Titelbild: **Polarlichter** über dem isländischen Gundarfjörður.
Ronald Stoyan

REDAKTION IM EINSATZ

Hobbyastronomie im Wandel – die Faszination lebt!

Ich erinnere mich noch gut an mein erstes Teleskop. Es war ein Newton mit einer Öffnung von 4,5". Ich war zwölf Jahre alt und richtete mein astronomisches Fernrohr das erste Mal auf den Sternenhimmel. Eine drehbare Sternkarte wies mir den Weg. Dort im Südosten erkannte ich einen hellen Lichtpunkt über den Baumwipfeln. Ich brachte ihn ins Fadenkreuz des Suchers und schaute anschließend durch das Okular. Das zunächst noch verschwommene Bild stellte ich scharf. Zum ersten Mal in meinem Leben beobachtete ich den Ringplaneten Saturn mit meinen eigenen Augen. Ein Anblick, den ich nie mehr vergessen habe. Meine Begeisterung für die Astronomie kannte keine Grenzen mehr. Ich lernte mich immer besser

T. Haas

am Nachthimmel zurechtzufinden. Lichtschwach erschienen mir die meisten Gasnebel und Galaxien durchs erste Teleskop. Meiner Faszination tat dies aber keinen Abbruch. 20 Jahre später eröffneten mir ein 8" Schmidt-Cassegrain und 12" Newton völlig neue Ausblicke ins All.

Seither ist viel Zeit vergangen. Heute nun stoße ich in völlig neue Galaxien vor. Dank eines sehr großzügigen Privatspenders und der Jugendherberge Bad Honnef ist der von mir mitgegründete Verein Sternwarte Siebengebirge e.V. stolzer Besitzer eines 20" Spiegelteleskops. In unserer Region holen wir den Menschen damit die Sterne vom Himmel. Dank modernster Kameratechnik auch detailreicher und in Farbe. Optiken und Techniken ändern sich mit den Jahren – die Faszination bleibt!

▶ Christian Preuß

Stefan Deiters
Chefredakteur

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

es gibt wenige Naturphänomene, die einen so in den Bann ziehen können wie die Polarlichter im nördlichen Europa. Von Deutschland aus lässt sich das Schauspiel nur sehr selten verfolgen, wer Polarlichter in ihrer ganzen Pracht erleben will, muss nach Schweden, Finnland, Norwegen oder Island reisen. Abenteuer-Astronomie-Herausgeber Ronald Stoyan war in allen »Polarlicht-Ländern« Nordeuropas und hat für unsere Titelgeschichte die besten Tipps für die eigene Polarlicht-Exkursion zusammengestellt (Seite 42).

Wenn wir nachts an den Sternenhimmel blicken, lässt sich nicht erkennen, welcher dieser Lichtpunkte uns nun besonders nahe und welcher besonders weit entfernt ist – eine Schwierigkeit, die Astronomen viele Jahrhunderte lang beschäftigte. Unser Autor Nico Schmidt beschreibt, mit welchen trickreichen Methoden es gelungen ist, die »unendlichen Weiten« des Universums zu vermessen (Seite 14).

Die meisten haben es immer dabei: ihr Smartphone. Fotografiert wird damit alles, was einem vor die kleine Linse kommt. In den letzten Jahren sind die Kameras immer leistungsfähiger geworden, so dass sich die Frage stellt, ob sich mit Smartphones auch sinnvoll Astrofotografie betreiben lässt. Unser Autor Ullrich Dittler hat das untersucht und ist zu teils überraschenden Ergebnissen gekommen (Seite 64).

Natürlich fehlen auch diesmal die bekannten und beliebten Rubriken nicht, so dass ich hoffe, dass für jeden wieder etwas dabei ist. Ich wünsche Ihnen eine anregende und interessante Lektüre.

Ihr

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

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

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

Abenteuer Astronomie 7
Februar/März 2017

UNENDLICHE WEITEN

Wie Astronomen das Universum vermessen

Wissen

First Light
8 Die halbe Galaxie
10 Leuchtendes Europa

Fischers fantastische Zahlen
12 Zu 99,99 Prozent Dunkle Materie

Deiters' erstaunliche Fakten
13 Wie würde der Sternhimmel von einem Planeten in einem Kugelsternhaufen aussehen?

Hauptartikel
14 Unendliche Weiten
Wie Astronomen das Universum vermessen

Hintergrund
20 Bis zum Rand der Galaxie

Update
24 EXOMARS: Absturz mit »Happy End«
25 JUNO: Umplanen im Jupiterorbit

Müllers Universum
26 Ist das Universum unendlich?

Astro-Abc
27 F wie Flare

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 Großer Auftritt des kleinen Merkur
29 Strahlende Venus am Abend
29 Fast eine partielle Mondfinsternis

Aktuell im Sonnensystem
30 Der Mond im Februar/März
31 Die Planeten im Februar/März
32 Sonne aktuell
33 Planeten aktuell
34 Kometen aktuell

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

Praxis

Artikel
42 Auf Polarlicht-Jagd im Norden Europas
Praktische Tipps für die eigene Polarlicht-Exkursion

Spix' Spechteltipps
50 Liebesgöttin im Wandel
Die Venus und ihre Phasengestalten

Stoyans Sky
52 Von Thors Helm zum Möwennebel
Winterliche Nebellandschaften erkunden

Astrophysik live
56 Der »Appetit« eines aktiven Schwarzen Lochs

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

64

Astrofotos mit dem Smartphone

Technik

Dittlers Fotoworkshop

58 Die Sonne im Visier

Teleskop-Tuning

61 Austausch von Schmiermitteln

Weigands Techniktipps

62 Es geht auch ohne Nachführung

Technik-Trends

64 Astrofotos mit dem Smartphone

Die Kameras moderner Smartphones erlauben heute teils erstaunliche Aufnahmen. Doch eignen sie sich auch für die Astrofotografie?

78

Interview

Wie haben Sie die ISS ferngesteuert, Herr Kleinschuster?

Spektakuläre Protuberanz

70

Der dynamische Sonnenrand im Hα-Licht

Space Checker

Unsere Rubrik für Kids von Kids
Aquarium als Atmosphäre, Seite 82

Szene

Interview

80 Günter Kleinschuster

Space Checker

82 Waren die Mondlandungen echt?

Netznews

84 »Der Mann, der kein Licht mag«

Diskurs & Diskussion

86 Typisch Jungfrau

Leserbriefe

87 Leserbriefe/Leseraufruf

Astronomie vor Ort

90 Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten

91 Der dunkle Himmel über der Eifel

Marktplatz

92 Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern

Nachruf

92 Martin Birkmaier

Rezensionen

93 Uralte Bäume - Magische Gestirnee

93 Astronomy Picture of the Day

Nachruf

94 Martin Mayer - Ein charismatischer Vermittler des Sternhimmels

Astro-Puzzle

95 Raten und gewinnen!

Vor 100 Ausgaben

97 interstellarum 7

Erlebnis

Mein bestes Astrofoto

70 Spektakuläre Protuberanz

Leser-Galerie

72 Lesergalerie
Siebengestirn
Kosmische Vielfalt

Rückblick

76 »Supermond«

Rubriken

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

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

Die Weiterverbreitung ist untersagt.

DIE HALBE GALAXIE

Die Milchstraße über dem Cerro Paranal

Nutzung nur zu privaten Zwecken

M. Cano/ESO

▲ Abb.1: **Die hellsten Bereiche der Milchstraße wölben sich über dem Cerro Paranal in Chile in einem Panorama auf der Plattform des Very Large Telescope,** dessen vier 8-Meter-Teleskope den Vordergrund dominieren. Trotz Mond im Bild ist links, knapp über dem Horizont, der Kohlensack, eine »Dunkelwolke« im Kreuz des Südens, zu erkennen. Etwa im höchsten Punkt des Bogens blickt man auf das Zentrum der Galaxis. Weiter nach rechts schließen sich, wenn auch für Europäer »kopfstehend«, vertrautere Sternenwolken des Nordhimmels an, mit dem rot leuchtenden Nordamerikannebel im Sternbild Schwan wiederum knapp über dem Horizont. Nicht von ungefähr gibt es in den Bergen Chiles so viele Großsternwarten: So transparent und dunkel ist der Nachthimmel nur an wenigen Orten auf dem Planeten – weshalb auch das 39-Meter-Teleskop E-ELT der ESO ganz in der Nähe gebaut wird.

LEUCHTENDES EUROPA

Nicht alle Länder strahlen gleich...

ESA/NASA

▲ Abb. 2: **Ein Blick aus der Internationalen Raumstation:** Auf dieser Aufnahme des zurzeit um die Erde kreisenden ESA-Astronauten Thomas Pesquet aus Frankreich sind in der Mitte Paris, rechts oben jenseits des Kanals London und wiederum darunter Brüssel zu erkennen – und ganz Belgien, das zum einen besonders hell leuchtet und zum anderen durch einen deutlich anderen Farbton auffällt. Der Grund ist nach Auskunft von Experten für Lichtverschmutzung, dass in Belgien die gelben Niederdruck-Quecksilberdampflampen noch weit verbreitet sind. Anderswo werden schon deutlich mehr LEDs in der Straßenbeleuchtung verwendet.

INTERAKTIV

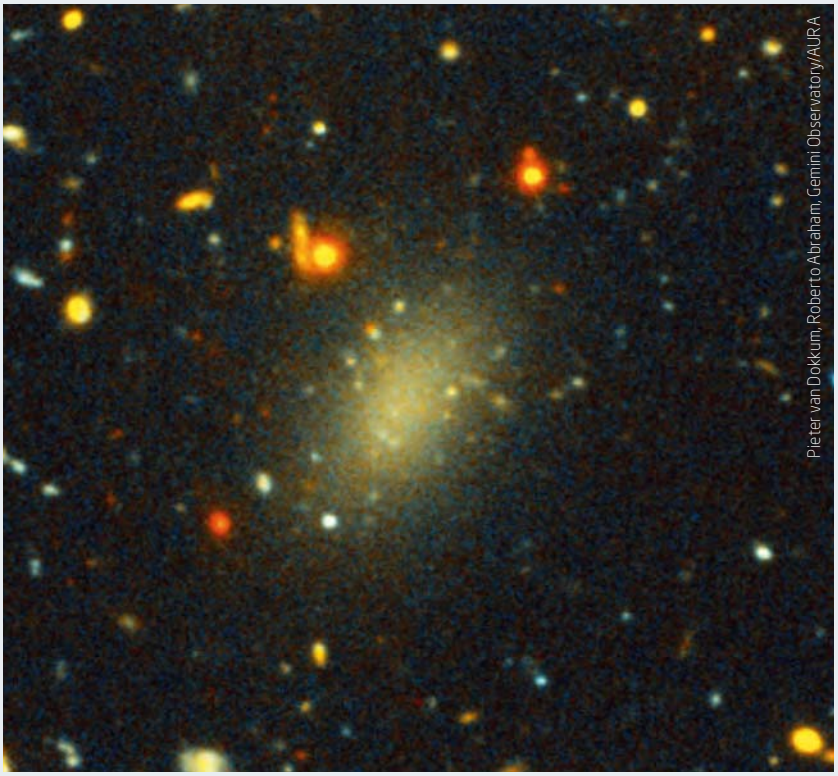
Daniel Fischer ist Redakteur bei Abenteuer Astronomie und unser Mann für die wahrhaft astronomischen Zahlen. Sie können ihn befragen über redaktion@abenteuer-astronomie.de oder unsere Facebook-Seite.

Kurzlink: oclm.de/fb

Fischers fantastische Zahlen

Zu 99,99 Prozent Dunkle Materie

machen die ultra-diffuse Galaxie Dragonfly 44 aus, einen Vertreter einer erst kürzlich entdeckten Klasse besonders unauffälliger Sternsysteme, die so groß wie die Milchstraße sind, aber nur ein Hundertstel so hell leuchten. Entsprechend musste ein 10-Meter-Teleskop 33½ Stunden belichten, um ein aussagekräftiges Spektrum gewinnen zu können. Aus der daraus ermittelten hohen Gasgeschwindigkeit folgte eine der Milchstraße vergleichbare Masse und auch mit 100 Kugelsternhaufen ist Dragonfly 44 bestens bedient. Das nährt den Verdacht, dass zumindest diese ultra-diffuse Galaxie auf dem Entwicklungsweg zu einer ausgewachsenen Galaxie war, dann aber etwas die Bildung von Sternen radikal unterdrückt hat. Daher dominiert die Masse ihr unsichtbares »Skelett«. Der kuriose Name »Dragonfly«, also Libelle, stammt übrigens von dem ungewöhnlichen astronomischen Instrument, mit dem die Galaxie entdeckt wurde: dem »Dragonfly Telephoto Array«, einem Bündel besonders kontrastreicher Teleobjektive.



▲ Abb. 1: **Die kuriose Galaxie Dragonfly 44,** die fast nur aus Dunkler Materie besteht und selbst auf dieser aufgehellten Aufnahme des 8-Meter-Teleskops Gemini Nord kaum etwas hermacht. Die kleinen Pünktchen in der Umgebung sind einige der hundert Kugelsternhaufen.

Um nur 1/500.000 abgeplattet

ist der kugelförmigste Stern, der bisher entdeckt wurde: Wie aus Messungen seiner Schwingungen – durch Helligkeitsmessungen mit dem Satelliten Kepler – berechnet werden konnte, beträgt der Unterschied des Pol- und Äquator-Durchmessers von KIC 11145123 nur 6±2km, bei einem Durchmesser vom 2,2-Fachen der Sonne oder 3,3 Millionen Kilometern. Eigentlich sollte man bei einem alle 100 Tage rotierenden Stern des Spektraltyps A eine dreimal größere Abplattung erwarten: Man vermutet, dass ein Magnetfeld in niedrigen Breiten für diese Abweichung verantwortlich ist.

SURFTIPPS

- Dragonfly
- SOHO
- Kepler

Kurzlink: oclm.de/a7012

3243 neue Kometen

sind in den ersten 21 Jahren seit seinem Start im Dezember 1995 mit dem europäisch-amerikanischen Satelliten SOHO entdeckt worden – der eigentlich der Sonnenbeobachtung dient. Aber fortwährend erscheinen kleine Kometen auf den Bildern seiner Spezialkameras für die Abbildung der Sonnenkorona, die fast alle binnen Stunden von der Sonnenhitze zerstört werden. Die Funde werden überwiegend von Amateurastronomen im stetigen Bilderstrom dieser LASCO-Teleskope gemacht und gehören meist zu einer von vier Kometenfamilien mit verwandten Bahnen. Zwei davon, die Meyer- und die Kracht-Gruppe, sind sogar nach deutschen Kometenamateuren benannt. Alle Gruppen entstanden durch den Zerfall großer Vorgängerkometen: Über solche Prozesse hat man aus den SOHO-Kometen viel lernen können.

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

Deiters' erstaunliche Fakten

Wie würde der Sternhimmel von einem Planeten in einem Kugelsternhaufen aussehen?

ESO/M.-R. Cioni/VISTA Magellanic Cloud Survey/Cambridge Astronomical Survey Unit

▲ Abb. 1: **Der Kugelsternhaufen 47** Tucanae.

Diese Frage haben sich 2014 auch die amerikanischen Astronomen William Harris und Jeremy Webb gestellt: Sie führten Simulationen durch, um herauszufinden, wie das Leben auf einem imaginären Planeten im Zentrum des Kugelsternhaufens 47 Tucanae aussehen würde. In dessen Zentrum gibt es pro Kubiklichtjahr einige Hundert Sterne. Der nächste Stern wäre von der Sonne des imaginären Planeten nur etwa 0,05 Lichtjahre entfernt – unser nächster Nachbar Alpha Centauri hat eine Entfernung von 4,3 Lichtjahren. Mit allein 10.000 Sternen, die heller als eine Magnitude sind, wäre der Nachthimmel spektakulär – am irdischen Himmel sind gerade einmal 29 Sterne so hell. Mehr als tausend Sterne würden sogar heller als Sirius sein, der hellste Stern an unserem Nachthimmel. Die hellsten Sterne wären 100-mal leuchtkräftiger als die Venus bei uns. Insgesamt würden über 130.000 Sterne am Himmel des Planeten heller als 6^m sein. Kombiniert ergäbe sich so eine Helligkeit des Himmels, die etwa 20-mal größer wäre als die unseres Nachthimmels bei Vollmond. Statt einer dunklen Nacht würde es auf dem Planeten also nur eine Art Dämmerung geben.

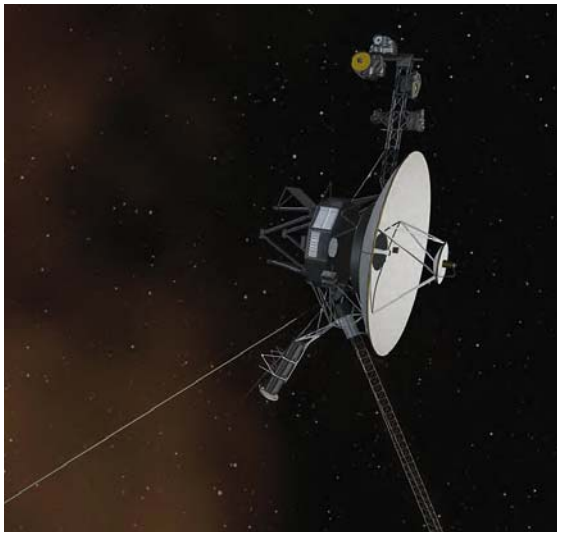
INTERAKTIV

Stefan Deiters ist Astrophysiker und arbeitet als Wissenschaftsjournalist. Er gründete 1999 den Onlinedienst astronews.com. Seit Juni 2016 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: oclm.de/fb

Haben die beiden Voyager-Sonden schon unser Sonnensystem verlassen?

Voyager 1 dürfte inzwischen die Heliosphäre verlassen haben und sich damit im interstellaren Raum befinden. Die Heliosphäre ist der Bereich rund um die Sonne, die vom Sonnenwind beeinflusst wird. Hat Voyager 1 damit auch das Sonnensystem verlassen? Eher nicht, denn es gibt auch weit jenseits der heutigen Position von Voyager 1 noch Objekte, die um die Sonne kreisen und somit zu unserem Sonnensystem gehören – etwa alle Objekte der Oortschen Wolke. Voyager 2 dürfte sich noch in der äußersten Grenzregion der Heliosphäre befinden.



NASA/JPL-Caltech

▲ Abb. 2: **Die Sonde Voyager 1** hat die Heliosphäre bereits verlassen.

Was sind meteorologische Jahreszeiten?

In den Nachrichten hört man regelmäßig vom Beginn der meteorologischen Jahreszeiten: Der meteorologische Frühling etwa beginnt jedes Jahr am 1. März und nicht am 20. März. Die Meteorologen haben den Beginn der Jahreszeiten nämlich einfach auf die Anfänge der Monate gelegt, in denen die kalendarischen Jahreszeiten beginnen. Das erleichtert das Führen von Statistiken und passt zudem oft auch besser zum Wetterempfinden der Menschen: Für viele ist der Dezember eindeutig ein Wintermonat und der März liegt schon im Frühling. Schon die erste Organisation zur Durchführung von Wetterbeobachtungen, die in 1780 in Mannheim gegründete »Societas Meteorologica Palatina«, verwendete den 1. März als Frühlingsbeginn und exakt dreimonatige Jahreszeiten.

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

UNENDLICHE WEITEN

Wie Astronomen das Universum vermessen

Wie weit sind die Sterne und Galaxien entfernt? Diese sehr einfache und doch ungemein wichtige Frage ist gar nicht so leicht zu beantworten. Astronomen haben sich dazu eine komplexe Methodik ausgedacht, die oft als »kosmische Entfernungsleiter« bezeichnet wird: Deren Sprossen sind einzelne, sich überlappende Messverfahren, mit deren Hilfe man in immer größere Entfernungen vorstoßen kann.

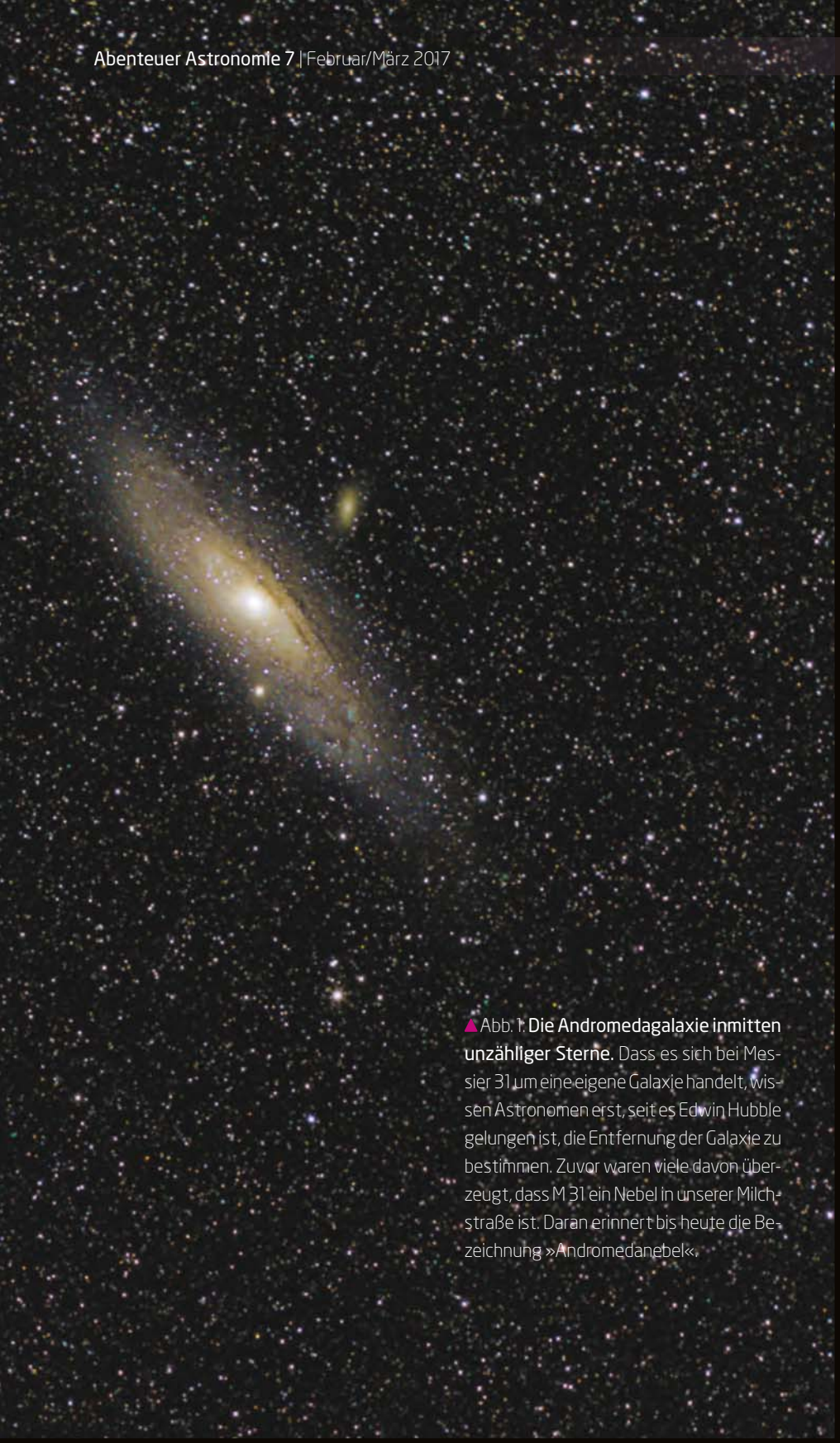
CCD-Guide

» Wenn einer in Astronomie unbelehrten Person erzählt wird, dass die vielen Sterne, die man in einer klaren und mondlosen Nacht sieht, im Raum verstreute Sonnen, wie unsere eigene, sind, lautet wahrscheinlich die nächste Frage: Wie weit sind die Sterne entfernt?« Diese Aussage aus dem Jahr 1893 von William Wallace Payne, Redakteur von »Popular Astronomy«, ist noch heute gültig. Doch wie können Astronomen eine sichere Antwort auf diese Frage geben? Blickt man in einer sternklaren Nacht nach oben, sieht man eine Vielzahl von Sternen, manche sind heller, andere weniger hell. Stehen die helleren Lichtpunkte uns nun näher als die lichtschwächeren Sterne oder ist es umgekehrt?

Wie weit sind die Nebel und Galaxien entfernt, die in einem Amateurfernrohr sichtbar sind? Und wie tief erstreckt sich eigentlich der Weltraum? Um diese alten Fragen zu beantworten und die dritte Raumdimension zu erschließen, haben Astronomen allerhand trickreiche Methoden entwickelt: Von groß angelegten Expeditionen zur Suche nach dem Erde-Sonne-Abstand bis zum heutigen hochmodernen Astrometrie-Satelliten Gaia.

Von der Erde zum Mond

Den ersten Versuch, mittels Messung – vermutlich während einer totalen Mondfinsternis – und geometrischen Überlegungen die Größenverhältnisse des Erde-Mond-Son-



▲ Abb. 1: **Die Andromedagalaxie inmitten unzähliger Sterne.** Dass es sich bei Messier 31 um eine eigene Galaxie handelt, wissen Astronomen erst, seit es Edwin Hubble gelungen ist, die Entfernung der Galaxie zu bestimmen. Zuvor waren viele davon überzeugt, dass M 31 ein Nebel in unserer Milchstraße ist. Daran erinnert bis heute die Bezeichnung »Andromedanebel«.

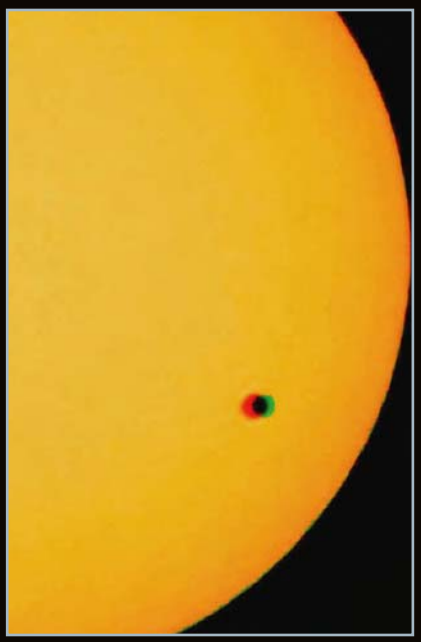
ne-Systems zu bestimmen, machte Aristarch von Samos um 280 v. Chr. Mehr als ein erster Schritt blieb seine Überlegung nicht, denn für die Entfernung zum Mond gab er nur den 20-fachen Erdradius an – deutlich zu wenig.

Hipparch wählte wenig später einen anderen Weg und versuchte mittels der Parallaxe des Mondes seinen Abstand von der Erde zu bestimmen. Hipparch wusste, dass ein von verschiedenen Standorten beobachtetes Himmelsobjekt unterschiedliche Positionen vor dem Hintergrund der entfernteren Sterne einnimmt. Ganz so wie beim sogenannten Daumensprung, bei dem der vor die Nase gehaltene Daumen mal nach links, mal nach rechts springt, wenn man abwechselnd das rechte und das linke Auge schließt. Dieser Winkelunterschied, unter dem das Objekt erscheint, nennt sich Parallaxe. Aus dieser lässt sich mit einer einfachen Dreiecksberechnung die Entfernung zum Daumen, zum Mond, zur Sonne und zu den Sternen bestimmen.

Hipparchs Parallaxen-Berechnung basierte auf Daten der von Alexandria und den Dardanellen beobachteten totalen Sonnenfinsternis von 189 v. Chr. Mit mindestens 59 Erdradien kam er dem richtigen Wert für den Erde-Mond-Abstand schon erstaunlich nahe: Aus der mit modernen Methoden bestimmten Mond-Parallaxe von 57 Bogenminuten und einem Erdradius von 6371 Kilometern folgt eine mittlere Monddistanz von 384.000 Kilometern, also 60 Erdradien.

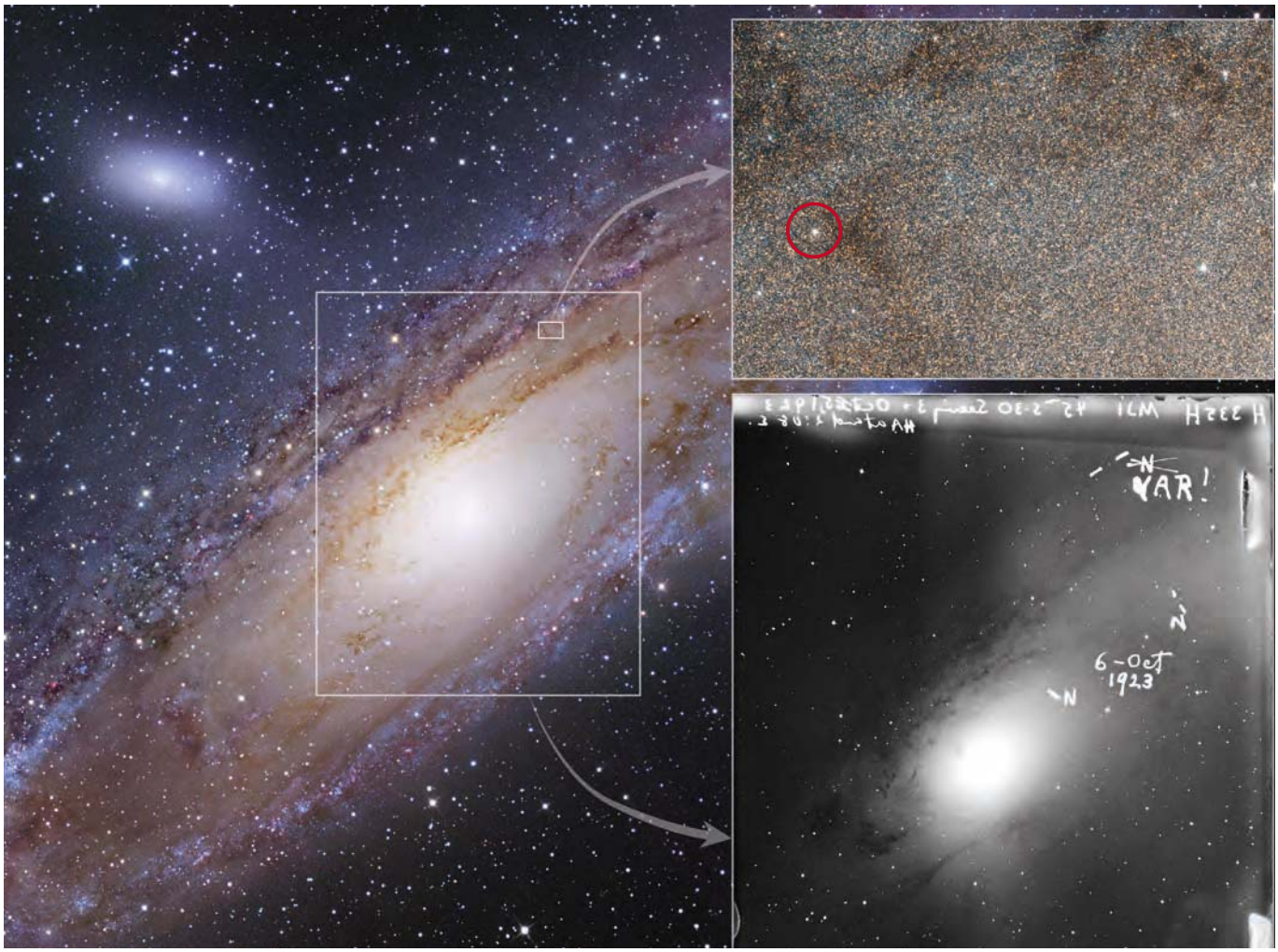
Die Suche nach der Astronomischen Einheit

Ungefähr 1700 Jahre später ließen sich dank des neuen Weltbilds von Kopernikus die relativen Abstände der Planeten untereinander und von der Sonne angeben. Durch die bekannten relativen Abstände musste nunmehr nur eine einzige Entfernung absolut bestimmt werden, um auch alle anderen Abstände zu kennen. Die exakte Vermessung des Sonnensystems war daher in der Zeit nach Kopernikus und Kepler die große Aufgabe der Astronomie. Insbesondere versuchte man durch eine möglichst präzise Bestimmung der Sonnen-Parallaxe die sogenannte Astronomische



Verein Kuffner-Sternwarte, Pretoria Center of the Astronomical Society of South Africa, ESO's VT-2004 Project

▲ Abb. 2: **Dieses Komposit besteht aus zwei Aufnahmen, die beim Venustransit 2004 auf die Minute genau von zwei tausende Kilometer voneinander entfernten Standorten gemacht wurden.** Das rechte Venusbild stammt aus Pretoria (Südafrika), die linke Venus wurde in Wien (Österreich) aufgenommen. Der kleine Winkelversatz (Parallaxe), mit dem die Sonne-Erde-Entfernung berechnet werden kann, ist deutlich erkennbar.



NASA, ESA, Z. Levay (STScI), Hubble Heritage Team (STScI/AURA) / Richard Gendler / Edwin Hubble, Carnegie Observatories

▲ Abb. 3: **Die Andromedagalaxie Messier 31.** In der Gesamtübersicht des Astrofotografen Robert Gendler (links) ist der Bereich markiert, den Edwin Hubble im Jahr 1923 mit dem 100"-Hooker-Teleskop beobachtet hat (rechts unten). Hubble entdeckte zunächst drei Novae in der Galaxie und markiert sie mit einem »N«. Bei einer Nova korrigierte er sich und erkannte den Stern als veränderlichen Cepheiden, strich das »N« durch und notierte »VAR«. Oben rechts ein Blick mit dem Weltraumteleskop Hubble auf den V1 genannten Cepheiden.

Einheit, also die mittlere Entfernung zwischen Sonne und Erde, zu bestimmen.

Im September 1672 sollte der Mars der Erde besonders nahekommen. Man plante daher, die Parallaxe des Roten Planeten bei dieser Gelegenheit von möglichst entfernten Standorten aus zu bestimmen, um dadurch möglichst kleine Winkelunterschiede messen zu können. Das Messergebnis von 1672 war eindeutig: Die gleichzeitige Beobachtung des Mars von Paris und dem 7000 Kilometer entfernten Cayenne in Französisch-Guayana aus ergab einen Winkelunterschied von 25,3 Bogensekunden. Daraus errechnete sich eine Sonnen-Parallaxe von 9,5 Bogensekunden, entsprechend einem Erde-Sonne-Abstand von 21.600 Erdradien, also 138 Millionen Kilometern. Damit kam man schon den heutigen Zahlenwerten von rund 8,8 Bogensekunden, 24.000 Erdradien bzw. 150 Millionen Kilometern recht nahe.

Damit hatte man zum ersten Mal eine Ahnung von der wahren Größe des Sonnensystems. In den folgenden Jahrhunderten wurden die Messungen der Sonnen-Parallaxe bzw. der Astronomischen Einheit immer weiter verfeinert. Dafür wurden beispielsweise noch größere Forschungsexpeditionen um den halben Erdball zu den Venusdurchgängen von 1761 und 1769 unternommen.

Die Entfernung der Sterne

Waren die Größenverhältnisse innerhalb des Sonnensystems nun geklärt, widmete man sich der Frage nach der Entfernung der Sterne. Bereits im antiken Griechenland war zusammen

IM DETAIL

Problematische Entfernungsangabe

In unserer Alltagswelt ist Entfernung ein eindeutiger Begriff. Hier können ohne Problem absolute Abstände gemessen und angegeben werden. In der Astronomie und vor allem der Kosmologie ist das völlig anders, denn hier gibt es kein eindeutiges Entfernungsmaß. Ein Beispiel: Eine bestimmte Galaxie ist zehn Milliarden Lichtjahre entfernt. Solche Sätze liest man häufig in den Medien, besonders wenn es sich um sehr weit entfernte Objekte im jungen Universum handelt. Damit wird dem Leser oft suggeriert, dass dies die momentane Entfernung der Galaxie ist. Die gibt es allerdings nicht, da sich das Universum zwischen Aussenden und Empfangen des Lichts weiter ausgedehnt hat. Das Licht war zwar zehn Milliarden Jahre zu uns unterwegs, daraus folgt allerdings nicht, dass die Galaxie heute auch zehn Milliarden Lichtjahre entfernt ist. Diese Entfernungsangabe wird als Laufzeitentfernung bezeichnet und beschreibt eben nur die Zeit, die das Licht zur Erde gebraucht hat.

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

▶ Tab. 1: **Meilensteine** der astronomischen Entfernungsmessung

Jahr	Ereignis
um 250 v. Chr.	Für die Erde-Mond-Distanz gelangt Aristarch auf den (dreifach zu kleinen) 20-fachen Erdradius
um 150 v. Chr.	Mit Parallaxen-Daten kommt Hipparch dem richtigen Erde-Mond-Abstand sehr nahe
um 1600	Durch Kopernikus' und Keplers Arbeiten können die relativen Planetenabstände untereinander angegeben werden
1672	Durch die Parallaxen-Messung einer Mars-Opposition berechnet Cassini erstmals (näherungsweise) einen absoluten Wert der Erde-Sonne-Entfernung (Astronomische Einheit)
1751, 1752	Mit Parallaxen-Messungen von Deutschland und Südafrika aus kann zum ersten Mal der korrekte Wert (57 Bogenminuten) der Mondentfernung ermittelt werden
1761 und 1769	Durch weltweite Expeditionen für Parallaxen-Messungen an den beiden Venusdurchgängen kann der Wert für die Astronomische Einheit genauer bestimmt werden
1838	Friedrich Wilhelm Bessel bestimmt bei 61 Cyg die erste Fixstern-Parallaxe und berechnet daraus seine wahre Entfernung
1877	Mit der Mars-Opposition wird bis auf Nachkommastellen der heutige Wert der Sonnen-Parallaxe (8,78 Bogensekunden) bzw. der Astronomischen Einheit berechnet
1900	Ein naher Erdvorbeiflug des Asteroiden (433) Eros dient ebenfalls zur Verfeinerung der Astronomischen Einheit
1912	Henrietta Swan Leavitt veröffentlicht ihre 1908 gemachte Entdeckung der Perioden-Leuchtkraft-Beziehung von Cepheiden
1913	Vesto Slipher bestimmt erstmals spektroskopisch die Geschwindigkeit einer Galaxie
1918	Mit Cepheiden als Standardkerzen misst Harlow Shapley die Entfernung zu galaktischen Kugelsternhaufen und erkennt dabei, dass sich das Sonnensystem außerhalb des Milchstraßenzentrums befindet
1923	Edwin Hubble entdeckt einen Cepheiden im Andromedanebel, so dass die Entfernung bestimmt werden kann. Damit wird der Spiralnebel zu einer fernen Galaxie.
1927	Georges Lemaître findet den Zusammenhang zwischen Entfernung und Rotverschiebung und entdeckt damit die Expansion des Universums
1929	Zwei Jahre nach Lemaître veröffentlicht auch Edwin Hubble seine Entdeckung des Zusammenhangs von Entfernung und Rotverschiebung
1934	Durch Beobachtungen bestimmt John Stanley Plaskett, dass wir uns rund 30.000 Lichtjahre vom Milchstraßenzentrum entfernt befinden und die gesamte Galaxis 100.000 Lichtjahre misst
1958	Durch Laufzeitmessungen mittels Radar wird die Mondentfernung auf 384.402±1,2 Kilometer genau bestimmt
1962	Zur präziseren Bestimmung der Astronomischen Einheit werden Radarechos von der Venus empfangen
1963	Über ihre Rotverschiebung entdeckt Maarten Schmidt die damals entferntesten Objekte im Universum; der helle Quasar 3C 273 ist zwei Milliarden Lichtjahre entfernt
1965	Die kosmische Hintergrundstrahlung wird entdeckt: Das Licht stammt aus einer Zeit nur 380.000 Jahre nach dem Urknall und bietet den fernsten Blick in das Universum überhaupt
1985	Die erste Karte der Rotverschiebungs-Durchmusterung CfA Survey zeigt, dass Galaxien nicht gleichförmig verteilt sind, sondern sich in einer Art »kosmischem Netz« mit langen Filamenten und großen Leerräumen anordnen
2011	Die Entdeckung der beschleunigten Expansion des Universums – durch die Verwendung von Typ-Ia-Supernovae als Standardkerzen – wird mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet
2013	Die ESA startet den Astrometrie-Satelliten Gaia, um die Entfernungen (mit der Parallaxen-Methode) von über einer Milliarde Sterne mit noch nie erreichter Genauigkeit zu messen
2016	GN-z11 ist derzeit das entfernteste Objekt, dessen Rotverschiebung (z=11,1) direkt messbar ist, denn sein Licht ging nur 400 Millionen Jahre nach dem Urknall auf die Reise

mit dem heliozentrischen Modell die Idee aufgekommen, dass sich auch bei Sternen eine Parallaxe beobachten lassen sollte. Wenn sich nämlich die Erde um die Sonne dreht, würde auch dadurch der Blick auf einen Stern aus verschiedenen Positionen möglich. Die Nichtbeobachtung einer solchen Fixstern-Parallaxe galt damals als Indiz dafür, dass sich die Erde doch nicht um die Sonne drehen konnte.

Es sollte schließlich 2000 Jahre dauern, bis dem Astronomen Friedrich Wilhelm Bessel ein hochpräzises Messinstrument – ein Heliometer genannter Teleskoptyp – zur Verfügung stand, das in der Lage war, den im Altertum nicht erkennbaren winzigen Parallaxen-Winkel eines fernes Sterns zu messen und somit seine wahre Entfernung zu berechnen. Der von Bessel beobachtete Doppelstern 61 Cyg war damals als schnellster Stern bekannt, so dass er der Erde besonders nahe sein musste. 1812 schrieb Bessel: »Auch glaube ich, dass die jährliche Parallaxe dieses Sternenpaars sich unseren Beobachtungen nicht entziehen wird.« Im Oktober 1838 konnte er seine Messkampagne nach 14 Monaten erfolgreich abschließen.

Aus den ganzen Zahlenkolonnen kam der Astronom zu dem Ergebnis: Ein halber Umlauf der Erde um die Sonne verschiebt die Sternposition unter einem winzigen Winkel von 0,314 Bogensekunden – der moderne Parallaxen-Wert beträgt 0,287 Bogensekunden. Aus diesem Winkel konnte Bessel schließlich ableiten: 61 Cyg ist 10,3 Lichtjahre entfernt. Die aktuelle Astrometrie-Mission Gaia ist gerade dabei die Parallaxen-Methode zu revolutionieren und wird bei ihrer mehrjährigen Durchmusterung Winkel im Bereich von Millibogensekunden mit noch nie erreichter Genauigkeit messen.

Begehrte Standardkerzen

Um die Dimensionen unserer Heimatgalaxie oder noch größere Entfernungen weit jenseits der Milchstraße zu bestimmen, halfen Parallaxen-Messungen aber nicht weiter. Dafür verwenden Astronomen seit 100 Jahren sogenannte »Standardkerzen«. Damit werden Objekte bezeichnet, deren absolute Helligkeit man sehr genau zu kennen glaubt. Zusammen mit ihrer auf der Erde bestimmten scheinbaren Helligkeit lässt sich dann die Entfernung zum Objekt berechnen.

Den Grundstein dafür legte die Astronomin Henrietta Swan Leavitt. Sie veröffentlichte 1912 einen entscheidenden Befund: Die Periode eines bestimmten Typs

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

▲ Abb. 4: **Eine Supernova (unten links)** in der rund 55 Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie NGC 4526 im Sternbild Jungfrau.

veränderlicher Sterne, nämlich der sogenannten Cepheiden, ist eng mit ihrer absoluten Helligkeit (bzw. der Leuchtkraft) verknüpft. Dieser Zusammenhang ist als Perioden-Leuchtkraft-Beziehung bekannt. Aus der gemessenen Lichtkurve eines solchen Sterns lässt sich somit auf die absolute Helligkeit und damit auf die Entfernung schließen.

Diese Erkenntnis ermöglichte es beispielsweise Harlow Shapley, auf die riesige Ausdehnung unserer Galaxis zu schließen. Und Edwin Hubble entschied mithilfe von Cepheiden eine langjährige Debatte: Der Andromedanebel ist nicht etwa ein spiralförmiger Nebel in unserer Milchstraße, sondern eine eigenständige Galaxie, genau wie die anderen Spiralnebel auch. Mit besonders leuchtkräftigen Cepheiden können heute Entfernungen bis zu 100 Millionen Lichtjahre gemessen werden.

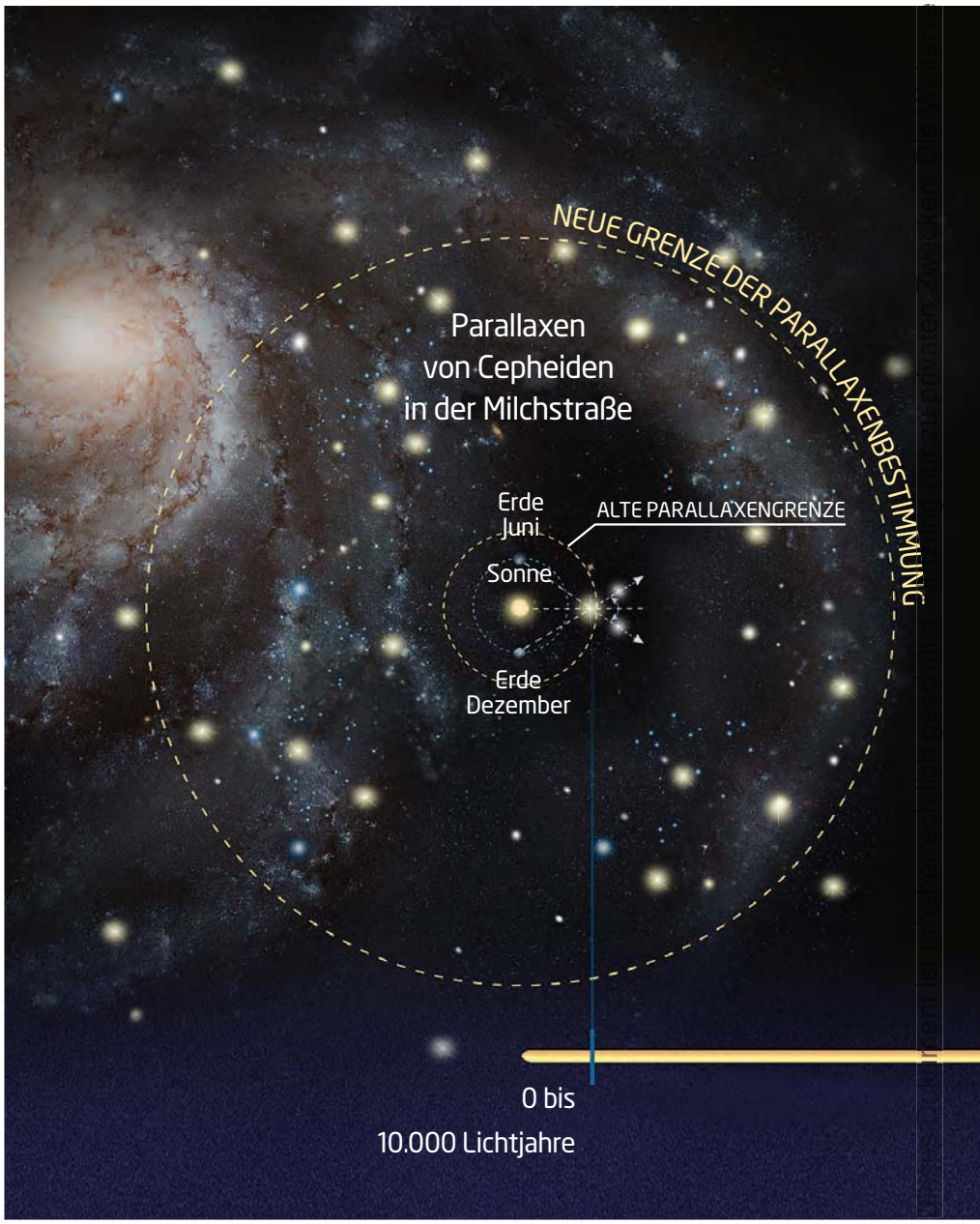
Preiswürdige Supernovae

Bei noch größeren Entfernungen hilft eine weitere Standardkerze: Supernovae vom Typ Ia. Da die kritische Grenze, die zur Zündung einer solchen Supernova führt, stets dieselbe sein sollte, sind diese gewaltigen Sternexplosionen immer in etwa gleich hell. Dank ihrer enormen Leuchtkräfte sind sie auch über viele Milliarden Lichtjahre hinweg sichtbar. Das Licht der derzeit entferntesten Typ-Ia-Supernova, UDS10Wil genannt, war rund zehn Milliarden Jahre lang unterwegs, bis es 2013 auf die CCD-Chips des Hubble-Weltraumteleskops fiel.

Den Supernovae vom Typ Ia ist auch die 1998 präsentierte Entdeckung zu verdanken, dass sich das Universum beschleunigt ausdehnt. Der treibenden Kraft dahinter gab man den Namen Dunkle Energie, wobei die Enträtselung ihrer Natur nach wie vor aussteht. 2011 wurden die drei Leiter der beiden Teams, die die beschleunigte Expansion unabhängig voneinander nachgewiesen hatten, für ihre Entdeckung mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet.

Rotverschiebung als Entfernungsmaß

Die sogenannte »Rotverschiebung« ist die oberste Stufe der Entfernungsleiter. Sie basiert auf einem einfachen Prinzip: Bewegt sich eine Lichtquelle auf uns zu, sind die Linien in ihrem Spektrum zum blauen Ende hin verschoben, entfernt sie sich von uns, erscheinen die Spektrallinien rotverschoben. Die Rotverschiebung ist also eigentlich ein Maß für die Geschwindigkeit des Objekts. Ab 1912, dem Jahr von Leavitts Periode-Leuchtkraft-Beziehung, beobachtete der Astronom Vesto Slipher in vielen Galaxien-Spektren rotverschobene Linien. Lange wurde über jene eigenartige Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien gerätselt, bis 1927 der belgische Priester Georges Lemaître, Astronom an der Katholischen Universität Löwen, eine bahnbrechende Schlussfolgerung veröffentlichte: Je entfernter eine Galaxie ist, desto größer ist ihre Fluchtgeschwindigkeit bzw. Rotverschiebung. Seitdem wird die Verschiebung von Spektrallinien (und von anderen spektralen Merkmalen) als Entfernungsmaß eingesetzt, und es gilt: Je tiefer man ins Universum schaut, desto größer ist die Rotverschiebung. Lemaître hatte damals



Jede Verbreitung ist untersagt.

die Expansion des Universums entdeckt, wobei nicht die Galaxien selbst voneinander weichen, sondern der Raum zwischen ihnen immer größer wird. Deshalb muss das ausgesandte Licht einer Milliarden Lichtjahre entfernten Galaxie eine größere Strecke zurücklegen als ohne die zu überbrückende Expansion des Kosmos. Die Raumexpansion zwischen Quelle und Empfänger ist die Ursache der kosmologischen Rotverschiebung.

Der Weltraum, unendliche Weiten

»Die Geschichte der Astronomie ist eine Geschichte der sich weitenden Horizonte.« Dieser 1936 vom Astronomen Edwin Hubble formulierte Satz macht deutlich, wie sehr die astronomische Entfernungsmessung unseren Blick auf das Universum und zugleich auch auf uns als Menschheit immer wieder verändert hat. Lange Zeit sah man Erde und Mensch im Zentrum von allem. Dieses scheinbar so gesicherte Weltbild begann vor ungefähr 500 Jahren zu wanken, als klar wurde, dass die Erde nicht im Zentrum des Sonnensystems stehen kann, sondern als dritter Planet um die Sonne kreisen muss. Dann erkannte man, dass die Sonne nur einer von vielen Sternen der Milchstraße ist und die Milchstraße nur eine von vielen Galaxien.

Somit veränderte die Vermessung des Universums nachhaltig auch unseren eigenen Horizont. Je tiefer der Mensch mit seinen Teleskopen in den Kosmos schaut, desto winziger bzw. unwichtiger kommt er sich vor. Und umso mehr staunt er über dieses größte Naturwunder überhaupt und seine Dimensionen. Schnell fühlt man sich dann an die Worte im Vorspann der vor 50 Jahren erstmals ausgestrahlten Fernsehserie »Star Trek« erinnert: »Der Weltraum, unendliche Weiten.«

▶ Nico Schmidt

Literatur

[1] Albert van Helden: Measuring the Universe, The University of Chicago Press, Chicago (2010)

[2] Andrea Wulf: Die Jagd auf die Venus, C. Bertelsmann, München (2012)

[3] Nico Schmidt: Die Entfernung der Sterne, Abenteuer Astronomie 4, 50 (2016)

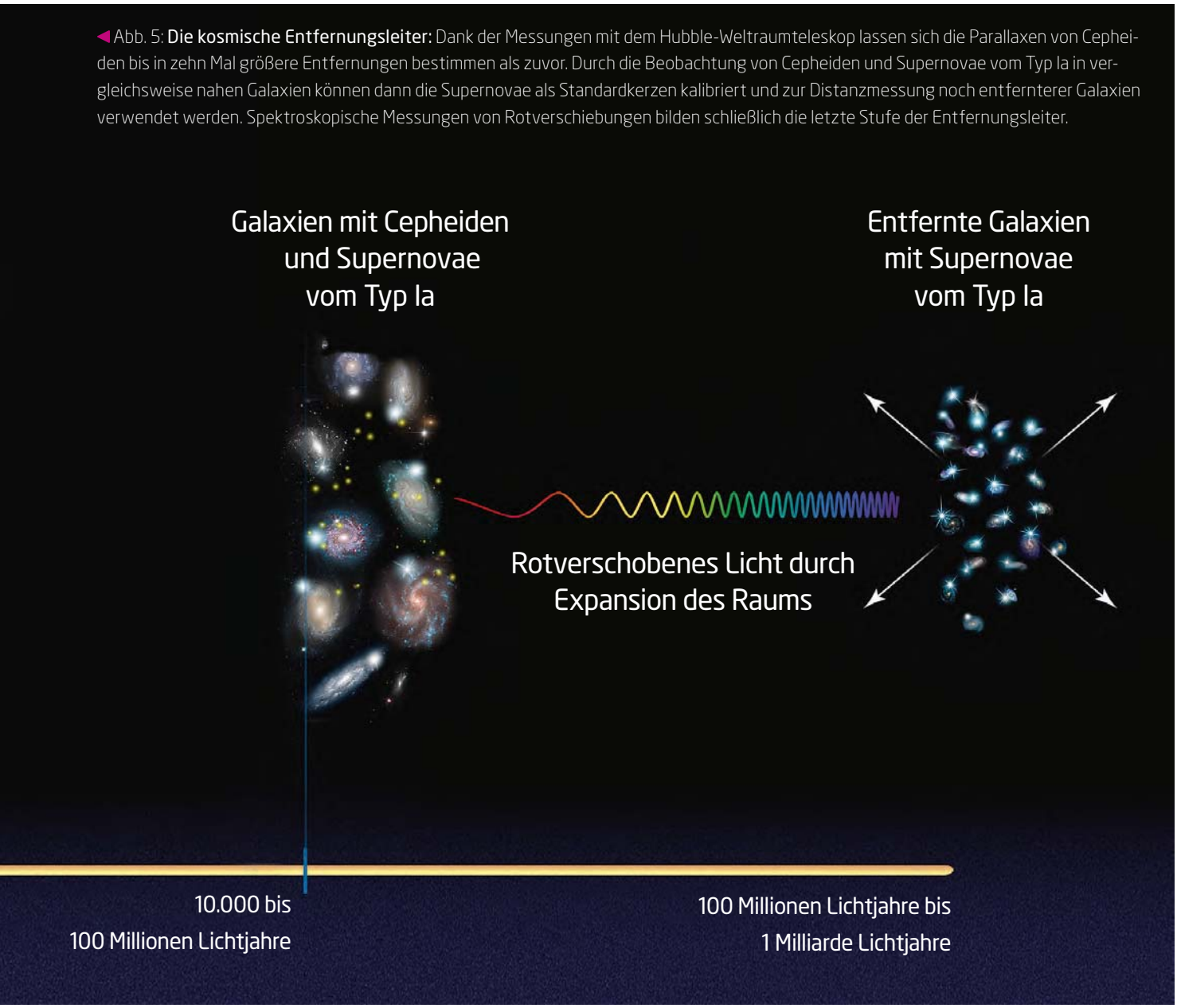
[4] George Johnson: Miss Leavitt's Stars, W. W. Norton, New York (2005)

[5] Nico Schmidt: Astronomie vor 100 Jahren, interstellarum 100, 16 (2016)

| DER AUTOR |

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

◀ Abb. 5: **Die kosmische Entfernungsleiter:** Dank der Messungen mit dem Hubble-Weltraumteleskop lassen sich die Parallaxen von Cepheiden bis in zehn Mal größere Entfernungen bestimmen als zuvor. Durch die Beobachtung von Cepheiden und Supernovae vom Typ Ia in vergleichsweise nahen Galaxien können dann die Supernovae als Standardkerzen kalibriert und zur Distanzmessung noch entfernterer Galaxien verwendet werden. Spektroskopische Messungen von Rotverschiebungen bilden schließlich die letzte Stufe der Entfernungsleiter.



NASA, ESA, A. Feild (STScI) und A. Riess (STScI/JHU)

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

Wissen

BIS ZUM RAND DER GALAXIE

Mit Lichtgeschwindigkeit durch die Milchstraße

Ein Blick an den nächtlichen Himmel ist auch immer ein Blick in die Vergangenheit: Da sich das Licht nur mit einer endlichen Geschwindigkeit ausbreitet, sehen wir praktisch von jedem Objekt im All nur ein historisches Bild. Das macht sich bereits innerhalb unseres Sonnensystems bemerkbar, noch deutlicher wird es in unserer Milchstraße. Eine kleine Reise durch unsere Heimatgalaxie.

Bis zu einer Lichtminute

Das Licht legt im Vakuum in einer Sekunde die Strecke von 299.792,458 Kilometern zurück. Ein von unserem Mond reflektierter Lichtstrahl benötigt damit zwischen 1,2 und 1,3 Sekunden, um die Erde zu erreichen. Immer wieder nähern sich Asteroiden der Erde auf einige Lichtsekunden an: So gilt unter Astronomen ein Objekt als »potentiell gefährlich«, wenn es auf seiner Bahn dem Erdorbit bis auf mindestens 7,5 Millionen Kilometer nahekommt – das sind 25 Lichtsekunden. Manche Asteroiden passieren die Erde sogar in einem Abstand, der kleiner ist als der Mondabstand. Eine Lichtminute entspricht etwa 18 Milliarden Kilometern, eine Strecke, die man zurücklegen würde, wenn man 450.000 Mal die Erde umkreist.

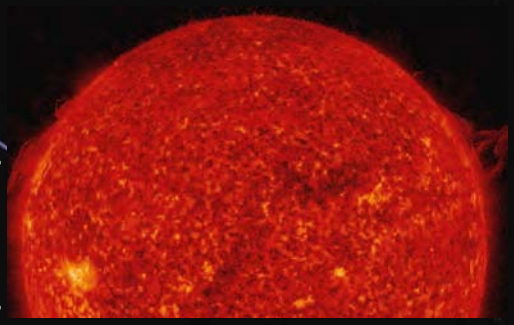
NASA/NOAA

▲ Abb. 1: **Der Mond ist etwas mehr als eine Lichtsekunde von der Erde entfernt.** Blick auf die erdabgewandte Seite des Mondes und die Erde durch das Deep Space Climate Observatory aus einer Entfernung von rund 1,6 Millionen Kilometern.

NASA/JPL-Caltech

▲ Abb. 2: **Erdnahe Asteroiden nähern sich der Erde** immer wieder bis auf wenige Lichtsekunden an.

Bis zu einer Lichtstunde



NASA/GSFC/Solar Dynamics Observatory

▲ Abb. 3: **Das Licht unserer Sonne** erreicht uns schon mit mehr als acht Minuten Verzögerung.

Das Licht der Sonne benötigt für die Strecke zur Erde rund acht Minuten und 20 Sekunden. Etwa 150 Millionen Kilometer legt es in dieser Zeit zurück – eine Distanz, die Astronomen als Astronomische Einheit bezeichnen. Im Lichtminuten-Bereich liegen auch unsere Nachbarplaneten im Sonnensystem: Unter optimalen Bedingungen ist etwa die Venus nur etwas mehr als zwei Lichtminuten von der Erde entfernt, im ungünstigsten Fall sind es 14,5 Lichtminuten. Bei Mars sind es zwischen etwas mehr als drei und über 22 Lichtminuten.

Jenseits des Asteroidengürtels kreist der größte Planet des Sonnensystems um unseren Zentralstern Jupiter. Wenn er am weitesten von der Erde entfernt ist, benötigt sein Licht mehr als 53 Minuten, um uns zu erreichen, im günstigsten Fall ist es etwas mehr als eine halbe Stunde.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

▶ Abb. 4: **Der größte Planet des Sonnensystems:** Sein Licht benötigt unter eine Stunde, um die Erde zu erreichen.

NASA/NOAA/GSFC/Suomi NPP/VIIRS/Norman Kuring

Bis zu einem Lichttag

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

▲ Abb. 5: Immer mehr als eine Lichtstunde von uns entfernt: der Ringplanet Saturn.

Der Ringplanet Saturn ist zu jedem Zeitpunkt mehr als eine Lichtstunde von der Erde entfernt, im Schnitt sind es eine Stunde und 20 Minuten. Von Uranus zur Erde benötigt das Licht dann schon zwei Stunden und 40 Minuten. Die Bilder von Neptun, dem äußersten Planeten im Sonnensystem, erreichen uns mit einer Verzögerung von vier Stunden und zehn Minuten. Er ist rund 4,5 Milliarden Kilometer von uns entfernt. Vom Zwergplaneten Pluto schließlich benötigt das Licht noch länger: Als die NASA-Sonde New Horizons im Sommer 2015 an Pluto vorüberflog, musste das Team vier Stunden und 25 Minuten auf eine Nachricht ihrer Sonde warten.

NASA/JPL-Caltech

▲ Abb. 6: **Ein Signal der Sonde Voyager 1** zur Erde benötigt inzwischen mehr als 19 Stunden.

Kein von Menschen gebautes Objekt hat es bislang weiter ins All geschafft als die beiden Voyager-Sonden – und doch sind beide noch deutlich unter einem Lichttag von uns entfernt: Etwas über 19 Stunden benötigt ein Signal von Voyager 1 derzeit, um die Erde zu erreichen.

Sedna, ein im Jahr 2003 entdecktes Objekt im äußeren Sonnensystem, umkreist die Sonne auf einer äußerst elliptischen Bahn. Im Aphel, also dem sonnenfernsten Punkt des Orbits, benötigt das Sonnenlicht etwa fünf Tage und 8 Stunden, um Sedna zu erreichen; befindet sich Sedna am sonnennächsten Punkt der Bahn, sind es nur rund zehneinhalb Stunden.

Bis zu einem Lichtjahr

Doch Sedna ist bei Weitem noch nicht das äußerste Objekt, das um die Sonne kreist: Anfang 2016 stellten Astronomen eine Theorie vor, nach der es einen weiteren Planeten – »Planet Neun« – in den äußersten Regionen des Sonnensystems gibt, der mehrere Lichttage von uns entfernt sein könnte. Die äußere Grenze der Oortschen Wolke schließlich, einem vermuteten Reservoir mit Kometenkernen, könnte mehr als ein Lichtjahr von der Sonne entfernt sein. Ein Lichtjahr sind rund 9,5 Billionen Kilometer, was über 63.000-mal der Entfernung der Erde von der Sonne entspricht. Voyager 1 wird bei ihrer jetzigen Geschwindigkeit die Ein-Lichtjahr-Grenze übrigens erst in mehr als 17.000 Jahren erreichen.

Caltech/R. Hurt (IPAC

▲ Abb. 7: **Planet Neun könnte in einem Abstand von mehreren Lichttagen um die Sonne kreisen.** Bislang entdeckt wurde der Planet allerdings noch nicht.

IM DETAIL

Parsec und Lichtjahr

Um die für Menschen eigentlich unvorstellbar großen Entfernungen in der Milchstraße und darüber hinaus irgendwie fassbar zu machen, hat sich in der populärwissenschaftlichen Literatur das Lichtjahr als Entfernungsangabe durchgesetzt. Es bezeichnet die Strecke, die das Licht im Vakuum innerhalb eines Jahres, also in 365,25 Tagen, zurücklegt. Es sind genau 9.460.730.472.580,8 Kilometer. In der professionellen Astronomie findet man das Lichtjahr hingegen kaum: Hier wird in der Regel das Parsec genutzt, die Parallaxensekunde, abgekürzt pc. Es geht auf die Entfernungsmessung durch die Sternparallaxe zurück und bezeichnet die Entfernung, aus der der mittlere Abstand zwischen Sonne und Erde, also eine Astronomische Einheit, unter einem Winkel von einer Bogensekunde erscheint. Ein Parsec entspricht rund 3,26 Lichtjahren. Oft werden Entfernungsangaben auch in Kiloparsec (kpc), also in tausend Parsec, oder Megaparsec (Mpc), für eine Millionen Parsec, gemacht.

Bis zu 10 Lichtjahren

ESO/Digitized Sky Survey 2/Davide DeMartin

▲ Abb. 8: **Ein Blick auf den Stern Alpha Centauri** und seine Umgebung. Der Stern ist rund 4,3 Lichtjahre von der Erde entfernt.

Der nächste stellare Nachbar der Sonne ist das System Alpha Centauri: Es ist 4,34 Lichtjahre von uns entfernt. Der rote Zwergstern Proxima Centauri, der sehr wahrscheinlich auch zum Alpha-Centauri-System gehört, ist uns noch etwas näher: 4,24 Lichtjahre. Um diesen Stern wurde im August 2016 mit Proxima Centauri b der bislang erdnächste Exoplanet aufgespürt.

Innerhalb von zehn Lichtjahren um die Erde sind gegenwärtig gerade einmal 14 Sterne bekannt plus unsere Sonne. Darunter befinden sich auch so bekannte Systeme wie Sirius, der hellste Stern am irdischen Nachthimmel. Sirius ist 8,6 Lichtjahre entfernt.

NASA/JPL-Caltech

▲ Abb. 9: **Rund 4,2 Lichtjahre von der Erde entfernt:** Der Planet um den Stern Proxima Centauri. Ob es auf seiner Oberfläche allerdings tatsächlich so aussieht wie auf dieser künstlerischen Darstellung, weiß niemand.

Bis zu 1000 Lichtjahren

Der sonnenähnliche Stern Epsilon Eridani, um den mindestens ein Planet kreisen dürfte, liegt schon etwas mehr als zehn Lichtjahre von uns entfernt. In einem Umkreis von 100 Lichtjahren befinden sich zudem zahlreiche weitere Sterne, um die Gesteinsplaneten kreisen könnten – manche davon sogar in einem Bereich um den Zentralstern, in dem es warm genug für die Existenz von flüssigem Wasser wäre. Dazu zählt etwa τ Ceti in etwa zwölf Lichtjahren oder Gliese 581 in rund 20 Lichtjahren Entfernung.

In einer Entfernung von etwa 640 Lichtjahren befindet sich ein Stern, den wirklich jeder schon einmal gesehen hat: Beteigeuze oder α Orionis, der Schulterstern des Himmelsjägers Orion. Der rote Überriese schafft es immer wieder in die Schlagzeilen – nicht etwa, weil er mit seinem mehr als 600-fachen Sonnendurchmesser beeindruckt, sondern weil er zu den Sternen gezählt wird, die in astronomisch kurzer Zeit als Supernova explodieren werden. Von der Explosion selbst dürfte für die Erde keine direkte Gefahr ausgehen, gleichwohl wäre die Supernova spektakulär und könnte an unserem Himmel eine Helligkeit von bis zu -10^{m} erreichen.

ESO/L. Calçada

▲ Abb. 10: **Künstlerische Darstellung** des Sterns Beteigeuze.

Bis zu 100.000 Lichtjahren

ESO/S. Gillessen et al.

▲ Abb. 11: **Blick ins Zentrum der Milchstraße im nahen Infrarot. Inzwischen ist es Astronomen gelungen,** die Bahnen von Sternen zu verfolgen, die in unmittelbarer Nähe um das supermassereiche Schwarze Loch kreisen und ihm näherkommen als ein Lichttag.

Noch immer befinden wir uns in relativer Nähe von Erde und Sonne. Etwa 1350 Lichtjahre entfernt liegt eines der wohl bekanntesten Sternentstehungsgebiete in unserer Nachbarschaft: der Orionnebel. In 3000 Lichtjahren Entfernung befindet sich im Sternbild Einhorn das Objekt A0620-00: Es handelt sich dabei vermutlich um eines der uns am nächsten gelegenen Schwarzen Löcher mit einer Masse von rund elf Sonnenmassen.

Das Zentrum unserer Milchstraße ist etwa 26.000 Lichtjahre von der Erde entfernt und liegt in Richtung des Sternbilds Schütze. Es ist identisch mit der Radioquelle Sagittarius A*. Wissenschaftler vermuten hier ein supermassereiches Schwarzes Loch mit etwa der 4,3-millionenfachen Masse der Sonne. Mit modernen Teleskopen können Astronomen inzwischen sogar Sterne verfolgen, die auf ihrer Umlaufbahn dem Schwarzen Loch näher kommen als ein Lichttag.

Jenseits der Milchstraße

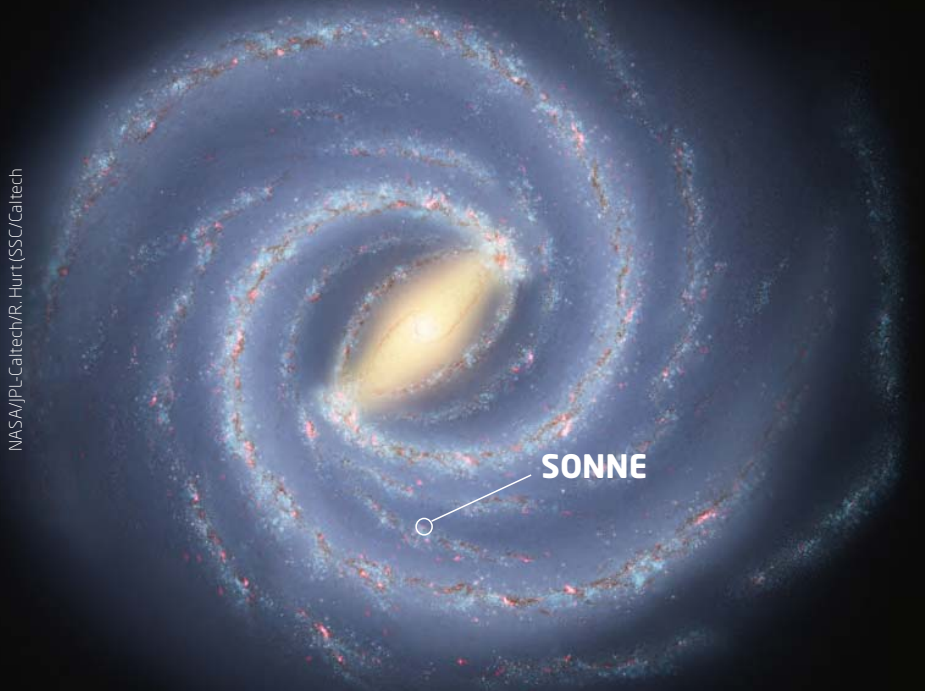
Der Durchmesser unserer Milchstraße dürfte rund 100.000 bis 120.000 Lichtjahre betragen. Die Große Magellansche Wolke, eine Satellitengalaxie der Milchstraße, befindet sich 165.000 Lichtjahre von uns entfernt. Sie ist damit allerdings nicht das uns am nächsten gelegene galaktische System: Die erst 1994 entdeckte Sagittarius-Zwerggalaxie ist nur etwa 70.000 Lichtjahre entfernt. Sie hat einen Durchmesser von etwa 10.000 Lichtjahren und vermutlich auch eigene Kugelsternhaufen – der bekannteste ist Messier 54. Noch näher könnte uns sogar die Canis-Major-Zwerggalaxie sein, die das Milchstraßenzentrum in einem Abstand von 42.000 Lichtjahren umrundet, vom Sonnensystem aber nur etwa 25.000 Lichtjahre entfernt ist. Ihre Existenz ist unter Astronomen allerdings umstritten.

Die nächstgelegene große Galaxie ist die Andromedagalaxie in 2,5 Millionen Lichtjahren, der nächste Galaxienhaufen ist der Virgo-Galaxienhaufen in rund 59 Millionen Lichtjahren Entfernung.

▶ Stefan Deiters

ESA/Hubble & NASA

▲ Abb. 12: Der Kugelsternhaufen Messier 54 – ein Sternhaufen aus einer anderen Galaxie.



NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC/Caltech

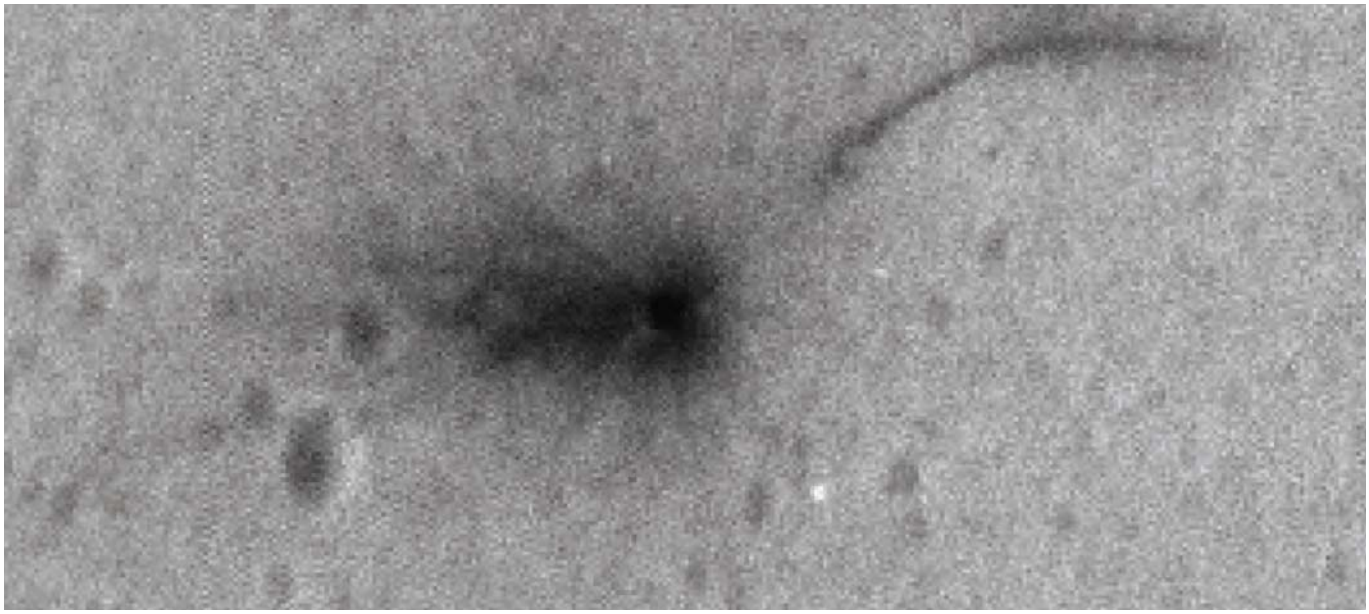
◀ Abb. 13: So stellen sich Astronomen unsere Milchstraße vor. Das Sonnensystem ist etwa 26.000 Lichtjahre vom galaktischen Zentrum entfernt. Die Galaxie hat einen Durchmesser von ungefähr 100.000 Lichtjahren.

| **DER AUTOR** |
Stefan Deiters ist Chefredakteur von Abenteuer Astronomie

EXOMARS: ABSTURZ MIT »HAPPY END«

ESA und Roscosmos gelang im Herbst der Einschuss einer Sonde in einen Marsorbit, die geplante Landung endete jedoch mit einem Crash. Weiteres Geld für die Marserkundung bekommt die ESA trotzdem.

NASA/JPL-Caltech/University of Arizona



▲ Abb. 1: **Die Absturzstelle des ESA-Landedemonstrators Schiaparelli in einem Bild der Kamera HiRISE auf dem Mars Reconnaissance Orbiter sechs Tage später:** Alle Details der dunklen Spuren – wo Staub von dunklerem Grundgestein gefegt wurde – sind noch nicht verstanden, es deutet aber einiges auf eine Explosion des Resttreibstoffs hin.

Es waren turbulente Wochen für das ExoMars-Projekt im Herbst 2016: Erst gelang am 19. Oktober problemlos der Einschuss des Trace Gas Orbiter in einen ersten Marsorbit, dann stellte sich heraus, dass der Lande-Demonstrator Schiaparelli gleichzeitig mit hoher Geschwindigkeit auf den Planeten aufgeschlagen war. Am 2. Dezember schließlich brachten die Raumfahrt-Minister der ESA-Staaten trotz dieses Rückschlags jene fehlenden 436 Millionen Euro auf, die nötig waren, um auch die zweite Phase der Mission, den ExoMars-Rover, realisieren zu können.

ESA/Roscosmos/ExoMars/CaSSIS/UniBE

▲ Abb. 2: Ausschnitt aus einer Testaufnahme mit der TGO-Kamera CaSSIS mit einer Auflösung von 7,4 Metern pro Pixel – der kleine Krater hat einen Durchmesser von 1,4km.

Kritische Manöver

Bis dahin werden nun alle Augen auf den Trace Gas Orbiter gerichtet sein, dem das ganze Jahr 2017 hindurch einige kritische Manöver bevorstehen: Ab März wird durch vorsichtiges Eintauchen in die obere Marsatmosphäre allmählich Bahnenergie abgebaut, so dass die anfängliche ausladende 4-Tages-Ellipsenbahn zu einer Kreisbahn in 400km Höhe schrumpft. Erst Anfang 2018 können dann die systematischen Beobachtungen der Marsatmosphäre und -oberfläche beginnen. Die kurzen Testbeobachtungen Ende November hatten schon einmal Lust auf mehr gemacht: Insbesondere die Kamera CASSIS überzeugte mit unerwartet hohem Bildkontrast.

Gleichwohl wirft die Bruchlandung Schiaparellis vielen Fragen in Bezug auf die für 2021 geplante Landung des ExoMars-Rovers auf. Der Eintritt in die Marsatmosphäre, die Abbremsung durch den Hitzeschild und dessen Abwurf nebst Entfaltung des Fallschirms waren am 19. Oktober nach Plan verlaufen, doch dann kam es offenbar – dieses Detail erwähnten Projektmitarbeiter in vielen Interviews, aber »offiziell« ist es noch nicht – zu unerwartet heftigen Bewegungen der Landekapsel am Schirm. Die Sensoren für Drehbewegungen kamen dabei nicht mehr mit und der zentrale Navigationsrechner zog daraus und aus den Daten des Radarhöhenmessers den fatal falschen Schluss, die Landung sei längst erfolgt. In mehreren Kilometern Höhe wurden der Fallschirm abgeworfen und das Landetriebwerk aktiviert und gleich wieder abgeschaltet. Anschließend wurden Operationen gestartet, die erst nach der Landung erfolgen sollten.

Offene Fragen

Eine einleuchtende Erklärung für die einzelnen Schritte der fatalen Kette – die in Rechnersimulationen nachvollzogen werden konnte – gab es zunächst nicht. Aus Italien allerdings, das federführend für den Bau Schiaparellis war, kam Kritik, dass zuvor entscheidende Tests der Komponenten des Landesystems aus Kostengründen unterblieben waren. Ein zunächst noch für 2016 angekündigter Untersuchungsbericht soll nunmehr erst Anfang 2017 vorliegen. Dass die Minister die noch fehlenden Mittel für den Rover zugesagt haben, könnte aber ein Hinweis darauf sein, dass es intern schon klare Erkenntnisse über die Fehlerquelle gibt.

▶ Daniel Fischer

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

JUNO: UMPLANEN IM JUPITERORBIT

Die NASA-Sonde Juno sollte sich schon längst auf einer anderen Umlaufbahn um den größten Planeten des Sonnensystems befinden, doch Probleme mit dem Haupttriebwerk haben das bislang verhindert.

Wäre alles nach Plan verlaufen, hätte sich die NASA-Sonde Juno inzwischen auf einer elliptischen Umlaufbahn um Jupiter befinden müssen, die sie alle 14 Tage dem Planeten nahe bringt – doch daraus ist nichts geworden: Weil es Zweifel an der Zuverlässigkeit von kritischen Ventilen des Haupttriebwerks gibt, bleibt Juno einstweilen auf dem viel elliptischeren ursprünglichen Orbit mit einer Periode von 53,4 Tagen – und dies mindestens bis in den Sommer, vielleicht sogar für immer. Wobei »immer« natürlich relativ ist: Zum einen setzt die Strahlenbelastung in Jupiternähe Junos Elektronik empfindlich zu, zum anderen sind die finanziellen Mittel für den Betrieb des Orbiters für häufige Planeten-Annäherungen und ein baldiges Ende der Mission Anfang 2018 kalkuliert.

Länger auf falschem Orbit?

Im Prinzip könnte auch auf dem »falschen« Orbit der komplette gewünschte wissenschaftliche Ertrag geerntet werden – allerdings über einen viel längeren Zeitraum, den Juno erst einmal durchhalten muss. Seltenere Jupiternähen bedeuten zwar auch über einen größeren Zeitraum verteilte Strahlung, aber 2019 verschlechtern sich aus himmelsmechanischen Gründen die Lichtverhältnisse, und die Stromversorgung – Juno verwendet keine Nuklearbatterien, sondern große Solarzellen – wird kritisch, sobald Juno mehrere Stunden in den Schatten Jupiters eintaucht. Völlig umplanen müssen schon einmal alle Astronomen am Erdboden, Profis wie Amateure, die Junos Jupiterbesuche mit eigenen Messungen unterstützen wollen und gemäß dem ursprünglichen Missionsplan Teleskopzeit besorgt hatten.

Bis Redaktionsschluss hatte Juno überhaupt nur eine Jupiternähe für wissenschaftliche Beobachtungen wie Aufnahmen mit der »Volkskamera« JunoCam ausnutzen können: Beim Einschuss in den Jupiterorbit Anfang Juli 2016 waren alle Instrumente noch ausgeschaltet, und nur bei der ersten Jupiternähe danach konnten sie Ende August zeigen, was in ihnen steckt. Alles funktionierte, und es gab sogar erste kleine Entdeckungen zum Innenleben des Gasriesen.

Plötzlicher Safe-Mode

Einen weiteren 53-Tages-Orbit später fielen indes nicht nur die eigentlich vorgesehene Verkleinerung der Ellipse, sondern auch die stattdessen geplanten weiteren wissenschaftlichen Beobachtungen aus: Juno war 13 Stunden vor der größten Annäherung an Jupiter Mitte Oktober überraschend in einen sogenannten Safe-Mode geraten, aus dem der Orbiter erst eine Woche später wieder befreit werden konnte.

Damit wandte sich das Interesse abermals dem gestörten Haupttriebwerk zu. Die NASA will sich viel Zeit mit der Analyse lassen und einstweilen alle Jupiter-Passagen für die Wissenschaft nutzen. Mindestens 20 davon wären bis 2019 auch auf der falschen Bahn möglich, bevor das Schattenproblem beginnt. Bis dahin könnte entweder das Triebwerksproblem doch noch gelöst oder ein Weg gefunden worden sein, die Stromversorgung darüber hinaus zu garantieren. Ein Erfolg ist Juno schon jetzt: Auf die JunoCam-Bilder vom August haben sich zahlreiche Amateurastronomen gestürzt und wesentlich mehr an feinen Wolkenstrukturen heraus gekitzelt, als es die NASA selbst gewagt hatte. ▶ Daniel Fischer

NASA/SwRI/MSSS/Roman Tkachenko

▲ Abb. 1: **Der Südpol Jupiters mit ungewohnten Wolkenwirbeln, die weder Beobachter auf der Erde noch die meisten Raumsonden bisher so deutlich sehen konnten** – aufgenommen von der JunoCam beim nahen Vorbeiflug und weiterverarbeitet von Roman Tkachenko, der sich der Rohbilder mit der Hand annahm.

SURFTIPPS

- Juno
- JunoCam
- Amateur-Bildverarbeitung der JunoCam-Bilder

Kurzlink: oclm.de/a7025

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

Wissen

Ist das Universum UNENDLICH?

NASA; ESA; G. Illingworth et al. and the HUDF09 Team; 2012

Der Weltraum, unendliche Weiten,... – doch ist der Kosmos wirklich unendlich groß? Albert Einstein soll ja gesagt haben, dass zwei Dinge unendlich sind: das Universum und die menschliche Dummheit. Beim Universum sei er sich aber nicht sicher. Zu Recht?

▲Abb. 1: **Diese Tiefenfeldbeobachtung zeigt eine extrem langbelichtete Aufnahme,** die mit dem Weltraumteleskop Hubble 2012 aufgenommen wurde.

Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie beschreibt das Universum als Ganzes sehr gut. Gewöhnliche und Dunkle Materie, Strahlung sowie Dunkle Energie verformen das gesamte kosmische Raum-Zeit-Kontinuum. Unser Kosmos ist ein Spielball dieser Energieformen, die zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich stark waren, weil sie sich mit der Ausdehnung des Universums unterschiedlich »ausdünnen«. Nach dem Urknall dominierten zunächst Strahlung, normale Materie und Dunkle Materie. In so einem gravitationsdominierten Kosmos bildeten sich durch die Gravitation Strukturen: erste Sterne, Galaxien, Galaxienhaufen, Superhaufen. Später, 13,8 Milliarden Jahre nach dem Urknall – unser hier und heute – hat die mysteriöse Dunkle Energie das Ruder übernommen. Ihre sehr exotische Eigenschaft einen negativen Druck zu haben, schlägt sich in einer kosmischen Antigravitation nieder, die unser Universum aufbläst wie einen Ballon. Ein Ballon hat allerdings ein endliches Volumen und eine endliche Oberfläche. Ist das beim Universum also auch so?

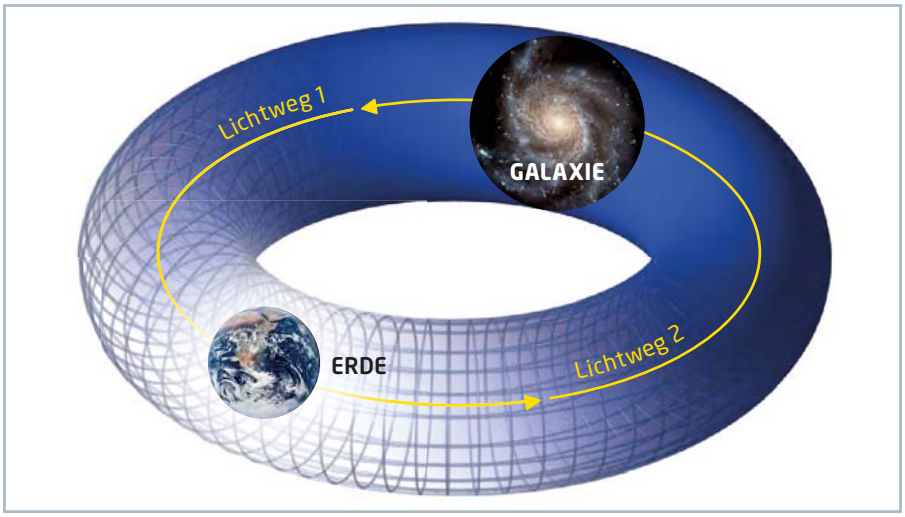
Flach oder nicht?

Zunächst sieht das nicht so aus. Ein Ballon ist kugelförmig. Tatsächlich gibt es Einstein'sche Modelle für unser Universum, die es als Kugel (»Hypersphäre«) beschreiben. Sie hat eine positive Krümmung und ein endliches Volumen – wie der Ballon. Die zweite Variante, die Einsteins Theorie erlaubt, ist ein Universum negativer Krümmung. Eine Analogie dazu ist eine Sattelfläche. Universen negativer Krümmung können sowohl endliches als auch unendliches Volumen haben. Die aktuellen Messungen der Kosmologen favorisieren allerdings die dritte Möglichkeit: einen Kosmos mit Krümmung null. Die Analogie zu diesem flachen Kosmos ist eine Tischplatte. Eine solche Geometrie ist euklidisch, d.h. ein Milliarden Lichtjahre großes Dreieck aus drei Galaxien hat eine Winkelsumme von 180 Grad wie ein gewöhnliches Dreieck auf einem Blatt Papier.

Doch ist das Universum damit nun unendlich groß? Tatsächlich weiß man das bis heute nicht! Denn auch der flache Kosmos könnte unendlich ausgedehnt (»offen«) oder endlich groß (»geschlossen«) sein. Hier kommt eine Teildisziplin der Mathematik ins Spiel, die Topologie heißt.

Stellen Sie sich ein Blatt Papier vor. Es hat vier Ränder, ist flach und auf dem Papier gilt die euklidische Geometrie. Wäre der Kosmos wie ein unendlich ausgedehntes Blatt Papier ohne Ränder, dann wäre er unendlich groß.

Stellen Sie sich nun vor, dass wir das Blatt Papier so biegen, dass die beiden langen Seiten aufeinanderliegen. Jetzt sieht das Blatt Papier aus wie eine Röhre mit zwei kreisrunden Löchern: ein Zylinder. Die Geometrie ist immer noch flach, aber die Topologie hat sich verändert, weil wir zwei Seiten verbunden haben.



NASA/A. Müller/Abenteuer Astronomie

▲Abb. 2: Illustration eines torusförmigen Universums und des Effekts des topologischen Linsens: Das Licht der Galaxie kann die Erde auf zwei verschiedenen Wegen erreichen.

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

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: oclm.de/fb

Ein Astronaut, der entlang der Zylinderfläche mit seinem Raumschiff fliegt, könnte immer geradeaus fliegen und trotzdem an seinen Ausgangspunkt zurückkehren. Es wäre wie in einem Computerspiel, wo die Spielfigur den Bildschirm rechts verlässt und links wieder ins Bild kommt.

Das können wir noch weitertreiben. Als nächstes verbinden wir die kreisrunden Öffnungen des Zylinders miteinander. Jetzt sieht das Blatt Papier aus wie ein Fahrradschlauch. Ein solches Gebilde heißt Torus. Seine Geometrie ist nach wie vor flach. Topologisch betrachtet ist er im Vergleich zum Zylinder wieder etwas Neues, denn er hat ein »Loch«.

Zwei Bilder eines Objekts

Was hat die Topologie nun mit dem Universum zu tun? Für die Astronomen ist es schwierig auf der Grundlage ihrer Beobachtungen zu entscheiden, ob unser Universum eine offene Topologie wie ein unendlich ausgedehntes und damit unendlich großes Blatt Papier hat oder geschlossen ist wie der Torus mit endlichem Volumen. Die Topologie wie beim Torus hätte merkwürdige Konsequenzen: Stellen Sie sich die Erde vor und eine weit entfernte Galaxie, beide innerhalb des Torus. Das Licht der Galaxie könnte nun auf zwei Wegen zur Erde kommen: Entlang eines direkten Weges, der die kürzeste Verbindung darstellt, oder entlang eines indirekten Weges, der zunächst von der Erde wegführt, aber dann durch die schlauchartige Gestalt doch wieder zur Erde zurückführt. Das hätte zur Folge, dass wir von der Erde aus dieselbe Galaxie in unterschiedlichen Richtungen sehen könnten. Kosmologen nennen das »topologische Linsen«.

Astronomen suchen tatsächlich nach solchen Doppel- oder Mehrfachbildern, die gegeneinander verdreht oder gespiegelt sein können. Ihre Methode besteht darin, in der Temperaturverteilungskarte der kosmischen Hintergrundstrahlung nach übereinstimmenden Kreisen zu suchen. Natürlich kann einiges mit der Strahlung auf den unterschiedlichen Lichtwegen passieren. Sie können durch Streuung, Ablenkung und Absorption verändert und damit so unkenntlich gemacht werden, so dass sie kaum noch als »Klon« erkennbar wären. Erschwerend kommt hinzu, dass es noch viel kompliziertere Topologien als die des Torus gibt, z.B. das Dodekaeder- oder das Horn-Universum.

Auf die Frage, ob der Kosmos unendlich groß ist oder nicht, gibt es bislang also noch keine endgültige Antwort. Das Fehlen der topologischen Mehrfachbilder legt nahe, dass das Universum unendlich ist. ▶ Andreas Müller

Literatur

[1] Jean-Pierre Luminet, The Status of Cosmic Topology after Planck Data. https://arxiv.org/abs/1601.03884

SURFTIPPS

- Dodekaeder-Universum
- Horn-Universum

Kurzlink: oclm.de/a7027

Astro-ABC: F wie Flare

Bei einem Flare wird explosionsartig magnetische Energie auf der Sonnenoberfläche freigesetzt. Solche Ausbrüche finden in aktiven Gebieten auf der Sonne statt und sind mit ebenso starken wie komplexen Magnetfeldern verbunden. Man kann sagen, dass es sich um eine Art Kurzschluss der Magnetfeldlinien handelt. Diese Eruptionen dauern einige Minuten bis Stunden. Dabei treten extrem hohe Energien auf: So hat schon ein kleinerer Flare die Energie von fünf Millionen Wasserstoffbomben. Dadurch werden geladene Teilchen extrem beschleunigt und Strahlung vor allem im Röntgen- und Ultraviolettbereich des Spektrums abgegeben. Im Zusammenhang mit Flares werden Materieausbrüche beobachtet, die als Protuberanzen über der Sonne aufsteigen. Beschleunigte geladene Teilchen werden bisweilen in Richtung der Erde geschleudert, wo sie in Wechselwirkung mit dem Erdmagnetfeld zu magnetischen Stürmen und Polarlichtern führen können. Die Stärke von Flares wird auf einer Skala von A bis X in fünf Klassen eingeteilt. Jede höhere Klasse hat eine zehnmal größere Intensität als die vorhergehende. Auf anderen Sternen konnten Helligkeitsausbrüche beobachtet werden, die darauf schließen lassen, dass es noch erheblich stärkere Flares als die bisher auf der Sonne beobachteten gibt.

▶ Paul Hombach

▲ Abb.1: Ein gewaltiger Sonnenflare erzeugt eine Protuberanz am Sonnenrand. Aufnahme des Solar Dynamics Observatory im extremen Ultraviolett vom 31.8.2012.

SURFTIPPS

- Superflares auf fremden Sonnen

Kurzlink: oclm.de/a7027

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

P. Hombach

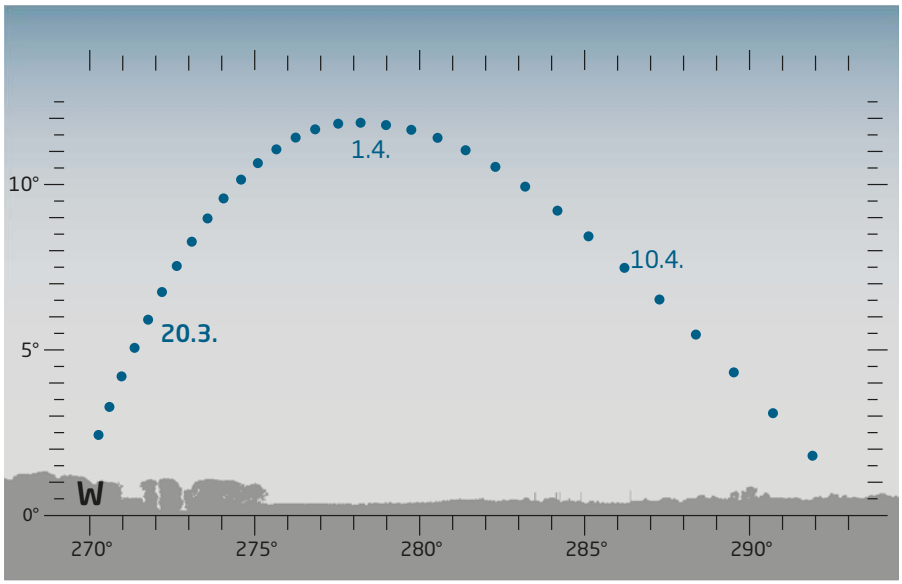
▲ Abb. 1: Die Venus und die Mondsichel am 3. September 2016 über Namibia.

Großer Auftritt des kleinen Merkur

Beste Abendsichtbarkeit des Jahres

Die ersten Frühlingswochen bieten die beste Merkur-Abendsichtbarkeit des Jahres. Das Sichtbarkeitsfenster des eiligen Götterboten beginnt in diesem Jahr am 20. März und endet am 10. April. Am Tag des Frühlingsanfangs steht der –1,^{m}2 helle Merkur eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang 6° über dem Westhorizont. Ein Sonnenabstand von 13° reicht aus, um ihn sichtbar werden zu lassen. Aber die Dämmerung ist noch hell, daher ist zu seiner Beobachtung ein Fernglas nötig. Ab dem 22. März sollten Beobachtungen mit bloßem Auge gelingen. Am Tag seiner größten Elongation am 1. April ist Merkur –0,^{m}1 hell. Unter günstigen Bedingungen kann er dann rund 1,5 Stunden lang verfolgt werden, davon ca. 1 Stunde freisichtig. Danach wird Merkur täglich blasser, nach dem 6. April kann er nur noch mit dem Fernglas gefunden werden.

J. Schölten



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

Der innerste Planet des Sonnensystems macht es seinen Bewunderern nicht leicht. Stets zeigt er sich nur für einige Tage am Abend- oder Morgenhimmel. Da er sich von der Erde gesehen höchstens 28° von der Sonne entfernen kann, bleibt er ein recht horizontnahes Objekt in der Dämmerung. Merkurs Bahn ist stark elliptisch, deshalb fallen die maximalen Elongationen meistens geringer als 28° aus, je nachdem, ob sich Merkur im sonnenfernen oder sonnennahen Teil seiner Umlaufahn befindet. Am 1. April werden nur 19° erreicht, ein magerer Wert. Aber Merkur kann das Beste daraus machen: Die Ekliptik, entlang der sich Merkur wie alle Planeten bewegt, steht im Frühjahr steil über dem Westhorizont.

Als innerer Planet des Sonnensystems kann Merkur genau wie Venus Phasen zeigen. Wer ein Teleskop mit rund 150× Vergrößerung einsetzt, kann am 30. März Merkur in Dichotomie beobachten.

▶ Paul Hombach

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

STRAHLENDE VENUS AM ABEND

Unser Nachbarplanet im größten Glanz am 19. Februar

In diesen Wochen zieht Venus in ihrer Rolle als Abendstern die Blicke auf sich. Am 19. Februar erreicht sie mit –4,^{m}8 die maximale Helligkeit während ihrer Abendsichtbarkeit. In Sachen Helligkeit spielt Venus im Reigen der Planeten in einer eigenen Liga. Das hat mehrere Gründe: Venus ist der Sonne näher als die Erde und erhält verglichen mit ihr etwa die doppelte Menge Sonnenstrahlung pro Quadratmeter. Dieses Sonnenlicht reflektiert sie zudem sehr effektiv an der Oberseite ihrer dichten Wolkendecke. Zudem ist sie der Erde als Nachbarplanet recht nah. Je näher sie der Erde kommt, desto heller wird sie – doch ganz so einfach ist es nicht! Tatsächlich arbeiten zwei Effekte gegeneinander. Je näher Venus der Erde kommt, desto größer erscheint uns die beleuchtete Fläche. Gleichzeitig verringert sich diese, da der Blick von der Erde aus zusehends auf die unbeleuchtete Nachtseite fällt. Zwischen den Möglichkeiten »Venus rundlich, aber fern« und »Venus nah, aber sichelförmig« liegt bei einer Beleuchtung von ca. 25% und einer Entfernung zur Erde von gut 60 Millionen Kilometern ein Optimum. Venus erscheint dann am Himmel 40" groß. Anschließend nähert sich Venus immer schneller der Sonne und wird zur feinen Sichel. Am 25. März zieht sie, immer noch –4,^{m}0 hell, 8° nördlich an der Sonne vorbei, dann in deren Glanz verborgen.

▶ Paul Hombach

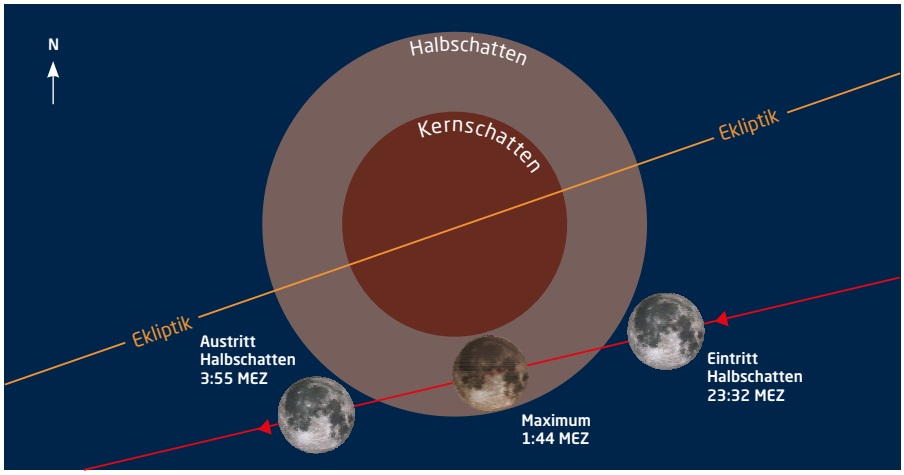
Fast eine partielle Mondfinsternis

Halbschattenfinsternis in der Nacht vom 10. auf den 11. Februar

Totale Mondfinsternisse hoch am Himmel wie zuletzt im September 2015 gibt es im deutschen Sprachraum bis 2029 nicht mehr: Da erregt sogar eine günstig platzierte Halbschatten-Mondfinsternis Aufmerksamkeit. Das Ereignis in der Nacht vom 10. auf den 11. Februar ist praktisch eine Wiederholung vom 16. September des Vorjahres: Doch statt wie damals in der Abenddämmerung findet es nun in den Stunden nach Mitternacht mit dem Mond rund 50° hoch am Himmel statt.

Erneut tritt der Erdtrabant fast vollständig in den Halbschatten der Erde ein, verfehlt dann aber ihren Kernschatten knapp: Praktisch überall auf der Mondscheibe herrscht beim maximalen Eindringen um 1:44 MEZ partielle Sonnenfinsternis, d.h. die Erde verdeckt die Sonne teilweise, und die Oberfläche wird mithin dunkler. Aber nirgends verschwindet die Sonne komplett hinter der Erde. Gut zu sehen ist gleichwohl die stärkere Eindunklung in Richtung des knapp verfehlten Kernschattens. Von 23:34 bis 3:53 MEZ liegen Teile der Mondscheibe im Halbschatten, aber weder Ein- noch Austritt sind in irgendeiner Weise zu beobachten. Die interessanteste Zeit dürfte zwischen 0:45 und 2:45 MEZ am Morgen des 11. Februar liegen.

▶ Daniel Fischer



F. Espenak/Abenteuer Astronomie

▲ Abb. 1: **So zieht der Mond in der Nacht vom 10. auf den 11. Februar** durch den Halbschatten der Erde.

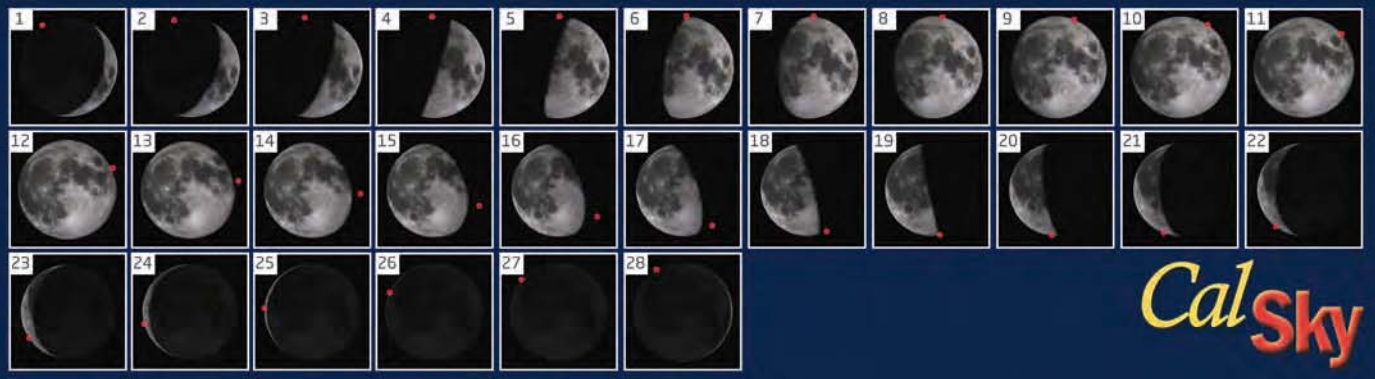
Astronomische Ereignisse im Februar/März 2017			
2.2.	20:14		Mond bedeckt ν Psc (4,^{m}5) am dunklen Rand
4.2.	0:36	MEZ	Mond bedeckt μ Cet (4,^{m}3) am dunklen Rand
4.2.	5:19	MEZ	Mond Erstes Viertel
4.2.	19:22	MEZ	Mond bedeckt 5 Tau (4,^{m}1) am dunklen Rand
5.2.	11:53	MEZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Nordpol sichtbar (Breite: +6,771°)
5.2.	17:45	MEZ	Mond bedeckt 71 Tau (4,^{m}5) am dkl. Rand, durchquert am Abend Hyaden
6.2.	17:30	MEZ	Mond: Goldener Henkel sichtbar
10.2.	23:34	MEZ	Halbschatten-Mondfinsternis bis 3:53 MEZ
10.2.	1:33	MEZ	Vollmond
12.2.	11:57	MEZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Ostseite (Länge: 5,114°)
18.2.	20:33	MEZ	Mond Letztes Viertel
19.2.	2:47	MEZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Südpol sichtbar (Breite: -6,865°)
19.2.	19:04	MEZ	Venus im größten Glanz (-4,^{m}85)
25.2.	9:04	MEZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Westseite (Länge: -5,349°)
26.2.	15:58	MEZ	Neumond
2.3.		MEZ	Neptun Konjunktion
4.3.	16:29	MEZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Nordpol sichtbar (Breite: +6,785°)
4.3.	21:57	MEZ	Mond bedeckt Hyadum I (3,^{m}6) am dunklen Rand
5.3.	0:43	MEZ	Mond bedeckt 71 Tau (4,^{m}5) am dunklen Rand
5.3.	12:32	MEZ	Mond Erstes Viertel
6.3.	0:32	MEZ	Mond bedeckt 111 Tau (5,^{m}0) am dunklen Rand
7.3.	1:29	MEZ	Merkur Obere Konjunktion
10.3.	3:06	MEZ	2P/Encke im Perihel (0,34AE), ca. 8^{m} hell
11.3.	4:53	MEZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Ostseite (Länge: 4,695°)
12.3	15:54	MEZ	Vollmond
15.3.	3:29	MEZ	Mond bedeckt 74 Vir (4,^{m}7) am hellen Rand
18.3.	9:45	MEZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Südpol sichtbar (Breite: -6,810°)
19.3.	1:41	MEZ	Mond bedeckt 24 Scorpii (4,^{m}9) am hellen Rand
20.3.	16:58	MEZ	Mond Letztes Viertel
25.3.	0:24	MEZ	Mond: Maximale Libration in Länge: Westseite (Länge: -6,412°)
28.3.	4:57	MESZ	Neumond
31.3.	22:36	MESZ	Mond: Maximale Libration in Breite: Nordpol sichtbar (Breite: +6,681°)

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

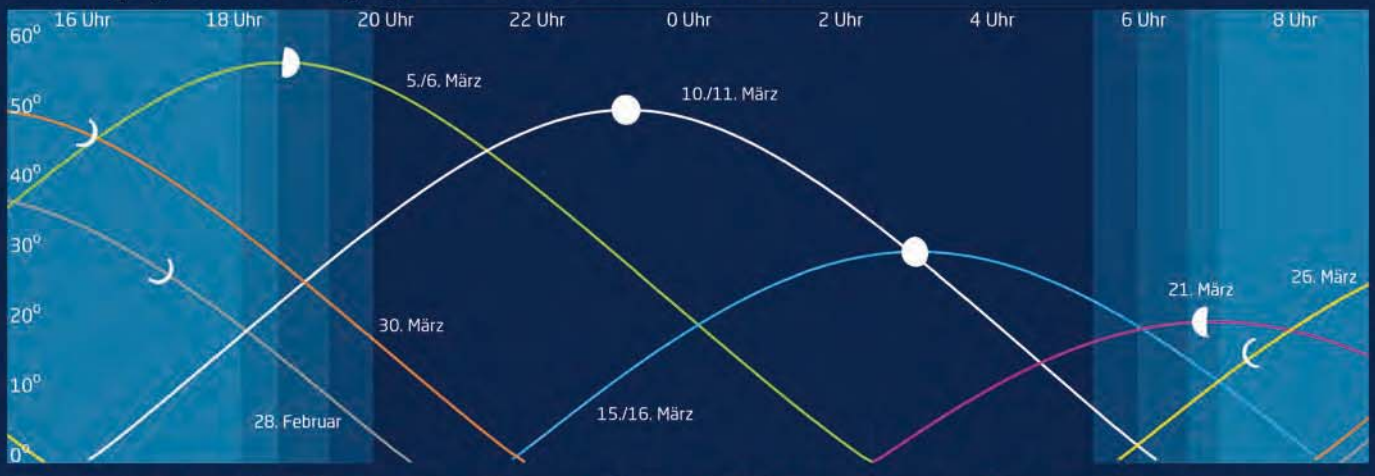
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

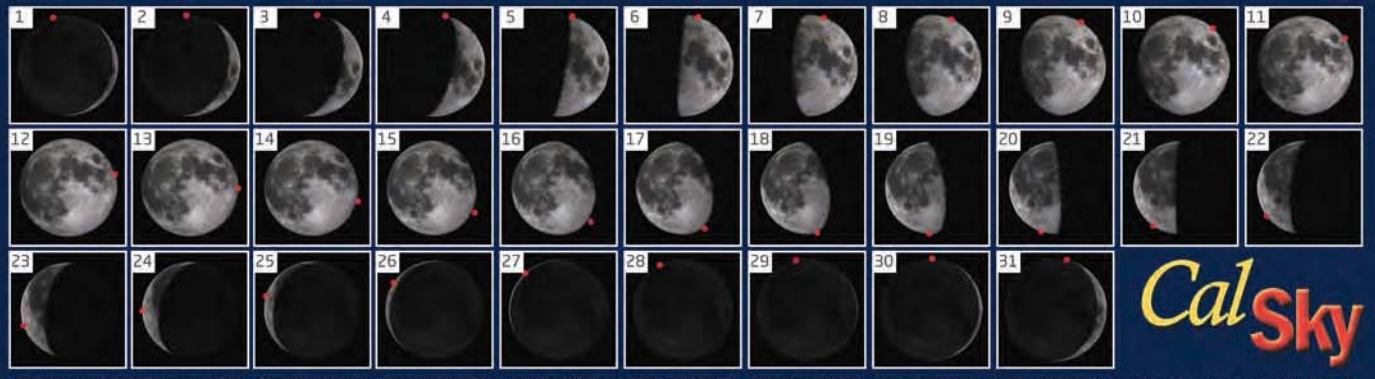
Der Mond im Februar/März

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



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





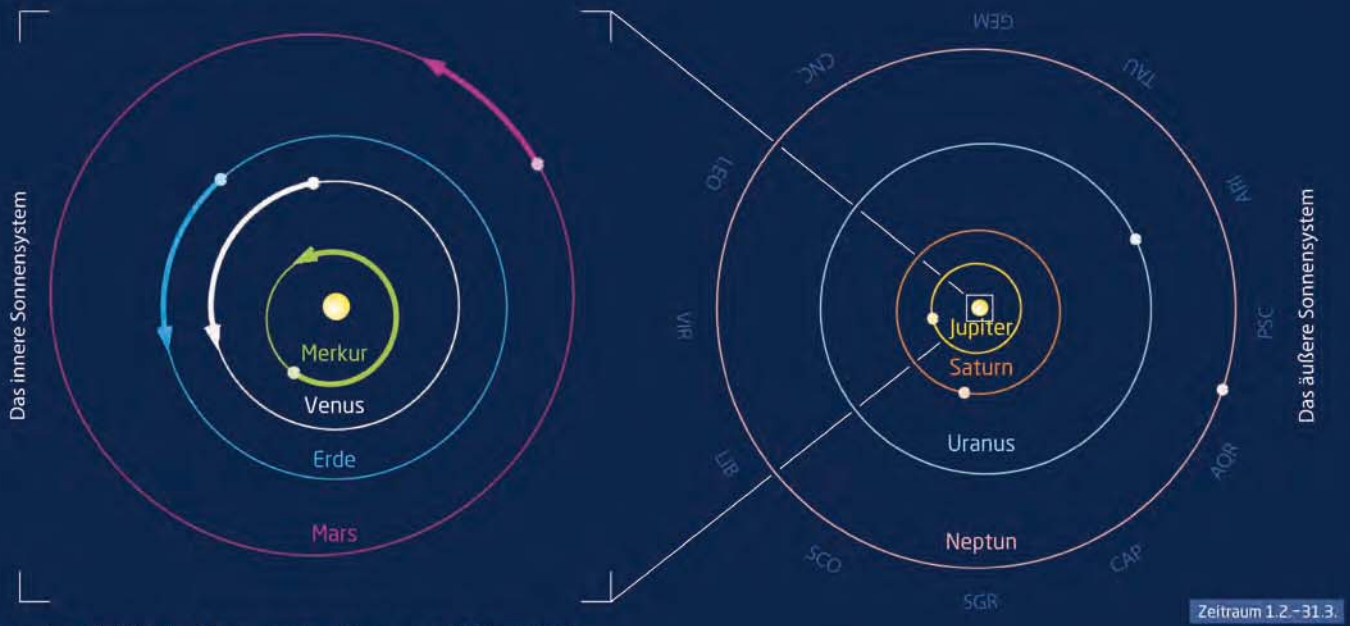
Die Daten und Ansichten auf dieser Doppelseite wurden erstellt mit CalSky für 50° Nord, 10° Ost. Die Plattform www.CalSky.com erlaubt Ihnen die exakte Kalkulation für Ihren Beobachtungsort.

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

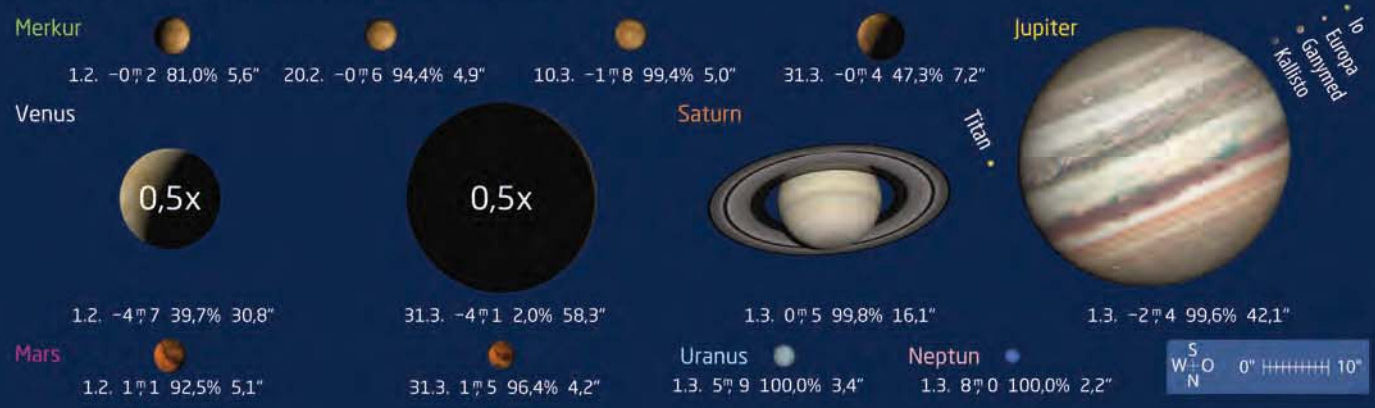
Die Planeten im Februar/März

Planeten: Aufgang, Höhe und Untergang im Februar (oben) und März (unten) 2017

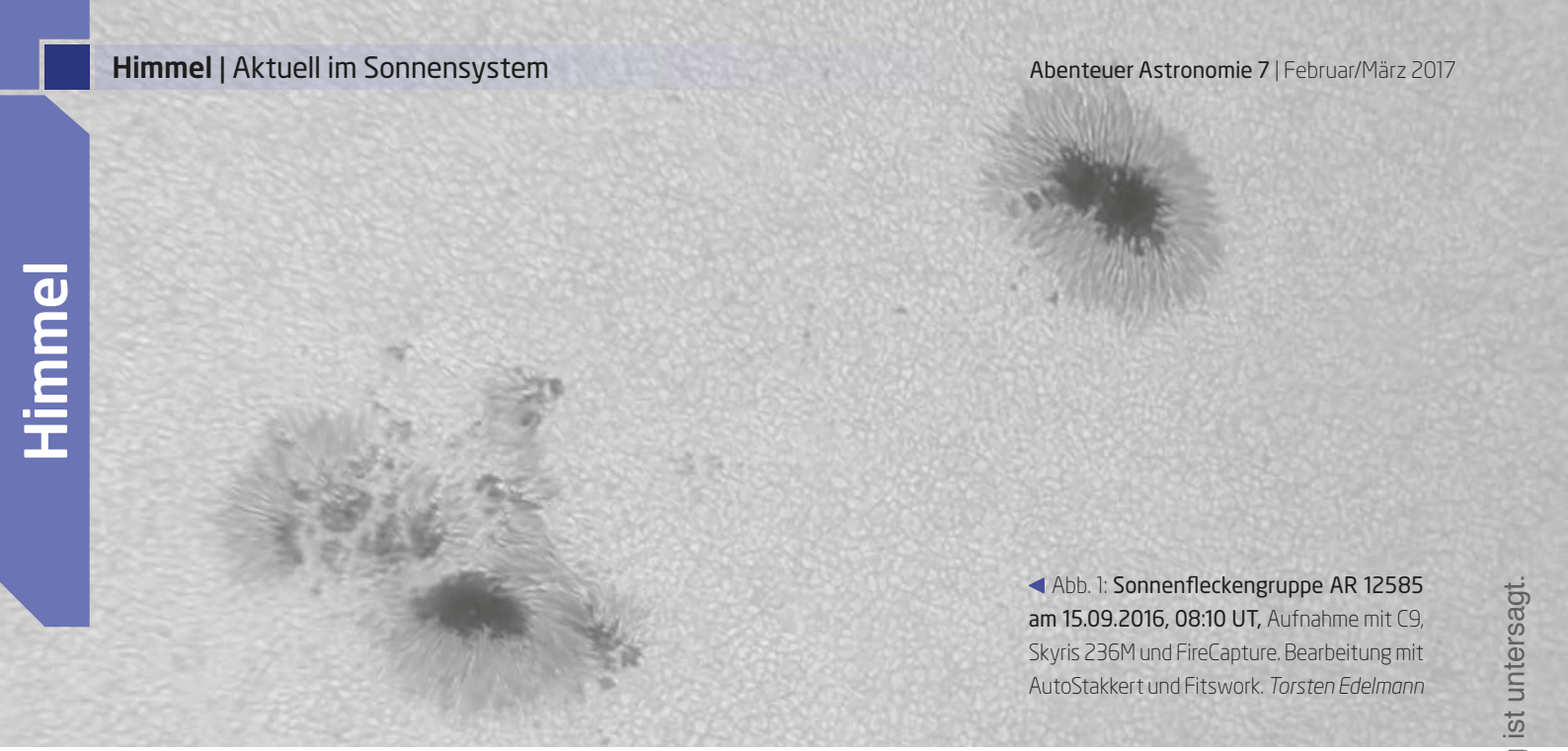
Planeten: Bahnen im Februar und März 2017



Planeten: Anblick im Fernrohr im Februar und März 2017



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



◀ Abb. 1: **Sonnenfleckengruppe AR 12585 am 15.09.2016, 08:10 UT,** Aufnahme mit C9, Skyris 236M und FireCapture. Bearbeitung mit AutoStakkert und Fitswork. *Torsten Edelmann*

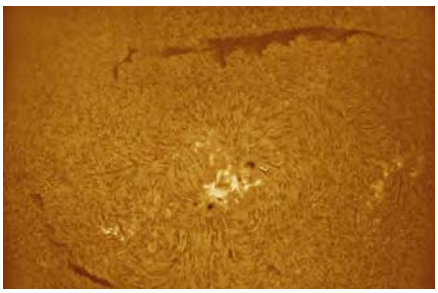
Sonne aktuell: Erneuter Aktivitätseinbruch

Die Sonnenaktivität ist weiter auf dem absteigenden Ast. Nach einem kleinen Höhepunkt im August ging die Zahl der neuen Fleckengruppen im September auf 14 und im Oktober auf nur noch 7 zurück. Dass es in beiden Monaten nur einen einzigen Tag gab, an dem die Sonne völlig fleckenfrei war, täuscht ein wenig darüber hinweg, dass die Südhalbkugel weiterhin in ihrem asynchronen Aktivitätsminimum steckt. Sie war im September an 21 und im Oktober an 18 Tagen ohne im Weißlicht sichtbare Flecken. Der Norden schaffte das lediglich an 4 Tagen im September.

▲ Abb. 2: **Protuberanz mit Chromosphäre** am 17.09.2016, 08:32 UT, aufgenommen an der Volkssternwarte München mit dem Hα-Coronado 4 Zoll Refraktor f = 1m und der CCD Kamera DMK 41, Bildbearbeitung mit Autostakkert: 10% von 1000 Einzelbildern und Schärfung mit Registax 6.0. Feintuning und Montage der Aufnahmen der Protuberanz und Chromosphäre mit Photoshop 6.0. *Ernst Elgaß*

Nur einer einzigen Fleckengruppe war es zu verdanken, dass über zwei Monate hinweg nicht nur kleine, unbedeutende Aktivitätszentren zu sehen waren. Die erste Septemberhälfte wurde durch die AR 12585 als E-Gruppe mit großflächigen Penumbren geprägt, die sogar durch eine Sonnenfinsternisbrille oder ein Schweißerglas mit bloßem Auge zu sehen war. Einige Beobachter erkannten hier sogar zwei Flecken. Gegen Monatsende konnte die AR 12597 mit einigen auffälligen Penumbren noch einmal die Blicke der Beobachter auf sich ziehen. Im Oktober gab es dann keine auch nur halbwegs spektakulären Fleckengruppen mehr, sondern nur solche der unteren Klassen A bis C nach der Waldmeier-Klassifikation.

Im Hα-Licht war die Sonnenaktivität moderat. Flares der höchsten Klassen M und X wurden nicht registriert. Auffällig waren jedoch in beiden Monaten einige lange Filamentketten, die mit der Sonnenrotation langsam über die Oberfläche drifteten und über mehrere Tage hinweg sichtbar waren. Neben einigen eruptiven Filamenten und koronalen Massenauswürfen, die aber nur selten eine erdwärts gerichtete Komponente aufwiesen, waren es wieder koronale Löcher, die leichte geomagnetische Stürme der Klassen G1 und G2 hervorriefen. Aus ihnen resultierten eine ganze Reihe von in Norddeutschland sichtbaren Polarlichtern, die allerdings meist nur wenige Grad über den Horizont hinausreichten. ▶ Manfred Holl

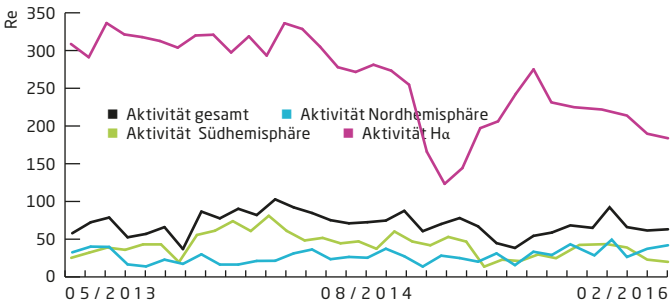


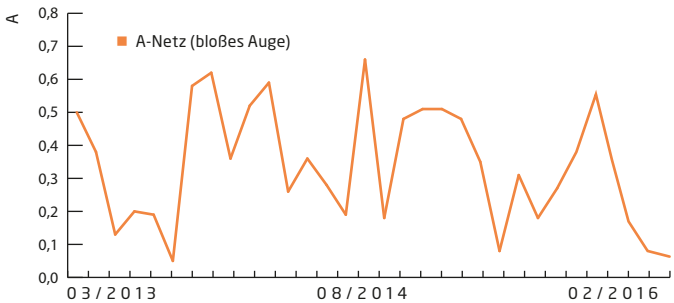
▲ **Abb. 3: Aktiver Flare mit Filamentketten in seiner Umgebung,** 06.09.2016, 06:30 UT, 3-Zoll-Refraktor bei 2000mm Brennweite, Coronado Solarmax 60 + 2020 Telezentrik. *Erich Kopowski*

SURFTIPPS

- Beobachtung der Sonne im Weißlicht
- Weltraumwetter

Kurzlink: oclm.de/a7032





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

Planeten aktuell:
Zweier am Abendhimmel

Im Februar und März zieren zwei Wandelsterne den Abendhimmel: Mars und Venus. Zu Beginn des Februars sind beide nur etwas mehr als 5° voneinander entfernt. Venus entfernt sich im März dann zunehmend vom Mars, der sie hinter sich lässt. Beide wandern auf das »Goldene Tor der Ekliptik« von Plejaden und Hyaden im Stier zu.

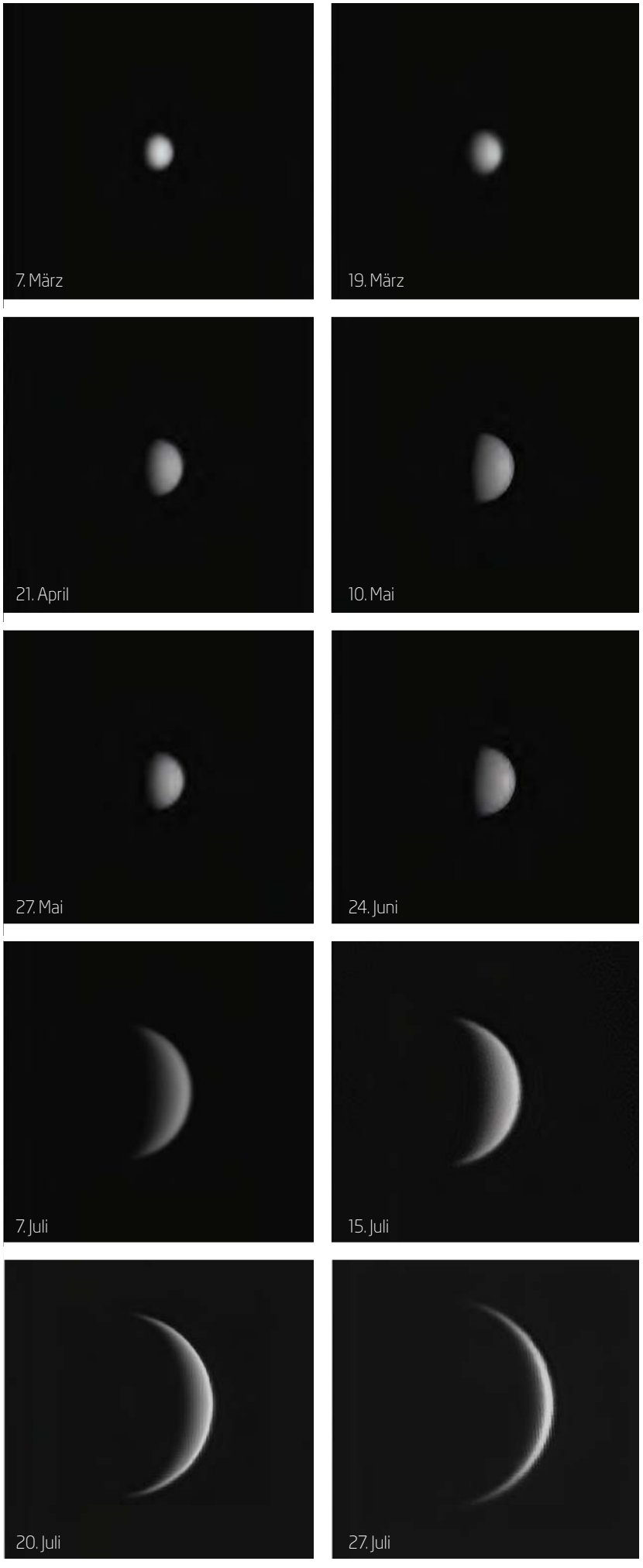
Mars ist seit dem Sommer 2016 am Abendhimmel präsent, jedoch bei durchgängig sehr niedrigen Horizonthöhen, so dass kaum Amateurergebnisse aus Mitteleuropa vorliegen. Sein scheinbarer Durchmesser sinkt nun auf unter fünf Bogensekunden. Damit ist bei sehr guten Bedingungen vielleicht noch die Südpolkappe ausfindig zu machen, wenn man sehr hohe Vergrößerungen einsetzen kann.

Venus hat nun ihre attraktivste Phase. Sie ist am Abendhimmel prominent sichtbar und erscheint im Teleskop als immer feiner und immer größer werdende Sichel. Die Beobachtung sollte am besten schon am Nachmittag am Taghimmel erfolgen. Der Höhepunkt ist die Untere Konjunktion mit der Sonne am 25. März. An diesem Tag steht sie 8° von der Sonne entfernt. Zu Sonnenaufgang gegen 6:00 MESZ steht die extrem feine Sichel genau oberhalb der Sonne, am Abend etwas rechts oberhalb. Man kann den ganzen Tag über versuchen die Venus über der Sonne zu finden, dabei sollte die Sonne selbst durch ein Haus oder einen Berg abgeschattet sein.

Merkur löst um den 20. März Venus am Abendhimmel ab. Er beginnt seine Abendsichtbarkeit, die größte Elongation tritt am 1. April ein. Es ist die beste Abendsichtbarkeit des Jahres 2017. Die beste Zeit, um den kleinsten Planeten des Sonnensystems im Teleskop zu betrachten, ist Ende März zwischen 19:30 und 20:30 MESZ.

Jupiter strebt auf seine Opposition zu, die besten Beobachtungsbedingungen herrschen aber noch nach Mitternacht. Der Große Rote Fleck (GRF) stand im November 2016 bei 253° System II, er wird bei ca. 260° im Februar erwartet. Damit hat sich seine Geschwindigkeit zum Bezugs-Rotationssystem beschleunigt. Das andere langlebige Gebilde in der Jupiteratmosphäre, Oval BA, passierte den GRF Mitte November. Es ist aber nach wie vor nur sehr schwer zu erkennen, da der Kontrast zu den umgebenden Bereichen sehr gering ist.

▶ Ronald Stoyan



▶ Abb. 1: **Die Phasen der Venus im Jahr 2015.** Dieses Jahr finden sie etwa vier Monate früher statt.
Ernst Elgaß

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

▲ Abb. 1: **Komet 2P/Encke bei seiner letzten Wiederkehr am 8. November 2013.** CCD-Aufnahme, 8"-Astrograf bei 560mm, Kamera FLI PL 16070, Belichtungszeit 6min (L), 5min (je RGB). *Gerald Rhemann*

Kometen aktuell: Fünf Kometen fürs Fernglas

Die kommenden Monate bieten die seltene Gelegenheit, gleich fünf Kometen in Fernglas-Helligkeit beobachten zu können.

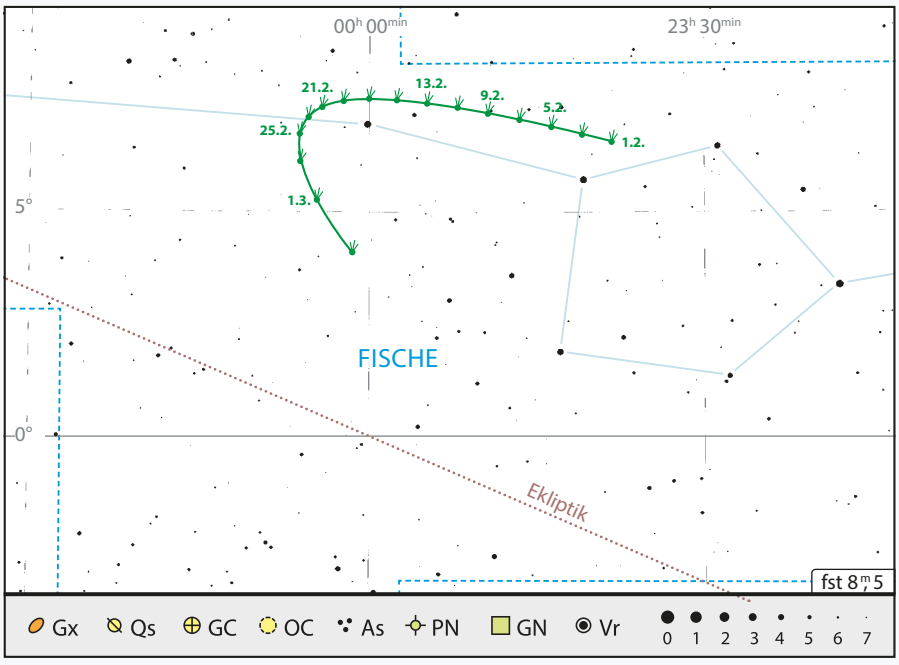
2P/Encke, der am längsten bekannte kurzperiodische Komet, kommt im Februar bereits zu seiner 63. beobachteten Wiederkehr. Er steht am Abendhimmel und ist zu Anfang des Monats etwa 11^m hell. Die Helligkeit wird aber rasch zunehmen und könnte zur Monatsmitte bereits 9^m betragen. Zu Dämmerungsende steht er zu diesem Zeitpunkt noch rund 15° hoch. Als Aufsuchhilfe kann der helle Abendstern Venus dienen, der wenige Grad nordöstlich ebenfalls im Sternbild Fische leuchten wird.

Die Beobachtungsphase ist kurz, denn der Winkelabstand zur Sonne schrumpft rasch. Am 28. Februar ist mit etwas Glück noch die Konstellation Komet, Venus und schmale Mondsichel in der Abenddämmerung zu sehen, danach verschwindet der rund 5^m helle Schweifstern bereits wieder. Die Sonnennähe am 10. März kann dann nur noch auf den Bildern der Sonnensonde SOHO verfolgt werden. Anschließend bleibt 2P/Encke unbeobachtbar am Südhimmel.

Als nächstes ist 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova zu nennen, der sich am 11. Februar bis auf 0,08AE Abstand an die Erde annähert. Zu Jahresbeginn stand er unsichtbar in Sonnennähe, jetzt kommt der Schweifstern am östlichen Morgenhimmel wieder in Sicht. Er steigt dabei rasch aus der Dämmerung und ist etwa ab dem 5. im Sternbild Adler sichtbar. Bedingt durch die bevorstehende Erdnähe bewegt sich 45P rasch über den Osthimmel und kann jeden Morgen ein wenig länger beobachtet werden. Am 9. erreicht der Komet das Sternbild Herkules und steht nun schon ab etwa 2 Uhr über dem Horizont.

Die prognostizierte maximale Helligkeit beträgt dann $6,^m5$ – damit wäre er ein schönes Fernglas-Objekt. Leider stört exakt zu dieser Zeit der volle bzw. abnehmende Mond. Erst kurz nach der Monatsmitte kann der Schweifstern am mondlosen Abendhimmel verfolgt werden. Bei rasch abnehmender Helligkeit wandert er durch Bärenhüter und Jagdhunde. Ende Februar dürfte er dann im Sternbild Löwe bzw. Kleiner Löwe bereits wieder schwächer als 10^m geworden sein.

Im Grenzgebiet der Sternbilder Löwe und Krebs in Richtung Norden wandert im Februar auch 41P/Tuttle-Giacobini-Kresak. Er steht dabei um Mitternacht ideal hoch im Süden und kann im Prinzip die ganze Nacht über aufgesucht werden. Um Nächte mit störendem Mondlicht zu meiden, empfiehlt sich zur Beobachtung aber die zweite Monatshälfte. Die Helligkeit wird rasch ansteigen und Ende Februar ist mit 10^m zu



J. Scholten

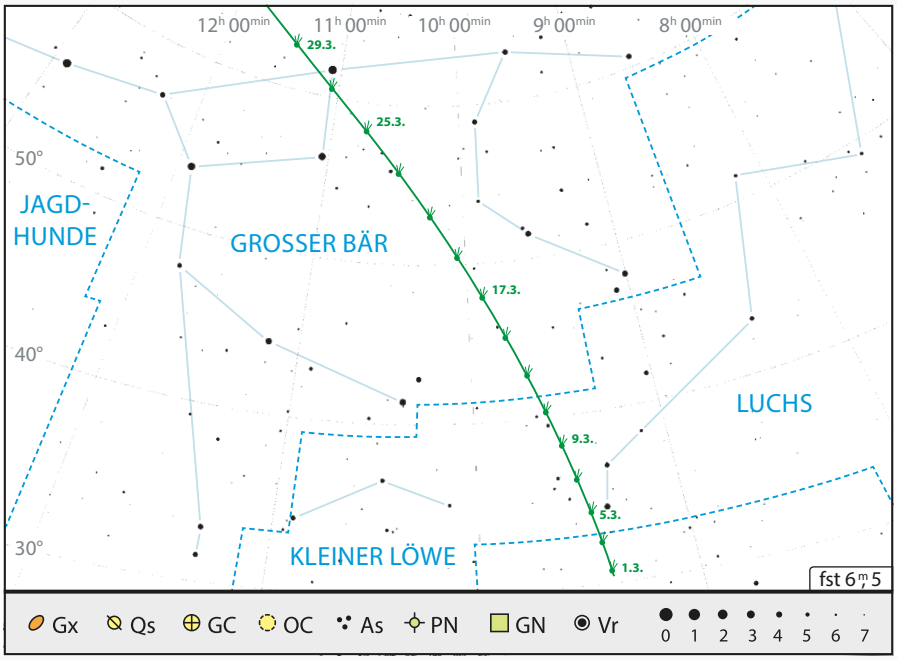
▲ Abb. 2: **Aufsuchkarte 2P/Encke** im Februar.

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

rechnen. Im März nimmt die Geschwindigkeit des Kometen am Himmel zu und er erreicht zur Monatsmitte das Sternbild Großer Bär. Mit etwa 7,^{m}5 ist er nun im Fernglas gut beobachtbar, während er weiter Richtung Norden wandert. Gegen Monatsende ist er dann auch ganz einfach zu finden, da er im Bereich der vorderen Kastensterne des Großen Wagens steht. Anfang April kommt auch dieser Komet recht nahe an die Erde heran: Der Abstand wird dann nur 0,14AE betragen.

Der vierte interessante Komet ist C/2015 V2 (Johnson): Entdeckt im November 2015 von Jess Johnson am Catalina Sky Survey, wird er das gesamte erste Halbjahr 2017 beobachtbar bleiben. Die größte Helligkeit sollte er Anfang Juni mit etwa 6,^{m}5 erreichen. Anfang Februar ist Komet Johnson mit rund 10^{m} im Sternbild Bootes zu finden. Er wandert nur langsam am Himmel und auch die Helligkeit nimmt nur allmählich zu. Nach dem Vollmond am 11. Februar ist er ins Sternbild Herkules gewechselt, bleibt aber zirkumpolar und damit die ganze Nacht beobachtbar. Anfang März könnte die Helligkeit 9^{m} betragen und im Laufe des Monats noch einmal um eine Größenklasse zunehmen. Am 3. März passiert der Komet den 3,^{m}9 hellen Stern Tau Herculis in nur 3' Abstand.

Am wenigsten vorhersagbar ist die Entwicklung des Kometen C/2015 ER61 (PANSTARRS). Zur Entdeckung im März 2015 stand er noch enorme 8,44 AE von der Sonne entfernt. Die Sonnennähe erreicht der Komet dann im Mai nahe der Erdbahn in 1,05AE Distanz. Sollte er sich an die optimistischen Prognosen halten, könnte er ab Anfang Februar mit etwa 9^{m} im Sternbild Skorpion aufzufinden sein. Damit steht er wenig günstig, weil tief am Morgenhimmel. Am Morgen des 31. Januars und des 1. Februars ist PANSTARRS im Rho-Ophiuchi-Komplex zu finden – eine Herausforderung für Astrofotografen. Bei zunehmender Helligkeit wandert der Schweifstern weiter durch die Milchstraßenregionen in Skorpion und Schütze.



▲ Abb. 3: **Aufsuchkarte 41P/Tuttle-Giacobini-Kresak** im März.

An weiteren Begegnungen mit Deep-Sky-Objekten mangelt es nicht: Nahe Pfeifennebel und Sagittarius-Wolke ist er vom 18. bis 20. Februar, sowie zwischen Trifid- und Lagunen-Nebel am 28. Februar und 1. März zu finden. Inzwischen könnte der Komet 7^{m} hell und damit der fünfte Komet fürs Fernglas sein. Leider ändert sich an der Position am Himmel auch im März wenig – PANSTARRS steht weiterhin tief am südöstlichen Morgenhimmel im Sternbild Schütze.

▶ Burkhard Leitner

SURFTIPPS

- Komet 2P bei Cometography
- Komet 2P bei The Sky live
- Komet 41P bei Cometography
- Komet 41P bei in-the-sky.org
- Komet 45P bei Cometography
- Komet 45P bei Seiichi Yoshida
- Komet 45P bei The Sky live
- Komet C/2015 V2 bei Seiichi Yoshida
- Komet C/2015 V2 2P bei The Sky live

Kurzlink: oclm.de/a7035

▲ Abb. 4: **Überraschend hell wurde der Komet C/2016 U1 (NEOWISE) im Dezember 2016.** Digitalfoto, 8"-Newton bei 800mm, Belichtungszeit 20x1min. *Norbert Mrozek*

Kometen im Februar/März 2017

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erw. Helligkeit
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	3.12.1948	31.12.2016 (0,53AE)	11.2.2017 (0,08AE)	Dezember 2016 bis März 2017	8^{m} bis 10^{m}
2P/Encke	17.1.1786	10.3.2017 (0,34AE)	12.3.2017 (0,65AE)	Februar 2017	10^{m} bis 5^{m}
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	3.5.1858	14.4.2017 (1,05AE)	6.4.2017 (0,14AE)	März bis Mai 2017	10^{m} bis 6^{m}
C/2015 ER61 (PANSTARRS)	15.3.2015	9.5.2017 (1,05AE)	19.4.2017 (1,18AE)	Februar bis September 2017	10^{m} bis 6^{m}
C/2015 V2 (Johnson)	3.11.2015	12.6.2017 (1,64AE)	5.6.2017 (0.81AE)	November 2016 bis Juli 2017	9^{m} bis 8^{m}

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

Himmel

Jetzt am Abendhimmel

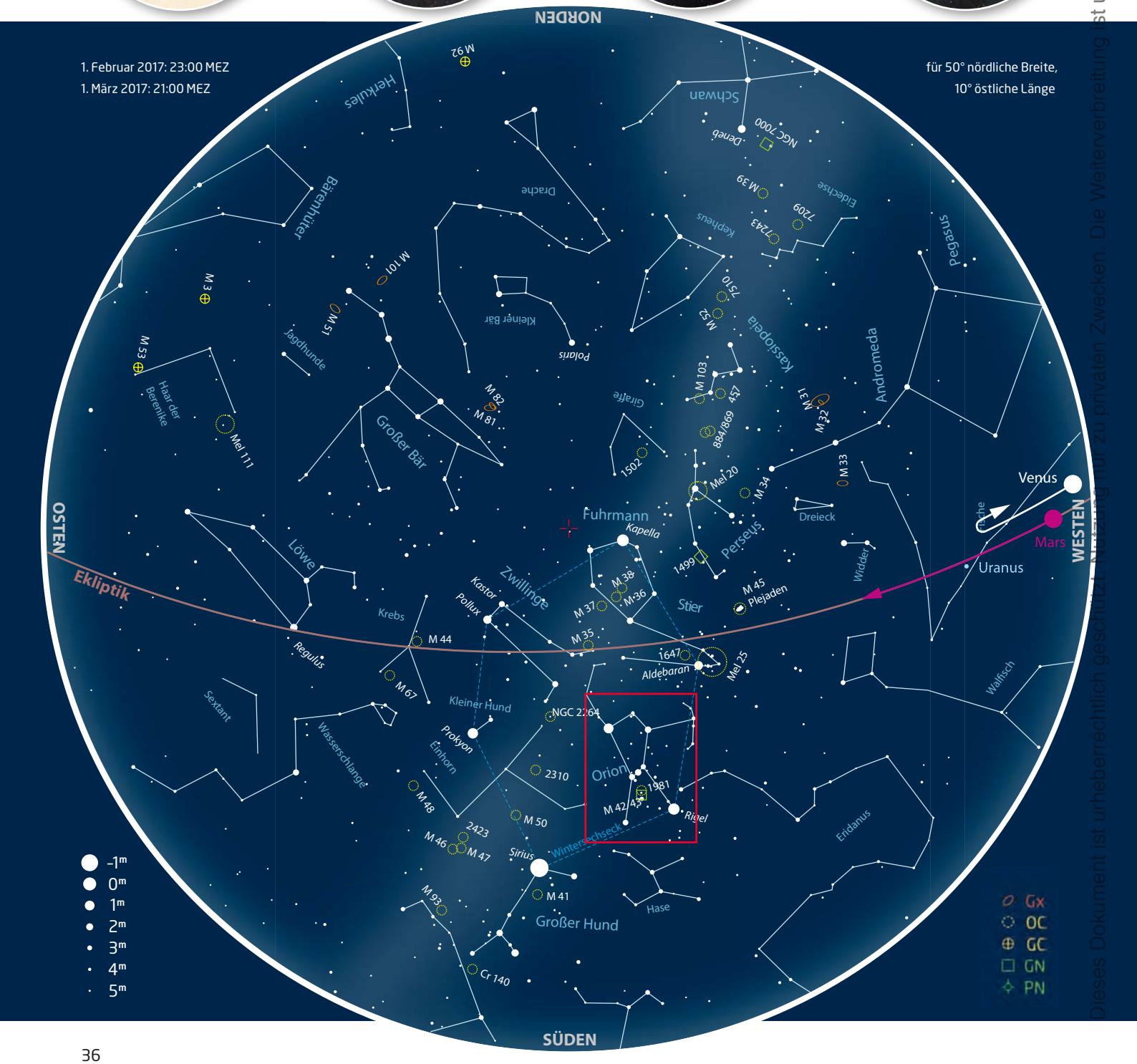
Beobachtungsempfehlungen für Februar/März 2017

Sternbild-Streifzüge:
Der Orion

Fernglas-Wanderung:
Rund um den Gürtel des Himmeljägers

Deep-Sky-Schätze für Stadtbeobachter:
M42 – Eindrucksvolle Vielfalt im Orion

Deep-Sky-Schätze für Landbeobachter:
M 78 - der hellste Reflexionsnebel am Himmel



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

Sternbild-Streifzüge: Der Orion

Der Orion ist sicherlich das schönste Wintersternbild und zählt zu den bekanntesten Konstellationen am Nachthimmel. Durch die Vielzahl heller Sterne und ihre einprägsame Anordnung ist der Orion selbst für Laien unverwechselbar erkennbar. Bildliche Darstellungen zeigen einen aufrecht stehenden oder knienden Mann, wobei die Ecksterne Schultern und Füße darstellen und eine Dreierkette seinen Gürtel – den Oriongürtel – bilden.

Die zwei hellsten Sterne bilden die linke Schulter (Beteigeuze) sowie seinen rechten Fuß (Rigel). Bei beiden Sonnen handelt es sich um stellare Überriesen, die ganz unterschiedliche Temperaturen aufweisen, was sich schon an ihren Farben zeigt: Während Beteigeuze (etwa 3300°C heiß) durch eine orange Färbung auffällt, strahlt Rigel (rund 11.700°C) in einem bläulich-weißen Farbton. Die Bezeichnung Roter Überriese kann man bei Beteigeuze wirklich wörtlich nehmen: Mit einer Größe von mehr als dem 800-fachen Durchmesser unserer Sonne ist Orions Schulterstern der größte Stern, den man mit bloßem Auge sehen kann.

▶ Abb. 1: **Im Sternbild Orion findet man den Halbgott und prahlenden Jäger Orion.** Selbst am Himmelszelt tritt er noch mit Schild (bzw. unverwundbarem Löwenfell) und Keule bewaffnet einem wütenden Stier (Taurus) entgegen.

Hochmütiger Himmelsjäger

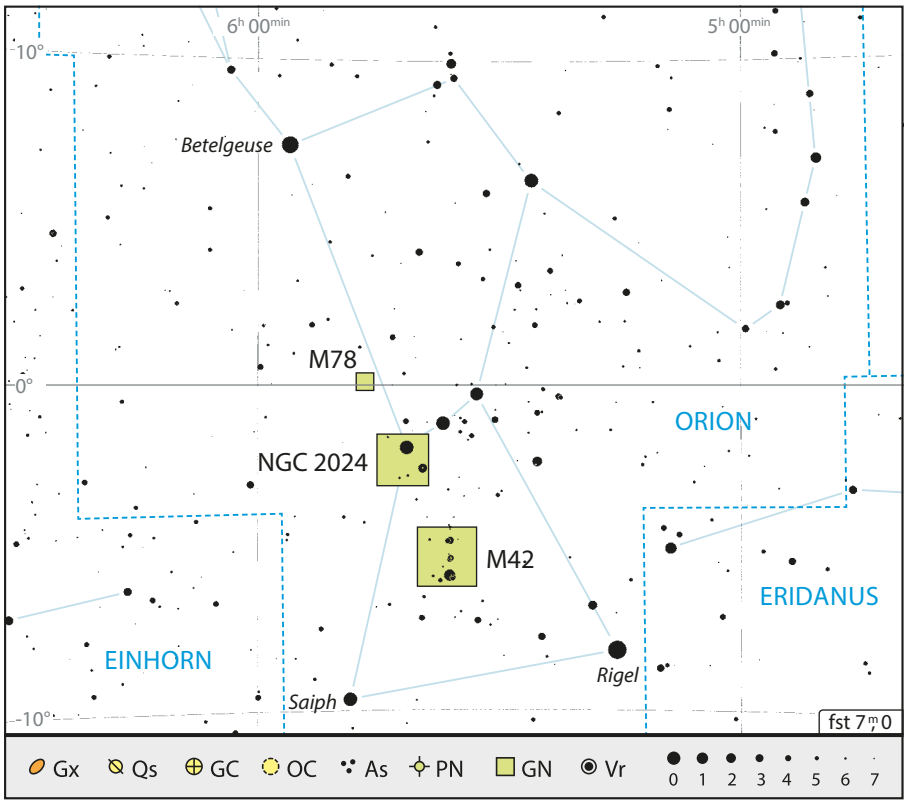
Da das Sternbild am Himmelsäquator steht, ist es praktisch von der gesamten Erde aus zu beobachten. Daher gibt es auch aus jedem bewohnten Erdteil Sagen, Mythen und Interpretationen rund um Orion. Am bekanntesten ist Orion aber als Himmelsjäger, der mit Schild und Keule bewaffnet gegen den Stier antritt, der direkt nordwestlich von ihm am Himmel steht. Die Sternbilder Großer und Kleiner Hund sollen als Jagdhunde dienen und vervollständigen die Jagdszene.

In der griechischen Mythologie war Orion der Sohn des Poseidon und ein starker wie übermütiger Jäger. Selbst vor der Jagdgöttin Artemis prahlte er damit, dass er jedes Tier töten könne. Schließlich war es ein kleiner Skorpion, der den Angeber durch einen Stich in die Ferse tötete. Die beiden Kontrahenten wurden daraufhin an gegenüberliegenden Stellen unter die Sterne versetzt, damit sie sich auch am Himmel niemals begegnen. So taucht im Osten der giftige Skorpion auf, wenn das Sternbild des mächtigen Jägers im Westen untergeht.

Nebeliges im Winter

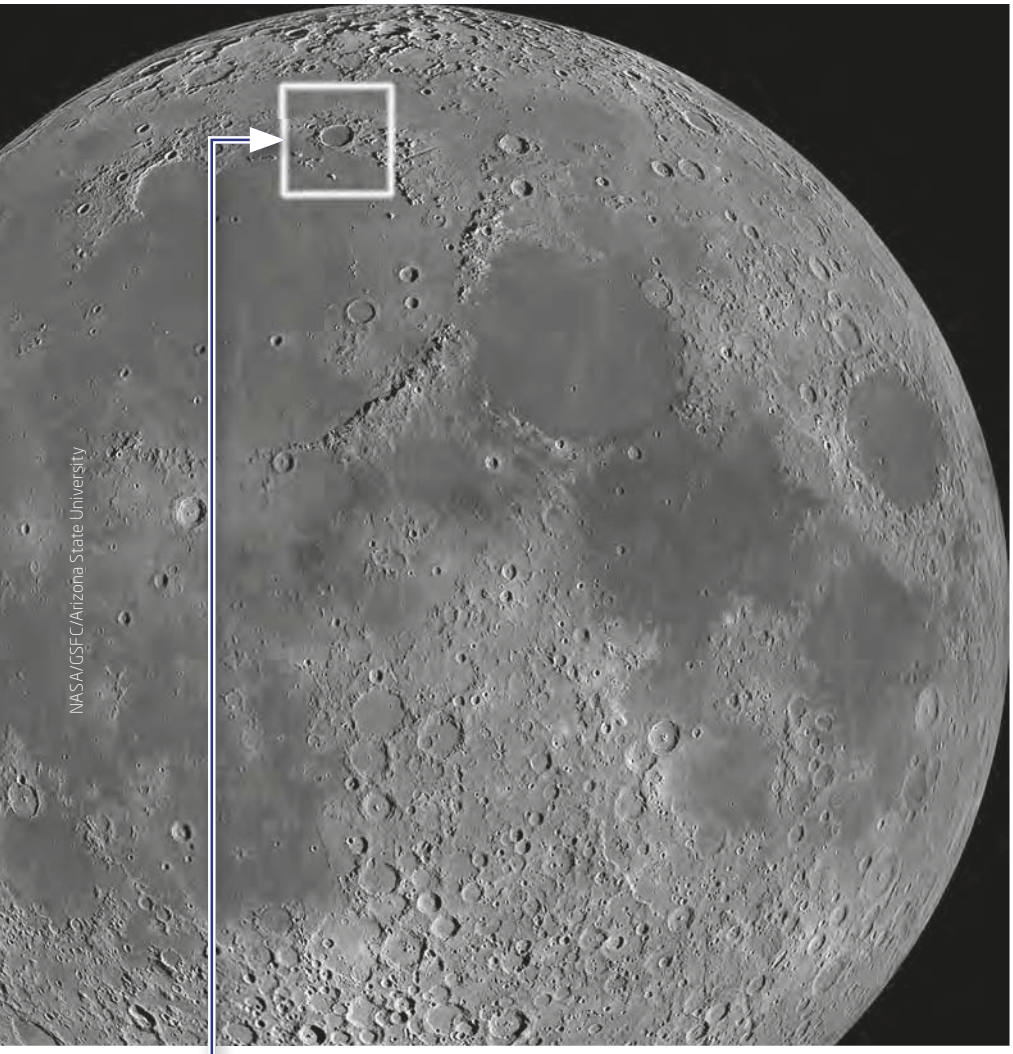
Im eindrucksvollsten Sternbild des Winters befindet sich für viele der schönste Gasnebel des Nachthimmels: der berühmte Orionnebel (M 42). Bereits mit bloßem Auge ist die Sternengeburtsstätte als diffuser Fleck unterhalb des Oriongürtels zu sehen. Mit einem kleinen Teleskop wird im hellsten Nebelteil ein Sternen-Viereck sichtbar, das Orion-Trapez genannt wird. Der Reflexionsnebel M 78 und NGC 2024 (Flammennebel) sind ebenfalls schon Ziele für ein kleines Instrument.

▶ Nico Schmidt

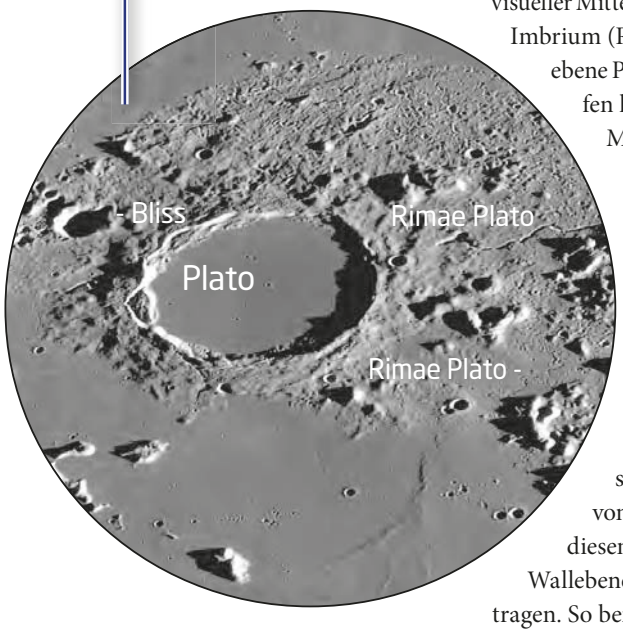


▲ Abb. 2: **Übersichtskarte des Sternbilds Orion** mit den Beobachtungsempfehlungen.

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



▲ **Am nördlichen Rand des Regenmeers** befindet sich die dunkle Wallebene Plato.



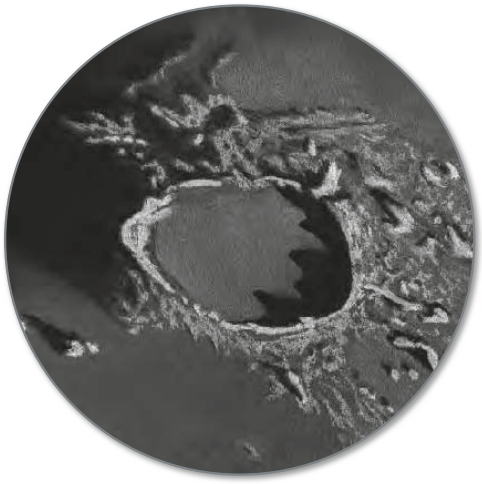
▲ Abb. 2: **Plato ist im Teleskop jeder Größe** eine beeindruckende Erscheinung.

Mond-Spaziergang: Klassiker am Regenmeer

Ein Klassiker der Mondbeobachtung und visueller Mittelpunkt am Nordrand des Mare Imbrium (Regenmeer) ist die große Wallebene Plato. Auf einem schmalen Streifen hellen Gesteins zwischen dem Mare Frigoris (Meer der Kälte) und dem Regenmeer gelegen, ist die dunkle runde Landmarke selbst im Fernglas nicht zu übersehen.

Verkappter See

Der dunkle Grund Platos besitzt einen Durchmesser von 100km und eine Tiefe von durchschnittlich 1000m. Mit diesem Erscheinungsbild könnte die Wallebene auch den Namen Lacus (See) tragen. So benannten frühe Mondbeobachter wie Langrenus und Hevelius die Formation tatsächlich auch Lacus Panciroli (Pancirolisee) oder Lacus Niger Maior (Großer schwarzer See). Schließlich wurde Plato 1651 von dem italienischen Astronomen Riccioli nach dem griechischen Denker Plato getauft.



▶ Abb. 3: **Zeichnung: Bei flachem Sonnenstand** werfen die Spitzen des Walls lange Schatten in die Ebene Platos. *Frank McCabe*

Schattenspiele bei Sonnenaufgang

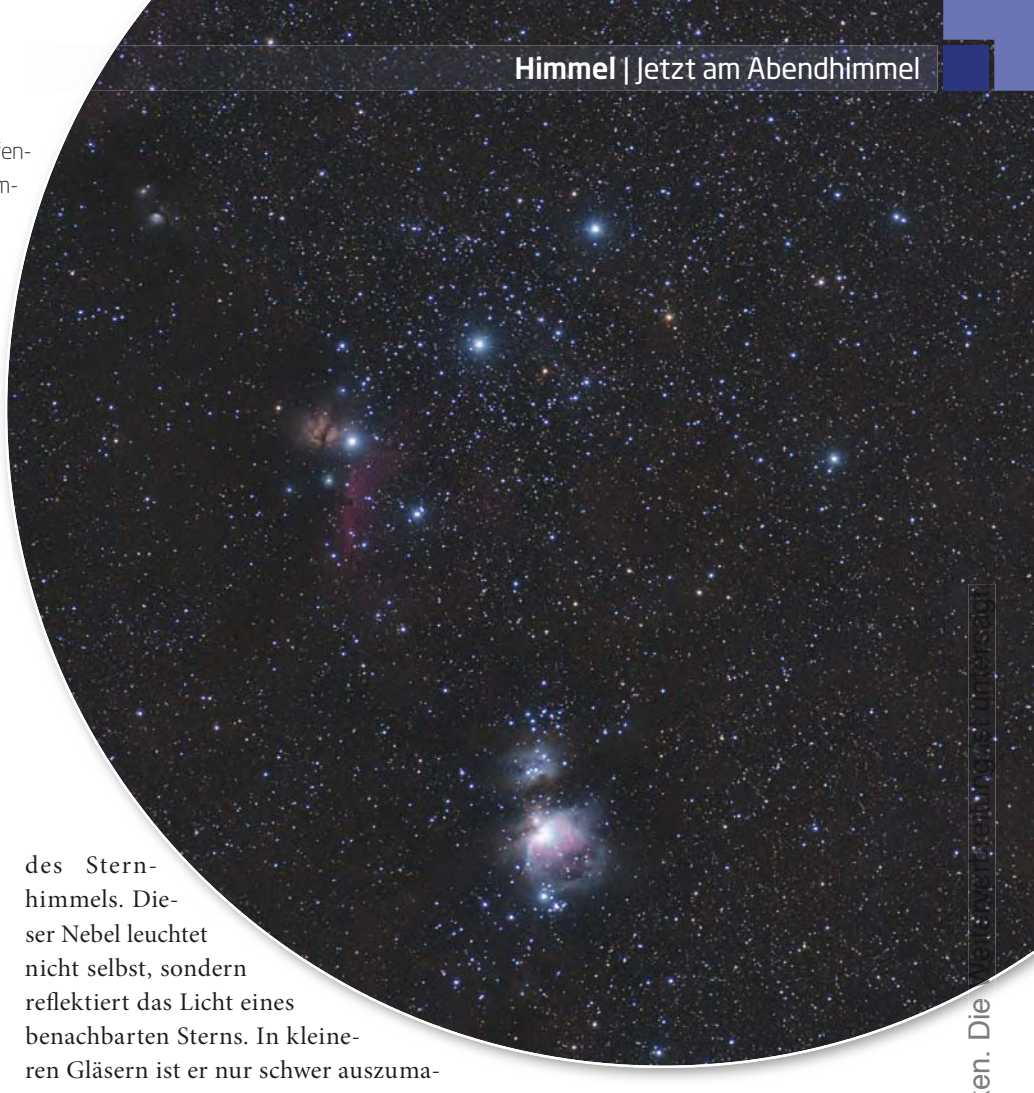
Am Ostwall der Wallebene ragen drei einzelne Erhebungen 1500m, 1800m und 2100m über den Kratergrund. Bei Sonnenaufgang werfen diese Spitzen im Kraterwall lange und bizarre Schatten bis weit in die Ebene Platos. Über einen Zeitraum von einigen Stunden kann man mit fortschreitender Sonnenhöhe beobachten, wie die Schatten immer kürzer werden und schließlich verschwinden. Ein weiteres schönes Detail ist ein dreieckig erscheinender Hangabrutsch auf einer Breite von 15km am westlichen Wall. Nördlich davon und am Nordrand sind weitere, aber weniger auffällige Hangabrutsche sichtbar.

Platos Rillen

Östlich Platos befindet sich noch ein aus zwei kleineren Rillen bestehendes Rillensystem: die Rimae Plato (Platorillen). Die nördliche der beiden Rillen ist in einem Teleskop mit mittlerer Öffnung gut sichtbar, die kleinere südlich davon ist in dem rauen Gebiet nur schwierig zu entdecken. Aufgrund ihrer gewundenen Form, ähnlich eines irdischen Flusses, werden als Ursprung der Rillen ehemalige Lavaströme angenommen. Der größte Krater in der Umgebung Platos ist Bliss mit 20km Durchmesser. Erst im Jahr 2000 erhielt der Krater seinen heutigen Namen: Die Internationale Astronomische Union benannte den bis dahin lediglich als Plato A bezeichneten Krater nach dem englischen Astronomen Nathaniel Bliss.

▶ Lambert Spix

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



▶ Abb. 1: **Orions Gürtel und Schwertgehänge** offenbaren eine Reihe von Glanzlichtern am Sternenhimmel. *Marcus Degenkolbe*

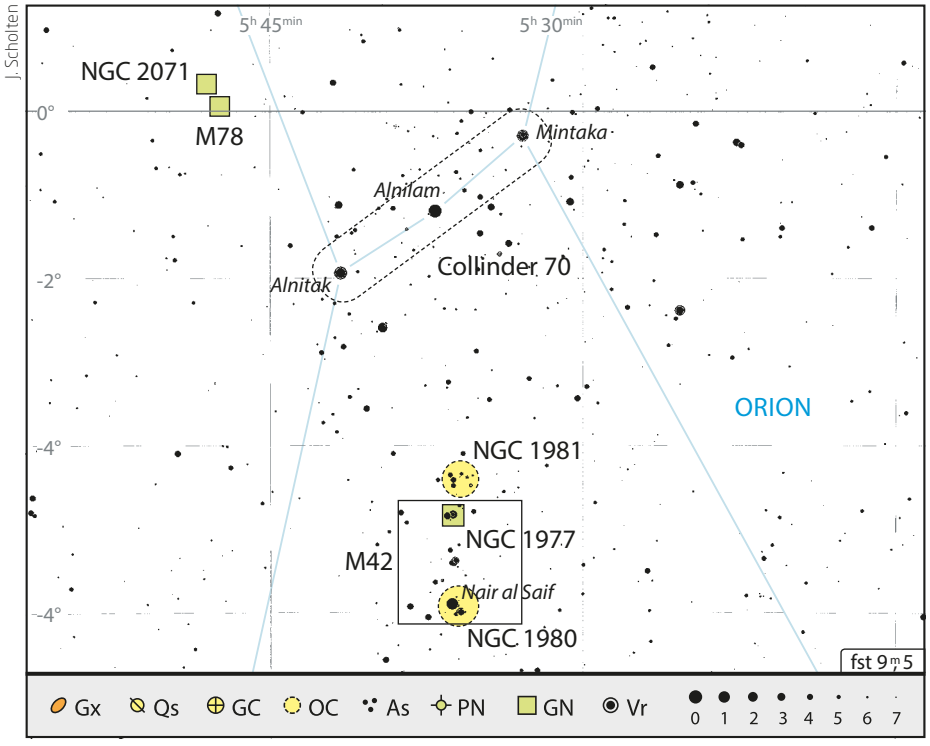
Fernglas-Wanderung: Rund um den Gürtel des Himmeljägers

Mit dem Orionnebel M 42 besitzt das Sternbild Orion einen der schönsten galaktischen Nebel überhaupt, doch auf dem Weg dorthin zeigt unsere Tour weitere interessante Himmelsobjekte in dieser Region.

Schmuckvoller Gürtel

Der Ausgangspunkt ist die Mitte des Orion, die in einer Reihe liegenden drei sogenannten Gürtelsterne. Mit dem Fernglas beobachtet, erkennt man bald, dass sich um diese »Kerzen« viele weitere schwächere Sterne scharen und mit ihnen einen offenen Sternhaufen bilden: Collinder 70. Der westlichste der drei hellen Gürtelsterne zeigt sich im Fernglas beim genauen Hinsehen doppelt. Mit 53" sollte Mintaka auch mit 8-facher Vergrößerung zu trennen sein, ein Aufstützen des Glases hilft dabei ungemein.

Etwas 2,5° nordöstlich des östlichsten Gürtelsterns mit Namen Alnitak befindet sich Messier 78, der hellste Reflexionsnebel des Sternhimmels. Dieser Nebel leuchtet nicht selbst, sondern reflektiert das Licht eines benachbarten Sterns. In kleineren Gläsern ist er nur schwer auszumachen und auch im 10×50 erscheint M 78 lediglich als kleiner, strukturloser Nebelfleck. Allerdings zeigt sich in größeren Ferngläsern nur wenige Bogenminuten nördlich ein weiterer, wenn auch noch schwächerer Nebel: NGC 2071.



▲ Abb. 2: **Aufsuchkarte zu den Objekten dieser Fernglas-Wanderung:** Die meisten Objekte dieser Tour lassen sich problemlos am Sternhimmel finden.

Glanzvolles Schwertgehänge

Etwa 3,5° südlich der Gürtelsterne erkennt man auch mit dem bloßen Auge eine senkrechte Formation, das sogenannte Schwertgehänge des Himmelsjägers. Schon ein Fernglas enthüllt uns einen interessanten Einblick in die Pracht dieser Himmelsregion voller Nebel und Sternhaufen, die schon eine eigene Fernglas-Tour ergäbe.

Ganz im Norden befindet sich der offene Sternhaufen NGC 1981, der sich schon mit kleinen Ferngläsern auflösen lässt. Während der nach Süden anschließende Reflexionsnebel NGC 1977 sich nur unter guten Bedingungen im 10×50 zeigt, sticht der große Nebelkomplex Messier 42 sofort ins Auge. In dessen hellem Innenbereich befindet sich das Mehrfachsternsystem θ Orionis. Mit Ferngläsern lassen sich zwei bis drei Komponenten trennen. Die Größe des Nebels hängt sehr von der Himmelsgüte ab. Ist diese gut, sollte am Nordrand von M 42 ein kleiner Fortsatz auffallen. Obwohl zum Orionnebel gehörend, wird er als eigenes Objekt unter dem Namen Messier 43 katalogisiert. Den südlichen Abschluss des Schwertgehänges bildet der offene Sternhaufen NGC 1980 um den Stern Nair al Saif (ι Orionis), der auch in kleinen Ferngläsern aufgelöst erscheint. ▶ Kay Hempel

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weitergabe an Dritte ist untersagt.

◀ Abb. 1: **Der Orionnebel M 42** hat für jeden Beobachter etwas zu bieten. *Hannes Bachleitner*

▲ Abb. 2: **Zeichnung von M 42**. *Rainer Mannoff*

Deep-Sky-Schätze für Stadtbeobachter: M 42 – Vielfalt im Orion

Der Orionnebel M 42 bietet Stadtastronomen ein doppeltes Beobachtungserlebnis: Zum einen lässt sich die Leistungsstärke eines Teleskops, insbesondere das Auflösungsvermögen, vorzüglich anhand des im hellen Zentralbereich, der sogenannten Huygens-Region, liegenden Mehrfachsternsystems θ^1 Orionis testen. Zum anderen bietet der die Trapezsterne einbettende Bereich die Chance, einmal in tiefe Nebelstrukturen eines Himmelsobjekts einzudringen – ein Erlebnis, das dem Stadtbeobachter ansonsten meist verwehrt ist.

Erstaunliche Einsichten

Beides kann schon mit einem preiswerten Refraktor mit einer Öffnung von 60mm gelingen, vorausgesetzt, die Optik sitzt auf einer stabilen Montierung: Bei 35× lassen sich immerhin drei Trapezsterne deutlich trennen, mit 56× sogar die B-Komponente des Trapezes, mit einer Helligkeit von $7^{m}9$ bis $8^{m}7$ lichtschwächstes Mitglied der vier Sterne des Quartetts. Jetzt wird auch der sogenannte »Sinus Magnus« als eine durchgängig dunkle Fläche erkennbar, allerdings nur wenig trennscharf abgegrenzt von der hellen Zentralregion.

Der Wechsel auf Refraktoren mit 80mm bzw. 100mm Öffnung bringt hinsichtlich der Auflösung der Trapezsterne gegenüber dem kleinen Teleskop keine signifikant besseren Ergebnisse, abgesehen vielleicht von einer höheren Trennschärfe. Anders jedoch das Ergebnis bezüglich der Nebelstrukturen: Im 80mm zeigen sich bereits bei 30× mehr Strukturen, bei 66× erscheinen im Nebelfeld bereits feine Hell-Dunkel-Bereiche, die sich bei 85× als »Wölkchen« definieren lassen. Noch eine Idee kontrastreicher dann der Blick durch den Vierzöller: Hell-Dunkel-Partien erscheinen noch feiner strukturiert und bieten insgesamt ein »stabileres« Bild der Huygens-Region.

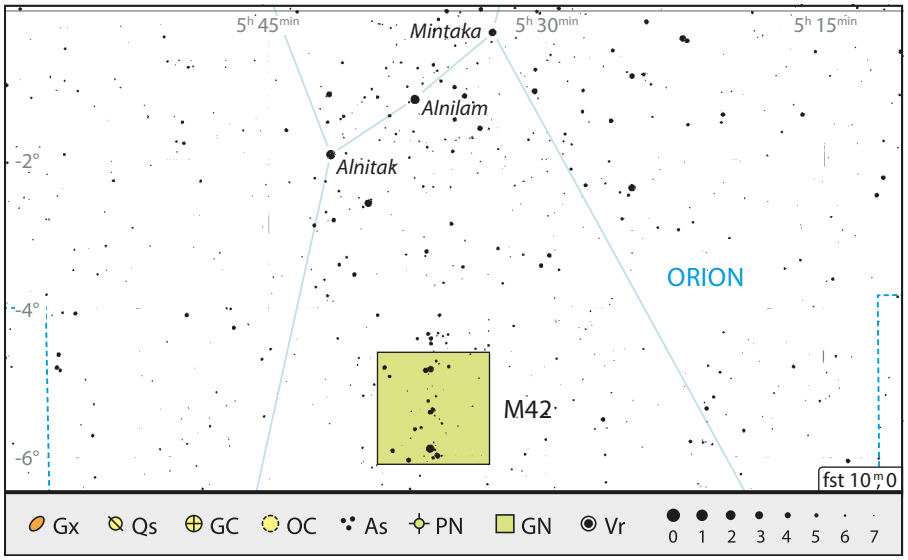
Faszination Deep-Sky

Eine erhebliche Steigerung bringt dann der Wechsel auf ein Spiegelteleskop der Cassegrain-Maksutov-Bauart mit 200mm Öffnung und 2000mm Brennweite. Zwar lassen sich auch mit diesem Gerät die beiden lichtschwächsten E- und F-Komponenten von θ^1 Orionis nicht entdecken; Objekte mit scheinbaren Helligkeiten von 11^{m} sind für Stadtbeobachter in der Regel unerreichbar. Dafür schafft es aber das Spiegelteleskop unabhängig von der gewählten Vergrößerung, die filigranen Wolkenstrukturen des hellen Nebelgebietes erheblich plastischer und kontrastreicher aufzulösen als die Refraktoren.

Mit 216× etwa bietet die Huygens-Region okularfüllend ein atemberaubendes Bild, wobei sich der »Sinus Magnus« als eine am Rand scharf begrenzte Dunkelfläche abzeichnet. Mit etwas Geduld und bei sehr guten Sichtverhältnissen zeigen sich sogar innerhalb der dunklen Fläche hellere Filamente – ein Bild, das man sonst nur auf Fotografien erhält.

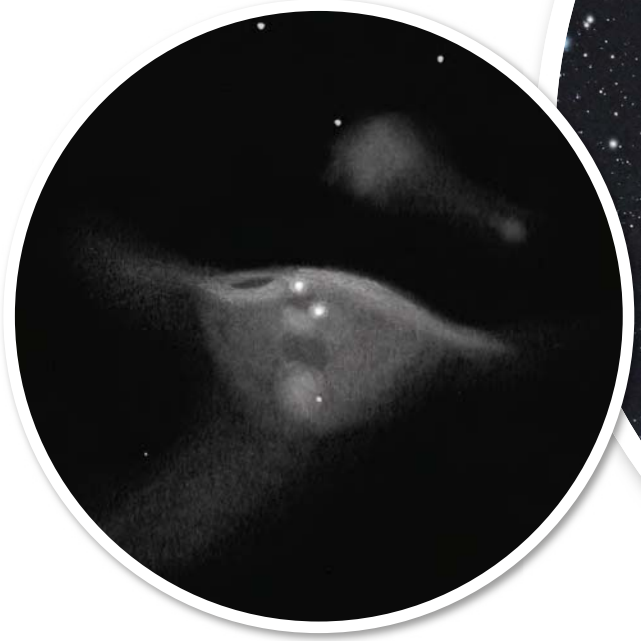
Im Ergebnis bietet so M 42 für jeden (Stadt-) Beobachter ein in seiner Vielfalt kaum zu überbietendes Beobachtungsfeld – gleichgültig, welches Teleskop zum Einsatz kommt.

▶ Karl-Peter Julius

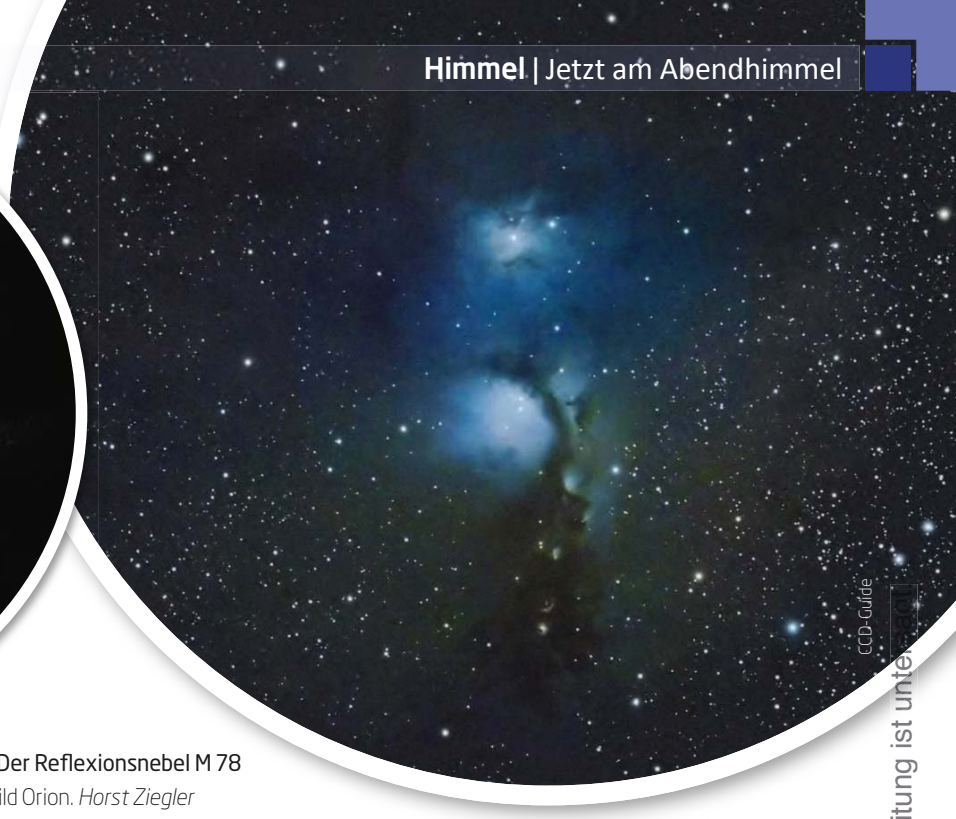


▲ Abb. 3: **Der Orionnebel M 42** im Sternbild Orion.

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



▲ Abb. 2: **Zeichnung von M78.** *Uwe Glahn*



▶ Abb. 1: **Der Reflexionsnebel M 78** im Sternbild Orion. *Horst Ziegler*

Deep-Sky-Schätze für Landbeobachter: M 78 - Hellster Reflexionsnebel

Oberhalb der Gürtelsterne des Sternbilds Orion befindet sich mit Messier 78 (NGC 2068) der hellste Reflexionsnebel des Himmels. In ländlichen Gebieten, unter einem dunklen und transparenten Nachthimmel, ist M 78 einer der wenigen Reflexionsnebel, welcher bereits im Fernglas erkannt werden kann. Er ist 1300 Lichtjahre von uns entfernt und hat eine Helligkeit von 7,^{m}8. Die Winkelausdehnung beträgt 8'×6' mit einer wahren Ausdehnung von über vier Lichtjahren.

Zwei Kerne mit diffusem Nebel

M 78 wurde Anfang 1780 von Pierre Méchain entdeckt und am 17. Dezember des gleichen Jahres von Charles Messier in seinem Katalog diffuser Objekte aufgenommen. Messier übernahm auch Méchains Beschreibung, der in M 78 zwei helle Kerne sah, welche von einem diffusen Nebel umgeben sind. Mit dem bloßen Auge kann M 78 nicht gesichtet werden. Zum Aufsuchen schwenkt man daher ein Fernglas oder einen Teleskopsucher vom linken östlichen Gürtelstern des Orion (ζ Orionis, Alnitak) etwa 2,5° in Richtung Nordosten. Es kann auch hilfreich sein, sich am gestrichelten Sternmuster der Aufsuchkarte zu orientieren.

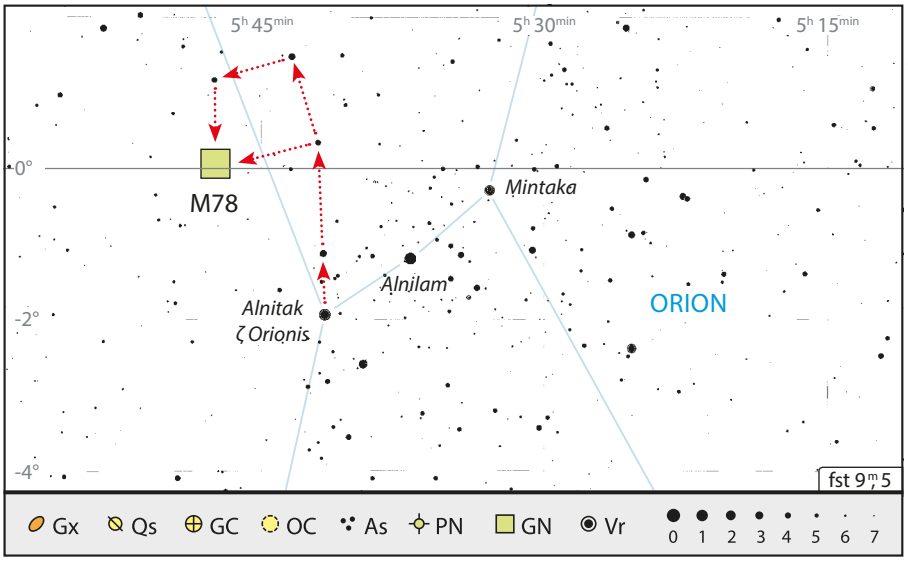
In einem 10×50 Fernglas ist M 78 als schwacher Nebelfleck erkennbar. In Teleskope mit 100mm Öffnung und ca. 50-facher Vergrößerung sieht er wie ein kleiner lichtschwacher Komet aus, der einen doppelten Kern besitzt. Dies sind zwei dicht zusammenstehende junge Sterne (10,^{m}4 und 11^{m} hell mit einem Abstand von 50,4"), deren bläuliches Licht vom Reflexionsnebel gestreut wird. Der nordwestliche Teil des Nebels sieht scharf begrenzt aus, während die anderen Teile diffus in den Hintergrund übergehen. Besonders der südöstliche Teil sieht dabei wie ein Kometenschweif aus.

Sternleere Region

In Teleskopen mit 200mm Öffnung kommt die nordwestliche Nebelkante stärker zum Vorschein. Im Zentrum wird ein schwächerer Stern 13. Größenklasse sichtbar, der südlich der beiden helleren Sterne steht. Im Vergleich zu anderen Gebieten des Orions fällt auf, dass die Region um den Nebel ziemlich sternleer ist. Größere Teleskope mit 250-300mm Öffnung zeigen noch mehr Details. Die gesamte Nebelregion ist von dunklem Staub überlagert. Wolkenartige Strukturen sind zu sehen. Die Randbereiche sind noch besser erkennbar und der nördliche Teil erscheint deutlich abgegrenzt.

Ein Nebelfilter bringt übrigens keine bessere Detailwahrnehmung, da der Reflexionsnebel nur die kontinuierliche Strahlung der Sterne streut. Aus diesem Grund ist für die Beobachtung von M 78 ein dunkler und transparenter Landhimmel unerlässlich.

▶ Michael Feiler



▲ Abb. 3: **Aufsuchkarte** für M 78 im Orion.

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

▶ Abb. 1: **Polarlichter beeindrucken wie kaum eine zweite Himmelserscheinung. Wenn die Aktivität hoch ist,** - überstrahlen sie auch die Dämmerung und Lichtverschmutzung, wie hier am 25.8.2016 über dem isländischen Gundarfjörður. Canon EOS 6D, 24mm bei f/4, ISO 3200, 5s belichtet.

R. Stoyan

Dieser PDF-Download ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

AUF POLARLICHT-JAGD IM NORDEN EUROPAS

Praktische Tipps für die eigene Polarlicht-Exkursion

Wer es einmal erlebt hat, den lässt es nicht mehr los: Polarlichter gehören zu den großartigsten Himmels-Schauspielen, die die Natur bereithält. In nur wenigen Flugstunden Entfernung von Mitteleuropa sind sie beinahe jede klare Nacht zu sehen. Drei bis fünf Jahre nach dem Aktivitätsmaximum der Sonne 2013/14 ist die Polarlicht-Aktivität jetzt am größten – Zeit für eine eigene Exkursion.

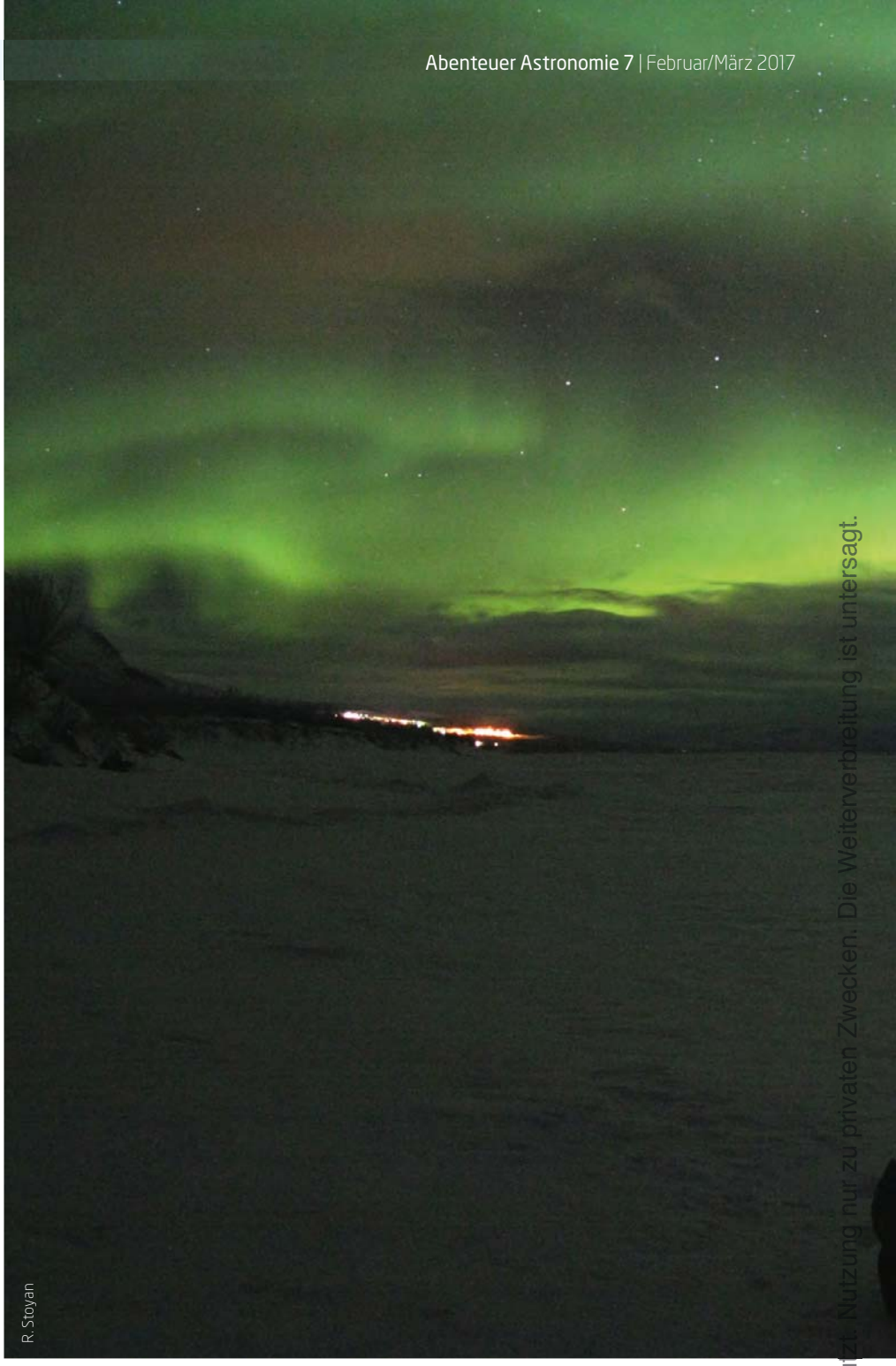
Dieser Artikel ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung, Stu[illegible]

Generell sind Polarlichter in hohen nördlichen und südlichen Breiten gleichermaßen zu sehen. Die größte Beobachtungswahrscheinlichkeit besteht innerhalb der sogenannten Polarlicht-Ovale. Diese mehrere hundert Kilometer breiten Zonen umgeben die geomagnetischen Pole nahezu konzentrisch. Ihre Ausdehnung ist abhängig von der Stärke des am Erdmagnetfeld eintreffenden Sonnenwinds; bei hoher Aktivität sind die Polarlicht-Ovale breiter und reichen bis zu niedrigeren Breiten herab. An den Magnetpolen selbst gibt es keine Polarlichter.

Nordwärts

Für Reisen von Mitteleuropa aus kommt das nördliche Polarlicht-Oval infrage. Da sich der geomagnetische Nordpol im Norden von Kanada befindet, liegt das Polarlicht-Oval in Nordeuropa schräg zu den geographischen Koordinaten. Von Amerika kommend verläuft es über Island nach Nordosten und überquert dann den Norden Skandinaviens mit Nordnorwegen, den nördlichsten Zipfel Schwedens und Lappland, das die nördlichen Bereiche von Finnland umfasst. Mit Einschränkungen ist auch der Archipel der Färöer-Inseln mit zu den Polarlicht-Destinationen zu zählen. Spitzbergen liegt dagegen bereits zu weit nördlich.

Die Saison für Polarlichter reicht von Ende August bis Anfang April – generell muss es dunkel genug sein, damit sich die Lichter gegen die Dämmerung durchsetzen können. Die Sommermonate fallen wegen der Mitternachtssonne aus, wobei die Saison in Island wegen der etwas südlicheren Lage eher beginnt und später endet als in Skandinavien. Die Polarlicht-Aktivität ist um die Äquinoktien statistisch am höchsten, deshalb sind die Monate Oktober und März am begehrtesten für Reisen. Tatsächlich schwankt jedoch die Aktivität so stark, dass auch zwischen November und Februar die Bedingungen nicht wesentlich schlechter sind.



R. Stoyan

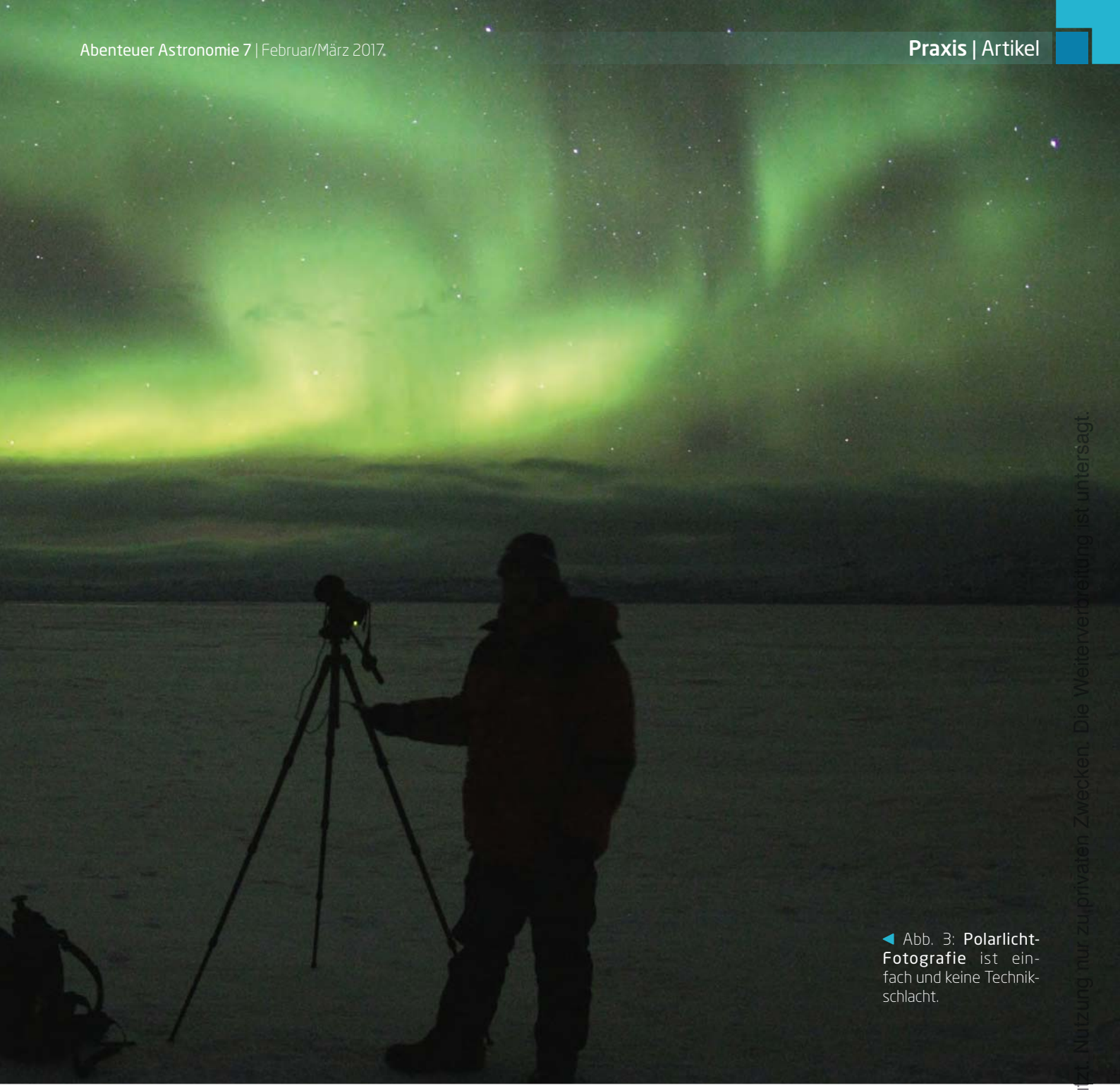
R. Stoyan

▲ Abb. 2: **Der Idealfall: Polarlichter direkt über der Unterkunft.** Meist muss man sich jedoch mit dem Auto an eine geeignete Stelle begeben.

Hotel oder Ferienwohnung?

Für eine Exkursion im Oktober spricht, dass dann oft noch kein Schnee liegt und es generell wärmer ist. Der Nachteil ist, dass Seen, die vielfach die besten Beobachtungsplätze darstellen, dann noch nicht zugefroren und begehbar sind. Im März ist es deutlich kälter, vor allem in Skandinavien muss man mit durchgehend zweistelligen Minusgraden rechnen.

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



◀ Abb. 3: **Polarlicht-Fotografie** ist einfach und keine Technikschlacht.

Überall liegt dann eine geschlossene Schneedecke, die Seen sind eisbedeckt und begehbar.

Die ideale Unterkunft liegt in einem dunklen Gebiet, ist nicht zu weit weg vom nächsten Flughaften und auch bei Schnee erreichbar. Sehr vorteilhaft ist eine Option mit Vollverpflegung, wobei meist ein reichhaltiges Frühstück und ein warmes Abendessen reichen (Halbpension). Dies bieten vor allem klassische Hotels, wobei die Auswahl geeigneter Betriebe, die die drei obigen Bedingungen erfüllen, in allen Ländern nicht sehr groß ist. Viele größere Hotels bieten einfachere Unterkünfte auf Jugendherbergs-Niveau an.

Eine größere Standort-Auswahl bieten Ferienwohnungen oder die in den nordischen Ländern überall vorhandenen Selbstversorger-Hütten, hier muss man sich aber um die Mahlzeiten selbst kümmern – gerade in abgelegenen dunklen Gebieten aufgrund der großen Entfernungen zum nächsten Supermarkt nicht immer ganz einfach.

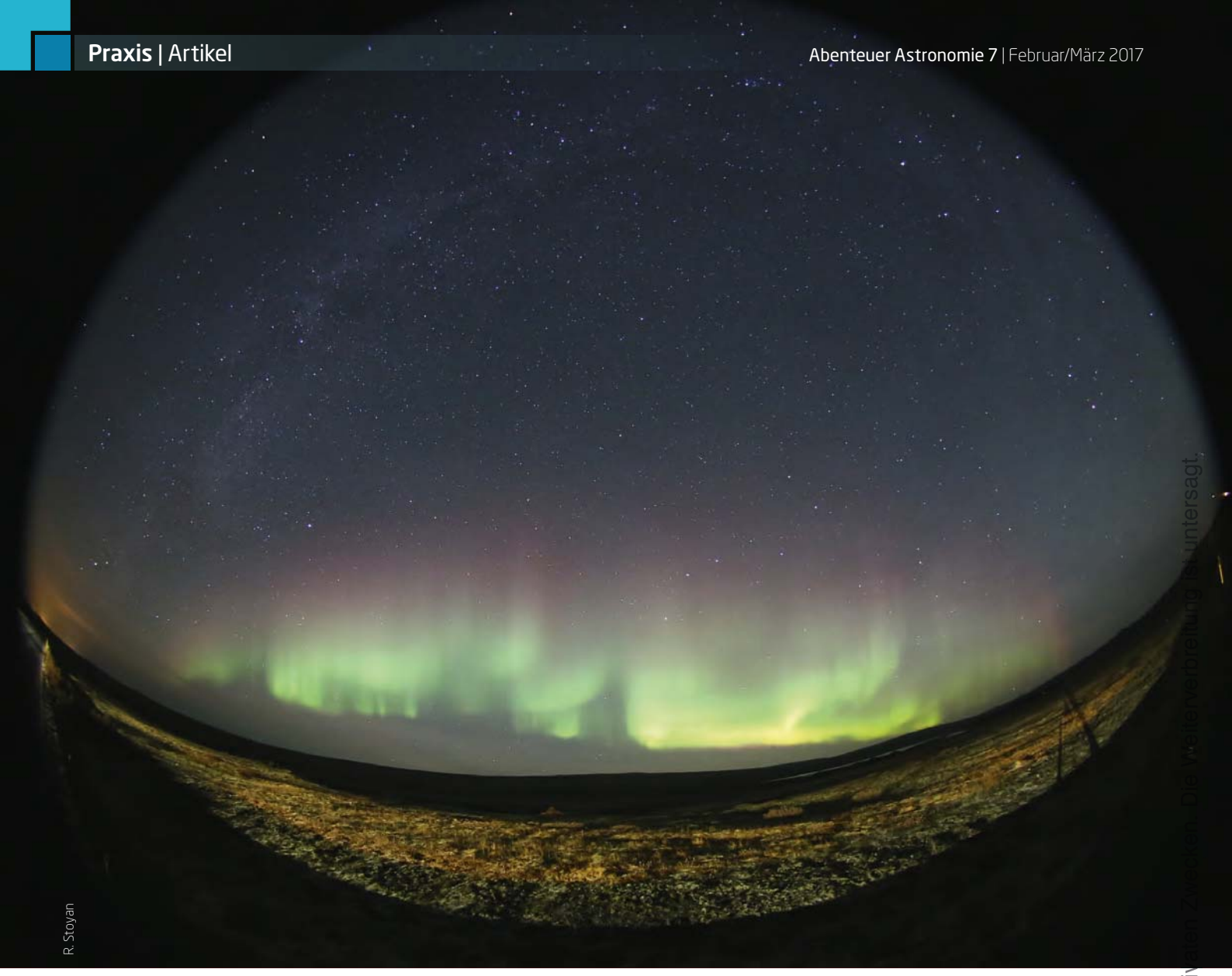
Generell – mit Ausnahme von Finnland – ist mit hohen Kosten für Unterkunft und Essen zu rechnen: Man wird kaum mit weniger als 100€ am Tag auskommen können. Inklusive Flug und Mietauto sollte man 1500€ pro Person für eine einwöchige Exkursion ansetzen, wenn man zu zweit unterwegs ist.

Dunkler Himmel

Helle Polarlichter kann man mitten aus der Stadt sehen, aber für eine genussvolle Beobachtung und vor allem gute Fotos ist ein dunkler Standort sehr wichtig. Problematisch ist die sehr starke Lichtverschmutzung in allen nordischen Ländern selbst in kleinsten Orten. Auch die Außenbeleuchtung der Hotels ist oft sehr störend. In fast allen Fällen ist ein eigenes Fahrzeug daher unerlässlich, um geeignete dunkle Beobachtungsorte aufsuchen zu können. Dabei sollte man bedenken, dass größere Strecken oft viel langsamer als bei uns zurückgelegt werden können – wegen kurviger Straßen und geltenden Tempolimits. Es gibt, mit Ausnahme der Strecke Keflavik-Reykjavik, keine Autobahnen in den Polarlicht-Regionen.

Der Beobachtungsstandort hat idealerweise freie Sicht in alle Richtungen, insbesondere nach Norden. Berge oder Seen

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



R. Stoyan

▲ Abb. 4: **Polarlicht in Hrauneyjar/Island am 5.11.2016.** Canon EOS 6D, 9mm bei f/3,5, ISO 6400, 15s belichtet.

beleben das Motiv. Vermeiden sollte man starke Lichtquellen, sie stören die Adaption der Augen und Langzeitbelichtungen. Leider sind windgeschützte Lagen oft nicht vorhanden.

Das Wetter im Winter in Skandinavien ist besser als sein Ruf, es bietet insbesondere mehr klare Nächte als zur gleichen Zeit in Mitteleuropa. Ich hatte bei meinen Exkursionen immer in deutlich mehr als 50% der Nächte wenigstens teilweise klaren Himmel. Einzelne Wolken stören kaum, selbst hohe Schleier können einigermaßen starken Polarlichtern nichts anhaben.

Inlandslagen sind als Standorte oft besser geeignet, weil sie niederschlagsarme Hochdrucklagen begünstigen. Dort ist es dann aber auch wesentlich kälter als an der Küste. Immer sollte man daran denken, dass sich das Wetter kurzfristig ändern kann: Bei einem aufziehenden Schneesturm sollte man rasch die Unterkunft aufsuchen, da Straßen schnell unpassierbar werden können. Mietfahrzeuge sind im Winter in Nordeuropa üblicherweise mit Spikes-Reifen ausgestattet.

Ausrüstung

Am wichtigsten ist Kleidung, die effektiv gegen Wind und Kälte schützt! Hier hat sich das Zwiebelprinzip bewährt, wobei Oberkörper, Arme und Beine jeweils mindestens mit drei »Schalen« bedeckt sein sollten. Die kritischsten Zonen bei großer Kälte sind der Kopf, die Hände und vor allem die Füße – man bewegt sich ja kaum!

Ratsam sind Handschuhe, mit denen sich die mitgebrachten Instrumente bedienen lassen. Problematisch ist es für Brillenträger, denn die Gläser beschlagen leicht und gefrieren. Andererseits kann eine Brille auch für Menschen sinnvoll sein, die tagsüber gut sehen: Nachtmyopie, die Kurzsichtigkeit bei Dunkelheit, ist ein verbreitetes Phänomen.

Es liegt nahe, die beeindruckenden Lichtschauspiele fotografisch festzuhalten. Die Ausrüstung dafür ist relativ überschaubar und auch von Nicht-Astrofotografen zu beherrschen. Ich empfehle ein stabiles Stativ mit Zweiwege-Videoneiger. Damit sind zwar nur Querformat-Aufnahmen möglich, diese sind wegen der Horizont-Perspektive aber auch die überwiegende Motivwahl. Mit einem Dreiwege-Neiger oder Kugelkopf kann man auch im Hochformat fotografieren, der zusätzliche Freiheitsgrad macht jedoch auch die genaue waagerechte Bildausrichtung schwieriger – vor allem dann, wenn der gesamte Himmel »brennt« und schnelle Motivwechsel die Regel sind.

Schick mir ein Foto!

Als Kamera kann prinzipiell jedes Aufnahmegerät verwendet werden, das eine manuelle Einstellung von Belichtungszeit und Schärfe ermöglicht. Ich empfehle jedoch eine DSLR-Kamera, insbesondere im Vollformat. Der zusätzliche Gewinn an Bildfeld, Auflösung und Schärfe macht sich gerade bei Polarlicht-Aufnahmen stark

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

bemerkbar. Ich habe aber auch mit APS-C-Kameras schöne Bildergebnisse erzielt.

Für eine vorzeigbare Aufnahme ist eine gute Durchbelichtung entscheidend. Bei sich schneller bewegenden Polarlichtern entstehen schon ab Belichtungszeiten von 1s Verwischungseffekte. Deshalb empfiehlt es sich, die Ausrüstung auf möglichst kurze Belichtungszeiten auszurichten. Neben einer Kamera, die rauschfrei bei mindestens 3200 bis 6400 ISO betrieben werden kann, sollten möglichst Objektive mit Maximalblenden von unter f/4,0 zum Einsatz kommen. Allerdings ist bei vielen Objektiven eine starke Verzeichnung und Vignettierung bei maximaler Offenblende zu beobachten, meine Empfehlung ist daher immer mit einer Blendenstufe weniger zu fotografieren.

Objektiv-Brennweiten bis ca. 30mm sind für Vollformat-Kameras geeignet. Ich finde Fisheye-Objektive interessant, insbesondere wenn der gesamte Himmel abgebildet werden kann. Weil aber der Objektivwechsel eine der größten Unbequemlichkeiten darstellt, bietet es sich an mit einem Ultraweitwinkel-Zoom zu arbeiten oder eine zweite Kamera parat zu haben. Auf keinen Fall vergessen sollte man Ersatzbatterie, Ersatzspeicherkarte und Fernauslöser, der allerdings bei den kurzen Brennweiten nicht zwingend nötig ist.

Immer was los

Meine Erfahrung ist: In jeder klaren Nacht ist zumindest etwas zu sehen. Nur wer das Pech hat einen Aktivitätsindex von Kp 0 zu erwischen, sieht tatsächlich gar nichts (vgl. Tabelle).

Bei geringer Aktivität (Kp 1 bis 3) gilt die Empfehlung, ab etwa 20 Uhr Ortszeit einen Blick Richtung Norden zu werfen. Dort wird man ein diffuses helles Band über dem Horizont sehen, das visuell nur mit etwas Übung von Wolken zu unterscheiden ist. Dieses Band steigt bis Mitternacht höher, ab Kp 2 auch über den Zenit hinaus. Entlang des Bandes zeigen sich nach einiger Zeit Bewegungen, es bilden sich lautlos huschende Vorhänge, und im Zenit kann es zur Korona kommen, jener »Licht-Krone«, die sich scheinbar auf den Beobachter hinabsenkt.

Zwischen den aktiven Phasen liegen oft Pausen von bis zu 30min – ideal zum Aufwärmen. Man sollte aber immer darauf gefasst sein, dass es plötzlich weitergeht. Nach Mitternacht zeigen sich oft pulsierende Lichter, über große Teile des Himmels verstreut. Deren Aktivität nimmt bis zum Morgen ab. Mondlicht stört Polarlicht-Beobachtungen übrigens kaum, stattdessen entstehen für Fotografen interessante Beleuchtungssituationen.

Leider ist die Polarlicht-Aktivität mittelfristig nicht genau genug vorhersagbar, um Reisen zu planen, maximal ein bis zwei Tage vorher lässt sich mit einiger Gewissheit eine Aktivitätsspitze ankündigen. Will man so kurz entschlossen reisen, sind jedoch nicht immer passende Unterkünfte zu bekommen. Stressfreier ist es, sich vorab ein Ziel auszuwählen und dann vor Ort Gelegenheiten auf klaren Himmel abzupassen. Für Wolkennächte empfiehlt sich die vielfach vorhandene Sauna!

Reiseziel Island

Die Insel im Nordatlantik ist momentan touristisch stark nachgefragt, es herrschen Preissteigerungen von bis zu 30% jährlich und ein sehr dynamischer Markt mit ständig wechselndem Angebot an Unterkünften. Inzwischen sind diese auch in der Wintersaison stark gebucht, da es Polarlicht-Touristen aus aller Welt nach Island zieht. Aufgrund der großen Popularität gibt es zahlreiche Direktflüge von mitteleuropäischen Flughäfen nach Keflavik.

Abseits der winterlichen Touristenpfade liegt Hrauneyjar an einer der wenigen Asphaltstraßen in das Hochland. Da die sich anschließende Hochlandpiste im Winter gesperrt ist, verirren sich nur wenige Touristen hierher. Diese sehr einsame Unterkunft bietet außerdem einen großen Abstand zur enormen Lichtverschmutzung um Reykjavik. Man hat einen flachen Horizont in alle Richtungen und sehr dunklen Himmel.

Das Hotel bietet vom einfachen Mehrfachzimmer bis zu modernen Einzelzimmern verschiedene Unterkünfte an. Dazu gibt es ein hoteleigenes Restaurant und ein sehr gutes Frühstück. Störend ist die nächtliche Beleuchtung der Tanksäule vor dem Hotel, man muss entweder ca. 200m auf der Straße zu Fuß gehen oder mit dem Auto einen geeigneten Platz aufsuchen.

Entlang der die Insel umlaufenden Ringstraße gibt es weitere Unterkünfte. Sie haben jedoch allesamt den Nachteil, in oder nahe von Siedlungen zu liegen, so dass man immer weite Strecken fahren muss. Außerdem sind sie oft sehr weit vom Flughafen in Keflavik, der ganz am äußersten südwestlichen Ende der Insel liegt, entfernt.

Kp-Wert	Aktivität	Details	Belichtungszeit bei f/2,8, ISO 6400
0	Keine	keine Polarlichter sichtbar	–
1	Ruhig	stationärer Bogen im Norden	30s
2	Ruhig	ruhige Bögen, langsame Bewegungen möglich	15s
3	Unbeständig	Vorhänge, schnellere Bewegungen, schwache Korona möglich	10s
4	Aktiv	wiederholte schnelle Bewegungen, Korona möglich	5s
5	Leichter Sturm	Aktivität am ganzen Himmel, schnelle Bewegungen, Korona mehrfach möglich	1s
6	Großer Sturm	Vielfalt an Formen und Farben, sehr schnelle Bewegungen, Korona wiederholt	0,1s
7	Schwerer Sturm	Große Vielfalt an Formen und Farben, sehr schnelle Bewegungen, Korona wiederholt	0,1s
8	Extremer Sturm	Extreme Vielfalt an Formen und Farben, sehr schnelle Bewegungen, Korona wiederholt	0,1s
9	Extremer Sturm	Extreme Vielfalt an Formen und Farben, sehr schnelle Bewegungen, Korona wiederholt	0,1s

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

R. Stoyan

▲ Abb. 5: **Auf dem zugefrorenen Torneträsk am 8./9.2.2013 bei Abisko/Schweden.** Canon EOS 1000D, 16mm bei f/2,8, ISO 800, 30s belichtet.

Island ist sehr teuer. Selbst für einfachste Unterkünfte muss man 100€ ohne Frühstück ansetzen, ein einfaches Mittag- oder Abendessen kostet 20€. Auf der Plus-Seite kann man die touristische Attraktivität mit Geysiren, Solfataren, Wasserfällen und heißen Quellen verbuchen.

Reiseziel Färöer

Die Färöer-Inseln haben ein sehr regenreiches und windiges Klima, sie sind deshalb eher weniger für Reisende interessant, die hauptsächlich Polarlichter beobachten wollen. Die hierzulande kaum bekannten Inseln bieten jedoch eine spektakuläre und nicht überlaufene Naturlandschaft. Verkehrstechnisch sind sie gut erschlossen und deutlich preiswerter als Island oder Norwegen.

Alle Flüge verkehren über Kopenhagen. Die Preise dafür sind teilweise erheblich, weil keine große Nachfrage besteht.

Reiseziel Norwegen

In Nordnorwegen ist Tromsø der erste Anlaufpunkt. Die Stadt liegt auf fast 70° nördlicher Breite und ist ideal zum Polarlicht-Oval positioniert. Flüge hierher lassen sich mit Zwischenstopp in Oslo von vielen größeren mitteleuropäischen Flughäfen buchen.

Ein großer Nachteil ist allerdings die extreme Lichtverschmutzung. Tromsø ist die mit Abstand größte Stadt Nordskandinaviens und ausgeleuchtet wie eine Millionen-Metropole. Deswegen gilt es, größere Entfernungen zu fahren, um der Lichtglocke zu entkommen, was wegen der von Fjorden gezeichneten Küstenlinie mit großem zeitlichen Aufwand verbunden ist.

Ein weiterer Nachteil ist die dem vorherrschenden Westwetter ausgesetzte Lage. An prinzipiell gut geeigneten Standorten sind teilweise Berge im Weg. Gleichzeitig gibt es gute Motive mit spiegelndem Wasser. Wer Zeit für die Suche nach einem guten Platz hat, kann mit besonders schönen Motiven belohnt werden.

Eine Alternative zu Tromsø bietet das weiter nördlich gelegene Alta, die selbst ernannte Polarlicht-Hauptstadt von Norwegen. Flüge hierher sind jedoch wesentlich weniger dicht gestreut als nach Tromsø.

Norwegen ist noch einmal deutlich teurer als Island, was Unterkünfte und Verpflegung betrifft. Eine von vielen Polarlicht-Fans gebuchte Alternative ist die spektakuläre Schiffstour mit den Hurtigruten entlang der norwegischen Küste.

Reiseziel Schweden

Nur der nördlichste Zipfel von Schweden ist für Polarlicht-Beobachter interessant. Zugangspunkt ist der Flughafen von Kiruna, der über einen Zwischenstopp in Stockholm ähnlich gut erreichbar ist wie Tromsø. Eine besonders geeignete Unterkunft, die stark um die Gunst von Polarlicht-Touristen aus aller Welt wirbt, ist die Abisko Turiststation, auch als Abisko Mountain Station bezeichnet, etwa zwei Autostunden nordwestlich von Kiruna. Sie liegt an der berühmten Erzbahn von Kiruna nach Narvik und ist damit per Eisenbahn zu erreichen – wenn man die tagelange Fahrt durch Schweden als Teil des Abenteuers begreift.

Die Abisko Turiststation liegt am gleichnamigen Nationalpark und dem See Torneträsk. Sie wird im Winter vor allem von Gästen aus Fernost stark besucht, die eine Polarlichtnacht als Teil einer Europa-Tour buchen. Es gibt verschiedene Unterkunftskategorien, ein Hostel sowie Selbstversorger-Unterkünfte sind angeschlossen. Ein hauseigenes Restaurant versorgt mit Frühstück und warmen Mahlzeiten.

Leider ist das Hotel stark beleuchtet. In der Umgebung wächst ein dichter mannshoher Birkenwald, der jeden Blick zum Horizont

IM DETAIL

Daten der empfohlenen Unterkünfte

Finnland
Hotel Jeris
Jerisjärventie 91, 99300
Muonio, Finnland
www.harriniva.fi
67° 56′ 42,0″ Nord, 24° 2′ 33,2″ Ost

Schweden
Abisko Turiststation
981 07 Abisko, Schweden
www.visitabisko.com/accommodation/stf-abisko-mountain-station/
68° 21′ 32,0″ Nord, 18° 47′ 4,3″ Ost

Island
Hrauneyjar
Sprengisandsleið F26,
Hella South Iceland, Island
www.hrauneyjar.is
64° 11′ 51,4″ Nord 19° 17′ 11,2″ West

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

erschwert. Den besten Beobachtungsplatz bietet das etwa 800m entfernte Ufer des Torneträsk mit Blick nach Norden. Ab November ist der See zugefroren und bietet einen sehr guten Standort mit freier Sicht in alle Richtungen.

Bei den Polarlicht-Touristen aus Fernost punktet das Hotel mit der Sky Station, einem per Seilbahn erreichbaren nahe gelegenen Berg. Für 65€ kann man an einer Tour teilnehmen, allerdings darf man nur bis Mitternacht, wenn die Polarlicht-Aktivität am größten ist, bleiben. Bei schlechtem Wetter kann die Tour ganz ausfallen und wird durch einen Vortrag ersetzt, es gibt keine Rückerstattung der Kosten – schade, dass dieser beeindruckende Platz somit für Beobachter kaum infrage kommt.

Unter den vielen Zusatzangeboten, die Abisko bietet, sind auch geführte Polarlicht-Fototouren. Hier muss man keine eigene Kamera mitbringen, die Kosten betragen 100€. Insgesamt ist auch Nordschweden nicht preiswert. In Abisko gibt es noch weitere Unterkünfte, die meisten liegen im eigentlichen Ort, der sich etwa einen Kilometer von der Turiststation entfernt befindet.

Reiseziel Finnland

Im finnischen Teil von Lappland gibt es mehrere geeignete Orte, um Polarlichtern nachzustellen. Es gibt aber auch Wintersportorte mit extremer Lichtverschmutzung (beleuchtete Pisten und Loipen) – vor der Buchung sollte dies unbedingt abgeklärt werden.

Die Anreise erfolgt über die Flughäfen von Ivalo oder Kittilä. Ich habe gute Erfahrung gemacht mit dem Hotel Jeris, das sich etwa 45 Autominuten nördlich von Kittilä befindet. Es liegt weitab von Siedlungen in dichtem Nadelwald an einem See. Als Unterkünfte werden Hotelzimmer und Hütten angeboten, ein Restaurant versorgt mit Frühstück und warmen Speisen.

Im Wald gibt es keine Beobachtungsmöglichkeit. Am Ufer des Sees kann man Richtung Westen blicken, allerdings stört hier die Außenbeleuchtung der Sauna. Ab November verbessert sich die Beobachtungssituation erheblich, wenn man auf den zugefrorenen See ausweichen kann. Mehrere Langlaufloipen führen über das Eis.

Der Himmel ist exzellent und dunkel.

Ein großer Vorteil Finnlands sind die immer noch nicht geringen, aber doch überschaubareren Kosten, außerdem hat Finnland als einziges nordeuropäisches Land den Euro. Wie in allen anderen Ländern auch ist die Kommunikation auf Englisch kein Problem.

Für welches Land man sich entscheidet, hängt von persönlichen Vorlieben, zusätzlichen Aktivitäten und Flugangeboten ab. Ich kann sowohl Island als auch Schweden und Finnland für eine eigene Exkursion sehr empfehlen.

▶ Ronald Stoyan

BUCHTIPP

24 STD. IM WEBSHOP ONLINE EINKAUFEN

Polarlichter

- Andreas Pfoser, Tom Eklund
  ISBN: 978-3-938469-67-5
  Link zum Webshop:
  https://www.oculum-verlag.de/detailview?no=541

R. Stoyan

R. Stoyan

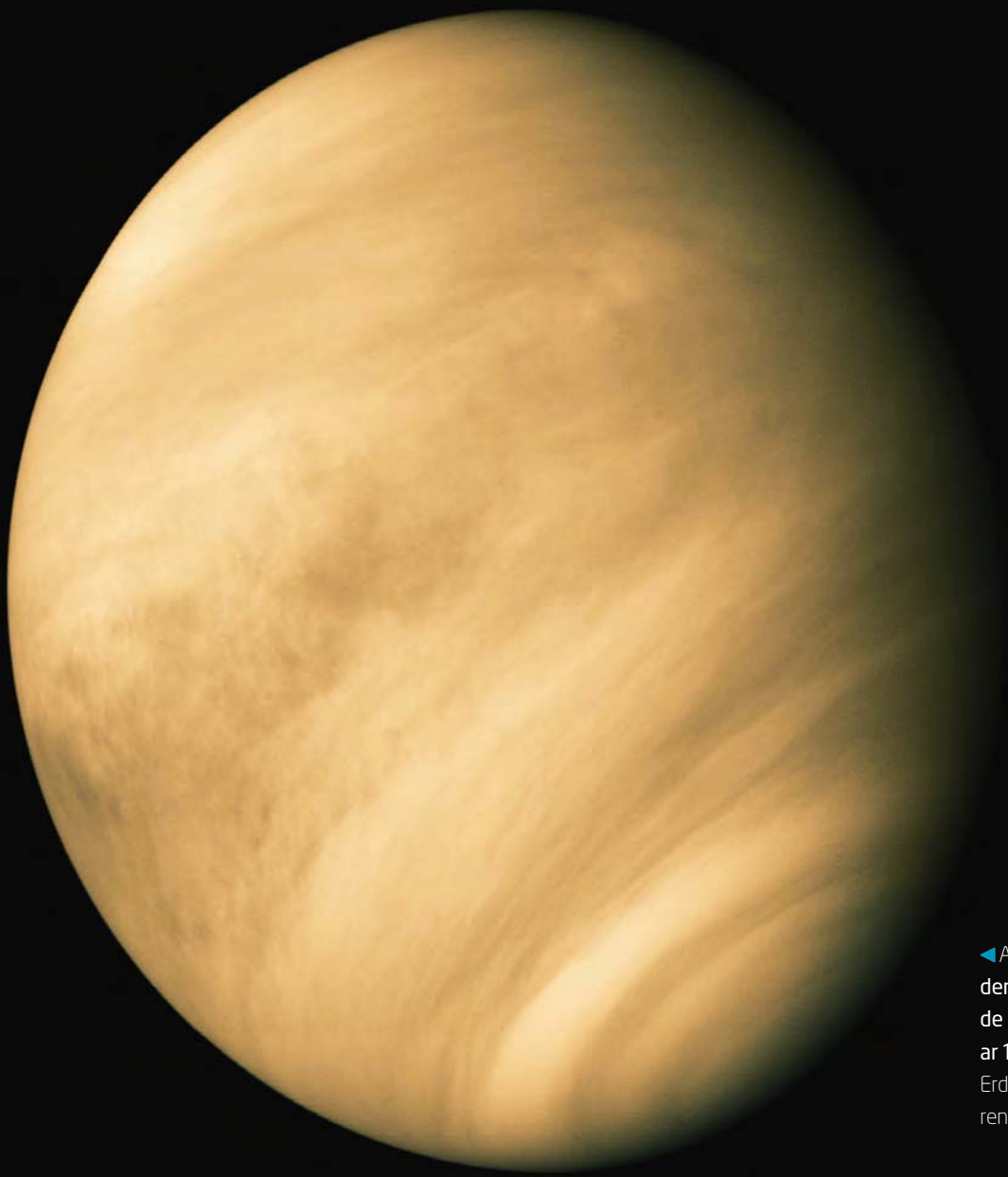
◀ Abb. 6: **Beeindruckend farbige Lichter am 27./28.10.2014 über dem Jerisjärvi/Finnland.** Canon EOS 6D, 16mm bei f/2,8, ISO 6400, 5s belichtet.

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

LIEBESGÖTTIN IM WANDEL

Die Venus und ihre Phasengestalten

Zu den auffälligsten Himmelsobjekten gehört die Venus. Früh am Morgen oder Abend leuchtet sie in einer Helligkeit, die von keinem anderen Stern oder Planeten erreicht wird. Sogar am Taghimmel kann sie beobachtet werden. Vielleicht war dieser außergewöhnliche Glanz des Planeten Grund für seine Benennung nach der römischen Göttin der Liebe und der Schönheit.



Calvin J. Hamilton

◀ Abb. 1: **Venus im Blick der amerikanischen Sonde Mariner 10 im Februar 1974.** Visuell sind von der Erde aus die Wolkenstrukturen so nicht sichtbar.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die Weitergabe an Dritte ist untersagt.

Da die Venus sich innerhalb der Erdbahn befindet, kann sie – anders als die Planeten jenseits der Erdbahn – nie der Sonne am Himmel gegenüberstehen, sondern sich nur einen bestimmten Winkel von ihr entfernen. Dieser Winkelabstand wird als Elongation bezeichnet. Die Venus entfernt sich maximal 48° von der Sonne. Dann erreicht sie ihre sogenannte Größte Elongation.

Mario Weigand

▲ Abb. 2: **Fotografie der abnehmenden** Venussichel am Taghimmel.

Keine Venus mitten in der Nacht

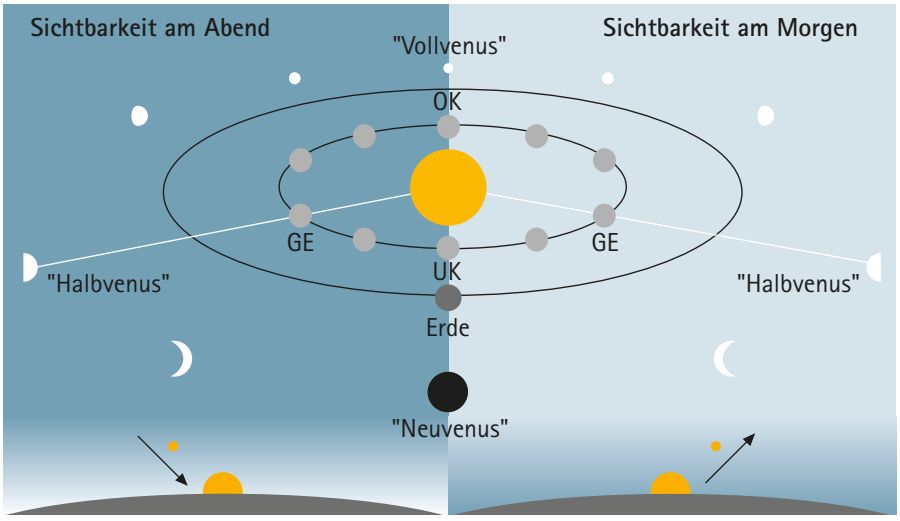
Aus diesem Grund können wir den Planeten auch nie die ganze Nacht über beobachten. Je nachdem ob sich der Planet auf seiner Bahn um die Sonne westlich oder östlich unseres Zentralgestirns befindet, sehen wir ihn entweder einige Zeit am westlichen Abendhimmel nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang am östlichen Morgenhimmel. Wenn die Venus genau zwischen Sonne und Erde steht, wird dies als Untere Konjunktion bezeichnet, die Stellung, wenn sie sich hinter der Sonne befindet, als Obere Konjunktion. Während der beiden möglichen Konjunktionen ist der Planet in der Regel nicht zu beobachten.

Phasen im Wandel

Die Venus umkreist innerhalb der Erdbahn die Sonne. Daher zeigt sie wie der Erdmond verschiedenen Phasengestalten von der »Vollvenus« bis zur »Sichelvenus«. So wird der Planet einige Wochen nach der Oberen Konjunktion als kleines fast volles Scheibchen sichtbar. Danach vergrößert sich der Abstand zur Sonne, während der Anteil der beleuchteten Oberfläche abnimmt und gleichzeitig der scheinbare Durchmesser zunimmt. Die Venus bewegt sich dabei auf die Erde zu. Zur Größten Östlichen Elongation sieht man am Abendhimmel eine »Halbvenus«, die weiter zu einer großen, aber schmalen Sichel schrumpft und während der Unteren Konjunktion als »Neuvenus« nicht mehr sichtbar ist.

Lediglich zu den seltenen Venustransiten, wenn der Planet vor der Sonnenscheibe vorbeizieht, ist sie zu diesem Zeitpunkt beobachtbar. Beim Wiedererscheinen der Venus am Morgenhimmel wiederholt sich der Vorgang in ungekehrter Reihenfolge: Die Venus erscheint als große zunehmende Sichel, bei der Größten Westlichen Elongation wieder als kleinere »Halbvenus«. Schließlich verschwindet sie als »Vollvenus« zum Zeitpunkt der Oberen Konjunktion hinter der Sonne. Die Venus bewegt sich in diesem zweiten Teil des Zyklus von der Erde weg. Für einen kompletten Umlauf um die Sonne benötigt die Venus 225 Tage (siehe auch Planeten aktuell, Seite 33).

▶ Lambert Spix



▲ Abb. 3: **Die verschiedenen Stellungen der Venus** und ihre Phasengestalten. (OK: Obere Konjunktion, UK: Untere Konjunktion, GE: Größte Elongation)

PRAXISTIPP

Venus beobachten

Die Veränderung der Phasengestalt ist bereits durch ein kleines Teleskop erkennbar. Mit einigen Tagen Abstand zwischen den Beobachtungen ist das Fortschreiten gut nachvollziehbar. Hilfreich dabei kann ein sogenannter neutraler Graufilter sein, der die Helligkeit der Venus dämpft und die Phasen besser sichtbar werden lässt. Ein besonderes Erlebnis ist auch die Sichtung der Venus während des Tages. Einen guten Einstieg dafür bietet die Morgensichtbarkeit während der Größten Westlichen Elongation. Hierbei kann man versuchen die Venus so lange wie möglich im Blick zu halten, während die Helligkeit zunimmt. Markante Orientierungspunkte wie Bäume, Hausdächer, Strommasten oder auch der Mond können dabei helfen, die Venus wieder aufzufinden, wenn sie einmal aus dem Blickfeld geraten ist. So hat man eine gute Chance den kleinen Lichtpunkt noch zu sehen, auch wenn die Sonne schon längst aufgegangen ist.

INTERAKTIV

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

Kurzlink: oclm.de/fb

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

▲ Abb. 1: **Das blaugrün des zweifach ionisierten Sauerstoffs dominiert dieses Foto von NGC 2359.** Die Blasenstruktur ergibt sich aus der Interaktion des extrem heißen Zentralsterns mit seiner kosmischen Umgebung. *Johannes Schedler*

VON THORS HELM ZUM MÖWENNEBEL

WINTERLICHE NEBELLANDSCHAFTEN ERKUNDEN

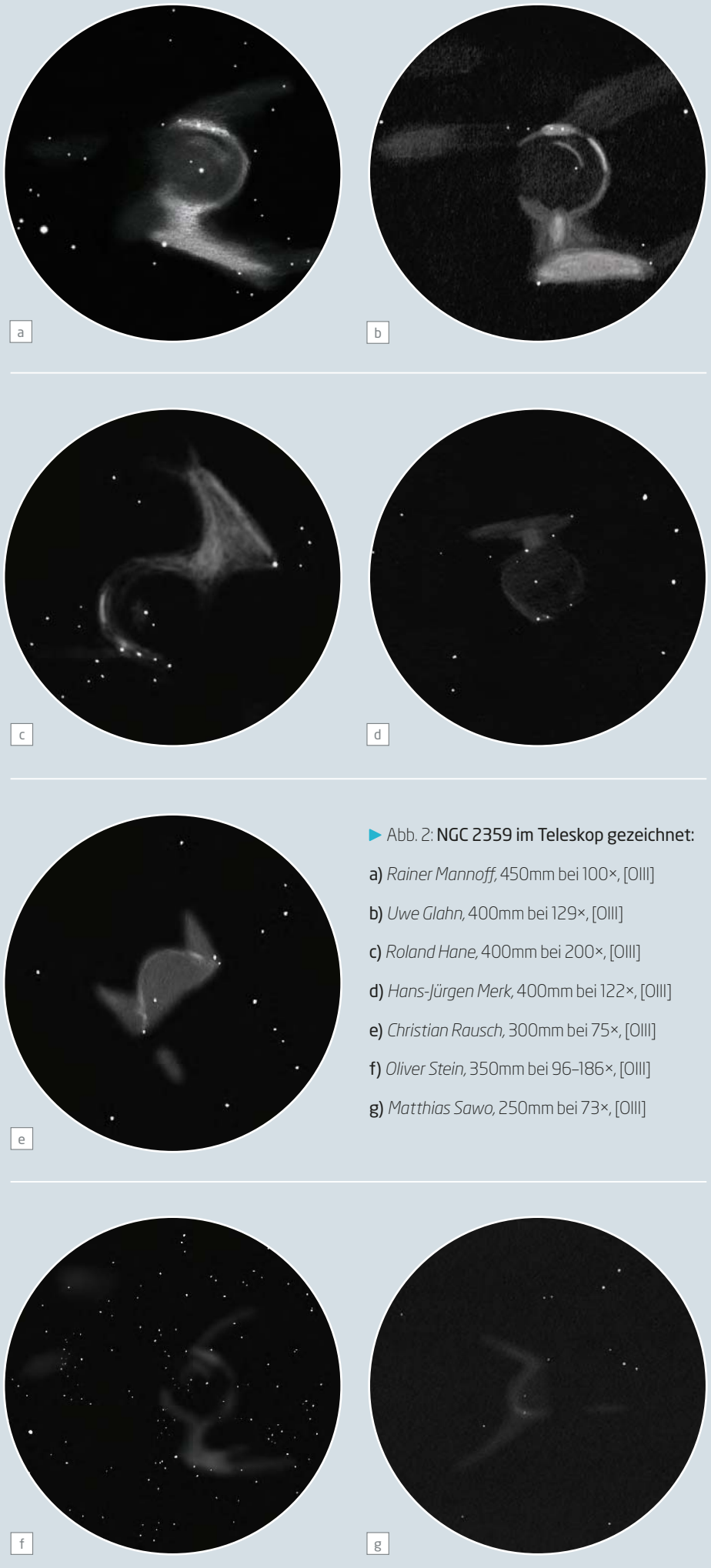
Wenn Sirius über schneebedeckten Feldern blitzt, ist die Zeit gekommen, tief in den Süden der Wintermilchstraße abzutauchen. Dort, an der Grenze der Sternbilder Großer Hund, Einhorn und Hinterdeck, direkt am galaktischen Äquator, liegt einer der schönsten Nebel für mittlere und große Teleskope: NGC 2359. Seine bizarre Form hat ihm Spitznamen wie »Entennebel« oder »Thors Helm« eingebracht.

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

Die Position von NGC 2359 ist grob zu finden, indem man die Verbindungslinie von β CMa (Mirzam) zu α CMa (Sirius) nach Osten verlängert. Gerade mit kleinen Teleskopen empfiehlt es sich, anhand einer Sternkarte genau aufzusuchen. Wer mit einem automatisch positionierenden Teleskop beobachtet, sollte sich der Genauigkeit der Einstellung sicher sein, denn mit 9^m Helligkeit ist Thors Helm kein Objekt, das beim ersten Blick ins Okular beeindruckt.

Erst enttäuschend

Ganz im Gegenteil: Viele Beobachter werden den ersten Eindruck enttäuschend finden. Ein paar verstreute Sterne mit etwas milchigem Schleier, mehr ist nicht zu sehen. Das gilt ganz besonders dann, wenn der Himmel Richtung Süden aufgehellt ist, denn NGC 2359 steht bei uns maximal nur ca. 25° über dem Horizont. Ist die Lichtverschmutzung deutlich oder die Horizontsicht



▶ Abb. 2: **NGC 2359 im Teleskop gezeichnet:**

a) *Rainer Mannoff,* 450mm bei 100×, [OIII]

b) *Uwe Glahn,* 400mm bei 129×, [OIII]

c) *Roland Hane,* 400mm bei 200×, [OIII]

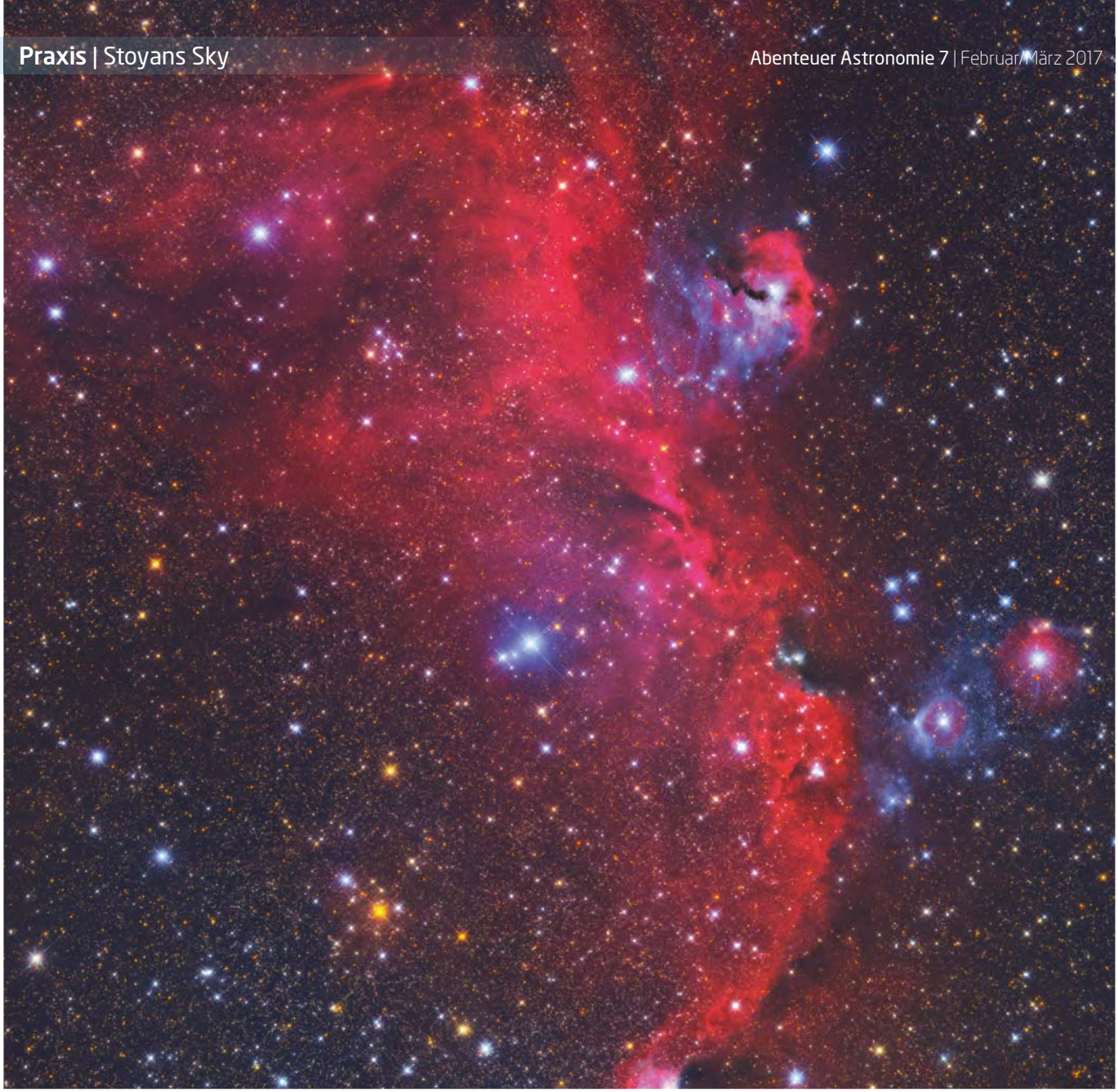
d) *Hans-Jürgen Merk,* 400mm bei 122×, [OIII]

e) *Christian Rausch,* 300mm bei 75×, [OIII]

f) *Oliver Stein,* 350mm bei 96–186×, [OIII]

g) *Matthias Sawo,* 250mm bei 73×, [OIII]

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



▲ Abb. 3: **Die fantastische Nebelregion des Möwennebels IC 2177.** Anhand der Farbe lassen sich die blauen Reflexionsnebel leicht von den roten Emissionsnebeln unterscheiden. *Gerald Rhemann*

schlecht, wird man auf den ersten Blick eventuell auch gar nichts erkennen können.

Der Anblick ändert sich jedoch dramatisch, wenn man eine Wunderwaffe einsetzt: Mithilfe eines Schmalband- (z.B. UHC) oder Linien-Nebelfilters (empfohlen: [OIII]) wandelt sich das eher dröge Sternfeld in eine faszinierende Nebellandschaft! Unter dunklem Landhimmel beschrieb ich den Anblick mit einem 120mm-Refraktor euphorisch: »Nebel sehr detailreich: Hellster Teil des Nebels im Süden ein Ost-West elongierter und leicht nach Südwest geneigter Balken, an dessen Südost-Seite ein heller Stern steht, nördlich dieses Sterns weiterer, etwas schwächerer Stern und noch einmal nördlich von diesem sehr schwaches Sternchen, den mittleren dieser Sterne umgibt konzentrisch ein Gasbogen, der aus mehreren, ineinander verschachtelten Ringteilen besteht.«

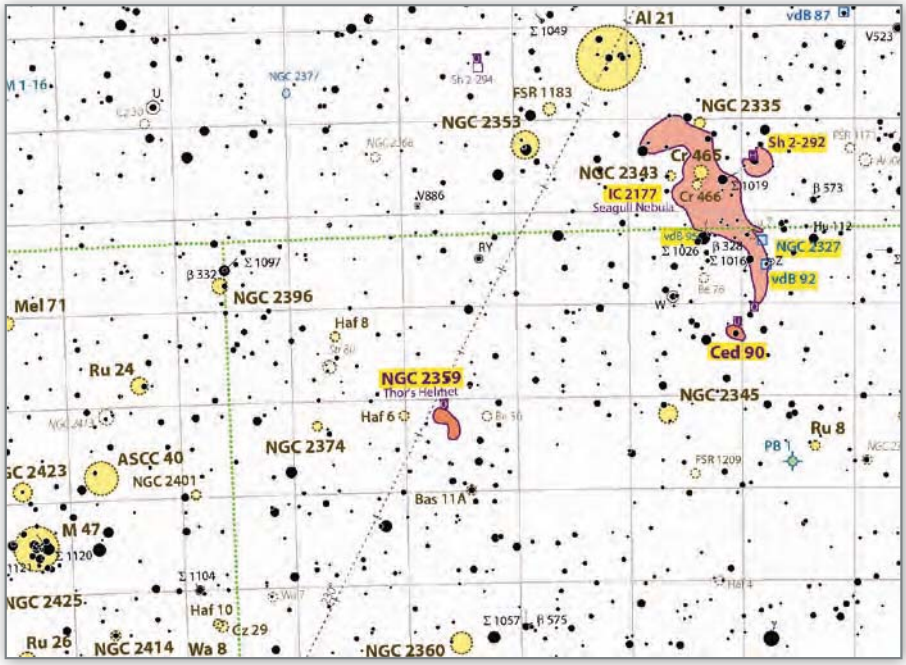
Wunderwaffe wirkt

Richtig faszinierend wird die Beobachtung, wenn man mit größeren Teleskopen zuwerke geht. Dabei sollte man nicht zu gering vergrößern und den Augen genügend Zeit lassen, sich an den dunklen Hintergrund zu gewöhnen. Matthias Kronberger beschrieb den Anblick mit 380mm Öffnung mit »zwei konzentrisch angeordneten, elliptisch erscheinenden Schalen«. Er fährt fort: »Die äußere Schale ist dabei leichter erkennbar und weist ihr Helligkeitsmaximum entlang der Nordkante auf. Nach Westen hin ist ein schöner Halbbogen erkennbar, nach Osten hin ist die Schale schwächer. Die innere Schale ist weniger leicht zu erkennen, lässt sich aber speziell im Nordteil gut nachvollziehen. Südlich der Nebel-

Zwischen Thors Helm und dem Möwennebel

Name	Typ	R.A.	Dekl.	Größe	Bemerkung	isDSA
NGC 2359	EN	$7^h\,18{,}6^{min}$	–13° 12'	9' × 6'	Thors Helm	72
Ced 90	EN	$7^h\,5{,}2^{min}$	–12° 20'	7' × 5'		72
vdB 92	RN	$7^h\,3{,}9^{min}$	–11° 35'	3'		72
NGC 2327	RN	$7^h\,4{,}1^{min}$	–11° 19'	1'		72
IC 2177	EN	$7^h\,4{,}4^{min}$	–10° 27'	120' × 30'	Möwennebel	72
Sh 2-292	EN	$7^h\,4{,}4^{min}$	–10° 28'	18'	Auch als vdB 93 bezeichnet	72
vdB 95	RN	$7^h\,6{,}7^{min}$	–11° 18'	2,5'		72

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



▲ Abb. 4: **Aufsuchkarte aus dem interstellarum Deep Sky Atlas.** Die besprochenen Objekte sind gelb markiert.

blase zieht sich ein heller Nebelstreif Richtung Westen. [Es] sind zudem die im nördlichen Teil entspringenden, nach Osten und Westen ausufernden und die Hörner von »Thor's Helmet« symbolisierenden Nebelstreifen gut zu erkennen.« Der nordöstliche dieser Ausläufer hat mit IC 468 eine eigene Katalogbezeichnung.

Mehr davon

Wer an der Beobachtung von Thors Helm Gefallen gefunden hat, findet 4° nordwestlich einen ganzen Komplex von schwachen Nebeln. Sie erinnern auf Fotos an einen nach Nordwesten fliegenden Vogel, so dass Eigennamen wie »Adlernebel« (nicht zu verwechseln mit M 16, der auch so genannt wird) oder »Möwennebel« (engl. Seagull Nebula) gebräuchlich sind.

Auch hier ist ein Filter unerlässlich, um die Nebelschwaden visuell zu erfassen, es empfiehlt sich aber unbedingt der Wechsel auf den Hβ-Linienfilter, da hier im Gegensatz zu NGC 2359 die Wasserstoff-Emission dominiert. Wer keinen Hβ-Filter zur Hand hat, sollte einen Schmalbandfilter (UHC) einsetzen.

Am besten beginnt man mit einer relativ geringen Vergrößerung. Einzelne Nebelteile eignen sich dann für einen höher vergrößerten Blick.

Nebelreich

Der zentrale Bereich wird von IC 2177 gebildet, einer ausgedehnten Nebelwolke, die die Schwingen des Vogels symbolisiert. Wir lassen wieder Matthias Kronberger mit seinem 380mm-Teleskop zu Wort kommen: »Der Nebel ist insgesamt sehr groß und kann mit 67× lediglich abgefahren werden. Interessant ist dabei der völlig unterschiedliche Anblick in Hβ und [OIII]: Mit [OIII] ist ausschließlich der Nordteil des Nebels sichtbar, wobei die hellsten Nebelteile in der Umgebung des kleinen, hübschen Haufens NGC 2343 zu finden sind. Nach Westen hin lässt sich der Nebel anhand einer Kante gut festmachen, nach Osten hingegen läuft er in den Hintergrund aus. Mit Hβ-Filter ist die Westkante noch besser definiert, zudem lässt sich der Nebel bis hinunter zum etwas abgegrenzten Teil Cederblad 90 gut verfolgen. Letzterer erscheint dabei bereits ohne Filter schwach, gewinnt aber mit Hβ deutlich an Kontrast. Westlich des Hauptbandes lässt sich zudem noch der separate Teil Sh 2-292 erkennen, dessen hellster Teil südlich des Zentralsterns problemlos erkennbar ist.«

Ins Detail

Mit niedriger Vergrößerung ist die Region aber nur unvollständig betrachtet. Für die zahlreichen im Nordteil eingebetteten Sternhaufen ist eine mittlere Vergrößerung anzuraten, wobei man ohne Nebelfilter die Sternhaufen zwar besser sieht, aber der Nebel dabei verloren geht.

Definitiv ohne Nebelfilter und mit hoher Vergrößerung sollte man einen Blick auf NGC 2327 riskieren, ein kleiner blauer Reflexionsnebel direkt an der Westkante von IC 2177. Nur wenig südlich steht der ähnliche vdB 92, und wer eine Herausforderung sucht, ist bei vdB 95 richtig, der den Doppelstern β 328 im mittleren Bereich von IC 2177 umgibt.

▶ Ronald Stoyan

IM DETAIL

Die Physik von Thors Helm

NGC 2359 ist nicht nur im Teleskop ein außergewöhnliches Objekt. Auch die Physik ist für einen galaktischen Emissionsnebel ungewöhnlich. Der Grund dafür steht im Zentrum des Nebels: Hier ist ein mit 112.000K extrem heißer und massereicher sogenannter Wolf-Rayet-Stern am Werk. Mit einer Masse von 16 und einer Leuchtkraft von 280.000 Sonnen gehört er zu den extremsten Sternen, die unsere Milchstraßen-Umgebung zu bieten hat.

Der als WR7 katalogisierte Stern hat seine Kraft von seinem Nachbarn in einem engen Doppelsternsystem abgezogen. Dadurch hat er sich schneller und dynamischer entwickelt, als es nach seiner ursprünglichen Masse zu erwarten gewesen wäre. Dies resultiert in einer sehr energiereichen kurzwelligen Strahlung, die das interstellare Medium in der Umgebung stark ionisiert. Dabei wird im optischen Spektralbereich besonders der Sauerstoff-Anteil des Gases angeregt. Dies führt zur blaugrünen Farbe auf Fotos und der besonders guten visuellen Sichtbarkeit mit einem [OIII]-Linienfilter, der genau auf die fragliche Emissionslinie bei 501nm abgestimmt ist.

Der schalenförmige Nebel stammt aus dem heftigen Sternwind des Wolf-Rayet-Sterns, der hier mit bis zu 1600km/s auf das inmitten der Milchstraße relativ dichte interstellare Medium trifft. Dabei bilden sich zwei Stoßfronten heraus, die äußere resultiert aus dem komprimierten interstellaren Medium, die innere ist die Stoßfront des Sternwindes. Astrophysiker sprechen hier von einer »Wind-blown Bubble«. Im Fall von NGC 2359 wird ihr Alter auf 78.500 bis 236.000 Jahre eingegrenzt. Die Schale misst zwölf Lichtjahre im Durchmesser, wenn man eine Entfernung von ca. 15.000 Lichtjahren ansetzt.

WR7 befindet sich am Ende seines kurzen Sternlebens. Er ist ein Kandidat für eine Supernova in unserer galaktischen Nachbarschaft.

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

Praxis

Der »Appetit« eines aktiven SCHWARZEN LOCHS

Die Helligkeit des Blazars S5 0716+71 selbst beobachten

Veränderliche Objekte sind auch deswegen interessante Beobachtungsziele, weil sich hinter ihrer schwankenden Helligkeit physikalisch spannende Vorgänge verbergen. Dies gilt auch für sogenannte Blazare: Hier ist es möglich, mit dem eigenen Teleskop anhand der variablen Helligkeit den »wechselnden Appetit« eines supermassereichen Schwarzen Lochs zu verfolgen. Besonders eignet sich dazu der sehr aktive Blazar S5 0716+71 mit seinen unregelmäßigen Lichtwechseln und plötzlichen Helligkeitsausbrüchen.

NASA/JPL-Caltec

◀ Abb. 1: **Aktive Galaxienkerne wie Quasare und Blazare zählen zu den leuchtkräftigsten Objekten im Universum und sind deshalb noch über größe Entfernung zu sehen.** Selbst mit einem Amateurteleskop lassen sich interessante Beobachtungen machen, die Einblick in die physikalischen Prozesse in unmittelbarer Umgebung des supermassereichen Schwarzen Lochs geben.

Quasare und Blazare zählen zweifellos zu den extremsten Beobachtungszielen für Hobbyastronomen. Zum einen sind sie die leuchtkräfigsten und somit auch entferntesten Objekte, die mit einem Amateurteleskop beobachtet werden können. Zum anderen handelt es sich bei ihnen um natürliche Teilchenbeschleuniger, die Teilchen wie Elektronen auf allerhöchste Energien und Geschwindigkeiten von über 99,9% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigen können. Der Motor dieser astrophysikalischen Extreme ist ein supermassereiches Schwarzes Loch, das mit der millionen- oder sogar milliardenfachen Masse unserer Sonne im Zentrum einer Galaxie sitzt.

Das hineinstürzende Scheibenmaterial fällt allerdings nur zu einem Teil in das zentrale Schwarze Loch: Material wird auch höchst effizient senkrecht zur Akkretionsscheibe aus der unmittelbaren Umgebung des Schwarzen Lochs ins All beschleunigt.

Blick direkt in den Jet

Auf diese Weise bilden sich zwei gegenüberliegende Plasmastrahlen, die Millionen Lichtjahre weit in den Raum reichen. Astronomen bezeichnen sie als kosmische Jets. Während man bei einem Quasar direkt auf die leuchtkräftige Akkretionsscheibe schaut, blickt man bei einem Blazar genau in den energiereichen Materie-Jet hinein. Dabei ist oft mehr zu sehen als nur ein konstant heller Lichtpunkt: Blazare können sehr variable Objekte sein – ein ganz besonderes Exemplar ist hier S5 0716+71.

Der Blazar S5 0716+71 wurde erst Ende der 1970er Jahre entdeckt, sein Licht benötigt 3,5 Milliarden Jahre zu uns und er zählt zu den variablesten Objekten dieser Klasse. Aufgrund seiner Lichtwechsel und starken Helligkeitsausbrüche ist er ein spannendes und langfristiges Beobachtungsziel für Hobbyastronomen. Normalerweise zeigen aktive Galaxienkerne keine oder kaum Veränderungen, doch bei S5 0716+71 ist das anders: Die punktförmige Quelle scheint zu leben.

Relativistische »leuchtende Elektonen«

Meist ist der Blazar zwischen $13^{m}5$ und 14^{m} hell, so dass für eine Beobachtung mindestens ein Teleskop mit 8 Zoll Öffnung nötig ist. Seine

SURFTIPPS

- Software MuniWin

Kurzlink: oclm.de/a7056

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung zu Zwecken der Weiterverbreitung ist untersagt.

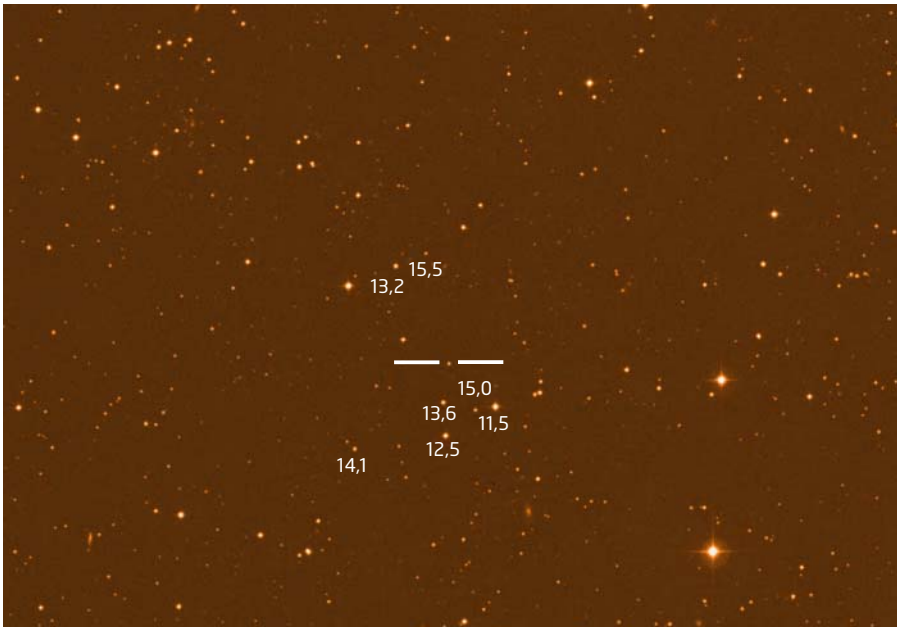
Helligkeit kann sogar bis 14,^{m}5 und darunter fallen, ebenso erreicht sie manchmal 13,^{m}0. Doch auch 12,^{m}5 sind möglich, wenn auch eher die Ausnahme – dafür sind derartige Ausbrüche in dieser gigantischen Entfernung dann schon mit einem 100mm-Teleskop sichtbar. S5 0716+71 kann sogar mit 12^{m} hellen Ausbrüchen überraschen, wie sie im November 2014 und Januar 2015 selbst in kleinen Fernrohren beobachtet werden konnten. Bei solchen Rekord-Maxima strahlt das Objekt mit über 10 Billionen Sonnenleuchtkräften!

Die optische Strahlung kommt bei Blazaren aus dem Jet. Wenn Plasmaknoten aus Richtung des Schwarzen Lochs durch den Materiestrahl laufen, entstehen Stoßwellen, was sich durch einen Anstieg der Helligkeit zeigt. Die emittierte Strahlung ist Synchrotronstrahlung, was bedeutet, dass hier relativistische Elektronen – also Elektronen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit – unterwegs sind. Sie bewegen sich spiralförmig um die Magnetfeldlinien des Jets und geben dabei Strahlung auch im sichtbaren Licht ab.

Eine Lichtkurve von S5 0716+71

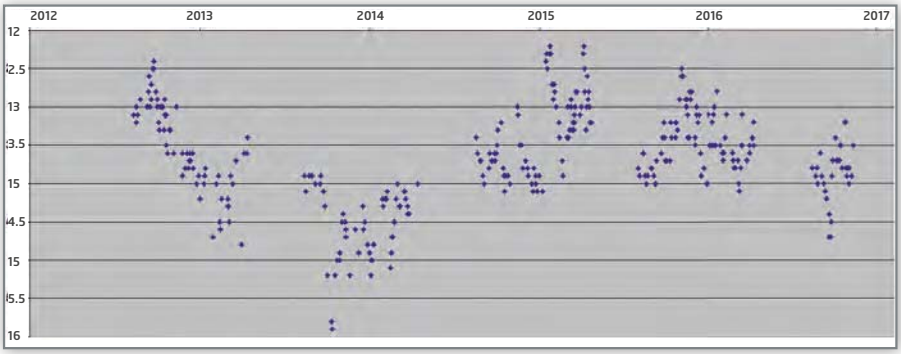
Die unregelmäßigen Lichtwechsel und Helligkeitsausbrüche des Blazars sind auf Schwankungen der Akkretionsrate des Schwarzen Lochs zurückzuführen. Wenn mehr Plasma aus der Scheibe in Richtung Schwarzes Loch fällt, gelangt ebenfalls mehr Material in den Jet, was zu den beobachteten Helligkeitsanstiegen führt. Hinter der Veränderlichkeit von S5 0716+71 steckt also – vereinfacht gesagt – der wechselnde Appetit des supermassereichen Schwarzen Lochs. Die Helligkeitsschwankungen sind somit auf einen variierenden Materiezustrom zurückzuführen.

Gerade dieser Blazar mit seiner stark variierenden Lichtkurve bietet sich dabei für ein langfristiges Beobachtungsprojekt an. Ein geübter visueller Beobachter kann Helligkeitsunterschiede von wenigen zehntel Größenklasse wahrnehmen. Um die Helligkeitsschätzungen angemessen zu dokumentieren, empfiehlt sich das Erstellen einer Lichtkurve, was beispielsweise einfach mit einer Excel-Tabelle geschehen kann, die dann auch eine problemlose grafische Darstellung der Messwerte erlaubt. Auch eigene Aufnahmen können entsprechend ausgewertet werden, bieten doch schon viele Astrofotografie-Bildbearbeitungsprogramme eine Photometrie-Funktion an. Hierfür eignet sich auch die kostenlose Software MuniWin. Sie erkennt vollautomatisch Sterne und ist in der Lage den gleichen Stern in verschiedenen Aufnahmen zu finden, was die Analyse und das Erstellen einer Lichtkurve vereinfacht. ▶ Nico Schmidt



Digitized Sky Survey (DSS)

▲ Abb. 2: **Der Blazar S5 0716+71 befindet sich im Sternbild Giraffe, wobei das Zielgebiet** ungefähr mittig zwischen dem Sternbild Fuhrmann (β Aur) und dem Kasten des Kleinen Wagens (β UMi) zu finden ist. Das Bild zeigt zusätzlich geeignete Vergleichssterne für die visuelle Helligkeitsschätzung. Die Helligkeiten der Sterne sind angegeben.



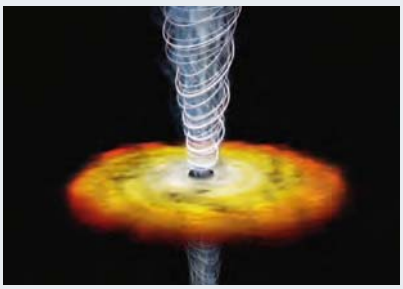
Klaus Wenzel

▲ Abb. 3: **Ein Auszug aus einer mit Excel erstellten Lichtkurve** zeigt die veränderliche Aktivität von S5 0716+71 in den letzten Jahren. Die Daten stammen von Klaus Wenzel, der den Blazar seit mittlerweile 18 Jahren überwacht.

HINTERGRUND

Aktive Galaxienkerne

Als Aktive Galaxienkerne (AGN = Active Galactic Nuclei) bezeichnen Astronomen die Zentralbereiche von Galaxien, in denen ein supermassereiches Schwarzes Loch gerade große Mengen an Material verschlingt. Dieses sammelt sich zunächst in einer Scheibe aus Gas rund um das Schwarze Loch, die sich extrem aufheizt und von der daher eine intensive Strahlung ausgeht. Senkrecht zu dieser Akkretionsscheibe schießen enggebündelte Partikelstrahlen ins All, sogenannte Jets. Was für eine Art von AGN man beobachtet, hängt ganz entscheidend davon ab, unter welchem Blickwinkel man auf das System schaut. Bei Blazaren, der Begriff setzt sich aus »BL Lacertae« und »Quasar« zusammen, zeigt der energiereiche Jet fast genau in Richtung Erde. Bei S5 0716+71 blickt der Beobachter unter einem Winkel von nur 5° in den Plasmastrahl.



NASA/CXC/M. Weiss

▲ Abb. 4: **Künstlerische Darstellung** eines Aktiven Galaxienkerns und seines Jets.

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

U. Dittler

▲ Abb. 1: **Sonnenflecken im Weißlicht.** Das Bild zeigt deutlich die unterschiedliche Struktur der einzelnen Flecken. Aufgenommen mit einer ungekühlten CCD-Kamera an einem Teleskop mit 130mm Öffnung bei einer Brennweite von 3250mm. Für dieses Summenbild wurden 500 Bilder aus einer Aufnahmesequenz mit 2500 Bildern verwendet.

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

DIE SONNE IM VISIER

Die Dokumentation der täglichen Veränderungen auf unserem Zentralstern als Einstieg in die Sonnenfotografie

Die Sonne ist zweifellos ein sehr spannender Stern: Sie verändert Tag für Tag ihr Aussehen. Dies liegt einerseits an ihrer dynamischen Oberfläche, auf der sich ständig Strukturen entwickeln und vergehen, zum anderen auch an der Eigenrotation, die je nach heliographischer Breite zwischen 25 und 35 Tagen beträgt. Es ist eine spannende Herausforderung diese täglichen Veränderungen fotografisch zu dokumentieren.

U. Dittler

▲ Abb. 2: **Die Filterung der Sonnenstrahlung ist bei der Sonnenfotografie unumgänglich.** Dies kann mit einem einfachen Folienfilter geschehen, der, wie bei diesem kleinen Linsenteleskop zu sehen, vor das Teleskop gesetzt wird.

Für den Einstieg in die Sonnenfotografie bietet sich die Photosphäre an, also die nur rund 400km dicke und zwischen 5500°C bis 6000°C heiße sichtbare Oberfläche der Sonne. Hier soll es um Aufnahmen im Weißlicht gehen, also im gesamten sichtbaren Bereich des Lichts. Entscheidend ist dabei, die ungeheure Strahlungsenergie der Sonne zu reduzieren: Beobachten Sie daher die Sonne nie ohne entsprechende Filterung – dies kann zu irreparablen Augenschäden führen!

Geschützter Blick

Eine der populärsten, preiswertesten und einfachsten Arten der Lichtdämpfung zur Sonnenfotografie im Weißlicht ist der Einsatz einer entsprechenden Sonnenfilterfolie. Derartige Folien reduzieren das in die Optik eintretende Licht auf einen Bruchteil der Strahlung und ermöglichen damit die gefahrlose Sonnenbeobachtung. Aus Sonnenfilterfolien lassen sich recht einfach Objektivfilter für Fotoobjektive und Teleskope herstellen. Foliensonnenfilter für unterschiedliche Teleskope gibt es zudem auch fertig zu kaufen.

Unterschieden wird zwischen Filterfolien mit einer neutralen Dichte ND 5 für die visuelle Nutzung und Folien mit ND 3,8 für die Fotografie. Beide Folien reduzieren das Sonnenlicht, dies jedoch in unterschiedlichem Umfang: Die Folie für die visuelle Beobachtung (ND 5) lässt nur 1/100.000 des Sonnenlichtes durch, um eine blendfreie Beobachtung zu ermöglichen, während die fotografische Folie (ND 3,8) 1/6300 des Sonnenlichtes passieren lässt. Dies ist für die visuelle Beobachtung deutlich zu viel, ermöglicht bei der Fotografie aber sehr kurze Belichtungszeiten zum Einfrieren der Luftbewegung. Alternativ zu den Foliensonnenfiltern sind auch aufsteckbare Glassonnenfilter für verschiedene Teleskopgrößen und -typen erhältlich.

Mit Hunderten Bildern zum Erfolg

In der Sonnenfotografie hat es sich bewährt, mit einer CCD-Kamera mehrere hun-

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

dert (oder tausend) Bilder der Sonne als Film aufzuzeichnen und aus diesem Film mithilfe der digitalen Bildverarbeitung die besten Bilder herauszusuchen (bzw. von der Software heraussuchen zu lassen) und nur diese dann zu einem fertigen Bild weiterzuverarbeiten. Das Verfahren ähnelt dem Aufnahmeprozess bei der Mond- und Planetenfotografie. Da die Sonne ausreichend Licht zur Verfügung stellt, beträgt die jeweilige Belichtungszeit der Einzelbilder nur Sekundenbruchteile und auch ein mehrere tausend Bilder umfassender Film ist nach wenigen Minuten erstellt. Auf diese Weise kann die störende Luftunruhe, die einzelne Bilder unter Umständen sehr unscharf und verwaschen aussehen lässt, bei der Bildverarbeitung herausgerechnet werden.

U. Dittler

▲ Abb. 3: **Alternativ zu Folienfiltern kann die Strahlungsenergie der Sonne** auch mit Glasfiltern vor dem Eintritt in das Teleskop blockiert werden. Hier kommt ein Glassonnenfilter an einem SC-Teleskop zum Einsatz.

U. Dittler

▲ Abb. 4: **Sonnensucher sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich,** sie folgen jedoch alle dem Prinzip einer Lochkamera und werfen ein kleines Sonnenbild auf eine Projektionsfläche und vereinfachen so die Ausrichtung des Teleskops zur Sonnenfotografie.

Auswahl der Motive

Sonnenflecken sind die für Einsteiger am einfachsten zu fotografierenden Objekte auf der Sonne. Es handelt sich dabei um kältere Stellen der Photosphäre, deren Temperatur um etwa 1000°C unterhalb der Umgebungstemperatur liegt, so dass diese Stellen als dunkle Flecken erscheinen. Die Form, Größe und Gestalt der einzelnen Sonnenflecken kann sich kontinuierlich und individuell verändern – das macht deren tägliche fotografische Dokumentation so reizvoll. Die zentralen Bereiche der Sonnenflecken (Umbra) erscheinen meist scharf begrenzt und werden bei größeren Flecken häufig durch einen Penumbra genannten helleren Bereich umgeben. Sonnenfleckengruppen haben nicht selten zwei Zentren und werden dann als bipolare Gruppen bezeichnet.

Die Aufnahmepraxis

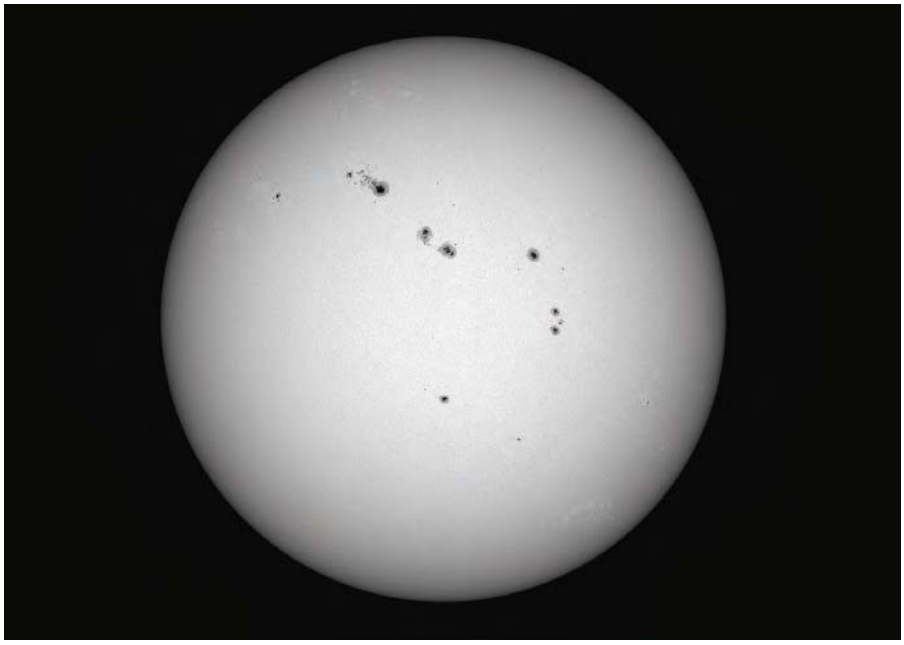
Mit kurzbrennweitigen Teleskopen können schöne Übersichtsaufnahmen der gesamten Sonne gewonnen werden, mit langbrennweitigen Teleskopen ist hingegen eine detaillierte Auflösung und Fotografie der einzelnen Fleckenstrukturen möglich. Mit Teleskopen ab 100mm Öffnung kann bei gutem Seeing auch die granulare Oberfläche der Sonne fotografiert werden: Bei den einzelnen Granulen handelt es sich um kurzlebige auf- und absteigende Gasblasen mit Durchmessern von rund 1000km.

Bei der Wahl des Beobachtungsortes sollte darauf geachtet werden, dass die Sonnenfotografie nicht durch unnötige Turbulenzen gestört wird, wie etwa Kaminluft oder Wärme abstrahlende Flächen. Je nach verwendeter Brennweite kann es unter Umständen schwierig sein, das Teleskop auf die Sonne auszurichten, zumal dann, wenn der Sucher aus Sicherheitsgründen abgedeckt ist. Hilfreich sind hier kleine »Sonnensucher«, die im Wesentlichen aus einem Loch bestehen und als Lochkamera ein Bild der Sonne auf eine Präsentationsfläche werfen. So einfach diese Sonnensucher von der Konstruktion her sind, so zuverlässig sind sie in der Anwendung.

Die Fokussierung für die Aufnahme kann dann recht einfach anhand des vergrößert dargestellten Sonnenbildes auf dem Notebook-Monitor erfolgen, ehe die Aufnahmesequenz gestartet wird. Für die Bildverarbeitung der Filmsequenzen stehen verschiedene Programme zur Verfügung: Die kostenlose Software AviStack eignet sich beispielsweise sehr gut, um Sonnenaufnahmen zu entwickeln.

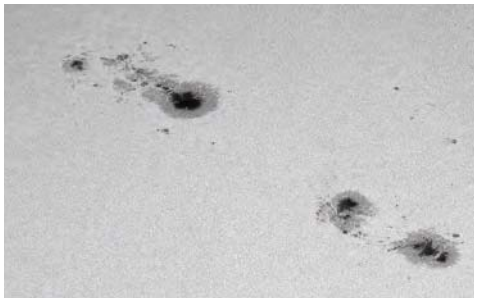
▶ Ullrich Dittler

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



U. Dittler

▲ Abb. 5: **Mit kurzbrennweitigen Optiken (etwa 500-600mm Brennweite)** können Übersichtsaufnahmen der Sonnenscheibe gewonnen werden, die die Anordnung der Flecken zeigen. Dieses Bild wurde mit einer ungekühlten CCD-Kamera an einem Teleskop mit 60mm Öffnung und 600mm Brennweite aufgenommen (Summenbild aus 500 Bildern aus einer Aufnahmesequenz mit 2500 Bildern).



U. Dittler

◀ Abb. 6: **Bei Aufnahmen mit langbrennweitigen Optiken können die Granulen und die Details der Flecken abgebildet werden.** Dieses Bild wurde mit einer ungekühlten CCD-Kamera an einem Teleskop mit 130mm Öffnung und 2000mm Brennweite aufgenommen (Summenbild aus 500 Bildern aus einer Aufnahmesequenz mit 2500 Bildern).

INTERAKTIV

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

Kurzlink: oclm.de/fa

Teleskop-Tuning: Austausch von Schmiermitteln

Gut geschmiert...

Es sollte eigentlich eine Selbstverständlichkeit sein, dass mechanisch anspruchsvolle Instrumente so geschmiert sind, dass sie im zu erwartenden Temperaturbereich zwischen –5°C und +30°C klaglos ihren Dienst tun. Leider ist das nicht immer der Fall: Probleme macht hier gerne der sogenannte »China-Honig« – honiggelbes Fett, das bei Temperaturen unter 10°C sehr zäh wird. Man findet es beispielsweise am Zahntrieb von Okularauszügen, Lagern und Getrieben von Montierungen. Um es loszuwerden und durch hochwertiges Fett zu ersetzen, kommt man oft um eine völlige Demontage nicht herum. Das Fett kann dann mit Lösemitteln wie Waschbenzin, Isopropanol oder schlicht Bremsenreiniger entfernt werden – aber Vorsicht: Metalle sind hier natürlich unempfindlich, Lack und Kunststoff aber gilt es zu schonen. Besonders Isopropanol kann Kunststoffe mit Weichmachern als Spätfolge butterweich werden lassen, auch wenn der Kunststoff nur kurz damit in Berührung gekommen ist.

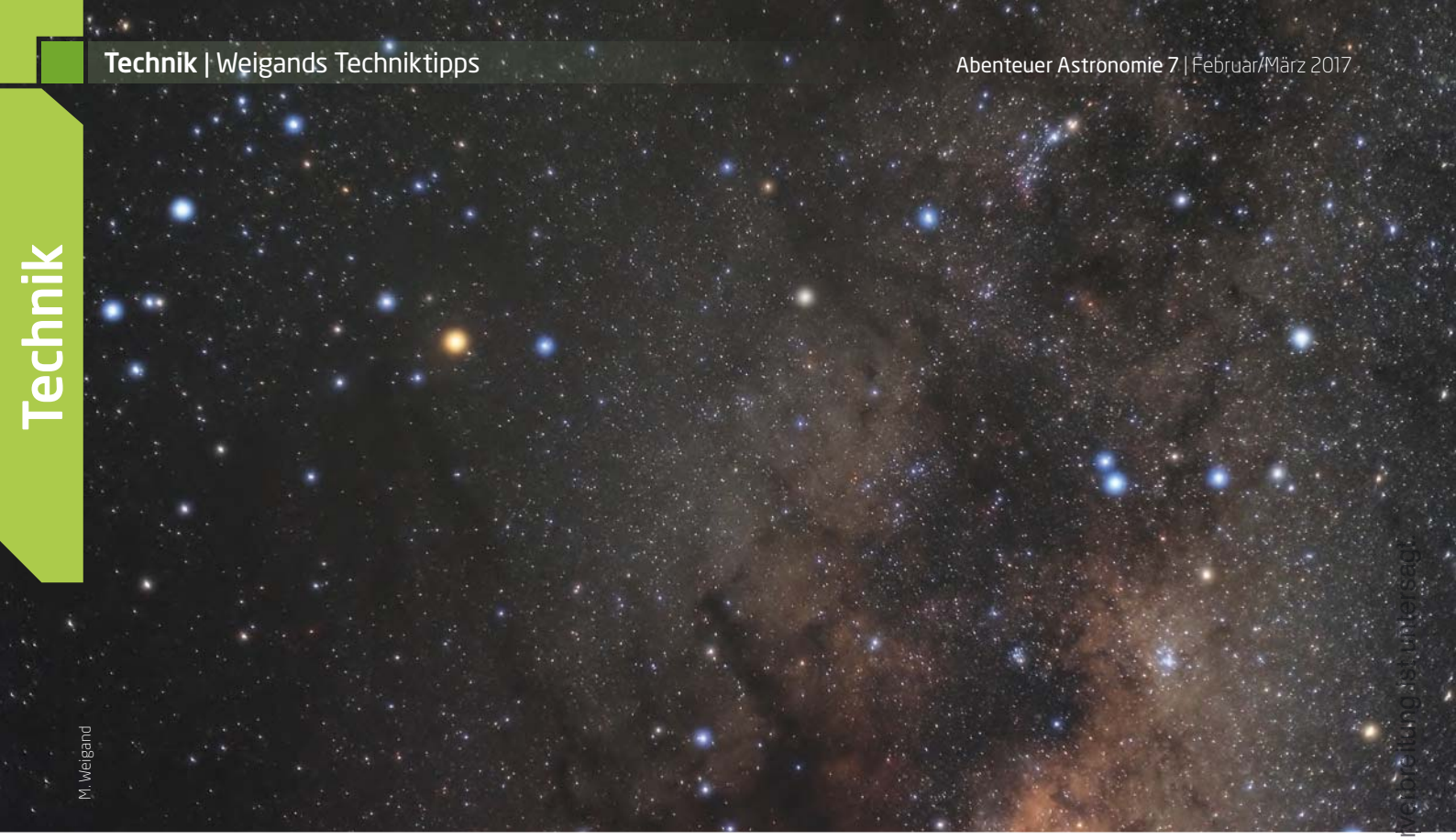
Als neues Schmiermittel kommen unter anderem Teflonfette oder lithiumverseifte Fette mit großem Temperaturbereich in Frage. Sollen Kunststoffgetriebe gefettet werden, ist unbedingt darauf zu achten, dass das Fett damit verträglich ist. Um Fett an schwer zugänglichen Stellen und wohldosiert aufzutragen, empfiehlt es sich, das Fett in eine Spritze aufzuziehen und dann durch eine Kanüle aufzutragen. Je nach Konsistenz des Fetts kann man verschiedene Kanülen-Durchmesser probieren.

▶ Sven Wienstein

S. Wienstein

◀ Abb.1: **Meist bekommt man mehr Fett,** als man braucht. Aufgezogen wird es natürlich ohne Kanüle, dann mit wohldosiertem Druck aufgetragen.

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



▲ Abb. 1: **Eine Aufnahme des Sternbildes Skorpion, die ohne Nachführung gewonnen wurde.** Die Brennweite betrug 50mm und die Belichtungszeit 7s bei ISO 3200 und f/1,8. Die verwendete Canon EOS 5D Mark II hat eine Pixelgröße von 6,4µm, womit sich vor der Bildverkleinerung eine Spurlänge von 4 Pixeln ergibt. Für dieses Ergebnis wurden 15 Einzelbilder gestackt.

ES GEHT AUCH OHNE NACHFÜHRUNG

ASTROFOTOGRAFIE FÜR UNTERWEGS

Bei der Astrofotografie ist der technische Aufwand heute zum Teil sehr hoch. Schöne Ergebnisse lassen sich aber auch schon mit sehr einfachen Mitteln erzielen. Dies ist insbesondere für all diejenigen interessant, die auch im Urlaub ihrem Hobby nachgehen wollen. Eine umfangreichere Ausrüstung mitzunehmen, ist da oft schwierig. Insbesondere eine Montierung zur Nachführung passt meistens nicht mehr in den Reisekoffer. Was ist also auch ohne Nachführung in der Astrofotografie möglich?

Die Deep-Sky-Fotografie mit langen Brennweiten lässt sich ohne Nachführung natürlich nicht realisieren. Dafür aber beispielsweise Aufnahmen der Milchstraße, die mit unzähligen Nebeln, Dunkelwolken und Sternhaufen geschmückt sind. Für ein ästhetisches Bild sollten die Sternstrichspuren dabei nicht zu lang werden. Die Länge der Sternspuren auf einem Bild hängt von mehreren Faktoren ab. Sie lässt sich mit der folgenden Abschätzungsformel leicht in Pixeln ausrechnen:

$$\text{Spurlänge in Pixeln} = \frac{0{,}0727 \cdot f \cdot t \cdot \cos(\delta)}{p}$$

Dabei sind f die Brennweite in mm, t die Belichtungszeit in Sekunden, δ die Deklination des Objekts in Grad und p die Größe der Pixel in µm. Strichspuren sind nah am Himmelsäquator am längsten, hier ist die Deklination 0° und der Kosinus ergibt 1.

Die richtige Belichtungszeit

Möchte man beispielsweise das Sternbild Schütze mit einem 35mm-Objektiv und 5µm großen Pixeln fotografieren, hat man nach vier Sekunden Belichtungszeit eine Spurlänge von zwei Pixeln. Die maximal akzeptable Spurlänge richtet sich auch danach, ob die Aufnahme im Nachhinein sowieso in ihrer Auflösung reduziert werden soll. Dann dürfen die Sternspuren durchaus einige Pixel lang werden, bzw. man kann mit entsprechend größeren Pixeln rechnen.

Die Fotografie mit Teleobjektiven im 200mm-Bereich stellt die Grenze des Machbaren dar. Hier ist die Spurlänge bei Belichtungszeiten im Bereich von einer Sekunde gerade noch akzeptabel. Von den hellsten Deep-Sky-Objekten, wie zum Beispiel M 31 und M 42, lassen sich ohne Nachführung Bilder erstellen, die einiges an Details zeigen. Für ein gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis sind dazu allerdings mehrere Hundert Aufnahmen nötig, die bei der Bearbeitung gemittelt werden.

Blende und ISO

Neben der richtigen Belichtungszeit stellt sich auch die Frage nach den optimalen Kamera-Einstellungen und der Objektivblende. Normalerweise werden selbst teure Fotoobjektive in der Astrofotografie teilweise bis f/5,6 abgeblendet, denn nichts lässt Aberrationen so deutlich her-

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

vortreten wie helle Punkte mit dunklem Hintergrund. Um möglichst viel Signal in kurzer Zeit auf dem Chip zu erzeugen, ist jedoch eine weit geöffnete Blende erforderlich. Ohne Nachführung müssen also unter Umständen Abstriche bei der Qualität der Sternabbildung in Kauf genommen werden, wobei der beste Kompromiss für jedes Objektiv individuell durch eine kleine Testbildreihe gefunden werden muss.

Die ISO-Einstellung ist der zweite wichtige Parameter, sie sollte ungewöhnlich hoch auf mindestens 1600 gesetzt werden, je nach Rauschverhalten der Kamera auch deutlich höher. Die maximal sinnvolle Einstellung ist auch von der Temperatur abhängig, in kalten Nächten können höhere Werte verwendet werden.

Weiterhin sollte die Kamera im RAW-Modus und ohne jegliche interne Bildverarbeitung betrieben werden.

Strichspuren korrigieren

Nicht zuletzt hilft auch die Software: Das kostenfrei erhältliche Fitswork (siehe Surftipp) ermöglicht zum Beispiel das Zurückrechnen von Strichspuren. Dafür muss das Bild über den Menüpunkt »Bearbeiten – Bildgeometrie – Bild rotieren« so gedreht werden, dass die Strichspuren horizontal verlaufen. Unter »Bearbeiten – Spezielle Filter« geht es schließlich zur gewünschten Funktion. Über den Regler »Horizontale Breite« wird der Filter auf die Spurlänge angepasst und »Schwelle« begrenzt die Helligkeit der Bildteile, die korrigiert werden. So können Artefakte im Hintergrund verringert, bei stärkerer Korrektur aber nicht ganz vermieden werden.

Fitswork bietet noch eine weitere Möglichkeit verzogene Sterne zu korrigieren. Dazu kann die Funktion »Bearbeiten – Schärfen – Sternradius verkleinern« genutzt werden. Auch in diesem Fall müssen die Strichspuren horizontal orientiert sein. Wichtig ist dann in den Filtereinstellungen einen Haken bei »Nur horizontal« zu setzen. Der Regler »Sterne ausblenden« ermöglicht zudem eine »weichere« Sterndarstellung, sodass diese nicht wie ausgestanzt wirken. Die Ergebnisse sind hier meist weniger mit Artefakten behaftet.

Welche der Methode das schönere Ergebnis produziert, muss ausprobiert werden. Weiterhin hat diese Technik auch Grenzen: Beide Funktionen sind nur für leicht verzogene Sterne zu empfehlen, da bei stärkerer Korrektur ungewollte Artefakte entstehen. Auch können mit Fitswork nur lineare Strichspuren zurückgerechnet werden. Bei Objektiven mit kurzen Brennweiten oder wenn das Motiv nah einem der Himmelspole liegt, sind die Strichspuren oft gekrümmt. Dann ist diese Korrektur nicht möglich.

Fazit: Es lassen sich auch ohne Nachführung erfolgreich und mit Weitwinkelobjektiven auch recht tiefe Aufnahmen gewinnen. Bei leicht verzogenen Sternen kann die Software helfen.

▶ Mario Weigand

INTERAKTIV

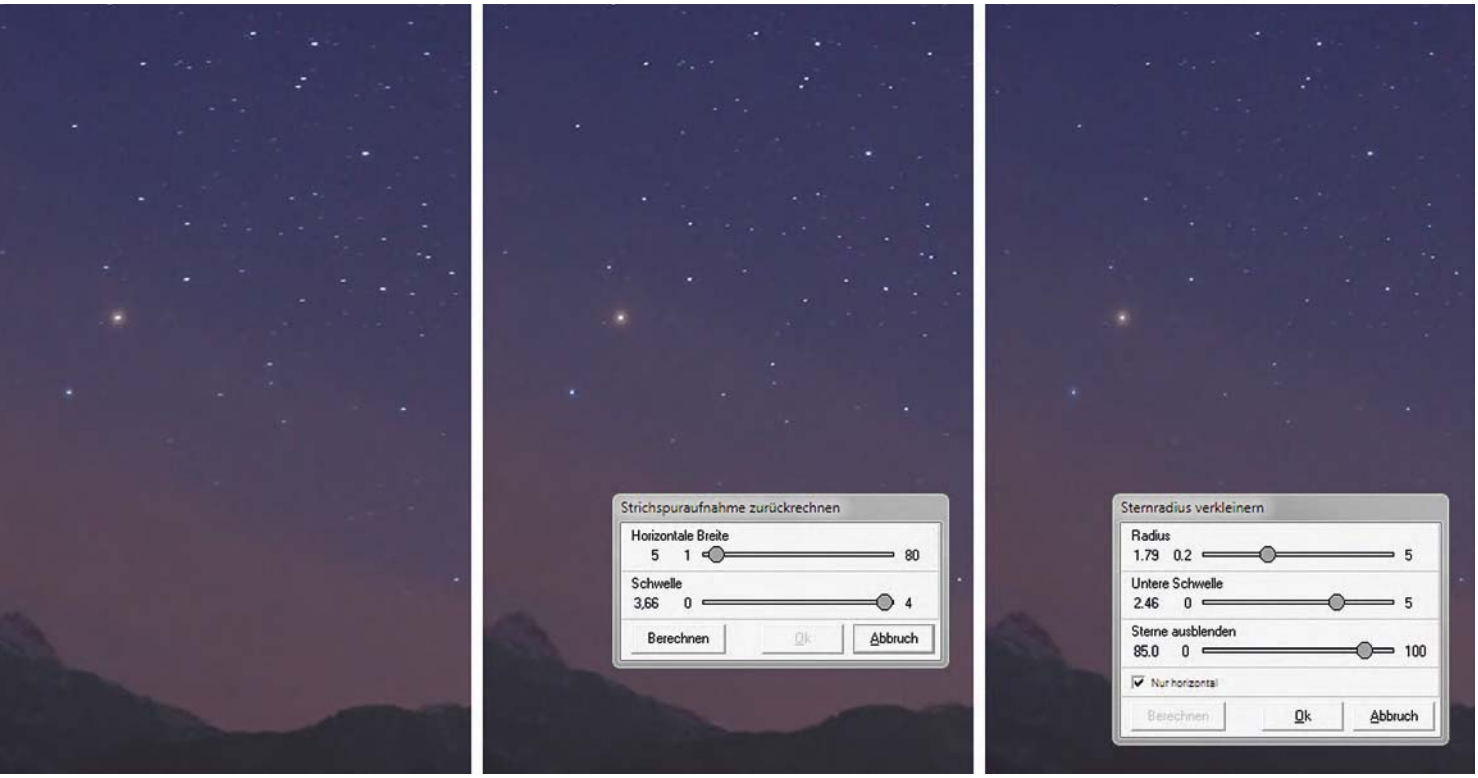
Mario Weigands Leidenschaft sind Hardware, Software und ihre Anwendung. Wenn Sie sich in seiner Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder auf unserer Facebook-Seite.

Kurzlink: oclm.de/fa

SURFTIPPS

- Software Fitswork

Kurzlink: oclm.de/a7063



M. Weigand

▲ Abb. 2: **Eine Aufnahme des Sternbildes Skorpion über den Alpen (links).** Die Aufnahme zeigt auch verkleinert noch deutlich verzogene Sterne. Die mittlere Ansicht zeigt das Ergebnis der Funktion »Strichspuren zurückrechnen« mit den verwendeten Einstellungen. Rechts sind die Einstellungen und das Ergebnis der Funktion »Sternradius verkleinern« zu sehen.

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

Technik

ASTROFOTOS MIT DEM SMARTPHONE

Die Kameras moderner Smartphones erlauben heute teils erstaunliche Aufnahmen. Doch eignen sie sich auch für die Astrofotografie?

Kameras in Smartphones werden immer leistungsfähiger. Ursprünglich für schnelle Party-Schnappschüsse konzipiert, haben sich Kameras und interne Bildverarbeitung in den letzten Jahren so weiterentwickelt, dass auch anspruchsvollere Aufnahmen damit gelingen können. Doch inwieweit eignen sich die modernen Smartphones inzwischen für astronomische Motive und wie lassen sich dabei die typbedingten Einschränkungen umgehen?

CCD-Detektoren wurden in den vergangenen Jahren zwar kontinuierlich weiterentwickelt, doch lassen sich dabei einige Meilensteine und Paradigmenwechsel ausmachen: In den Anfangsjahren der digitalen Fotografie war die Entwicklung getrieben von dem Wunsch klassische Kameras mit Kleinbildfilmen (mit einer Größe von 24×36mm) zu ersetzen. Da CCD-Chips in dieser Größe lange nicht zu vertretbaren Preisen hergestellt werden konnten, etablierte sich das sogenannte APS-C-Format (mit einer Chipfläche von 22,2×14,8 mm) für digitale Spiegelreflexkameras (DSLR).

Große Chip-Vielfalt

Während in der filmbasierten Fotografie Filmformate kleiner als Kleinbild stets nur eine untergeordnete Rolle spielten, bildete sich für CCD-Detektoren mit kleineren Chipflächen als APS-C schnell ein recht vielfältiger Markt: sogenannte 1/2,7-, 1/3- oder 2/3-Chips finden sich in zahlreichen Industrie- und Kompaktkameras wieder. Die Ziffer gibt dabei jeweils die Bilddiagonale in Zoll an: 1/3-Chips haben eine Bilddiagonale von 1/3 Zoll, was 8,4mm entspricht. Ganz maßgeblich wurde die Entwicklung kleiner Chipgrößen dabei von der zunehmenden Verbreitung von Smartphones und Tablet-PCs vorangetrieben, da mit deren Kameras inzwischen weltweit die meisten Fotos erstellt werden.

Während die ersten Smartphones nur über Kameras mit einer Auflösung von zwei Megapixeln verfügten, konnte die Auflösung von Generation zu Generation gesteigert werden und beträgt beispielsweise beim aktuellen iPhone7 zwölf Megapixel, während einige Nokia- und Lumia-Handys sogar über Auflösungen von 41 Megapixel verfügen.

Mehr Pixel als viele DSLR

Damit haben einige Smartphones deutlich höhere Auflösungen als fast alle DSLR – liefern sie daher auch die besseren Bilder? Nein, denn während sich 12 Megapixel bei einer Vollformat DSLR auf eine Fläche von 24×36 mm verteilen, sind es bei einer Smartphone-Kamera nur rund 4,8×3,6mm. Die Pixel des Chips der Smartphone-Kamera sind daher mit rund 1µm deutlich kleiner als die rund 9µm großen Pixel eines Vollformatchips mit ähnlicher Auflösung. Je kleiner einzelne Pixel sind, umso weniger Licht können sie jedoch aufnehmen und umso schlechter wird das Signal-Rausch-Verhältnis des Chips.

Die Leistungssteigerung der Smartphone-Kameras der vergangenen Jahre ist jedoch nicht nur in der – zugegebenermaßen beachtlichen – technischen Entwicklung der Chips begründet: Zunehmend mehr Aufmerksamkeit widmen die Hersteller auch der Kamera- bzw. Smartphone-internen Bildverarbeitung: Die Erstellung von Panoramafotos auch mit Smartphones ist beispielsweise seit 2012 Standard, wobei die Auflösung der einzelnen Panoramafotos dann 50-75 Megapixel betragen kann. Zudem ist es inzwischen üblich, dass Smartphones auch Filme aufzeichnen können sowie Zeitrafferaufnahmen und SlowMotion-Sequenzen. Wesentliche Aufmerksamkeit widmeten die Hersteller auch der kamerainternen Rauschreduzierung und der Bildaufnahme bei ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen.

Stiefkind Kameraaufbau

Lange Zeit weitgehend wenig beachtet blieb der Kameraaufbau: Oft sitzt vor dem Aufnahmechip eines Smartphones eine lichtstarke Linsenkombination mit wenigen Millimetern Durchmesser (meist kleiner als der Nagel des kleinen Fingers), die ein Weitwinkelbild erzeugt, wie es für die üblichen Schnappschüsse und Selfies für soziale Netzwerke gut geeignet ist. Seit Sommer 2016 verbauen viele Herstellen in Smartphones größere Linsen und auch erste Smartphones mit sogenannten »Dual-Kameras« sind verfügbar: Dabei werden entweder zwei farbige Aufnahmechips mit zwei Linsensystemen und unterschiedlichen Brennweiten verbaut, um so neben den üblichen Weitwinkelaufnahmen auch Tele-Abbildungen in besserer Qualität darstellen zu können, als dies bisher bei einem softwaremäßigen Hineinzoomen möglich war. Oder es werden zwei Kameras mit zwei gleichen Objektiven als Dual-Kamera verbaut, wobei die eine Kamera über einen Schwarz-weiß-Sensor verfügt und die andere über einen RGB-Sensor. Hierdurch wird die Auflösung der Bilder erhöht, ähnlich wie dies Astrofotografen bei

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

U. Dittler

▶ Abb. 1: **Mit modernen Smartphones lassen sich** auch in der Astrofotografie oft überraschend gute Ergebnisse erzielen.

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

U. Dittler

▲ Abb. 2: **Zur Fotografie der hellen Objekte unseres Sonnensystems eignet sich ein afokal ans Teleskop montiertes Smartphone überraschend gut:** Hier kommt ein Smartphone in einer universellen Klemmhalterung an einem Refraktor zum Einsatz.

U. Dittler

▲ Abb. 3: **Für die Befestigung eines Smartphones auf einem Stativ bieten sich Klemmhalterungen an, wie sie auch bei Selfie-Sticks zum Einsatz kommen.** Es gibt verschiedene Halterungen, die sich vielfältig der Form und Größe des Smartphones sowie der Position von dessen Kamera anpassen lassen. Bei der Auswahl ist darauf zu achten, dass der Adapter auch über das verwendete Okular passt.

der Erstellung von farbigen Bildern aus RGB- und L-Kanal tun.

Die weitaus meisten Smartphones, die derzeit angeboten und eingesetzt werden, setzen jedoch bislang auf eine einzige hochauflösende Kamera auf der Rückseite und eine weniger detailliert auflösende Kamera (für Selfies) auf der Vorderseite. Die meist weitwinkeligen Objektivlinsen der Smartphone-Kameras sind – und dies schränkt die astrofotografischen Nutzung stark ein – fest mit dem Kameragehäuse verbaut. Doch schauen wir uns die Einsatzmöglichkeiten von Smartphones in der Astrofotografie detaillierter an.

Strichspur und Sternfeldfotografie

Zur Strichspur- und Sternfeldfotografie wird üblicherweise die Kamera auf einem Stativ auf den zu fotografierenden Himmelsausschnitt ausgerichtet. Bei der Sternfeldfotografie wird zudem die Himmelsdrehung motorisch durch eine Nachführung ausgeglichen. In beiden Fällen entsteht die Aufnahme durch eine mehrere Minuten dauernde Langzeitbelichtung (oder die Kombination aus mehreren solchen Langzeitbelichtungen).

Die einfachste Art, um ein Smartphone auf einem Stativ oder einer kleinen Reisemontierung zu befestigen, ist sicherlich eine Smartphone-Klemmhalterung, wie sie an zahlreichen Selfie-Sticks zu finden ist.

Wie bereits angedeutet, ergibt sich aus der kleinen Größe der in Smartphones verwendeten Detektoren und deren Auflösung ein ungünstiges Signal-Rausch-Verhältnis, das für die Alltags- und Partyfotografie meist ausreicht, seine Schwächen bei der Sternfeldfotografie jedoch schnell offenbart. Zudem werden einzelne, schwache Sterne vor dem dunklen Himmelshintergrund von der Smartphone-internen Bildverarbeitung meist als Bildfehler interpretiert und durch die Farbe des Himmelshintergrundes ersetzt und damit gelöscht.

Fehlende Einstellmöglichkeiten

Wenn Sterne noch punktförmig abgebildet werden sollen, sind mit den Smartphone-Kameras und ihren weitwinkligen Brennweiten, die rund 24 bis 30mm im Kleinbildformat entsprechen, Belichtungszeiten von bis zu 30 Sekunden theoretisch möglich (vgl. auch Weigands Techniktipps in dieser Ausgabe). Werden längere Belichtungszeiten gewünscht, so ist auch hier eine Nachführung des Smartphones notwendig. In der Praxis zeigt sich schnell, dass es viele Foto-Apps gar nicht erlauben, die gängigen Parameter wie Chipempfindlichkeit, Blende und Belichtungszeit manuell einzustellen: Oft sind Chipempfindlichkeit und Blende nicht verstellbar und die maximale Belichtungszeit liegt bei 1/15 Sekunde und ist damit für die Sternfeldfotografie viel zu kurz.

In den App-Stores gibt es eine ganze Reihe von Foto-Apps, die dem Anwender größere individuelle Einstellungsmöglichkeiten bei der Verwendung der Smartphone-Kamera ermöglichen, wie etwa die Apps SlowShutter, ProCam und M Cam. Aber auch bei diesen Foto-Apps liegt die maximale Belichtungszeit in der Regel bei einer Sekunde, und damit immer noch deutlich unter der für die Strichspur- oder Sternfeldfotografie gewünschten Belichtungszeit.

Langzeitbelichtung mit Trick

Diese sind mit Smartphones nur über einen Trick zu realisieren, wie ihn verschiede-

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

ne Langzeitbelichtungs-Apps anwenden: Die Langzeitbelichtung wird in mehrere 1-sekündige Belichtungen aufgeteilt und diese werden dann aufgenommen und im Smartphone addiert. Um eine echte Langzeitbelichtung handelt es sich auch in diesem Fall nicht. Die Langzeitbelichtungs-Apps, wie Langzeitbelichtung, LongExpo Pro oder ShutterStop, funktionieren dabei meist gleich: Zunächst kann die gewünschte maximale Belichtungszeit gewählt werden (zwischen 0,5 Sekunden und Bulb, also unendlich, bzw. solange der Auslöser gedrückt wird), dann kann die Belichtungszeit der Einzelbelichtungen gewählt werden, die aufaddiert werden sollen.

Bei dem Versuch Sternfelder mit derartigen Langzeitbelichtungen aufzunehmen, kann der kontinuierlich heller werdende Aufbau der Aufnahme sehr anschaulich auf dem Smartphone-Display mitverfolgt werden. Es zeigt sich aber auch, dass das Rauschen des Chips deutlich schneller zunimmt als die Sammlung des schwachen Sternenlichtes. Die Erstellung von Sternfeld- oder Strichspur-Aufnahmen mit einem Smartphone wird daher schnell zu einem unbefriedigenden Vorhaben – abgesehen davon, dass die in den Smartphones verwendeten Detektoren mit ihren Weitwinkeloptiken für die feinstrukturierte Zeichnung in dunklen und filigranen Deepsky-Objekten nicht geeignet sind: Selbst helle Objekte wie der Orionnebel sind auf derartigen Smartphone-Fotos nicht zu identifizieren.

Mond- und Planetenfotografie

Zur Fotografie des Mondes wird eine Kamera an ein Teleskop angeschlossen, entweder (fokal) direkt im Brennpunkt der Optik oder (afokal) hinter dem Okular des optischen Systems. Bedingt durch die fest verbauten Objektivlinsen ist mit einer Smartphone-Kamera eine klassische fokale Fotografie an einem Teleskop nicht möglich. Für die afokale Fotografie gibt es jedoch verschiedene Möglichkeiten zur Positionierung der Kamera: Viele Amateurastronomen erhalten gute Aufnahmen mit einer händisch hinters Okular gehaltenen Kamera. Bessere Ergebnisse können jedoch erzielt werden, wenn die Kamera mit einem entsprechenden Smartphone-Adapter in der Position hinter dem Okular fix positioniert wird. Verschiedene Teleskop- bzw. Okularhersteller bieten entsprechende Adapter für ausgewählte Smartphones für ihre Okularreihen an; diese Adapter sind sehr einfach zu handhaben und garantieren eine optimale Position des Smartphone hinter dem Okular. Aber es sind auch Smartphone-Halter verfügbar, die flexibel an unterschiedliche Smartphones und verschiedene Okulare angepasst werden können; diese Adapter sind zwar flexibler, ihre Handhabung ist jedoch etwas umständlicher, da der Anwender selbst die optimale Position des Smartphones hinter dem Okular finden und einstellen muss. Konstruktionsbedingt können die neueren Smartphones mit Dual-Kameras ihre Vorteile in der Regel bei der afokalen Fotografie nicht ausspielen, da von den beiden Kameras nur eine an der optimalen Position hinter dem Okular platziert werden kann, und die zweite Kamera daher immer einen ungünstigeren Einblick hat.

Überraschend gute Ergebnisse

Die Kombinationen aus Teleskop, Okular und Smartphone-Kamera ist einfach zu bedienen und kann positiv überraschen: Der Bildausschnitt kann während der Aufnahme vergrößert werden, indem – wie üblich – das Bild auf dem Smartphone-Display mit den Fingern aufgezogen bzw. gezoomt wird. Schwierig ist die exakte Steuerung der Belichtungszeit: Das Smartphone verwendet zunächst meist einen Mittelwert über die gesamte Bildfläche. Ein Tippen auf den Bildschirm fokussiert die Smartphone-Kamera auf exakt diese Stelle und optimiert auch die Belichtungszeit für den angetippten Bildbereich – in gewissen Grenzen kann dann mittels eines Reglers eine kürzere oder längere Belichtung gewählt werden.

Da die Smartphones nicht nur Einzelbilder, sondern auch Videosequenzen aufnehmen können, eröffnet dies auch die Möglichkeit des aus der Astrofotografie mit CCD-Kameras bekannten »Lucky Imaging«: Eine mit dem Smartphone aufgezeichnete rund 20-sekün-

U. Dittler

▲ Abb. 4: **Bei längeren Belichtungszeiten ist auch das Smartphone über eine motorische Montierung der Wanderung der Sterne nachzuführen:** Hier ein Smartphone in einer Klemmhalterung auf einer Astro-Track-Reisemontierung.

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

U. Dittler U. Dittler

▲ Abb. 6: **Vergleich einer Einzelaufnahme (a) mit einem gestackten Summenbild (b).** Im Einzelbild sind deutliche Bildstörungen zu erkennen, die beim Summenbild (100 von 600 Aufnahmen) merklich reduziert sind.

dige Videosequenz enthält bei einer Aufnahmegeschwindigkeit von 30 Bildern pro Sekunde rund 600 Bilder in einer Auflösung von 1920×1080. Nachdem die aufgezeichneten Videodateien mit einem Freeware-Programm (beispielsweise RAD Batch Editor) konvertiert wurden, können die Dateien mit den hierfür bekannten Programmen wie AviStack oder Autostakkert2 weiterverarbeitet werden, so dass aus den Bildsequenzen durch Stacking ein schärferes und rauschärmeres Bild erzeugt werden kann.

Mond im Visier

Erwartungsgemäß zeigt sich hierbei, dass diese durch Stacking erzeugten Aufnahmen des Mondes deutlich detailreicher und glatter sind als Einzelfotos. Auch wenn die Einzelfotos mit der vollen Kameraauflösung erzeugt wurden, während die Filmsequenzen oft nur mit einer reduzierten Auflösung aufgezeichnet werden, können die gestackten Summenbilder qualitativ überzeugen: Bei den Einzelaufnahmen zeigen sich gerade in den Graustufen des Mondes zahlreiche Artefakte, die durch die Kamera-interne Bildverarbeitung des 8-Bit-Bildes entstanden sind. In dem gestackten Summenbild hingegen fallen diese nicht mehr so deutlich als Stufen auf.

Mit dieser Methode können auch die hellen Planeten, wie beispielsweise Jupiter, fotografiert werden. Bei schwächer leuchtenden Planeten ist es jedoch deutlich schwieriger, mit dem Smartphone ansprechende Bildergebnisse zu gewinnen.

Blick zur Sonne

Bei der Fotografie der Sonne kann das Smartphone sowohl zusammen mit einem Foliensonnenfilter als auch alternativ zu-sammen mit einem Herschelkeil an einem Refraktor eingesetzt werden. Die auf diese Weise entstandenen Aufnahmen sind zunächst farbig und müssen anschließend in der Bildverarbeitung vom Farbstich des Filters befreit bzw. neu eingefärbt werden. Auch bei der Fotografie der Sonnenflecken zeigt sich erwartungsgemäß – wie schon bei den Mondaufnahmen –, dass die aus Filmsequenzen gestackten Bilder eine bessere Qualität aufweisen als Einzelbilder. Bei den Aufnahmen der Sonne zeigt sich dies besonders deutlich im Helligkeitsverlauf der Sonnenscheibe, denn auch im Einzelbild der Sonne erscheint dieser Helligkeitsverlauf deutlich stufiger als im gestackten Summenbild.

Fazit

Ursprünglich wurden Kameras in Smartphones integriert, um unkompliziert Party- und Spaßbilder für soziale Netzwerke aufnehmen zu können. Durch kontinuierliche Entwicklungen wurden diese Kameras in den vergangenen Jahren auch mit schlechten Lichtverhältnissen immer besser fertig. Für astrofotografische Aufnahmen von den hellen Objekten des Sonnensystems eignen sich diese Kameras inzwischen sehr gut – für die DeepSky-Fotografie sind sie jedoch – zumindest heute noch – ungeeignet. Nach derzeitigem Stand können Smartphone-Kameras in der Astrofotografie daher weder digitale Spiegelreflexkameras noch ungekühlte CCD-Kameras (oder gar gekühlte CCD-Kameras) ersetzen, aber sie liefern schon heute respektable Ergebnisse. Wer über ein Teleskop und ein Smartphone verfügt, sollte sich die Gelegenheit nicht entgehen lassen diese gemeinsam zu nutzen und so unkompliziert das eine oder andere Sonnen-, Mond- oder Planetenbild zu gewinnen.

▶ Ullrich Dittler

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

| **DER AUTOR** |
Ullrich Dittler ist Kolumnist von Abenteuer Astronomie und 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«, des umfangreichsten Kompendiums 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.

U. Dittler

▲ Abb. 7: **Auch der helle Planet Jupiter lässt sich mit einem Smartphone fotografieren:** Summenbild (100 von 600 Aufnahmen) des Planeten Jupiter, entstanden mit einem iPhone an SCT bei 2000mm Brennweite.

	Eignung	Bemerkungen
Strichspurfotografie	-	Meist nimmt das Bildrauschen schneller zu als die Bildinformation, so dass die Strichspuren nicht sichtbar werden.
Sternfeld-Fotografie	-	Auch hier stört das zunehmende Bildrauschen die gewünschte Bildinformation deutlich.
Sonnenfotografie	++	Gestackte Aufnahmesequenzen liefern bessere Ergebnisse als Einzelaufnahmen.
Übersichtsaufnahmen des Mondes	++	Smartphone an Teleskopen mit kürzerer Brennweite. Gestackte Aufnahmesequenzen liefern bessere Ergebnisse als Einzelaufnahmen.
Detailaufnahmen des Mondes	++	An Teleskopen mit längerer Brennweite oder mittels Hineinzoomen möglich, Belichtung auf Bilddetails anpassen durch Antippen dieser möglich. Auch hier sind gestackte Summenbilder besser als Einzelaufnahmen.
Planetenfotografie	+	Die großen und hellen Gasplaneten wie Jupiter und Saturn eignen sich deutlich besser als beispielswiese Mars und Venus. Stacken von Bildfolgen für ansprechende Ergebnisse unumgänglich.
Fotografie von Sternhaufen	0	Unter den Deepsky-Objekten sind helle Sternhaufen die einzigen Objekte, die sich derzeit mit Smartphone-Kameras gut ablichten lassen.
Fotografie von Galaxien	-	Die schwachen Strukturen von Galaxien werden im Bildrauschen nicht sichtbar.
Fotografie von Nebelgebieten	-	Auch die Photonen von Nebelgebieten können sich gegenüber dem Bildrauschen nicht durchsetzen.

U. Dittler

▲ Abb. 8: **Smartphones sind für die Erstellung von Schnappschüssen optimiert,** bei der Deepsky-Fotografie werden schnell die Grenzen des derzeit Machbaren erreicht, wie diese 3-sekündige Aufnahme des Kugelsternhaufens M15 zeigt: Neben dem Bildrauschen zeigen sich auch Einflüsse der Smartphone-internen Bildverarbeitung bei der Abbildung der Sterne.

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

Erlebnis

SPEKTAKULÄRE PROTUBERANZ

Der dynamische Sonnenrand im Hα-Licht

Als ich gefragt wurde, ob ich nicht Lust hätte, einen Beitrag für die Rubrik »Mein bestes Astrofoto« zu schreiben, war mir ziemlich schnell klar, dass es das schönste Astrofoto von mir eigentlich gar nicht gibt. Es ist eher so, dass zahlreiche Bilder von Objekten, die ich im Laufe der Zeit abgelichtet haben, zu meinen persönlichen Favoriten gehören. Da ich unter der Woche nur aus der Kölner Innenstadt heraus beobachten kann, beschränkt sich meine fotografische Aktivität hier auf unser Sonnensystem.

Seit 2014 befindet sich auch ein Hα-Teleskop von Lunt mit 60mm Öffnung in meinem Gerätepark. Dieses wird visuell und sehr viel fotografisch genutzt. Aufgenommen wird mit einer Schwarz/weiß-Kamera von i.Nova, die mit einem Sony 445-Chip arbeitet. Die hier gezeigte Aufnahme der Sonne ist vielleicht nicht meine schönste Aufnahme, aber mit Abstand die bisher spektakulärste.

Protuberanz in Bewegung

Am Morgen des 30. September 2015 – ich hatte zum Glück noch Urlaub – saß ich mit meiner Lebensgefährtin gemütlich beim Frühstück, um mich für einen geplanten Ausflug bei schönstem Herbstwetter zu stärken. Doch dann machte ich den »Fehler« und warf gegen 9.30 Uhr einen kurzen Blick auf die Website des »Hα Network Monitor« der Global Oscillation Network Group am US-amerikanischen National Solar Observatory. Dort war zu sehen, dass sich eine riesige Protuberanz vom Sonnenrand löst. Diese Protuberanz war in den Tagen zuvor als großes Filament auf der Sonne zu sehen. Für mich war klar, dass sich der geplante Ausflug »geringfügig« in den Nachmittag verschieben würde, wofür meine Lebensgefährtin – wie so oft – zum Glück auch Verständnis zeigte.

In Rekordzeit waren Montierung, Teleskop, Kamera und Laptop einsatzbereit. Es war sehr schwer, sich zwischen Fotografie und visueller Beobachtung mit dem Fernglas zu entscheiden. Der Anblick der sich unglaublich schnell veränderten Protuberanz verschlug mir fast den Atem. Auch die Tatsache, dass man durch leichtes Drehen am Tuning (das die Wellenlänge leicht von der Zentrallinie bei 656,28nm verschiebt) sehen konnte, dass es Teile gab, die sich auf einen zubewegten und Teile, die sich wegbewegten, war faszinierend. Grund dafür ist der Doppler-Effekt, der eine minimale Verschiebung der Linie ins Rote oder Blaue verursacht. Diese Gasmassen erschienen dann unterschiedlich im Kontrast von sehr hell bis fast unsichtbar und man konnte sich per Tuning praktisch durch die Protuberanz »bewegen«. Selten habe ich einen so dynamischen Prozess in dieser Größe auf der Sonne verfolgen können. Innerhalb weniger Minuten war eine deutliche Bewegung zu sehen.

Höhepunkt der »Hα-Karriere«

Das Ganze musste aber auch dokumentiert werden und das Fernglas wurde gegen die Kamera getauscht, mit der zahlreiche Videos aufgenommen wurden. Fasziniert schaute ich dabei auf den Bildschirm. Bei der anschließenden Bearbeitung mit Autostakkert!, ImPPG und Photoshop konnte ich eine maximale Höhe der Protuberanz von 310.000km über dem Sonnenrand messen. Bis jetzt habe ich noch keine größere Protuberanz sehen können.

Es war etwa kurz nach Mittag, als von diesem ganzen Spektakel, das sich für mich über etwas mehr als drei Stunden erstreckte, nichts mehr zu sehen war. Ein absoluter Höhepunkt meiner »Hα-Karriere«, dem hoffentlich noch viele folgen werden. Wo sonst kann man Astro- und Kernphysik so nah mit dem eigenen Auge erleben als bei unserem wunderschönen Heimatstern? Der anschließende Ausflug hat übrigens auch danach noch großen Spaß gemacht. ▶ Dirk van Uden

SURFTIPPS

- Homepage des Autors

Kurzlink: oclm.de/a7070

IM DETAIL

Technik und Bearbeitung

Kamera: i.Nova
Teleskop: Lunt 60mm Hα-Teleskop
Nachbearbeitung: Autostakkert!, ImPPG, Photoshop

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

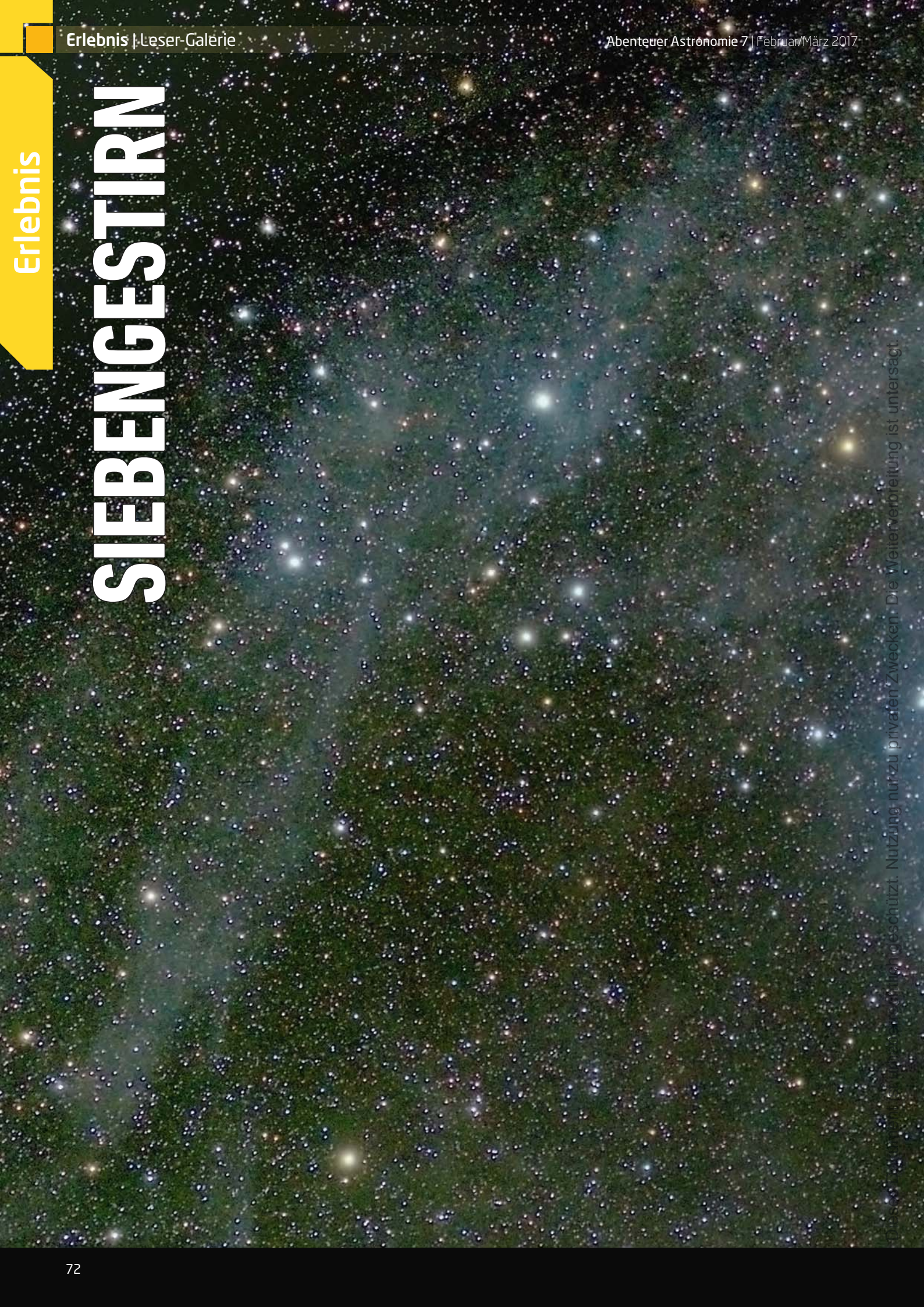
◀ Abb. 1: **Die spektakuläre Protuberanz der Sonne,** aufgenommen am 30. September 2015.

D. van Uden

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

Erlebnis

SIEBENGESTIRN



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

▲ Abb. 1: **Der Sternhaufen der Plejaden wird auch als Siebengestirn bezeichnet und ist der 45. Eintrag im Messier-Katalog.** Diese Aufnahme, die auch schön die Staubwolken zeigt, in die die Plejaden eingebettet sind, entstand am 31. Oktober 2016 von Spital am Pyhrn in Oberösterreich aus mit einer Nikon D750 bei einer Brennweite von 300 mm und ISO 1250. Die Aufnahmezeit betrug 47×3min 15sec. *Christian Mittermair*

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

KOSMISCHE VIELFALT

▲ Abb. 3: **Cederblad 214 ist Teil des Emissionsnebels NGC 7822 im nördlichen Teil des Sternbilds Kepheus.** Das Bild wurde am 31. August 2016 mit einem 254mm-Newton bei 100mm Brennweite mit einer Atik 383L+ unter Verwendung von Hα-, [OIII]- und [SII]-Filtern aufgenommen. Die Belichtungszeit betrug 23×30min. Die Aufnahme entstand von Eggersdorf aus. *Frank Iwaszkiewicz*

▲ Abb. 4: **IC 10 ist eine irreguläre Zwerggalaxie im Sternbild Kassiopeia, dem »Himmels-W«, und ist Teil der lokalen Gruppe.** Die Aufnahme entstand am 7. August 2016 mit einem 250mm-Astrographen bei einer Brennweite von 900mm mit einer ALccd 6c von Leitzersdorf in Niederösterreich aus. Die Belichtungszeit betrug 35×10min. *Werner Pribil*

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

▼ Abb. 2: **Ein Blick ins Sternbild Orion,** aufgenommen mit einer Nikon D610(a) bei einer Brennweite von 135mm und einer Belichtungszeit von 1,5 Stunden. Das Bild entstand am 28. November 2016 von Österreich aus. *Michael Schmidt*

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

Erlebnis

»SUPERMOND«

▶ Abb. 1: *Der aufgehende Perigäums-Vollmond,* in vielen Medien als »Supermond« bezeichnet, am 14. November 2016. Das Bild entstand zwischen 17:00 und 17:16 MEZ mit einer Nikon D800E bei 300mm Brennweite. *Jörg Mosch*

Urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

▲ Abb. 2: **Der »Supermond« am 14. November 2016,** hier aufgenommen mit einem 254mm-Newton und einer Brennweite von 1200mm mit einer Nikon D5300(a) und einer Belichtungszeit von 0,001sec von Österreich aus. *Michael Schmidt*

▲ Abb. 3: **Schon am 16. Oktober 2016 gab es einen Perigäums-Vollmond:** Hier geht er hinter den Hügeln am Hallwilersee im Schweizer Mittelland unter. Die Aufnahme entstand mit einer Canon EOS 7D Mark II bei 214mm Brennweite, ISO 1250 und einer Belichtungszeit von 1/13sec. *Thomas Erzinger*

Urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

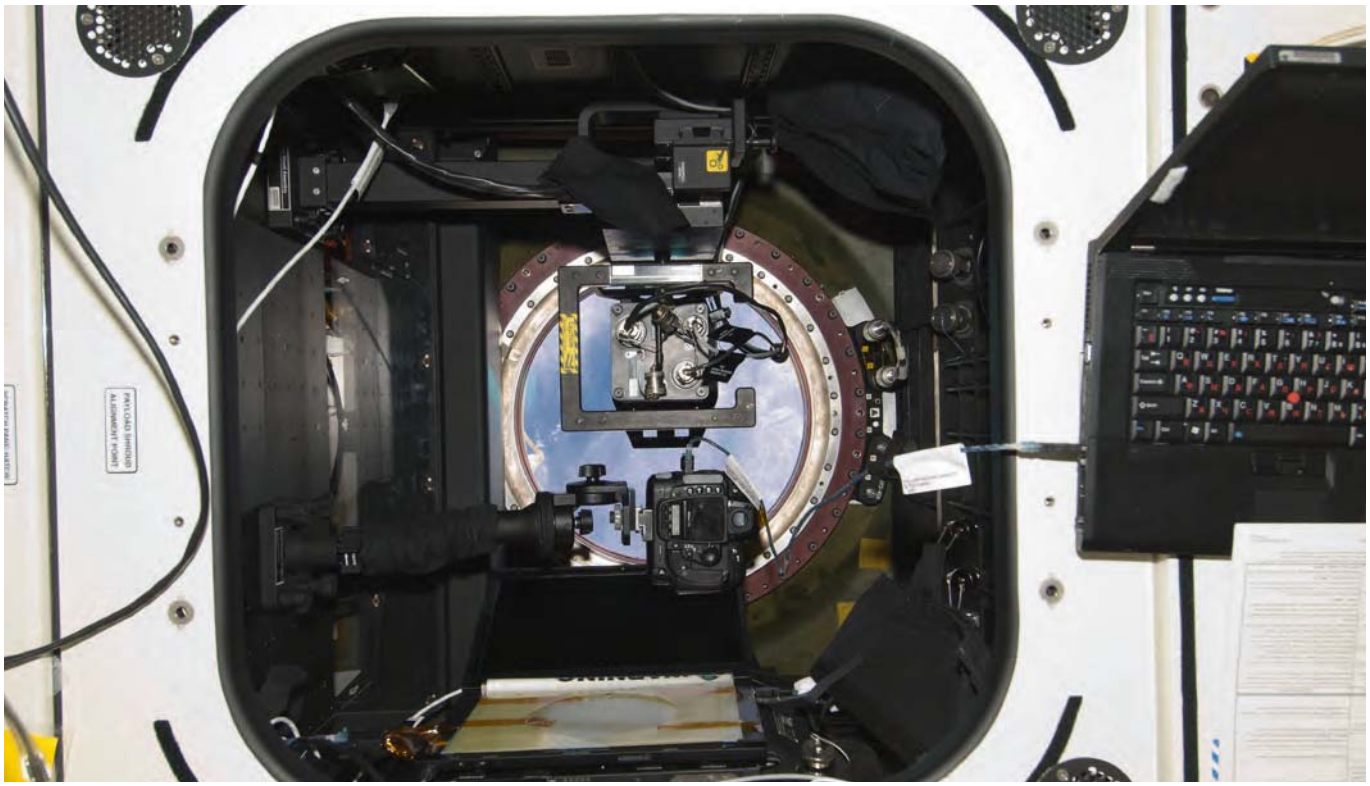
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

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

Szene

»HERR KLEINSCHUSTER, WIE HABEN SIE DIE ISS FERNGESTEUERT?«

Seit zwanzig Jahren haben Schüler in aller Welt die Möglichkeit, mit Digitalkameras aus dem Orbit Bilder selbst gewählter Regionen auf der Erde zu schießen – erst vom Space Shuttle aus und seit 2001 dann von der ISS. Das Projekt heißt »Sally Ride Earth Knowledge Acquired by Middle School Students« oder kurz EarthKAM. Entstanden sind dabei schon über 24.000 Bilder. In Europa ist es trotzdem recht unbekannt geblieben.



NASA

▲ Abb. 1: **Die EarthKAM-Ausrüstung im Einsatz, installiert hinter einem besonders guten Fenster,** der »Window Observation Research Facility« (WORF) im ISS-Modul Destiny.

Auch Günter Kleinschuster, Vorstandsmitglied der Vulkanlandsternwarte Auersbachtal in der österreichischen Steiermark, war erst kürzlich darauf gestoßen. Immer auf der Suche nach ungewöhnlichen Kollaborationsangeboten der professionellen Forschung stellte er fest, dass auch Volkssternwarten, die mit Schülern arbeiten, sich für das Projekt bewerben dürfen. Im November 2016 fand die 55. »Mission« der EarthKAM statt, bei der eine Schule im nahen Jennersdorf Partner der Vulkanlandsternwarte war. Abenteuer Astronomie sprach kurz darauf mit Kleinschuster.

Abenteuer Astronomie Günther, was braucht es, um zu Beobachtungszeit mit der EarthKAM zu gelangen?

▶ **Kleinschuster:** Man muss für die NASA einen »Educator« darstellen – das ist sehr frei auslegbar. Als Einzelperson ist die Teilnahme aber nicht möglich: Man muss angeben, wie viele Schüler dabei sind und einen kurzen Plan abgeben, aber keine wissenschaftliche Abhandlung oder so. Entsprechende Lehrer kurzfristig zu begeistern, war schwierig, und letztlich hat nur eine Klasse mitgemacht. Wir haben mit den Schülern ausgearbeitet, dass wir die Bewirtschaftung von Flächen anschauen möchten oder Wettermuster und Jahreszeiten.

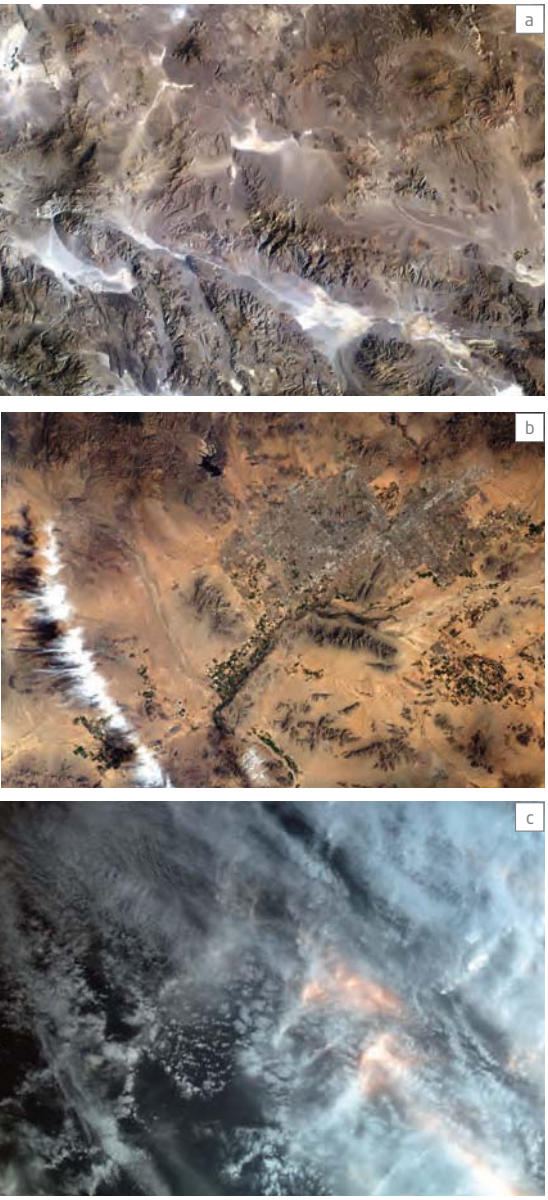
Abenteuer Astronomie Wie ist es dann konkret weitergegangen?

▶ **Kleinschuster:** Man bekommt ein Password für die Homepage geschickt und etwa 200 sogenannte Codes, wobei jeder Code einer einzelnen Beobachtung entspricht, einer Aufnahme also. Das Online-Tool zur Auswahl der Ziele ist sehr einfach. Die Schüler waren auf einer Weltkarte: Man sieht dann die Flugbahn der ISS, und man kann sich hineinzoomen mit Google Earth. Man kann nur Objekte aufnehmen, die genau unter der Flugbahn sind. Das Aufnahmegerät ist eine digitale Spiegelreflexkamera, die im Destiny-Labor hinter einem besonders guten Fenster montiert ist und senkrecht nach unten schaut – ziemlich bodenständig, das sieht kaum anders aus als die Ausrüstung eines Amateur-Astrofotografen. Die Schüler haben selbständig gearbeitet und die Ziele festgelegt, die Koordinaten und vor allem die Zeit auf Zehntelsekunden genau. Eine Mission dauert vier Tage, in denen ständig fotografiert wird – allein durch einen Laptop gesteuert, die Astronauten greifen nicht ein.

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

G. Kleinschuster

▲ Abb. 2: **Schülerinnen und Schüler des Gymnasiums/Handelsschule Jennersdorf,** die im November 2016 die EarthKAM steuern durften.



EarthKAM/G. Kleinschuster

▲ Abb. 3: **Aufnahmen der Schülerinnen und Schüler mit der EarthKAM:** (a) Die Mojave-Wüste in den USA, (b) die Stadt Tucson in Arizona und (c) ein Sonnenaufgang über der Beringsee.

Abenteuer Astronomie Was wird jetzt mit den Bildern gemacht?

▶ **Kleinschuster:** Die einzelnen Bilder entsprechen etwa 70×40km auf der Erde. Wir haben z.B. schon probiert, Mosaike herzustellen, um ein größeres Bildfeld zusammenzubekommen. Die wichtigste Aufgabe ist aber erst einmal herauszufinden, welches Ziel genau auf welchem Bild zu sehen. Konkrete Bildverarbeitung konnten wir noch nicht viel machen, da werden wir jetzt in den kalten Wintermonaten ein bisschen experimentieren. Was für mich selbst besonders faszinierend war: In den vier Tagen habe ich mehr über Geografie gelernt als in meinen ganzen 13 Schuljahren. Für den Erdkunde-Unterricht ist das also ideal, man kann aber noch viel mehr machen. Man kann etwa aus den Bildern und ihren Zeitpunkten die damalige Umlaufbahn der ISS berechnen, die Höhe und die Geschwindigkeit, indem ich Detailpunkte auf den Bildern vergleiche – da habe ich schon noch ein paar Ideen.

Abenteuer Astronomie Was wird dann am Ende des Projekts stehen, ein Abschlussbericht?

▶ **Kleinschuster:** Wir werden Berichte sowohl für uns selbst als auch für die NASA erstellen, die darauf allerdings nicht besteht – allerdings hätte sie gerne ein Bild der Klasse, das dann an die Raumstation geschickt wird. Wir wollen auch einen Film machen über unsere Aufnahmen, weil sie auch ästhetisch sehr schön sind. Eins der ersten Bilder, das wir aufgenommen haben, das war genau über dem Terminator über der Beringstraße: Man erkennt schön das Blau und das Rot des Sonnenaufgangs, auch wenn man eigentlich nichts sieht außer Wasser und Wolken.

Abenteuer Astronomie Wie kann man die Gesamterfahrung bewerten – und wie geht es weiter?

▶ **Kleinschuster:** Für mich war das ein Versuchsballon: Von der Sternwarte aus schreibe ich einmal im Jahr die ganzen Schulen an, um für solcherlei ungewöhnliche Projekte zu werben. In Österreich ist die Astronomiebildung leider nur sehr schwer im Unterricht unterzubringen, und der Rücklauf in Sachen EarthKAM war dürftig. Die nächste Mission startet aber schon im Februar, da werden wir uns sicher wieder beteiligen – und jetzt weiß ich ja schon, wie es laufen wird und dass es auch gar nicht schwierig ist. Ich erzähle unseren Gästen auf der Sternwarte immer, dass wir im ganzen Weltraum noch keinen Ort gefunden haben, der so schön wie unsere Erde ist – und der Blick zurück mit der EarthKAM bestätigt das. Das ist ganz wichtig.

Die Fragen stellte Daniel Fischer.

SURFTIPPS

- EarthKAM-Homepage
- EarthKAM - technische Details
- Auswahl der Bilder des Schülerprojekts

Kurzlink: oclm.de/a7081

G. Kleinschuster

▲ Abb. 4: **Günter Kleinschuster**

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

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.

Waren die Mondlandungen echt?

Schüler untersuchten die Fotos, die beweisen sollen, dass die NASA nie auf dem Mond war

Im Juli 1969 betrat Neil Armstrong als erster Mensch den Mond. Mit dem Apollo-Programm wurde die USA zur führenden Raumfahrtnation. Im Internet gibt es aber viele Websites, auf denen bezweifelt wird, dass Astronauten auf dem Mond waren. Die Schüler des Pluskurses Astronomie vom Privatgymnasium der Herz Jesu Missionare in Salzburg haben sich die vermeintlichen »Beweise« einmal genauer angesehen.

Es gibt viele Verschwörungstheorien um die Mondlandung. Aber woher kommen diese Theorien? Sie basieren oft auf Fotos der Mondmissionen. Wir haben uns einige dieser »Beweise« einmal angeschaut und dann recherchiert, wie sie sich einfach widerlegen lassen.

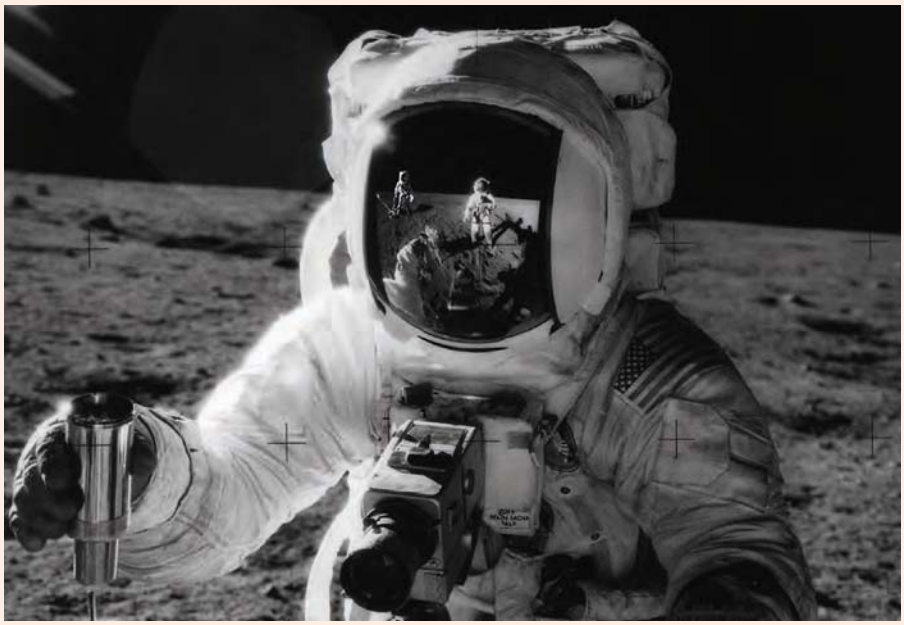
Drei Mann auf dem Mond

Die NASA sagt immer, dass zwar drei Personen an den einzelnen Apollo-Missionen beteiligt waren, aber nur jeweils zwei Astronauten auf dem Mond waren. Der dritte Astronaut musste derweil in der Raumkapsel im Orbit um den Mond verweilen. Es gibt aber nun ein Foto, auf dem wir drei Personen zählen: Der, der gerade ein Selfie macht, und zwei weitere, die sich in seinem Visier spiegeln.

Natürlich können sich nicht drei Astronauten auf dem Mond befunden haben: Und das Bild wurde auch tatsächlich manipuliert. Der Raumfahrthistoriker David Harland fertigte diese Montage an, auf der sich im Visier eines Astronauten gleich zwei andere spiegelten. Harland hat – nach eigener Aussage – das Foto als Scherz für das »Apollo Lunar Surface Journal« manipuliert. Es zeigt die Astronauten der Mission Apollo 12.

Die wehende Flagge

Warum bewegte sich aber die US-amerikanische Flagge auf Filmen von den Mondlandungen? Der Mond hat keine Atmosphä-



NASA/ALSJ

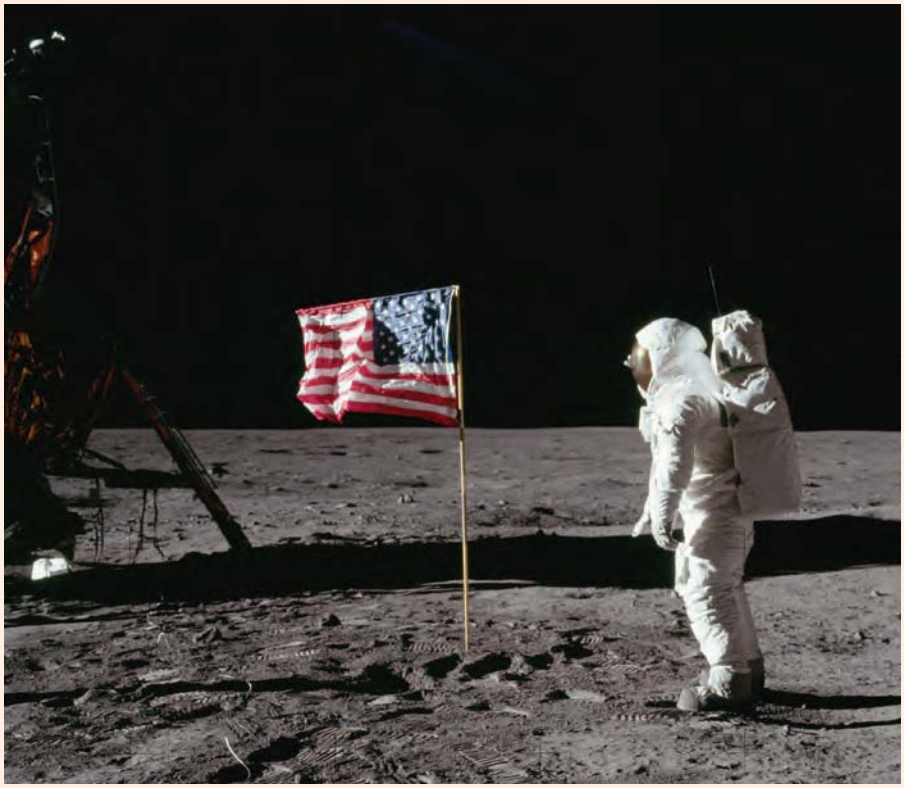
▲ Abb. 1: **Ein »Beweis«, der keiner ist:** Das NASA-Foto mit drei Astronauten auf dem Mond.

H. Pühringer

▲ Abb. 2: **Jakob Willmann, Michael Jungwirth und Paul Fuchs** (von links) haben zu den Apollo-Missionen recherchiert.

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

NASA



▲ Abb. 3: **Astronaut Buzz Aldrin** salutiert der US-amerikanischen Flagge auf dem Mond.

IM DETAIL

Apollo 11

Seit den 1950er Jahren kam es zum sogenannten Wettlauf ins All zwischen den USA und der Sowjetunion.
Neil Armstrong war der Kommandant von Apollo 11 und der erste Mann auf dem Mond. Er war Pilot bei der US Navy. Aber er war nicht allein, ihn begleiteten Michael Collins und Buzz Aldrin. Von den drei Astronauten waren aber nur zwei, nämlich Armstrong und Aldrin, auf dem Mond. Die Mission von Apollo 11 startete am 16. Juli 1969 von Cape Canaveral in Florida aus. Die Mondlandung erfolgte am Abend des 20. Juli 1969. Collins musste die ganze Zeit in der Raumkapsel bleiben. Nach Apollo 11 gab es noch sechs weitere Apollo-Mondmissionen, von denen fünf auf dem Mond landeten.

re, also herrscht auf dem Mond Vakuum, also dürfte die Flagge nicht schwingen, als wäre sie von einem kleinen Luftstoß getroffen worden.

Die Lösung ist recht einfach: Beim Reinstoßen der Flagge in den Mondboden sind Schwingungen entstanden. Im Vakuum gibt es keinen Luftwiderstand, so dass die Flagge ungehindert schwingen kann.

Merkwürdige Schatten

Aufgefallen ist auch, dass die Schatten diverser Objekte in verschiedene Richtungen zeigen. Deswegen behaupten Verschwörungstheoretiker, dass das Licht anscheinend von verschiedenen künstlichen Lichtquellen – wie in einem Studio – ausgeht und deswegen die Bilder nicht echt sein können, da es auf dem Mond nur die Sonne als Lichtquelle gibt. Tatsächlich ist der Grund für alle Schatten die Sonne. Da die Oberfläche des Mondes nicht eben ist, sondern es überall Krater gibt, werden die Schatten gekrümmt und verzerrt. Anderen fiel auf den Bildern auf, dass die Schatten der Astronauten verschieden lang sind, obwohl sie nahe beisammenstehen. Doch auch daran ist die Bodenbeschaffenheit Schuld, sie verändert die Länge der Schatten. Und warum sieht man auf den Fotos vom Mond keine Sterne? Die Antwort ist einfach: Kameras können bei sehr hellem Licht von der Sonne das sehr schwache Licht der Sterne nicht aufnehmen.

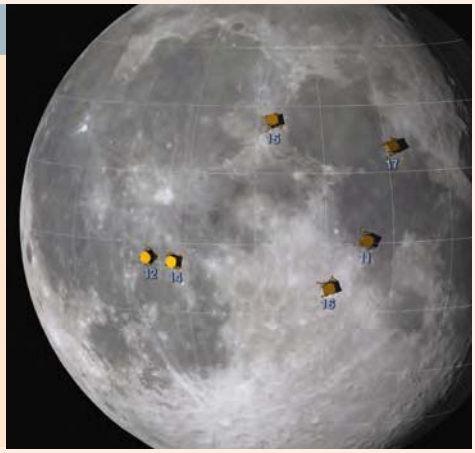
Warum sollten die Amerikaner die Mondlandung überhaupt vorgetäuscht haben? Wenn man sich den Wettlauf ins All zwischen der Sowjetunion und den USA ansieht, waren die Amerikaner in den ersten Jahren immer einen Schritt zurück. Diejenigen, die Zweifel an der Mondlandung haben, behaupten, dass die USA ihre Macht zeigen wollten und das Raumfahrtprojekt zum Mond gestartet haben. Da ihre Technik aber noch nicht auf dem dafür nötigen Stand war, blieb den Amerikanern nichts Anderes übrig, als die Mondlandung im Studio vorzutäuschen. Mit ein wenig Suche im Internet lassen sich aber die »Beweise« der Zweifler recht einfach widerlegen. Und noch nicht einmal die Sowjetunion, die damals der Verlierer des »Wettlaufs zum Mond« war, hat je Zweifel an den Mondlandungen geäußert.

▶ Jakob Willmann, Rafael Ragginger, Michael Jungwirth, Paul Fuchs

PRAXISTIPP

Wo sind die Astronauten gelandet?

Wenn Du nächstes Mal mit dem Fernglas auf den Mond schaust, versuche die Landeplätze der Apollo-Missionen zu finden. Du wirst jedoch nicht die Spuren der Apollo-Missionen selbst sehen können, auch nicht mit den besten Teleskopen. Aber es gibt einen Satelliten, der zum Mond flog und Bilder der Landeplätze der Apollo-Missionen zur Erde funkte. Er heißt Lunar Reconnaissance Orbiter und konnte die Reste aller sechs Apollo-Landemissionen auf dem Mond fotografieren.



NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio

▶ Abb. 4: **Die Landeplätze** der sechs erfolgreichen Apollo-Missionen auf dem Mond.

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

Szene

»DER MANN, DER KEIN LICHT MAG«

Mit störendem Licht haben die meisten Amateurastronomen zu tun. Viele Mitmenschen allerdings verstehen das Problem nicht.

▲ Abb. 1: **Lichtverschmutzung als Lichtkunst in Hamburg-Altona,** die stark an historische Bilder aus dem 2. Weltkrieg erinnert. *Hartwig Lüthen*

Die Lichtverschmutzung, also die Aufhellung des natürlichen Sternenhimmels durch künstliche Lichtquellen, ist für viele Sternfreunde, Amateur- und Profiastronomen ein Reizthema, dem sich niemand, der Interesse am Sternenhimmel hat, wirklich entziehen kann. So werden besonders in Großstädten immer mehr Gebäude illuminiert und der Beleuchtungswahn, wie man ihn teilweise schon nennen kann, macht auch vor Industrieanlagen nicht mehr halt, wie es Beiträge beim Forum Astrotreff deutlich machen.

Lichtverschmutzung als Kunst?

Die Herangehensweise bei vorhandener Illumination ist unter den Betroffenen oft sehr ähnlich: Man versucht durch Initiativen oder einfache persönliche Kontakte auf das Problem hinzuweisen – sei es bei der Beleuchtung des Limburger Doms oder eines Autohauses. Darauf angesprochen verwies der Autohändler auf den Versicherer, der eine vollständige Beleuchtung des gesamten Geländes während der ganzen Nacht verlangt. Doch nicht nur öffentliche Gebäude wie Kirchen und Rathäuser werden nachts illuminiert, auch Möbelhäuser und Kraftwerkstürme fallen darunter und oft geht der Lichtstrahl hauptsächlich in den Himmel hinein und beleuchtet das gewünschte Objekt nur teilweise.

Ein besonders negatives Beispiel liefert Hamburg regelmäßig mehrmals pro Jahr ab, wie es Aufnahmen im Astrotreff verdeutlichen. Hier gilt die Beleuchtung von Gebäuden als Lichtkunst und bei Schiffstaufen, den sogenannten Cruise Days, wenn Kreuzfahrtschiffe den Hamburger Hafen besuchen, zum Hafengeburtstag usw. wird vor allem der Him-

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

mel über dem Hafen ausgeleuchtet. Das gebündelte Licht mancher Scheinwerfer erinnert manche da schon an alte Bilder aus dem Zweiten Weltkrieg. Das Ganze wird denn auch noch aus Steuergeldern finanziert, weil es ja Kunst ist!

Wie kann man dem Problem der Lichtverschmutzung begegnen? Verschiedene Szenarien wurden im Astrotreff angesprochen. Da gibt es durchaus einige Möglichkeiten. Viel Unterstützung kann man durch die Vereinigung der Sternfreunde (VdS) e.V. bekommen, die hierzu eine eigene Resolution veröffentlicht hat (siehe Surftipps).

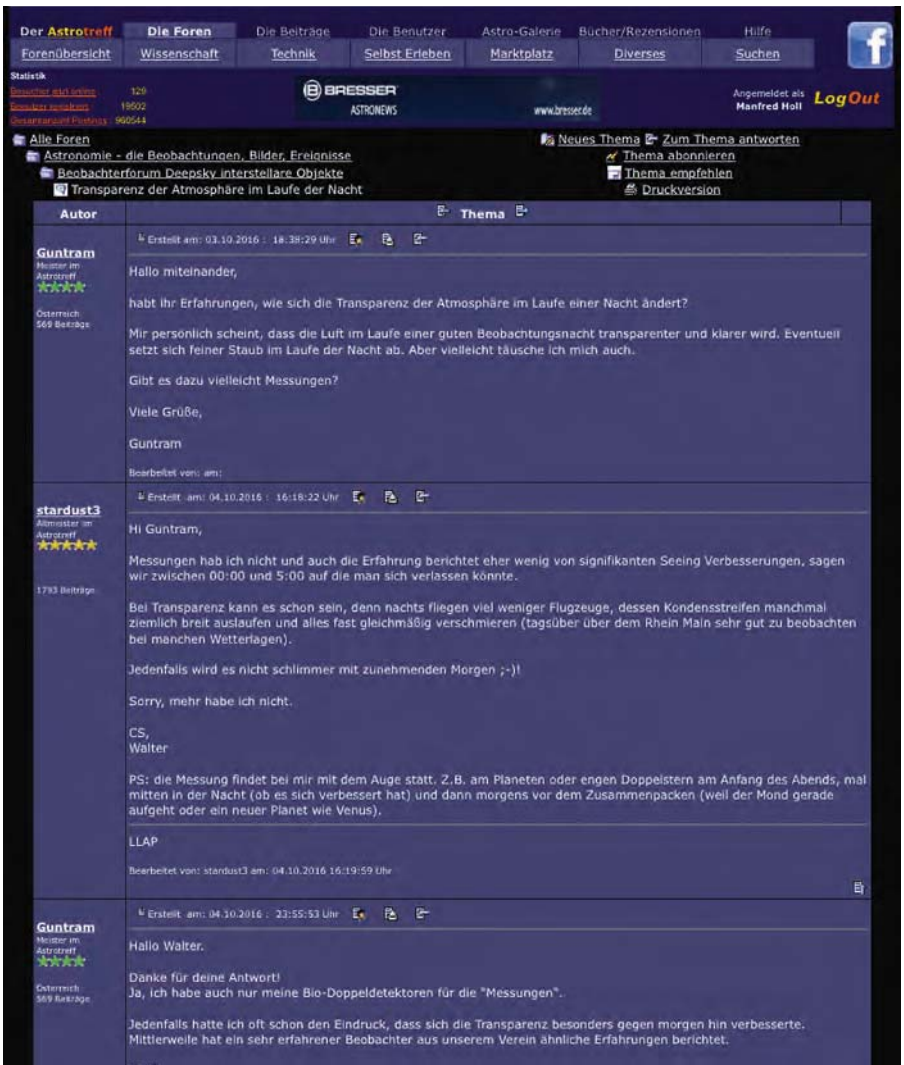
Derzeit noch dunkle Gebiete aufzusuchen, ist eine weitere Option. Sternfreunde beschränken sich mittlerweile aber oft auf die Beobachtung von Sonne, Mond und Planeten, die in von Lichtverschmutzung betroffenen Regionen meist als einzige Himmelsobjekte noch zu sehen sind. Einige setzen auch spezielle Filter (z.B. [OIII]) ein, um dem schlechten Himmel wenigstens fotografisch noch ein paar astronomische Photonen abzutrotzen. Man versucht, helle Planetarische Nebel, Doppelsterne oder offene Sternhaufen zu beobachten, wohingegen Galaxien und Nebel kaum zu sehen sind und im aufgehellten Himmelshintergrund regelrecht ertrinken.

Lichtscheue Gestalten

Immer wieder allerdings stößt man auf Unverständnis, warum Licht eigentlich stören soll. Die Werbebranche scheint zudem einen derart hohen gesellschaftlich-wirtschaftlichen Stellenwert zu besitzen, dass man kaum dagegen ankommt. Und mancher, der dagegen ankämpft, wird als lichtscheue Gestalt oder Nerd verdächtigt und als »Mann, der kein Licht mag!« bezeichnet. »Eigentlich dürftest Du doch gar nicht in der Sonne sitzen wollen«, so die Reaktionen, von denen im Astrotreff berichtet wird. Im kleinen Rahmen, etwa durch Gespräche mit Nachbarn, kann man auf seine besonderen Bedürfnisse hinweisen. Bei Großkonzernen und der Politik ist die Chance jedoch äußerst gering, obwohl im ländlichen Raum mehr bewegt werden kann als in Städten, wo Astronomen eher ein Randgruppendasein fristen.

Die Thematik an sich ist schon sehr komplex, vor allem, weil es viele nicht interessiert, ob man die Milchstraße noch sieht oder ob die Tierwelt gestört wird. Selbst die Stromkosten sind kein wirkliches Argument, da diese häufig gesponsert werden und der Stromverbrauch durch Energiesparlampen und LEDs günstiger wird. Andererseits greift man gerne auf oft nicht haltbare Schlagwörter wie »Licht bedeutet Sicherheit!« zurück und die Wünsche der Amateurastronomen werden als Spinnereien Einzelner abgetan.

astrotreff.de



◀ Abb. 2: **Screenshot zum Thread** über die Transparenz der Atmosphäre im Laufe der Nacht

Transparenz der Atmosphäre

Ein anderes Phänomen, das die Qualität von Beobachtungen beeinflusst, ist auch schon länger bekannt, es gibt aber nur wenige echte Messungen dazu: Im Laufe einer Beobachtungsnacht verbessert sich an manchen Standorten die Transparenz oder Durchsicht der Atmosphäre und es werden mehr und mehr Sterne oder die Milchstraße sichtbar. Ein Sternfreund hat, wie er im Astrotreff berichtet, bei sich in einer Nacht regelmäßig Messungen mit dem Sky Quality Meter (SQM-L) gemacht und dabei eine Abnahme der Himmelshelligkeit festgestellt. Das ist nicht ungewöhnlich und wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst: abnehmender Dunst, auskondensierende Feuchtigkeit und damit einhergehend eine Verminderung des Streulichts durch Reduzierung des Staubs in der Luft. Hinzu kommt das Abschalten einiger Lichtquellen in der Umgebung, fehlendes Mondlicht, geringer werdender Wasserdampf sowie die individuellen Gegebenheiten des ausgewählten Beobachtungsstandortes.

▶ Manfred Holl

INTERAKTIV

Netznews

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

SURFTIPPS

- Lichtverschmutzung im astrotreff
- Resolution gegen Lichtverschmutzung
- Transparenz der Atmosphäre im astrotreff

Kurzlink: oclm.de/a7085

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

Szene

»TYPISCH JUNGFRAU!«

Sie stehen auf einer Party, der Small-Talk hat Gluten, Globuli und G8-Abitur schon hinter sich, da hören Sie etwas von Aszendenten und Konjunktionen. Sie wissen: Mein Hobby ist nicht gemeint. Jetzt müssen Sie sich entscheiden.

Aus dem Stundenbuch des Herzogs von Berry

▶ Abb. 1: **Mittelalterliches Weltbild** – der Mensch und seine Verbindung zu den Tierkreiszeichen.

In Situationen wie diesen hätte ich früher jedem, der es gewagt hätte, in meiner Gegenwart das Hohelied der Astrologie zu singen, dermaßen Paroli geboten, dass es eine Art hat. Jetzt warte ich erst mal ab. Ich werde keinen wissenschaftlichen Bekehrungsversuch der attraktiven Mittvierzigerin starten, die allerdings fortfährt, von Zusammenhängen zwischen Sternzeichen und Charaktereigenschaften zu fabulieren. Was die Dame persönlich glaubt, ist mir, wenn ich so sagen darf, rektal passant. Doch jetzt macht sie einen Fehler. »Das ist wissenschaftlich bewiesen!«, behauptet sie keck. »Jetzt hast du mein Spielfeld betreten, Baby«, denke ich und bin unmittelbar davor, zu einer geharnischten Replik anzusetzen, die zwar der Wahrheit eine Bresche geschlagen, der Partystimmung aber Bremsspuren verpasst hätte. Doch da 90% der Anwesenden meinen astronomischen Background kennen, richten sie die Blicke auf mich: Was sagt der solchermaßen provozierte Experte? »Der Himmel ist für alle da«, formuliere ich diplomatisch. Was ist passiert? Sollte ich bei mir erste Anzeichen von Altersmilde diagnostizieren?

Widerstand ist zwecklos

Ich kann Ihnen erklären, warum ich meine anti-astrologischen Missionierungsversuche eingestellt habe. Es hat keinen Zweck. Klar geworden ist mir das in folgender Situation. Ich saß vor Jahren in einer netten Runde bei einem leckeren Glas Rotwein und versuchte einer Bekannten geduldig die Astrologie auszureden. Das übliche Programm: Die Beweispflicht liegt bei den Astrologen, es gibt aber keinerlei erwiesene Zusammenhänge zwischen Sternen oder Planeten und bestimmten Charaktereigenschaften oder gar konkreten Ereignissen. Sternzeichen haben nichts mit den Sternbildern gleichen Namens zu tun. Es gibt viele widersprüchliche Spielarten der Astrologie. Die Texte sind derart vage formuliert, dass immer etwas als passend empfunden wird etc. etc. Hach, ich war in Bestform! Jeder Mensch guten Willens müsste doch mühelos meiner Argumentation zustimmen können. Die Angesprochene aber schaut mich leicht amüsiert an und sagt (in Kenntnis meines Geburtsdatums) nur: »Typisch Jungfrau!« Touché...

Entspannt euch!

Wenn Sie nicht im Zustand verbissener Dauer-Pädagogik auf Ihre Umgebung wirken wollen: Entspannen Sie sich! Esoterik aller Art wird es immer geben. Leute werden immer das glauben, was sie wollen. Sie lassen sich meistens nicht überzeugen. Und in dem Fall, dass Sie es mit einem netten Menschen zu tun haben, besteht die Gefahr, dass er sich durch Ihre Belehrungsversuche verletzt fühlt. Abgesehen davon, dass vermutlich eine Mehrheit der Mitmenschen nicht einmal die Begriffe Astronomie und Astrologie auseinanderhalten kann. Ich mache keinen Hehl daraus, dass Astrologie und ich sicher keine Freunde mehr werden. Davon abgesehen erzähle ich auf Wunsch gerne, was mich an der Erforschung und Beobachtung des Sternhimmels begeistert. Die gute Nachricht ist: Wer sich für das Thema Astronomie und Wissenschaft interessiert, wird schon selber merken, dass die Welt schon wunderbar genug ist und keinen zusätzlichen Hokuspokus braucht.

▶ Paul Hombach

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

LESERBRIEFE

Himmels-Almanach 2017

Götterbote trifft Königsstern

Im Artikel »Götterbote trifft Königsstern. Merkur nahe Regulus am 25. Juli« schreiben Sie von der Sonnenpassage mit α Leonis am 23. »(seltener: 22. August)« eines jeden Jahres. Mir ist nicht klar, warum sich dieser Termin ändert bzw. was die Theorie für eine Änderung/Periodizität ist – so hört sich Ihre Aussage an. Würden Sie mich bitte aufklären? *Jonathan Stubinitzky*

Die Antwort hat mit dem Kalender zu tun:
1. Die Erde umrundet die Sonne in rund 365 1/4 Tagen
2. Nach 365,2563... Tagen (siderisches Jahr) kommt die Sonne von der Erde aus gesehen wieder am selben Stern vorbei
3. Das Kalenderjahr kennt keine Tagesbruchteile, sondern zählt das Jahr zu entweder 365 Tagen oder 366 Tagen (Schaltjahr)
4. Der Tagesbruchteil »hinter dem Komma« führt dazu, dass der Termin der Reguluspassage bisweilen vom 23.8 auf den Tag rutscht, den wir im Kalender den 22.8. nennen. *Paul Hombach*

Abenteuer Astronomie 5

Wie hoch darf es sein?

Auf Seite 65 Praxistipp wird bei der förderlichen Vergrößerung für 100mm Öffnung 143× angegeben, das entspricht der Formel. Bei 200mm soll es dann 163× sein, das kann natürlich nicht stimmen, die Vergrößerung muss doppelt so hoch sein wie bei 100mm. Ich habe auch versucht, den Fehler zu rekonstruieren, aber ich bin nicht dahintergekommen, wie diese Zahl entstanden ist. *Karl Sauruck*

Der Leser hat Recht, die förderliche Vergrößerung bei 200mm Öffnung ist 200:0,7=285×.
Ronald Stoyan

Müllers Universum: Was ist kosmische Inflation?

Beim Urknall wurde unser Weltall wohl nicht, wie geschrieben, nur um den Faktor 1050 aufgebläht, sondern – laut Wikipedia – um den Faktor 10^{26}. Unklar bleibt im Artikel, was gemeint ist – Durchmesser, Oberfläche, Volumen? Die Inflation dauerte auch nicht, wie geschrieben, »10 bis 35 Sekunden«, sondern sie begann – laut Wikipedia – etwa zum Zeitpunkt 10^{-35} Sekunden nach dem Urknall und dauerte etwa zwischen 10^{-33} und 10^{-30} Sekunden.

Elmar Compans

Sie haben Recht und Andreas Müller trifft hier keine Schuld: Die Zehnerpotenzen sind nicht korrekt gesetzt worden, statt 1050 hätte es 10^{50} heißen sollen. Auch die fehlerhafte Angabe des Beginns der Inflation beruht auf dem gleichen Satzfehler. Zu Ihrer Frage und den verschiedenen Zahlenangaben in Wikipedia und dem Artikel schreibt Andreas Müller: »In meinem Artikel hätte es nicht 10^{50}, sondern 10^{26} heißen müssen. Dieser Faktor heißt Skalen- oder Expansionsfaktor und bezieht sich auf den räumlichen Durchmesser einer Blase, d.h. um diesen Faktor wird eine Blase räumlich gestreckt. Ich hatte meinen Zahlenwert offenbar aus einem der ersten Inflationsmodelle von Linde, das mittlerweile veraltet ist. Ich bitte um Entschuldigung.«
Stefan Deiters

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

Szene

Termine für Sternfreunde

Februar/März 2017

Astronomie-Treff Hückelhoven ATH
18.02.2017
D-41836 Hückelhoven

Central European Deepsky Imaging Conference CEDIC
10.03-12.03.2017
A-4040 Linz

Frühjahrstagung der Vereinigung der Sternfreunde e.V.
11.03.2017
D-97082 Würzburg

Deep Sky Meeting DSM
17.03.-19.03.2017
D-72534 Hayingen-Indelhausen

Sternfreundetreffen Harz
23.03.-26.03.2017
D-38889 Thale

Astronomietag der Vereinigung der Sternfreunde e.V.
25.03.2017
Ganz Deutschland

37. Treffen des Arbeitskreises Meteore e. V.
31.03.-2.04.2017
Rheintal-Jugendherberge Oberwesel

SURFTIPPS

- Alle Termine mit Links:

Kurzlink: oclm.de/a7088

INTERAKTIV

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

Kurzlink: oclm.de/a7088

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

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, 13.01.2017, 20:00 Uhr:
Einstein und die Relativität
Dr. Jürgen Kemmerer

Fr, 17.02.2016, 20:00 Uhr:
Exoplaneten – Fremde Welten um andere Sterne, Torsten Bendl

Sa, 25.03.2016, 15:00 – 21:00 Uhr:
Deutscher Tag der Astronomie
Tag der Offenen Tür auf der Sternwarte
Vorträge, Filme, Multimedia, Kinderprogramm, Sonnenbeobachtung, Sternführung bei klarem Himmel

Nordrhein-Westfalen

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

Sternwanderungen
Blick auf die Schätze des Nachthimmels mit bloßem Auge und mit den Ferngläsern und Teleskopen der Sternwarte. Ein unvergessliches Naturerlebnis.

Januar
Sa. 21.01.2017, 18:30–20:30 Uhr / 21:00–23:00 Uhr / 23:30–01:30 Uhr
Fr. 27.01.2017, 21:30–23:30 Uhr
Sa. 28.01.2017, 00:00–02:00 Uhr / 19:00–21:00 Uhr / 21:30–23:30 Uhr
So. 29.01.2017, 00:00–02:00 Uhr

Februar
Fr. 17.02.2017, 19:30–21:30 Uhr / 22:00–24:00 Uhr
Sa. 18.02.2017, 00:30–02:30 Uhr
Fr. 24.02.2017, 19:30–21:30 Uhr / 22:00–24:00 Uhr
Sa. 25.02.2017, 00:30–02:30 Uhr / 19:30–21:30 Uhr / 22:00–24:00 Uhr / 00:30–02:30 Uhr

März
Fr. 17.03.2017, 20:00–22:00 Uhr / 22:30–00:30 Uhr
Sa. 18.03.2017, 01:00–03:00 Uhr / 20:00–22:00 Uhr
Sa. 18.03.2017, 22:30–00:30 Uhr
So. 19.03.2017, 01:00–03:00 Uhr

Österreich

Astronomischer Arbeitskreis 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**

Astronomieworkshop des Astronomischen Arbeitskreises Salzkammergut / Sternwarte Gahberg
Sa., 29.04.2017 – ganztags im Gasthof/Hotel Bramosen in Weyregg am Attersee in Oberösterreich und
am **So., 30.04.2017** – vormittags CCD-Guide Workshop
Anmeldungen und nähere Infos zum Workshop unter www.astronomie.at

Schweiz

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

Do., 16.02.2017, 19:30 Uhr:
JUNO lüftet den Schleier um Jupiter
Men J. Schmidt, Raumfahrt-Spezialist

WERDEN SIE - PARTNER-STERNWARTE!

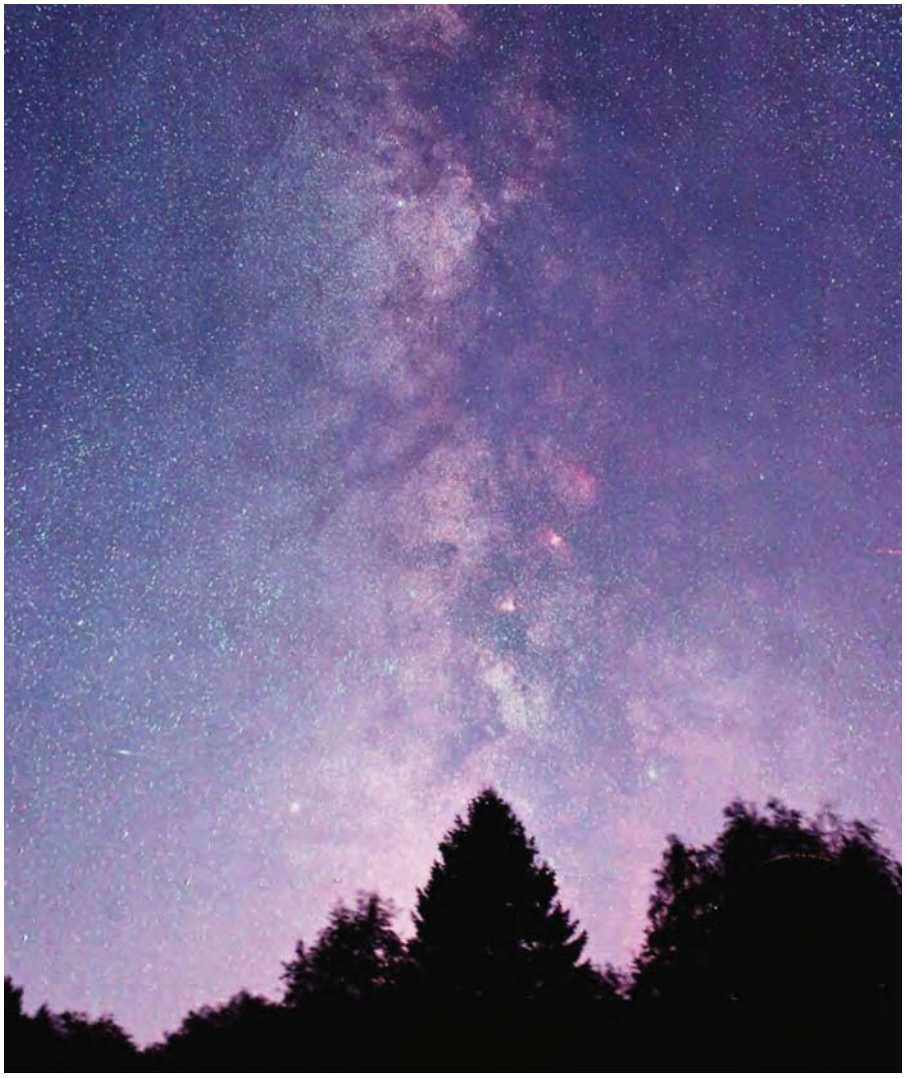
Partner-Sternwarten von Abenteuer Astronomie profitieren mehrfach:

- 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

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

Der dunkle Himmel über der Eifel



H. Bardenhagen

▲ Abb. 1: **Die Milchstraße** über dem Naturpark Eifel.

»Sterne ohne Grenzen« – diesen Titel hatte ich vor sieben Jahren als Bezeichnung für meine astronomischen Angebote ausgewählt. Während vieler beruflicher und privater Auslandsaufenthalte hatte ich immer wieder festgestellt, dass die Sterne über uns alle Menschen faszinieren und wir unabhängig von Herkunft, Sprache, Religion und Weltanschauung hier etwas finden, was uns gemeinsam ist.

Die Sternwarte der Astronomie-Werkstatt »Sterne ohne Grenzen« liegt auf dem Internationalen Platz Vogelsang IP bei Schleiden inmitten des Nationalparks Eifel. Der Nationalpark trägt seit Februar 2014 den Titel »International Dark Sky Park«. Ich setze mich zusammen mit anderen Akteuren aus der Region für den Erhalt der natürlichen Nachtlandschaften, der nächtlichen Lebensnischen in der Natur sowie für den Erhalt eines sternenreichen Nachthimmel ein.

In einem Projekt »Sternenregion Eifel« des Naturparks Nordeifel e.V. wird der bestehende Dark Sky Park zu einem Dark Sky Reserve weiterentwickelt, dem etwa zwei Dutzend umliegende Städte und Gemeinden angehören. Alle Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung der Lichtverschmutzung werden so auf das um den Nationalpark liegende Gebiet ausgedehnt.

Die Buchungen von Veranstaltungen der Astronomie-Werkstatt »Sterne ohne Grenzen« haben sich erfreulich entwickelt: fast 600 Buchungen im Jahr 2014, mehr als 2.500 Buchungen in 2015 sowie über 2.200 Buchungen in 2016. Für 2017 werden über 70 Termine für öffentliche »Sternenwanderung« angeboten. Dazu kommen weitere für geschlossene Gruppen, wie z.B. Schulklassen, Betriebsausflüge oder Familientreffen. Darüber hinaus finden einige Termine mit mobilen Geräten in der Region statt. Falls eine Veranstaltung wetterbedingt abgesagt werden muss, werden die Teilnehmer spätestens drei Stunden vor Veranstaltungsbeginn über E-Mail, SMS oder durch einen Anruf informiert. Dann wird häufig alternativ ein unterhaltsamer und informativer Vortrag zu den Themen Astronomie, Vermeidung von Lichtverschmutzung und den Wert der Nacht angeboten.

Das Feedback zeigt, dass die Besucher nicht nur von dem sternenreichen Nachthimmel begeistert sind, sondern sich auch für die Auswirkungen des Einsatzes von künstlichem Licht in der Nacht interessieren und für deren Problematik zu sensibilisieren sind. ▶ Harald Bardenhagen

SURFTIPPS

- Sterne ohne Grenzen
- Sternenregion Eifel
- Lichtverschmutzung.de

Kurzlink: oclm.de/a7091

CCD-Guide 2017 erschienen

▲ Abb. 2: **Der CCD-Guide 2017** ist jetzt erhältlich.

Der »CCD-Guide 2017« des Astronomischen Arbeitskreises Salzkammergut ist erschienen. Neben mehr als 5000 Aufnahmen von mehr als 50 Bildautoren enthält die DVD auch eine Software, mit der die Bilder schnell gefunden, kategorisiert und gefiltert werden können. Sie ermöglicht das gleichzeitige Betrachten von Objektdaten, Bilddaten und Vorschaubild und den Zugriff auf eine umfangreiche Deep-Sky-Objektdatenbank inklusive Objektdaten. Der CCD Guide ist ohne Installation und ohne Internetzugang auf allen gängigen Windows-Rechnern sofort lauffähig. Auch ein persönliches Bildarchiv kann erstellt werden, zudem ist eine Beobachtungsplanung für Astrofotografen vorhanden. Im ausführlichen Handbuch werden die Funktionen im Detail beschrieben. Neben der CCD-Guide-Software, den Bildern und den 80 Animationen finden sich auf der DVD auch die nötigen Hilfsprogramme sowie ein eigener Know-how-Bereich mit über 100 Berichten und Präsentationen von 24 verschiedenen Autoren. Der CCD-Guide kann zum Preis von 29€ + Versand bestellt werden. Weitere Informationen unter www.astronomie.at oder www.ccdguide.com.

▶ Astronomischer Arbeitskreis Salzkammergut

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

MARKTPLATZ

Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern.

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

Lacerta: Das Octo nach Art des Werkstattmeisters

Zutaten:
1 Stk. Okularauszug
10 cm Alurohrstück
1 Stk. Centerlock
2 Stk. Lagerblöcke je 4 Kugellager
1 Stk. Kugellager
12 Stk. Schrauben
4 Stk. Edelstahleinlagen

Nimm einen Okularauszug mit Zahnstange, der sich ohne Spiel fein verstellen lässt. Montiere fix darauf einen Centerlock, und mit einem Schraubendrehen ist der Korrektor in der Mitte.

Besser!
Leider kann es noch immer verkippen… Tausche das Okularauszugsrohr gegen ein stärkeres. Achtung! Der Innendurchmesser muss gut passen, um den Korrektor eng zu halten.

Noch besser!
Würze die Lagerblöcke mit 2+2 zusätzlichen Schrauben.

Viel besser!
Jetzt, wenn Du so weit bist, arbeite an den Laufflächen für die Lager.
Um die Drehung des Okularauszugsrohres zu verhindern die Laufflächen ganz planschleifen und ohne zu rühren dem Octo vorsichtig unterziehen.

Das sieht jetzt richtig gut aus, und weiter gehts!
Füge Edelstahleinlagen als Laufflächen in das Okularauszugsrohr ein.

Bald bist Du fertig!
2 + 2 Schrauben sind nicht genug für die Lagerblöcke, verfeinere es noch mit 2 + 2 – so werden sie noch stabiler. Jetzt noch zwei Prisen Kugellager, um die Fokuswelle an beiden Enden zu stützen.

Fast fertig!
Nimm schwarze Glasur und schirme noch das Okularauszugsrohr gegen Lichteinfall ab – **und fertig!**

Das wird den Sternen schmecken!
Wenn dir das zu aufwendig ist, kannst du hier deinen vorgefertigten Octo bestellen:
www.teleskop-austria.at/p/Octo60mic

Nachruf: Martin Birkmaier

Martin Birkmaier hat sich schon von Jugend an für den Nachthimmel begeistert. Auf der Suche nach hochwertigen astronomischen Geräten begann er in den 1980er Jahren selbst Teleskope zu importieren und zu bauen. Mit der Gründung seiner Firma Intercon Spacetec machte er sein Hobby zum Beruf.

Durch seine Entwicklungen und sein Engagement wurde das Dobson-Teleskop leistungs- und gesellschaftsfähig.

Als Mitbegründer und Veranstalter des Internationalen Teleskoptreffens Vogelsberg (ITV), das seit 1992 in ununterbrochener Tradition bis heute eines der größten Teleskoptreffen nicht nur in Deutschland darstellt, förderte er den Austausch unter Amateurastronomen.

Martin Birkmaier war nicht nur als Astronom und Unternehmer beispiellos, sondern vor allem auch als Mensch. Ihm war ein kompromissloses Streben nach Perfektion zu eigen. Mit großem Einfallsreichtum, Sinn fürs Praktische, Ausdauer, manchmal ein wenig Sturheit und viel kindlicher Freude, suchte, plante und experimentierte er, bis seine Ziele erreicht waren.

Er hatte eine unnachahmlich fürsorglich-ruppige Art, andere von seinem unumstößlichen Standpunkt zu überzeugen, und ratloses Unverständnis, wenn jemand seiner Logik dabei nicht folgen konnte oder wollte. Ebenso unnachgiebig konnte er seine Mitmenschen mit seiner Begeisterung anstecken. Er ist allen Aufgaben und Risiken immer mit der nötigen Respektlosigkeit begegnet.

Martin Birkmaier verstarb am 18. November 2016 plötzlich und unerwartet. Er wurde 61 Jahre alt.

Karl Thurner und Cosima Birkmaier

Alexander Seibold

▲ Abb. 1: **Martin Birkmaier** mit einem von ihm gebauten Dobson-Teleskop.

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

Buch: Uralte Bäume - Magische Gestirne

Die Kombination von astronomischen Objekten mit irdischem Vordergrund auf einer Aufnahme ist bisweilen aus der Not geboren, etwa dann, wenn ein größeres Himmelsobjekt tief über dem Horizont steht. Das verwischte Hausdach neben Komet XY läuft dann unter der Kategorie Störfaktor. Mit dem richtig gewählten Bauwerk oder Naturdenkmal entstehen aber faszinierende Aufnahmen. Als Gesamtmotiv führen sie uns unseren Standort deutlich vor Augen. Wir blicken nicht auf irgendein Universum, sondern sind Teil des einen Universums, das wir betrachten.

Beth Moon, eine New Yorkerin mit fast schon kitschigem Namen für dieses Thema, hat eben jene Kombination zu einem Projekt erhoben. Allerdings aus umgekehrter Ausgangslage heraus. Die Naturfotografin sucht und findet auf der ganzen Welt uralte Bäume – ihr Lieblingsmotiv – und fotografiert diese vor dem Sternenhimmel. So entstanden Aufnahmen der leuchtend hellen Milchstraße in Botswana, welcher stämmige Affenbrotbäume ihre Äste entgegenstrecken. In Namibia illuminierte Moon Köcherbäume vor dem Nachthimmel, und auf einer Aufnahme aus den USA blitzt M 31 neben dem Stamm eines Mammutbaums auf.

Beth Moon ist keine Astrofotografin, bei ihr stehen die Bäume, auf deren Bedrohung sie hinweisen möchte, im Vordergrund. Technisch perfekte Himmelsfotografien auf aktuellem Niveau sucht man vergebens. Was der Betrachter aber findet, sind Nachtaufnahmen, die viel Stimmung transportieren und die Brücke schlagen zwischen den Schönheiten am Himmel und denen, welche wir vor der Haustür stehen haben – egal ob es zerzauste Olivengewächse in Italien oder knorrige Eichen in Großbritannien sind. Ein Buch für Astro-Romantiker.

▶ Stefan Zaruba

IM DETAIL

Beth Moon: Uralte Bäume - Magische Gestirne, Elisabeth-Sandmann-Verlag, 2016, **ISBN: 978-3-945543-25-2, 49,95 €**

Android- und iOS-App: Astronomy Picture of the Day

Das im Deutschen etwas ungelenk als »Weltraumbild des Tages« bezeichnete »Astronomy Picture oft the Day« ist inzwischen zu einer bekannten Institution geworden. Seit 1995 veröffentlichen die NASA-Mitarbeiter Robert Nemiroff und Jerry Bonnell täglich ein herausragendes astronomisches Foto, das sehr oft auch die Spitze dessen markiert, was im Bereich der Astrofotografie mit dem aktuellen Stand der Technik leistbar ist. Ergänzt wird jedes Bild mit einem ausführlichen Text über das abgebildete Objekt und die Entstehung des Fotos. Zunächst wurde das tägliche Bild nur auf einer Website veröffentlicht – inzwischen findet es seinen Weg auch auf Smart Devices.

Brillante Bilder überall

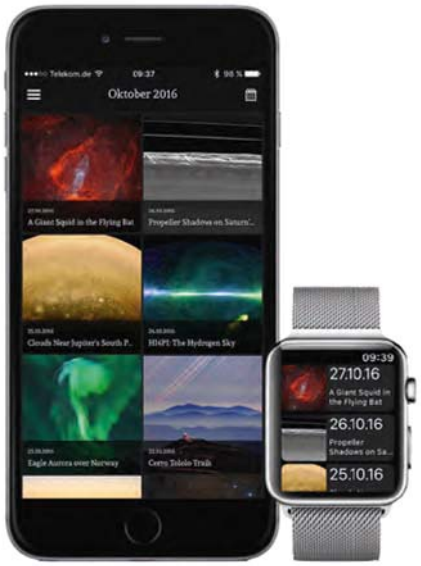
Es gibt mehrere Apps, die das »Astronomy Picture oft the Day« täglich aufs Smartphone holen: Lediglich die App von Concentric-Sky ist jedoch in Zusammenarbeit mit der NASA entstanden. Die App wurde in einer ersten Version schon 2009 veröffentlicht und seither kontinuierlich weiterentwickelt und für weitere Endgeräte zur Verfügung gestellt: Neben iOS- und Android-Smartphones und -Tablets ist die App auch für Apple Watch und AppleTV verfügbar. In jeder dieser Versionen präsentiert die App das offizielle »Astronomy Picture of the Day« mit Erklärung. Eine Galerie-Übersicht zeigt die Bilder der letzten Tage und über eine entsprechende Kalenderfunktion kann jedes Bild aus der umfangreichen Bibliothek gewählt werden. Die kostenlose App kann allen Freunden von ansprechenden Astrofotos wärmstens empfohlen werden!

▶ Ullrich Dittler

IM DETAIL

iOS-App: Astronomy Picture of the Day, 16,7 MB, Version 3.5.1, iOS 8 oder höher, kostenlos

Android-App: Astronomy Picture of the Day, Version 1.0.3, Android 4.1 oder höher, kostenlos



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

Ein charismatischer Vermittler des Sternhimmels

Am 27. November 2016 verstarb im Alter von 84 Jahren Martin Mayer, der langjährige Leiter der Sternwarten Violau und Streitheim.

Er war ein charismatischer Vermittler der Himmelskunde und vielen im Bereich der Astronomie Tätigen ein Vorbild. Durch seinen unermüdlichen Einsatz hat Martin Mayer jahrzehntelang ungezählten Menschen die Freude am Sternhimmel auf seine unnachahmliche Art nähergebracht.

Seine astronomische Pädagogik ist über viele Jahre gereift und eng mit der Leitung des 1953 errichteten Bruder-Klaus-Heimes in Violau verknüpft. Dort hatte Martin Mayer schon als junger Herbergsvater auf Nachtwanderungen erlebt, dass sich Jugendgruppen für den Sternhimmel begeistern lassen. Er eignete sich das nötige Wissen selbst an und schaffte es, dieses mit vorbildlicher Didaktik weiterzugeben. Himmelsbeobachtungen fanden zunächst in einer Rolldachhütte statt. 1969 entstand die Sternwarte, die unter seiner Leitung mehrmals erweitert wurde. Martin Mayer vermochte es, Menschen aller Alters- und Bevölkerungsgruppen Schritt für Schritt zu den Tiefen des Raumes mitzunehmen.

Wer ihn auf den legendären Violauer Planetentagungen erleben durfte, wurde stets mit Inspirationen für die eigene astronomische Öffentlichkeitsarbeit bereichert. Sein Wirken war geprägt von ungeheurem persönlichen und finanziellem Engagement verbunden mit Willensstärke und einem großen Organisationstalent. Er wurde dabei kongenial von seiner ebenfalls 2016 verstorbenen Frau Ottilie seit 1955 (!) unterstützt. Martin und Otti Mayer hatten die Gabe, Gemeinschaft zu stiften und sorgten für den in der Astroszene unvergessenen »Geist von Violau«. Als Martin Mayer 1997 pensioniert wurde, war für ihn an Ruhestand nicht zu denken. Er errichtete die Volkssternwarte Streitheim, die zur Sonnenfinsternis 1999 eröffnet wurde. Im Jahr 2015 konnte das zugehörige Planetarium in seinem Beisein eingeweiht werden. Auch die Herausgabe des Kalenders »Unendliches Weltall« hat er viele Jahre hindurch betreut.

D. Fischer

▲ Abb.1: **Martin Mayer** vermochte es, ganz unterschiedliche Menschen für das Weltall zu begeistern.

P. Hombach

▲ Abb.2: **Martin Mayer** auf seiner Sternwarte in Streitheim

Jahrzehntelang betrieb Martin Mayer in Violau und später in Streitheim die Kamera der Station Nr. 45 des DLR Feuerkugelnetzes. Sein täglicher Einsatz wurde 6. April 2002 durch ein Foto des »Bayerboliden« gekrönt: Die in Streitheim gewonnene Aufnahme hat entscheidend zum Auffinden des Meteoriten »Neuschwanstein« beigetragen.

Martin Mayer war ein enthusiastischer Streiter für die Astronomie und gleichzeitig ein Mensch mit festen religiösen Wurzeln. Aus dieser Haltung heraus hat er beispielsweise anlässlich der Reise zur Sonnenfinsternis 2001 in Sambia für Bedürftige vor Ort Geld, Medikamente und Sachspenden gesammelt. Sein astronomiedidaktisches Schaffen ist vielfach geehrt worden. Zu Martin Mayers zahlreichen Auszeichnungen gehören das Bundesverdienstkreuz und die VdS-Medaille, die ihm 2003 verliehen wurde. Ein Asteroid wird zur Würdigung seiner Arbeit (3559) Violaumayer genannt.

Die Astronomieszene in Deutschland verliert mit dem Tod Martin Mayers einen großartigen Menschen, begeisternden Pädagogen und guten Freund. ▶ Paul Hombach

SURFTIPPS

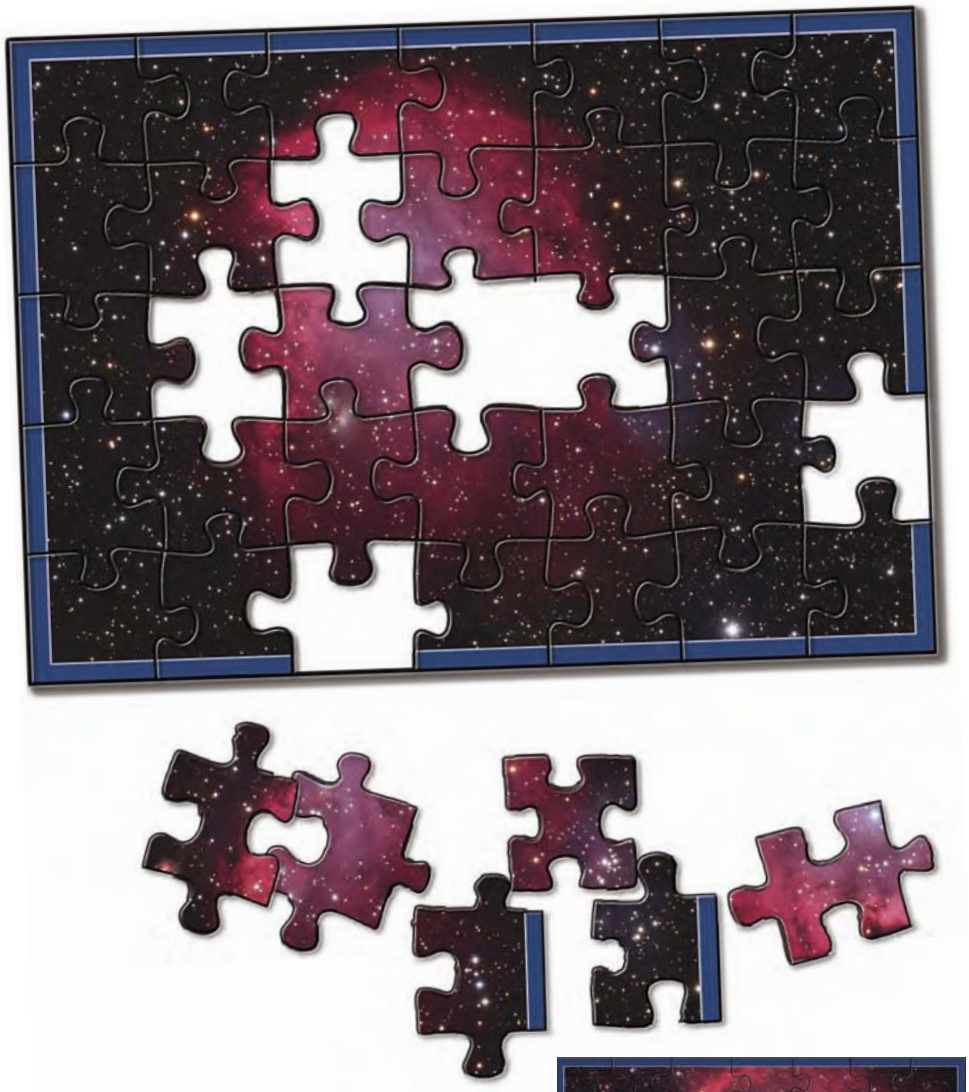
- VdS-Medaille 2003 für Martin Mayer

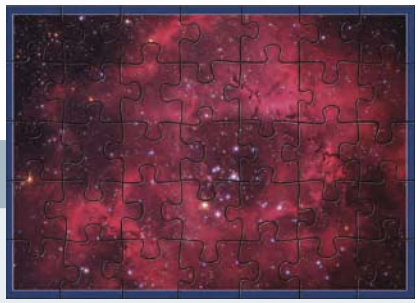
Kurzlink: oclm.de/a7094

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

Raten und gewinnen!

Rätsel-Spaß der Extra-Klasse steuert unser Autor Steffen Behnke in jeder Ausgabe durch sein Bilderrätsel bei. Gesucht wird ein astronomisches Objekt, zu gewinnen gibt es interessante Preise. Können Sie mit Ihrem Wissen punkten? Dann ist unser Bilderrätsel genau das Richtige für Sie. Aber welches astronomische Objekt versteckt sich denn nun hinter diesem Ausschnitt?





GEWINNER

Die Gewinner des Astro-Puzzles in Abenteuer Astronomie 6 sind:

- **Harald Braun, Amstetten**
- **Michael Schmidt, Jennersdorf**
- **Jürgen Jungels**

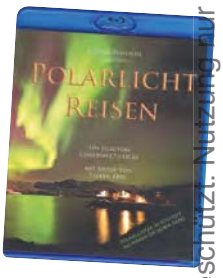
Alle Gewinner erhalten je ein Exemplar des Himmels-Almanach 2017.

Auflösung aus Heft 6:
NGC 2244 – Der Rosettennebel

Das Astropuzzle der Ausgabe Heft 6 zeigt den Rosettennebel mit dem eingebetteten Sternhaufen NGC 2244. Es handelt sich um einen ausgedehnten Emissionsnebel im Sternbild Einhorn. *Steffen Behnke*

Unter Ausschluss des Rechtswegs verlosen wir diesmal drei Mal den Bildband »Polarlichter« sowie die BluRay »Polarlicht Reisen«.

Sie erscheinen praktisch aus dem Nichts und tauchen den Himmel in ein Farbenmeer: Polarlichter. Seit Menschengedenken ranken sich Mythen und Legenden um die rätselhaften Lichterscheinungen in nördlichen Breitengraden. In »Polarlichter – Feuerwerk am Himmel« (aus dem Oculum-Verlag) werden die physikalischen Zusammenhänge, die zur Entstehung dieses Naturphänomens führen, erklärt. Der finnische Polarlichtfotograf Tom Eklund hat über einen Zeitraum von 14 Jahren spektakuläre Aufnahmen zusammengetragen und für dieses Buch zusammengestellt.

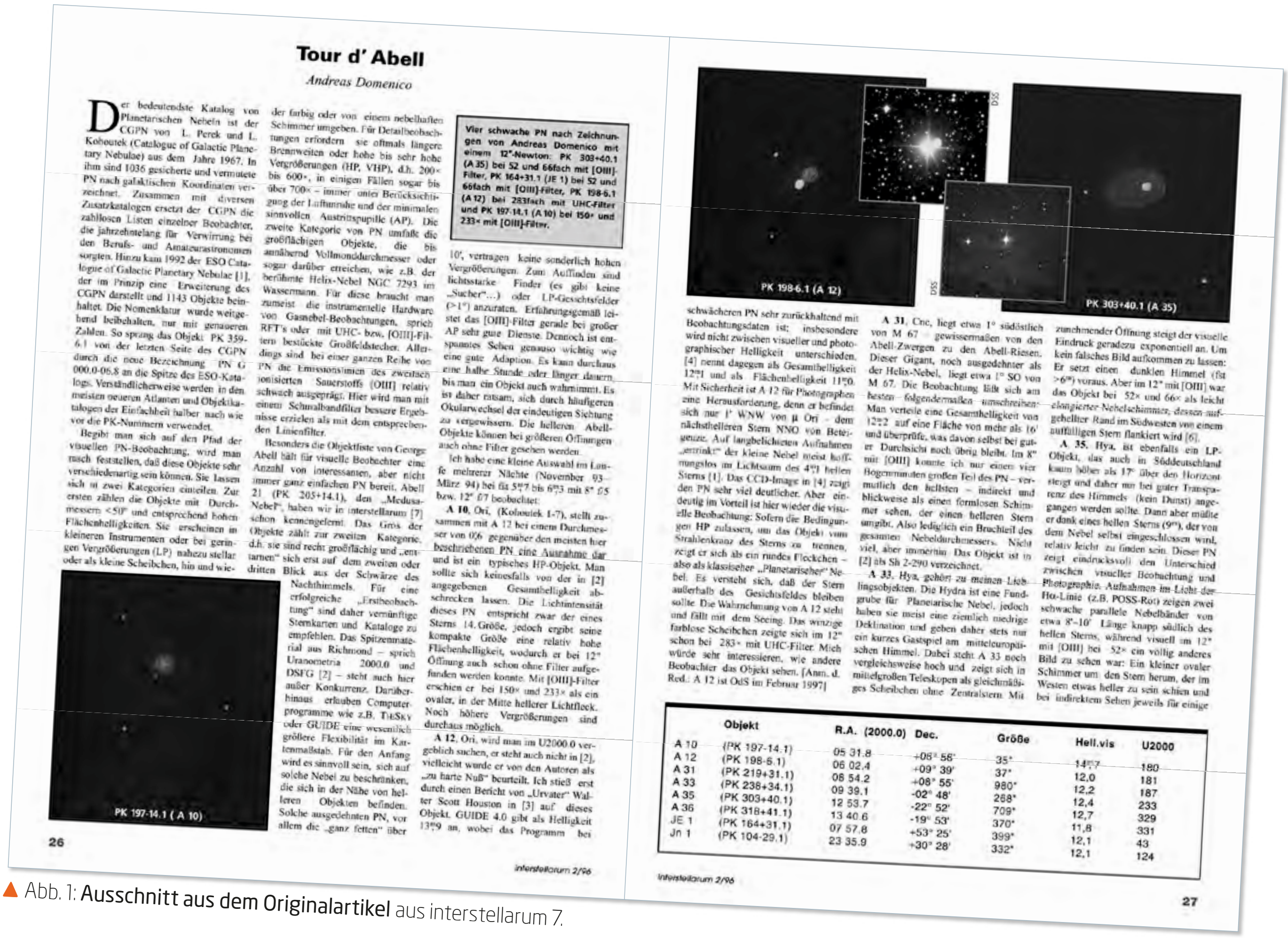


Wer sich den Traum einer Polarlichtreise in den hohen Norden nicht erfüllen kann, der gerät spätestens beim Anschauen des Film »Polarlicht Reisen« ins Schwärmen. Die Aufnahmen für diesen Film entstanden während mehrerer von Eclipse-Reisen.de angebotenen Gruppenreisen nach Norwegen und Island sowie auf speziellen Polarlicht-Beobachtungsflügen über dem Nordatlantik. In fünf Szenen-Blöcken mit ganz unterschiedlichen Stimmungen wird das Polarlicht-Erlebnis auf den heimischen Bildschirm gezaubert (zu beziehen über www.polarlicht.reisen)

Bitte teilen Sie uns Ihre Lösung sowie Ihren Namen und Ihre Anschrift bis zum 1. März 2017 via Facebook-Nachricht, per E-Mail an: gewinnspiel@abenteuer-astronomie.de oder auf dem Postweg (Oculum-Verlag GmbH, Obere Karlstr. 29, 91054 Erlangen), Betreff »Astro-Puzzle«, mit und gewinnen Sie mit etwas Glück das Buch und den Film zu den Polarlichtern.

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

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



Tour d' Abell

Andreas Domenico

Der bedeutendste Katalog von Planetarischen Nebeln ist der CGPN von L. Perek und L. Kohoutek (Catalogue of Galactic Planetary Nebulae) aus dem Jahre 1967. In ihm sind 1036 gesicherte und vermutete PN nach galaktischen Koordinaten verzeichnet. Zusammen mit diversen Zusatzkatalogen ersetzt der CGPN die zahllosen Listen einzelner Beobachter, die jahrzehntelang für Verwirrung bei den Berufs- und Amateurastronomen sorgten. Hinzu kam 1992 der ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae [1], der im Prinzip eine Erweiterung des CGPN darstellt und 1143 Objekte beinhaltet. Die Nomenklatur wurde weitgehend beibehalten, nur mit genaueren Zahlen. So sprang das Objekt PK 359-6.1 von der letzten Seite des CGPN durch die neue Bezeichnung PN G 000.0-06.8 an die Spitze des ESO-Katalogs. Verständlicherweise werden in den meisten neueren Atlanten und Objektkatalogen der Einfachheit halber nach wie vor die PK-Nummern verwendet.

Begibt man sich auf den Pfad der visuellen PN-Beobachtung, wird man rasch feststellen, daß diese Objekte sehr verschiedenartig sein können. Sie lassen sich in zwei Kategorien einteilen. Zur ersten zählen die Objekte mit Durchmessern <50" und entsprechend hohen Flächenhelligkeiten. Sie erscheinen in kleineren Instrumenten oder bei geringen Vergrößerungen (LP) nahezu stellar oder als kleine Scheibchen, hin und wieder farbig oder von einem nebelhaften Schimmer umgeben. Für Detailbeobachtungen erfordern sie oftmals längere Brennweiten oder hohe bis sehr hohe Vergrößerungen (HP, VHP), d.h. 200× bis 600×, in einigen Fällen sogar bis über 700× – immer unter Berücksichtigung der Luftunruhe und der minimalen sinnvollen Austrittspupille (AP). Die zweite Kategorie von PN umfaßt die großflächigen Objekte, die bis annähernd Vollmonddurchmesser oder sogar darüber erreichen, wie z.B. der berühmte Helix-Nebel NGC 7293 im Wassermann. Für diese braucht man zumeist die instrumentelle Hardware von Gasnebel-Beobachtungen, sprich RFT's oder mit UHC- bzw. [OIII]-Filtern bestückte Großfeldstecher. Allerdings sind bei einer ganzen Reihe von PN die Emissionslinien des zweifach ionisierten Sauerstoffs [OIII] relativ schwach ausgeprägt. Hier wird man mit einem Schmalbandfilter bessere Ergebnisse erzielen als mit dem entsprechenden Linienfilter.

Besonders die Objektliste von George Abell hält für visuelle Beobachter eine Anzahl von interessanten, aber nicht immer ganz einfachen PN bereit. Abell 21 (PK 205+14.1), den „Medusa-Nebel", haben wir in interstellarum [7] schon kennengelernt. Das Gros der Objekte zählt zur zweiten Kategorie, d.h. sie sind recht großflächig und „enttarnen" sich erst auf dem zweiten oder dritten Blick aus der Schwärze des Nachthimmels. Für eine erfolgreiche „Erstbeobachtung" sind daher vernünftige Sternkarten und Kataloge zu empfehlen. Das Spitzenmaterial aus Richmond – sprich Uranometria 2000.0 und DSFG [2] – steht auch hier außer Konkurrenz. Darüberhinaus erlauben Computerprogramme wie z.B. TheSky oder GUIDE eine wesentlich größere Flexibilität im Kartenmaßstab. Für den Anfang wird es sinnvoll sein, sich auf solche Nebel zu beschränken, die sich in der Nähe von helleren Objekten befinden. Solche ausgedehnten PN, vor allem die „ganz fetten" über 10', vertragen keine sonderlich hohen Vergrößerungen. Zum Auffinden sind lichtstarke Finder (es gibt keine „Sucher"...) oder LP-Gesichtsfelder (>1°) anzuraten. Erfahrungsgemäß leistet das [OIII]-Filter gerade bei großer AP sehr gute Dienste. Dennoch ist entspanntes Sehen genauso wichtig wie eine gute Adaption. Es kann durchaus eine halbe Stunde oder länger dauern, bis man ein Objekt auch wahrnimmt. Es ist daher ratsam, sich durch häufigeren Okularwechsel der eindeutigen Sichtung zu vergewissern. Die helleren Abell-Objekte können bei größeren Öffnungen auch ohne Filter gesehen werden.

Vier schwache PN nach Zeichnungen von Andreas Domenico mit einem 12"-Newton: PK 303+40.1 (A 35) bei 52 und 66fach mit [OIII]-Filter, PK 164+31.1 (JE 1) bei 52 und 66fach mit [OIII]-Filter, PK 198-6.1 (A 12) bei 283fach mit UHC-Filter und PK 197-14.1 (A 10) bei 150× und 233× mit [OIII]-Filter.

Ich habe eine kleine Auswahl im Laufe mehrerer Nächte (November 93–März 94) bei fst 5^m7 bis 6^m3 mit 8" f/5 bzw. 12" f/7 beobachtet.

A 10, Ori, (Kohoutek 1-7), stellt zusammen mit A 12 bei einem Durchmesser von 0,6 gegenüber den meisten hier beschriebenen PN eine Ausnahme dar und ist ein typisches HP-Objekt. Man sollte sich keinesfalls von der in [2] angegebenen Gesamthelligkeit abschrecken lassen. Die Lichtintensität dieses PN entspricht zwar der eines Sterns 14. Größe, jedoch ergibt seine kompakte Größe eine relativ hohe Flächenhelligkeit, wodurch er bei 12" Öffnung auch schon ohne Filter aufgefunden werden konnte. Mit [OIII]-Filter erschien er bei 150× und 233× als ein ovaler, in der Mitte hellerer Lichtfleck. Noch höhere Vergrößerungen sind durchaus möglich.

A 12, Ori, wird man im U2000.0 vergeblich suchen, er steht auch nicht in [2], vielleicht wurde er von den Autoren als „zu harte Nuß" beurteilt. Ich stieß erst durch einen Bericht von „Urvater" Walter Scott Houston in [3] auf dieses Objekt. GUIDE 4.0 gibt als Helligkeit 13^m9 an, wobei das Programm bei schwächeren PN sehr zurückhaltend mit Beobachtungsdaten ist; insbesondere wird nicht zwischen visueller und photographischer Helligkeit unterschieden. [4] nennt dagegen als Gesamthelligkeit 12^m1 und als Flächenhelligkeit 11^m0. Mit Sicherheit ist A 12 für Photographen eine Herausforderung, denn er befindet sich nur 1' WNW von μ Ori – dem nächsthelleren Stern NNO von Beteigeuze. Auf langbelichteten Aufnahmen „ertrinkt" der kleine Nebel meist hoffnungslos im Lichtsaum des 4^m1 hellen Sterns [1]. Das CCD-Image in [4] zeigt den PN sehr viel deutlicher. Aber eindeutig im Vorteil ist hier wieder die visuelle Beobachtung: Sofern die Bedingungen HP zulassen, um das Objekt vom Strahlenkranz des Sterns zu trennen, zeigt er sich als ein rundes Fleckchen – also als klassischer „Planetarischer" Nebel. Es versteht sich, daß der Stern außerhalb des Gesichtsfeldes bleiben sollte. Die Wahrnehmung von A 12 steht und fällt mit dem Seeing. Das winzige farblose Scheibchen zeigte sich im 12" schon bei 283× mit UHC-Filter. Mich würde sehr interessieren, wie andere Beobachter das Objekt sehen. [Anm. d. Red.: A 12 ist OdS im Februar 1997]

A 31, Cnc, liegt etwa 1° südöstlich von M 67 – gewissermaßen von den Abell-Zwergen zu den Abell-Riesen. Dieser Gigant, noch ausgedehnter als der Helix-Nebel, liegt etwa 1° SO von M 67. Die Beobachtung läßt sich am besten folgendermaßen umschreiben: Man verteile eine Gesamthelligkeit von 12^m2 auf eine Fläche von mehr als 16' und überprüfe, was davon selbst bei guter Durchsicht noch übrig bleibt. Im 8" mit [OIII] konnte ich nur einen vier Bogenminuten großen Teil des PN – vermutlich den hellsten – indirekt und blickweise als einen formlosen Schimmer sehen, der einen helleren Stern umgibt. Also lediglich ein Bruchteil des gesamten Nebeldurchmessers. Nicht viel, aber immerhin. Das Objekt ist in [2] als Sh 2-290 verzeichnet.

A 33, Hya, gehört zu meinen Lieblingsobjekten. Die Hydra ist eine Fundgrube für Planetarische Nebel, jedoch haben sie meist eine ziemlich niedrige Deklination und geben daher stets nur ein kurzes Gastspiel am mitteleuropäischen Himmel. Dabei steht A 33 noch vergleichsweise hoch und zeigt sich in mittelgroßen Teleskopen als gleichmäßiges Scheibchen ohne Zentralstern. Mit zunehmender Öffnung steigt der visuelle Eindruck geradezu exponentiell an. Um kein falsches Bild aufkommen zu lassen: Er setzt einen dunklen Himmel (fst $>6^m$) voraus. Aber im 12" mit [OIII] war das Objekt bei 52× und 66× als leicht elongierter Nebelschimmer, dessen aufgehellter Rand im Südwesten von einem auffälligen Stern flankiert wird [6].

A 35, Hya, ist ebenfalls ein LP-Objekt, das auch in Süddeutschland kaum höher als 17° über den Horizont steigt und daher nur bei guter Transparenz des Himmels (kein Dunst) angegangen werden sollte. Dann aber müßte er dank eines hellen Sterns (9^m), der von dem Nebel selbst eingeschlossen wird, relativ leicht zu finden sein. Dieser PN zeigt eindrucksvoll den Unterschied zwischen visueller Beobachtung und Photographie. Aufnahmen im Licht der Hα-Linie (z.B. POSS-Rot) zeigen zwei schwache parallele Nebelbänder von etwa 8'–10' Länge knapp südlich des hellen Sterns, während visuell im 12" mit [OIII] bei 52× ein völlig anderes Bild zu sehen war: Ein kleiner ovaler Schimmer um den Stern herum, der im Westen etwas heller zu sein schien und bei indirektem Sehen jeweils für einige

PK 197-14.1 (A 10)

PK 198-6.1 (A 12)

PK 303+40.1 (A 35)

DSS

	Objekt	R.A. (2000.0)	Dec.	Größe	Hell.vis	U2000
A 10	(PK 197-14.1)	05 31.8	+06° 56'	35"	14^m7	180
A 12	(PK 198-6.1)	06 02.4	+09° 39'	37"	12,0	181
A 31	(PK 219+31.1)	08 54.2	+08° 55'	980"	12,2	187
A 33	(PK 238+34.1)	09 39.1	-02° 48'	268"	12,4	233
A 35	(PK 303+40.1)	12 53.7	-22° 52'	709"	12,7	329
A 36	(PK 318+41.1)	13 40.6	-19° 53'	370"	11,8	331
JE 1	(PK 164+31.1)	07 57.8	+53° 25'	399"	12,1	43
Jn 1	(PK 104-29.1)	23 35.9	+30° 28'	332"	12,1	124

26 interstellarum 2/96

interstellarum 2/96 27

▲ Abb. 1: **Ausschnitt aus dem Originalartikel** aus interstellarum 7.

Vor 100 Ausgaben: interstellarum 7

Tour d'Abell

In interstellarum 7, erschienen im Frühjahr 1996, nahm Andreas Di Domenico die Leser mit auf eine »Tour d'Abell«. Er stellte einige der Planetarischen Nebel aus der Liste George Abells vor, die auch für visuelle Beobachter interessant sind. Als eines seiner Lieblingsobjekte bezeichnete er damals Abell 33 im Sternbild Wasserschlange. Dieses Sternbild sei sowieso »eine Fundgrube für Planetarische Nebel«, die allerdings meist nur »ein kurzes Gastspiel am mitteleuropäischen Himmel« geben. Abell 33 würde dabei noch »vergleichsweise hoch stehen« und sich »in mittelgroßen Teleskopen als gleichmäßiges Scheibchen ohne Zentralstern« zeigen.

»Planetarische Nebel gehören zweifellos zu den interessantesten Deep-Sky-Objekten. Kein visueller Beobachter kommt an den bekannten Showpieces wie dem Ringnebel Messier 57 oder dem Hantelnebel Messier 27 vorbei, zumal diese schon in kleinen Teleskopen einen schönen Anblick bieten. Mit einer großen Öffnung offenbart sich dem geübten Beobachter unter einem dunklen Himmel selbst in lichtschwachen Planetarischen Nebeln jenseits von Messier und NGC einiges an Details. Zwanzig Jahre danach haben die Planetarischen Nebel aus George Abells Liste nichts von ihrer Faszination verloren.« ▶ Andreas Di Domenico

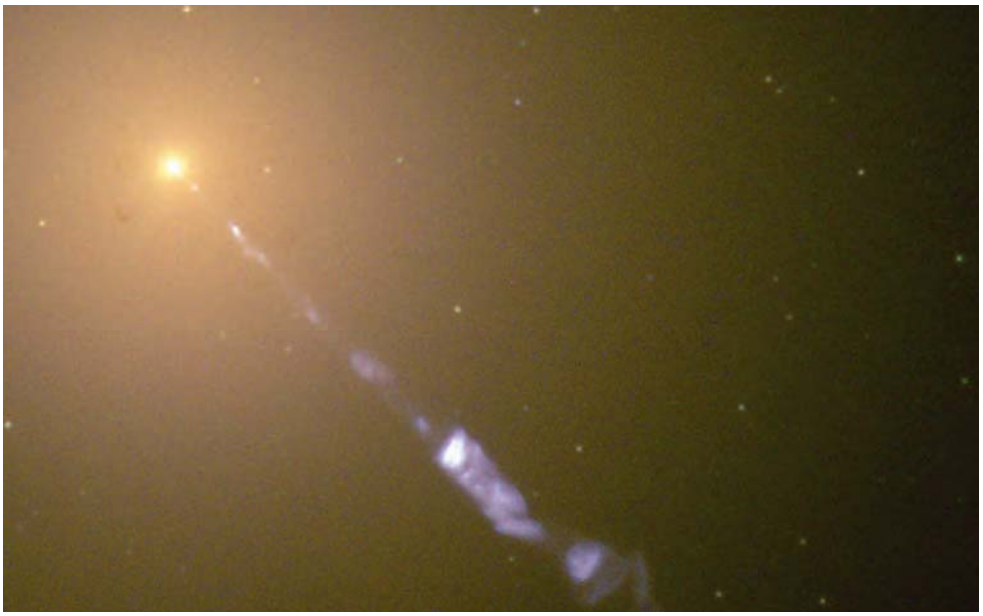
CCD-Guide

▲ Abb. 2: **Abell 31 im Sternbild Krebs war einer der 1996 vorgestellten Planetarischen Nebel.** Im 8-Zoll-Newton mit einem [OIII]-Filter konnte der Autor damals »nur einen vier Bogenminuten großen Teil des Planetarischen Nebels – vermutlich den hellsten – indirekt und blickweise als einen formlosen Schimmer sehen, der einen helleren Stern umgibt«. Hier eine Aufnahme von Abell 31 aus dem Jahr 2011. *Günter Kerschhuber*

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

Abenteuer Astronomie 8, im Handel ab 24. März 2017

NASA und das Hubble Heritage Team (STScI/AURA)



▲ **Zum 200. Todestag von Charles Messier:** die interessantesten Messier-Objekte.

R. Stoyan

▲ **Über-Irdisch: Eine Woche Astronomie** auf La Palma.

U. Dittler

▲ **Spektakuläre Bilder:** Sonnenfotografie im Hα- und Kalzium-Licht.

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 Zirn

Wir danken allen Unterstützern herzlich!

EXPERTEN-BEIRAT

Arnold Barmettler
Prof. Dr. Ullrich Dittler
Prof. Dr. Ulrich Heber
Volker Heinrich
Dr. Sebastian Heß
Manfred Holl
Bernhard Hubl
André Knöfel
Dr. Harald Krüger
Dr. Detlef Koschny
Burkhard Leitner
Dr. Andreas Müller
Andreas Pfoser
Herbert Raab
Dr. Jürgen Rendtel
Harrie Rutten
Nico Schmidt
Waldemar Skorupa
Lambert Spix
Wolfgang Vollmann
Dr. Mario Weigand

Kontakt

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

Redaktion
Einsendungen, Fragen zu Artikeln, Leserbriefe
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, Michael Feiler, Daniel Fischer, 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, Carina Koch, Dieter Reimann

Vertrieb
IPS Pressevertrieb GmbH, Meckenheim

Hinweise für Leser

Bildorientierung: Allgemein: Norden oben, Osten links; Planeten: Süden oben, vorangehender Rand links (wie im unkehrenden Teleskop)
Datenquellen: Himmelsalmanach 2017
Koordinaten: äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0
Helligkeiten: sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit
Deep-Sky-Objekte: DS (Doppelstern), OC (Offener Sternhaufen), PN (Planetarischer Nebel), GN (Galaktischer Nebel), GC (Kugelsternhaufen), Gx (Galaxie), Qs (Quasar), As (Sternmuster)
Kartenverweise: Deep Sky Reiseatlas (DSRA), interstellarum Deep Sky Atlas (isDSA), Fotografischer Mondatlas (FMA)

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