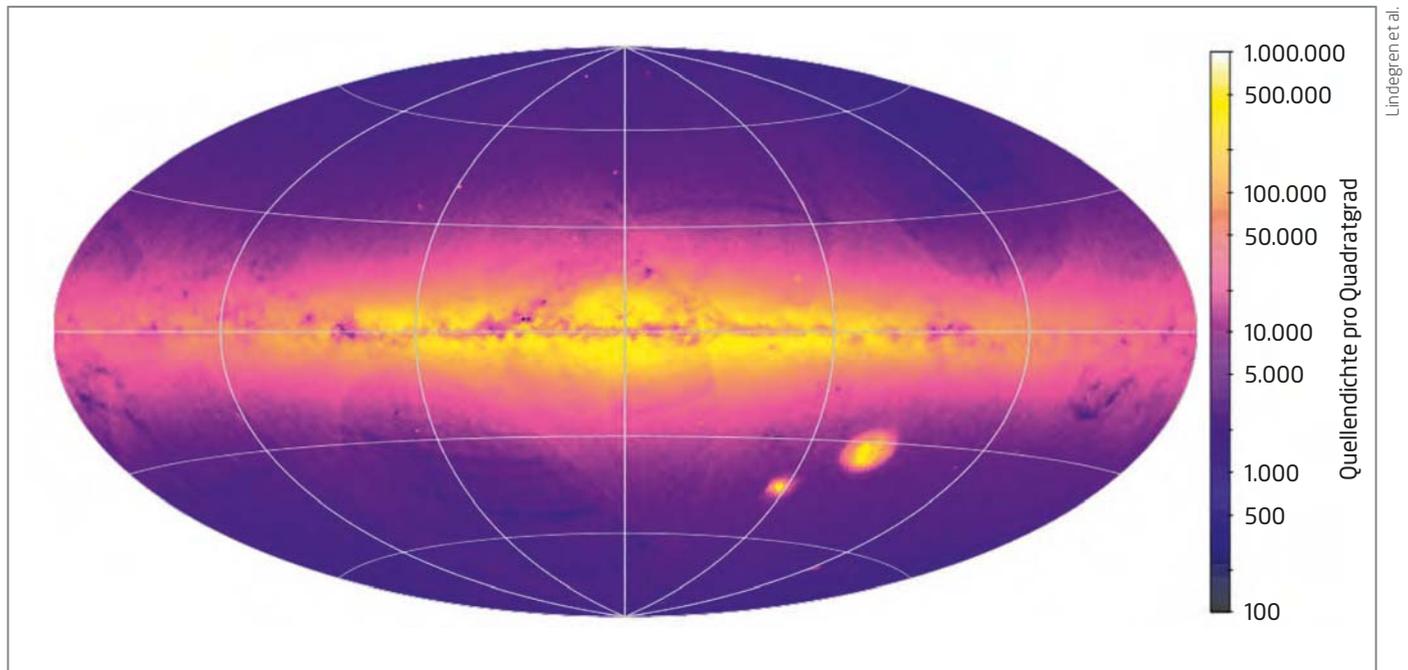
Seit 2014 tastet der Satellit Gaia der europäischen Weltraumagentur ESA unermüdlich den gesamten Himmel ab. Um das Warten auf das gigantische Endprodukt zu verkürzen, gibt es

jetzt im Jahresrhythmus Vorabversionen des Katalogs: Die erste ging am 14. September 2016 online – und hat schon binnen Tagen Eingang in Sternkartenprogramme für den PC und astrophysikalische Analysen gefunden.

Ein Appetizer für den großen Wurf 2017

Gaias »Data Release 1« (DR1) besteht aus schon ziemlich präzisen Himmelspositionen und breitbandigen Helligkeitsmessungen von 1,1 Milliarden Sternen bis zur 20. Größe hinab. Für zwei Millionen dieser Sterne gibt es zusätzlich auch sehr genaue Entfernungen und Eigenbewegungen, was bereits Ende 2017 für

die komplette Milliarde Sterne der Fall sein wird. Der Ende 2013 gestartete Satellit rotiert fortwährend alle sechs Stunden einmal um die eigene Achse und scannt dabei gleichzeitig zwei um $106,5^\circ$ voneinander entfernte Himmelsregionen ab. Die ins Blickfeld der beiden Teleskope wandernden Sterne werden erfasst und es wird ihre Helligkeit im Roten und Blauen und für Sterne bis zur 17. Größe ein grobes Spektrum gemessen: Aus dem lässt sich die ungefähre Natur des Sterns ableiten sowie vor allem seine Geschwindigkeit entlang der Sehlinie. Erst mit dieser Radialgeschwindigkeit ist seine dreidimensionale Bewegung in der Milchstraße komplett beschrieben.



▲ Abb. 2: Die Quellendichte des ersten Gaia-Katalogs, farblich kodiert: bis zu einer Million Objekte pro Quadratgrad

Die Basis der bahnbrechend genauen Positionsangaben ist dagegen eine Unzahl von superpräzisen Winkelabständen zwischen je zwei Punktquellen am Himmel. Bei den meisten handelt es sich um Sterne der Milchstraße, es finden sich aber auch ein paar Millionen ferne Galaxien und Quasare darunter. Die mathematische Riesenaufgabe lautet, aus all den Differenzwinkeln in einer »globalen Lösung« die Positionen der Milliarde Sterne zu bestimmen: In den Katalog der 1,1 Milliarden Sterne des DR1 sind dafür 17 Milliarden einzelne Sternpositionsmessungen eingegangen.

Nachdem in den Monaten nach dem Start eine ganze Reihe unerwarteter Probleme mit dem Satelliten entdeckt, ergründet und schließlich mathematisch umschifft worden waren, die den Beginn der Himmelsabtastung etwas verzögerten, ist inzwischen Routine eingeleitet. Noch steckt manch kleine systematische Fehlerquelle in der globalen Analyse, die jedoch überhaupt nur auffällt, weil die Messungen selbst so genau sind. Insgesamt ist das Projekt aber auf gutem Kurs. Erste unabhängige Vergleiche des DR1 mit anderen Katalogen haben bereits seine Integrität bestätigt, ja es wird sogar schon angemerkt, er sei noch etwas besser als vom Projekt selbst vermutet.

In der Welt der Millibogensekunden

Bereits im DR1 haben die Positionen der Sterne eine mittlere Genauigkeit von 2,4 Millibogensekunden (mas), also den 1,5-millionsten Teil eines Grades. Die Positionen der hellsten Sterne sind sogar auf 1/2mas genau bekannt. Als viel spannender und damit den »primären«

Gehalt des DR1 betrachtet das Gaia-Projekt aber die Kombination der Positionen der zwei Millionen hellsten Sterne mit entsprechenden Messungen von Gaias Vorgänger-Satellit Hipparcos, der vor gut 25 Jahren schon einmal den Himmel abtastete. Damals war die Messgenauigkeit viel geringer, aber der lange Zeitabstand macht das wieder wett.

Und so liefert der kombinierte Datensatz »TGAS« die Parallaxen – also die scheinbaren Sternellipsenbahnen am Himmel, die die Bahnbewegung der Erde um die Sonne verursacht – der Gaia-Sterne bis zur 12. Größe auf 0,3mas (zzgl. einer nochmal so großen systematischen Unsicherheit) genau. Daraus wiederum lassen sich genaue Entfernungen der Sterne bis in viele hundert Lichtjahre Distanz berechnen. Die Eigenbewegungen dieser Sterne relativ zur Sonne sind nun auf 1,3 und für einen Teil sogar auf 0,07mas pro Jahr genau bekannt. Die Zahl entsprechend gut in drei Dimensionen und in Bewegung erfasster Sterne hat sich dank Gaia und TGAS schlagartig verzehnfacht! Das ist eine ähnliche Revolution, wie sie einst Hipparcos selbst geschafft hatte: Anfang der 1990er Jahre waren gerade einmal 8000 Sternparallaxen leidlicher Qualität bekannt gewesen, dank Hipparcos plötzlich 118.000. Jetzt also sind es zwei Millionen – und am Ende vielleicht zwei Milliarden.

Nicht nur die schiere Zahl, auch die Präzision der Positionen, Parallaxen und Eigenbewegungen Gaias muss beeindruckend sein: Ein gutes Amateurteleskop schafft unter besten Bedingungen eine Auflösung um eine Bogensekunde, also 1000mas. Selbst ein großes Teleskop im Weltraum wie Hubble muss sich mit etwa

20mas bescheiden. Dabei ist die Winkelauflösung der beiden Teleskope von Gaia relativ gering: Schon Doppelsterne mit einem Abstand von einer halben oder einer viertel Bogensekunde können oft nicht sicher getrennt werden. Die enorme Positionsgenauigkeit für einzelne Sterne ergibt sich erst aus der gemeinsamen Analyse zahlreicher Beobachtungen über Monate hinweg. Zu dichte Sternfelder sind damit eine Grenze des Gaia-Katalogs, zu helle Objekte eine andere: Im DR1 kommt kaum ein Stern vor, der mit dem bloßen Auge zu sehen ist, denn alle Sterne heller als 6. Größe treiben die empfindlichen CCD-Detektoren in Sättigung und das Zentrum der Lichtverteilung kann nicht mehr sicher bestimmt werden. Mit allerlei Tricks soll es aber später möglich werden, Sterne noch bis etwa 2,^m5 einzubinden. Weitere Defizite des DR1 liegen bei einander umkreisenden Doppelsternen, die noch nicht klar erkannt werden – und bei Sternen mit hohen Eigenbewegungen, die meist auch die besonders sonnennahen sind.



SURFTIPPS

- Gaia-Webseite der ESA
- Gaia DR1
- Zoom in den DR1
- Aladin Lite für DR1
- TOPCAT
- Gaia Sky
- Flug durch TGAS

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a6023](https://oc1m.de/a6023)

Kein Ende in Sicht

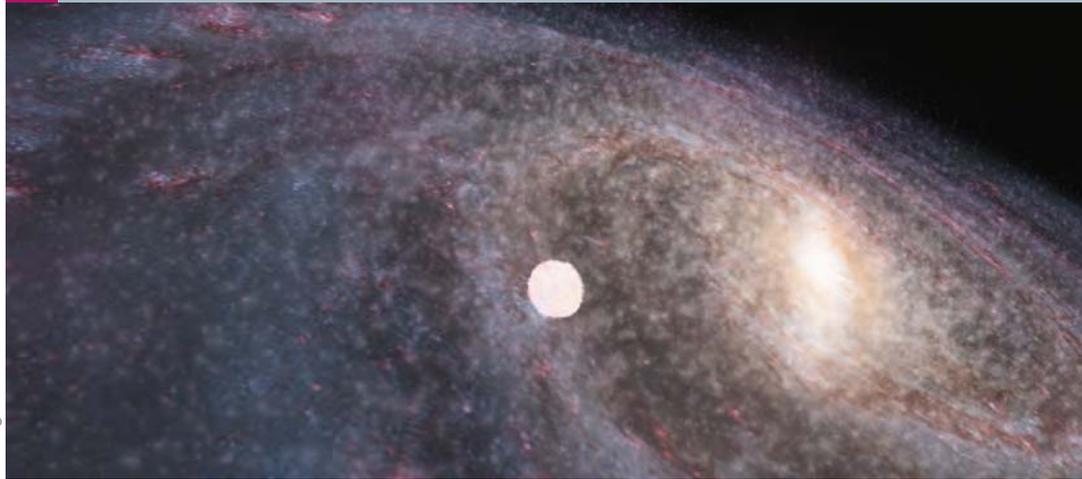
Die Messungen Gaias gehen ohne Pause weiter: Der DR1 basierte auf effektiv elf Monaten Gaia-Messungen, der »Data Release 2« – der ungefähr im Dezember 2017 erwartet wird – verspricht mit 22 Monaten Messungen die vollständige Lokalisierung von mehr als einer Milliarde Sternen, also Positionen, Entfernungen und Eigenbewe-

gungen am Himmel, dazu auch noch erste Informationen zu Farben und Radialgeschwindigkeiten. Ein weiterer Sprung der Zahl räumlich erfasster Sterne um einen Faktor 500 also: Schon der DR1 hilft einzelnen Bereichen der Astronomie viel, der DR2 wird als erste 3D-Karte der Milchstraße Geschichte machen und weite Bereiche der Astronomie befruchten. Für den finale »Data Release« werden mindestens vier-

mal so viele Daten verarbeitet worden sein wie für den DR1 – oder sogar noch mehr: Weil die Gaia-Mission inzwischen so rund läuft, wird im Projekt erwogen, bei der ESA eine Verlängerung der Messungen um mehrere Jahre über das offizielle Missionsende hinaus zu beantragen. Dann allerdings würde der letzte ganz große »Data Release« entsprechend länger auf sich warten lassen.

► Daniel Fischer

IM DETAIL



◀ Abb. 4: Ein simulierter Blick auf die Milchstraße mit den 600.000 Gaia-Sternen mit gut bekannten Entfernungen, die ein vergleichsweise lokales helles Knäuel rund um die Sonne bilden: Ab dem DR2 wird sich der in 3D erfasste Bereich über die halbe Milchstraße erstrecken.

Toni Sagristà Sellés

Eintauchen in den Gaia-Katalog

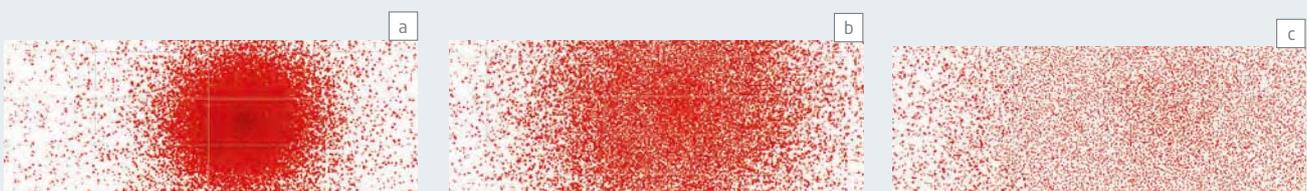
Der Sternkatalog des Hipparcos-Satelliten mit seinen 118.000 Einträgen ist noch komplett gedruckt erschienen und der daraus erstellte Atlas war in drei Bänden im Handel – nichts dergleichen wird es je von Gaia geben. Sein kompletter Inhalt wird nur als riesige Datenbanken online existieren, auf einem halben Dutzend Servern aber auch komplett herunterladbar. Der finale »Data Release« wird etwa zwei Milliarden Zeilen und 40 Spalten haben, was so nicht unbedingt leicht zu nutzen ist: Deswegen sind eine ganze Reihe Schnittstellen entwickelt worden, um gezielt nur jene Teile des Datenpools auf einen lokalen Rechner zu laden, die auch wirklich benötigt werden.

Der Gesamtkatalog mit im ersten »Data Release« 1.142.679.769 Sternen ist unmöglich als Bild darstellbar, das jeden Stern einzeln zeigt: Es müsste etwa fünf

Millionen mal zweieinhalb Millionen Pixel groß sein. Mehrere Zoom-Tools im World Wide Web erlauben aber eine Reise in die riesige Himmelskarte hinein, bis die Sterne getrennt sichtbar werden; bei Aladin Lite können auch andere Himmelsdurchmusterungen dazugemischt werden. Nachteil: Diese Tools zeigen alle Gaia-Sterne als identische Symbole an, die vom Satelliten für jeden gemessene Gesamthelligkeit (»G«) wird ignoriert.

Abhilfe schaffen wissenschaftliche Analyse-Tools für Kataloge, insbesondere die Software TOPCAT: Mit ihrer Hilfe wurde hier auf den Kugelsternhaufen Messier 13 gezoomt, wobei die Symbolgröße den G-Wert anzeigt. Im dritten Schritt ist jeder Stern einzeln zu sehen – und auch erkennbar, dass Gaias Sterndichte Richtung Haufenzentrum nicht weiter zunimmt: Hier macht sich die geringe Trennschärfe in

dichten Feldern bemerkbar. Die Sternemilliarde des DR1 ist bereits nach wenigen Tagen in die Freeware-Planetariumsprogramme Carte du Ciel und Hello Northern Sky eingebaut worden: Bald wird dies wohl der neue Standard sein, ergänzt natürlich durch Extrakataloge der hellen Sterne. Die Visualisierung der 2.057.050 Sterne unter den 1,14 Milliarden, die dank Anschluss an Hipparcos-Messungen auch Entfernungen besitzen, ist eine ganz andere Herausforderung. Hier bietet sich vor allem die freie Software Gaia Sky aus dem Gaia-Projekt selbst an, die beliebige Bewegungen und Blickrichtungen innerhalb der dreidimensionalen Wolke der 600.000 Sterne mit den sichersten Entfernungen erlaubt: auf dem flachen Computerbildschirm ebenso wie auf 3D-Monitoren, mit Virtual-Reality-Brillen oder in Planetariumskuppeln.



▲ Abb. 3: Zoom in den Kugelsternhaufen Messier 13 mit dem Viewer der Software TOPCAT: Der vertikale Gitterabstand beträgt fünf (a), zwei (b) und eine (c) Bogenminute.

Hendrik Heini & Daniel Fischer mit DR1

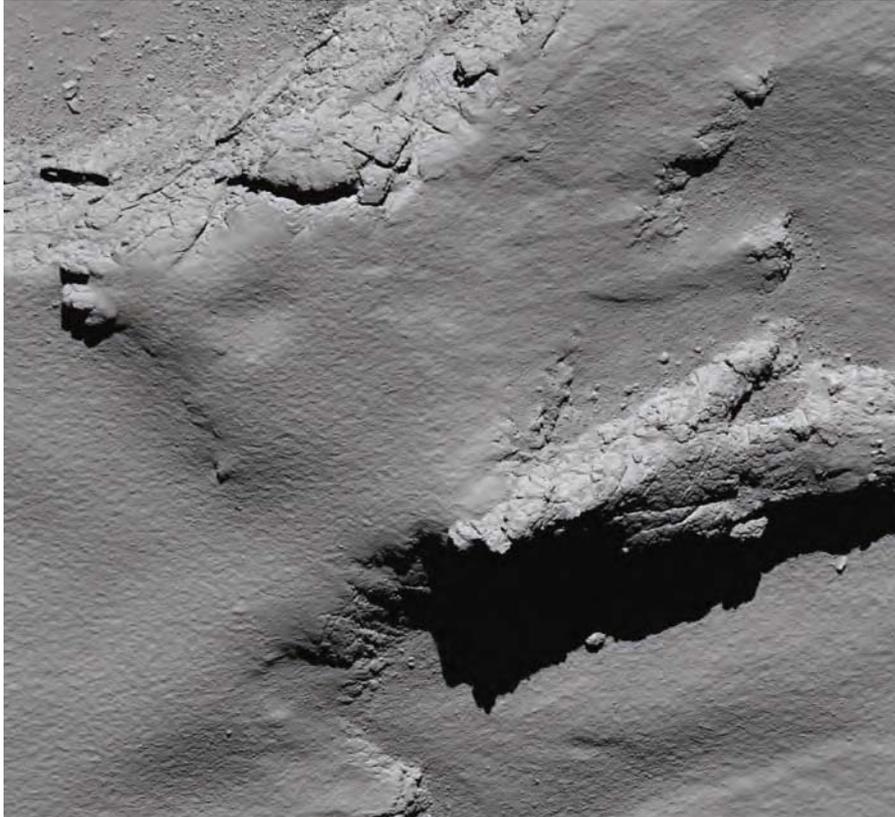
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

ROSETTA IM RUHESTAND

Kometensonde forschte bis zur letzten Minute

Nachdem die ESA-Sonde Rosetta den Kometen 67P mehr als zwei Jahre lang begleitet hatte, wurde die Mission Ende September durch eine Landung auf dessen Kern beendet.

ESA/Rosetta/MPS für das OSIRIS Team (MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA)



◀ Abb. 1: Der Landeort Rosettas ist bereits auf dieser OSIRIS-Teleaufnahme unten rechts zu sehen. Sie entstand aus einer Höhe von 5,7km, das Bildfeld misst 225m.



ESA/Rosetta/MPS, Verarbeitung Roman Tkachenko

▲ Abb. 2: Das allerletzte Bild der OSIRIS-Weitwinkelkamera aus nur 20m Höhe, mit 97cm Bildfeld. Auf der nachträglich bearbeiteten Aufnahme sind Details mit einer Größe von weniger als einem Zentimeter zu erkennen.

Noch volle 24 Stunden lang lauschten große Antennenschüsseln in Richtung des 720 Millionen Kilometer fernen Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko, aber da war nur Schweigen: Die Raumsonde Rosetta war nach über zwei Jahren Forschung geradewegs auf den Kern des Kometen gesteuert worden, dort aufgeschlagen und hatte planmäßig den Funkverkehr eingestellt – für immer, denn internationale Regeln schreiben vor, dass im Weltraum keine unkontrollierten Sender operieren dürfen. Das Missionsende war nötig, da sich Rosetta mit dem Kometen bereits wieder so weit von der Sonne entfernt hatte, dass bald kein sinnvoller Betrieb der Sonde mehr möglich gewesen wäre.

Aufprall für die Wissenschaft

Der große Tag war der 30. September 2016: In der Nacht zuvor hatte ein letztes Bahnmanöver Rosetta so weit abgebremst, dass die Sonde praktisch in freiem Fall auf den Kometen zustürzte. Von dessen geringer Schwer-

kraft wurde sie freilich nur sehr wenig beschleunigt – auf eine Geschwindigkeit von zuletzt einem Meter pro Sekunde. Sieben ihrer Instrumente arbeiteten bis zum Schluss und registrierten etwa, wie die Dichte der Kometen-Gashülle zum Boden hin stetig größer wurde, verfolgten die Wechselwirkung des Kometen mit dem Sonnenwind oder lieferten zweidimensionale Ultraviolett-Spektren der Kernoberfläche.

Auch Fotos wurden gemacht. Da das wissenschaftliche Kamerasystem OSIRIS für Aufnahmen aus so geringer Distanz gar nicht ausgelegt war, konnte ab einem Kilometer Höhe die Teleoptik keine scharfen Bilder mehr liefern, so dass nur noch die Weitwinkelkamera benutzt wurde. Von deren Bildern wurde auch nur der Zentralbereich übertragen, da das Ende schnell näher kam.

»Ma'at« aus der Nähe

Unter 300 Metern waren auch diese Bilder nicht mehr scharf, aber mit Bildverarbeitung konnte man noch einiges retten. Ein Pixel

entsprach zum Ende nur noch Millimetern: Damit kennen die Wissenschaftler nun eine weitere Region der Kometenoberfläche aus nächster Nähe: die Region »Ma'at« auf dem »Kopf« des Kometenkerns. Dieser Bereich war vor allem wegen zahlreicher interessanter Gruben ausgesucht worden, die OSIRIS während des Abstiegs Einblicke in tiefere Bereiche der Kernoberfläche gewährten.

Um 13:19 MESZ war schließlich das Funksignal von Rosetta schlagartig von der Anzeige im Kontrollzentrum in Darmstadt verschwunden und der »operative« Teil der Mission beendet. Die gewonnenen Daten dieser fraglos großartigsten Mission der europäischen Weltraumforschung werden noch Generationen von Wissenschaftlern beschäftigen.

► Daniel Fischer



SURFTIPPS

- Rosetta-Blog der ESA

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a6024](https://oc1m.de/a6024)

BALD »BILLIGFLUG« ZUM MARS?

SpaceX-Chef will bis 2025 Menschen zum Mars bringen

Elon Musk möchte bereits im kommenden Jahrzehnt regelmäßige bemannte Flüge zum Mars anbieten. Die NASA hält eine bemannte Mission zum Mars bislang frühestens in den 2030er Jahren für möglich.

Niemand kann Elon Musk vorwerfen, dass er keine Ideen hätte: Der Unternehmer, der einst größter Anteilseigner des Online-Bezahldienstes Paypal war, baut mit seiner Firma Tesla Elektroautos und versorgt mit SpaceX und den Dragon-Raumfrachtern die Internationale Raumstation ISS. Gerade entwickelt er eine neue Version der Dragon-Raum-schiffe, mit der bald auch Astronauten zur ISS reisen sollen. Die NASA wäre dann für den Zugang zur ISS nicht mehr auf die russischen Sojus-Kapseln angewiesen – eine Abhängigkeit, die in den letzten Jahren so manchen Amerikaner geschmerzt hat.

Billiger zum Mars

Doch Musk denkt über den niedrigen Erdborbit der ISS hinaus: Auf einem internationalen Astronauten-Kongress im mexikanischen Guadalajara konkretisierte er im September die Marspläne seines Unternehmens. Danach sind schon ab Mitte des kommenden Jahrzehnts bemannte Marsflüge geplant, die er zu deutlich geringeren Kosten anbieten möchte, als dies heute bislang für realisierbar gehalten wird.

Um dies zu ermöglichen, sollen die Raumschiffe und Raketenkomponenten wiederverwendbar sein und die Raumschiffe zudem vor Beginn der Reise zum Mars im Erdborbit aufgetankt werden. Den Treibstoff für die Rückkehr zur Erde schließlich will Musk vor Ort auf dem Mars aus dort verfügbaren Rohstoffen produzieren. Für den Antrieb setzt Musk auf Methan und ein neues Raptor genanntes Triebwerk, mit dem SpaceX bereits erste Tests durchgeführt hat. Musk hofft, auf diese Weise die Kosten für einen Marsflug pro Person, die aktuell etwa mit zehn Milliarden US-Dollar veranschlagt werden, auf etwa 140.000 US-Dollar drücken zu können.

Erste Mission schon 2018

Raumfahrtexperten halten Musks Pläne eines »Interplanetary Transport System« für äußerst ambitioniert, wenn nicht gar für unrealistisch. Die NASA beispielsweise plant eine bemannte Marsmission frühestens in den 2030er Jahren. Die Herausforderungen, die Musk innerhalb kürzester Zeit bewältigen müsste, um seinen Zeitplan zu halten, sind gewaltig: So muss beispielsweise eine ganz neue Trägerra-

kete entwickelt werden, die die Leistung der Saturn-V-Mondrakete in den Schatten stellt. Auch ein Raumschiff, mit dem – so Musks längerfristige Pläne – bis zu 100 Menschen zum Mars reisen können, muss erst einmal entwickelt und gebaut werden.

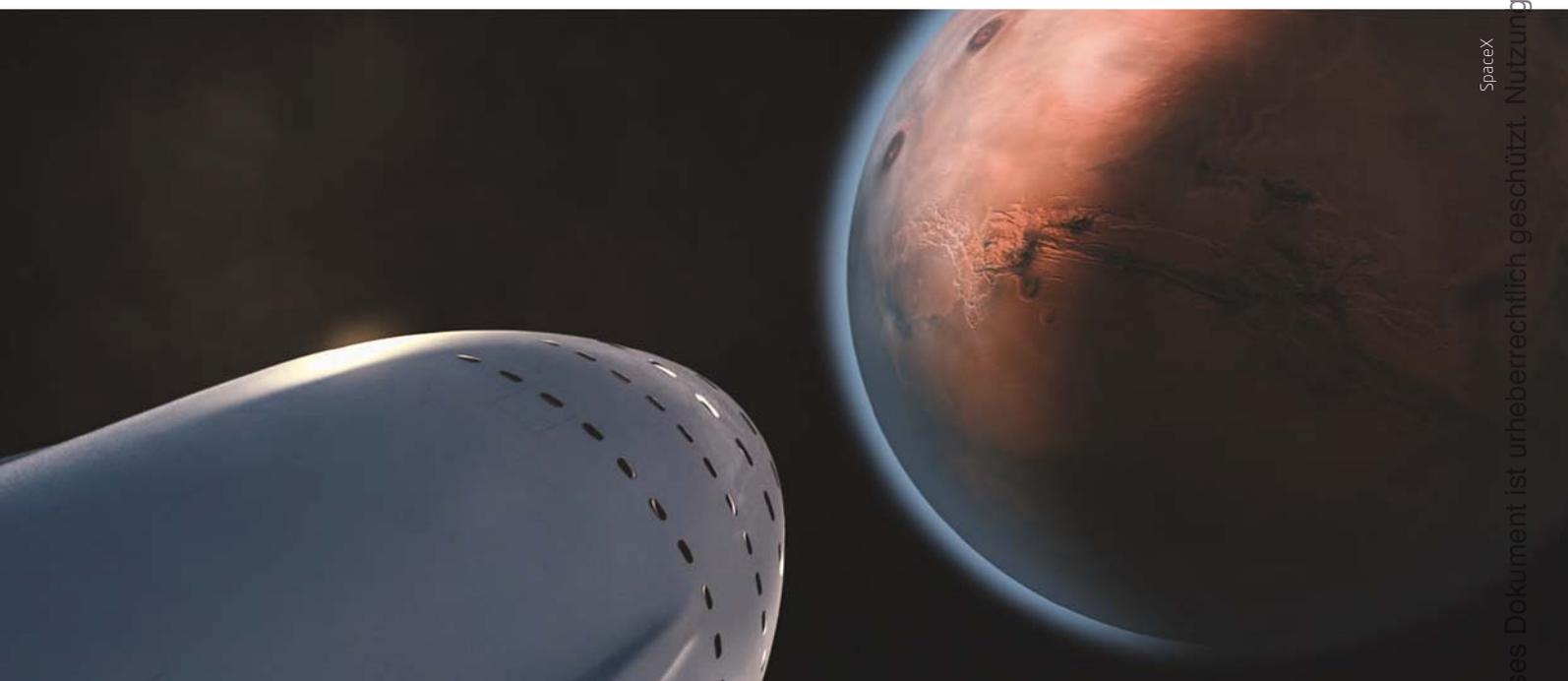
Erste Tests soll es aber nach Angaben von SpaceX bereits im Jahr 2018 geben: Mit »Red Dragon«, einer modifizierten Variante der für den ISS-Besatzungstransport entwickelten Dragon-Raumkapsel, soll eine unbemannte Mission zum Mars starten, um dort unter anderem eine sichere Landung zu testen. Dass dies nicht einfach ist, hat erst im Oktober die in der letzten Phase gescheiterte Landung des Landemoduls Schiaparelli der ESA-Mission ExoMars gezeigt. Schon sehr bald könnte sich also zeigen, wie realistisch die Pläne des Elon Musk wirklich sind.

► Stefan Deiters

SURFTIPPS

- SpaceX

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a6025](https://www.kurzlink.de/a6025)



► Abb. 1: SpaceX-Chef Elon Musk plant Raumschiffe mit bis zu 100 Menschen zum Mars zu schicken und möchte damit schon im kommenden Jahrzehnt beginnen.



WAS IST IN EINEM SCHWARZEN LOCH?

▲ Abb. 1: Wissenschaftliche Simulation des Aussehens einer leuchtenden Gasscheibe (blau und weiß) um ein zentrales Schwarzes Loch (schwarzer Bereich in der Bildmitte). Was versteckt sich in der Schwärze?

Schwarze Löcher sind wohl das Abgefahreteste, was sich das Universum ausgedacht hat. Mit einem Stern sind sie nicht zu vergleichen. Sie haben keine feste Oberfläche, und dann geschehen in ihrer Nähe sehr seltsame Dinge. So verbiegen sie Zeit und Raum. Weil Schwarze Löcher absolut schwarz sind, lassen sie sich nicht in die Karten schauen, was eigentlich in ihnen steckt.

Hinter dem Ereignishorizont

Der deutsche Physiker Karl Schwarzschild hatte 1916 Einsteins Gleichung der Allgemeinen Relativitätstheorie geknackt und eine erste Lösung gefunden. Sie beschreibt die Gravitation von Punktmassen. Damit entdeckte er die Schwarzen Löcher. Nach ihm wurde der Schwarzschild-Radius benannt. Dieser ist ein Maß für die Größe eines Schwarzen Loches und hängt nur von der Lochmasse ab, wobei wir hier einmal voraussetzen, dass das Loch nicht rotiert und elektrisch ungeladen ist. Wir können für jede x -beliebige Masse ihren Schwarzschild-Radius ausrechnen. Für die Erde beträgt er neun Millimeter. Das bedeutet: Würde man die komplette Erde auf Marmelgröße zusammenquetschen, würde sie zu einem Schwarzen Loch werden.

Es gibt eine sehr anschauliche Erklärung für die Schwärze: Am Schwarzschild-Radius entspricht die Fluchtgeschwindigkeit der Lichtgeschwindigkeit. Da nichts schneller ist als das Licht, kann

ab diesem kritischen Abstand nichts dem Loch entkommen. Deshalb ist es schwarz, und wir haben als Außenbeobachter keine Chance zu beobachten, was im Innern ist. Der Schwarzschild-Radius heißt aus diesem Grund auch Ereignishorizont. Der Horizont trennt das beobachtbare Universum außerhalb Schwarzer Löcher vom unbeobachtbaren Innern. Klar, Sie könnten in ein Schwarzes Loch hüpfen, um Ihre Neugier zu stillen. Sie hätten allerdings keine Möglichkeit Ihre Erkenntnisse jemandem mitzuteilen, weil Ihr Signal das Loch nicht verlassen könnte. Abgesehen davon gäbe es kein Happy-End: Sie würden durch die Effekte im Loch zerrissen und gegrillt werden.

Gute Kandidaten für Schwarze Löcher

Sterne, die mehr als achtmal schwerer sind als die Sonne, kollabieren am Ende ihrer Entwicklung zu Neutronensternen oder Schwarzen Löchern. Neutronensterne sind so etwas wie die Vorstu-

fe zum Schwarzen Loch. Wenn Materie im Gravitationskollaps des Sterns extrem zusammenpresst wird, vereinigen sich die Elektronen der Atomhülle mit den Protonen im Atomkern und neutronisieren. Die schwersten beobachteten Neutronensterne wiegen so viel wie zwei Sonnen. Bei höheren Massen bilden sich Schwarze Löcher mit drei bis zwanzig Sonnenmassen, die auch astronomisch beobachtet werden. Außerdem fanden Astronomen in den Galaxienzentren Schwarze Löcher in XXL mit Millionen bis zehn Milliarden Sonnenmassen.

Kürzlich wurden gleich zwei Gravitationswellen-Ereignisse entdeckt, die eindeutig von zwei »verschmolzenen« Schwarzen Löchern stammen. Klassische Schwarze Löcher aus Einsteins Theorie existieren offenbar wirklich!

Theoretischer Blick ins Innere

Beobachten ist also der Blick ins Innere verwehrt. Aber zum Glück gibt es die Theoretiker. Sie können in ihre Gleichungen schau-



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

en und uns verraten, was im Schwarzen Loch steckt. Die klare Antwort des Relativitätstheoretikers: Im Zentrum des Lochs sitzt eine punktförmige Singularität.

Aber was ist eine Singularität? Wenn man sich von außen einem Schwarzen Loch nähert, wird seine Gravitation immer stärker. Bei der Erde ist das auch so, nur ist das bei einem Schwarzen Loch dermaßen heftig, dass die Gezeitenkräfte einfallende Sterne, Raumschiffe oder lebensmüde Astronauten zerreißen würden.

In Einsteins Theorie ist die Gravitation allerdings keine Schwerkraft mehr, sondern vielmehr gekrümmte Raumzeit. Je höher die Krümmung, umso stärker die Gravitation. Und genau diese Krümmung nimmt über den Schwarzschild-Radius hinaus immer mehr zu. Im Zentrum des Lochs am Radius null wird sie sogar unendlich groß. Das definiert die Singularität.

Das wäre nach aktuellem Kenntnisstand die Antwort der Titelfrage – doch die dürfte vermutlich nicht alle zufriedenstellen.

Überall herumwuselnde Strings?

Es gibt aber neben Einsteins großem Wurf noch die Quantentheorie: Sie beschreibt exzellent die submikroskopische Welt der Atome und Elementarteilchen. Die Gesetze der Quantenwelt werden in Einsteins Meisterwerk gar nicht berücksichtigt, etwa die Quantelung der Energie, die Heisenberg'sche Unschärfe oder das Pauli-Prinzip. Bei einem punktförmigen Objekt wie der Singularität sollten doch auch Quantengesetze eine Rolle spielen. Das Dilemma der Physiker ist, dass sie sich dann eine »Quantengravitation« zurechtstricken müssen.

Und davon kursieren auf dem Markt einige und damit mindestens genauso viele Antworten auf die Eingangsfrage: Nach der Stringtheorie gibt es im Innern des Lochs keine Singularität, sondern viele herumwuselnde Strings. Die Stringtheoretiker fanden sogar weitere Formen Schwarzer Löcher, die auf so schöne Namen wie »black strings« oder »black branes« hören. Nach der Schleifenquantengravitation besteht die Raumzeit aus endlich großen »Raumzeitatomen«. Wenn diese im Kollaps eines Sterns zu sehr zusammengequetscht werden, wehren sie sich und halten mit einer Art Antigravitation dagegen. Der Kollaps stoppt, es kommt zu keiner Singularität. Nach einer weiteren Variante stecken im Innern des Lochs Gravitonen – so heißen die hypothetischen Teilchen der Quantengravitation, die immer dann ausgetauscht werden, wenn eine Masse eine andere Masse »spürt«.

Es gibt da auch den weniger exotischen Ansatz, der einem Weißen Zwerg oder Neutronenstern ähnelt. Derartige »Fermionensterne« haben weder Elektronen noch Neutronen in sich, sondern andere Teilchen mit halbzahligem Spin, sogenannte Fermionen. Auch Teilchen mit ganzzahligem Spin – Bosonen – sind denkbar. Das wären dann »Bosonensterne«. Vermutlich wären viele Wissenschaftler also sehr überrascht, wenn sie irgendwann herausfinden, was sich tatsächlich in einem Schwarzen Loch befindet.

► Andreas Müller

Astro-ABC: E wie Emissionsnebel



▲ Abb.1: Auch ein Emissionsnebel: Der Lagunennebel M 8 im Sternbild Schütze. *Daniel Förtsch*

Die Materie im Weltall hat drei Möglichkeiten: Selber leuchten (Sterne), beleuchtet werden und Licht reflektieren (z.B. Planeten) oder zum Leuchten angeregt werden. Zu der letzten Kategorie gehören Emissionsnebel. Das sind Nebel, die überwiegend aus Wasserstoffgas beste-

hen. Der Begriff, abgeleitet vom lateinischen *emittere* = ausstrahlen, sagt schon, worum es geht: Die Nebel senden selbst Licht aus. Damit sie das können, muss eine Energie her, die sie zum eigenen Leuchten anregt. Die Quelle der dafür nötigen Strahlung sind heiße Sterne, die sehr energiereiche Lichtteilchen aus-

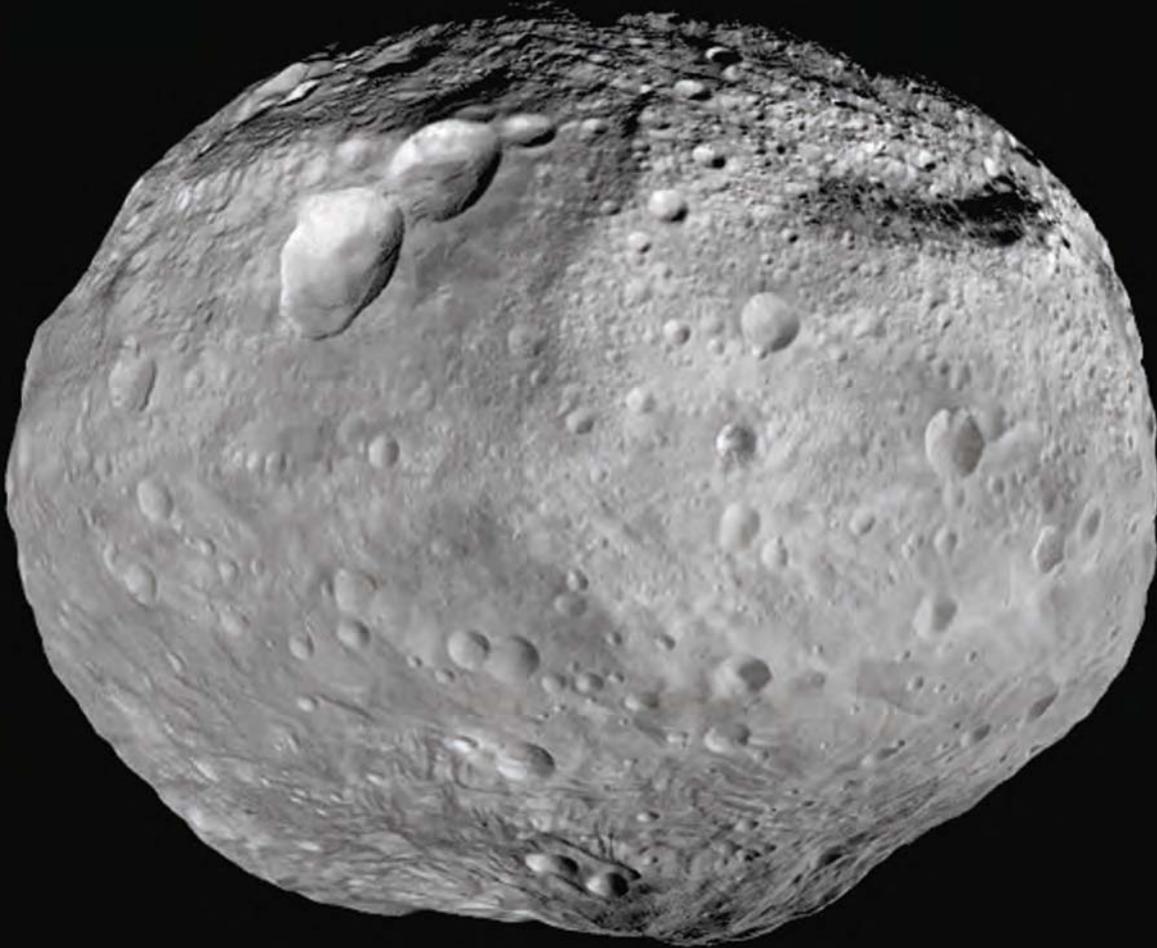
senden. Diese entreißen den Gasatomen Elektronen. Dadurch wird das Gas ionisiert. Ein ionisiertes Atom kann wieder ein freies Elektron einfangen, wodurch ein Rekombinationsleuchten entsteht. Springt ein Elektron auf eine niedrigere Umlaufbahn um seinen Atomkern, sendet es ebenfalls Licht einer bestimmten Wellenlänge aus. Je nach Atomsorte und Anregungszustand werden ganz charakteristische Farben im Lichtspektrum ausgesandt. Besonders häufig ist das Leuchten des angeregten Wasserstoffs bei 656,28nm, der berühmten H α -Linie, die im roten Bereich des Farbspektrums liegt. Daher erscheinen viele Nebelgebiete am Himmel auf länger belichteten Aufnahmen rötlich. Das Licht ist aber nicht hell genug, um das Farbsehen des menschlichen Auges anzuregen. Deshalb sieht man auch helle Emissionsgebiete wie z.B. den Orionnebel im Teleskop silbrig-weiß.

► Paul Hombach

HELLER KLEINPLANET am Winterhimmel

Opposition von (4) Vesta am 18. Januar 2017

NASA/JPL-Caltech/UCLA/PSI/MPS/DLR/IDA



▲ Abb. 1: Blick auf Vesta der NASA-Sonde Dawn, die den Kleinplaneten von Juli 2011 bis September 2012 erforschte.

Abendstern mit Begleitung

Venus in größter Elongation am 12. Januar

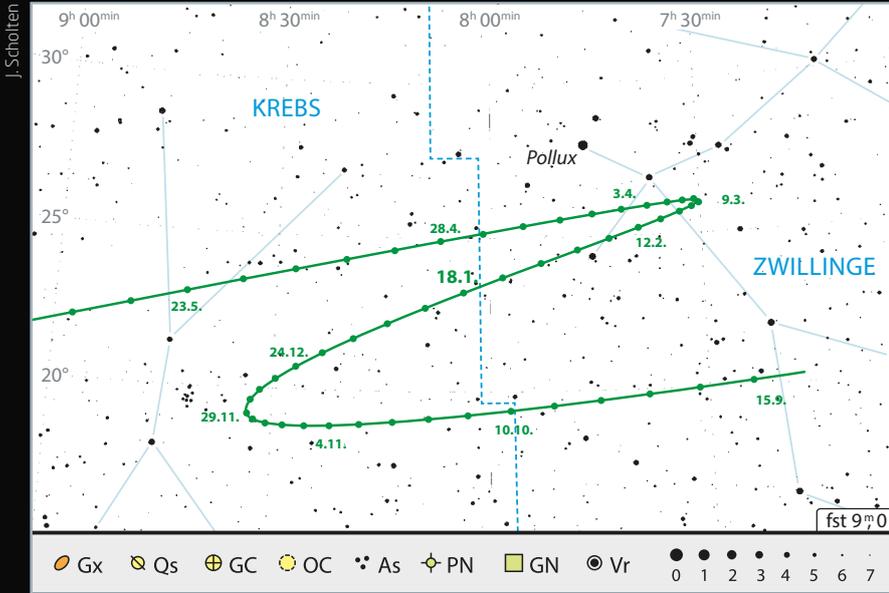
Venus beginnt das Jahr als Abendstern. Unübersehbar steht sie bald nach Sonnenuntergang als glänzender Punkt am südwestlichen Dämmerungshimmel. Am 12. Januar erreicht sie mit $47,1^\circ$ ihren größten Winkelabstand, die größte Elongation, zur Sonne, danach nähert sie sich erst langsam, dann immer schneller wieder der Sonne an. Venus kann sich von der Erde aus gesehen nicht beliebig weit von der Sonne entfernen. Die $47,1^\circ$ Abstand am 12. Januar sind fast der maximal mögliche Wert, erst im Januar 2025 sind es noch $0,1^\circ$ mehr.

Als innerer Nachbarplanet der Erde zeigt die Venus Phasen. Ähnlich wie der Mond kann sie zu- und abnehmend erscheinen. Steht Venus am Abendhimmel, ist sie hinter der Sonne hervorgekommen und erscheint im Teleskop zunächst klein und rundlich. Im Laufe der Zeit wird das Venusscheibchen größer, der Anteil der von der Erde aus gesehen beleuchteten Seite nimmt ab. Am 14. Januar blickt ein irdischer Beobachter genau senkrecht auf die Licht-Schatten-Grenze

der Venus, den sogenannten Terminator. Im Teleskop erscheint eine zu 50% beleuchtete »abnehmende Halbvenus«.

Als Bonus gibt es am Tag der größten Elongation eine enge Begegnung zwischen Venus und Neptun. Um 19:00 MEZ steht Neptun nur $0,4^\circ$ östlich. Auch wenn das Rendezvous am dunklen Himmel stattfindet: Um den nur $7^m,9$ hellen Neptun zu finden, wird wenigstens ein gutes Fernglas benötigt.

► Paul Hombach



▲ Abb. 2: Bahn des Kleinplaneten Vesta um den Oppositionszeitpunkt im Januar 2017 in den Sternbildern Krebs und Zwillinge.

Am 18. Januar gelangt der Kleinplanet Vesta in Oppositionsstellung. Dabei steht er im Sternbild Krebs, nah der Grenze zum Sternbild Zwillinge. Vesta geht bereits gegen 16:00 MEZ auf, steht um 0:21 MEZ genau im Süden, ca. 60° über dem Horizont und verschwindet erst gegen 8:40 MEZ vom Himmel. Somit ist der Kleinplanet die gesamte Nacht über perfekt zu beobachten.

Obwohl Vesta mit 573×557×446km nur halb so groß ist wie der Zwergplanet Ceres, wird der Kleinplanet als einziges Objekt des Asteroiden-Hauptgürtels zwischen Mars und Jupiter in seiner Oppositionsstellung heller als 6^m,5. Zur Opposition 2017 erreicht Vesta eine Helligkeit von 6^m,2. Damit ist der Kleinplanet zumindest theoretisch unter sehr dunklem Himmel und mit guten Augen auch ohne optische Hilfsmittel

sichtbar. Ansonsten ist es kein Problem, Vesta mit einem kleinen Fernglas oder Teleskop während der Opposition aufzuspüren. Aber auch vor bzw. nach dem Oppositionszeitpunkt ist Vesta leicht zu entdecken. Der Kleinplanet bewegt sich im Januar 2017 mit ca. 15' pro Tag in Richtung des Sternbildes Zwillinge.

Der Kleinplanet wurde 1807 von Wilhelm Olbers in Bremen als vierter Kleinplanet des Hauptgürtels visuell am Teleskop entdeckt. Er überließ die Namensgebung, die eigentlich dem Entdecker zusteht, dem Mathematiker Carl Friedrich Gauß als Anerkennung seiner Arbeit über die Methode der kleinsten Quadrate, die die Bahnrechnung von Kleinplaneten revolutioniert hatte. Gauß wählte die römische Göttin von Heim und Herd und Schwester von Ceres: Vesta.

► André Knöfel

Geminiden im Mondlicht

Vollmond stört Maximum Mitte Dezember

Das Maximum der Geminiden, einer der aktivsten Ströme im Jahresverlauf, wird in diesem Jahr leider durch den Mond extrem gestört. In der Maximumsnacht vom 13. auf den 14. Dezember steht der Vollmond in der Nähe der Hörner des Sternbildes Stier und damit nur rund 35° vom Radianten des Stromes nahe Castor im Sternbild Zwillinge entfernt. Um überhaupt etwas von den Meteoren zu sehen, sollte der Mond außerhalb des Gesichtsfeldes stehen. Dazu bietet sich eine östliche Blickrichtung in den Stunden nach Mitternacht an. Das eigentliche, zeitlich recht breite Maximum wird am 14. Dezember gegen 1:00 MEZ erwartet, wobei die Aktivität auch vor und nach diesem Zeitpunkt deutlich erhöht ist. Da während des Maximums auch häufig helle bis sehr helle Meteore auftreten können, sollte trotz des Mondes doch einiges an Aktivität zu erkennen sein.

► André Knöfel

Astronomische Ereignisse im Dezember/Januar 2017	
4.12.	Aktivitätsbeginn Geminiden
7.12. 10:03	MEZ Mond Erstes Viertel
10.12. 12:51	MEZ Saturn Konjunktion
11.12. 5:36	MEZ Merkur (-0 ^m ,5) größte Elongation (20,8°) Ost
12.12. 22:56	MEZ Mond bedeckt γ Tau (Hyadum I) (3 ^m ,6), Eintritt, durchquert Hyaden bis zum Morgen
13.12. 0:19	MEZ Mond: Maximale Libration in Breite: Nordpol sichtbar (Breite: +6,527°)
14.12. 1:06	MEZ Vollmond
14.12. 1:00	MEZ Maximum Geminiden, ZHR=120, durch Mond gestört
17.12.	Aktivitätsbeginn Ursiden
21.12. 2:56	MEZ Mond Letztes Viertel
21.12. 11:44	MEZ Wintersonnenwende
23.12. 10:00	MEZ Maximum Ursiden, ZHR=10–50
26.12. 15:41	MEZ Mond: Maximale Libration in Breite: Südpol sichtbar (Breite: -6,636°)
28.12. 17:00	MEZ Venus 0,9° NW δ Cap
28.12. 19:47	MEZ Merkur untere Konjunktion
28.12.	Aktivitätsbeginn Quadrantiden
29.12. 7:53	MEZ Neumond
31.12. 5:32	MEZ 45P/Honda-Mrkos-Pajdusak im Perihel (0,53AE), ca. 7 ^m hell
3.1. 15:00	MEZ Maximum Quadrantiden, ZHR=120 (variabel)
5.1. 20:47	MEZ Mond Erstes Viertel
7.1. 16:54	MEZ Mond bedeckt η Cet (4 ^m ,3), Bedeckung am dunklen Rand
9.1. 6:43	Mond: Maximale Libration in Breite: Nordpol sichtbar (Breite: +6,646°)
9.1. 17:16	MEZ Mond 1,4° O Aldebaran
12.1. 12:34	MEZ Vollmond
12.1. 14:18	MEZ Venus (-4 ^m ,5) größte Elongation Ost (47,1°), Abendhimmel
15.1. 19:22	MEZ Mond: Maximale Libration in Länge: Ostseite (Länge: 6,327°)
18.1. 1:38	MEZ (4) Vesta in Opposition (6 ^m ,2)
19.1. 8:37	MEZ Mond 1,5° N Jupiter
19.1. 10:43	MEZ Merkur (-0 ^m ,2) größte Elongation West (24,1°), Morgenhimmel
19.1. 23:13	MEZ Mond Letztes Viertel
22.1. 20:02	MEZ Mond: Maximale Libration in Breite: Südpol sichtbar (Breite: -6,782°)
24.1. 12:05	MEZ Mond 2,5° N Saturn
28.1. 1:07	MEZ Neumond

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

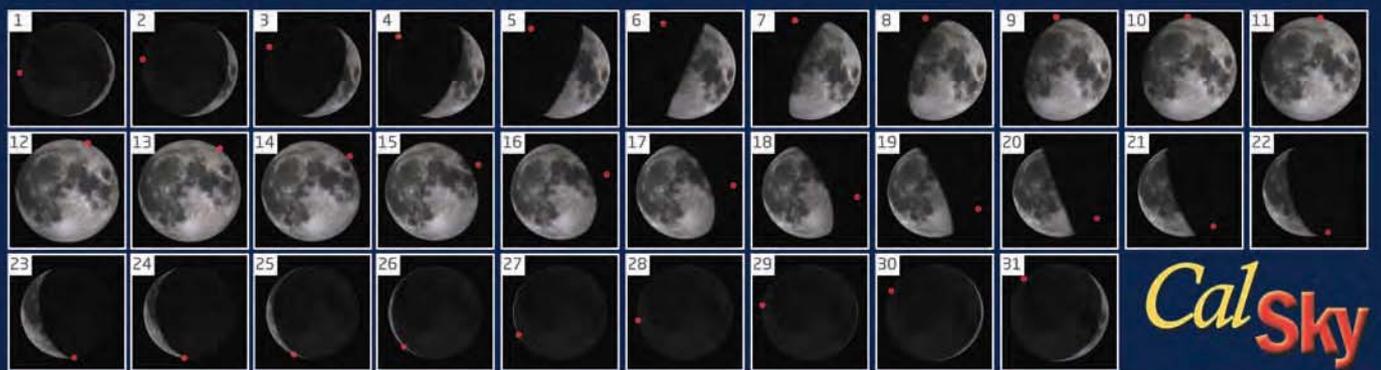
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Der Mond im Dezember/Januar

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



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

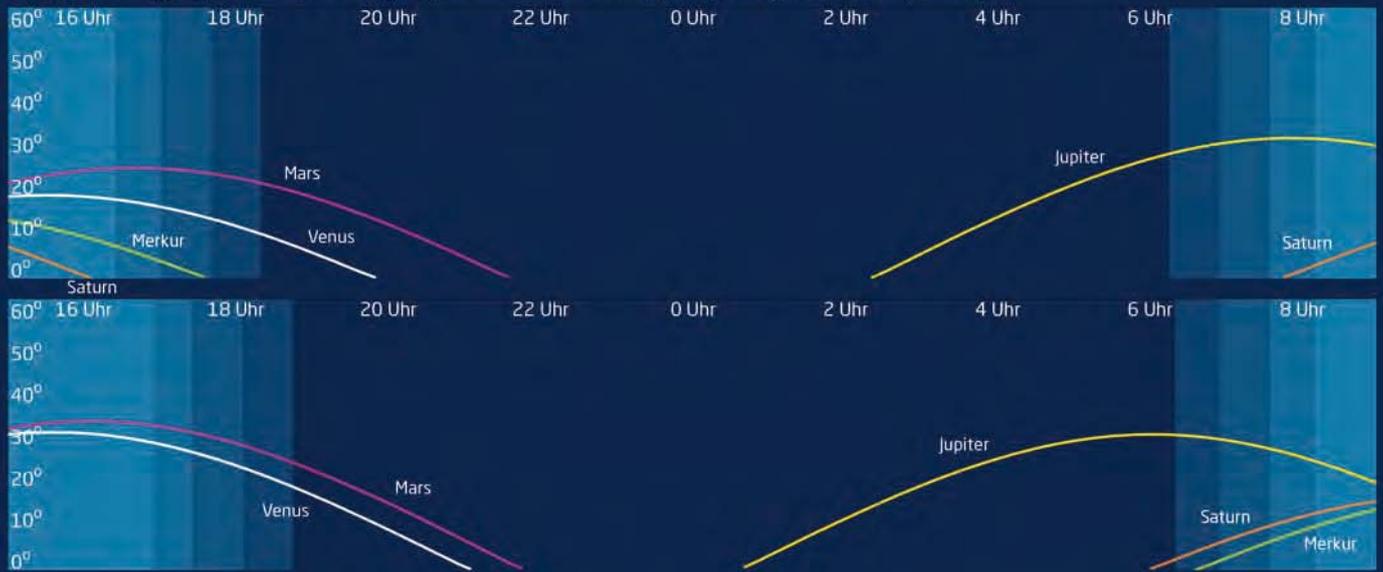


Die Daten und Ansichten auf dieser Doppelseite wurden erstellt mit CalSky für 50° Nord, 10° Ost. Die Plattform www.CalSky.com erlaubt Ihnen die exakte Kalkulation für Ihren Beobachtungsort.

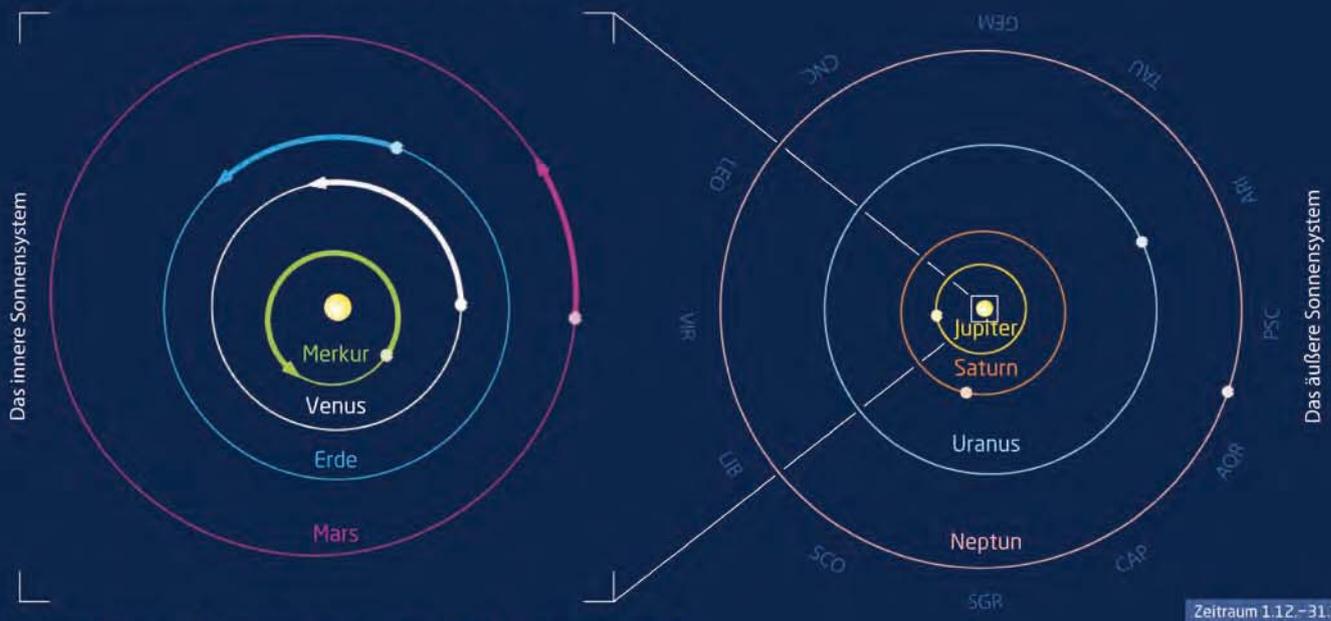
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Die Planeten im Dezember/Januar

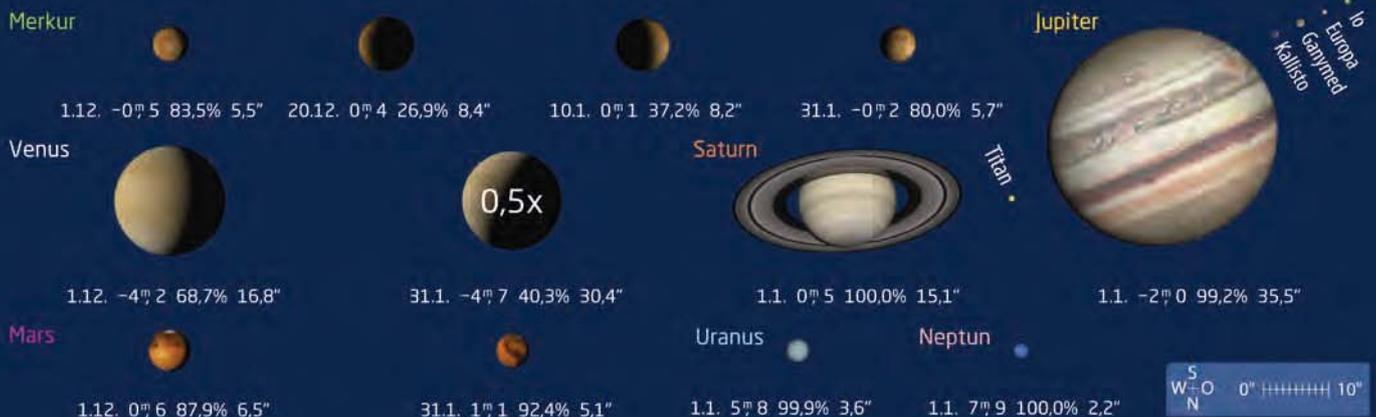
Planeten: Aufgang, Höhe und Untergang im Dezember 2016 (oben) und Januar 2017 (unten)



Planeten: Bahnen im Dezember 2016 und Januar 2017

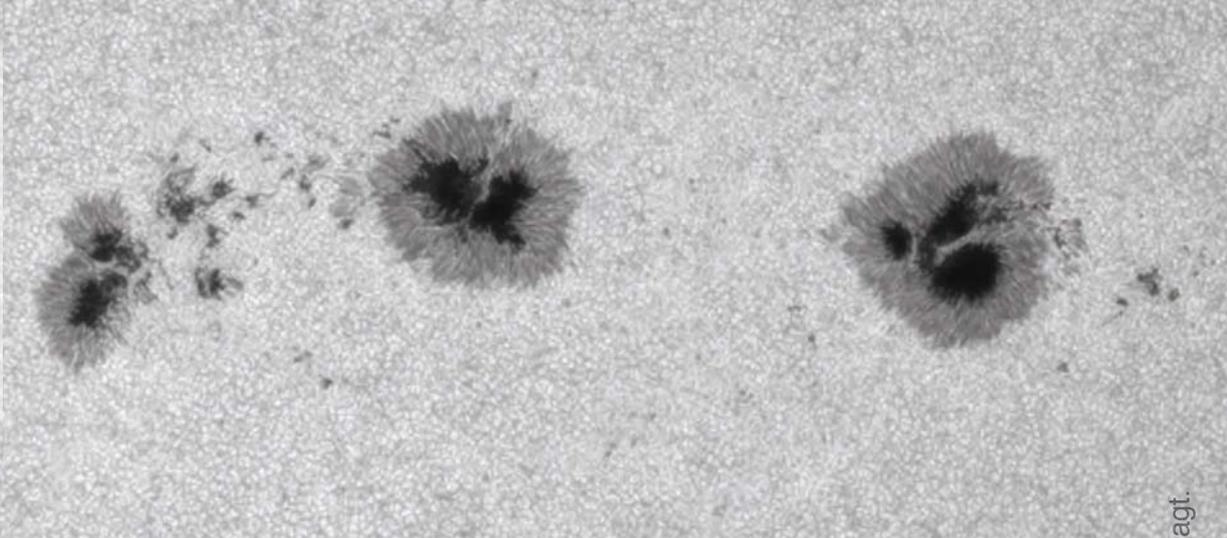


Planeten: Anblick im Fernrohr im Dezember 2016 und Januar 2017



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

► Abb. 1: Sonnenflecken-
gruppe AR 12565 und
12567 am 23.07.2016,
Aufnahme entstanden
mit Herschelkeil und Ka-
mera DMK 41 – 700 Ein-
zelbilder, Bildbearbeitung
mit AutoStakkert 10% und
Registax 6.0. Ernst Elgaß.



Sonne aktuell: Rund um den Sonnenäquator

Zum Ende eines jeden Sonnenfleckenzyklus kann man beobachten, wie sich die wenigen verbliebenen Fleckengruppen in schmalen heliografischen Breiten nördlich und südlich des Sonnenäquators anordnen. Das liegt an der über dem gesamten Zeitraum eines Zyklus zu verfolgenden Wanderung der Aktivitätszentren von höheren zu niedrigeren Breiten. Als Erster hatte dies Alfred Spörer (1822-1895) herausgefunden, weshalb diese Breitenwanderung in der Sonnenphysik auch als Spörersches Gesetz bekannt ist.

Wer regelmäßig Positionen von Sonnenflecken über einen Zyklus hinweg misst, wird da-

raus ein sogenanntes Schmetterlingsdiagramm erstellen können. In der Übergangsphase von einem Zyklus zum nächsten kann man sowohl Gruppen des alten als auch des neuen Zyklus beobachten. Bis dahin wird es aber noch drei bis vier Jahre dauern. Was man aber schon jetzt beobachten kann, ist die Anordnung der Fleckengruppen beiderseits des Sonnenäquators im Weißlicht und der chromosphärischen Fackeln im H α -Licht. Filamente und Protuberanzen können derzeit noch außerhalb dieser Zonen beobachtet werden, wandern aber in den kommenden Jahren auch in äquatornahe Breitengrade.

Neben der Versammlung der Aktivitätsgebiete rund um den Sonnenäquator war der häufige Wechsel zwischen großen Fleckengruppen und einer fleckenlosen Sonne prägend für die letzten Monate. Im Juli gab es fünf fleckenlose Tage, im August einen. Die Zahl der neu hinzugekommenen Fleckengruppen hatte sich im Rahmen der üblichen monatlichen Schwankungen leicht auf 11 im Juli und 13 im August erhöht.

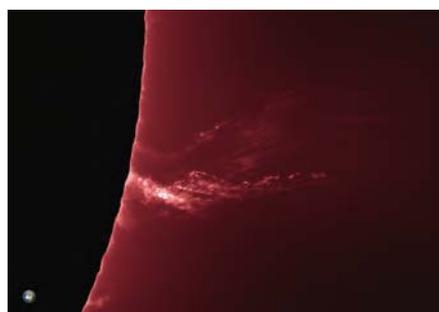
Gerade die bereits jetzt – etwa vier Jahre vor dem prognostizierten Minimum – auftretenden fleckenfreien Tage sind interessant: Sonst sind sie nämlich erst ein bis zwei Jahre vor dem Minimum zu beobachten. Die fehlenden Flecken könnten ein Hinweis auf ein weiteres langes und tiefes Minimum sein oder auch auf einen noch schwächeren 25. Fleckenzklus in den

2020er Jahren. Entscheidend ist, ob und wie viele fleckenfreie Tage in den kommenden Monaten registriert werden.

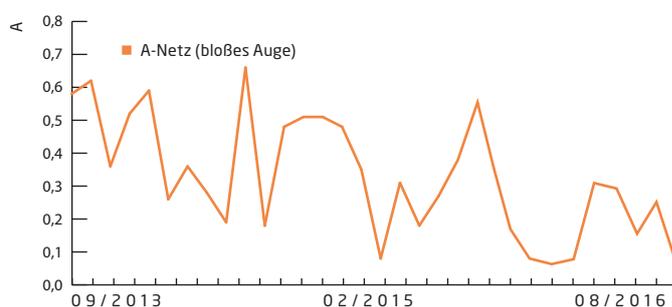
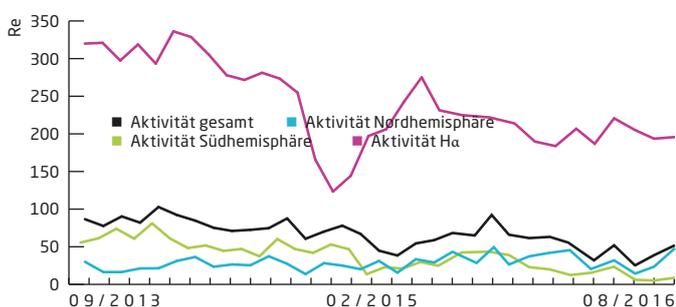
Im H α -Licht war zuletzt eine ganz ähnliche Entwicklung zu beobachten. Neben seltenen großen Protuberanzen waren hier einige sehr lange Filamente genauso auffällig wie die hohe Zahl vieler kleiner, die eher »Matschflecken« gleichen. Sie entstehen aufgrund schwächer werdender lokaler Magnetfelder und können hier kein großes Filament mehr ausbilden.

Auch die Zahl der beobachteten Ausbrüche der zweithöchsten Klasse M ist symptomatisch: Im Juli wurden drei M-Flares und im August einer gesichtet, die Klasse X wurde schon seit Monaten nicht mehr erreicht. Im Gegenteil: Immer öfter kann man sehen, dass weite Teile der Sonnenoberfläche im H α -Licht frei jeglicher Aktivitätserscheinungen sind. Für den Amateursornenbeobachter gilt dennoch der alte Grundsatz: Im H α -Licht gibt es immer etwas zu sehen, auch wenn die Sonne im Weißlicht fleckenlos ist.

► Manfred Holl



▲ Abb. 2: Riesenprotuberanz am 06.09.2016, 08:49 UT, aufgenommen mit TS FotoLine ED, 110/770 mm, Objektivfilter Baader C-ERF 110 mm, Baader 4x Telezentrik, SolarSpectrum-Filter: Solar Observer 1,5, 0,05nm Halbwertsbreite, eff. Brennweite 2942mm (gemessen), Kamera: ZWO ASI 174MM ohne Kühlung. Wolfgang Bischof



SURFTIPPS

- Programm SunMap zur Positionsbestimmung von Sonnenflecken

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a6032](http://kurzlink.oc1m.de/a6032)

Kometen aktuell: Komet 45P nahe Venus

Der Komet mit dem schwer auszusprechenden Namen 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková wurde im Dezember 1948 entdeckt. Zunächst durch den Japaner Minoru Honda, wenig später durch Antonin Mrkos und Ludmilla Pajdušáková am slowakischen Skalnaté Pleso Observatorium. Honda-Mrkos-Pajdušáková ist ein Komet der Jupiter-Familie, seine Bahn liegt dabei ziemlich exakt zwischen Jupiter- und Erdbahn. Bei einer Umlaufzeit von etwa 5,2 Jahren kann er beiden Planeten sehr nahekommen. Bei seiner bislang letzten Wiederkehr näherte sich 45P im August 2011 der Erde bis auf 0,06AE oder rund neun Millionen Kilometer. Auch die aktuelle Wiederkehr des Kometen ergibt wieder einen erdnahen Vorbeiflug: Am 11. Februar 2017 wird der Abstand nur 0,08AE betragen.

Im Dezember steht der Komet tief am abendlichen Südwest-Himmel. Die Helligkeit dürfte zu Monatsbeginn rund 11^m betragen, wird aber rasch ansteigen. Zur Monatsmitte, wenn 45P vom Sternbild Schütze in den Steinbock wechselt, gibt es realistische Chancen, den etwa 9^m hellen Kometen erstmals aufzufinden. Südliche Beobachtungsstandorte sind etwas bevorzugt. Das kurze Beobachtungsfenster öffnet sich etwa um 17:30 MEZ,



▲ Abb. 1: Komet 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková mit imposantem Plasmaschweif. CCD-Aufnahme vom 9. Oktober 2011, 500mm-Deltagraph bei 1500mm, SBIG STX 16803, Belichtung 3×120sec. Norbert Mrozek, Waldemar Skorupa

zum Ende der astronomischen Dämmerung, um etwa 18 MEZ, steht der Komet dann nur noch 5° hoch.

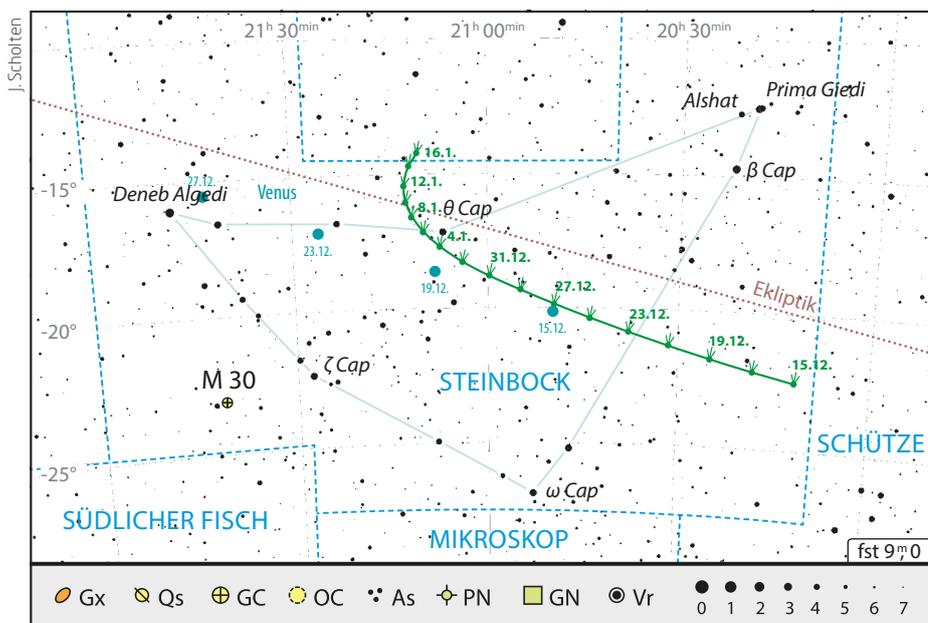
Als kleine Orientierungshilfe dient der Planet Venus, der jeweils etwa 10° nordöstlich steht. Die Kometen-Helligkeit wird schnell ansteigen – um Weihnachten sind bereits 8^m zu erwarten, bis zum Jahresende könnten es 7^m sein. Am 31. Dezember läuft 45P durch sein Perihel in 0,53AE Sonnenabstand und es wird sich an Abendhimmel eine besondere Konstellation ergeben: Nur 5° neben dem Schweifstern wird die schmale Mondsichel zu sehen sein, 15° nordöstlich steht noch immer der Abendstern, der helle Planet Venus.

Im neuen Jahr wird der Winkelabstand zur Sonne geringer und die Sichtbedingungen ver-

schlechtern sich. Mitte Januar wird dann die erste Beobachtungsperiode des nach wie vor rund 7^m hellen Kometen zu Ende gehen. Ab Anfang Februar kann 45P dann schon wieder am Morgenhimmel gesehen werden.

Einfacher zu beobachten, weil am dunklen Nachthimmel stehend, ist C/2015 V2 (Johnson). Er kann am frühen Abendhimmel im Nordwesten und nach Mitternacht im Nordosten in geeigneter Horizonthöhe aufgesucht werden. Anfang Dezember bewegt sich Komet Johnson durch das Sternbild Jagdhunde, die Helligkeit wird etwa 11^m5 betragen. Kurz vor Weihnachten wechselt er ins Sternbild Bootes und ist nun etwa 10^m8 hell. Im Januar muss man die Beobachtungen langsam auf den Morgenhimmel verlegen, am Abendhimmel steht der Komet nun schon sehr tief. Während der Schweifstern gemächlich durch das Sternbild Bootes wandert, wird die Helligkeit stetig ansteigen. Zum Monatsende kann mit einem rund 10^m hellen Kometen gerechnet werden, der auch schon in kleinen Teleskopen zu sehen sein sollte.

► Burkhard Leitner



▲ Abb. 2: Aufsuchkarte 45P am Abendhimmel.

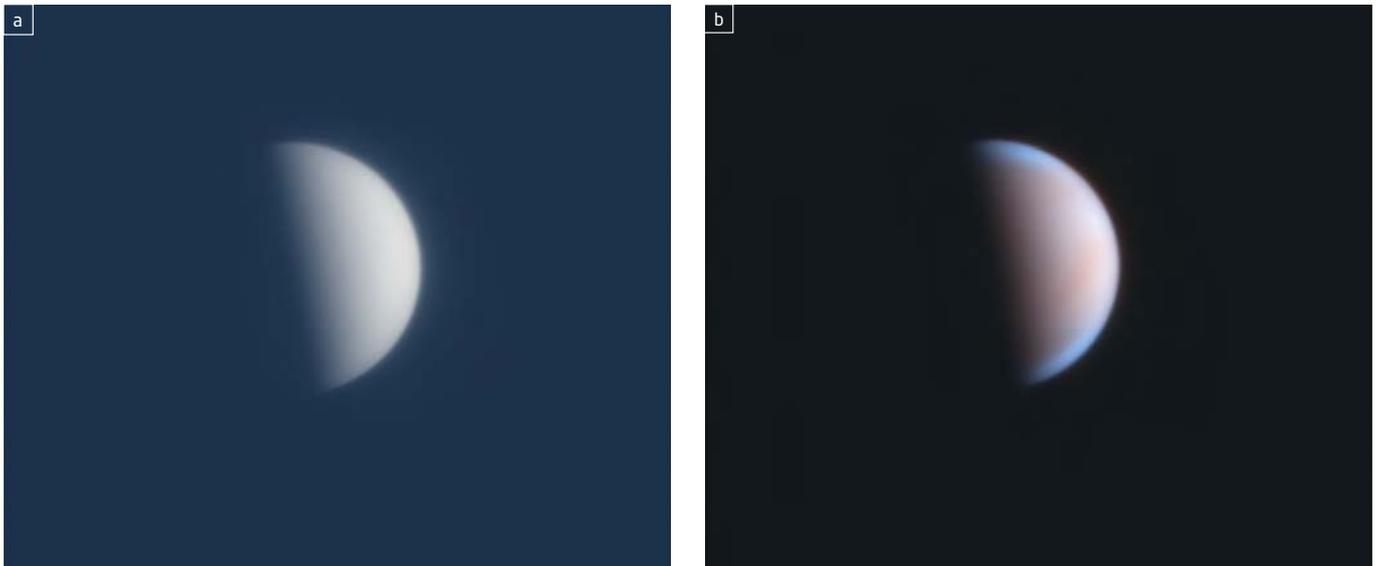
SURFTIPPS

- Komet 45P bei Seiichi Yoshida
- Komet 45P bei The Sky Live
- Komet 45P bei Cometography.com
- Komet C/2015 V2 bei Seiichi Yoshida
- Komet C/2015 V2 bei The Sky Live

[Kurzlink: oc1m.de/a6033](http://oc1m.de/a6033)

Kometen im Dezember 2016/Januar 2017						
Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erw. Helligkeit	
45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková	3.12.1948	31.12.2016 (0,53AE)	11.2.2017 (0,08AE)	Dezember 2016 bis März 2017	11 ^m bis 7 ^m	
C/2015 V2 (Johnson)	3.11.2015	12.6.2017 (1,64AE)	5.6.2017	November 2016 bis Juli 2017	11 ^m bis 10 ^m	

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



▲ Abb. 1: **Venus ist wieder da.** Das Erscheinungsbild ist im visuellen (a) jedoch wesentlich weniger spektakulär als im ultravioletten (b) Spektralbereich. Aufnahmen mit einem 500mm-Newton-Teleskop und The Imaging Source Kamera 21AU618.AS am 5.8.2015. *Mario Weigand*

Planeten aktuell: Venus als Weihnachtsstern

Die Durststrecke für Planetenbeobachter neigt sich dem Ende zu. Im Dezember kann sich Venus immer besser am Abendhimmel durchsetzen und im Januar ist sie dann nicht mehr zu übersehen. Am 12. Januar ist der maximale Winkelabstand zur Sonne erreicht, die größte östliche Elongation.

Bei keinem Planeten kann man die Phasengestalt so schön im Teleskop verfolgen wie bei Venus. Am 14. Januar tritt die Halbphase, die so genannte Dichotomie ein, an diesem Tag ist das Venusscheibchen von der Erde aus gesehen genau zur Hälfte beleuchtet, im Okular sieht sie wie ein Halbmond aus. Es ist spannend, um dieses Datum die Phasengestalt genau zu beobachten, denn meist tritt die tatsächlich beobachtete Halbphase einige Tage

früher ein – dies liegt an der mächtigen Atmosphäre der Venus, deren Oberseite wir beobachten. Selbst mit einem kleinen Fernrohr kann man, gutes Wetter vorausgesetzt, diesen Effekt sehen. Wenn es schon dunkel ist, sollte am besten ein Neutralfilter verwendet werden, um Überstrahlungseffekte zu vermeiden.

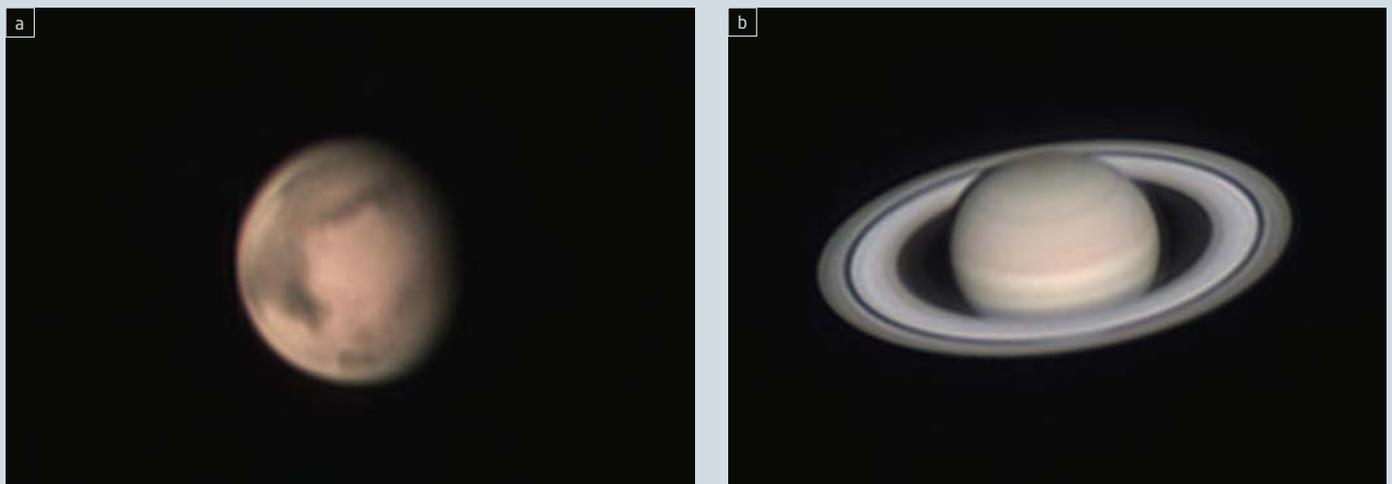
Und sonst? Immer wieder dokumentieren Amateurbeobachter veränderliche Strukturen auf dem Venusscheibchen. Am häufigsten wahrgenommen werden fahle Schattierungen in der Scheibenmitte. Seltener beobachtet werden Unregelmäßigkeiten der Tag- und Nachtgrenze oder helle Kappen an den Sichelhörnern. Schon im 20. Jahrhundert konnte nachgewiesen werden, dass die allermeisten dieser Sichtungen auf optischen Täuschun-

gen beruhen. Stellt man die Beobachtungssituation mit einer weißen Billardkugel und »hausgemachter« Luftunruhe nach, glauben die meisten Beobachter Strukturen zu erkennen, obwohl solche nicht vorhanden sind. Unzweifelhaft ist jedoch, dass fotografisch mit einem UV-Filter Strukturen der Wolkenoberfläche nachgewiesen werden können. Inwieweit solche Strukturen aus dem nicht für das menschliche Auge zugänglichen tiefvioletten Spektralbereich manchmal bis auf längere Wellenlängen durchschlagen, bleibt offen. Die Wochen um die Dichotomie sind die beste Beobachtungszeit dafür.

Für Frühaufsteher ist Jupiter wieder ein Ziel. Im Juli lag die Position des Großen Roten Flecks bei 252° im System II.

► Ronald Stoyan

Rückblick: Mars und Saturn im Juli



► Abb. 2: **Mars (a) und Saturn (b)** am 18.7.2016. *Torsten Edelmann*

Jetzt am Abendhimmel

Beobachtungsempfehlungen für Dezember/Januar 2017

Sternbild-Streifzüge:
Der Fuhrmann

Fernglas-Wanderung:
Ungleiche Drillinge und ein fliegender Fisch

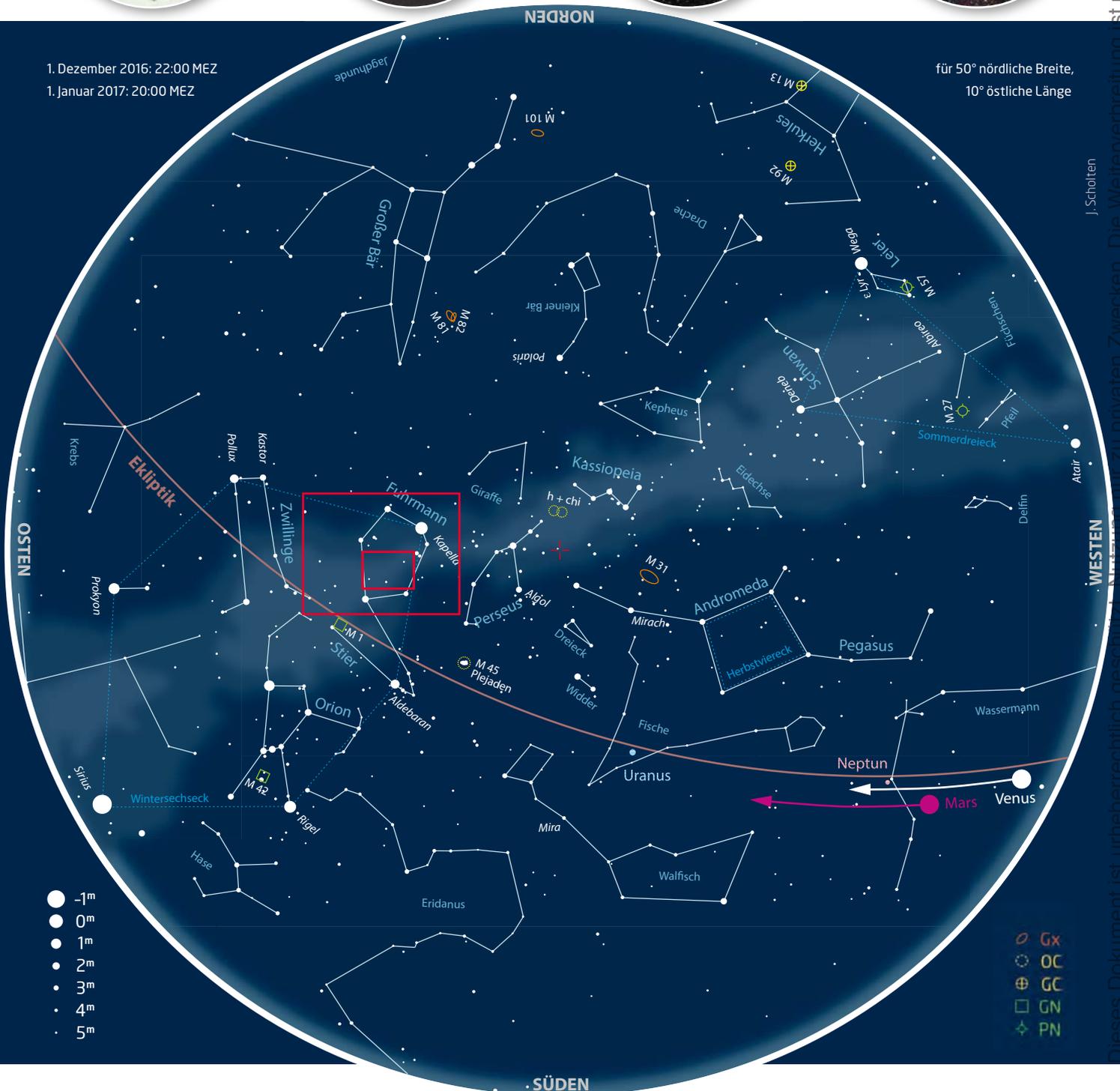
Deep-Sky-Schätze für Stadtbeobachter:
M 37 - Sternreichtum pur

Deep-Sky-Schätze für Landbeobachter:
M 38 in Begleitung



1. Dezember 2016: 22:00 MEZ
1. Januar 2017: 20:00 MEZ

für 50° nördliche Breite,
10° östliche Länge



Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nachdruck ist ohne schriftliche Genehmigung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

J. Scholten

Sternbild-Streifzüge: Der Fuhrmann

Das Sternbild Fuhrmann ist manchmal auch unter seinem lateinischen Namen Auriga bekannt und ist eine leicht erkennbare Konstellation des Winterhimmels. Es liegt nördlich des Stiers bzw. zwischen dem Helden Perseus und den Zwillingen. Der hellste Stern von Auriga, folglich als α Aur bezeichnet, heißt Capella, was mit »kleine Ziege« oder »Zicklein« übersetzt wird. Das lateinische Wort Capra (Ziege) ist dabei der Ursprung des Namens. Capella stellt laut der griechischen Mythologie die Ziege Amalthea dar, die den vor seinem Vater versteckten Gott Zeus ernährte. Sie säugte das Kind mit ihrer Milch und aus den Hörnern trank Zeus Nektar und Ambrosia.

Das aus zwei gelben Riesensternen bestehende Doppelsystem Capella ist wegen seines geringen Abstandes von 42 Lichtjahren der dritthellste Stern der nördlichen Hemisphäre. Zudem ist der Hauptstern zirkumpolar, d.h. er geht für unsere Breiten nie unter und kann sogar in den Sommermonaten über dem Nordhorizont leicht gesehen werden.

Der mit der Ziege tanzt

Auriga bedeutet übersetzt Wagenlenker, wobei sich im deutschen Sprachraum die Bezeichnung Fuhrmann durchgesetzt hat. Nach einer griechischen Sage stellt das Sternbild den König Erichthonius dar. Dessen größte Tat war die Erfindung des Reiterwagens mit vier Pferden, weshalb er gleichfalls als mythologischer Erfinder des Rades gilt. Die Erfindung war auch Selbstzweck: Trotz seines Schlangunterleibs konnte er sich dadurch schneller fortbewegen. Nach seinem Tod wurde der König an den Sternhimmel versetzt, seine irdische letzte Ruhestätte fand er im Erechtheion-Tempel auf der Akropolis in Athen.

Trotz der Bezeichnung Fuhrmann zeigen bildliche Darstellungen des Sternbilds meist gar keinen Wagenlenker, sondern einen Ziegenhirten. Dieser hält eine Ziege im Arm, die durch den Stern Capella markiert wird. Auch der Name von ϵ Aur, Almaaz, leitet sich vom Wort »Ziege« ab.

Grinsekatzelacht im Fernglas

Zu den Klassikern im Fuhrmann zählt das Sternhaufen-Trio M 36, M 37 und M 38. Unter dunklem Himmel sind die drei schon mit einem Fernglas lohnende Ziele. Als hell-

► Abb. 1: Obwohl der Name Auriga auf einen Wagenlenker bzw. Fuhrmann hindeutet, zeigen bildliche Darstellungen viel mehr einen Ziegenhirten

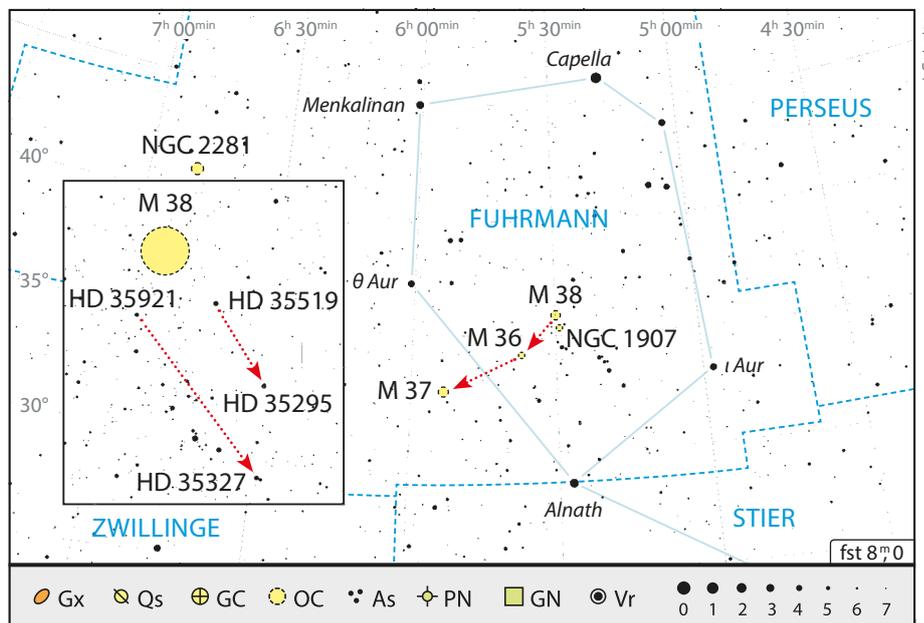


ter Sternhaufen des Sternbilds geht allerdings NGC 2281 knapp in Führung.

Ein weiteres und vor allem amüsantes Ziel für Fernglasbesitzer ist ein kaum bekannter Asterismus südlich von M 38, denn in diesem Sternmuster lacht die Grinsekatzel aus »Alice

im Wunderland« dem Beobachter entgegen. Die Sternkette von HD 35921 und HD 35327 ist dabei das markante Grinsen, über dem zwei Sterne (HD 35519, HD 35295) die Augen der Cheshire Cat bilden.

► Nico Schmidt



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

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



◀ Abb. 1: Das Sternbild Fuhrmann ist die Heimat vieler eindrucksvoller Sternhaufen.

Marcus Degenkolbe

Bei aufmerksamer Beobachtung fällt ein deutlich lichtschwächerer und kompakter Nebelfleck 0,5° südlich von M 38 auf, der offene Sternhaufen NGC 1907. Dieser erscheint bei siebenfacher Vergrößerung noch fast punktförmig, weshalb sich eine höhere Vergrößerung und ein Stativ hier lohnen.

Fischköder

Ganz anders ist dies beim auf den ersten Blick vielleicht auffälligsten Konglomerat von Sternen im Fuhrmann, 3° südwestlich von M 38. Hier bilden fünf zwischen 4^m5 und 6^m6 helle Sterne ein etwa 40'×15' großes Sternmuster, das von amerikanischen Beobachtern »Flying Minnow« getauft wurde, zu Deutsch »Fischköder«. Obwohl es sich nicht um ein physisches Objekt handelt, die Sterne also nur zufällig am Himmel zusammenstehen, wurde dieser sogenannte Asterismus mehrfach katalogisiert, u.a. als Melotte 31 und Harrington 4.

Direkt östlich der »Flying Minnow« kann man einen schwachen Nebelfleck entdecken bzw. bei schlechteren Himmelsbedingungen nur erahnen, nämlich den offenen Sternhaufen NGC 1893. Dieser ist in den galaktischen Nebel IC 410 eingebettet, der jedoch im Fernglas unsichtbar bleibt.

► Kay Hempel

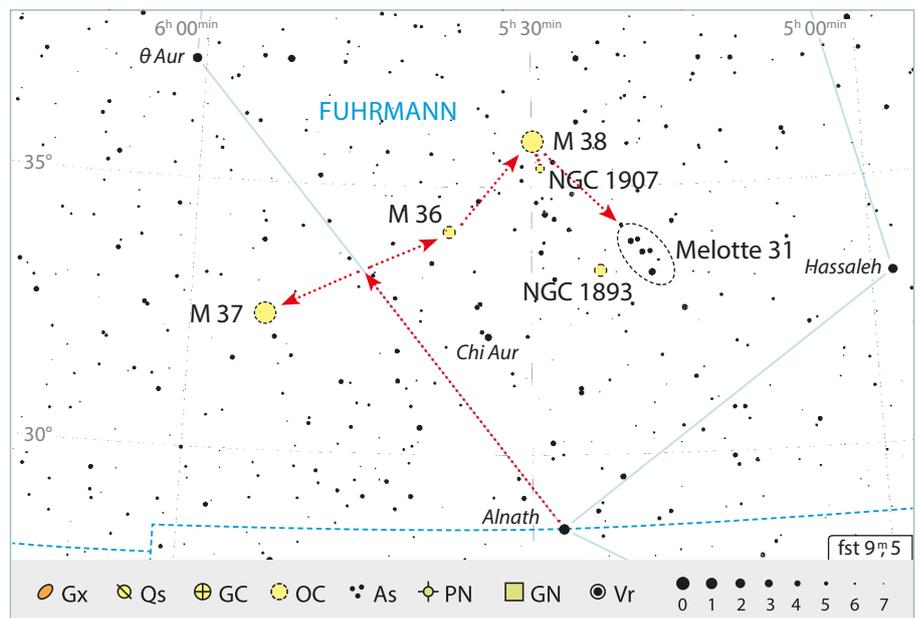
Fernglas-Wanderung: Ungleiche Drillinge & ein fliegender Fisch

Mit welchem Instrument man auch immer das Sternbild Fuhrmann durchstreift, die drei Messier-Sternhaufen bilden die Glanzlichter. Und schon im Fernglas gibt es bei diesen und drumherum einiges zu entdecken.

wie M 37, während M 38 am größten und gleichzeitig am schwächsten wirkt. Auch ein 10×50 zeigt M 37 und M 38 lediglich als Nebelflecken mit wenigen aufblitzenden Einzelsternen.

Drei auf einen Streich

Besitzt Ihr Fernglas ein scheinbares Sehfeld von über 7°, dann ist es möglich, die drei großen Sternhaufen gemeinsam zu erblicken. Um sie zu finden, fährt man am besten von Alnath (β Tau) langsam nordöstlich in Richtung θ Aur. Etwa auf halber Strecke erscheinen östlich der gedachten Linie M 37 und westlich von dieser M 36 sowie weitere 2° nordwestlich schließlich M 38. Auf den ersten Blick ähneln sie sich wie Drillinge: runde Nebelflecken fast gleicher Größe. Mit etwas Geduld lassen sich aber etliche Unterschiede in ihrer Größe und Helligkeit sowie der Auflösbarkeit von Einzelsternen herausarbeiten. So erscheint M 36 im 10×50 als dichter Sternhaufen, aber kleiner als seine Nachbarn und etwa gleich hell



▲ Abb. 2: Im Süden des Sternbilds Fuhrmann liegen einige interessante Sternhaufen nah beieinander, die sich auch mit dem Fernglas erkunden lassen.

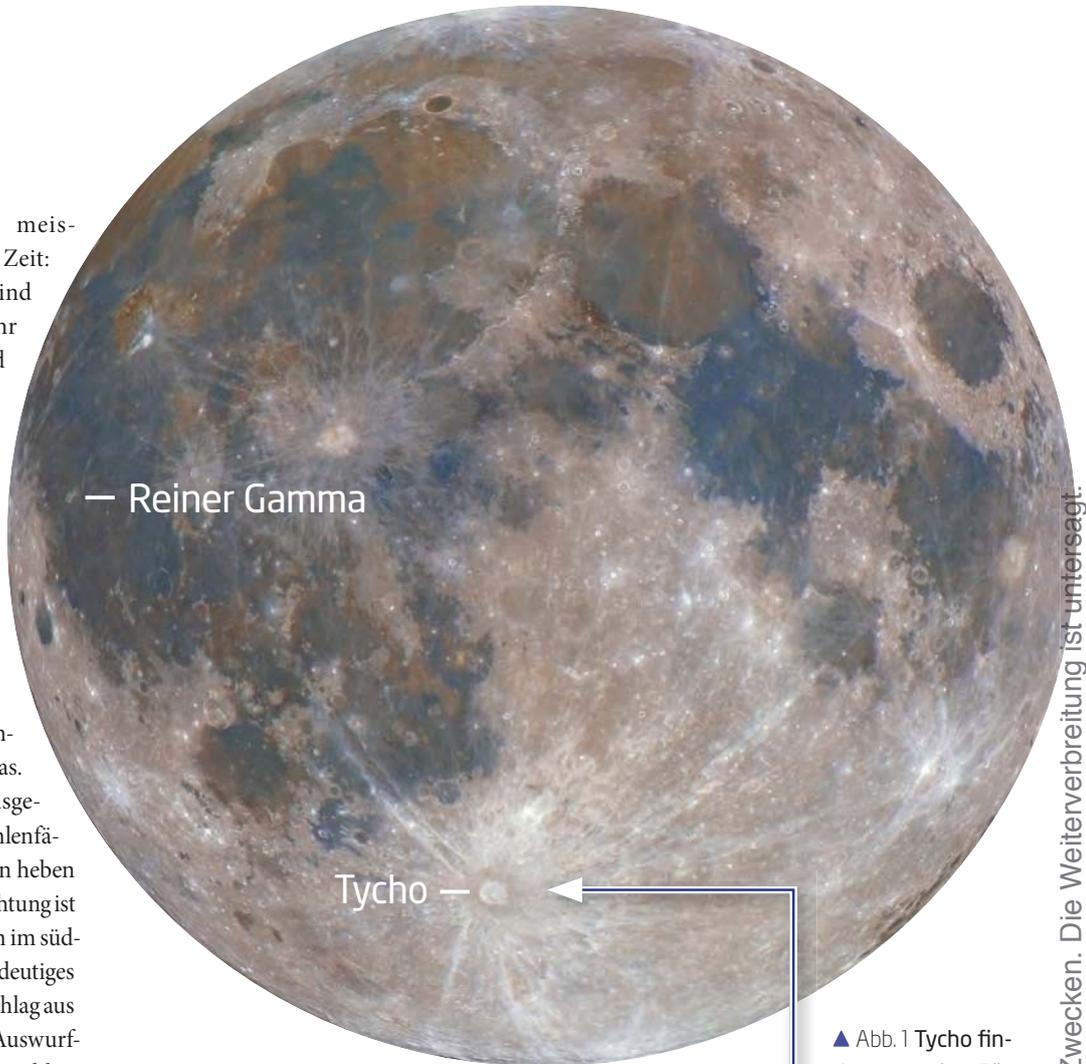
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Mond-Spaziergang: Leckerbissen zu Vollmond

Vollmondzeit – für die meisten Beobachter eine trübe Zeit: Deep-Sky-Beobachtungen sind aufgrund des hellen Mondes nur sehr eingeschränkt möglich und der Mond selbst zeigt bei hohem Sonnenstand keinen Schattenwurf. Doch Trübsinn muss jetzt keiner blasen: Denn gerade zu Vollmond sind auf der Mondoberfläche einige Strukturen besonders gut erkennbar.

Das größte Strahlensystem

Für die erste visuelle Annäherung an das hellste und ausgedehnteste Strahlensystem des Mondes genügt ein Fernglas. Vom 86km großen Krater Tycho ausgehend verlaufen Hunderte feiner »Strahlenfäden«. Sieben bis acht einzelne Strahlen heben sich deutlich heraus. Bei genauer Betrachtung ist zu erkennen, dass ausgeprägte Strahlen im südwestlichen Sektor fehlen. Die ist ein eindeutiges Indiz dafür, dass es sich um einen Einschlag aus flachem Winkel handelt, bei dem das Auswurfmaterial in eine bevorzugte Richtung geschleudert wurde. Ebenso zeigen nicht alle Strahlen auf das Zentrum von Tycho, sondern erscheinen leicht versetzt. Ein solches Auswurfmuster wird von Impaktoren erzeugt, die in einem Winkel von weniger als 45° auf die Mondoberfläche treffen – im Falle Tychos war es ein aus westlicher Richtung kommender Meteoroid mit vermutlich acht bis zehn Kilometern Durchmesser. Der Einschlag hat nach heutiger Einschätzung vor nur etwa 100 Millionen Jahren stattgefunden.



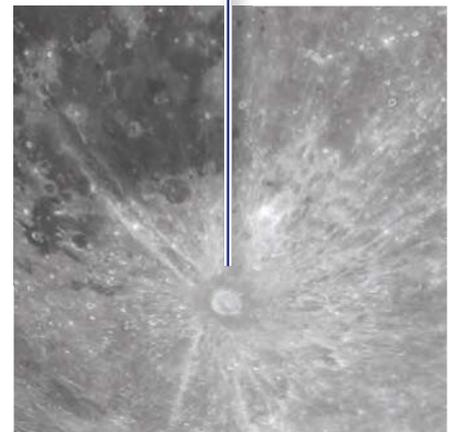
▲ Abb. 1 Tycho findet man im Süden des Mondes und Reiner Gamma nahe des westlichen Mondrandes. Mario Weigand

Ein Wirbel auf dem Mond

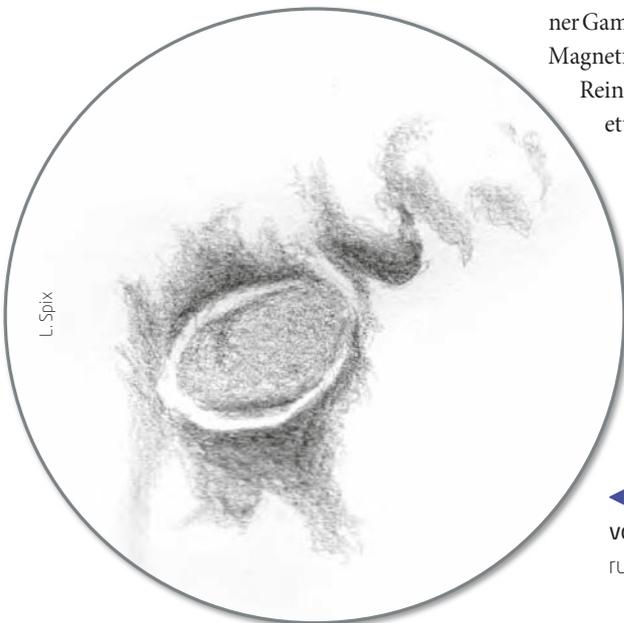
»Swirls« – frei übersetzt Wirbel – sind sehr seltene Strukturen der Mondoberfläche. Die sichtbare Mondseite zeigt nur ein ausgeprägtes Exemplar: Reiner Gamma im Oceanus Procellarum (Ozean der Stürme). Die Entstehung der hellen Wirbel ist nicht geklärt. Als Ursache werden Kometeneinschläge, Mikrometeoriten und elektrostatische Effekte diskutiert. Gesichert ist nur die Tatsache, dass es sich bei Reiner Gamma auch um einen Ort mit verstärktem Magnetfeld handelt. Der zentrale Bereich von Reiner Gamma hat eine Ausdehnung von etwa 35km und ist als kaulquappenförmige Aufhellung auf der dunklen Oberfläche des Oceanus Procellarum sichtbar. Bei ruhiger und klarer Luft sind schweifartigen Verwirbelungen gut erkennbar. Feine Ausläufer verlaufen bogenförmig etwa 200km nach Süden und in nördlicher Richtung bis in einer Entfernung von etwa 235km.

► Lambert Spix

▼ Abb. 2: Ausgehend vom 86km großen Krater Tycho verlaufen hunderte feiner »Strahlenfäden«. Mario Weigand



◀ Abb. 3 Zeichnung: Zentraler Bereich von Reiner Gamma bei hoher Vergrößerung und ruhiger Luft.



L. Spix

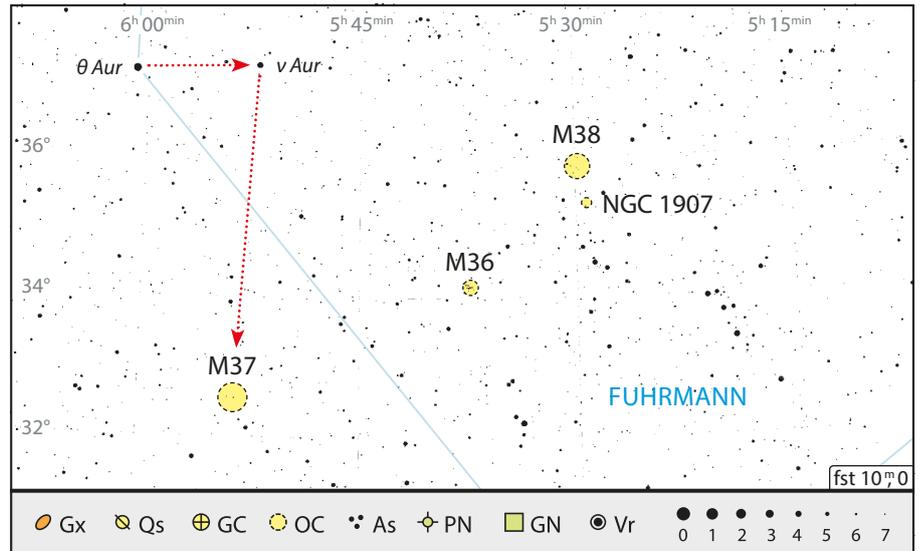
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Deep-Sky-Schätze für Stadtbeobachter: M 37 – Sternreichtum pur

Die Sternhaufen M 36, M 37 und M 38 im Sternbild Fuhrmann gehören für Stadt-Astronomen zum Pflichtprogramm jeder winterlichen Beobachtungstour. In ihren physikalischen Daten unterscheiden sie sich kaum, visuell sind die Haufen aber grundverschieden. Der nördlich gelegene M 38, 6^m hell und 25' groß, bietet durch eine kreuzförmige Anordnung seiner Mitgliedssterne ein durchaus reizvolles Bild. Der mittlere Haufen M 36 mit einer scheinbaren Helligkeit von 6^m und einer Ausdehnung von 12" ist dagegen sternarm, besticht aber durch die außergewöhnliche Helligkeit der einzelnen Sonnen. Der südlich gelegene M 37 jedoch, 5^m6 hell und 25' groß, gehört eindeutig zu den Lieblingsobjekten des Verfassers: Kaum ein für Stadtbeobachter erreichbarer Sternhaufen verfügt über einen solchen Sternreichtum. Selbst erfahrenen Beobachtern verschlägt es beim Anblick von M 37 immer wieder den Atem.

»Glitzernder Goldstaub«

Charles Messier, der diese Nummer 37 seiner Liste im September 1764 erstmals sichtete, sah das noch ganz anders. Er notierte recht lapidar: »Haufen von schwachen Sternen«. Spätere Beobachter überschlugen sich jedoch in ihrem Urteil: »Glitzernder Goldstaub« (Smith),



▲ Abb. 3: Aufsuchkarte von M 37

»wundervoll« (d'Arrest), »prachtvoller Anblick« (Brenner). Heutzutage kann jeder Stadt-Astronom diesen außergewöhnlichen Eindruck selbst erleben, und dies schon mit relativ einfacher Ausrüstung. Das Auffinden des Sternhaufens ist ohne GoTo-Technik nicht ganz einfach. Am besten startet man bei θ Aur, schwenkt dann ca. 2° westlich zu v Aur, von hier dann im rechten Winkel ca. 4° nach Süden, wo man auf ein Dreieck aus Sternen der 6. Größe stößt, das sich über gut 2° erstreckt. Wenn man den inneren Bereich des Dreiecks mit geringer Vergrößerung durchmustert, gibt sich M 37 nach einiger Zeit, ggf. mit der Technik des

»indirekten Sehens«, als schwaches Nebelfleckchen zu erkennen.

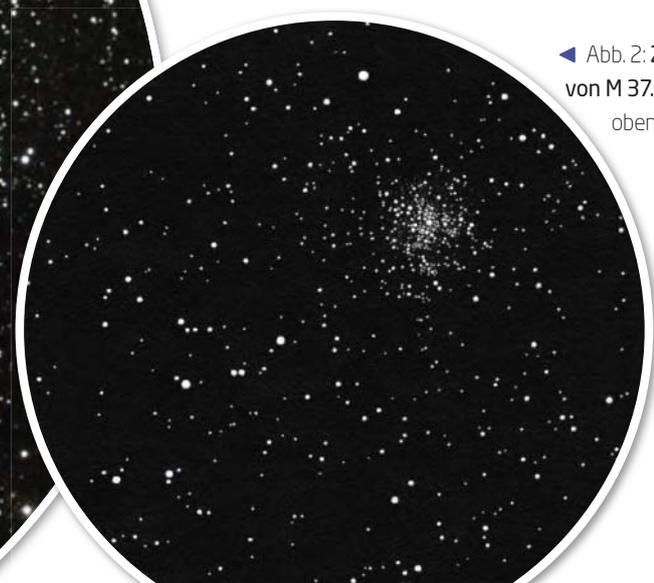
Meer aus Sternen im 8-Zöller

Der Verfasser hat den Sternhaufen mit verschiedenen Öffnungen beobachtet: Die 60mm- und 80mm-Refraktoren brachten bei 60× die besten Ergebnisse. Hier war der Zentralbereich des Sichtfeldes ausgefüllt mit 15 bis 20 gleichmäßig hellen Nadelpünktchen, die sich um einen stärkeren Stern in der Mitte verteilten. Mit dem 120mm-Refraktor erwies sich eine Vergrößerung von 125× als ideal. Meine Beobachtungsnote: »Okularfüllend. Schwache, unterschiedlich helle, dicht aneinanderstehende Sterne, 20 bis 30, mit Doppelstern-Paar mittig«. Die Krönung der Nacht erfolgte dann im 8-Zöller: Bei 250× glaubt der Betrachter, mitten in einem Meer aus Sternen zu stehen, überwältigt von funkelnden Diamanten. Dass dies im lichtdurchfluteten urbanen Umfeld möglich ist, ist das Faszinierende an M 37 – eines der attraktivsten Stadtobjekte des Winterhimmels.

► Karl-Peter Julius

◀ Abb. 1: M 37 bei hoher Vergrößerung: Man glaubt, mitten in einem Meer aus Sternen zu stehen.

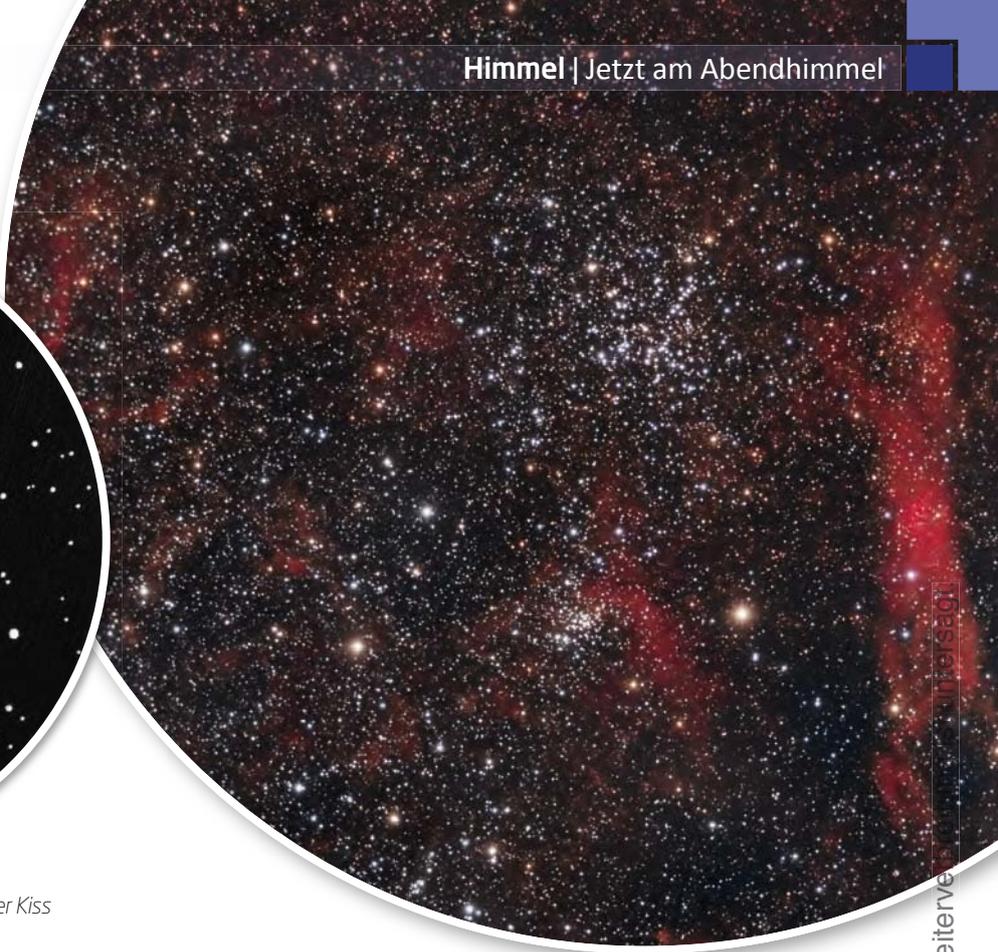
◀ Abb. 2: Zeichnung von M 37. Norden ist oben. Peter Kiss



J. Scholten

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

► Abb. 1: M 38 mit dem benachbarten NGC 1907.
Bernd Weinzierl



▲ Abb. 2: Zeichnung von M 38. Norden ist unten. Peter Kiss

Deep-Sky-Schätze für Landbeobachter: M 38 in Begleitung

Es ist zwar nicht das hellste oder sternreichste Objekt des bekannten Trios der Offenen Sternhaufen M 36, M37 und M38 im Sternbild Fuhrmann, dafür bekommt man bei M 38 gleich zwei Sternhaufen zum Preis von einem. Die Begleitung in Form von NGC 1907 steht nämlich nur ein halbes Grad vom Messier-Haufen entfernt, so dass man hier sogar schon einmal einen Kandidaten für einen Doppelsternhaufen vermutete. NGC 1907 ist grob 6000 Lichtjahre, M 38 dagegen lediglich 3500 Lichtjahre von uns entfernt. Beide Offenen Sternhaufen sind jedoch ungefähr um die 300 Millionen Jahre alt.

Ein π aus Sternen

M 38 ist der westliche des bekannten Messier-Sternhaufen-Trios im Fuhrmann. Mit einem Fernglas ist er leicht zwischen den Sternen ι und θ Aur zu finden und unter guten Bedingungen lässt ein 10×50 in ihm sogar schon die ersten Haufensterne aufblitzen. Diese haben Helligkeiten der 9. Größenklasse, am nordöstlichen Haufenrand steht das hellste Mitglied mit 7^m9. M 38 erreicht eine Ausdehnung von 15', wie bereits Charles Messier vor gut 250 Jahren notierte. Ein kleiner Refraktor genügt, um den nebligen Fleck ganz aufzulösen; über 100 Sterne sind heller als 12^m. Seine hellsten Sterne zeichnen dabei die Form eines schrägen Kreuzes oder auch des griechischen Buchstabens π

nach. Ein großes Gesichtsfeld zeigt den Haufen zudem problemlos zusammen mit seinem südlichen Nachbarn.

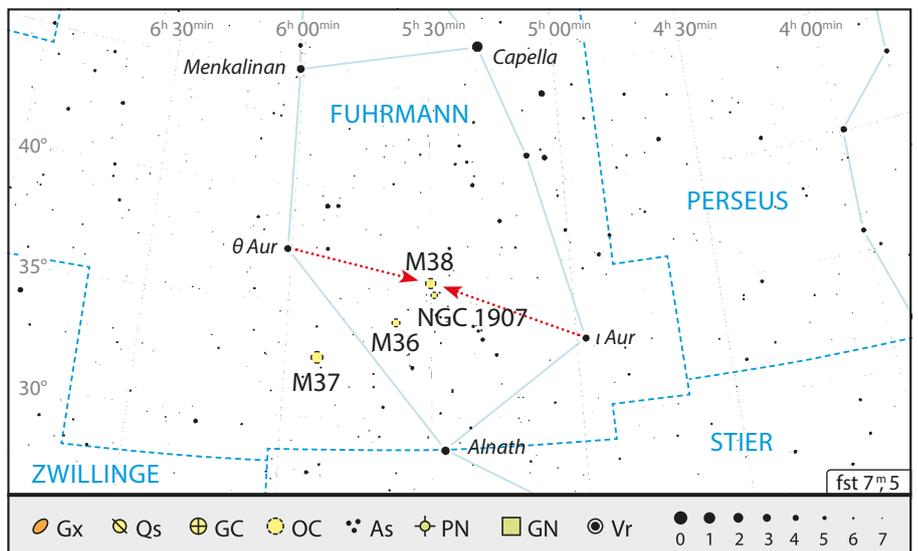
Ein ziemlich kompakter Haufen

Ein halbes Grad südlich des Messier-Haufens befindet sich seine Begleitung: Trotz der Nähe zu M 38 blieb der benachbarte Sternhaufen NGC 1907 bis 1787 unentdeckt. Kein Geringerer als Wilhelm Herschel fand ihn gleich zu Jahresbeginn, wenige Tage nach-

dem er die hellsten Monde des Uranus, Titania und Oberon, entdeckt hatte. Der Astronom beschrieb einen »ziemlich kompakten Haufen kleiner Sterne, 4' Durchmesser«.

Für eine Beobachtung muss man allerdings nicht auf Herschels 20-Fuß-Teleskop mit 18,7 Zoll Öffnung zurückgreifen. Bereits in einem 100mm-Refraktor zeigt sich NGC 1907 granuliert; die hellsten Haufensterne erreichen 11^m3. Mit größeren Öffnungen sind zwischen zwei und drei Dutzend Sterne sichtbar.

► Nico Schmidt



▲ Abb. 3: Die beiden Sternhaufen lassen sich leicht mittig zwischen den Sternen ι und θ Aur finden.

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



FIRST LIGHT

Wie sehen Deep-Sky-Objekte im Einsteigerteleskop aus?

► Abb. 1: Nur die Fotografie zeigt den Orionnebel in brillanten Farben. *Mario Weigand*

Der Himmel ist klar, das neue Teleskop aufgebaut und auch die ersten Objekte sind mit etwas Geduld gefunden. Doch dann ist die Enttäuschung oft groß: Für das bloße Auge sehen Deep-Sky-Objekte nämlich im Fernrohr völlig anders aus, als man es von den Fotos in Büchern und im Internet kennt. So zeigen etwa langbelichtete Aufnahmen des Orionnebels M 42 eine ausgedehnte bunte Nebellandschaft in den schönsten Farben. Beim Blick durch das Teleskop erscheint der Nebel dagegen farblos.

Sterne als Lichtpunkte

Die Sterne erscheinen am Nachthimmel als Lichtpunkte. Dies bleibt auch im Amateurlinienteleskop so, da die Sterne zu weit entfernt sind, als dass sie als Scheibe dargestellt werden können. Auch bei hohen Vergrößerungen sind sie ledig-

lich punktförmig. Allerdings steigt die Anzahl der sichtbaren Sterne beim Anblick durch das Teleskop. Außerdem können im Teleskop Unterschiede in den Sternfarben gut erkannt werden. So strahlen manche Sterne bläulich, rötlich oder gelblich, was auf Unterschiede in der Oberflächentemperatur zurückzuführen ist. Ein schönes Beispiel

sind die Sterne Beteigeuze und Rigel im Sternbild Orion. Beteigeuze, der Schulterstern des Orion, ist ein Stern des Typs Roter Überriese. Mit einer Oberflächentemperatur von knapp 3200°C leuchtet er rötlich, was bereits bei der Beobachtung mit bloßem Auge zu erkennen ist. Rigel – der Fußstern β dagegen hat mit einer wesentlich höheren

GSFC/Arizona State University



► Abb. 2: Das Sternbild Orion mit Beteigeuze und Rigel. Peter Wienerroither

Oberflächentemperatur von über 12.000°C eine bläulich-weiße Färbung.

Prächtige Offene Sternhaufen

Offene Sternhaufen sind dankbare Objekte für den Beobachter, da sie am ehesten mit Fotografien vergleichbar sind. Viele Offene Sternhaufen können bereits im kleinen Einsteigerteleskop in einzelne Sterne aufgelöst werden und erscheinen als Ansammlung von Dutzenden Sternen auf mehr oder weniger engem Raum. Im Winter ist der Offene Sternhaufen der Plejaden M 45 ein lohnendes Ziel. Er ist etwas abseits des zentralen Teils des Sternbilds Stier zu finden. Bereits unter einem dunklen Vorstadthimmel sind etwa sechs Sterne der Konstellation mit dem bloßen Auge erkennbar. Selbst aus der Stadt heraus ist der Sternhaufen zu sehen. Insgesamt besteht M 45 aus über 1000 hauptsächlich jungen und heißen Sonnen, die in einem weiß-bläulichen Licht strahlen. Im kleinen Teleskop erkennt man mehrere helle Sterne

L. Spix



▲ Abb. 3: Zeichnung der Plejaden M 45 im Teleskop mit 60mm Öffnung, Vergrößerung 20x.

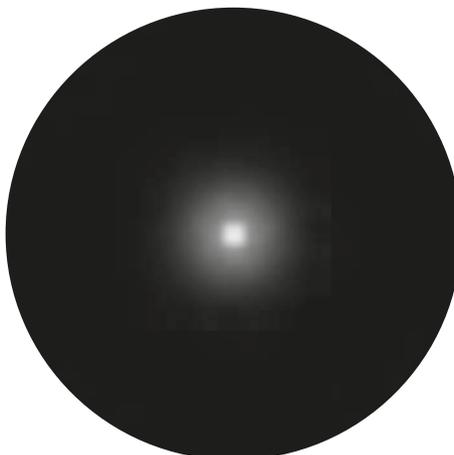
in einem Muster, das an den Großen Wagen erinnert, vor einem Hintergrund von etwa 30 weiteren schwächeren Sternen.

Gewaltige Kugelsternhaufen

Auf Fotografien erscheinen Kugelsternhaufen als prachtvolle Sternansammlungen, oftmals bis ins Zentrum hinein aufgelöst. Hier unterscheiden sich Fotografie und Anblick durch das Okular deutlich. In Teleskopen mit kleiner Öffnung zeigen sich Kugelsternhaufen als diffuse neblige Objekte mit einem hellen Zentrum. Im kleinen Einsteigerteleskop können also Kugelsternhaufen nicht in einzelne Sterne aufgelöst werden. Trotzdem bleibt der Blick auf diese ältesten Objekte der Milchstraße spannend. In der Reihe der prachtvollen Kugelsternhaufen des Nordhimmels gehört auch M 15 im Sternbild Pegasus, welcher im Winter am frühen Abend Richtung Westen zu finden ist. M 15 ist der vermutlich dichteste Kugelsternhaufen unserer Galaxie. Bei der Beobachtung fällt besonders der helle Kern auf, in dem sich Tausende Sterne drängen.

Nebel und Galaxien

Zu den am meisten ersehnten Beobachtungsobjekten gehören wohl Nebel und Galaxien. Bei diesen Objekten ist der Unterschied zur Fotografie am deutlichsten. Der Bildsensor einer Kamera kann Farbinformationen über die Dauer der Belichtung darstellen. Diese im Prinzip realen Farben sind zu lichtschwach, um vom menschlichen Auge wahrgenommen zu werden. Im Teleskop erscheinen also Nebel und Galaxien als blasser und farblose Gebilde in Graustufen. Der Orionnebel M 42 im Sternbild Orion steht im Winter ideal am Himmel für die Beobachtung. M 42 ist als hellster galaktischer Nebel bereits als Teil des Schwertgehänges des Orion mit dem bloßen Auge sichtbar. Im kleinen Teleskop erkennt man ein etwa vollmondgroßes Nebelgebiet mit den typischen



▲ Abb. 4: Zeichnung des Kugelsternhaufens M 15 im Teleskop mit 60mm Öffnung, Vergrößerung 100x.

⇐ INTERAKTIV
fb

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

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

»Schwingen«. Der Beobachter sieht hier in die Höhlung einer 1300 Lichtjahre entfernten Gaswolke, in der gerade neue Sterne entstehen und beginnen, sich von dem umgebenden Staubkolkon freizumachen.

Spannende Beobachtungen

Auch wenn viele Deep-Sky-Objekte auf den ersten Blick unspektakulär erscheinen, ist die Beobachtung mit dem Teleskop spannend. Anstatt vorgefertigte Bilder zu konsumieren, gilt es Tausende oder sogar Millionen von Lichtjahren entfernte Objekte mit den eigenen Augen zu entdecken. Das Naturerlebnis Astronomie wird dabei ergänzt durch das Wissen, dass man sich nach und nach aneignet und so das im Teleskop Gesehene mit Leben erfüllt.

► Lambert Spix



▲ Abb. 5: Zeichnung des Orionnebels M 42 im Teleskop mit 60mm Öffnung, Vergrößerung 50x.

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

PFERDEKOPF UND FLAMMENNEBEL

Deep-Sky-Leckerbissen in Orions Gürtel



Er gehört zu den bekanntesten Astro-Motiven, aber nur wenige haben ihn tatsächlich selbst gesehen: Der Pferdekopfnebel gilt als Phantom des Winterhimmels. Doch wenn man weiß, worauf man achten muss und mit der richtigen Technik ansetzt, ist er durchaus erreichbar – umgeben von einer spannenden Himmelsregion um die Gürtelsterne des Orion.

Die drei Gürtelsterne des Orion, von Westen nach Osten Mintaka, Alnilam und Alnitak, gehören zu den markantesten Mustern des Winterhimmels. In einem Radius von nur 1° rund um Alnitak alias ζ Ori befindet sich ein Reich aus Reflexions- und Emissionsnebeln, die unter den richtigen Voraussetzungen beobachtet einen beeindruckenden Formen- und Strukturreichtum bieten. Der berühmteste ist der Pferdekopfnebel B 33 vor dem hellen Hintergrund von IC 434.

Ein Stern stört

Doch vor die erfolgreiche Sichtung sind einige Hürden gesetzt. Die erste ist der enorme Helligkeitsunterschied zwischen dem Stern und den Nebeln. Alnitak ist 1^m7 hell, die umgebenden Nebel weisen jedoch Flächenhelligkeiten von höchstens $22^m/\text{arcsec}^2$ auf. Der Stern überstrahlt die schwachen Nebel mit Leichtigkeit und erzeugt Streulicht und Geisterbilder. Eine saubere, erstklassige Optik ist hier Gold wert. Ein an-

derer Weg, ζ Ori zu entgehen, ist ihn außerhalb des Gesichtsfeldes zu platzieren. Das erfordert entweder eine höhere Vergrößerung oder ein Okular mit kleinerem Gesichtsfeld. Da Nebel aber generell am hellsten erscheinen, wenn die Minimalvergrößerung eingesetzt wird, ist guter Rat zunächst teuer.

Meine Empfehlung ist, einen gutem Kompromiss zu suchen, bei dem der Stern nicht stört. Ich versuche, diesen geistig »auszublenden«, und mich auf das jeweilige Areal zu konzentrieren.



▲ Abb. 2: Die Pferdekopf-Nebelregion im Teleskop. Zeichnung mit 400mm Öffnung und Nebelfilter. R. Stoyan

▲ Abb. 1: Surreal schön und beeindruckend farbig: Die kosmische Nebellandschaft um den Pferdekopf-Nebel. Daniel Förtsch

Beim Indirekten Sehen ist es günstig, wenn Alnitak nicht »im Weg« steht, also nicht in der direkten Blickrichtung.

H β ist Trumpf

Ein weiteres Hilfsmittel ist der richtige Nebelfilter. Im Prinzip reicht auch ein guter UHC-Filter, aber wer sein Teleskop maximal »Pferdekopf-fit« machen will, sollte zum H β -Filter greifen. Es ist ein Märchen, dass dieser Linienfilter nur für den Pferdekopfnebel etwas taugt, es gibt gerade am Winterhimmel viele gute Ziele dafür. Aber der Pferdekopf ist sicher das Paradebeispiel für seinen Einsatz.

Der Pferdekopfnebel ist auch mit großen Öffnungen nicht sofort sichtbar. Man braucht

ein Weilchen am Okular, bis man ihn erkennen wird. In kleinen Optiken ist es wichtig, sich die genaue Position in der Sternkarte zu merken – eine Kette von drei Sternen etwa 20 Bogenminuten südlich von Alnitak ist dabei ideal als Anhaltspunkt geeignet.

Auf der Lauer

Wer sich hier mit geringer Vergrößerung, H β -Filter, Indirektem Sehen und leichtem Hin- und Herbewegen des Teleskops auf die Lauer legt, wird nach einiger Zeit einen feinen milchigen Schleier sehen, der sich von Alnitak zum mittleren der drei Sterne und weiter nach Süden bis zu einem hellen Paar erstreckt. Das ist IC 434, der Hintergrund des Pferdekopfs.

Der Pferdekopf selbst ist ein kleiner Schatten am östlichen Rand dieses Nebelhauchs. Erwarten Sie nicht, die Kopfsilhouette zu sehen. Sie können die Sichtung an sich schon als Erfolgserlebnis feiern!

Unter den besten Gebirgshimmel-Bedingungen (SQM $>21,5^m/\text{arcsec}^2$) sind Sichtungen mit 150mm Teleskopöffnung möglich. Aber auch mit 200mm oder 250mm Öffnung ist es eine Herausforderung, den Schatten zu erwischen. Ich würde hier 20- bis 30-fache Vergrößerung empfehlen.

Ein 300mm-Teleskop kann den Pferdekopf mit Filter auch unter Landhimmel-Bedingungen (SQM $>21^m/\text{arcsec}^2$) zeigen. Mit 400mm Öffnung wird es im Gebirge möglich, Details zu sehen, weil man höher vergrößern kann.



▲ Abb. 3: Der Pferdekopf im Detail: Foto (a) Robert Schulz und Zeichnung (b) Rainer Mannoff.

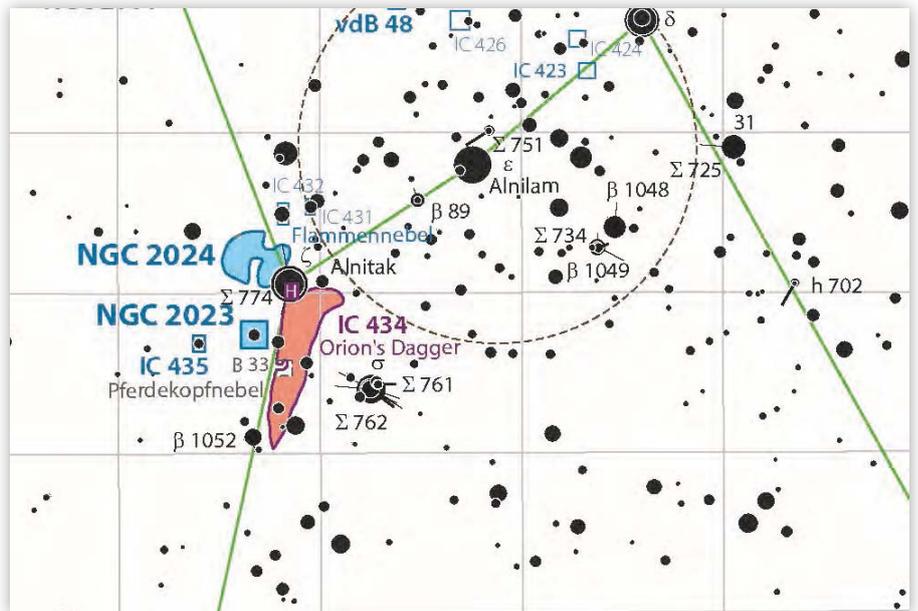
Mehr als 100× würde ich aber nicht empfehlen. 500mm Öffnung zeigen den Pferdekopf auf dem Land auch schon ohne Filter – und mit Filter mit schönen Strukturen. Geduld und gute Dunkeladaption sind aber auch hier vonnöten.

Flammende Nachbarschaft

Interessanterweise ist der berühmte Pferdekopf gar nicht der visuell attraktivste Nebel der Gegend. Wesentlich mehr zu bieten hat NGC 2024. Allerdings ist hier der Schwierigkeitsgrad auch noch einmal erhöht, denn der vom Pferdekopf bekannte Störfried Alnitak steht direkt am Nebelrand!

Meine Empfehlung ist eine mittlere Vergrößerung ohne Nebelfilter, auch wenn NGC 2024 Emissionsnebel-Anteile hat. Dann erkennt man dunkle Äste, die von Süden in das fahle Leuchten ragen. Das ist unter Landhimmel schon mit 150mm-Teleskopen angedeutet und mit 300mm deutlich zu erkennen. Mit größeren Öffnungen sind feine Strukturen sichtbar – wunderschön!

NGC 2023 vervollständigt die Nebellandschaft rund um Alnitak. Es handelt sich um einen bläulichen Reflexionsnebel, der nur wenig östlich vom Pferdekopf um den östlichsten der oben erwähnten drei Sterne steht. Er ist relativ strukturlos, aber nicht schwach und schon mit 100mm Öffnung zu sehen. Die auf Fotos sichtbaren Dunkelstrukturen sind eine



▲ Abb. 4: Aufsuchkarte für die Pferdekopf-Nebelregion im interstellarum Deep Sky Atlas.

Nebel rund um Alnitak						
Name	Typ	R.A.	Dekl.	Größe	Bemerkung	isDSA
B 33	DN	5 ^h 41,0 ^{min}	-2° 24'	4'	Pferdekopfnebel	61
IC 434	EN	5 ^h 41,0 ^{min}	-2° 24'	44' x 10'	Hintergrund des Pferdekopfs	61
NGC 2024	EN/RN	5 ^h 42,0 ^{min}	-1° 50'	20' x 15'	Flammennebel	61
NGC 2023	RN	5 ^h 41,6 ^{min}	-2° 13'	5'		61
IC 435	RN	5 ^h 43,0 ^{min}	-2° 19'	2'		61
IC 431	RN	5 ^h 40,2 ^{min}	-1° 28'	8'		61
IC 432	RN	5 ^h 40,9 ^{min}	-1° 30'	8'		61

DN = Dunkelnebel, EN = Emissionsnebel, RN = Reflexionsnebel

Herausforderung für große Optiken. Nebelfilter helfen hier nichts – NGC 2023 hat ein kontinuierliches Spektrum.

Darf's noch tiefer sein?

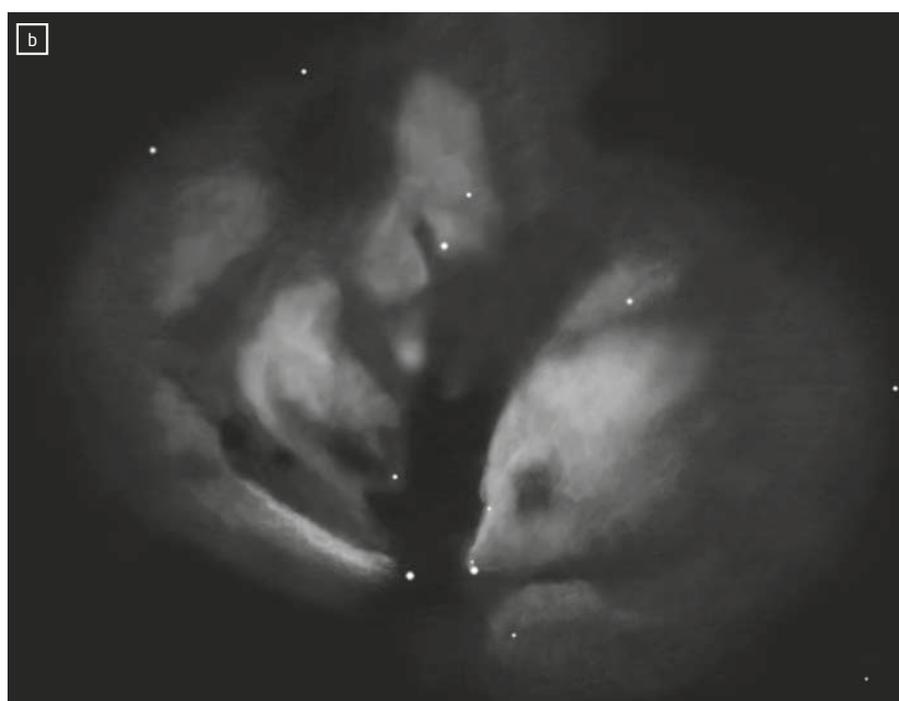
Drei noch schwächere Objekte für ambitionierte Beobachter befinden sich im Umkreis. IC 435 ist der weitaus einfachste. Er wirkt wie eine kleinere Kopie von NGC 2023 und steht 15 Bogenminuten östlich von diesem. Bei mittleren Vergrößerungen sollte seine Sichtung mit 200mm Teleskopöffnung kein Problem darstellen.

Anders sieht das bei IC 431 und IC 432 aus, die beide nördlich von Alnitak stehen. Es handelt sich ebenfalls um Reflexionsnebel, weshalb man sich nicht mit Nebelfiltern abmühen sollte. Auch sie sind beide auf hellere Sterne zentriert und liegen sehr nah an Alnitak, was die Sichtung erschwert. Ich würde sie bei mittlerer Vergrößerung angehen und Alnitak dabei aus dem Feld verbannen. Dann sind beide unter Gebirgshimmel schon mit 250mm Öffnung zu erkennen – als feine Nebelschimmer ohne jede Struktur.

► Ronald Stoyan



CCD-Guide



▲ Abb. 5: Der Flammennebel im Detail: Foto (a) Johannes Schedler und Zeichnung (b) Rainer Mannoff.



IM DETAIL

Die Physik des Pferdekopfs

Richtig bunt sehen die farbenprächtigen Aufnahmen der Pferdekopf-Region aus. Diese unterschiedlichen Farben haben ihren Ursprung in der verschiedenen Zusammensetzung der jeweiligen Nebelgebiete.

Reflexionsnebel spiegeln und streuen das Licht einer Lichtquelle, so ähnlich wie eine Straßenlaterne bei feuchter Luft einen hellen Schein bekommt. Aufgrund des Prinzips der Rayleigh-Streuung, die auch für das Blau des Taghimmels verantwortlich ist, wird der umgebende Nebel etwas bläulicher als die Strahlung der ursprünglichen Lichtquelle. Die in der Umgebung des Pferdekopfs befindlichen Reflexionsnebel sind deshalb an ihrer blauen Farbe zu erkennen.

Der rötliche Vorhang von IC 434 stammt dagegen aus »eigener Erzeugung«. Hier wird Licht emittiert. Im Fall der rötlichen Nebel handelt es sich um ionisierten Wasserstoff. Er wird vom energiereichen Licht umgebender Sterne zum Leuchten angeregt. Die H α -Emissionslinie des Wasserstoffs bei 656nm ist eine der häufigsten Farben am Himmel. Für das menschliche Auge ist sie leider nur bei sehr hohen Flächenhelligkeiten wahrnehmbar. Überall wo H α -Emission vorhanden ist, wird jedoch in schwächerem Maße auch H β -Licht emittiert. Deshalb ist IC 434 visuell am besten mit einem entsprechenden Nebelfilter sichtbar, der nur dieses Licht passieren lässt.

B 33 selbst ist eine dunkle Molekül- und Staubwolke, die selbst kein Licht aussendet. Sie ist nur sichtbar, weil ihr Rand vom nahen Stern σ Ori von hinten beleuchtet wird. Solche Dunkelnebel sind in der Umgebung häufig zu finden. Die gesamte Szenerie befindet sich in 1500 Lichtjahren Entfernung.

DIE NUMMER 1 IM STIER

Die Ausdehnung des Krebsnebels selbst beobachten

Die Nummer 1 des Messier-Katalogs hat sich gleich in mehrfacher Hinsicht die Spitzenposition in dieser populären Liste verdient. Denn Supernovaüberreste gehören zu den rarsten Himmelsobjekten für Amateure und schon das macht den Krebsnebel zu etwas ganz Besonderem. M 1 ist der vielleicht bekannteste und am besten studierte Überrest einer Supernova-Explosion. Zwar sieht der Krebsnebel im Fernglas oder Teleskop wie jeder andere Nebelfleck am Nachthimmel aus, er ist jedoch mehr als ein normales nebelartiges Objekt. Er fasziniert Astrofotografen und visuelle Beobachter zugleich.

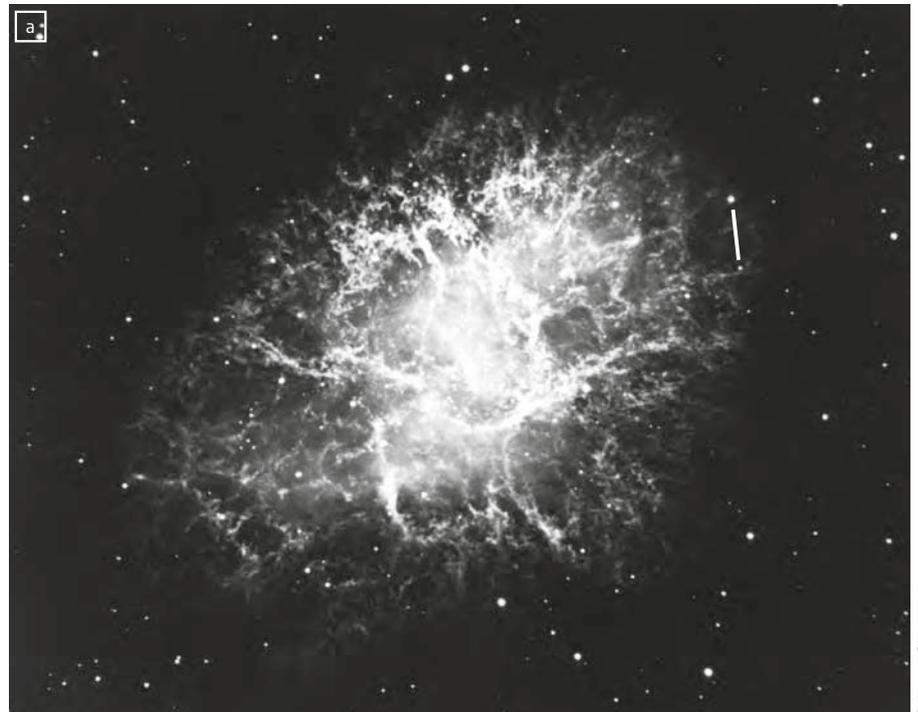
Vor ungefähr 7500 Jahren endete das Leben eines Sterns auf dramatische Weise. Es ist die Zeit der Mittelsteinzeit auf der Erde, als der weit entfernte Stern mit der vielleicht neunfachen Masse unserer Sonne explodiert. Das Licht jener Supernova erreichte schließlich nach rund 6500 Jahren Reisezeit die Erde und die Sternexplosion wurde an unserem Himmel sichtbar. Das war im Frühjahr des Jahres 1054. In der Winterkonstellation Stier strahlte plötzlich ein neuer Stern, dessen Helligkeit selbst den Glanz der Venus um einiges übertraf.

1731 wurde an derselben Position ein kleiner Nebelfleck entdeckt, der wenig später der erste Eintrag in Messiers Katalog wurde. Den damaligen Astronomen erschien M 1 als elliptisches Fleckchen. Im Großteleskop von Lord Rosse erinnerte das Objekt dann eher an eine Krabbe oder einen Hummer. Das führte zur heutigen Bezeichnung »Crab Nebula«, was wörtlich eigentlich Krabbennebel bedeutet. Im deutschen Sprachraum hat sich allerdings der Name Krebsnebel durchgesetzt.

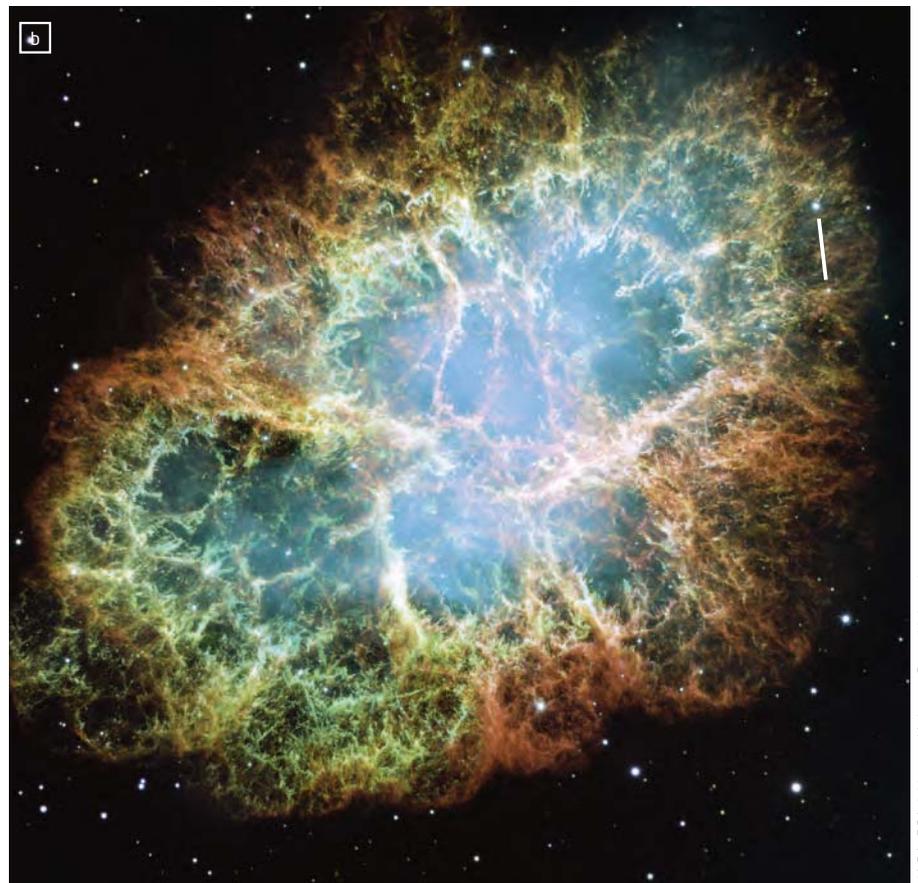
1921 veröffentlichte der Astronom John Charles Duncan seine Beobachtung, dass sich der Nebel um 1,54 Bogensekunden in 11,5 Jahren ausgedehnt hatte. Das war Grundlage dafür, dass M 1 wenig später als Überrest einer Supernova erkannt wurde. Durch Zurückrechnen konnte der neue Stern von 1054 als diese Supernova identifiziert werden.

Fast lichtschnelle Elektronen im Magnetfeld

Unter einem 6^m-Himmel ist der Krebsnebel schon mit einem (stativgestützten) 8×40-Fernglas als kleines Fleckchen sichtbar.



Palomar Observatory



NASA, ESA, J. Hester (Arizona State University)

▲ Abb. 1: Vergleich einer Aufnahme des Krebsnebels, die Walter Baade 1950 am Hale-Teleskop machte (a), und eine Ansicht, die 2000/2001 mit dem Weltraumteleskop Hubble entstand (b). Anhand der Markierung in den beiden Bildern lässt sich erkennen, wie sich die Nebelstruktur weiterbewegt hat. Markiert sind jeweils die gleichen Sterne.

Auch mit größeren Teleskopen zeigt der 5×4' große Nebel kaum Einzelheiten und bleibt bis auf wenige Helligkeitsunterschiede strukturlos. Einen Versuch, die auf Aufnahmen sichtbaren Filamente, die eigentlichen Überreste des einstigen Riesensterns, visuell wahrzunehmen, kann man unter dunklem Himmel mit 14 oder 16" und mit [OIII]-Filter wagen.

Auch wenn für den visuellen Beobachter Messiers Nummer 1 nur ein elliptisches Wölkchen bleibt, ist der Krebsnebel physikalisch gesehen ein äußerst spannendes Objekt. Bei den Lichtemissionen, die M 1 so einzigartig machen, handelt es sich im optischen Bereich nämlich um sogenannte Synchrotronstrahlung. Das bedeutet: Hochrelativistische Elektronen bewegen sich spiralförmig entlang der Magnetfelder des Supernovaüberrests und emittierten dabei u.a. sichtbares Licht. Hochrelativistisch heißt, dass sich die »optischen Elektronen« mit viel mehr als 99,9% der Lichtgeschwindigkeit bewegen und zudem auf Energien in der Größenordnung von 500 Giga-Elektronenvolt (GeV) und mehr beschleunigt werden. M 1 ist also nichts anderes als ein riesiger kosmischer Teilchenbeschleuniger – und wir können live dabei zusehen.

Alle Gasnebel, die Hobbyastronomen beobachten können, strahlen durch ihre hohe Temperatur. Der im Teleskop sichtbare Krebsnebel jedoch strahlt allein durch die Anwesenheit von Elektronen, die sich mit fast Lichtgeschwindigkeit entlang von Magnetfeldlinien bewegen. Für Hobbyastronomen ist der Synchrotronnebel von M 1 einmalig am gesamten Himmel.

Und er bewegt sich doch

Mit rund 960 Jahren ist M 1 das jüngste Objekt des Messier-Katalogs. Durch den Vergleich von zwei Fotoplatten, die im Abstand von vielen Jahren gemacht wurden, war 1921



▲ Abb. 2: Der Krebsnebel im Sternbild Stier in einer Aufnahme eines 8-Meter-Teleskops des VLT. Statt der feinen Filamente nehmen Amateure visuell von dem Supernovaüberrest meist nur den weißlichen Teil als elliptischen Nebelfleck wahr. Dieser wird als Pulsarwindnebel bezeichnet.

aufgefallen, dass sich der Nebel ausdehnt. Heute haben Hobbyastronomen mit Bildarchiven verschiedener Observatorien oder mit der eigenen Astrofotografie-Ausrüstung die Möglichkeit, dieses Nebelwachstum, das im Jahr 1054 mit der Supernova begonnen hat, selbst nachzuvollziehen.

Je größer das Zeitintervall, desto auffälliger wird dieser Größenunterschied. Erstellt man beispielsweise aus einer 2000/2001 entstandenen Aufnahme des Weltraumteleskops Hubble und einer Aufnahme, die Walter Baade höchstpersönlich im Oktober 1950 am großen Hale-Teleskop belichtet hat, eine GIF-Animation, ist die Bewegung äußerst verblüffend. In den 50 Jahren verschoben sich einzelne Nebelstrukturen um fünf bis zehn Bogensekunden!

Mit hochauflösender Astrofotografie, die Amateuren heute zur Verfügung steht, reichen schon zwei Bilder, die nur mit drei Jahren Abstand aufgenommen wurden. Erstellen Sie doch einmal aus in diesem Winter gemachten Aufnahmen und älteren Ergebnissen eine Animation, um die Bewegung von M 1 zu erkennen. Das Bildfeld muss natürlich identisch sein (gegebenenfalls in der Software passend zuschneiden) und die Sterne sollten möglichst genau überlagert werden. Obwohl der Positionsunterschied innerhalb von drei Jahren natürlich minimal ist, macht er schon die ganze Dynamik des Supernovaüberrestes – die vor gut 960 Jahren mit einer Explosion begann – sichtbar.

► Nico Schmidt

IM DETAIL

Ein Pulsar im Pulsarwindnebel

Der Krebsnebel ist neben dem Cirrusnebel am Sommerhimmel der bekannteste Supernovaüberrest. Das sich auf tiefen Aufnahmen zeigende komplexe Netzwerk aus Filamenten, Knoten und Bögen ist tatsächlich der Überrest des einstigen Riesensterns. Der visuell sichtbare Teil des Krebsnebels wird strenggenommen nicht als Supernovaüberrest, sondern als Pulsarwindnebel

bezeichnet. Denn hier leuchtet keine Sternmaterie, sondern ein Strom hochenergetischer Elektronen, der Pulsarwind genannt wird. Wie der Name sagt, bildet der zentrale Pulsar, die nach der Supernova übrig gebliebene Sternleiche, die Quelle dieses Teilchenstroms und füllt den Pulsarwindnebel mit Elektronen aus, die dann ihrerseits (optische) Synchrotronstrahlung emittieren.

Ab 20" Teleskopöffnung lohnt sich ein recht anspruchsvoller Beobachtungsversuch: Da kann man sich nämlich unter optimalen Bedingungen sogar an eine Sichtung des Pulsars wagen. Mit 16^m ist er zwar der hellste Pulsar (bzw. Neutronenstern) am gesamten Himmel, die Helligkeit des Nebels und der enge Begleitstern erschweren das Unterfangen jedoch erheblich.

U. Dittler



▲ Abb. 1: **Die Größenverhältnisse zwischen Mond und Planeten:** hier ist der halb beleuchtete Mond dargestellt, der am Himmel einen Durchmesser von rund $0,5^\circ$ erreicht. Daneben Jupiter, der größte Planet des Sonnensystems, der durchschnittlich eine Größe von $30''$ bis zu $45''$ einnimmt, sowie der Ringplanet Saturn.

DER MOND IM VISIER

Einfacher Einstieg in die Mondfotografie

Der Mond kann für Amateurastronomen ein spannendes und eindrucksvolles Objekt für den Einstieg in die Astrofotografie sein. Dank moderner Technik können Bilder in einer Qualität entstehen, die vor 20 Jahren noch nicht einmal professionellen Astronomen gelungen sind.



Bei der Auswahl einer Kamera für die Mondfotografie ist es wichtig, dass diese in der Lage ist, viele hundert oder tausend Bilder als Film aufzuzeichnen. Bewährt haben sich daher ungekühlte und preiswerte CCD-Kameras mit schwarz/weiß-Chip. Während für die Erstellung von Übersichtsaufnahmen des gesamten Mondes (je nach Chipgröße) Teleskop-Brennweiten um 500mm ausreichen, sind für die Fotografie von Mondetails wie Mare, Kraterregionen oder einzelner Krater deutlich längere Brennweiten notwendig: Oft werden hierfür Brennweiten zwischen 2.500mm und 10.000mm verwendet.

Schmidt-Cassegrain-Teleskope haben sich wegen ihrer gut handhabbaren Verbindung von Brennweite und Lichtstärke in der Mondfotografie bewährt. Die Teleskop-Kamera-Kombination sollte auch bei der Mondfotografie zum Ausgleich der Erddrehung von einer stabilen Montierung getragen und nachgeführt werden.

Vielfältige Motive

Die Fotografie der einzelnen Mondphasen über einen gesamten Zyklus von Neumond zu Neumond setzt – neben der Bereitschaft, für die Bilder der schmalen Sichel des abnehmenden Mondes frühmorgens aufzustehen – nur ein Teleskop mit bis zu rund 500mm Brennweite voraus, um den Mond noch komplett auf dem kleinen Chip einer CCD-Kamera abbilden zu können.

Bei einem Blick auf die Mondoberfläche durch ein Teleobjektiv oder ein Teleskop werden sofort unterschiedliche Strukturen deutlich: Charakteristisch für die Mondoberfläche sind die sogenannten Meere oder Mare, die durch gewaltige Meteoreinschläge entstanden sind. Die Mare in ihren unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen im Monatslauf zu dokumentieren ist eine spannende Herausforderung für Astrofotografen – allein auf der der Erde zugewandten Seite des Mondes sind mehr als 30.000 Krater mit einem Durchmesser von mehr als einem Kilometer zu zählen.



▲ Abb. 2: Zum Einstieg in die Fotografie des Mondes kommt oft ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop auf einer motorisch nachgeführten Montierung zum Einsatz (hier ein SCT vom Typ Celestron C8 auf einer Losmandy GM-8-Montierung). Als Aufnahmegerät dient eine ungekühlte CCD-Kamera von The Imaging Source.

U. Dittler

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

 PRAXISTIPP

Checkliste Mondfotografie

- Bereits vor Beginn der Beobachtungsnacht sollte das Teleskop in den Schatten ins Freie gestellt werden, um auskühlen können
- Ein Beobachtungsort außerhalb von Siedlungen sollte gewählt werden, um Streulicht und die negativen Auswirkungen der Wärmestrahlung zu reduzieren
- Montierung aufbauen und mit einem Kompass grob ausrichten
- Teleskop und Kamera montieren
- Montierung ausbalancieren
- Kamera und Notebook an Stromversorgung anschließen, Kamera an Notebook anschließen
- Software für Bildaufnahme auf dem Notebook starten, Aufnahmeverzeichnis und Aufnahmeparameter eingeben
- Motorische Nachführung starten
- Kamera sorgfältig fokussieren
- Belichtungszeit einstellen (hierbei Histogramm beachten)
- Aufnahmeserie(n) durchführen

U. Dittler



▲ Abb. 3: Die Phasen des zunehmenden Mondes an drei aufeinanderfolgenden Tagen. Die Aufnahmen entstanden mit einer DSLR vom Typ Canon 450D an einem Refraktor mit 102mm Öffnung und 1000mm Brennweite im Abstand von jeweils einem Tag.

Nächtliche Aufnahmepraxis

Der Mond sollte bei einem möglichst hohen Stand über dem Horizont fotografiert werden, um die negativen Einflüsse des Horizontdunstes zu verringern. Die richtige Belichtungszeit für Mondaufnahmen hängt von mehreren Faktoren wie der Teleskopöffnung, der verwendeten Brennweite, der Empfindlichkeit des Aufnahmechips und natürlich den lokalen Be-

dingungen ab. Die Belichtungszeiten liegen aber stets im Bereich von Sekundenbruchteilen und können einfach mit der Histogrammfunktion der Aufnahmesoftware kontrolliert werden: Der »Berg« in der Histogramm-Darstellung der Aufnahmesoftware darf an keiner Seite anstoßen oder gar abgeschnitten sein. Je nach Bedingungen sollten mehrere hundert oder mehrere tausend Bilder aufgenommen und in höchster Qualität als Filmsequenz abgespeichert werden.

Dittiés Idee: Wie Füße warm bleiben

G. Dittlé



▲ Abb. 1: Nach dem Aufbau des Teleskops sollte man darauf achten, dass die Füße warm bleiben. Martin Birkmaier

Die schönste und klarste Beobachtungsnacht wird einem vergällt, wenn man anfängt zu frieren. Das passiert genau dann, wenn man nach dem Aufbauen stillhält, um zu beobachten. Die körperliche Aktivität und damit die Wärmeproduktion sinkt stark ab. Gerade die Hände und die Füße kühlen dabei am schnellsten aus. Die Hände kann man noch in die Taschen stecken, die Füße gehören in wirklich geeignete Schuhe.

Wenn die Füße eine ganze Nacht hindurch warmbleiben sollen, fängt man mit dicken Socken an. Eine dicke Socke ist besser als ein Stapel dünner – auf die Luft im Gewebe kommt

es an. Und die Schuhe dürfen nicht drücken. Man nimmt also Schuhe, die eigentlich eine Nummer zu groß sind, mit dicken Socken passen sie. Ideal sind Wandertiefel aus Naturleder, denn das bleibt lange trocken. Nur trockene Schuhe und Socken halten warm.

Liegen sie zu fest an, wird die Wärmeabgabe zu hoch und man friert. Schuhe für den aktiven Alltag sind fürs stille Beobachten nicht so gut geeignet. Irgendwelche Kunststoffe im Schuh nehmen den Fußschweiß nicht auf und die Schuhe werden innen feucht. Das war's dann mit der Fußwärme.

► Georg Dittlé

Schärfere Bilder

Später bei der digitalen Bildverarbeitung werden dann die schärfsten Bilder zu einem Summenbild verarbeitet. Auf diese Weise kann nicht nur die Luftunruhe aus den Bildern herausgerechnet, sondern auch das Rauschen der Aufnahmekamera vermindert werden. Welches Datenformat dabei gewählt wird, hängt ganz wesentlich von der verwendeten Software ab. Das SER-Format, das beispielsweise die Software Lucam-Re-

corder von Heiko Wilkens und Genika Astro von AiryLab sowie FireCapture von Torsten Edelmann unterstützt, hat sich dabei bewährt. Für die Bildverarbeitung stehen verschiedene Programme zur Verfügung: Die kostenlose Software Autostakkert!2 eignet sich beispielsweise sehr gut, um Mondaufnahmen zu entwickeln. Das Programm ist sehr übersichtlich aufgebaut und selbsterklärend: Sehr schnell werden Sie damit eindrucksvolle Mondaufnahmen erstellen können! ▶ Ulrich Dittler

⇐ INTERAKTIV



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

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/fa



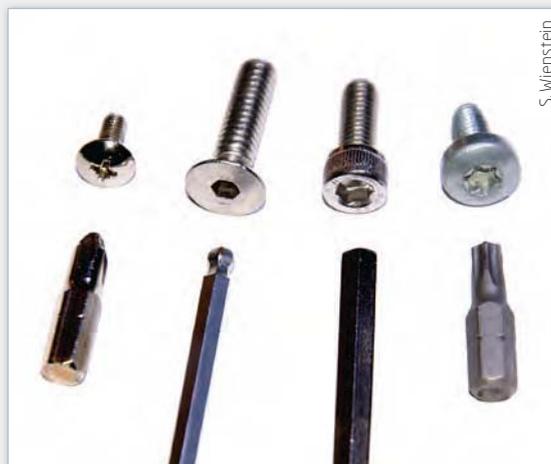
▲ Abb. 4 : Ansicht der Krater Theophilus, Cyrillus und Catharina. Aufgenommen am 16.9.2014 mit einer ungekühlten CCD-Kamera an einem SCT mit 280mm Öffnung, Brennweite mit Reducer bei 1960mm reduziert. Das Summenbild entstand aus 500 Aufnahmen aus einer Sequenz mit 2500 Aufnahmen.

Teleskop-Tuning: Schraubentausch

Während die meisten Schrauben einmal festgezogen und danach nicht mehr bewegt werden, gibt es am Teleskop eine ganze Reihe Schrauben, die ständig in Bewegung sind. Hier wünscht man sich eine bequeme Handhabung und gute Qualität.

Unser feuchtes Klima greift Schrauben mit der Zeit an und sobald die übliche Verzinkung herunter ist, wird die Schraube rosten. Kein rein kosmetisches Problem, denn Rost kann sich auf optischen Flächen für immer festsetzen. Je nach Belastung empfiehlt sich also Edelstahl oder bei Rändeln eine harte Messinglegierung.

Besonders störend sind nämlich zu weiche Schrauben. Nicht nur bei Kreuz- und Schlitzschrauben können Späne entstehen. Dann gehören sie dringend



▲ Abb. 1: Innensechskant- (Mitte) und Torx-Schrauben (rechts) nehmen hohe Drehmomente auf und verhindern ein versehentliches Abgleiten des Werkzeugs.

getauscht, lange bevor der Schraubendreher nicht mehr greift. Die Wahl sollte auf Inbus oder Torx fallen. Überhaupt kann man mit einem eingesteckten Inbus-Schlüssel viel einfacher justieren als mit einem Kreuz- oder Schlitz-Schraubendreher. Noch angenehmer sind Rändelschrauben, die zusätzlich noch mit dem Schlüssel gedreht werden können, wenn mal etwas zu fest sitzt.

Übrigens: Klemmschrauben müssen keine hässlichen Spuren auf Steckhülsen oder Prismenschuhen hinterlassen. Sie können gegen Schrauben mit eingesetzter Kunststoff- oder Gummispitze, oder solche ganz aus Kunststoff getauscht werden. Geht das nicht, sollte man die Spitze mit Feile und Schmirgelpapier rund machen. Aber Vorsicht: Ist die Schraube nur beschichtet, wird sie dort rosten.

▶ Sven Wienstein

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

Tag und Nacht BRILLANT

► Abb. 1: Vögel tagsüber und der Mond nachts – gibt es ein Teleskop, das beides perfekt kann? Das Kowa TSN 883 stellt sich dem Test.



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



Das Kowa Prominar TSN 883 im Test

Wer in die Sterne schaut, weiß oft auch tagsüber den Blick durch eine gute Optik zu schätzen: Viele Sternfreunde sind auch als Vogel- oder Naturbeobachter aktiv. Wäre es nicht schön, wenn es eine Optik gäbe, die Tag- und Nachtbeobachtung gleichermaßen gut beherrscht? Ein Kandidat ist das Fluorit-Spektiv TSN 883 aus dem Hause Kowa.



Jenseits von Ferngläsern gewöhnlicher Größe differenziert sich das Angebot in Teleskope für die astronomische und Spektive für die terrestrische Beobachtung. Doch der Unterschied ist eigentlich gar nicht groß: Spektive sind Refraktoren, die ein eingebautes Bild-Umkehrsystem haben, um das auf dem Kopf stehende Bild des Objektivs um 180° zu drehen. Astronomische Refraktoren können mit einem Amici-Prisma ausgestattet werden, um diese Wirkung zu erreichen.

Keine Kompromisse

Doch erst im Detail entscheidet sich, ob ein Teleskop oder Spektiv sich jeweils auch für die andere Beobachtungsart gut eignet (Kasten). Wir haben ein Gerät gesucht, das beiden Anforderungen möglichst ohne Kompromisse genügt:

- erstklassige Optik mit Bildumkehr
- Vergrößerungsbereich bis zu den theoretischen Grenzen voll ausschöpfbar, d.h. ein Okularwechsel sollte möglich sein
- leicht, robust und schnell einsatzbereit

Diesen Kriterien genügen nicht viele Geräte am Markt, denn meist sind sie konsequent für ihren Anwendungsbereich optimiert und eignen sich daher wenig für die jeweils andere Disziplin. Eines, das diese Bedingungen erfüllt, ist das Spektiv TSN 883 von Kowa. Wir konnten es in verschiedenen Situationen sowohl tagsüber als auch nachts auf die Probe stellen.

Modell

Der japanische Hersteller Kowa bietet eine Reihe von Spektiven mit 60mm, 66mm, 77mm, 82mm und 88mm Durchmesser an. Sie sind jeweils in zwei Varianten erhältlich: Geradesicht

und mit 45° Abwinklung. Dies wird durch die dritte Zahl im Produktnamen verdeutlicht:

1 = Standardglas/Winkeleinblick

2 = Standardglas/Geradesicht

3 = XD(ED)-Glas und/oder Fluorit-Kristall/Winkeleinblick

4 = XD(ED)-Glas und/oder Fluorit-Kristall/Geradesicht

Das TSN 883 ist das abgewinkelte Modell mit 88mm Objektivöffnung. Das Geradesicht-Modell, das für die astronomische Beobachtung nicht infrage kommt, ist nur minimal kürzer und hat das gleiche Gewicht – es wird hier nicht betrachtet.

Hochwertige Spektive werden wie astronomische Teleskope ohne Okulare geliefert. Für diesen Test wurden das optionale Weitwinkel-Zoomokular 11WZ sowie Astro-Okulare verwendet. Zur Natur- und Nachtbeobachtung wurde das Spektiv auf einen Zwei-Wege-Videoneiger gesetzt, der auf einem Carbon-Stativ montiert war. Die gesamte Ausrüstung wog nicht mehr als 2,5kg und kann auch über längere Strecken getragen werden, was insbesondere bei der Vogelbeobachtung eine Rolle spielt. Für längere astronomische Beobachtungen sollte besser eine kleine parallaktische Montierung verwendet werden.

Optik

Das Objektiv mit 88mm Öffnung und 500mm besteht aus fünf Linsen in vier Gruppen. Das zweilinsige Frontelement ist eine Kombination aus Fluorit-Kristall und XD-Glas – eine sehr aufwändige und teure Konstruktion, die in diesem Objektivdurchmesser weder bei Spektiven noch Teleskopen anderer Hersteller zu finden ist. In der Mehrzahl werden heute Sondergläser ohne Fluorit oder mit Fluoridionen dotierte Gläser verwendet, aber keine reinen Fluoritkristalle mehr. Gerade als Amateurastronom kennt man jedoch die unübertroffene Leistung von Fluorit-Objektiven aus den 1990er Jahren, die heute noch auf dem Gebrauchtmrkt begehrt sind.

Dazu kommt ein Prismen-Umkehrsystem aus BaK-4-Glas nach Schmidt-Pechan. Okularseitig schließt ein Glas das Gerät wasserdicht ab – für wetterfeste Naturbeobachter ein wichtiges Kriterium, wenn ein Regenschauer die Watvögelbeobachtung unterbricht. Das Glas ist stickstoffgefüllt gegen Beschlagen von innen und für die effektive Vermeidung von interner Verschmutzung; Standard bei hochwertigen Spektiven, unbekannt im Astronomie-Bereich.

Die Fokussierung geschieht durch Verschieben der zentralen Linsenelemente. Das Frontobjektiv und die Umkehrprismen behalten dabei ihre Position. Die vielen Glas-Luft-Grenzflächen erfordern eine exzellente Vergütungstechnologie,

▼ Abb. 2: Das Kowa TSN 883 ist ein 88/500mm-Refraktor mit eingebauter Bildumkehr, hier im Einsatz mit dem optionalen 11WZ-Zoomokular, montiert auf einem Zwei-Wege-Neiger.



Studio 1/Abenteuer Astronomie

um Lichtverluste gering zu halten. Laut Hersteller sind alle Flächen multivergütet und das Pechan-Prisma ist mit einer »C3«-Multivergütung und Phasenkorrektur-Vergütung ausgestattet, um die Lichtverluste zu minimieren.

Der Blick in die Optik von vorne zeigt die grünlich, bläulich und bräunlich schimmernden Vergütungen des Frontobjektivs, der Fokussier-Optik und des Prismensystems. Beim Blick von hinten erkennt man die Prismen – eindeutig ausreichend groß dimensioniert, um Lichtverluste zu verhindern. Insgesamt ist festzuhalten, dass enormer Aufwand in die optische Konstruktion gesteckt wurde, der sich vor keinem High-End Astro-Apochromaten zu verstecken braucht.

Mechanik

Der Kern des in einer mattgrünen Farbe ummantelten Gehäuses besteht aus einer Magnesiumlegierung, die das empfindliche Umkehrsystem und die Fokussieroptik schützt. Naturbeobachter könnten eine Gummiarmierung vermissen, in der Regel wird jedoch ohnehin eine Bereitschaftstasche verwendet werden, die das Gehäuse komplett ummantelt.

Am Objektiv sitzt eine Gegenlichtblende, die um 30mm nach vorne gezogen werden kann – tagsüber als Sonnenschutz, nachts als Taukappe sinnvoll. Sie ist rotierbar und mit einer Zielmarke ausgerüstet. Sie besitzt ein Einschraubgewinde für 95mm-Filter aus dem Fotohandel.

Der Stativadapter ist rotierbar angebracht, so dass ein seitlicher Einblick in das Spektiv möglich wird. Der Adapterfuß besitzt auf seiner Unterseite ein großes 3/8-Zoll Fotogewinde mit Reduzierung auf den 1/8-Zoll Standard.

Der Okularanschluss erfolgt wie bei Spektiven üblich über ein Bajonettssystem ähnlich wie bei den Objektiven von DSLR-Kameras: Das Okular lässt sich nur entfernen, wenn man seitlich auf den Entriegelungsknopf drückt und es behutsam aus seiner Fassung dreht. Dadurch wird



▲ Abb. 3: Blick von vorne (a) und von hinten (b): Das Gerät bringt mit Okular nur 1,9kg auf die Waage.



▲ Abb. 4: Die herausziehbare Objektivblende (a) und der im Verhältnis 1:3 unteretzte Feinfokus (b).

das Okular sehr sicher fixiert, so dass das Spektiv bedenkenlos umhergetragen werden kann. Der Okularwechsel wird dadurch allerdings etwas komplizierter, als man es vom Einstecken bei astronomischen Teleskopen gewohnt ist.

Das Okularende des Spektivs besitzt zusätzlich einen Gewindeanschluss (M54×0,75), mit dem sich Zubehör wie Kameraadapter direkt anschließen lassen. Dieses Gewinde wird bei normalem visuellen Gebrauch von einem Schutzring abgedeckt.

Das Spektiv besitzt an der Oberseite einen zweifachen Drehknopf für das duale Fokussiersystem. Der Grobfokussierknopf benötigt zwei volle Umdrehungen von der Minimaldistanz von 3m bis Unendlich. Der Feinfokussierknopf sitzt objektivseitig auf diesem auf, er bietet eine Untersetzung von 1:3.

Objektiv- und Okulardeckel gehören zum Lieferumfang, ersterer lässt sich wie bei Fotoobjektiven im Objektivgewinde festklemmen.

Okulare

Kowa bietet vier eigene Okulare für die Verwendung am Spektiv an. Die naheliegendste Lösung ist das Weitwinkel-Zoom 11WZ, das am TSN 883 eine 25- bis 60-fache Vergrößerung liefert. Das scheinbare Gesichtsfeld liegt zwischen 60° (24×) und 79° (60×) – für ein Spektivokular ist das ein Spitzenwert, der auch Sternfreunde befriedigt. Das wahre Gesichtsfeld beträgt somit 2,4° bis 1,32°, die Austrittspupille liegt bei 3,5mm bis 1,5mm. Mit 17mm Pupillenabstand lässt sich das Okular auch mit Brille verwenden – besser ist es jedoch, diese abzusetzen und die herausdrehbare Augenmuschel zu verwenden.

Die Optik dieses Okulars ist nicht weniger aufwendig als die des Spektivs: elf Linsen in sechs Gruppen mit XD-Glas verwendet Kowa hier. Laut Hersteller ist auch hier alles multivergütet. Das ist kein Billig-Zoomokular mit Quali-

tätskompromissen, was sich auch im Preis widerspiegelt.

Außerdem sind noch drei Systemokulare des Herstellers erhältlich, die nicht getestet wurden:

- Das Zoomokular 10Z ist das Vorgängermodell des 11WZ, es bringt am TSN 883 eine Vergrößerung von 20× bis 60× mit einem etwas kleineren Feld. Es ist jedoch herstellerseitig nicht mehr lieferbar.

- Die Festbrennweite 20H liefert 25×. Der riesige Pupillenabstand von 32mm ist für allem für die Digiskopie, also die afokale Fotografie durch das Spektiv gedacht. Es hat weniger Feld als das 11WZ bei 25×.

- Die Festbrennweite 17W liefert 30×. Der Pupillenabstand beträgt 20mm, es resultiert etwas mehr Feld als mit dem 11WZ bei 30×. Auch dieses Okular wird nicht mehr geliefert.

Extender

Ein 88mm-Fluorit-Apochromat sollte sich mühelos zum 2,5- bis 3-Fachen des Objektivdurchmessers vergrößern lassen. Wer mehr Vergrößerung als 60× mit den Kowa-Okularen will, kann zum optionalen Extender 1,6× greifen. Hinter diesem eher in der Fotografie gebräuchlichem Begriff versteckt sich ein brennweitenverlängerndes Element ähnlich einer Barlowlinse. Über den optischen Aufbau schweigt Kowa, die freie Öffnung ist mit 16mm relativ klein. Mit dem 11WZ lässt sich so die Vergrößerung auf 40× bis 96× steigern. Kowa gibt an, dass man mehrere Extender »in Reihe schalten« kann. Bei zweifacher Verwendung ergibt sich somit 64× bis 154×.

Der Extender wird auf das Zubehörgewinde am Spektiv geschraubt und das Okular mit dem Bajonettanschluss daran befestigt. Da spektiv- und okularseitig dieselben Gewinde vorhanden sind, ist die Kombination von zwei Extendern problemlos und schnell möglich.

IM DETAIL

Spektiv oder Teleskop?

Terrestrische und astronomische Refraktoren sind für unterschiedliche Anwendungen optimiert. Wer ein Gerät sucht, das beides kann, sollte sich über die Vor- und Nachteile beider Ausprägungen Gedanken machen.

Spektive

- + sind im Durchschnitt kompakter und leichter als Teleskope bei gleichem Objektivdurchmesser
- + für die Tagbeobachtung ist das Umkehrsystem bereits eingebaut
- + Zoomokulare sind für Naturbeobachter wesentlich sinnvoller
- es sind oft nur Okulare des jeweiligen Herstellers einsetzbar
- die theoretisch erreichbaren Vergrößerungen lassen sich dadurch nicht erreichen
- Geradesicht-Modelle eignen sich nicht für die Astronomie

Teleskope

- + lassen beliebige Okulare verwenden
- + die theoretischen Vergrößerungen sind erzielbar
- + die Umlenkung durch ein Zenitprisma oder Amiciprisma macht die Zenitbeobachtung bequem
- für die Tagbeobachtung sind Zenitprismen ungeeignet, man braucht teure hochwertige Amiciprismen
- Zoomokulare für die Naturbeobachtung müssen extra erworben werden
- die Geräte sind bei gleichem Objektivdurchmesser schwerer als Spektive



◀ Abb. 5: Mit dem Zoomokular 11WZ (a) und zwei Extendern 1,6× können Vergrößerungen bis 154× erreicht werden.

Adaption von Astro-Okularen

Kowa bietet für die Verwendung von 1¼-Zoll Astro-Okularen zwei Schraubadapter an. Beide Varianten werden innen in die Okularaufnahme eingeschraubt. Eine Version bietet zwei übliche Klemmschrauben, eine »tiefergelegte« Variante zwei im Adapter eingelassene Madenschrauben, die sich jedoch nicht bedienen lassen, wenn der Adapter in der Okularaufnahme eingeschraubt wird – keine gute Lösung, auch weil das Hantieren mit einem winzigen Sechskant-Inbus zum Okularwechsel in der Nacht alles andere als praxisgerecht ist.

Daten Kowa TSN 883

Objektivdurchmesser	88mm
Brennweite	500mm
Vergrößerung	25–60× mit Okular 11WZ
Austrittspupille	3,5mm bis 1,5mm mit Okular 11WZ
Pupillenabstand	17mm mit Okular 11WZ
Gesichtsfeld	2,4°–1,3° mit Okular 11WZ
Länge	350mm mit Okular 11WZ
Gewicht	1543g Spektiv + 372g Okular = 1885g
Stativanschluss	1/8 Zoll und 3/8 Zoll
Zubehör	Okular 11WZ 699€ Okular 20H 289€ Extender 1,6x 329€ Bereitschaftstasche 74€ Tragesystem 79€ Schutzfilter 199€ Smartphone-Adapter 59€ Adapter TSN-DA10 129€ Adapter TSN-PZ 499€ Adapter TSN-PA7 189€ Adapter TSN-VA3 669€
Listenpreis	2299€

Leider zeigte sich, dass die meisten Astro-Okulare mit dem praxistauglicheren normalen Adapter für normalsichtige Beobachter nicht in den Fokus kommen. Getestet wurde dies mit Okularen der Baureihen Takahashi LE, Zeiss Abbe, Pentax XO und Televue Ethos. Bei den Takahashi LE und Zeiss Abbe ist die Verwendung mit dem Madenschrauben-Adapter möglich, aber unpraktisch, weil jedes Okular einzeln eingespannt werden muss und ein schneller Okularwechsel nicht möglich ist. Wer bestimmte Astro-Okulare verwenden will, sollte dies vor dem Kauf ausprobieren.

Alle Okulare lassen sich problemlos verwenden, wenn der Extender eingesetzt wird. Dies schafft zusätzliche 20mm Fokussierweg. Die Brennweite beträgt somit 800mm: Mit einem 40mm-Okular werden nun 20× erreicht, mit 5mm 160×. Nach oben lässt sich der Vergrößerungsbereich mit entsprechend kurzbrennweitigen Okularen also ausschöpfen.

Adaptionen zur Fotografie

Kowa bietet ein sehr umfangreiches und durchdachtes Zubehör für die Fotografie an, die nicht Thema dieses Tests war, aber sicherlich für viele Leser ein Anschaffungskriterium sein dürfte.

Smartphones können direkt ans Okular angeschlossen werden, es gibt Adaptersets passend für iPhone 4/4S, 5/5S/5SE, 6/6S und das Samsung Galaxy S4 und S5. Sie bestehen aus einem Adapterring für das Spektivokular und dem Anschluss an das Smartphone. Diese Smartphone-Adapter können übrigens auch für viele Kowa-Ferngläser und darüber hinaus zahlreiche Geräte von anderen Herstellern verwendet werden.

Der Adapter TSN-DA10 ist für digitale Kompaktkameras gedacht. Zusätzlich benötigt man hier einen Adapterring je nach Kameramodel – ebenfalls bei Kowa erhältlich.

Für APS-C-DSLR wurde der Adapter TSN-PZ entwickelt, der am TSN 883 eine Variation der Brennweite von ca. 680mm bis 1000mm mit angeschlossener Kamera erlaubt. Hier benötigt man kameraseitig einen T2-Ring.

Der Adapter TSN-PA7 ist für DSLR/Systemkameras gedacht, die ohne Objektiv angeschlossen werden. Er besitzt kameraseitig einen T2-Anschluss und Schutzglas und wird spektivseitig über das Okular gestülpt und ist dadurch schnell abnehmbar, so dass man zwischen visueller und fotografischer Nutzung schnell wechseln kann. Die effektive Brennweite beträgt stolze 2570mm.

Schließlich gibt es noch den für Videoaufnahmen optimierten Adapter TSN-VA3 mit integrierter Bildebnungsoptik. Er wird direkt am Spektiv ohne Okular angebracht.

Bei der Fotografie kann der gesamte Aufbau aufgrund des leichten Spektivkörpers hecklastig werden. Auch hier hat Kowa mit dem TSN-DA3-System eine Antwort parat, die für Ausgleich am Stativfuß sorgt.

Weiteres Zubehör

Eine Bereitschaftstasche, die das Gerät bei Wind und Wetter schützt, ist für hochwertige Spektive Standard – und sicher auch nachts eine gute Wahl. Kowa hat zudem ein Tragesystem im Angebot, mit dem das Spektiv samt Stativ an einem Rucksack auf dem Rücken transportiert werden kann, ohne dass man Optik und Stativ trennen muss – Vogelbeobachter wissen die schnelle Einsatzbereitschaft zu schätzen!

Für das Objektiv gibt es zudem einen Schutzfilter im Filtergewinde 95mm – aus astronomischer Sicht nicht unbedingt nötig für ein multivergütetes Objektiv, das pfleglich behandelt wird, bei harten Außeneinsätzen in der Natur jedoch eventuell eine Überlegung wert.

In der Praxis

Nimmt man das TSN 883 in die Hand, fallen sofort das geringe Gewicht und die kompakte Bauweise auf. 88mm Objektivdurchmesser bei 1,5kg Gesamtgewicht: Das schafft kein Astroteleskop! Auch kompakte kleine Apochromate sind mindestens doppelt so schwer – ohne Bildumkehr.

Das TSN 883 benötigt deshalb keine schwere Montierung, mit einem stabilen Fotostativ und Videoneiger beträgt das Gesamtgewicht weniger als 3kg – eine optisch so mächtige und gleichzeitig transportable Lösung lässt sich kaum vorstellen.



▲ Abb. 6: Für den Anschluss von 1/4-Zoll-Astro-Okularen gibt es zwei verschiedene Adapter. Bei der flachen Version (rechts) wird das Okular mit Inbus-Schlüssel gesichert.

len. Wer nicht viel Platz hat und nicht viel tragen will, etwa im Urlaub – und dennoch optisch ohne Kompromisse beobachten möchte – findet hier seine Ideallösung.

Naturbeobachtung

Der Beobachtungsturm am mittelfränkischen Altmühlsee ist ein Tummelplatz für unterschiedliche Wasservögel und ihre Beobachter: Gänse, Reiher, Enten, Limikolen bieten sich den Objektiven der zahlreich anwesenden Spektive.

Das Kowa bietet ein äußerst brillantes Bild, auch weil es im Vergleich zu den meisten Spektiven deutlich mehr Öffnung hat. Hell, klar, scharf – der Einblick überzeugt. Auch der Test von Antennenstangen vor hellem Himmel wird bestanden. Selbst im Gegenlicht sind die Umrisse klar und die Farben echt, es ist keinerlei Farbfehler über den gesamten Vergrößerungsbereich zu erkennen. Beeindruckend!

Durch bequemen Einblick und sehr gute Randschärfe überzeugt das Zoomokular 11WZ. Tatsächlich wird schnell klar: Die Vergrößerung von 60× schöpft die Optik bei weitem nicht aus. Für die Vogelbeobachtung ist bei einigermaßen guten Lichtverhältnissen die einfache Verwendung des Extenders die sinnvollste Kombination: Erst dann spielt das Spektiv seine Stärken voll aus, und es lassen sich Flussregenpfeifer in 500m Entfernung eindeutig identifizieren und die Un-

terscheidung von Flussuferläufer und Waldwasserläufer im Schlichtkleid gelingt mühelos. Erstaunlich sind Detailbeobachtungen bei größeren Vögeln, Rohrweihe und Rotmilan zeigen faszinierendes Feindetail im Gefieder. Bis 96× ist das Bild nur ganz leicht kontrastärmer geworden und vor allem die Luftunruhe ist die Begrenzung – mit den meisten High-End-Spektiven lassen sich solch hohe Vergrößerungen schon gar nicht mehr erzielen. Leider geht mit dem Extender auch die Übersicht etwas verloren, wenn man bereits mit 40× einsteigt.

Wer nicht genug bekommt, kann auch zwei Extender kombinieren, selbst bis 154× ist das Bild bei sehr gutem Licht noch brauchbar, allerdings bereitet es Mühe exakt zu fokussieren. Ab 100× stoßen auch die meisten Neiger-Stativ-Kombinationen an ihre Grenzen.

Astrobeobachtung

Auch nachts zeigt die Optik, was sie kann: Es handelt sich um einen sehr guten 88mm-Apochromaten, vielleicht eine der besten Optiken in dieser Größenklasse, die derzeit erhältlich sind. Beeindruckend ist die Korrektur der chromatischen Aberration gelungen: Während man von ähnlichen Optiken wie dem Takahashi Sky 90 (90/500mm-Objektiv) deutliche Farbsäume bei mittleren und hohen Vergrößerungen kennt, zeigt das TSN 883 nicht einen Hauch

✓ BEWERTUNG

- + exzellente Optik
- + geringes Gewicht
- + sehr gutes Zoomokular
- + sehr guter Extender
- + hohe Vergrößerungen möglich
- keine Weitfeld-Option

davon an Mond und Mars. Barlowlinsen gegenüber eher skeptisch eingestellt, hat mich am meisten die Leistung des Extenders überrascht: Seine Verwendung ist tatsächlich nicht zu spüren, die zweifache Anwendung ist ohne Verlust machbar.

Das Zoomokular 11WZ lässt sich somit bis 154× gut ausfahren. Seine Leistung überzeugt ebenfalls durchgängig, denn es ist kein Unterschied zwischen der Verwendung des Zoom-Okulars mit Extender und hochwertigen Astro-Okularen feststellbar – erstaunlich! Der Mond zeigt sich absolut brillant und scharf, der Saturnring detailliert – nachts macht das TSN 883 mindestens genauso Spaß wie tagsüber.

Mit hochwertigen Astro-Okularen lässt sich die Vergrößerung an Mond und Mars bis jenseits von 200× treiben. Es ist dann nicht die Optik, sondern die Fokussierung, die an ihre Grenzen stößt: Die Untersetzung von 1:3 ist für diesen Vergrößerungsbereich zu klein, und der Fokusknopf arbeitet zu schwammig – hier ist man von guten astronomischen Okularauszügen Besseres gewohnt.

Leider bietet die perfekte Optik mit f/5,6 keine Weitfeldoption! Es können keine 2-Zoll-Okulare angeschlossen werden, und der für die Verwendung von 1/4-Zoll-Okularen erforderliche Extender verkleinert das Öffnungsverhältnis auf 1:8, sodass ein Feld von ca. 2,5° am Himmel nicht zu übertreffen ist – ein Wermutstropfen. Aufgrund der 45°-Ablenkung gestaltet sich die Beobachtung im Zenit zudem unbequem.

Fazit

Das Kowa 883 kommt der Idee eines Geräts für Natur und Sterne sehr nahe. Die Optik überzeugt tagsüber und nachts auf ganzer Linie. Es besitzt das vielleicht beste Objektiv unter 100mm und liefert unerwartet beeindruckende Ergebnisse terrestrisch und astronomisch. Gleichzeitig ist es das leichteste und transportabelste Gerät seiner Klasse. Wer Vögel und Planeten gucken und dabei keine Kompromisse machen will, ist bestens bedient. Abstriche muss man leider beim Richfield-Stöbern in der Milchstraße machen – vielleicht schaffen es Kowas Optikingenieure, auch dafür eine perfekte Lösung zu finden.

► Ronald Stoyan

i STELLUNGNAHME DES HÄNDLERS

Der Hinweis auf die Probleme beim Adapter mit den Madenschrauben ist zwar nachzuvollziehen, weil kleine Inbus-Schrauben speziell bei Justierungen in der Nacht sehr wenig Spaß machen, aber: Es liegt in der Natur aller Ultra-Low-Adapter, dass man die Rändelschrauben weglässt, und den Adapter im Gerät versenkt. Was sonst außer kleinen Madenschrauben sollte man zur Befestigung verwenden?

Angesichts der unverbindlichen Preisempfehlung von 29,90€ für die Adapterringe kann ich mir vorstellen, dass jeder interessierte Anwender beide Adapterversionen erwerben sollte, um möglichst jedes seiner 1/4-Zoll Astro-Okulare verwenden zu können.

Günter Reisner, Kowa Optimed Deutschland GmbH





▲ Abb. 1: Jeweils zehn Filter in den Anschlussgrößen 1,25 Zoll und 2 Zoll standen beim Test zur Verfügung.

FILTER FÜR ALLE FÄLLE

Die Omegon Pro-Filterreihe im Labor und im Praxistest

Seit Mitte 2016 bietet Omegon, das Eigenlabel von Astroshop.de, neben den bereits etablierten Basic- und Advanced-Filterreihen eine Reihe mit der Bezeichnung Omegon Pro an. Wir haben sie im Labor und in der Praxis getestet.

Außer dem klassischen LRGB-Filterset werden in der Omegon Pro-Serie UHC-, CLS-, H α -, H β -, OIII (CCD)- und SII (CCD)-Filter in den Anschlussgrößen 1¼-Zoll und 2 Zoll bereitgestellt. Alle Filter der Serie werden mit einem Prüfprotokoll in Form einer Transmissionskurve geliefert, die nach Mitteilung von Omegon für jeden einzelnen Filter separat erstellt wird. Damit weiß jeder Käufer, was

speziell sein Filter leistet, da bekanntlich in jeder Serienproduktion Streuungen auftreten können. Für den Test wurden uns jeweils komplette 1¼-Zoll und 2 Zoll Sets von Omegon zur Verfügung gestellt.

Test im Labor und am Himmel

Die Tests der Filter gliederten sich in zwei Teile: in den von André Knöfel durchgeführten Labor-

test, bei dem die Transmission mit einem Agilent Cary Varian 5000 UV-Vis-NIR Spektrophotometer vermessen wurde, und den von Christoph Kunze vorgenommenen praktischen Test an Objekten des Sternhimmels. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Zeit und der Wetterbedingungen waren praktische Tests nur visuell beim LRGB-Set und bei den UHC-, CLS- und den OIII-Filtern möglich. H α -, H β - und SII-Filter wurden ausschließlich im Labor untersucht.

Die Filter werden gut geschützt, in einem Kunststoffbehälter verpackt, geliefert – so wie man es gewohnt ist. Die Umverpackung besteht aus einem Tütchen und einer schlicht gestalteten Schachtel aus Pappe. Der Kunststoffbehälter lässt sich leicht öffnen, ohne Gefahr, dass der gesamte Inhalt der Schwerkraft zum Opfer fällt. Zur Haptik der Filter selbst kann man sagen, dass das Gewicht-Größe-Verhältnis einen durchaus wertigen Eindruck vermittelt. Da in der Dunkelheit vor allem das Handling eine wichtige Rolle spielt, soll hier erwähnt werden, dass alle 1¼-Zoll-Ausführungen eine glatte Rahmenoberfläche besitzen, die 2 Zoll-Varianten im Gegensatz dazu geriffelt sind. Letzteres ist bezüglich der Griffigkeit deutlich vorteilhafter. Alle Gewinde sind ordentlich gefertigt und passten ohne zu hakeln in alle verwendeten Okulare und in ein 1¼-Zoll-Filterrad.

LRGB-Filter

Die »Omegon Pro« LRGB-Filtersätze zeigen über weite Bereiche eine recht gleichmäßige Transmission. Von Rot nach Blau nimmt die Transmission auf hohem Niveau nur unwesentlich ab, was den Einsatz in der Praxis nicht beeinflusst. Zwischen den Farbbereichen gibt es jeweils eine kleine Überlappung, der Luminanz-Filter ist im gesamten RGB-Bereich mit einer mittleren Transmission von 97% offen und blockt sicher im UV-Bereich und NIR-Bereich der üblichen CCD- und DSLR-Kameras.

Halos und Reflexe bei der Verwendung von Filtern werden immer wieder in diversen Internetforen diskutiert, da diese vor einiger Zeit bei einigen

Produkten verschiedener Händler bei hellen Sternen in Form eines Vorhofes auftraten. Dieser Effekt wäre nur durch aufwendige Bildbearbeitung zu eliminieren. Daneben spielt die Homofokalität des Filtersatzes eine wichtige Rolle, da ein Nachfokussieren bei jedem Kanal undenkbar ist. Getestet wurde mit einer monochromen DMK von Imaging Source, einem 1¼-Zoll Filterrad und einem 8 Zoll f/4 Newton an Alcor und Mizar. Das Ergebnis zeigte, dass es keine Reflexe gab und alle Filter homofokal waren.

Schmalbandfilter

Lichtverschmutzung ist ein sehr präsent Thema in der beobachtenden Astronomie. Deswegen hat sich sicherlich jeder aktive Beobachter schon mindestens einmal mit dem Thema astronomische Filter beschäftigt, die den Kontrast zwischen Objekt und Himmelshintergrund steigern sollen. Mittlerweile gibt es eine Fülle von sogenannten Stadtlichtfiltern und Filtern die bei der visuellen Beobachtung hilfreich sein sollen.

Die beiden Omegon Pro CLS- und UHC-Filter wurden in fünf Nächten unter unterschiedlichen Bedingungen und an verschiedenen Orten getestet. In Vorbereitung darauf geschah Ungewöhnliches – es wurden hinreichend schlechte Orte mit einem gewissen Grad der Lichtverschmutzung gesucht: ein Vorort in Stadtnähe und ein Standort direkt in der Stadt Chemnitz – beides keine Wohlfühlzonen für visuelle Beobachter.

Beobachtet wurde mit einem 10 Zoll f/4 Newton, einem 8 Zoll f/4 Newton, einem 120/600 Refrak-

tor und einem 70/350 Refraktor. Dabei wurden an den f/4-Geräten 1¼-Zoll Nagler-Okulare und ein 2 Zoll 100°-Weitwinkelokular verwendet. An den Refraktoren wurden verschiedenste Okulare quer durch die Okularkoffer benutzt. Die 1¼-Zoll-Filter wurden praktischerweise in ein 5-fach-Filterrad platziert, wobei ein Filterplatz für den reinen ungefilterten Vergleich freigelassen wurde. In jeder Beobachtungsnacht wurden dieselben Objekte beobachtet. Die Beobachtungsliste bestand aus diversen Nebelstrukturen und experimentell aus Galaxien und Kugelsternhaufen.

Nebelstrukturen dank Filter

Im Ergebnis der Beobachtungen kann man feststellen, dass beide Schmalbandfilter ihre Daseinsberechtigung haben. In der Praxis entsteht schnell der Eindruck einer Kontrast-Abstufung – mit einem Filterrad wird diese Tatsache sehr deutlich. Dabei entscheiden Flächenhelligkeit des Objekts, Öffnung des Gerätes und Intensität der Lichtverschmutzung über die Wahl des Filters. Prägnant wurde die genannte Kontrast-Abstufung am Cirrusnebel deutlich: Im 10 Zoll f/4 Newton ohne Filter war in Stadtnähe ein länglicher Nebel zu erahnen - ein nichtversierter Beobachter hätte ihn wahrscheinlich übersehen - direkt aus der Stadt war nichts zu erkennen. Mit dem CLS-Filter wurden an beiden Standorten erste Nebelstrukturen sichtbar. Darüber hinaus zeichnete er sich erheblich deutlicher vom Hintergrund ab - bei diesem Filter erschienen die Sterne grün und deutlich lichtschwächer, aber nicht störend, da der Fokus auf dem Objekt lag. Der UHC-Filter lieferte hier nochmals eine deutliche Steigerung, der Himmelshintergrund erschien hier fast schwarz und Strukturen wurden deutlicher. Am 70/350 Refraktor wurde der Nebel mit dem CLS-Filter sichtbar und das sogar aus der Stadt heraus – der UHC-Filter brachte hier keine Verbesserung.

Alle Filter liefern ein verzerrungsfreies Bild und verändern dabei die Schärfe bis zum Rand nicht. Auffallend ist, dass es Situationen gibt, bei denen ein CLS-Filter besser wirkt als ein UHC-Filter. Das fällt auf, wenn die Transmission der Luft schlecht ist, denn dann nimmt der UHC zu viel weg und die Flächenhelligkeit des Objektivs nimmt im gleichen Maße ab. Diese Beobachtung wurde durch ein weiteres Paar »erfahrene Augen« des befreundeten Astrokollegen Andreas Viertel bestätigt, der in zwei Nächten die Tests unterstützte.

Mehr sehen in der Stadt

Da CLS und UHC die Wellenlängen von künstlicher Beleuchtung blockieren, lag der

LRGB-Filter

Filter	Anschluss	Halbwertsbreite FWHM (Wellenlängen-Bereich)	Maximale Transmission	Mittlere Transmission (Bereich) ¹⁾	Preis
Luminanz	1¼-Zoll	315nm (397nm-712nm)	99,0%	96,6% (403nm-703nm)	Setpreis 199€ / 399€
	2 Zoll	303nm (389nm-692nm)	99,2%	97,1% (424nm-682nm)	
Rot	1¼-Zoll	129nm (587nm-716nm)	99,1%	97,6% (594nm-709nm)	
	2 Zoll	120nm (590nm-710nm)	98,8%	97,6% (596nm-703nm)	
Grün	1¼-Zoll	98nm (492nm-590nm)	97,9%	95,7% (498nm-583nm)	
	2 Zoll	100nm (489nm-589nm)	97,7%	95,7% (494nm-583nm)	
Blau	1¼-Zoll	128nm (390nm-518nm)	97,1%	94,3% (397nm-513nm)	
	2 Zoll	121nm (393nm-514nm)	96,6%	93,1% (406nm-509nm)	

¹⁾ 90%-Bereich der maximalen Transmission

UHC- und CLS-Filter

Filter	Anschluss	Wellenlängen-Bereich	Halbwertsbreite FWHM (WL-Bereich)	Mittlere Transmission (Bereich) ¹⁾	Preis
UHC	1¼-Zoll	Blau-grün	46,1nm (464,5nm-510,6nm)	93,9% (467,4nm-506,9nm)	99€
		Rot-infrarot	117,1nm (637,6nm-754,7nm)	97,1% (642,2nm-701,7nm)	
	2 Zoll	Blau-grün	46,0nm (464,4nm-510,4nm)	94,3% (472,6nm-498,5nm)	149€
		Rot-infrarot	126,2nm (638,3nm-764,5nm)	94,8% (643,0nm-704,6nm)	
CLS	1¼-Zoll	Blau-grün	54,9nm (459,3nm-514,2nm)	94,5% (462,5nm-509,3nm)	99€
		Rot-infrarot	88,4nm (632,0nm-720,4nm)	97,1% (637,3nm-708,9nm)	
	2 Zoll	Blau-grün	54,6nm (464,6nm-519,2nm)	95,6% (471,1nm-511,8nm)	149€
		Rot-infrarot	94,6nm (637,0nm-731,6nm)	96,4% (642,0nm-716,3nm)	

¹⁾ 90%-Bereich der maximalen Transmission

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

H α -, H β -, OIII CCD- und SII-CCD-Filter

	Anschluss	Halbwertsbreite FWHM (WL-Bereich)	Maximale Transmission (Wellenlänge)	Transmission (Wellenlänge auf der Emissionslinie)	Preis
H α 12nm	1¼-Zoll	13,1nm (648,5nm-661,6nm)	92,7% (655,5nm)	91,2% (656,3nm Wasserstoff)	149€
	2 Zoll	13,7nm (651,7nm-665,4nm)	95,2% (658,8nm)	89,3% (656,3nm Wasserstoff)	249€
H β 25nm	1¼-Zoll	23,0nm (473,2nm-496,2nm)	94,6% (482,4nm)	93,8% (486,1nm Wasserstoff)	99€
	2 Zoll	23,8nm (476,3nm-500,1nm)	96,7% (484,3nm)	96,2% (486,1nm Wasserstoff)	199€
OIII CCD 12nm	1¼-Zoll	11,2nm (495,5nm-506,7nm)	85,2% (500,9nm)	82,2% (500,7nm, Sauerstoff) 47,1% (495,9nm, Sauerstoff)	99€ 199€
	2 Zoll	10,9nm (494,4nm-505,3nm)	89,3% (499,7nm)	88,0% (500,7nm, Sauerstoff) 65,7% (495,9nm, Sauerstoff)	199€
SII CCD 12nm	1¼-Zoll	12,6nm (666,8nm-679,4nm)	88,6% (672,3nm)	87,7% (671,6nm, Schwefel) 87,9% (673,1nm, Schwefel)	149€
	2 Zoll	12,4nm (667,2nm-679,6nm)	81,0% (673,8nm)	78,7% (671,6nm, Schwefel) 80,7% (673,1nm, Schwefel)	199€

Versuch nahe, den Kontrastzuwachs auch an anderen Himmelsobjekten zu testen. Theoretisch sollten sie keine Verbesserung bringen, da die Flächenhelligkeit von Galaxien und Kugelsternhaufen durch den Einsatz der Filter stark abnimmt. Es wurde untersucht, wie sich die Hintergrundhelligkeitsabnahme zur Objekthelligkeitsabnahme verhält. In Stadtnähe, bei moderater Lichtverschmutzung, lohnt sich

der Einsatz nicht, hierbei nehmen beide Helligkeiten (Hintergrund und Objekt) im gleichem Maße ab. Der Grad der Lichtverschmutzung ist zu gering. In direkter Stadtlage kann man jedoch durchaus Objekte finden, bei denen die Helligkeit des Himmelshintergrunds mehr abnimmt als die Flächenhelligkeit des Objekts. An M 81/82 konnte dieser Effekt beobachtet werden.

Im Labor zeigten beide Filter sehr ähnliche Durchlasskurven. Der CLS-Filter ragt dabei wenige Nanometer mehr in den grünen Bereich des Spektrums – dort, wo das menschliche Auge am empfindlichsten ist. Auffällig ist auch ein größerer Durchlass des UHC-Filters im Infraroten, was für fotografische Aufnahmen wichtig sein kann, da CCD-Sensoren bis etwa 1000nm empfindlich sind. Beide Fil-

Zusammenfassung der visuellen Tests

Objekt-Bezeichnung	Eigenname / Beschreibung	CLS	UHC	OIII ab 8" Öffnung	Anmerkungen
M 27	Hantelnebel	+	++	-	keine Verbesserung durch OIII, Flächenhelligkeit des Objektes nimmt ab, Strukturen gehen verloren
NGC 6995 NGC 6960	Cirrusnebel	+	++	+++	deutliche Steigerung bis OIII, mit OIII werden ab 8 Zoll feinste Strukturen erkennbar; sogar bei kleiner Vergrößerung mit 120 mm Öffnung empfehlenswert
NGC 7000	Nordamerikanebel	+	++	+	UHC lieferte hierbei die besten Ergebnisse, sehr großes Bildfeld erforderlich! OIII nur ab 10" Zoll bei dunklem Himmel empfehlenswert
IC 5070	Pelikannebel	+	++	+	
M 57	Ringnebel	++	++	+	alle Filter zeigen eine Kontraststeigerung, wobei UHC die beste Wahl ist
M 76	Kleiner Hantelnebel	+	++	++	
M 8	Lagunennebel	+	++	++	
M 20	Trifidnebel	+	++	+	
M 17	Omeganebel	+	++	+++	
M 22	Kugelsternhaufen im Schützen	-O	-O	-O	Nicht empfehlenswert, kontraproduktive Filterleistung
M 13	Kugelsternhaufen im Herkules	-O	-O	-O	Nicht empfehlenswert, kontraproduktive Filterleistung
M 81 / 82	Spiralgalaxien	+	+	-O	Bei starker Lichtverschmutzung (Bortle Scale 5 bis 6) wird der Himmelshintergrund im größerem Maße gefiltert als das Objekt, Objekt erscheint lichtschwächer, aber zeichnet sich mehr vom Hintergrund ab (getestet mit 8" und 10" Öffnung)
M 51	Whirlpool-Galaxie	+	-O	-O	Bei starker Lichtverschmutzung erhöht der CLS den Kontrast, UHC schwächt die Flächenhelligkeit des Objektes zu sehr (ab 10" Öffnung)

Zeichenbedeutung

O keine bzw. mäßige Filterwirkung + erkennbare Filterwirkung ++ gute Filterwirkung +++ sehr gute Filterwirkung - nicht zu empfehlen

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

ter blockieren sehr sicher die Hauptemissionslinien der Natrium- und Quecksilberdampfampen, die hauptsächlich für die Lichtverschmutzung verantwortlich sind.

Linienfilter (H α , H β , OIII und SII)

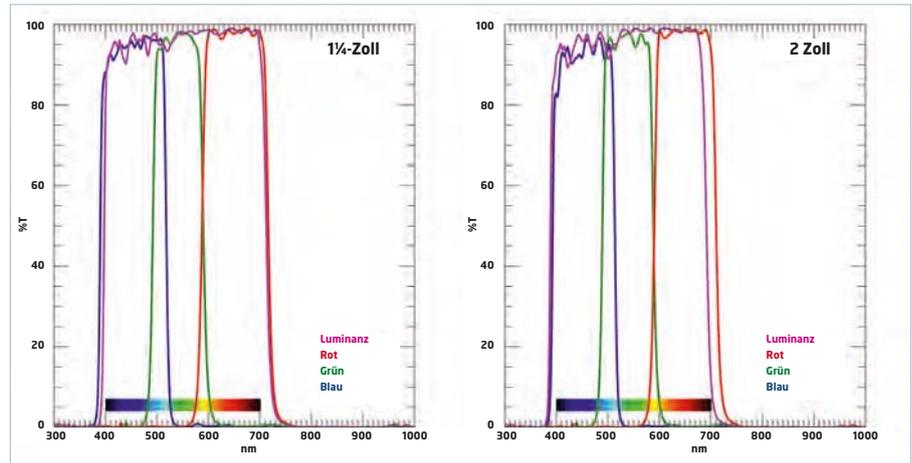
Die Laboruntersuchung zeigte, dass alle Linienfilter der Pro-Reihe die Halbwertsbreite (FWHM) des jeweiligen Transmissionsbereiches nahezu einhalten. Der H α -Filter weicht dabei am weitesten vom vorgegebenen Wert ab – aber auch mit etwas mehr als 13nm FWHM spielt dieser Filter in der gehobenen Liga. Die Transmission direkt auf der H α -Linie liegt dabei bei 90% – ein recht guter Wert. Alle anderen Filter liegen in der beworbenen Halbwertsbreite oder sind sogar noch besser. Auffällig ist beim H β -Filter die hohe Transmission im nahen Infrarot. Sollte das nicht gewünscht sein, muss hier zusätzlich ein IR-Blockfilter verwendet werden.

Ähnlich wie die CLS und UHC-Filter wurde der OIII-Filter auch visuell getestet – auch wenn dieser Filter eigentlich als CCD-Filter angeboten wird. Das Maximum der Wellenlänge liegt hier aber auch im Bereich der erhöhten Empfindlichkeit des menschlichen Auges. Da durch diesen Filter aber nur sehr wenig Licht tritt, benötigt man Teleskope ab Öffnungen von 150mm aufwärts.

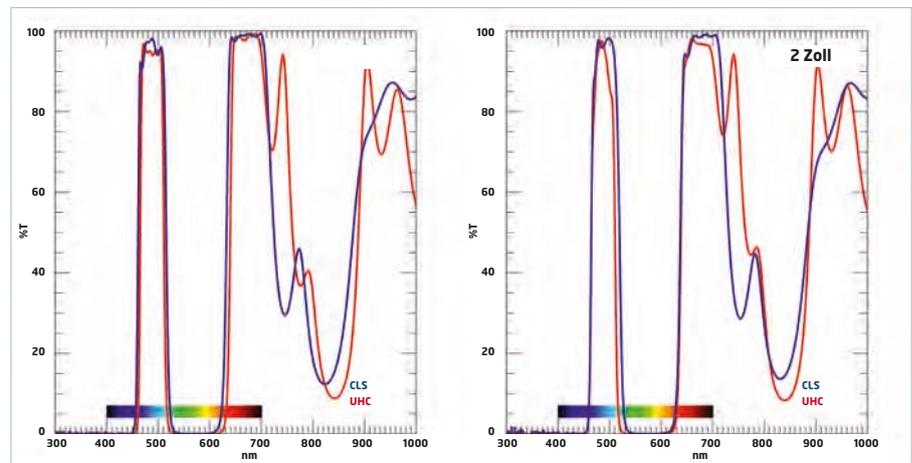
Am Cirrusnebel kommt jeder beobachtende Amateurastronom mit einem OIII-Filter ins Schwärmen: Beim unmittelbaren Filterwechsel erscheint es, als würde er auf einmal deutlich heller werden. Dieses »Hellerwerden« ist aber nur eine Erscheinung, die sich durch den hohen Kontrast erklärt. Ein direkter Wechsel zum unbelegten Platz im Filterrad ist wirklich erstaunlich und zeigt, wie gut dieser Filter speziell am Cirrusnebel arbeitet. Alle Beobachtungsergebnisse spiegeln sich auch in den 2 Zoll-Varianten wider, wobei hier mit einem 100° Okular beobachtet wurde. Hier entsteht wirklich der Eindruck, als würde das Objekt vor dem Beobachter schweben – fantastisch! Der 8 Zoll f/4 Newton zeigte im Verhältnis zur Öffnung eine etwa gleiche Kontrast- und Detailzunahme.

Fazit

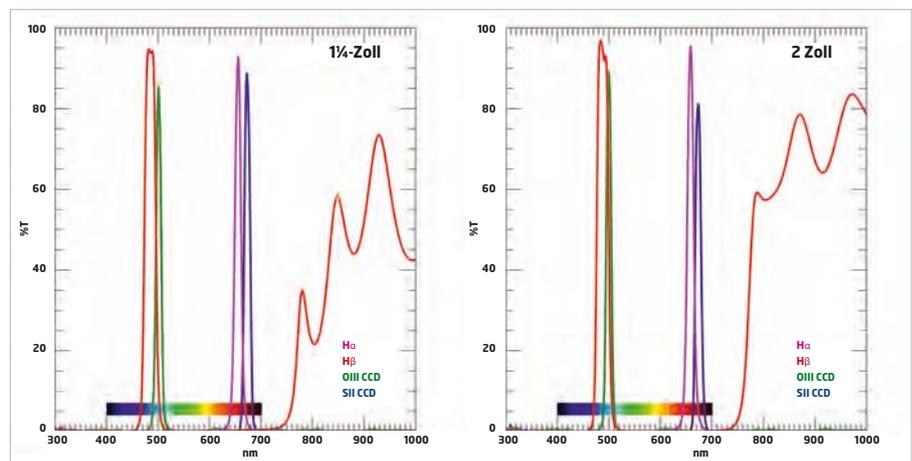
Die Filter der Pro-Serie hinterlassen einen soliden Eindruck. Neben einer sehr guten Verarbeitung besitzen sie visuell und fotografisch Eigenschaften, die dem Preissegment gerecht werden. Das LRGB-Set zeigte in den Untersuchungen auf Reflexe bzw. Halos und Homofokalität keine negativen Auffälligkeiten. Auch die anderen Filter sind untereinander homofokal und können dadurch sinnvoll an einem Filterrad zur visuellen Beobachtung genutzt werden. Darüber hinaus behalten



▲ Abb. 2: Transmissionsdiagramme der Luminanz-, Rot-, Grün- und Blau-Filter.



▲ Abb. 3: Transmissionsdiagramme der UHC- und CLS-Filter.



▲ Abb. 4: Transmissionsdiagramme der H α -, H β -, OIII CCD- und SII-CCD-Filter.

alle visuellen Filter die Randschärfe bei und beeinträchtigen das Bild nicht. Experimentell können CLS und UHC auch fernab von Nebelstrukturen zum Einsatz kommen und dabei die Blockierung des Kunstlichtes nutzen. Der OIII-Filter kann ab einer Öffnung von 8 Zoll visuell erfolgreich verwendet werden, sein Haupteinsatzgebiet ist aber in der fotografischen Anwendung zu sehen.

Da die H α -, H β - und SII-Filter nicht praktisch getestet werden konnten, beruhen die Einschätzungen hier auf den Laborauswertungen der Transmissionskurven, die dabei, mit einem kleinen Abstrich

wegen der hohen Transmission im Infraroten beim H β -Filter, sehr gut abschnitten.

Omegon hat mit ihrer neuen Produktlinie Omegon Pro-Filter erfolgreich eine Lücke im eigenen Produktsortiment geschlossen. Solide Verarbeitung sowie sehr gute und dank der Prüfprotokolle transparente optische Eigenschaften machen die Filter dieser Reihe empfehlenswert für Beobachter, die Wert auf Qualität und optische Güte legen und dabei einen moderaten Aufpreis auf Filter der Standard-Reihe in Kauf nehmen.

► Christoph Kunze, André Knöfel

A. Knöfel

A. Knöfel

A. Knöfel

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

MEHRERE PIXEL KOMBINIERT

Technik und Anwendungsbeispiele für Pixel-Binning

CCD-Sensoren werden in der Astrofotografie vielseitig eingesetzt. Je nach Zweck können dabei die ausgelösten Ladungen unterschiedlich ausgelesen werden, um das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) zu verbessern und nebenbei auch den Ausleseprozess zu beschleunigen. Am häufigsten wird dabei das sogenannte Pixel-Binning verwendet.

Pixel-Binning bezeichnet das Kombinieren der Signale mehrerer benachbarter Pixel. Typischerweise werden quadratische Bereiche von 2×2 oder 3×3 Pixeln zusammengelegt, was 2-fach- bzw. 3-fach-Binning entspricht. Im Gegenzug wird die Auflösung der Aufnahme reduziert. Ob dies zweckdienlich oder gerechtfertigt ist, hängt von der Situation ab.

CCD-Binning und Rauschen

Das Rauschen in einem CCD-Bild hat mehrere Ursachen. Neben der reinen Photonostatistik kommt ein Teil des Rauschens von der Kamera selbst. Neben dem thermischen Rauschen entsteht es bei Signalauslese und -verstärkung und betrifft jedes Pixel individuell. Dies wird als Ausleserauschen bezeichnet. Betrachtet man eine Fläche von 2×2 Pixeln, fällt dieses Rauschen ohne CCD-Binning für alle vier Pixel an. Wenn die Werte der vier Pixel nach-

träglich zusammengefasst werden, summiert sich das Rauschen der Pixel mit der Wurzel der Quadratsumme:

$$\sigma_{\text{gesamt}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2}$$

Die Größen σ_1 bis σ_4 bezeichnen die Rauscherelektronen der einzelnen Pixel und σ_{gesamt} das Rauschen des gesamten ungebinneten Bereichs. Aus einem Elektron Rauschen pro Pixel werden so also zwei Elektronen nach Addition. Angenommen, jedes der vier betrachteten Pixel enthielte ein Elektron Objektsignal, so summiert sich dieses linear zu vier Elektronen. Das SNR ist somit 2:4.

Beim Binning wird der Prozessablauf geändert. Bevor es zur Verstärkung kommt, werden die gesammelten Ladungen der Pixel im Register aufaddiert. Somit fällt das Rauschen nur einmal an, im vorigen Beispiel ein Elektron Rauschen gegenüber vier Elektronen Signal. Das SNR des Ausleserauschsens ist mit 1:4 also um den Faktor 2 besser.

Viele Bildverarbeitungsprogramme bieten die Option ein Binning nachträglich durchzuführen. Dieses Software-Binning verfehlt jedoch einen Teil des gewünschten Effekts. Das SNR verbessert sich, jedoch ohne Optimierung des Ausleserauschsens.

Sinnvolle Anwendungen

Mit Hilfe des CCD-Binnings können Arbeitsschritte bei der Deep-Sky-Fotografie vereinfacht und beschleunigt werden. Dank der kürzeren Auslese- und Downloadzeiten geht die grobe Fokussierung mit 3×3-Binning sehr schnell. Durch das verbesserte SNR werden auch schwache Nebel bereits mit wenigen Sekunden Belichtungszeit sichtbar, was das Einstellen des Bildausschnitts erleichtert. Häufig wird das 2-fach-Binning auch bei der Herstellung von LRGB-Kompositen verwendet. Dabei wird ausgenutzt, dass die RGB-Kanäle lediglich dem Einfärben des Bildes dienen und die Schär-



◀ Abb. 1: Ein Ausschnitt des Nordamerika-Nebels ohne, mit 2-fach- und mit 3-fach-Binning (v.l.n.r.). Beim Binning reduziert sich die Auflösung und verbessert sich das Signal-zu-Rausch-Verhältnis.

M. Weigand

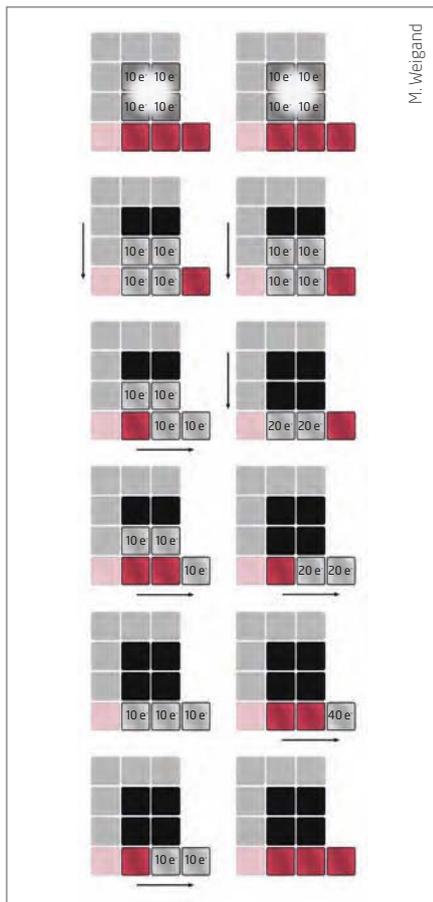
⇐ INTERAKTIV



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/fa

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



M. Weigand

fe in der Luminanz enthalten ist. Eine geringere Auflösung bei den RGB-Kanälen fällt daher nicht auf, weswegen hier gerne ein 2-fach-Binning genutzt wird, um ein besseres SNR zu erhalten und das »Farbrauschen« zu verringern.

Es gibt noch andere Situationen, in denen Binning sinnvoll ist, insbesondere in der messenden Astronomie: Dazu gehört z.B. die Suche nach Kleinplaneten. Diese Disziplin birgt eine besondere Anforderung dadurch, dass die Objekte in relativ kurzer Zeit ihre Position merklich ändern. Schon nach wenigen Minuten kann sich das Objekt bereits so weit bewegt haben, dass es das Pixel gewechselt hat. Eine noch längere Belichtungszeit bringt dann keinen Gewinn. Ist das Objekt sehr schwach, ist es gegebenenfalls im Rauschen unsichtbar. Geht es also darum, sehr schwache Kleinplaneten zu vermessen, stellt das Binning eine mögliche Lösung dar, wobei durch die einhergehende Reduktion der Auflösung die Positionsbestimmung ungenauer wird.

Sehr interessant ist das Binning auch für die Spektroskopie, wenn das Abbild eines Lichtspalts in die Spektralfarben aufgespalten wird. Für eine hohe spektrale Auflösung ist nur

eine hohe Abtastrate orthogonal zum Spalt relevant. Somit können Pixel entlang des Spaltbildes ohne Auflösungsverlust gebinnt werden, um das SNR zu verbessern.

Farb-Sensoren und CMOS-Chips

Bei Farb-Sensoren ist echtes Binning nicht möglich, da benachbarte Pixel mit verschiedenen Farbfiltern ausgestattet sind und somit nicht sinnvoll kombiniert werden können. Auch wenn Bildverarbeitungsprogramme dies anbieten, handelt es sich um ein nachträgliches Software-Binning.

Weiterhin eignet sich der CMOS-Chip im Allgemeinen nicht für das echte Binning. Bedingt durch seine grundlegende Struktur werden alle Pixel einzeln ausgelesen und verstärkt, sodass zwangsläufig immer das Ausleserauschen für jedes Pixel anfällt. Das für das Binning notwendige Ausleseverfahren existiert hier nicht. Daher führt Pixel-Binning bei CMOS-Chips nicht zu dem gewünschten Effekt eines reduzierten Ausleserauschens. Hier sind CCD-Chips also klar im Vorteil.

► Mario Weigand

▲ Abb. 2: Eine schematische Darstellung des normalen Auslesemodus links und mit 2-fach-Binning rechts. Zunächst werden 2x2 Pixel gleichmäßig mit einem Stern-Scheibchen belichtet und sammeln je zehn Elektronen. Danach beginnt der Auslesevorgang durch Verschieben der Elektronen zum Ausleseregister (rot). Im dritten Schritt beginnen die Unterschiede. Ohne Binning werden die Ladungen für jeden Pixel einzeln zum Verstärker nach rechts verschoben. Mit Binning wird gleich die nächste Zeile in das Register geschoben und zur ersten addiert. Durch horizontale Verschiebung im Register werden beim Binning schließlich die Ladungen aller vier Pixel im Verstärker gesammelt. Damit ist der Vorgang abgeschlossen, wohingegen das Auslesen der einzelnen Pixel noch zwei Schritte mehr benötigt und somit länger dauert.

Der unglaubliche HIMMEL

ZEHN TAGE ASTRONOMIE PUR IN NAMIBIA

Gibt es den perfekten Astro-Tag, der mit einer Sonnenfinsternis beginnt, Planetenkonjunktionen und Zodiaklicht bietet und zudem noch die spektakulärsten Sternhaufen und Nebel des Nachthimmels für einen bereithält? Was zunächst übertrieben klingt, habe ich kürzlich erst erlebt – in Namibia.

Wer schon viele Jahre den Himmel beobachtet, hat irgendwann so ziemlich alles gesehen. Dachte ich. Bis ich nach Namibia gefahren bin. Tom Pflieger und ich hatten das schon länger vor. Jeder von uns hatte den Südhimmel bei früheren Gelegenheiten schon mal gesehen, aber immer eher »im Vorbeifahren«. Jetzt wollten wir von der Astrofarm Kiripotib aus mit gemieteten Teleskopen die südlichen Himmelsschätze intensiv beobachten. Die Reise fiel aus verschiedenen Gründen in den Zeitraum von Ende August bis Anfang September. Das ist für Namibia fast schon das Ende der jährlichen Astrosaison. Für uns hatte es aber den Vorteil, dass wir sozusagen als »Beifang« die spektakuläre enge Begegnung von Jupiter und Venus am 27. August sowie die Sonnenfinsternis am 1. September sehen konnten.

Nach einem Nachtflug nach Windhoek und knapp zweistündiger Fahrt erreichten wir am Vormittag des 26. August die Farm, wo wir freundlich begrüßt wurden. Wir fanden gut eingerichtete und saubere Zimmer vor.

Überirdische Planetenbegegnung

Schon am gleichen Abend stand die erste Überraschung an. Nach einem sehr grellen Sonnenuntergang stehen Jupiter und Venus nur eine Winzigkeit voneinander entfernt am Abendhimmel, der in geradezu unwirklichen Farben

leuchtet. »Ein regelrechter Stern von Bethlehem!« meint Tom. Bald taucht Merkur neben dem Duo auf und komplettiert das Planetendreieck. Die Dämmerung schreitet rasch voran, schon leuchten das Kreuz des Südens und Alpha und Beta Centauri im Südwesten. Die Gruppe Mars – Saturn – Antares, die im Sommer von Deutschland aus tief am Südwesthimmel zu sehen war, steht hier im Zenit. Alle fünf klassischen Planeten sind auf einmal mit bloßem Auge zu sehen. In den Abendstunden kamen noch Uranus (sogar mit bloßem Auge) und Neptun hinzu. An neun Tagen in Folge habe ich jeden Abend alle sieben Planeten von Merkur bis Neptun gesehen, vermutlich wird das mein persönlicher Rekord für die Ewigkeit.

Der Kranich weist den Weg

Kiripotib liegt fast am südlichen Wendekreis. Alle Highlights des Südhimmels sind von dort aus zu sehen, dazu der größte Teil der bekannten Nordhimmel-Objekte. Die Orientierung am Sternhimmel ist ungewohnt. Das Sommerdreieck steht Kopf, die Basislinie des Dreiecks zwischen Wega und Deneb läuft Ende August abends parallel über dem Nordhorizont. Später geht der Orion mit Rigel voran auf. Südlich der Sternbilder Schütze und Skorpion stößt man in ungewohntes Terrain vor. Das Kreuz des Sü-

dens ist markant, geht aber bald unter. Der Südpol selbst bietet keine Orientierungshilfe. Sehr hilfreich fanden wir den eleganten Sternbogen des Kranichs, auch der am Rand der prächtigen Milchstraße gelegene Altar war Ausgangspunkt mancher Objekt-Pirsch. In den meisten Nächten hatten wir einen 14,5" Dobson gemietet. Mit diesem haben wir ganz »old school« alle Ziele per Hand eingestellt. Aber man findet wirklich fast alles, wenn man genügend Sterne mit freiem Auge sieht. Mit dem Telrad-Sucher, der rötliche Zielkreise einspiegelt, ist es dann meistens ein Kinderspiel, ausgehend von Sternmustern die gewünschten Objekte anzupeilen. Die Beobachtung zu zweit bietet den Vorteil, sich beim Auffinden abwechseln und sich gegenseitig motivieren zu können.

Außer uns sind es vor allem Astro-Fotografen, die nachts auf den Plattformen ihrer Tätigkeit nachgehen. Während man von unserem Abteil immer wieder Ausrufe wie »Wow! Unglaublich! Ist ja der Hammer! Wie krass ist das!« hört, dringt von den Fotografen schon mal ein Fluch herüber – Präzisionsbeobachtung ist halt anstrengender als einfaches Genuss-Gucken. Aber wenn es dort mal ein Problem gibt, eilt Astro-Betreuer Rolf zu Hilfe. Ab und zu kommt jemand von den Photonen-sammelnden Kollegen zu uns und erfreut sich an unserem Live-Bild im Okular. Um-



◀ Abb. 1: Der unglaubliche Himmel über Namibia: Tom und die Jupiter-Venus-Konjunktion

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

► Abb. 2: Planetentrio mit Zodiakallicht.



gekehrt können wir anderntags auf den Laptops der Fotografen bewundern, wie detailreich dort die Nebelstrukturen schon im Rohbild erscheinen. Chapeau!

Die südlichen »Big Five«

An Zielen mangelt es am Südhimmel wahrlich nicht. Wenn man so etwas wie die »Big Five« südlicher Himmelsregionen definieren müsste, dann wären das für uns die Große Magellansche Wolke mit dem Tarantelnebel, die Kleine Magellansche Wolke mit dem Kugelhaufen 47 Tuc, der Eta-Carinae-Nebel, der Kugelhaufen-Gigant Omega Centauri und die Sculptor-Galaxie. Wir haben keine Zeit zu verlieren, denn eines der Ziele droht nach der kurzen Dämmerung schon unterzugehen: der Eta-Carinae-Nebel und mit ihm die prächtigen Sternhaufen unterhalb des Kreuz des Südens. Wir erwischen den riesigen Emissionsnebel noch mit dem Dobson. Dafür müssen wir aber den Windschutz unserer Plattform raffen, der uns sonst den Blick auf den horizontnahen Himmel verwehrt hätte. Omega Centauri ist deutlich höher am Himmel und haut einen mit seiner Sternfülle glatt weg. Gegenüber am Himmel steht der am Nordhimmel so beliebte Kugelsternhaufen M 13. Der Vergleich beider ist äußerst unfair, Omega Centauri ist klar der Kugelhaufen-Champion. Wobei – vom rein visuellen Eindruck finden wir 47 Tuc fast noch schöner. Die angrenzende Kleine Magellansche Wolke bietet schon eine Fülle weiterer sehenswerter Einzelobjekte. Im Laufe der Nacht erhebt sich die Große Magellansche Wolke aus dem horizontnahen Dunst. Sie birgt einen der größten Schätze des Südhimmels, den Tarantelnebel, ein gewaltiges Sternentstehungsgebiet, neben dem der Orionnebel nur ein kleines Wölkchen

wäre. Der Anblick in Teleskop bei höherer Vergrößerung plus UHC-Nebelfilter ist atemberaubend. Ich beobachte mindestens eine halbe Stunde dieses verwirrende 3D-Knäuel aus geradezu kantigen Gasstreifen. Wie soll man so was beschreiben? Das ist schon abstrakte Kunst, nicht von dieser Welt. Und dann NGC 253, die Sculptor-Galaxie. Eine zum Betrachter gekippte Spiralgalaxie schöner als im Lehrbuch. Ein Strudel aus Sternen tief im Raum, für den wir nur eine beschreibende Zusammenfassung haben: majestätisch.

Galaxienpirsch und Funkenschlag

In den folgenden Nächten werden die Ziele exotischer. Wir wollen unsere Beobachtungszeit gut nutzen und planen die jeweils kommende Nacht mit dem interstellarem Deep Sky Atlas und Toms Programm »Eye & Teleskope«. Diese Software bietet den Vorteil, die Beobachtungen und Objektbeschreibungen direkt zu loggen. Der Anblick im Okular lässt sich simulieren und zu den meisten Objekten gibt es Fotografien, die wir mit den eigenen Wahrnehmungen vergleichen können. Dabei wird aber nicht geschummelt! Einmal arbeiten wir uns zu IC 1613, einer Zwerggalaxie der lokalen Gruppe vor. Am Rande der Wahrnehmung sehen wir unabhängig voneinander geringfügige Helligkeitsunterschiede des Objekts im Okular, jeweils aber an der gleichen Stelle. Als wir in »Eye & Teleskope« ein Bild dazu aufrufen, sind wir hochofren, dass die fotografierte Struktur der matten Galaxie exakt mit unseren Eindrücken übereinstimmt! Eine weitere Herausforderung ist Proxima Centauri, der nächste Nachbarstern der Sonne. Mit einer Aufsuchkarte aus dem Deep Sky Reiseführer tasten wir uns im Teamwork ins Zielgebiet vor, bis wir das schwache Sternchen eindeu-

tig identifiziert haben. Es mag nur ein Pünktchen sein, aber wenn man weiß, was es ist, ist es genial!

Spannend macht es im wörtlichen Sinne auch die Umgebung: Die Luft ist nachts extrem trocken, dauernd bekommen wir »einen gewischt«, was einmal dazu führt, dass Toms Rechner abstürzt. Sind unsere Aufzeichnungen der Beobachtungsnacht verloren? Zum Glück benutze ich zusätzlich ein altes Kassettengerät zur Tonaufnahme und anderntags lassen sich alle Eindrücke rekonstruieren.

Gegenschein und Astromythen

In der Nacht zum 2. September fällt mir hoch am Himmel ein Glimmen auf, das ich zunächst nicht weiter beachte. Irgendwie kommen wir im Gespräch auf das Thema Gegenschein: Staub in unserem Sonnensystem, der das Licht der Sonne zurückwirft. Es sind die gleichen feinen Teilchen, die uns jeden Abend nach Sonnenuntergang mit einem prächtigen Zodiakallicht erfreuen. Doch der Gegenschein ist viel schwächer. Wir überlegen, dass der Punkt, der stets der Sonne am Himmel gegenübersteht, jetzt im Sternbild Wassermann liegen müsste. Und tatsächlich: Das sanfte Leuchten erstreckt sich linsenförmig wenige Grad um den Stern λ Aquarii. Und steht da nicht auch Neptun in der Nähe und der wiederum in Opposition, also der Sonne gegenüber? Passt alles perfekt zusammen! Tom erzählt, dass er den Gegenschein erst einmal 1989 an einem extrem klaren Alpenhimmel gesehen hat. »Da waren ein paar Freaks dabei, die haben sogar die Lichtbrücke gesehen. Das ist die Verbindung zwischen dem Gegenschein und dem Zodiakallicht.« Ich schaue zum Himmel. »Äh, Tom, meinst du das da??« Und tatsächlich: Ein



▲ Abb. 3: Die partielle Sonnenfinsternis, fotografiert durch ein 26×100mm Miyauchi



▲ Abb. 4: Familienfoto des Planetensystems am 31.8.2016: Jupiter, Venus, Merkur, Mars und Saturn

feiner blasser Streifen zieht sich entlang der gesamten Ekliptik, bis er sich im Westen in der Helligkeit der Milchstraße verliert. Wir lassen diesen großartigen Bogen aus indirektem Sonnenlicht auf uns wirken und wissen, dass wir das so ziemlich Exotischste sehen, was man mit bloßem Auge wahrnehmen kann. Dieser Himmel muss perfekt sein, mehr geht nicht. In mehr als einer Nacht messen unsere Sky Quality Meter Werte von $22,2^m / \square$ und besser. Kein Wunder, dass wir auch zwei weitere »Astromythen« bestätigen können: Ja, die Milchstraße kann bisweilen Schatten werfen und ja, die Galaxie M 33 im Sternbild Dreieck ist schwach, aber eindeutig mit bloßem Auge zu sehen. Wer das für »Astrolatein« hält, möge selbst nach Namibia fahren und nachgucken!

Wunder über Wunder

In einer Nacht haben wir den großen Dobson im Einsatz. Der 20" erweist sich als etwas bockig (was zur nächsten Saison behoben sein soll). Aber so ein Halbmeter-Spiegel kann das Erleben bekannter Himmelschönheiten noch einmal deutlich steigern. Der Lagunennebel M 8 z.B. zeigt nicht nur den unglaublich strukturierten Hauptteil, der in seiner Form an einen Schwan erinnert, sondern offenbart weit darüber hinausgehende Nebelstrukturen, eine ganze Landschaft aus Gaswolken. Auch vom Nordhimmel bekannte Objekte wie die Galaxie M 33 sieht man plötzlich mit anderen Augen. Mir war nicht klar, wie schön die Spiralstrukturen dieser Galaxie sind! Und dann der Helixnebel wie auf Fotos, nur nicht farbig, aber im Inneren ausgefüllt mit Nebel rund um den feinen Zentralstern.

Dabei muss es nicht immer die Riesenoptik sein. Allein sich einen der kleinen Liegestühle zu schnappen und bequem mit dem eigenen 8×42 Fernglas die Milchstraße entlang beobachten, ist absolut gigantisch. Fast noch beeindruckender als die unermesslichen Sternwolken sind dabei die darin eingebetteten Dunkelnebel, die das Sternmeer durchziehen.

Eine Szene wie aus »2001«

Ein willkommenes Extra ist die Beobachtung der Sonnenfinsternis am Vormittag des 1. September. Auch wenn sie in Namibia nur partiell zu sehen ist, beeindruckt doch vor allem der Anblick im 26×100mm Großbino mit Sonnenfilter, in dem die Sonne mit Granulation und der Neumond mit Randprofil zu bewundern sind. Einen Abend später taucht die neue Mondsichel wieder am Abendhimmel auf und steht genau in einer

Reihe mit Jupiter und Venus! Ein fast unwirkliches Bild, das an eine Szene aus dem Filmklassiker »2001: Odyssee im Weltraum« erinnert.

Am zehnten Abend sehen wir ein ungewöhnliches Himmelsphänomen: Wolken! Auch in Namibia gibt es Wetter, perfekte Nächte sind nicht garantiert. Aber eine Quote »in neun von zehn Nächten beobachtet« ist daheim fast unerreichbar. Und selbst jetzt reißt der Himmel wieder auf, der Mond erscheint und die Milchstraße lädt noch mal zu einem Fernglas-Spaziergang ein.

Anderntags geht es über schnurgerade Straßen zurück zum Flughafen. Vom Flugzeug aus fällt der Blick noch einmal auf Venus und den jetzt tief darunter stehenden Jupiter in der späten Abenddämmerung. Ich kehre ebenso bereichert wie ratlos zurück. Wenn ich in zehn Tagen so viele Himmelsobjekte beobachte wie zuhause in vielen Jahren, kann dann Astronomie in heimischen Gefilden überhaupt noch attraktiv sein? Die Frage beantwortet sich schon zwei Tage später. Da leuchtet der Mond neben Saturn und Mars am Abendhimmel. Zwar tief über dem Horizont, aber wer könnte diesem Anblick widerstehen.

► Paul Hombach

SURFTIPPS

- Kiripotib-Astrofarm
- Kiripotib-Beobachtungen von Rolf Dietrich
- Kiripotib-Beobachtungen von Helmut Heinicke
- Beobachtungen von Dieter Ludwig

🔗 [Kurzlink: oc1m.de/a5073](https://oc1m.de/a5073)



▲ Abb. 5: Blick auf die Beobachtungsplattformen

LOW-BUDGET NACH NORDAMERIKA

NGC 7000 mit einer »Eieruhr-Barndoor-Montierung«



R. Reischl

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

▲ Abb. 1: Der Nordamerikanebel NGC 7000 aufgenommen am 10. August 2015 vom Trattberg bei Salzburg aus.

Als Student gilt man ja gemeinhin als notorisch pleite und so lag es mir im Blut, einen möglichst günstigen und einfachen Weg in die Astrophotographie zu finden. Günstig heißt in diesem Fall Second-Hand und Eigenbau. Nach den ersten Milchstraßen-aufnahmen mit einer gebrauchten EOS 500D auf einem Stativ stieß ich durch Zufall auf einen Forumseintrag, in dem es um die sogenannte »Eieruhr-Barndoor-Montierung« ging. Diese Montierung zeichnet sich durch Ultra-Low Cost, geniale Einfachheit und viel Potential aus. Die größten Vorteile dieser Montierung sehe ich

in der Vielseitigkeit, dem geringen Gewicht und der Unabhängigkeit von Energieversorgung.

Eieruhr als Schrittmotor

Bei meiner 700 Gramm schweren und 30€ teuren Konstruktion dient die Schwerkraft als Motor, welche die Kamera, die an einem Ende eines Hebels befestigt ist, nach unten zieht. Am anderen Ende hält ein Gummiband die Kamera im Gleichgewicht und gleicht so die Verschiebung des Schwerpunktes der Kamera weg vom Angelpunkt aus. Als »Schrittmotor« dient

IM DETAIL

Technik und Bearbeitung

Kamera: Canon EOS 500DA

Optik: Walimex 85mm f/1,4

Belichtungszeit: 4×2min

ISO: 800

Nachbearbeitung:

Adobe Lightroom

eine Eieruhr, welche die Kamera pro Umdrehung (entspricht einer Stunde) um 15° um die Rektaszensionsachse absinken lässt. Wird die Rektaszensionsachse auf 90° gestellt, kann die Barndoor auch als Schwenkarm für Time-Lapse Aufnahmen verwendet werden.

Die Montierung ermöglicht bei 24mm Brennweite mit dem APS-C Sensor der Canon 500D bei 300 Sekunden Belichtungszeit noch absolut punktförmige Sterne. Nachdem ich auch hier nach und nach an die Grenzen der Brennweite stieß, gönnte ich mir ein gebrauchtes 85mm Objektiv von Walimex mit sehr guter Schärfe bei f/1,4.

Vier Aufnahmen von NGC 7000

Voll in meinem Bastelwahn versunken traute ich mich über die Schrauben meiner DSLR bis an den Sensor und entfernte den Hochpassfilter, um mehr aus H α -Objekten herauszuholen zu können. Aber Vorsicht, ohne weitere Umbauten kommt man mit einer modifizierten DSLR nicht mehr in den Fokus von Objektiven. In meinem Blog habe ich detailliert über meine Erfahrungen berichtet und es sind Bilder, Videos und auch die Baupläne der »Eieruhr-Barndoor-Montierung« zu sehen.

Mein bestes Astrofoto entstand am 10. August 2015 mit 85mm Brennweite bei f/1,4 und ISO 800 an einer Canon EOS 500DA mit IR/UV-Filter auf dem Trattberg nahe Salzburg. Der Nordamerikanebel wurde in nur vier Aufnahmen mit je zwei Minuten festgehalten und in Lightroom bearbeitet. Besonders gut gefallen mir an dem Bild neben dem klaren Nordamerikanebel die Dunkelwolken, welche den Nebel umgeben, und die dezenten H α -Strukturen, links und rechts im Bild, die Lust auf mehr machen.

► Robert Reischl

SURFTIPPS

- Blog des Autors

[Kurzlink: oc1m.de/a6073](https://oc1m.de/a6073)



NACHBARN UND NEBEL



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

▼ Abb. 1: Unsere Nachbargalaxie M 31, aufgenommen mit einem 100mm-Refraktor bei einer Brennweite von 550mm mit einer Nikon D610(a) bei ISO 400 und einer Belichtungszeit von 200 Minuten. Das Bild entstand am 20. September 2016 von Österreich aus. *Michael Schmidt*



▲ Abb. 2: Der Dreiecksnebel M 33, ein weiteres Mitglied der lokalen Gruppe. Aufgenommen mit einem 254mm-Newton-Teleskop bei 1200mm Brennweite mit einer NIKON D610(a) bei ISO 400 und einer Belichtungszeit von 17,1 Stunden von Österreich aus. *Michael Schmidt*



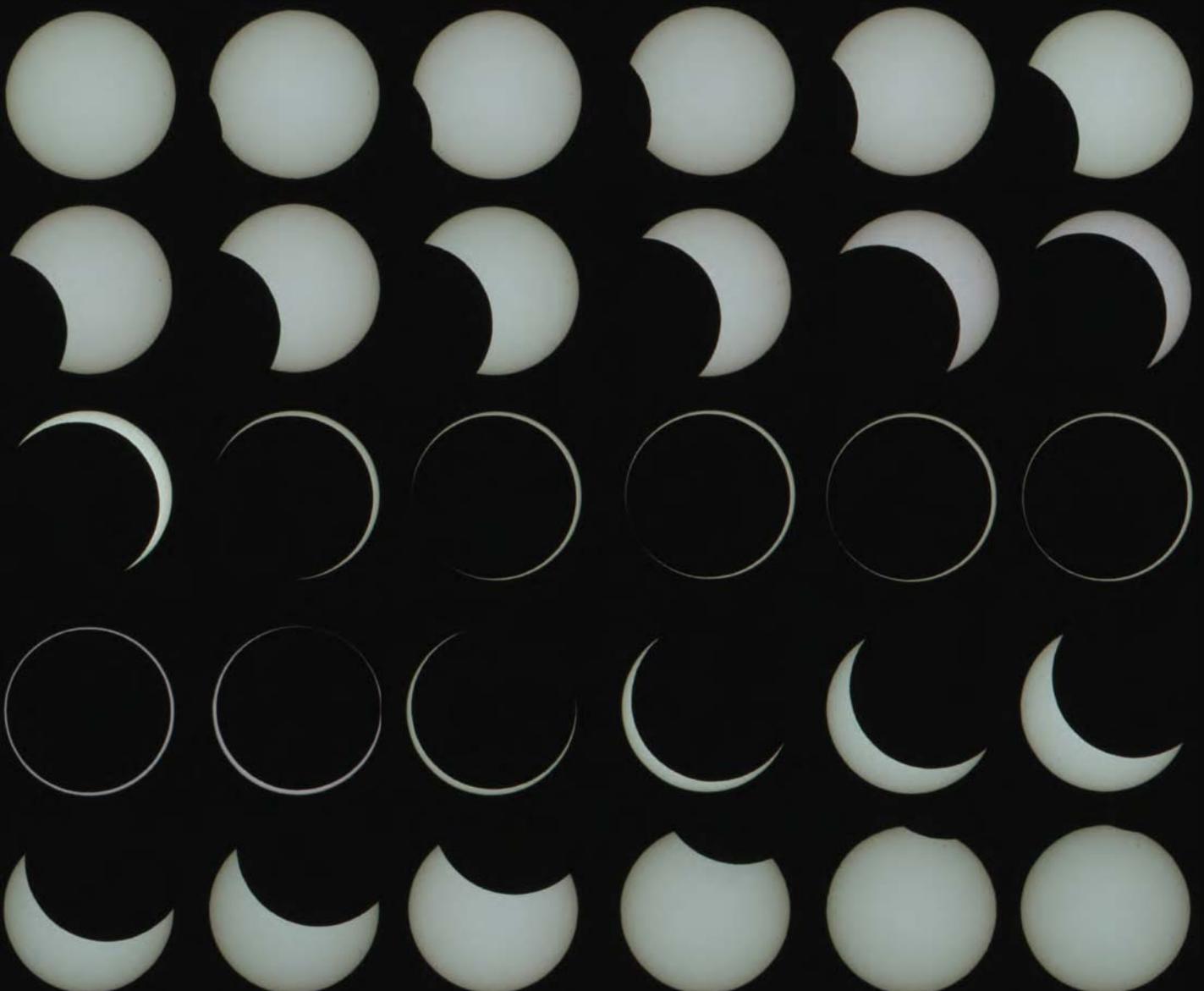
▲ Abb. 3: NGC 2736, der Bleistiftnebel, ist Teil des Vela-Supernova-Komplexes im Sternbild Segel des Schiffs. Die Aufnahme entstand mit einem 300mm-Astrograph bei einer Brennweite von 1083mm mit einer FLI ML 16200. Die Belichtungszeit betrug drei Stunden. *Franz Josef Kühmichel*



▲ Abb. 4: NGC 6960, der Cirrusnebel, im Sternbild Schwan. Das Bild wurde in zwei Nächten vom 30. August bis 1. September 2016 mit einem 200mm-Newton bei 920mm Brennweite mit einer Canon EOS 450Da bei ISO 200 aufgenommen. Die Belichtungszeit betrug 15×20min. Die Aufnahme entstand von Teuschnitz in Oberfranken aus. *Daniel Förtsch*

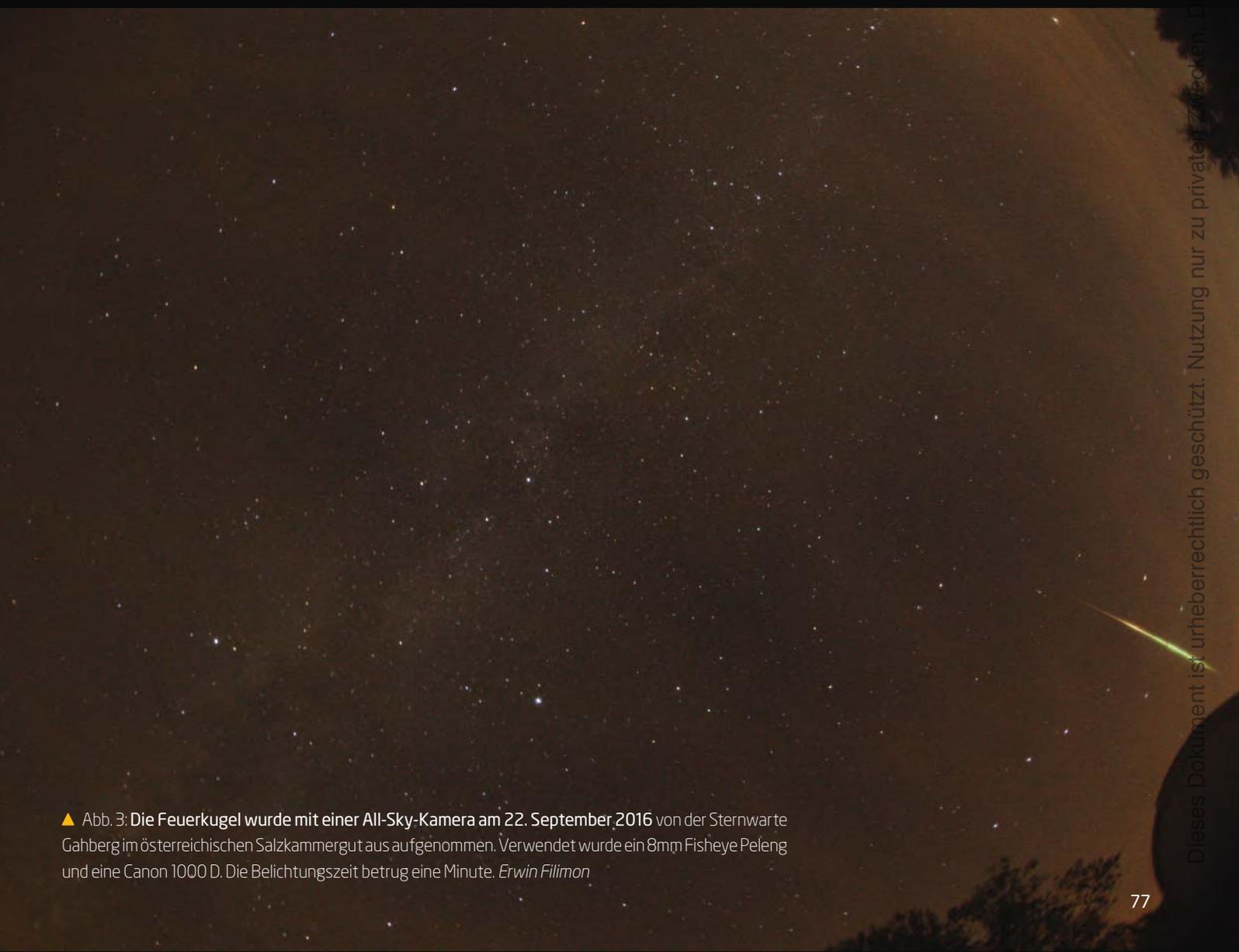
HIMMELS SCHAUSPIELE BEI TAG UND NACHT

▼Abb. 1: Die verschiedenen Phasen der ringförmigen Sonnenfinsternis am 1. September 2016 aufgenommen von La Réunion aus. Verwendet wurde ein 400mm-Teleobjektiv mit einer Canon 700Da und einem Astronomik-OWB-Filter. Die Bilder entstanden über einen Zeitraum von fünf Stunden. Die Belichtungszeit betrug jeweils 1/4000 Sekunde bei ISO 100. Kai-Oliver Detken





▲ Abb. 2: Diese Feuerkugel wurde während des Maximums der diesjährigen Perseiden am frühen Morgen des 12. August gegen 1:30 MESZ in Trebesing in Kärnten in Österreich aufgenommen. Das Bild wurde mit einer Canon EOS 6D und einem Sigma 20mm-Weitwinkelobjektiv bei ISO 3200 und Blende f/1,4 gemacht. Die Belichtungszeit betrug 20 Sekunden. *Helmut Meier*

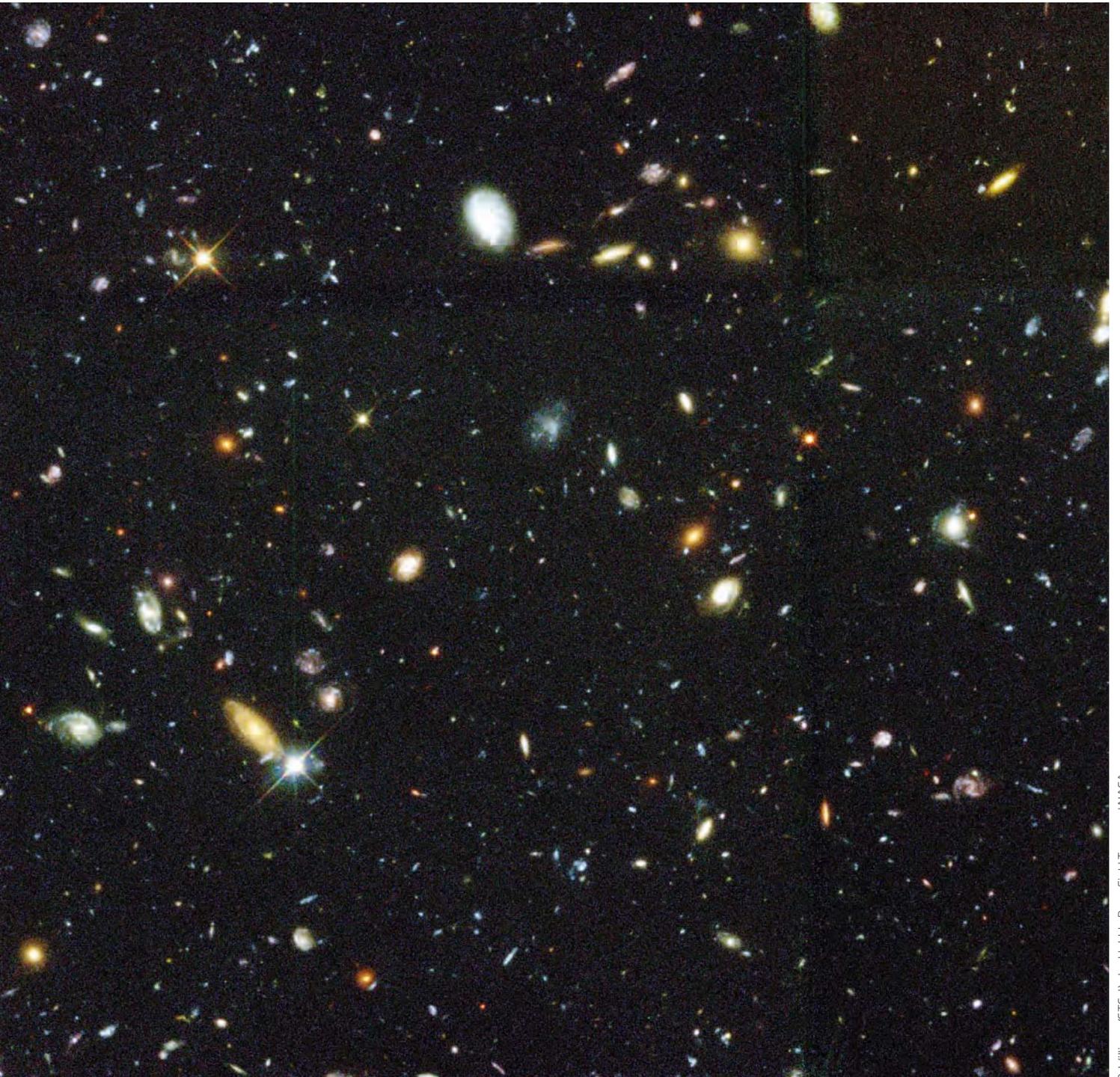


▲ Abb. 3: Die Feuerkugel wurde mit einer All-Sky-Kamera am 22. September 2016 von der Sternwarte Gahberg im österreichischen Salzkammergut aus aufgenommen. Verwendet wurde ein 8mm Fisheye-Objektiv und eine Canon 1000 D. Die Belichtungszeit betrug eine Minute. *Erwin Fillimon*

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

»Wieso hat Hubble 10 Tage ins Nichts geschaut, Herr Williams?«

Ohne Robert Williams hätte es eine der berühmtesten Hubble-Aufnahmen wohl nicht gegeben: das Hubble Deep Field – ein langer Blick des Weltraumteleskops auf eine scheinbar leere Stelle am Himmel. Als Direktor des Space Telescope Science Institute verantwortete Williams 1995 diese nicht unumstrittene Beobachtung. 2016 wurde er mit dem höchsten Preis der Astronomischen Gesellschaft geehrt, der Karl-Schwarzschild-Medaille.



► Abb. 1: Das Hubble Deep Field von 1995 in voller Pracht. Fast alle Objekte sind ferne Galaxien.

R. Williams (STScI), das Hubble Deep Field Team und NASA
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Abenteuer Astronomie Abenteuer Astronomie: Bob, die Aufnahme des Hubble Deep Field war Ihre ganz persönliche Entscheidung als Direktor des Space Telescope Science Instituts gewesen, dem zehn Prozent der Beobachtungszeit mit dem Weltraumteleskop zur freien Verfügung stehen. Wie kam es dazu?

► **Williams:** Ich hatte die Idee eines Morgens, als mir ein Mitarbeiter Bilder eines fernen Galaxienhaufens zeigte, den Hubble stolze 32 Erdumläufe lang belichtet hatte: Da waren aufregende Details zu erkennen, womit niemand gerechnet hatte – in völligem Widerspruch zu theoretischen Vorhersagen. Da war mir klar, dass die Untersuchung ferner Galaxien einer der Schwerpunkte für Hubble in den folgenden Jahren sein sollte.

Da mir diese zehn Prozent zustanden und ich gerne Risiken eingehe, war der Weg klar. Und als ein Beratungsgremium zu keiner rechten Entscheidung über die Vorgehensweise kam, entschied ich als Direktor: Wir machen das, und die Daten werden auch gleich öffentlich sein. Das Ganze war ziemlich kontrovers, denn gerade erst hatte die Reparatur-Mission zu Hubble eine Milliarde Dollar gekostet, nachdem die NASA die Optik des Teleskops in den Sand gesetzt hatte – und jetzt wollte so ein verrückter Direktor zehn Tage am Stück ein Himmelfeld aufnehmen, wo vielleicht gar nichts zu sehen war?!

Abenteuer Astronomie Wievielen »normalen« Beobachtungsprogrammen entsprach das?

► **Williams:** Ein typisches beanspruchte damals sechs bis sieben Orbits – mehr nicht, denn die Nachfrage und der Druck waren immens. Die 150 Orbits des Hubble Deep Field entsprachen also 15 bis 20 normalen Programmen! Es gab erheblichen Widerstand, aber ich sagte: Ich bin jetzt an einem Punkt meiner Karriere, wo ich glaube, das tun zu müssen – und wenn es schiefgeht, dann trete ich zurück. Und es gelang, denn ein Team von 15 jungen brillanten Astronomen setzte das Programm auf. Viele von ihnen sind heute führend bei der Erforschung der Galaxienentwicklung.

Das fertige Bild zeigte 2700 Galaxien und wir konnten zeigen, dass man allein über ihre Farben die Rotverschiebungen und damit Entfernungen erstaunlich gut abschätzen konnte: Auch das war ein wesentliches Ergebnis. Vor allem aber war eine neue Kultur in der Astronomie geboren! Früher behielten Astronomen ihren Daten in der Schublade, um allein damit arbeiten. Wir dagegen bereiteten das Hubble Deep Field in den 17 Tagen nach der letzten Aufnahme so weit auf, dass jeder Theoretiker direkt damit arbeiten konnte – dann stellten wir die Daten allen zur Verfügung.

Abenteuer Astronomie Der Direktor des Hubble-Instituts kann frei über zehn Prozent der Beobachtungszeit verfügen – Sie fordern aber mehr?

► **Williams:** Das normale Verfahren zur Vergabe der Beobachtungszeit ist schon sehr gut, 120 Astronomen bewerten die eingegangenen Wünsche. Die astronomische Gemeinschaft

IM DETAIL

Das Hubble Deep Field

Das Hubble Deep Field war eine beispiellose Aktion mit dem Hubble Space Telescope im Dezember 1995: Während 150 Erdumläufen wurde immer wieder dieselbe besonders »leere« Stelle im Großen Bären aufgenommen, 342 einzelne Aufnahmen in mehreren Farben mit einer Gesamtbelichtungszeit von über 100 Stunden. Aufaddiert zeigten sich fast 3000 ferne Galaxien aus der Jugend des Universums, die meist ganz anders aussahen als die heutigen Sternsysteme, viel kleiner und irregulärer. Nicht nur war dies die bis dahin »tiefste« Aufnahme des Universums, alle Daten wurden – roh wie auch schon aufbereitet – der gesamten astronomischen Welt bereits wenige Wochen später zur Verfügung gestellt, mit Hunderten von Forschungsarbeiten als Konsequenz. Viele weitere »Deep Fields« mit Hubble und anderen Satelliten und Teleskopen sind seither gefolgt.

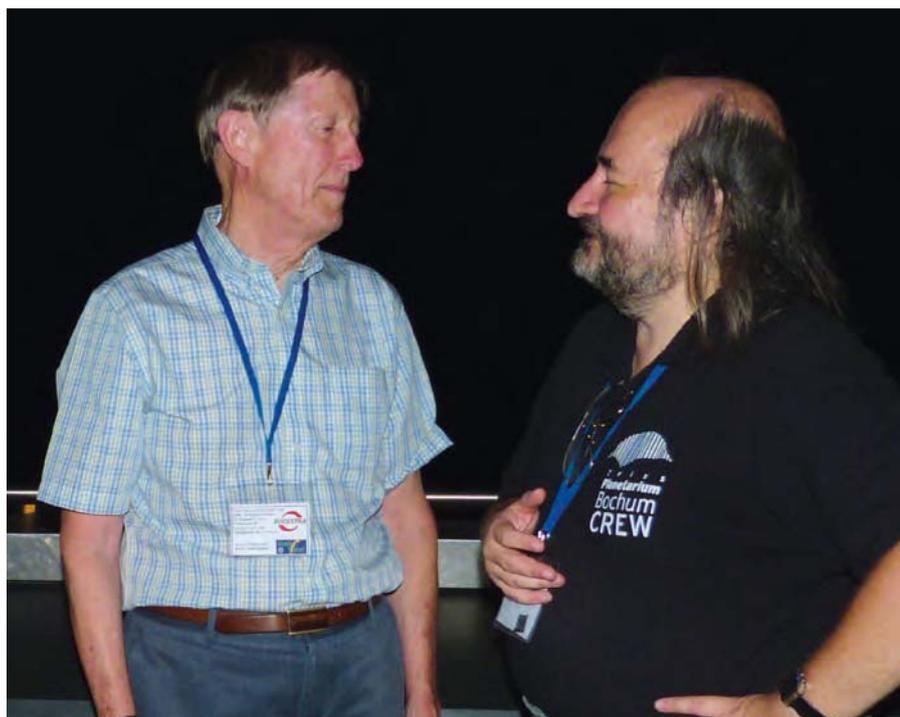
möchte ihr Teleskop quasi besitzen, da soll kein verrückter Einzelgänger wichtige Entscheidungen treffen. Dazu sage ich: Die Geschichte der Wissenschaft hat gezeigt, dass große Entdeckungen eher von Einzelnen kommen, die ein Risiko eingehen – und nicht von Komitees, wo es immer Kompromisse geben muss, damit überhaupt etwas herauskommt, was dann aber schon im Voraus feststeht. Wenn man also wirklich interessante und unerwartete Entdeckungen machen will, dann muss man Vertrauen in eine Person setzen. Der Direktor sollte Zugriff auf 20 Prozent der Beobachtungszeit haben – und sich alle drei Jahre einer Begutachtung stellen: Hat er nichts geliefert, fliegt er, und man sucht sich halt jemanden, der bessere Wissenschaft produziert!

Die Fragen stellte Daniel Fischer.

SURFTIPPS

- Astronomische Gesellschaft
- Hubbles Deep Fields
- Vortrag von Williams zum Hubble Deep Field

🔗 **Kurzlink:** oc1m.de/a5079



▲ Abb. 2: Robert Williams (links) im Gespräch mit Abenteuer-Astronomie-Redakteur Daniel Fischer am Rande der Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft 2016 in Bochum.



SPACE CHECKER



INTERAKTIV



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

Auf den Spuren von Titius und Bode

Der Aufbau des Sonnensystems und die Titius-Bode-Regel

Die Titius-Bode-Regel beschreibt näherungsweise die Abstände der Planeten im Sonnensystem. Schüler des Peutingergymnasiums in Ellwangen/Jagst haben sich die Zusammenhänge einmal genauer angeschaut.

In unserem Astronomie-Kurs im zweiten Halbjahr der Klasse 9 haben wir uns immer wieder damit beschäftigt, wie die Astronomen versucht haben, eine genaue Vorstellung vom Aufbau des Sonnensystems und des übrigen Weltalls zu gewinnen. Im Jahre 1618 gelang Johannes Kepler die Formulierung seines dritten Gesetzes, das es ihm erlaubte, die mittleren Abstände der Planeten von der Sonne in

Vielfachen des Abstands der Erde von der Sonne zu berechnen.

Kepler benötigte dazu die messbaren Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne und musste für den Abstand der Erde von der Sonne und die Umlaufzeit der Erde jeweils den Wert 1 einsetzen. Kepler rechnete also in Astronomischen Einheiten und Jahren. Schon recht schnell versuchte man zu ergründen, ob die Umlaufbah-

nen der Planeten einer Ordnung folgten und falls ja – welcher.

Die Formel von Titius

Dank Vorarbeiten von Charles Bonnet von 1723 konnte der Astronom Johann Daniel Titius 1766 eine Formel finden, die die Abstände der Planeten zur Sonne ziemlich genau beschreibt. Seine Formel fügte er in einem von ihm übersetzten Fachbuch ein, wo wiederum der Astronom Johann Elert Bode sie fand und 1772 in seinem Buch veröffentlichte. Heute ist diese Gesetzmäßigkeit daher als Titius-Bode-Regel bekannt. Die Regel weist jedoch ein paar Besonderheiten auf: So gibt es für sie keine direkte Erklärung aus den Naturgesetzen. Man kann also nur sagen, dass die Planetenabstände dieser Regel folgen, nicht aber, weshalb sie dies machen. Auch werden die Abstände der Planeten zwar ziemlich genau, aber nicht exakt angegeben. Außerdem gibt es Ausnahmen von der Regel und keine richtig exakte mathematische Formulierung.

Titius fand, dass sich die Abstände der Planeten mit der Formel $R_n = 0,4 + 0,3 \times 2^{n-2}$ beschreiben lassen. R_n ist dabei der Abstand des n -ten Planeten zur Sonne, angegeben in Astronomischen Einheiten. Ein Vergleich der tatsächlichen Werte mit den nach der Titius-Bode-Regel berechneten Abständen zeigt, dass dies eigentlich schon ganz gut klappt (vgl. Tabelle, 4. bis 6. Spalte).

Regel mit Problemen

Wer aber in Mathematik aufgepasst hat, sollte gemerkt haben, dass man bei Merkur für n den Wert $n = -\infty$ einsetzen muss und nicht $n=1$, weil ja Merkur der erste Planet der Sonne ist. Aber gut, so ein mathematischer Schönheitsfehler ist



▲ Abb. 1: Das Modell-Sonnensystem im Forum der Schule macht eindrucksvoll deutlich, wie gering die Abweichungen der Vorhersagen der Titius-Bode-Regel (gelbe Pfeile) von den realen Daten sind. Lars Lehmann



▲ Abb. 2: An dem Sonnensystem-Modell erkennt man auch gut, dass nach der Titius-Bode-Regel (gelbe Pfeile) ein Planet zwischen Mars und Jupiter fehlt. Lars Lehmann

ja wohl verzeihlich, fehlt halt $n=1$, na und? Dann läuft es mit der Regel ja auch ganz gut. Für $n = 2, 3, 4$ (Venus, Erde und Mars) passt alles soweit, aber $n=5$ ergibt einen berechneten Abstand für Jupiter von $R_s = 2,8AE$, was ja überhaupt nicht zu Jupiter passt. Interessanterweise passt zu Jupiter der Wert für $n=6$ und für Saturn der Wert $n = 7$. Das versprach also noch, interessant zu werden. Aber immer der Reihe nach.

Erst 1781 entdeckte William Herschel den Planeten Uranus und dieser passt für $n=8$ auch gut in die Titius-Bode-Reihe, wie man sieht. »Aha«, dachte man sich, »fehlt also Planet Nr. 5, den müssen wir wohl übersehen haben«. Man machte sich auf die Suche, bis schließlich Guiseppe Piazzi in der Silvesternacht von 1800 auf 1801 einen recht

kleinen Himmelskörper entdeckte, den er Ceres nannte und der sich in der richtigen Entfernung zur Sonne befand.

Wie wir heute wissen, ist Ceres das größte Objekt eines ganzen Gürtels aus Asteroiden. Auch die nächste Entdeckung bei den Planeten machte Probleme: Neptun, entdeckt 1846, passt überhaupt nicht in die Reihe. Als Clyde Tombaugh 1930 Pluto aufspürte, fand er ihn in der Entfernung, in der eigentlich Neptun stehen müsste. Recht schnell fand man aber heraus, dass Pluto eine sehr elliptische Umlaufbahn hat und zeitweise (von 1972 bis 1999) sogar innerhalb der Bahn von Neptun läuft. Heute interpretieren Astronomen diese Werte als Hinweis auf eine recht turbulente Vergangenheit im äußeren Sonnensystem.

Planet	Abstand zur Sonne in Millionen km	Abstand im Modell in cm	Abstand zur Sonne	Mit Titius-Bode berechneter Abstand (AE)	Abweichung Titius-Bode / tatsächlicher Abstand (%)	Realer Durchmesser (km)	Durchmesser im Modell (mm)
Merkur	58	29	0,39	0,4	2,56	4840	0,024
Venus	108	54	0,72	0,7	- 2,78	12.400	0,062
Erde	149,6	74,8	1,00	1,0		12.756	0,064
Mars	228	114	1,52	1,6	5,26	6800	0,034
(Ceres)	414	207	2,77	2,8	1,08	1000	0,005
Jupiter	778	389	5,20	5,2	0,00	128.400	0,642
Saturn	1.433	716,5	9,54	10,0	4,82	114.600	0,573
Uranus	2.872	1436	19,19	19,6	2,14	50.532	0,253
Neptun	4.495	2247,5	30,06	38,8	29,07	49.105	0,246
Pluto	5.906	2951,5	39,48	38,8	- 1,72	2400	0,012

▲ Tab. 1: Übersicht über die Objekte des Sonnensystems

PRAXISTIPP

Das Modell und Titius-Bode in der Anwendung

Können Sie die folgenden Fragen beantworten?

- a) Wie weit wäre in unserem Modell der Flug zum Mars (Flugstrecke etwa 60 Millionen Kilometer)?
- b) Wie weit wäre es im Modell zum nächsten Fixstern Alpha Centauri? Alpha Centauri ist 4,3 Lichtjahre entfernt, ein Lichtjahr entspricht 9460 Milliarden Kilometern.
- c) Wie groß wäre die Sonne in unserem Modell (Durchmesser etwa 1,391 Millionen Kilometer)?
- d) Astronomen vermuten, dass es noch einen großen Planeten außerhalb von Pluto gibt. In welcher Entfernung würden Titius und Bode diesen Planeten vermuten?

Antworten:

a) 30cm, b) 2053km, c) 5,955mm, d) 772AE

Planetensystem im Schulforum

Grund genug, uns das Sonnensystem einmal im Modell anzuschauen. Den Maßstab wählen wir so, dass ein Zentimeter im Modell der Strecke von zwei Millionen Kilometer im Sonnensystem entspricht, damit das Modell in unser Forum im Schulgebäude passt (vgl. Tabelle, 2. und 3. Spalte). Das Modell selbst haben wir mit Maßbändern aus dem Sportunterricht und Pfeilen aus Pappe (rot für die Planeten, grün für deren Abstände und gelb für die berechnete Entfernung nach der Titius-Bode-Reihe) ganz einfach gehalten. Dadurch konnten wir das Modell selbst in einer Schulstunde aufbauen, abbauen und wieder abbauen.

Wir haben dann noch berechnet, wie groß die Planeten in diesem Maßstab wären. Zum Vergleich: Wenn man mit einem ganz spitzen Bleistift einen ganz feinen Punkt malt, hat dieser einen Durchmesser von etwa 0,05 mm. Der Merkur ist im Modell noch kleiner: nur 0,024mm, Jupiter wäre immerhin schon 0,642mm groß. Die weiteste Reise, die Menschen je unternommen haben, waren die Apollo-Raumflüge zum Mond. Da die Entfernung Erde-Mond etwa 386.000km beträgt, entspräche dies in unserem Modell einer Strecke von knapp 2mm.

► Schüler der 9. Klasse, Peutingergymnasium Ellwangen/Jagst, Kurs Naturwissenschaft und Technik, Modul Astronomie bei Lars Lehmann

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

ES MUSS NICHT IMMER NAMIBIA SEIN...

Astro-Urlaub in Südafrika und eigene Transitbeobachtungen



R. Burzynski

▲ Abb. 1: Der südliche Teil der Milchstraße von Südafrika aus gesehen.

Im Urlaub zieht es viele Amateurastronomen regelmäßig in ferne Länder, um den dortigen Sternhimmel zu genießen. Der Grund ist nicht alleine das unbeständige mitteleuropäische Wetter, sondern es sind auch die schönen Objekte des südlichen Sternhimmels und die Gegend um das Zentrum unserer Milchstraße, das von der Nordhalbkugel aus nicht zu sehen ist.

Klare Winternächte

Vier Sternfreunde aus Frankfurt am Main und München verbrachten im Juni 2016 insgesamt zwölf sonnige Tage und

klare Nächte auf einer Astrofarm in Vryburg in der südafrikanischen Provinz Nordwest. Zur Reisezeit herrschte Winter auf der Südhalbkugel, die Temperaturen erreichten am Tag aber noch bis zu 20° Celsius. Messungen der Himmelshelligkeit mit dem Sky Quality Meter ergaben Werte von bis zu 22,02. In der im Forum beschriebenen Nacht wurden über 70 Galaxien, Nebel und Sternhaufen beobachtet und fotografiert. Zur Beobachtung standen der Gruppe ein 20 Zoll-Gitterrohr-Dobson, sowie ein 16-Zöller zur Verfügung. Die Astrofotos entstanden mit einer Canon D6 auf einer EQ5-Montierung.

Mit 20 Zoll durch den Südhimmel

Vor der Beobachtung wurde die Justage des Dobsons überprüft und danach die Gegend um Eta Carinae und der Homunculus-Nebel mit einem eigentlich viel zu schweren 31er Nagler mit Paracorr und OIII-Filter besucht. Dabei musste das Teleskop auf der Kante der Rockerbox abgestützt werden. Es folgten der Offene Sternhaufen NGC 3532 im Sternbild Kiel des Schiffs, IC 2944/8 oder die »Black Python«-Dunkelwolke bei NGC 4372 im Sternbild Fliege, die im 31er gut zu sehen war. Nicht fehlen durften natürlich die bekannten »Showpieces« wie der Kugelstern-

haufen Omega Centauri und 47 Tucanae, die Seyfert-Galaxie NGC 4945, Centaurus A/NGC 5128, M10 und 12, NGC 6723, M 7, M 22 etc. Dabei lohnte sich der Einsatz von UHC- oder OIII-Filtern, um Kontrast und scheinbare Helligkeiten zu verbessern.

Viele Eindrücke und ein Kritiker

Die in dem Bericht geschilderten Eindrücke von den einzelnen Himmelsobjekten wurde in der Forendiskussion von anderen Namibia- oder Südafrika-Besuchern bestätigt. Einige davon seien sogar schon von den Kanarischen Inseln aus zu sehen – allerdings nur sehr horizontnah. Gestört wurde der Thread nur durch einen provozierenden Kritiker, der sich über die vermeintlich schlechte Umweltbilanz der Reise aufregte, weil man ja alle Bilder sowieso im Netz findet und es daher sinnlos sei, nach Südafrika zu fliegen. Insgesamt überwog aber bei allen die Freude über den sehr detaillierten Bericht, der bei vielen Fernweh in südliche Gefilde auslöste.

Sternhelligkeiten mit CCD?

Bei der Beobachtung von veränderlichen Sternen geht es darum, Minima und Maxima von physischen Veränderlichen oder Be-

deckungsveränderlichen – das sind Doppel- oder Mehrfachsternsysteme, deren Bahnachse so orientiert ist, dass von der Erde aus gegenseitige Bedeckungen registriert werden können – möglichst präzise zu vermessen. Früher nahm man das bloße Auge und den Vergleich zu Sternen gleichmäßiger Helligkeit zu Hilfe, heute ist an Stelle des Auges die CCD-Kamera getreten.

Transite von Exoplaneten

Durch sie sind sogar Transit-Messungen von Exoplaneten für Amateure möglich geworden. Und genau die sind das Ziel eines Threadstarters. So undurchführbar, wie es vielleicht klingt, ist das gar nicht: Selbst eine DSLR-Kamera ermöglicht bei ordentlicher Datenreduktion z.B. mit dem Programm MuniWin Helligkeitsunterschiede von 0,01^m zu messen, weshalb dies erst recht mit CCD-Kameras und ihren wesentlich empfindlicheren Chips realisierbar sein sollte. Sie sind für die Photometrie auch geeigneter als herkömmliche Consumer-Kameras, die eine wesentlich größere Bandbreite an Einstellungen ermöglichen müssen. Grundvoraussetzung für Messungen aller Art sind aber eine äußerst genaue Ausrichtung des Teleskops, eine gut funktionierende Nachführung – am besten noch mit

INTERAKTIV

Netznews

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

SURFTIPPS

- Astrourlaub im Südafrika
- BAV
- Sternhelligkeiten mit CCD

[KurzLink: oc1m.de/a6083](https://oc1m.de/a6083)

Autoguider – sowie genaue Kenntnisse über die Ausrüstung. Zudem muss man sich noch mit der Bildverarbeitung auskennen, zu jedem Bild ein Dark und ein Flat erzeugen sowie die genauen Zeitpunkte der Transits kennen!

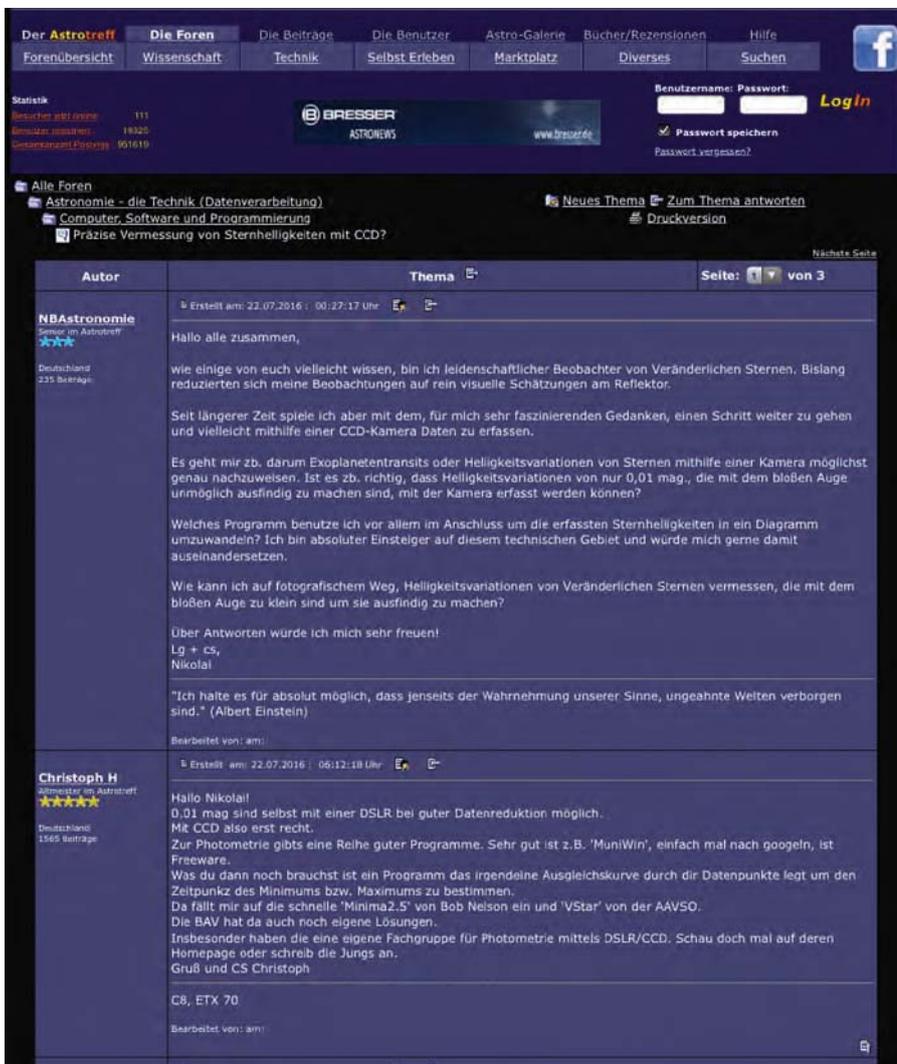
Hilfe für einen Schüler

Es stellte sich heraus, dass der Themenstarter zwar ein begeisterter Amateur, aber noch Schüler mit wenig Geld ist. In einem solchen Fall könnte es sich dann doch anbieten, eher eine DSLR zu nehmen. Für die Erstellung von Lichtkurven mittels Fotokamera benötigt man bei hellen Sternen auch kein Teleskop, sondern nur ein vernünftiges Objektiv und einen dunklen Standort, unter dem man kurzbelichtete Aufnahmen machen kann. MuniWin ist in der Lage, gut verwertbare Lichtkurven zu erstellen. Wichtig ist dabei, mit dem RAW-Format zu arbeiten und nicht mit JPEGs, die aufgrund der Bildkomprimierung die Werte verfälschen. Ganz unproblematisch ist die Methode aber nicht: Viele kurzbelichtete Aufnahmen (1-2s) aufzuaddieren erzeugt ebenfalls nicht vorhersehbare Bildstörungen. Man muss mit den Objektivbrennweiten experimentieren, ggf. können 10 bis 20s lange Aufnahmen einiges bringen. Anzuraten ist in jedem Fall eine Kontaktaufnahme mit der Bundesdeutschen Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V. (BAV).

► Manfred Holl

◀ Abb. 3: Screenshot zum Thread über die Bestimmung von Sternhelligkeiten mittels CCD

astrotreff.de



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

WARUM ICH DAS GROSSE TELESKOP NICHT BENUTZE

Der innere Astro-Schweinehund und die Optik

Viele Sternfreunde besitzen mehr als ein Teleskop. Im Laufe der Jahre kauft sich mancher immer größere Optiken. Doch wie oft kommt das große Teleskop zum Einsatz?



P. Hombach

► Abb.1: Das kleine Teleskop ist schnell am Start, da bleibt das große Teleskop schon einmal in der Garage oder im Keller.

In der Astronomie gibt es die Konstellationen Großer Hund und Kleiner Hund, die Beobachter am Winterhimmel erfreuen. In der Astro-Praxis kommt allerdings noch der größere oder kleinere »Innere Schweinehund« dazu, und das nicht nur zur Winterzeit. Kennen Sie das auch? Es gibt so eine »Ich raff mich jetzt mal auf-Schwelle«, die irgendwo zwischen dem Wohnzimmer und der Beobachtung unter freiem Himmel zu verorten ist. Dabei geht es um Fragen wie »Lohnt sich das überhaupt? Ist es klar genug? Habe ich da jetzt wirklich Zeit für?« Stehen alle diese Fragen aufgrün, bleibt noch die Wahl des Instruments. Wer größeres Besteck an den Start bringen möchte, dieses aber erst aus der Garage oder, bewahre!, aus dem Keller wuchten muss, hat rasch ein Motivationsproblem.

Aufwand oder nicht

Daher haben viele Sternfreunde das kleine Zweitrohrchen zum Hauptakteur erkorren. Klein, leicht, transportabel, mal eben schnell auf einem handlichen Stativ mit ei-

nem Griff nach draußen gestellt. Eine kleine Optik muss sich auch nicht lange an die Temperatur anpassen. Hinstellen, loslegen. Soweit, so schön. Kleiner Haken: Je nachdem, was ich gucken möchte, fehlt es an optischem Leistungsvermögen. Den inneren Schweinehund kann ich überlisten, aber nicht die Physik. Detailauflösung und Lichtfülle braucht halt Öffnung. Natürlich stimmt der bekannte Satz: Jedes Teleskop hat seinen Himmel. Auch einer kleinen Optik steht das Weltall offen. Doch manchmal darf, ja muss es etwas mehr sein.

Wenn Sie z.B. nur schnell rausgehen, um sich davon zu überzeugen, dass es den Orionnebel noch gibt – nur zu, da langt auch das kleinste Fernglas. Wenn Sie aber den berühmten Nebel mit all seiner faserigen Pracht sehen wollen, geht es nicht ohne genügend Vergrößerung und dem dazu passenden Lichtsammelvermögen. Das wissen Sie natürlich alles. Trotzdem benutzen Sie meistens das kleine Gerät, oder? Aber Sie würden das Große nie ausmustern. Vielleicht reicht es ja zu wissen: Ich guck jetzt zwar mit dem Quick-

Look-Röhrchen, aber wenn's drauf ankäme, ich hätte da noch das große Teil!

Eine Frage der Motivation

Was ist Ihre Strategie? Betreiben Sie mit den Jahren »Downsizing«? Verstaubt das große Gerät gar als Ausstellungsstück in Ihrem Arbeitszimmer? Vielleicht brauchen Sie nur einen kleinen Motivationsschubser: Führen Sie den inneren Schweinehund mal so richtig Gassi und gönnen Sie Ihrem großen Teleskop das Licht der Sterne. Am besten fahren Sie mit anderen Sternfreunden raus. Der Anblick mancher Deep-Sky Schätze unter dunklem Landhimmel wird Sie für die Mühen entschädigen!

Äh, Moment, nun entschuldigen Sie mich bitte kurz, ich bin nur schnell mal im Garten Mond gucken. So, Russentonne auf's Foto-stativ, bis gleich ... Danke für Ihre Geduld! Sinus Iridum als Goldener Henkel, mit so einem kleinen Teil auch schon herrlich! Demnächst guck ich aber wieder mit großer Öffnung, versprochen! ► Paul Hombach

Vor 100 Ausgaben: interstellarum 6

Deep-Sky-CCD in der Großstadt

Die Bitte um einen kurzen Rückblick auf unseren interstellarum-Artikel löste eine Flut an Erinnerungen an unsere Anfänge mit CCD-Kameras im Jahr 1994 und die Entwicklung der Astrofotografie aus. Auch mangels deutschsprachiger Literatur zum Thema blieb die CCD-Technik Mitte der 90er Jahre nur erfahrenen Amateurastronomen vorbehalten. Mittlerweile kann ein Einsteiger mit Hilfe von Tutorials mit einfachen Mitteln technisch gute Deep-Sky-Astronauten oder Planetenvideos erstellen.

Die ersten, unregelmäßig kühlenden CCD-Kameras wiesen ein relativ hohes Rauschniveau auf, trotz Darks und Flats. Aber gegenüber der Fotografie auf Film waren in kurzer Zeit lichtschwächere Nebel sogar in der Großstadt erreichbar, insbesondere, wenn man Filter zur Kontrasterhöhung einsetzte. Für die heutige Bicolor-Technik optimierte Schmalband- und LRGB-Farbfiltersätze kannte man bis Mitte der 1990er Jahre nicht.

Ab der Jahrtausendwende kamen die ersten brauchbaren DSLR-Kameras auf den Markt, und seit kurzem kann man Farbaufnahmen einer modernen DSLR-Kamera kaum noch von LRGBs einer gekühlten CCD-Kamera unterscheiden.

Die Teleskoptechnik hat sich in gleichem Maße entwickelt. GoTo-Montierungen stehen im Garten oder Tausende von Kilometern entfernt in Gegenden, die optimale Sichtbedingungen bieten. Präzises Pointing, Guiding und Bildgewinnung per Netzwerk und Internet. Einen großen Anteil an der Entwicklung haben die gesteigerte Leistungsfähigkeit der Rechner und der Software zur Bildbearbeitung. Der Trend geht zu langer Ausbelichtung, um unter dunklem Himmel allerschwächste Nebelausläufer zu erfassen. Video- und Fototechnik werden miteinander verschmelzen.

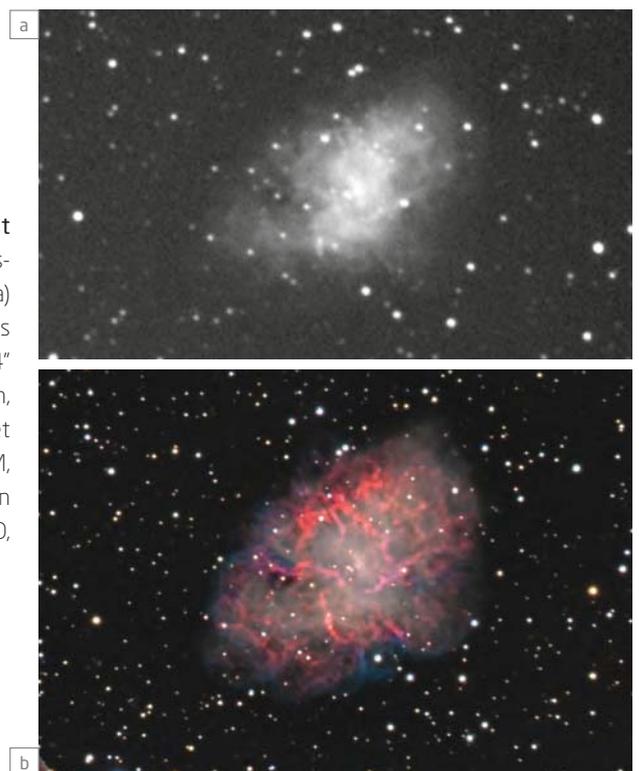
Was hat sich für uns geändert? Wir konnten dem Trend zum Ankauf von Beobachtungszeit an Teleskopen bis zur Meterklasse widerstehen und erfreuen uns nach wie vor daran, unter freiem Himmel zu beobachten oder zu fotografieren. Amateurastronomie im klassischen Sinne ist für uns ein erfrischendes Naturerlebnis geblieben: Gerne mit modernster Technik, aber immer noch selbst zum Sternenhimmel aufblickend.

► Bernd Koch, Stefan Korth



▲ Abb. 1: Ausschnitt aus dem Originalartikel aus interstellarum 6

► Abb. 2: Der Fortschritt ist deutlich erkennbar: Der Krebsnebel M 1 aufgenommen (a) 1994 mit einer Starlight Xpress CCD-Kamera, gekühlt, SCT 14" f/5, Gesamtbelichtung 21min, Darks und Flats angewendet und (b) 2006 mit STL-11000M, SCT 12" f/10, Luminanz 60min und 2009 mit Canon EOS 20D, Farbe 113min.



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

Astronomie vor Ort

Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten

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



Bayern

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

Öffentliche Führung
jeden Freitag **ab 21 Uhr**

Fr. 25.11.2016, 20:00 Uhr, Galileo Galilei-
Fernblick in eine neue Welt, Wolfram Russ
Fr. 09.12.2016, 20:00 Uhr, Mission zum
Jupiter - Erste Ergebnisse von Juno,
Sven Seeberg

Nordrhein-Westfalen

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

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**

Fr. 18.11.2016, 19:00 Uhr Erfahrungsaustausch und Kurzbeiträge zum Monatstreffen des Astronomischen Arbeitskreises, Gasthof Hellermann in Lenzing

Schweiz

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

Sternwarte geöffnet jeden Mittwoch ab 19:00 Uhr,
zusätzlich Veranstaltungen des Planetariums jeden Mittwoch, Freitag, Samstag und Sonntag

Sa. 19.11.2016, 15:00 Uhr, Ferne Welten - Fremdes Leben
16:45 Uhr, Geheimnis dunkle Materie

So. 20.11.2016, 14:00 Uhr,
Zwei kleine Stücke aus Glas
15:45 Uhr, Abenteuer Raumfahrt

Mi. 23.11.2016, 14:45 Uhr,
Das kleine 1 x 1 der Sterne
16:15 Uhr, Kaluoka'hina - Das Zauberriff
19:00 Uhr, Öffentlicher Sternwartenabend

So. 27.11.2016, 14:00 Uhr, Die Entdeckung des Weltalls
15:45 Uhr, Von der Erde ins Universum

Mi 30.11.2016, 14:45 Uhr,
Das kleine 1x1 der Sterne
16:15 Uhr, Ferne Welten, fremdes Leben
19:00 Uhr, Öffentlicher Sternwartenabend

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**

40 Jahre Volkssternwarte in Kreuzlingen

Geschichte der Astronomischen Vereinigung reicht bis ins Jahr 1961 zurück



Ewgeni Obreschkow

▲ Abb. 1: Das Planetarium und die Sternwarte Kreuzlingen heute.

Im Jahre 1961 wurde durch Paul Wetzel die »Astronomische Gruppe Kreuzlingen« gegründet. In den Werbeunterlagen zum Projekt Sternwarte Kreuzlingen-Bernrain aus dem Jahre 1972 steht geschrieben: »Der Gründer dieser Gruppe von Astroamateuren (...) verstand es, mithilfe seines 30-cm-Newton-Spiegelteleskops und durch seinen unermüdlichen Einsatz immer wieder neue Anhänger der Astronomie und der Astronomischen Gruppe zu gewinnen.«

In den darauffolgenden Jahren wurden vermehrt diverse Vorträge zu astronomischen Themen gehalten. Die Zuhörerschaft wuchs stetig. Der Mitglieder- und Freundeskreis der »Astronomischen Gruppe Kreuzlingen« vergrößerte sich kontinuierlich.

Projekt für Schuljugend und Öffentlichkeit

Im Jahre 1969 wurde die Idee geboren, ein kleines Observatorium in Kreuzlingen zu bauen. Dazu steht in den oben bereits zitierten Werbeunterlagen von 1972: »Diskussionen bis in späte Abendstunden brachten uns immer näher an ein größeres Projekt, das nicht in erster Linie der Astronomischen Gruppe, sondern der Schuljugend und der Öffentlichkeit dienen soll.«

Am 11. Juni 1969 wurde in einem Brief an den damaligen Stadtmann ein Gesuch gestellt, von der Stadt Land im Baurecht zu erhalten. Dieses Bauland im Baurecht wurde der Astronomischen Gruppe am 24. Juni 1969 vom Stadtrat Kreuzlingen zugesichert.

Von der Idee bis zur Eröffnung

1970 wurde von der »Astronomischen Gruppe Kreuzlingen« der definitive Entschluss gefasst, mit dem Planen einer Sternwarte mit Kuppelbau zu beginnen. Parallel dazu wurde auch mit einer Geldsammlung gestartet. Schon im März 1972 kamen so knapp 100.000 Franken zusammen. Am 8. Januar 1972 wurde aus der Gruppe der Verein »Astronomische Vereinigung Kreuzlingen (AVK)«. Kurze Zeit später wurde die »Stiftung Sternwarte« errichtet.

Im Februar 1974 wurde das Baugesuch eingereicht und die Ausschreibungen der Baumeisterarbeiten gingen zu Ende. Es galt aber auch noch, die fehlenden 30.000 Franken durch weitere Aktionen zu sammeln. Während den Bauarbeiten leisteten die Mitglieder des noch jungen Vereins unzählige Arbeitsstunden. Bereits im September 1974 konnte Richtfest gefeiert werden. Am 23. Oktober 1976 wurde die Anlage dann feierlich in Betrieb genommen.



▲ Abb. 2: Im April 1976 bekam die Sternwarte ihre Kuppel

Planetenweg und Planetarium

Die Idee von einem Astronomische Zentrum in Kreuzlingen wurde laufend weiterentwickelt. So wurden zum Beispiel 1998 und 1999 zwei Planetenwege angelegt. Mit dem Betrieb der Sternwarte wurde auch die Idee von einem Planetarium geboren. Nach einer mehrjährigen Planungs- und Bauphase konnte dieses Ende Juni 2002 offiziell eingeweiht werden.

Im Sommer 2011 musste das 48-cm-Cassegrain-Teleskop moderneren Instrumenten weichen. Im Zentrum der Sternwarte steht nun ein 20" Astrograph CDK 20 von Plane-Wave in Kombination mit dem Baader Presto 193/1450 mit 7.6" Öffnung.

Aber auch im Planetarium machte der technische Fortschritt nicht halt: Nach einer intensiven Planungsphase und erfolgreichen Sammelaktion konnte der bewährte Sternprojektor ZKP 3 mit zwei Velvet-Projektoren ergänzt und im März 2016 in Betrieb genommen werden.

Die Astronomische Vereinigung Kreuzlingen besteht heute aus rund 270 Mitgliedern und betreibt gemeinsam mit der Stiftung Planetarium und Sternwarte Kreuzlingen. Mit den regelmäßigen Sternwartenabenden und einem abwechslungsreichen Programm im Planetarium wollen wir die Idee unserer Vorgänger weiterführen: Eine Anlage zu betreiben, welche nicht nur der Astronomischen Vereinigung dient, sondern auch der Schuljugend und der Öffentlichkeit.

► Christian Hänni,
Bruno Leitz

Ein Außerirdischer namens Glubschi

Sternwarte Regensburg mit zahlreichen Angeboten für Kinder und Jugendliche

Noch vor zehn Jahren bestand das Publikum der Volkssternwarte Regensburg zu einem großen Teil aus Laufpublikum. Heute machen Schulklassen und Kindergartengruppen einen erheblichen Teil der Besucher aus. Die Sternwarte hält für sie zahlreiche Angebote bereit.



▲ Abb. 1: Der Außerirdische »Glubschi« ist ein Star bei den Kinderführungen.

Der Grundstein für diese Entwicklung wurde durch persönliche Kontakte zu Schulen und später durch spezielle Lehrerfortbildungen gelegt. Auch angehende Lehrerinnen und Lehrer besuchen im Rahmen von Universitätsveranstaltungen die Sternwarte. Die Inhalte dieser Schulungen und Exkursionen sind weitgehend identisch mit normalen Führungen, vor allem um einen Einblick zu vermitteln, was Schulklassen bei einem Besuch der Sternwarte zu erwarten haben. Zusätzlich wird die Vielfalt der möglichen Führungsinhalte betont und es werden Berührungspunkte zum naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt. Die Fortbildungen sind auch über Regensburg hinaus wirksam, wie beispielhaft an einem anstehenden Besuch einer Gruppe der Stiftung »Haus der kleinen Forscher« mit Sitz in Berlin zu sehen ist.

Domspatzen als regelmäßige Gäste

Inzwischen besuchen viele Schulen und auch Kindergärten jährlich die Sternwarte Re-

gensburg. Die Führungen sind auf die jeweilige Zielgruppe zugeschnitten – unabhängig davon, ob es sich um eine Schulklasse, einen Kindergeburtstag oder eine Uni-Exkursion handelt. Bei Bedarf wird auch auf Fragen eingegangen, die beispielsweise Schulklassen vor dem Besuch im Unterricht sammeln und übermitteln.

Der Austausch ist dabei alles andere als unidirektional. So dient ein von Kindergartenkindern selbst gebastelter Außerirdischer namens Glubschi seit Jahren als Requisit bei Kinderführungen. Ein auch für die Sternwarte ganz neues Experiment wird im Herbst 2016 stattfinden: Eine Schulklasse des Albertus-Magnus-Gymnasiums wird bei einer der öffentlichen Führungen, die jeden Freitagabend stattfinden, das Sternwartenpersonal weitgehend ersetzen, und von Einführungsvortrag bis zur Bedienung der Teleskope den kompletten Abend gestalten.

Ein fester Programmpunkt ist seit vielen Jahren der jährliche Besuch des Astronomiekurses des Gymnasiums der Regensburger Domspatzen. In enger Anbindung an den Unterricht besuchen die Kurse die Sternwarte an drei Abenden. An den ersten beiden Abenden werden das innere und äußere Sonnensystem behandelt, am dritten Abend kommt ein Wahlthema zur Sprache, welches nach aktuellem Anlass oder Interesse der Schüler ausgewählt wird. Je nach Wetter werden die drei Abende auch zur Himmelsbeobachtung mit dem Equipment der Sternwarte genutzt.



▲ Abb. 2: Die Schüler des Gymnasiums der Regensburger Domspatzen beim Besuch der Sternwarte.

Planetenfotografie als Seminararbeit

Neben Vorträgen für ganze Schulklassen betreuen ehrenamtliche Vereinsmitglieder auch immer wieder einzelne Seminararbeiten. Als ein beliebtes Thema hat sich die Planetenfotografie, insbesondere von Jupiter und Saturn, erwiesen. Dabei wird allerdings von Schülerinnen, Schülern und Betreuern eine erhöhte zeitliche Flexibilität erfordert, da die Workshops nur bei gutem Wetter durchgeführt werden können und spontan anberaumt werden müssen. In einem ungefähr drei bis vier Stunden dauernden Abend erlernen die Jugendlichen die Grundlagen der Planetenfotografie und können dann das erworbene Wissen praktisch umsetzen.

Durch diese Aktivitäten hat sich der Verein der Freunde der Sternwarte Regensburg e.V. fest als Akteur im Bereich der naturwissenschaftlichen Jugendbildung im Großraum Regensburg etabliert. Die vielen Berührungspunkte mit Schulen, universitären Veranstaltungen, Sonderprojekten wie den MINT Girls Regensburg regen nicht nur eine kontinuierliche interne Weiterbildung der Vereinsmitglieder an, sondern begeistern auch regelmäßig junge Menschen, sich neu im Verein zu engagieren.

► Sven Seeberg



Termine für Sternfreunde

Dezember 2016 / Januar 2017

Um die Weihnachtszeit finden weder große Teleskoptreffen noch astronomische Tagungen statt. Wir präsentieren daher an dieser Stelle eine Auswahl von Ausstellungen, die bei jedem Wetter besucht werden können.

Deutsches Museum
www.deutsches-museum.de
 D-80538 München

Auf 1100m² zeigt das Museum Exponate zur Astronomie. Außerdem verfügt es über ein Planetarium, ein Sonnenteleskop und einen Planetenweg der Isar entlang.

Arche Nebra
www.himmelscheibe-erleben.de
 D-06642 Nebra

Das Informationszentrum zur berühmten Himmelscheibe beherbergt eine Dauerausstellung und ein Planetarium. Darüber hinaus bietet die Arche Nebra ein umfangreiches Veranstaltungsprogramm an.

RiesKraterMuseum Nördlingen
www.rieskrater-museum.de
 D-86720 Nördlingen

Das Nördlinger Ries ist ein etwa 25 Kilometer durchmessender Einschlagkrater, der vor etwa 15 Millionen Jahren entstand. Die Dauerausstellung ist den Kleinkörpern unseres Sonnensystems im Allgemeinen und dem Ries-Impakt im Besonderen gewidmet.

Technik Museum Speyer
speyer.technik-museum.de
 D-67346 Speyer

Die russische Raumfähre Buran ist sicherlich ein Highlight in der Raumfahrtausstellung dieses Museums. Im IMAX-Dome werden auch Filme zu Astronomie- und Raumfahrtthemen gezeigt.

Deutsche Raumfahrtausstellung Morgenröthe-Rautenkranz e.V.
www.deutsche-raumfahrtausstellung.de
 D- 08262 Muldenhammer

Sigmund Jähn, der erste Deutsche im Weltall, ist der berühmteste Sohn dieser Stadt im Vogtland. Seine Exponate bildeten den Grundstein des Museums, das sich aber längst der gesamten Weltraumforschung widmet.

Kepler-Museum
www.kepler-museum.de
 D-71263 Weil der Stadt

Das Museum im Geburtshaus von Johannes Kepler wird von der Kepler Gesellschaft e.V. unterhalten. Neben dem Museum betreut der Verein auch die Kepler-Sternwarte und einen Planetenweg.

INTERAKTIV

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

 [Kurzlink: oc1m.de/a6089](https://oc1m.de/a6089)

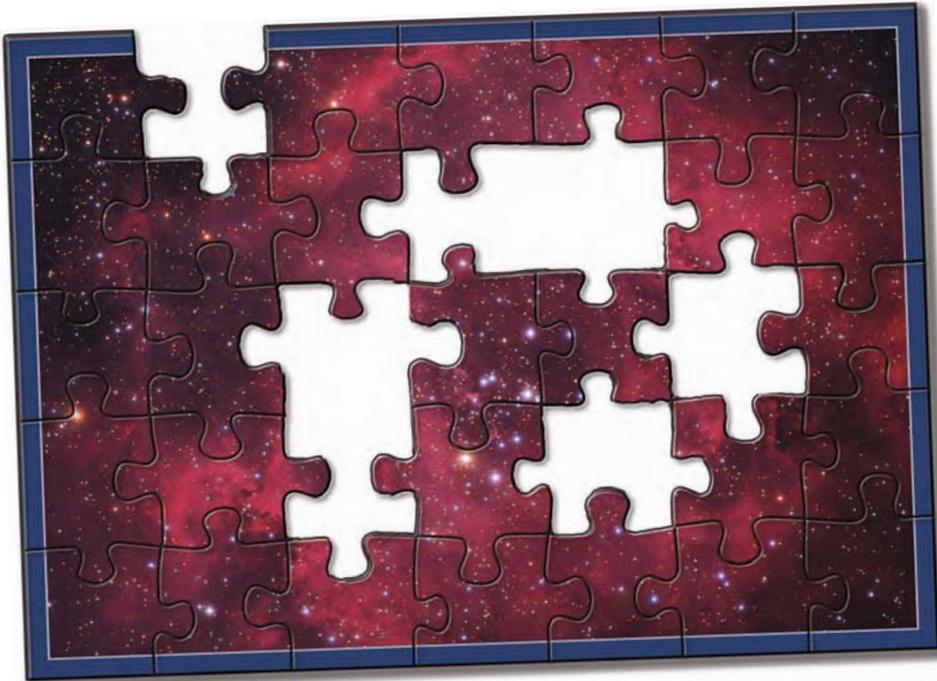
SURFTIPPS

- Alle Termine mit Links:

 [Kurzlink: oc1m.de/a6089](https://oc1m.de/a6089)

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 5 sind:

- Klaus-Michael Köppl, Krefeld
- Daniel Weishäupl, Tübingen
- Thomas Techert, Gerstetten

Alle Gewinner erhalten je ein Exemplar des Buchs »Sternwarten – 95 astronomische Observatorien in aller Welt«.



Auflösung aus Heft 5:

Das Astropuzzle in Heft 5 zeigte den Emissionsnebel NGC 281, den »Pacman-Nebel«, mit dem eingebetteten Sternhaufen NGC 5190 und den bekannten Bok-Globulen. Er ist im Sternbild Kassiopeia zu finden und somit ein Objekt der Herbstzeit.
Steffen Behnke

Unter Ausschluss des Rechtswegs verlosen wir diesmal drei Mal den Himmels-Almanach 2017. Das kommende Jahr wartet mit vielen interessanten Himmelsereignissen für Sternfreunde und alle, die es werden wollen, auf. Wann genau was zu beobachten ist, was man beachten sollte und wie man sich am Nachthimmel orientiert, erfahren Sie im Himmels-Almanach 2017 von Abenteuer Astronomie.



Auf 146 Seiten finden sich hier ausführliche Informationen für Interessierte, Einsteiger und erfahrene Amateurastronomen: Woche für Woche ist aufgelistet, was es am Himmel zu sehen gibt und was sich zu beobachten lohnt. Experten geben Beobachtungstipps und Hintergrundinformationen zu den jeweils interessanten Objekten. So wird der Himmels-Almanach zum Begleiter für das ganze Jahr.

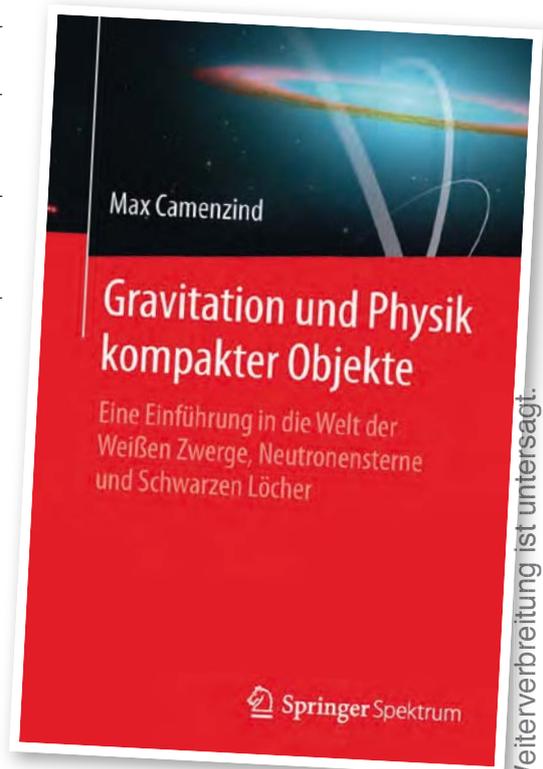
Bitte teilen Sie uns Ihre Lösung sowie Ihren Namen und Ihre Anschrift bis zum 02.01.2017 via Facebook-Nachricht, per E-Mail an: gewinnspiel@abenteuer-astronomie.de oder auf dem Postweg (Oculum-Verlag GmbH, Obere Karlstr. 29, 91054 Erlangen), Betreff »Astro-Puzzle«, mit und gewinnen Sie mit etwas Glück den Himmels-Almanach.

Buch: Gravitation und Physik kompakter Objekte

Bei allem Zauber des gewöhnlichen Himmels kommen von Gästen bei öffentlichen Beobachtungstreffen immer wieder Fragen nach den vermeintlichen »Stars« im All: dem Neutronenstern und vor allem dem Schwarzen Loch. Letzteres gilt als das seltsamste Objekt überhaupt - nichts erscheint komplexer und exotischer. Doch es gibt eine gänzlich andere Deutung: »Schwarze Löcher sind reine Geometrie und damit die einfachsten Objekte des Universums«, schreibt Max Camenzind. Der Astrophysiker im Ruhestand bezieht in seinem Buch deutlich Stellung zur vielfach verbreiteten Sicht auf kompakte Objekte. Etwa so: »Aussagen

wie »extrem hohe Dichte in Schwarzen Löchern« sind völliger Unsinn und zeugen von großem Unverständnis der Sachlage«. Camenzind widmet sich dabei ausführlich der modernen Gravitation, der er eine zentrale Rolle beim Ergründen der Physik kompakter Objekte zuweist.

Ein Schlüssel zum Verständnis ist Mathematik, und so gleicht das 390 Seiten starke Buch streckenweise einer Formelsammlung. Aber sein Charme liegt darin, dass der Autor auch für den interessierten Laien nachvollziehbar Grundlegendes erklärt. Camenzind befasst sich dem Titel entsprechend vor allem mit Weißen Zwergen, Neutronensternen und Schwarzen Löchern, aber auch die flankierenden Kapitel in dem Buch sind nicht weniger aufschlussreich. So gibt es Einführungen in die Sternentwicklung und in die Relativitätstheorie. Auch den Gravitationswellen kompakter Objekte hat der Autor ein Kapitel gewidmet. Deren Nachweis hat die Drucklegung des Buches noch knapp verpasst, weshalb Camenzind ihre direkte Be-



obachtung noch als unmittelbar bevorstehend beschreibt.

► Stefan Zaruba

IM DETAIL

Max Camenzind: Gravitation und Physik kompakter Objekte - Eine Einführung in die Welt der Weißen Zwerge, Neutronensterne und Schwarzen Löcher, Springer Spektrum, 2016, ISBN: 978-3-662-47838-7, 44,99 €

Android- und iOS-App: PhotoPills

Zahlreiche Amateurastronomen haben sich darauf spezialisiert, astronomische Objekte in Verbindung mit Landschaften oder Bauwerken zu fotografieren: die junge Mondsichel über winterlicher Skyline, die Sommermilchstraße über Alpenseen, Sonnenuntergänge über bewaldeten Wiesen usw.

Zur Planung derartiger Aufnahmen eignet sich die Smartphone- und Tablet-kompatible App »PhotoPills« sehr gut.

IM DETAIL

iOS-App: Photopills, 19,1 MB, Version 2.2, iOS 8,1 oder höher, 9,99€

Android-App: Angekündigt für Ende 2016/Anfang 2017

Astronomische Zusatzfunktionen

Die App ermöglicht es Landschaftsfotografen, die Auf- und Untergangszeiten der Sonne und des Mondes zu bestimmen und so für jeden beliebigen Zeitpunkt und jeden Ort die Beleuchtungssituation zu ermitteln - bis hin zur Länge von Schatten von Bergen und Bauwerken. Für Hobbyastronomen ist aber viel spannender, dass die App die berechneten Bahnen für Sonne, Mond und auch die Milchstraße mit dem Live-Bild der Kamera des Smartphones oder Tablets überlagert und so in der »Augmented Reality«-Darstellung bereits kontrolliert werden kann, wann und wo die astronomischen Objekte über der Landschaft zu beobachten sein werden. Die App unterstützt

aber auch die Planung von besonderen Aufnahmen mit Sonne, Mond oder Milchstraße: Wenn beispielsweise der Mondaufgang hinter dem Gipfelkreuz eines Berges fotografiert werden soll, so errechnet die App, nachdem Berggipfel und der Beobachtungsort auf einer Karte markiert wurden, an welchem Tag und zu welcher Uhrzeit der Mond genau in der Verlängerung dieser Linie durch diese beiden ausgewählten Punkte stehen wird. Auch die Position der Milchstraße über der Landschaft kann für jeden beliebigen Zeitpunkt und Beobachtungsort angezeigt werden.

Zur Planung von besonderen und stimmungsvollen Nachtaufnahmen kann die nicht ganz preiswerte App uneingeschränkt empfohlen werden.

► Ullrich Dittler



MARKTPLATZ

Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern.

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

Omegon: 102mm- und 127mm-Triplett-Apochromat - der »Volksapo« wurde verbessert

Die beiden Bestseller von Omegon, die 102mm und 127mm Triplett-Apochromaten wurden überarbeitet und deutlich verbessert. Und das Beste: Der Preis ist gleich geblieben. Folgendes wurde verändert und macht die Geräte für Amateurastronomen interessanter denn je:

1. Justierbare Linsenzelle: Wir haben eine völlig neue und temperaturkompensierte Linsenzelle entwickelt, die das Justieren so einfach wie Dreiradfahren macht – naja fast. Mit jeweils drei Justage- und Fixierschrauben justieren Sie das Objektiv. Das geht ganz einfach mit einem Sechskantschlüssel zum Beispiel am Polarstern.

2. Sucherschuh; Der Sucherschuh mit DoppelT-Profil wurde gegen einen Gängigen im Vixen-Styl ausgetauscht. Sie können nun fast jedes beliebige Sucherferrohr oder LED-Sucher montieren. Das bedeutet für Sie mehr Freiheit der bei Auswahl, denn früher passeten nur wenige Modelle.

3. Geeignet für Binokular-Ansätze: Um ein Binokular problemlos verwenden zu können, wurde die Tubuslänge etwas verkürzt, damit mehr Fokusraum für den Anschluss entsteht. Jetzt können Sie ein Binokular mit Zenitspiegel verwenden.



4. Verstärkte Prismenschiene: Damit die Prismenschiene Ihres Apo auch nach Jahren noch nutzbar ist, wurde sie mit einer Edelstahlplatte verstärkt. Jetzt entstehen keine Kratzer und krattiefen Kerben mehr.

5. Einziehbare Taukappe: Die Taukappe ist jetzt ein- und ausziehbar und nicht mehr aufsteckbar. Zudem wird jeder Apochromat werksseitig mit einem Messprotokoll ausgeliefert.

Weitere Informationen:

<http://www.teleskop-austria.at>

Lacerta: Neuer Motorfokus

Bei unseren Foto-Newtonians wird oft auch ein Motorfokus zum Octo Okularauszug gewünscht, der soll natürlich alle Stückln spielen: So-

wohl Standalone für die einen, als auch remote per Ascom und für die anderen, mit V-Kurve und Temperaturkompensation, Autofokus und Filteroffsets inbegriffen. Vor allem muss er extrem präzise und garantiert reproduzierbar den Fokuspunkt treffen, und zwar auch mit schweren Vollformat Kame-

ras. Ah ja, leistung sollte er auch sein. Wir haben uns also darangesetzt – und können nun unseren Lacerta Motorfokus präsentieren, der all das buchstäblich und ohne Kompromisse kann.

Weitere Informationen:

<http://www.teleskop-austria.at>

Bresser: Messier-Serie um einen Kometensucher erweitert

Erhältlich Ende 2016/Anfang 2017, aber erstmals auf der Photokina und auf der AME präsentiert: der Bresser Messier AR-102XS/460 Optischer Tubus. Ein kurzbauender zweilinsiger Achromat mit 102mm Öffnung und 460mm Brennweite, also f/4,5, Sucher 6x30 (8x50 Sucher nachrüstbar), Okular SPL 26mm, Zenit Spiegel 1,25", fixer Taukappe, bestens bewährtem neuen 2,5" Hexafok-Fokussierer, der in solch einer Preisklasse nur realisierbar ist, weil eine Vielzahl von Tuben der Serie Bresser Messier und Explore Scientific damit ausgerüstet werden. Die Optik zeichnet sich durch eine sehr gute Korrektur aus, so dass Farblängsfehler für eine

Optik dieser Preisklasse nur geringfügig ins Gewicht fallen und ein wahres Feld von 3° bietet. Geschuldet ist dieser positive Eindruck der Verwendung spezieller Glassorten der Firma Schott®, die eine entsprechende Korrektur im Optikdesign zulassen.

Die kurzbauende Optik eignet sich ideal als Kometensucher, zur Beobachtung großer diffuser Nebel, der Andromeda-Galaxie und von Sternfelder in der Milchstraße. Es stellt als Reisegerät auch für die Erdbeobachtung mit einem optionalen Amici-Prisma eine echte Alternative dar.

Weitere Informationen:

<http://www.bresser.de>





LESERBRIEFE

Leserbriefe zu Abenteuer Astronomie 3

Ist da jemand?

Im Artikel beschreibt Dr. René Heller seine Methode, um die Suche nach außerirdischen Radiosignalen auf einen machbaren Bereich einzuschränken. Dazu schlägt er vor, die Suche auf die Ekliptik plus minus $0,25^\circ$ zu beschränken, weil potentielle Außerirdische dort auf unserer Erde mittels der Transitmethode aufmerksam geworden sein könnten. Dann sucht Herr Heller in der Hipparcos-Datenbank nach möglichst nahen Sternen in diesem schmalen Streifen. OK. 100 Mal wahrscheinlicher wäre es für Außenstehende jedoch, einen Jupiter- oder Saturntransit zu beobachten. Deshalb sollte man besser deren Ekliptikstreifen untersuchen!

Tom Fliege

Zuerst möchte ich Ihnen natürlich Recht geben: Da die Gasplaneten größer als die Erde sind, verursachen sie für Außenstehende einen tieferen – und da sie eine geringere Orbitgeschwindigkeit haben, auch einen längeren – Transit vor der Sonne. Ferne Beobachter des Sonnensystems haben es damit also leichter, deren Transits zu finden.

In der Tat arbeite ich zusammen mit Kollegen bereits an einer Nachfolgestudie, in der wir die Transitzonen der anderen Planeten des Sonnensystems untersuchen. Es stellte sich dabei interessanterweise heraus, dass es manche Bereiche gibt, in denen sich bis zu drei Zonen überlappen.

Als Hauptargument für die Suche nach außerirdischen Signalen aus der Erdtransitzone hin zu uns führen mein Kollege Ralph Pudritz und ich in der Originalstudie an, dass unsere fernen Freunde die Erde als bewohnbaren und vielleicht sogar als lebendigen Planeten identifizieren könnten, z.B. mit

tels Transitspektroskopie. Während wir derzeit wenige tausend Exoplaneten kennen, so dürften uns technologisch überlegene außerirdischen Astronomen Abermillionen davon kennen. Sie dürften ihre Ressourcen zur Kontaktaufnahme dann auf die vielversprechendsten Kandidaten für eine Antwort oder zumindest für den erfolgreichen Empfang ihrer Nachricht konzentrieren. Und damit würden sie sich viel eher an die Erde wenden als beispielsweise an den Jupiter oder andere Gasplaneten in ihrem Katalog von Exoplaneten.

René Heller



Abenteuer Astronomie 4 First Light: Laser für scharfe Bilder

Als ich in der Ausgabe Abenteuer Astronomie Nr. 4/2016 auf Seite 8 den Beitrag »Laser für scharfe Bilder« lesen durfte, musste ich schlucken: Seit langer Zeit wird vehement gegen die »Lichtverschmutzung« des Himmels gekämpft. Dann lese ich, dass die Profiastronomen mit Laser den Himmel erleuchten, um letztendlich schärfere Bilder der Sterne usw. zu bekommen. Nun wird man sagen, was stört

schon das bisschen Laser am chilenischen Nachthimmel den Deep-Sky-Fotografen in der Lüneburger Heide. Doch werden genau das wohl noch mehr Profis tun, überall auf der Erde. Wunderbar.

Klaus Barginda

Wir haben mal bei der ESO nachgefragt, wie anfällig die Laserstrahlen für die Adaptive Optik eigentlich sind und jetzt Auskunft vom Projektleiter Wolfgang Hackenberg bekommen: »Auf dem Paranal kann man die AO-Laserstrahlen mit bloßen Auge aus ein paar hundert Metern Entfernung und bei Vollmond sehen [...] Die AO-Strahlen sehen in der Realität weniger dramatisch als auf Fotos aus, da das Auge in Richtung rot weniger empfindlich wird. Die Beobachtungsplanung auf dem Paranal wird so gemacht, dass es die anderen Teleskope vermeiden, direkt durch die AO-Laserstrahlen oder nahe vorbei zu schauen. Außerdem arbeiten Teleskope im sichtbaren Licht mit engbandigen Filtern, die das orange Laserlicht unterdrücken.«

Mit anderen Worten: Die Profi-Astronomen passen aufeinander auf, einen visuellen Amateurbesucher in der Nähe könnten die Laser hingegen schon stören – nur sind diese auf modernen Großsternwarten des Nachts sowieso nicht zugelassen (und selbst die Profis halten sich nicht direkt auf der Teleskopplattform auf).

Daniel Fischer

Abenteuer Astronomie 4 Fischers fantastische Zahlen

In der Nummer 4, Seite 12 ist ein Bericht von Daniel Fischer über das European Extremely Large Telescope. Es ist sehr seltsam und unverständlich (zumindest für einen diesbezüglich unwissenden Leser), dass in diesem Bericht aufgelistet wird, wie teuer, wie viele Arbeitsstunden, wieviel Gewicht, wie viele Schrauben usw. für dieses Teleskop verwendet werden. Die Hauptsache aber, wie groß das Objektiv (Spiegel) des Instrumentes sein wird, bleibt unerwähnt! Unwissende Leser würde das sicher (auch) interessieren!

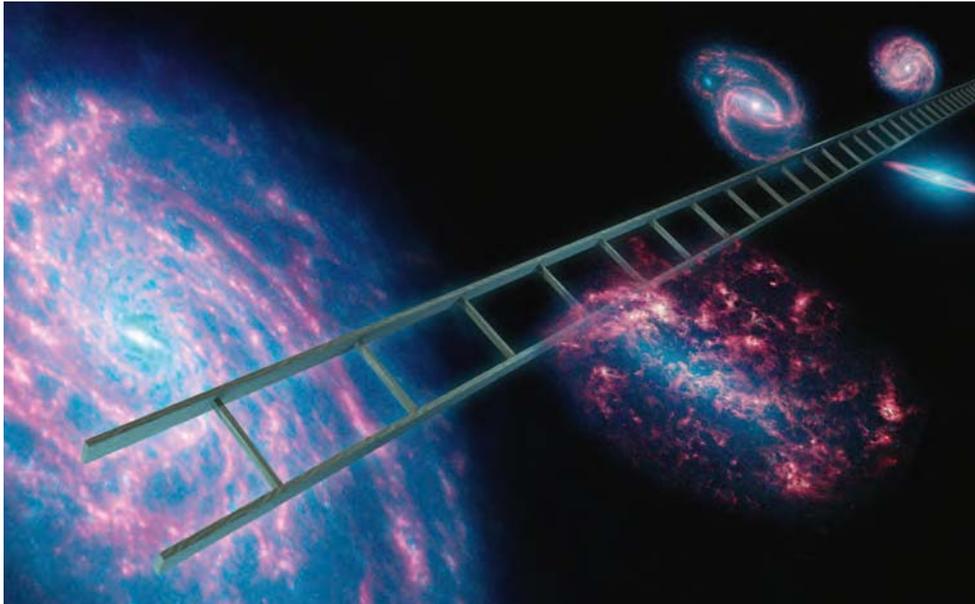
Hans Bernhard

Sie haben natürlich Recht, der Hauptspiegeldurchmesser – 39,3 Meter – ist auch eine »fantastische Zahl«, die allerdings schon vor etlichen Jahren festgelegt wurde (eigentlich sollten es mal 42 Meter und ganz früher sogar bis zu 100 Meter sein, aber die Kosten steigen mit einer hohen Potenz der Größe). Die kurze Meldung jetzt befasste sich mit der nunmehr eingekauften mechanischen Struktur um die Optik herum, und dass diese auch nicht ohne ist. Über das E-ELT werden wir gewiss noch sehr oft berichten, und dann versprechen wir, auch wieder an den Spiegeldurchmesser zu denken.

Daniel Fischer

Abenteuer Astronomie 7, im Handel ab 27. Januar 2017

NASA/JPL-Caltech



▲ Entfernungen im All: Wie Astronomen unser Universum vermessen.

Rochus Hess/CCD-Guide



▲ Beobachtungstipps für lange Winternächte: Rund um den Rosettennebel.

U. Dittler



▲ Astrofotografie mit dem Smartphone: Was mit modernen Geräten heute möglich ist.

Kontakt

Abo-Service

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

Redaktion

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

Anzeigen

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

Facebook

facebook.com/AbenteuerAstronomie

Twitter

twitter.com/abenteuerastro

Impressum

Abenteuer Astronomie
 ISSN 2366-3944

Verlag

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

Geschäftsführung

Marion Faisst, Ronald Stoyan

Herausgeber

Ronald Stoyan

Chefredaktion

Dr. Stefan Deiters

Redaktion

Daniel Fischer, Paul Hombach, Christian Preuß

Kolumnen

Steffen Behnke, Dr. Stefan Deiters, Prof. Ullrich Dittler, Daniel Fischer, Dr. Georg Dittli, Kay Hempel, Manfred Holl, Paul Hombach, Karl-Peter Julius, Burkhard Leitner, Dr. Andreas Müller, Nico Schmidt, 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, Dieter Reimann

Vertrieb

IPS Pressevertrieb GmbH, Meckenheim

Hinweise für Leser

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

Datenquellen: Himmelsalmanach 2016 und 2017

Koordinaten: äquatoriale Koordinatangaben, 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), Fotografischer Mondatlas (FMA)

UNSERE PARTNER & SPONSOREN

Hersteller

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

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

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