

fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur

Titelbild: **Merkur im Visier:** Seit März 2011 befindet sich Messenger als erste Raumsonde überhaupt in einer Umlaufbahn um den innersten Planeten. Bereits jetzt zeichnen sich überraschende Ergebnisse ab (vgl. Hauptartikel S. 12). Dieses Falschfarbmosaik des Merkur wurde bereits im Januar 2008 nach dem ersten Vorbeiflug der Sonde aufgenommen. Es zeigt die östliche Hemisphäre mit dem gut 1500km durchmessenden Calorisbecken, einem Einschlagsbecken, das den nördlichen Teil dominiert. Aufgrund der mit Lava überfluteten Ebenen erscheint es gelb, während andere Gesteinsarten in anderen Farben dargestellt sind. NASA, Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Carnegie Institution of Washington

Liebe Leserinnen und Leser,

jede Menge Aktion hatte der Himmel über uns in den letzten Monaten zu bieten. Sie haben uns zahlreiche Beobachtungen zukommen lassen, und die Redaktion war damit beschäftigt, Ihre Einsendungen zu sammeln und aufzubereiten, durch Zusatz- und Hintergrundinformationen zu ergänzen und für das Heft übersichtlich zusammenzustellen. Diese redaktionelle Prüfung und die Aufbereitung für Sie als Leser ist eines der Merkmale, die interstellarum von den meisten anderen Informationsquellen unterscheidet. In diesem Heft berichten wir in Wort und Bild u.a. über die jüngsten Polarlichterscheinungen (Seite 67), das aktuelle Geschehen um den Kometen Garradd (Seite 26), und die jüngste Entwicklung auf unserem Tagesgestirn (Seite 22). Ein Höhepunkt der letzten Monate waren die beiden hellen Supernovae in M 51 und M 101. In diesem Heft können Sie nachlesen, wie deren Dokumentation sogar ohne Teleskop gelang (Seite 42).

Unter den beeindruckenden Resultaten in unserer Lesergalerie (Seite 74) und bei den Objekten der Saison (Seite 70) finden sich immer mehr Bilder, die aus mehreren Fotos zusammengesetzt wurden. In der Praxis ist eine Kombination von zwei benachbarten Himmelsaufnahmen jedoch nicht einfach: Durch die Verzerrung in den Bildecken, Gradienten aufgrund von Vignettierung oder Himmelshintergrund oder Farbschieden braucht es viel Geduld und Know-how, ansehnliche Mosaik zu erstellen. Der Schweizer Astrofotograf Fabian Neyer zeigt in diesem Heft anschaulich, wie man dabei vorgehen kann (Seite 53).

Seit Anfang 2008 haben wir den Verkaufspreis von interstellarum stabil halten können. Deutliche Preissteigerungen v.a. beim Papier und dem Versand durch die Deutsche Post zwingen uns zum Jahreswechsel jedoch zu einer Anhebung des Einzelheftpreises um 40 Cent. Dieser Betrag entspricht seit 2008 gerechnet 10 Cent pro Jahr, was deutlich unter der Inflationsrate in den letzten Jahren liegt. Auch der Betrag für das Abonnement wird entsprechend angepasst – unsere Abonnenten wurden bereits mit dem letzten Heft informiert. Für 2012 gibt es umfangreiche Mehrleistungen im Abo: Schon mit dieser Ausgabe erhalten Sie das Poster »Das Astronomische Jahr 2012« kostenlos, ab Ende Januar gibt es zusätzlich unsere neue iPad-App – Grund genug für alle anderen, über ein Abonnement von interstellarum nachzudenken. Die ersten 100 Neuabonnenten belohnen wir mit einer praktischen, astronomisch erprobten Rotlicht-Lampe (Seite 79)!

Eine schöne Weihnachtszeit wünscht,

Ihr

Ronald Stoyan



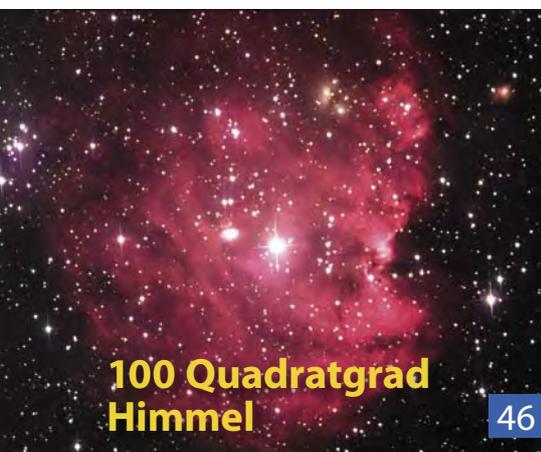
Protuberanzen auf Papier

34



Supernovae im Teleobjektiv

42



100 Quadratgrad Himmel

46



Mehr kleine ETX-Verbesserungen

58

Hintergrund

- **Hauptartikel**
- 12 **Merkur: Meister der Extreme**
Messenger-Sonde sorgt für Überraschungen
- 16 **Astro-Wissen: Wie kommt es zu einer Bahnresonanz?**
- **Schlagzeilen**
- 8 **Solare Magnetfelder und die Entwicklung von Flares**
Wird die Erde periodisch von Asteroiden oder Kometen getroffen?
- 9 **Doppelter Sonnenuntergang auf Kepler-16b**
Trojaner im Erdorbit entdeckt
- 10 **Raumfahrt aktuell: Zwei neue Orbiter auf dem Weg zum Mond**

Himmel

- **Ereignisse**
- 18 **Mondfinsternis am Nachmittagshimmel**
Totale Mondfinsternis am 10. Dezember
Merkur am Morgenhimmel
- 19 **Eros in Erdnähe am 31. Januar**
Venus trifft Neptun am 13. Januar
- **Sonnensystem**
- 22 **Sonne aktuell: Ganz leichter Anstieg**
- 24 **Planeten aktuell: Mars im Fokus**
- 26 **Kometen aktuell: C/2009 P1 (Garrad) wird freisichtig**
- **Sternhimmel**
- 29 **Astronomie mit bloßem Auge: Collinder 69**
Astronomie mit dem Fernglas: Cheshire Cat
- 30 **Objekt der Saison: M 45**
- 32 **Objekt der Saison: NGC 1333**
- 33 **Deep-Sky-Herausforderung: Auner 1**

Praxis

- **Sonne**
- 34 **Protuberanzen auf Papier**
Sonnenszeichnungen im H α -Licht
- **Mond**
- 36 **Die nördliche Seenplatte**
Ein Spaziergang zu den »Seen« auf dem Mond
- **Deep-Sky**
- 42 **Supernovae im Teleobjektiv**
Drei Sternexplosionen im Bereich des Großen Wagens
- 46 **100 Quadratgrad Himmel**
Orion trifft Zwillinge

interstellarum STERNSTUNDE

»interstellarum Sternstunde« ist die erste regelmäßige astronomische Fernsehsendung im Internet. Sie können sie kostenlos auf www.interstellarum.de ansehen.

Ausgabe Nr. 6 (11.11.2011)

Themen

- **MESSENGER:** Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Merkur-Orbit, Interview mit Daniel Fischer
- **Mond-Impakt:** Aufnahmen von Einschlägen auf dem Erdbegleiter, Interview mit Bernd Gährken

außerdem

- Neuigkeiten aus der Forschung in Bild und Ton
- Vorschau auf astronomische Ereignisse

Die interstellarum Einsteigerseiten:

astroeinstieg.de

by interstellarum Zeitschrift für praktische Astronomie

teleskop1x1.de

Das große Teleskop-Portal von interstellarum:

[Fernrohrfinder.de](http://fernrohrfinder.de)

Datenbank aus fast 1500 Produkten:

- 513 Komplettgeräte
- 329 Tuben mit Optik
- 105 Montierungen
- 591 Okulare

- 40 **Praxis-Wissen: Wie kann man das Alter von Mondkratern visuell einschätzen?**

Technik

- **Astrofotografie**
- 53 **Puzzle mit Plan**
Die Erstellung von großflächigen Mosaiken
- **Selbstbau**
- 58 **Mehr kleine Verbesserungen**
Das ETX-70/ETX-80 im parallaktischen Betrieb
- 60 **Technik-Wissen: Welche Objektiveigenschaften sind für Astrofotografen nützlich?**

Beobachtungen

- **Rückblick**
- 67 **Aufleuchten — nah & fern**
- **First Light**
- 68 **Der tiefschwarze Nachthimmel ist eine Illusion**

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

Merkur: Meister der Extreme

Messenger-Sonde sorgt für Überraschungen

- **Objekte der Saison**
- 70 **NGC 1977 / Sharpless 276 (Barnards Loop)**
- **Galerie**
- 74 **Astrofotos unserer Leser**

Service

- **Rezensionen**
- 76 **Der Sternenhimmel**
iPhone-App: Sky Safari 3
- 77 **Hubble**
- **Astromarkt**
- 77 **Kleinanzeigen**

Leserhinweise

Bildorientierung: Allgemein: Norden oben, Osten links; Planeten: Süden oben, vorangehender Rand links

Datenquellen: Sonnensystem: Kosmos Himmelsjahr, Ahnerts Kalender für Sternfreunde, Cartes du Ciel; Deep-Sky: Deep Sky Reiseführer, NGC/IC W. Steinicke, Deep Sky Field Guide

Koordinaten: äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0

Helligkeiten: sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit

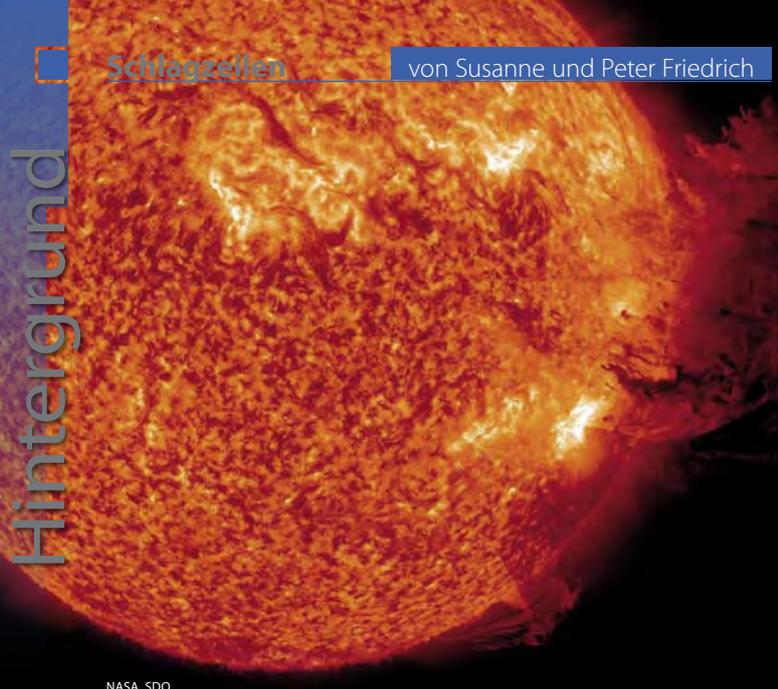
Deep-Sky-Objekte: DS (Doppelstern), OC (Offener Sternhaufen), PN (Planetarischer Nebel), GN (Galaktischer Nebel), GC (Kugelsternhaufen), Gx (Galaxie), Qs (Quasar), As (Sternmuster)

Kartenverweise: Deep Sky Reiseatlas (DSRA), Uranometria 1. Auflage (Uran.) Fotografischer Mondatlas (FMA)

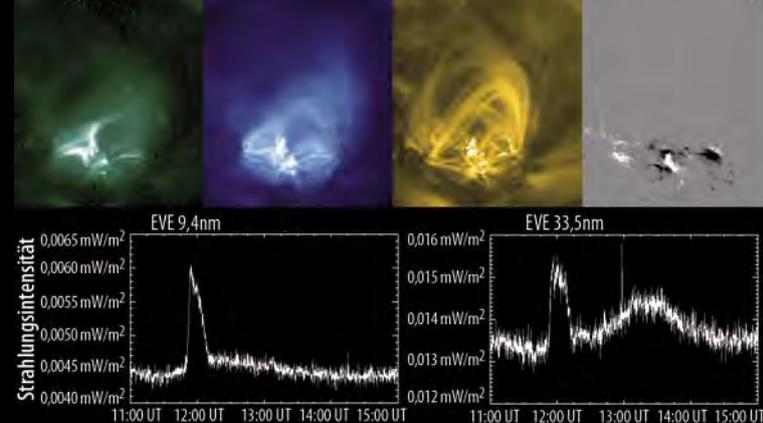
- 1 **fokussiert**
- 2 **Inhaltsverzeichnis, Leserhinweise**
- 80 **Vorschau, Impressum**

Puzzle mit Plan:

Die Erstellung von großflächigen Mosaiken



NASA, SDO



▲ **Abb. 2: Ein Flare vom 5. Mai 2010.** In der oberen Reihe sind bei verschiedenen Wellenlängen der Flare und die dazugehörigen Magnetfeldbögen zu sehen. Die untere Reihe zeigt die zeitliche Entwicklung der Emission im Röntgenbereich (links) und im extremen ultravioletten Spektralbereich (rechts, s. Surfipps). Die späte EUV Flarephase ist nur im EUV-Bereich als zweites Maximum etwa 90 Minuten nach dem Hauptausbruch zu sehen.

NASA, SDO, T. Woods

▲ **Abb. 1: Am 7. Juni 2011** ereignete sich zunächst ein M2-Flare (mittlere Stärke), der einen spektakulären koronalen Massenauswurf nach sich zog.

Solare Magnetfelder und die Entwicklung von Flares

Flares sind Strahlungsausbrüche auf der Sonne, bei der gewaltige Mengen an Energie durch die Umorganisation des Magnetfeldes freigesetzt werden. Insbesondere im Licht der H α -Linie, manchmal auch im Weißlicht, sind sie auch in entsprechend ausgerüsteten Amateuerteleskopen als hell aufleuchtende Gebiete sichtbar. Die Flares dauern im Durchschnitt etwa 20 Minuten an. Mit dem Extreme ultraviolet Variability Experiment (EVE) auf dem Sonnensatelliten SDO (vgl. interstellarum 75) hat man nun festgestellt, dass nach der Hauptphase des Ausbruchs weitere Strahlung emittiert wird, deren Gesamtenergie die des Hauptausbruchs übertreffen kann. So wurde am 3. November 2010 von SDO ein Flare beobachtet, der nach der Hauptphase im extremen ultravioletten Spektralbereich (EUV) eine Energiemenge freisetzte, die 70% der insgesamt abgestrahlten Energie entsprach. Insgesamt wurden seit Beginn der SDO-Mission 191 Flares analysiert. Von den 169 C1- bis C9-Flares zeigten 16, von den 21 M1- bis M9-Flares 9 diese »späte EUV Flarephase«. Der einzige analysierte Flare der X-Klasse zeigte sie nicht.

Im Gegensatz zu früheren Instrumenten, die in Abständen von 90 Minuten oder nur bei einer Wellenlänge beobachteten, misst

EVE alle zehn Sekunden in einem Wellenlängenbereich von 0,1nm bis 106nm. Die Spektren zeigen dabei vier Phasen eines Flares. In der ersten Phase, die durch harte Röntgenstrahlung dominiert wird, bewegen sich nach einem magnetischen Kurzschluss (Rekonnexion) hochenergetische Teilchen im freien Fall in Richtung Sonnenoberfläche. Wenn sie die dichtere untere Atmosphäre der Sonne erreichen, beginnt die zweite Phase des Flares. Das Sonnenplasma wird aufgeheizt und strömt explosionsartig entlang magnetischer Bögen, den sog. Loops, wieder nach oben. Dabei füllen sich die Bögen mit Plasma, und Strahlung wird freigesetzt. Die dritte Phase ist durch eine Verringerung der Helligkeit der Sonnenkorona gekennzeichnet, die häufig mit einem koronalen Massenauswurf (CME) einhergeht. Die vierte, bisher unbekannte späte Flarephase, erreicht ihr Maximum irgendwann zwischen einigen Minuten und Stunden nach dem Hauptausbruch mit der Emission von Strahlung, die typisch für 3 Mio. Kelvin heißes Koronamaterial ist. Das Maximum ist jedoch nicht mit einem weiteren Röntgenstrahlungsausbruch assoziiert. Diese vierte Phase darf nicht mit dem Sekunden oder Minuten nach der Hauptphase beobach-

teten Maximum im extremen ultravioletten Spektralbereich verwechselt werden, das zur normalen Entwicklung eines Flareausbruchs gehört. Sie tritt deutlich später und erst nach der Hauptphase auf.

Ergänzt werden diese Messungen durch das Advanced Imaging Assembly (AIA) auf SDO, das alle 10s in sieben schmalbandigen Wellenlängenbereichen und einer von drei verschiedenen Wellenlängen im UV bzw. visuellen Kontinuum beobachten kann. Mit AIA sieht man ebenfalls die Hauptphase des Flares und bei Auftreten der späten Flarephase zusätzlich weitere koronale Bögen weit oberhalb der Ausbruchstelle des ursprünglichen Flares. Diese Bögen sind länger, leuchten später auf und sind auch räumlich getrennt von denen der Hauptphase. Man geht deshalb davon aus, dass die späte Flarephase durch eine Rekonnexion anderer Magnetfeldbereiche gespeist wird als der Hauptausbruch. Da etwa die Hälfte der Flares mit später Phase aus nur zwei Aktiven Regionen mit komplexen Magnetfeldern stammt, scheint die Magnetfeldkonfiguration wichtig für ihr Auftreten zu sein. Die Intensität der späten Flarephase ist in der Regel geringer als die Röntgenintensität zu Beginn des Flares, sie dauert jedoch manchmal mehrere Stunden an, so dass die Gesamtenergie der des Hauptflares gleichkommen kann und deshalb ebenfalls zur Ionisation der Erdatmosphäre beitragen kann. [NASA 11-291; NASA Feature 9.7.2011, Astrophys. J. 739, 59 (2011)]

Wird die Erde periodisch von Asteroiden oder Kometen getroffen?

Fast 200 Krater sind auf der Erdoberfläche als Zeugen kosmischer Zusammenstöße der Erde mit Asteroiden oder Kometen

erhalten geblieben. Einige von ihnen weisen Durchmesser von Hunderten von Kilometern auf. Das Wissen über die Wahr-

scheinlichkeit solcher Ereignisse und darüber, ob sie sich mit der Zeit ändert, ist deshalb nötig, um die derzeitige Gefahr



PETER UND SUSANNE FRIEDRICH

Der Barringer-Krater in Arizona. Er war der erste Krater, bei dem bewiesen werden konnte, dass er durch den Einschlag eines Meteoriten entstanden ist.

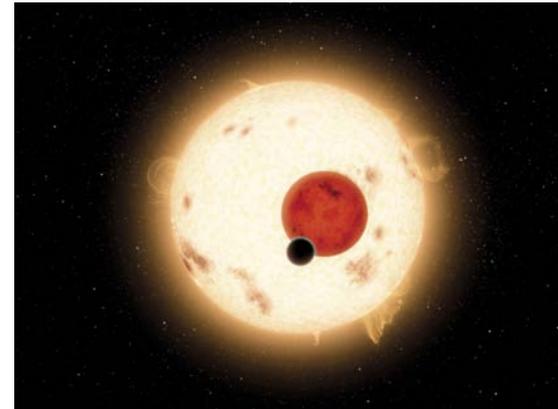
eines Einschlags abschätzen zu können (vgl. interstellarum 78).

Seit Mitte der 1980er Jahre haben eine Reihe von Autoren behauptet, die Einschlagwahrscheinlichkeit nehme über Millionen Jahre hinweg periodisch zu und ab; die Perioden variieren dabei zwischen 13 und 50 Millionen Jahren. Grundlage dafür sind vor allem die Altersabschätzungen der Krater. Einer der Mechanismen, die für solch periodische Variationen vorgeschlagen wurden, ist die Bewegung unseres Sonnensystems relativ zur Scheibenebene der Milchstraße. Bei dieser Bewegung verändert sich der sehr geringe Schwerkräfteinfluss, den die umliegenden Sterne auf die Objekte in der Oort'schen Wolke ausüben, welche das Sonnensystem im Abstand von rund einem Lichtjahr umhüllt. Aufgrund solcher Veränderungen könnten einmal mehr, einmal weniger Objekte die Oort'sche Wolke verlassen und als Kometen in das innere Sonnensystem gelangen.

Eine neue Untersuchung, die eine angepasste statistische Methode verwendet, kann einfache periodische Variationen anhand der verfügbaren Daten mit großer Sicherheit ausschließen – ebenso den hypothetischen Sonnenbegleiter »Nemesis«. Stattdessen hat danach die Einschlagwahrscheinlichkeit seit rund 250 Millionen Jahren stetig zugenommen, abgeschätzt anhand der zu verschiedenen Zeiten entstandenen, heute noch nachweisbaren Krater. Dabei könnte es sich allerdings um Auswahleffekte handeln, da kleinere Krater schneller erodieren und nach einer gewissen Zeit nicht mehr auffindbar sind und ältere Krater längere Zeit der Erosion ausgesetzt waren als jüngere. Größere, jüngere Krater können deshalb einfacher nachgewiesen werden als kleinere, ältere. Andererseits gibt es aber Untersuchungen an Einschlagkratern auf dem Mond, die einen ähnlichen Trend zeigen. Dort spielen die auf der Erde vorherrschenden Erosionsmechanismen keine Rolle. [MPG 1.8.2011]

Doppelter Sonnenuntergang auf Kepler-16b

Auf dem Planeten Kepler-16b, der vom NASA-Satelliten Kepler aufgespürt wurde, gehen abends zwei Sonnen unter. Er umkreist in 229 Tagen zwei Sterne, die sich aus Sicht der Erde gegenseitig verfinstern und bedeckt dabei ebenfalls die beiden Sterne, wodurch er sich verriert. Astrophysikalisch gesehen ist dies ein Glücksfall, denn so lassen sich die Massen und Größen der beteiligten Objekte bestimmen. Kepler-16b bewegt sich außerhalb der habitablen Zone, in der auf einem Planeten flüssiges Wasser existieren kann, da seine beiden Zentralgestirne mit 0,69 bzw. 0,2 Sonnenmassen kühler als die Sonne sind. Er ist etwa so groß wie der Saturn und besteht etwa je zur Hälfte aus Gestein und Gas. Da die meisten Sterne in der Milchstraße in Doppelsternsystemen zu finden sind, erhöht sich damit



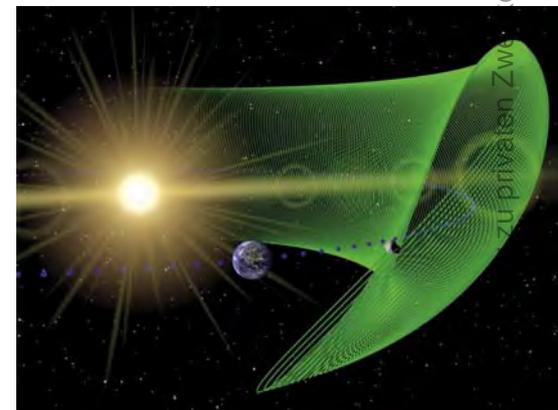
NASA, JPL-CALTECH

Der Saturn-große Planet Kepler-16b umkreist zwei Sonnen: einen K- und einen M-Zwerg. Von der Erde aus bedecken sich die beiden Sterne und der Planet gegenseitig.

schlagartig die Möglichkeit, Planeten in der habitablen Zone und damit evtl. Leben zu finden. [NASA 11-304]

Trojaner im Erdorbit entdeckt

Als Trojaner werden Asteroiden bezeichnet, die im selben Orbit wie ein Planet um die Sonne kreisen. Sie befinden sich jedoch im Mittel 60° vor oder 60° hinter dem Planeten auf der Bahn. Die Trojaner kreisen in stabilen Bahnen um die Lagrangepunkte L_4 und L_5 und kommen deshalb dem Planeten nie nahe. Jupiter besitzt eine große Familie von mehreren 1000 Trojanern, auch bei Neptun und Mars sowie bei Monden von Saturn wurden sie entdeckt. Trojaner im Erdorbit, die sich durchschnittlich in einem Winkelabstand von 60° zur Sonne befinden, sind schwer aufzuspüren, wenn sie relativ klein sind. Dem Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE) der NASA, der von Januar 2010 bis Februar 2011 den ganzen Himmel im infraroten Spektralbereich kartierte, ist eine solche Entdeckung gelungen. 2010 TK7, wie die provisorische Bezeichnung des Erd-Trojaners lautet, bewegt sich auf einer ungewöhnlichen Bahn, auf der er sich weit vom Lagrangepunkt L_4 entfernen kann. Dies ermöglichte auch die Entdeckung durch WISE. Der 300m durchmessende Asteroid wird der Erde jedoch zumindest in den nächsten 100 Jahren nicht näher als 24 Mio. Kilometer kommen. [JPL 2011-230]



NASA, JPL-CALTECH, UCLA

Die ungewöhnliche Bahn des Erdtrojaners 2010 TK7 (grün) relativ zur Erdbahn (blaue Punkte). Er bewegt sich spiralförmig sowohl horizontal in der Bahnebene als auch ober- und unterhalb zu ihr in 395 Jahren um den Lagrangepunkt L_4 .

Surftipps

Flare vom 5. Mai 2010 (SDO):

www.nasa.gov/mission_pages/sdo/news/late-phase-flares.html

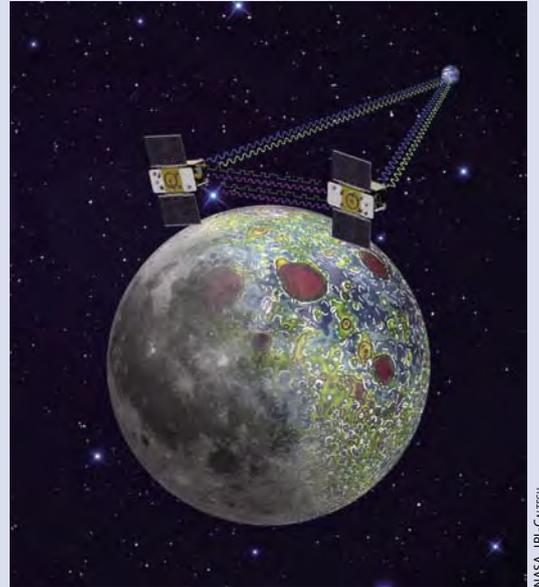
Animation der Bahn des Erdtrojaners:

www.nasa.gov/multimedia/videogallery/index.html?media_id=103550791

Raumfahrt aktuell

Zwei neue Orbiter auf dem Weg zum Mond

Exakt zum Jahreswechsel – am 31. 12. und 1. 1. – wird der Mond zwei weitere Orbiter erhalten: Sie bilden zusammen das »Gravity Recovery and Interior Laboratory« (GRAIL) der NASA, das am 10.9.2011 in Cape Canaveral auf die Reise ging. Die Mission besteht aus zwei nahezu identischen Sonden, die nun getrennt auf treibstoffsparenden Wegen in einen gemeinsamen niedrigen Mondorbit gelangen sollen: Zuerst geht es zum Lagrangepunkt L_2 des Erde-Sonne-Systems,



Das Prinzip der GRAIL-Mission: Zwei Satelliten kreisen im Tiefflug um den Mond, wobei ihre Bahnen und insbesondere ihr Abstand voneinander präzise vermessen werden – woraus sich dann die Massenverteilung im Mondinneren bestimmen lässt.

dann weiter zum Mond. Beide werden ihn in einer mittleren Höhe von 55km umkreisen. Der gegenseitige Abstand, der mit enormer Präzision vermessen wird, beträgt 60km bis 225km: Je nach der Massenverteilung im Mondinneren entfernen sie sich voneinander, um sich dann wieder näher zu kommen, denn eine Massenkonzentration im Mond lässt zuerst den führenden Satelliten schneller fliegen, dann holt der andere wieder auf. Dasselbe Prinzip benutzt bereits seit 2002 die GRACE-Mission im Erdorbit und die Schwerekarte des Mondes soll sogar noch genauer als die irdische werden: Weil es keinen Luftwiderstand gibt, können die Satelliten wesentlich dichter über der Oberfläche fliegen. Allerdings müssen subtile Effekte wie der Strahlungsdruck der Sonne auf die Satelliten berücksichtigt werden, und die lange Reise hilft dabei, dass sie ohne ausströmendes Restgas mit der Arbeit beginnen: Dies könnte sonst mit winzigen Düseneffekten die Bahnen spürbar stören.

Die Anwendung der GRACE-Erfahrungen und die energiesparende Reise, die wiederum einen Start mit der kleinen Delta II ermöglichte, haben die Gesamtkosten der Mission mit 496 Mio. Dollar recht gering ausfallen lassen. Es ist auch – neben ein paar Mondkameras auf beiden Satelliten, die US-Schüler steuern werden – nur eine einzige wissenschaftliche Nutzlast an Bord: das Radiosystem, das den Abstand zwischen den beiden Satelliten mit Mikrometern Genauigkeit bestimmt, im Zusammenspiel mit ihrer Bahnvermessung von der Erde aus. Nach dem Eintreffen am Mond soll die 82-tägige Mondvermessung nach der Einrichtung der idealen Orbits am 8. März beginnen und am 29. Mai enden, denn bis zur Mondfinsternis am 4. Juni, die wahrscheinlich zum Ausfall der Batterien führen wird, muss alles erledigt sein. Noch im selben Monat dürften die Satelliten schon auf den Mond aufschlagen – was zugleich den Anfang vom Ende der aktuellen Mondforschung der NASA markiert, denn konkret finanziert sind nur noch der Start des Staubforschers LADEE 2013 und eine Verlängerung für den Lunar Reconnaissance Orbiter. Da auf absehbare Zeit keine bemannten Mondmissionen geplant sind, müssen unbemannte Projekte künftig wieder gegen das gesamte Sonnensystem antreten.

■ Daniel Fischer

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

MERKUR:

Meister der

EXTREME

Messenger-Sonde sorgt für Überraschungen

VON LARS-C. DEPKA

Ouvertüre und Premiere zugleich: Zum ersten Mal in der Geschichte der Astronomie umkreist eine Sonde den innersten Planeten des Sonnensystems. Nach einer rund 7,9 Milliarden Kilometer langen Reise trat die NASA-Sonde »Messenger« (kurz für Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry and Ranging) am 18. März 2011 in einen elliptischen Orbit um den Planeten ein. Läuft alles nach Plan, wird sie sich dort für ein Erdjahr bzw. vier Merkurjahre oder zwei Merkurtage in einer Bahn aufhalten, die die Sonde zwischen 200km und 15000km an den Planeten heranbringt. Schon während der ersten drei im Rahmen der Annäherung durchgeführten Vorbeiflüge gelangen der Sonde bemerkenswerte Aufnahmen der Merkuroberfläche. Es waren die ersten detaillierten Informationen über Merkur, seit die NASA-Sonde Mariner 10 1974 und 1975 den Planeten passiert hatte.

Abb. 1: Auf den ersten Blick sieht Merkur dem Erdmond zum Verwechseln ähnlich, doch die beiden Himmelskörper haben nicht viel gemeinsam.

Obwohl Merkur auf dem ersten Blick vertraut und ein bisschen wie der Erdmond aussieht, wird durch die Messenger-Mission mehr und mehr klar: Merkur ist ein ungewöhnliches Mitglied der Planetenfamilie. Er ist nicht nur der kleinste Planet des Sonnensystems mit nur etwa 40% des Erddurchmessers. Er weist zudem auch nur wenig mehr als 5% ihrer Masse auf. Auf der anderen Seite besitzt er die höchste Dichte aller Planeten des Sonnensystems.

Obwohl noch keine zwölf Monate seit Ankunft von Messenger beim Merkur vergangen sind, hat sich ein überraschend hoher neuer Kenntnisstand um den innersten Planeten entwickelt. Soviel steht zum jetzigen frühen Missionszeitpunkt schon fest: Sowohl Physik als auch Chemie von Merkur unterscheiden sich in einigen Bereichen in ihrer Komplexität fundamental von bislang gängigen Annahmen. Wie sich zeigt, entpuppt sich Merkur mehr und

mehr zu einer eigenen Persönlichkeit, die viel über die Entstehungsgeschichte des Sonnensystems zu vermitteln weiß.

Umlauf und Rotation

Wieso dauert ein Merkurtag länger als ein Merkurjahr? Da Merkur der Sonne sehr viel näher als die Erde ist, benötigt er für einen Umlauf nur etwa 88 Tage. Zudem besitzt er eine langsame siderische Rotationsperiode, die erst mittels Einsatz des Arecibo-Teleskops und Radarmessungen zu 59 Tagen festgestellt werden konnte. Weil sich Merkur im selben Drehsinn um die Sonne wie um seine Achse dreht, ergibt sich aufgrund der Kopplung an eine 3:2-Resonanz eine Länge des Merkurtages (also der zeitliche Abstand zwischen zwei Sonnenaufgängen an einem beliebigen Punkt) von 176 Tagen – somit dauert der Tag viel länger als ein Merkurjahr. Die 3:2-Resonanz bedeutet in diesem Fall, dass drei siderische Merkurtage exakt zwei Umläufen um die Sonne entsprechen. Merkur ist das einzig bekannte Objekt im Sonnensystem mit einem entsprechenden Resonanzverhältnis (s. S. 16).

Vergleichbarer Aufbau

Terrestrische Planeten ähneln in ihrem Aufbau der Erde. Sie bestehen vollständig oder fast vollständig aus festen Bestandteilen und besitzen zumeist einen Schalenbau: Ein dichter Eisenkern ist umgeben von einem Mantel aus schweren Silikaten und Metalloxiden. Die Kruste besteht zu wesentlichen Teilen aus leichteren Silikaten, die im Vergleich zu den schweren Silikaten des Mantels einen herabgesetzten Schmelzpunkt aufweisen. Auf der Erde sind dies z.B. Quarz und Feldspäte. In einigen Fällen, übrigens auch außerhalb des Sonnensystems, schließt sich über der Kruste eine Atmosphäre an. Desweiteren ähneln Durchmesser und Masse, aber insbesondere auch die durchschnittliche Dichte der auch Gesteinsplaneten genannten Himmelskörper denen der Erde. Letztere bewegt sich grob bei $4\text{g/cm}^3 - 6\text{g/cm}^3$.

Historisch betrachtet gehören nur die vier Planeten des inneren Sonnensystems in die Gruppe der terrestrischen Planeten: Merkur, Venus, Erde und Mars. Im weiteren Sinne zählen mittlerweile allerdings – wenn auch keine Planeten – die ähn-

lich aufgebauten kleineren Himmelskörper Erdmond, die Jupitermonde Io und Europa sowie die größeren Eismonde wie Ganymed, Kallisto, Titan und Triton und auch wenige der bekannten Zwergplaneten dazu.

Heiße oder kalte Entstehung?

Nach gängiger Lehrmeinung sollte Merkur im heißesten und dichtesten Teil der präsolaren Gas- und Staubscheibe entstanden sein. Leichtere Elemente wie beispielsweise Schwefel hätten sich so auf dem Merkur nicht halten können. Neben dem Nachweis leichterer Elemente steht dieser »heißen« Entstehungstheorie auch das neu nachgewiesene Verhältnis des flüchtigen Kaliums zum nichtflüchtigen Thorium entgegen: Es ist größer als bei allen anderen terrestrischen Planeten, etwa so wie beim nach derzeitiger Lehrmeinung durch ein Impaktereignis entstandenen Erdmond. Das Kalium-Thorium-Verhältnis, der im Vergleich zur Erde etwa zehnfach höhere Schwefelanteil, sowie die durch Messenger nachgewiesenen Natrium-Anteile in der Atmosphäre sprechen in ihrer Gesamtbetrachtung derzeit klar für eine Welt, die keine heiße Entstehungsgeschichte hinter sich hat. So erscheint es also nach Messengers Messungen derzeit als sehr unwahrscheinlich, dass Merkur eine Art »Schlackeball« ist, der in der Nähe der Sonne so stark erhitzt wurde, dass alle flüchtigen Elemente verdampften. Die derzeit favorisierte Theorie zur Natur der Oberflächenchemie von Merkur geht dagegen davon aus, dass er einen großen Teil seines Gesteinsmantels bei einem Zusammenstoß mit einem anderen Himmelskörper verlor. Auf der anderen Seite allerdings sind zwei genau passende katastrophale Impaktereignisse, wie sie zur Entstehung des Erdmondes und des Merkur in seiner heutigen Form nötig gewesen wären, nicht sehr wahrscheinlich – oder aber die heutigen Vorstellungen zu den Bedingungen im solaren Urnebel sind nicht korrekt und die Abläufe der Planetenentstehung nicht ganz verstanden. Dies hätte weit reichende Konsequenzen auf zentrale Punkte der Merkurrevolution.

Der Kern

Die auffällig hohe Dichte von Merkur wurde schon lange als Indiz für das Vorhandensein eines übergroßen Eisenkerns angesehen. Aktuelle Strukturmodelle gehen von einem inneren Kern aus, der nicht weniger als 75% des planetaren Radius ausmacht. An der Gesamtmasse des Planeten

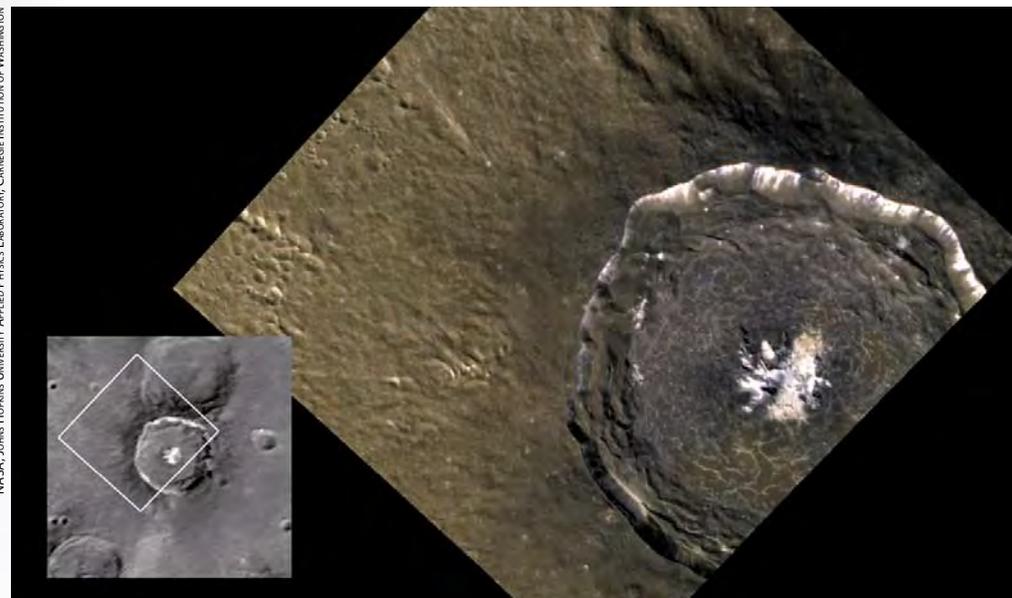


Abb. 2: Bildvergleich Mariner 10 (links) und Messenger: Nach einem Impakt verflüssigte Schmelzen bedecken den Boden des 52km großen Kraters Degas. Nach ihrem Auskühlen formten die Schmelzen die gut zu erkennenden unregelmäßigen Risse im Kraterboden.

ist der Kern vermutlich mit erstaunlichen 60% beteiligt, doppelt so viel wie bei der Erde. Erdgebundene Radarmessungen lassen zudem vermuten, dass der Kern entkoppelt von der Planetenkruste rotiert. Diese Situation ist nur möglich, wenn wenigstens Teile des äußeren Kerns angeschmolzen sind und somit wie ein Schmiermittel zwischen Kruste und Mantel wirken können. Seinen flüssigen oder angeschmolzenen Zustand kann ein Eisenkern aber nur dann halten, wenn er einen kleinen Anteil an leichteren Elementen, die den Schmelzpunkt substantiell herabsetzen, aufweist. Anderenfalls hätte sich, wie Simulationen zeigten, der Kern innerhalb der seit der Entstehung des Planetensystems vergangenen 4,55 Mrd. Jahre verfestigt, so wie es bei Mars mit allen katastrophalen Folgen geschehen ist. Offenkundig besitzt Merkur also einen zumindest teilweise flüssigen, überproportional großen Eisenkern.

Das führt geradewegs zu einer weiteren bedeutenden Frage: Warum haben sich bei dem kleinen Merkur die proportionalen Anteile seines Kerns und des Mantels so unterschiedlich entwickelt? Nach dem gängigen Modell der Planetenentstehung bildeten sich in einer präsolaren Urwolke aus Gas und Staub innerhalb einiger weniger 10000 Jahre erste solide Planetesimale (Planetenvorläufer) von Kilometergröße. Ist diese Größenordnung erreicht, setzt die gravitative Akkumulation ein: Die Planetenvorläufer ziehen sich aufgrund der eigenen Schwerkraft an, was zu einer wahren Wachstumsexplosion führt. Die Planetenembryonen erreichen auf diese Weise in einigen 100000 Jahren Merkurgröße. Wäh-

rend dieser Wachstumsphase erfahren die jungen Himmelskörper häufig beträchtliche Veränderungen in ihren Bahnparametern. Sollte sich die Einschätzung der Messergebnisse bewahrheiten, hat Merkur während seiner Wachstumsphasen womöglich Material aus den unterschiedlichsten Winkeln der Urwolke und somit aus weit entfernten Regionen des Sonnensystems aufgesammelt.

Ungewöhnlich geologisch aktiv

Merkur hat eine von starker vulkanischer Tätigkeit geprägte Vergangenheit. Die wie man jetzt weiß ungewöhnlich stark ausgeprägte geologische Aktivitätsphase des Merkur reichte von der Spätphase des Late Heavy Bombardment (LHB) bis in die zweite Hälfte der Sonnensystemgeschichte. In dieser Zeit der Entwicklung des Sonnensystems vor etwa 4,1 bis 3,8 Mrd. Jahren, stürzten zahllose große Asteroiden und andere Restkörper der Planetenbildung auf die noch jungen Planeten des inneren Sonnensystems und übten so einen großen Einfluss auf ihre Oberflächengestaltung und weitere Entwicklung aus. Darüber hinaus kann man mit einiger Sicherheit sagen, dass sich aufgrund des explosiven Vulkanismus jener Zeit die innere Zusammensetzung des Planeten zumindest lokal betrachtet, ganz wesentlich von den früheren Vermutungen unterscheidet. Der Grund hierfür liegt im zähflüssigen Magma des Planeteninneren, von dem man nach Auswertung der Messenger Daten annimmt, dass es einen unvermutet hohen Gasgehalt aufweist. Wenigstens äußere Teile des Kerns müssten sich demnach auch heute noch in flüssigem

Zustand befinden. Belege für diese Annahme liefern Aufnahmen der Sonde, die im Sommer des vergangenen Jahres veröffentlicht wurden.

Aktuelle Auswertungen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Bereich der Nordpolregionen konnten weit ausgreifende ebene Flächen nachweisen. Die hohen nördlichen Breiten des Planeten blieben nach dem Besuch der Mariner-sonde (NASA) weitgehend unerforscht, da Aufnahmen aus den Vorbeiflügen jener Zeit diese Gebiete nur aus ungünstigen Blickwinkeln zeigen konnten. Die aktuellen Aufnahmen aus der Umlaufbahn des Planeten hingegen bestätigen die Annahme, dass Vulkanismus bei der Formung der Planetenkruste eine wichtige Rolle spielt. Viele dieser Ebenen sind vulkanischen Ursprungs. Ihre Nähe zu relativ großen Impaktmerkmalen kann als gutes Indiz für die während der ersten Hälfte der Planetengeschichte stark ausgeprägte vulkanische Aktivität von Merkur gedeutet werden. Offensichtlich waren seinerzeit sowohl explosive als auch fließende (effusive) Ereignisse auf dem sonnennahen Planeten keine Seltenheit. Als jüngstes Beispiel der vulkanischen Aktivität wird ein auf Messenger-Bildern erkennbarer, etwa 95km großer Schildvulkan gedeutet. Er befindet sich im Caloris-Becken, dem jüngsten bekannten Einschlagkrater auf dem Merkur und ist mit einer Million Quadratkilometer rund dreimal so groß wie Deutschland. In dem Becken befinden sich zudem noch weitere kleinere Krater, die mit dunklem Gestein gefüllt sind. Auch hierbei wird vulkanischer Ursprung vermutet. Anders als indes bei solchem Gestein zu erwarten, enthält es sehr wenig

Eisen. Die Ebenen nehmen einen Großteil der Nordpolregion ein und erreichen an einigen Stellen Mächtigkeiten von mehreren Kilometern. Zur weiteren Analyse der vulkanischen Ablagerungen werden zukünftig vor allem die Daten des Spektrometers MASCS an Bord eine wichtige Rolle spielen. Zurzeit arbeitet das DLR in einem Hochtemperatur-Spektroskopie-Labor mit einer Reihe von Basalten, Feldspäten und schwefelhaltigen Mineralien, um deren Spektralwerte mit den Daten der Messenger-Mission zu vergleichen.

Höhen und Tiefen

Auf Aufnahmen der Messenger-Sonde sind wie ausgestanzt wirkende Vertiefungen in vielen Kratern erkennbar. Sie ähneln nichts Bekanntem auf Mond oder Merkur. Die Vertiefungen sind von mehreren hundert Metern bis zu einigen Kilometern groß. Häufig sind sie von hellem, stark reflektierendem Material umgeben. Messenger machte auch deutlich, dass die ungleichmäßigen Ablagerungen tatsächlich Ansammlungen von randlosen, irregulär geformten Gruben sind. Die Gruben sind oft von diffusen Höfen (Halos) stärker reflektierender Materials umgeben und werden mit Zentralbergen, Bergketten und Kraterändern in Verbindung gebracht. Über den genauen Ursprung der Strukturen wird derzeit noch debattiert, sie zeichnen sich aber nach allem was aktuell fest steht durch ihr relativ junges Alter aus, was darauf hindeutet, dass es mehr flüchtige Substanzen als vermutet in der Kruste des Planeten gibt. Solche auch Volatile genannten Substanzen, und hierbei vor allem Schwefel, könnten – so die

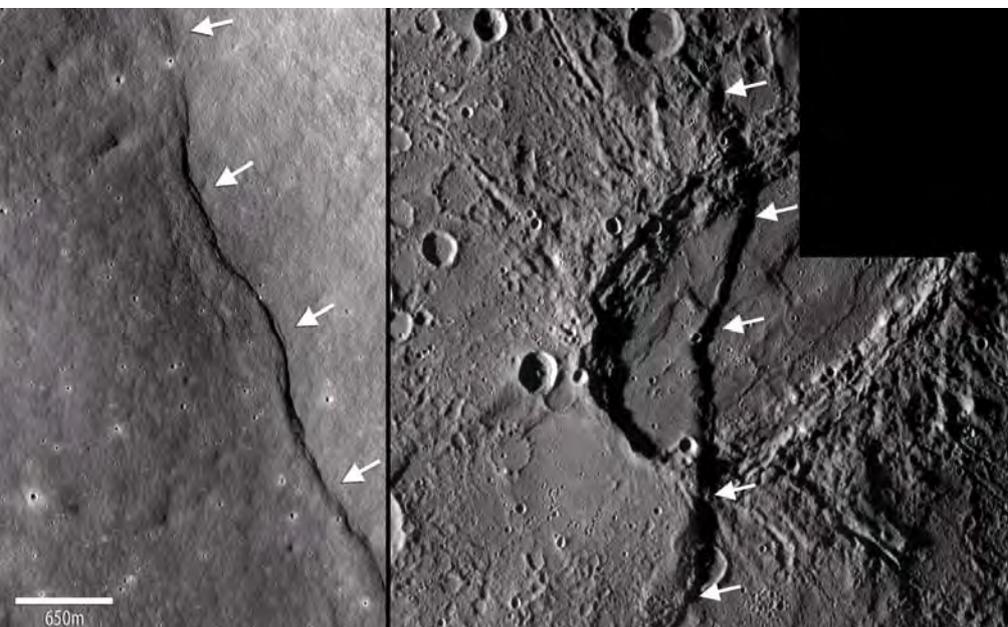
derzeit favorisierte Vermutung – durch die Oberfläche nach außen brechen und dabei die ungewöhnlichen Vertiefungen hinterlassen.

Besser verstanden sind dank Messenger inzwischen Oberflächenformationen, die es so nur auf Merkur zu beobachten gibt: Mehrere hundert Kilometer lange und bis zu 2km hohe Steilstufen. Sie werden als Rupes (lat. Böschung, Steilwand) bezeichnet und ziehen sich in sanften Windungen quer durch Ebenen und Krater. Es handelt sich bei ihnen um Überschiebungen der Kruste. Die dadurch seitlich versetzten Krater Teile zeigen an, dass sie auch horizontal gegeneinander verschoben wurden. Diese Überschiebungen sind durch Schrumpfung des gesamten Planeten entstanden. Zwischenzeitlich wird der Umfang der Schrumpfung auf etwa 100000km² abgeschätzt, was den Planetenradius um nicht weniger als 2km verringert hat. Als Ursache der Kontraktion wird die Abkühlung des Planeten im Anschluss an seine Entstehungsphase gesehen, in der Merkur ähnlich wie die Erde durch viele große Asteroideneinschläge bis zur Glutflüssigkeit aufgeheizt wurde. Neueste Veröffentlichungen von Höhenmessungen zeigen gar eine Gesamtbandbreite der topografischen Unterschiede von 9km vom tiefsten zum bis jetzt bekannten höchsten Punkt der Planetenoberfläche.

Das Magnetfeld

Viele der bekannten Planeten sind von einem schützenden Magnetfeld umgeben. In unserem Sonnensystem verfügen lediglich Mars und Venus nicht über ein solches. Die Magnetfelder unterscheiden sich in der Regel lediglich in ihrer Struktur und Stärke voneinander. Auch Merkur besitzt ein Magnetfeld und eine Magnetosphäre. Die Eigenschaften der verschiedenen planetaren Magnetfelder lassen sich gut mit der Dynamo-Theorie beschreiben: Sie entstehen durch Strömungen im elektrisch leitenden, flüssigen Kern. Nur Merkur widerspricht sich dieser Theorie. Sein Magnetfeld ist einhundert Mal schwächer als das der Erde, obwohl es vor dem Hintergrund seines überproportional großen Eisenkerns

Abb. 3: Beagle Rupes, benannt nach dem Forschungsschiff Beagle von Charles Darwin und dem lateinischen Wort Rupes für Felswand/Klippe, ist ein markantes Oberflächenmerkmal. Die Wand ist mehr als 600km lang und durchschneidet auf 120km Länge die Wälle und den Boden des Kraters Sveinsdöttir (links Detailaufnahme).



NASA, Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Carnegie Institution of Washington

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

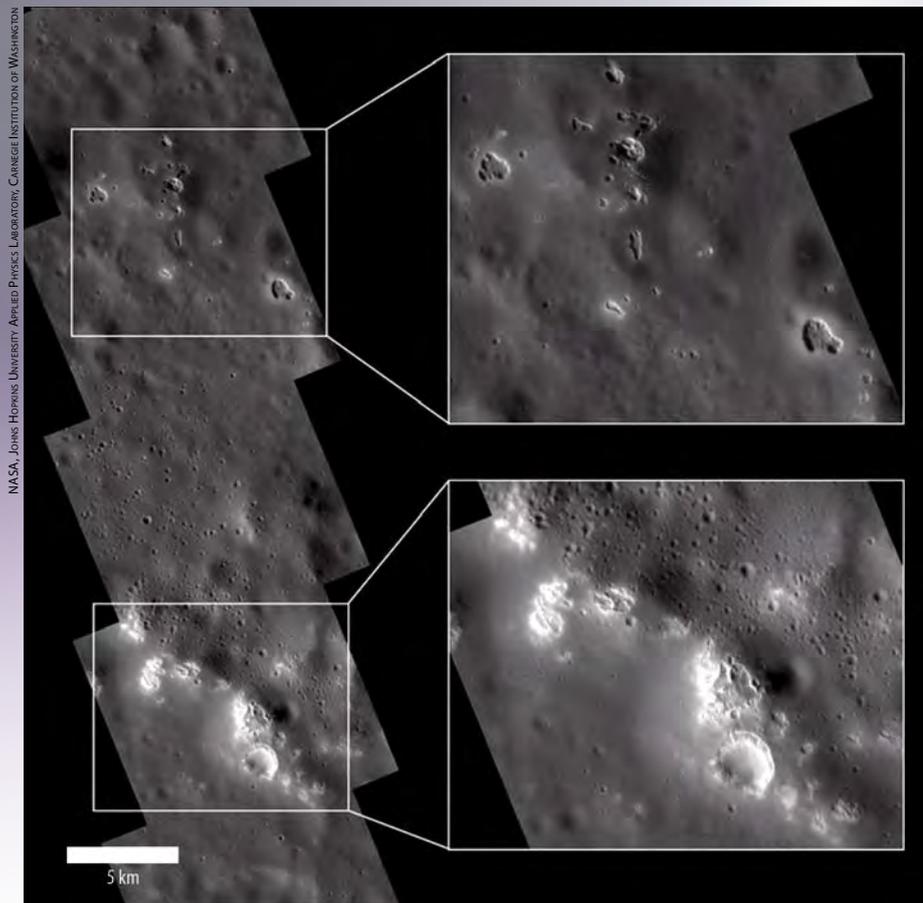


Abb. 4: Auch in südlicheren Breiten (hier 40° N) sind helle Flächen innerhalb von Kratern zu finden. Es sind randlose, unregelmäßige Gebiete, die zwischen hunderte von Metern und mehreren Kilometern groß sein können.

Volumen, über das sich Merkurs magnetisches Schild spannt – die Magnetosphäre – ist verhältnismäßig klein. Sie erstreckt sich, wie Messenger nachwies, lediglich über 40% des Planetenradius Richtung Sonne. Das bedeutet, sie endet in Sonnenrichtung bereits in ca. 1000km Höhe.

Aufgrund der großen Hitze und der geringen Anziehungskraft kann Merkur die Gasmoleküle einer Atmosphäre nicht lange halten, sie entweichen stets schnell ins All. Eine ursprüngliche Atmosphäre als Entgasungsprodukt des Planeteninneren ist dem Merkur daher längst verloren gegangen. Es existieren auch keine Spuren einer früheren Erosion durch Wind und Wasser. Wie schon erwähnt, führt die Nord-Süd-Asymmetrie des äußeren Kernbereichs des Planeten als ein Resultat zu einer unterschiedlich starken Ausprägung und Verteilung der Magnetfeldlinien – sie sind ein Maß für Stärke und Richtung des Feldes – um die Pole des Merkur, so dass ein flächenmäßig größeres Angriffsfeld des Sonnenwindes um die Südpolarregion entsteht. Unterstützt durch die deformierte Magnetosphäre können sich die geladenen Teilchen, die ebenfalls ein Magnetfeld mit sich führen, und die Feldlinien des interplanetaren Magnetfeldes mit denen des planetaren Magnetfeldes verbinden: Die Lücke in der magnetischen Abschirmung ist gerissen und der Einfallweg ist frei. Wie Messenger jetzt ebenfalls nachweisen konnte, stellt dieses Einfalltor für geladene Teilchen auch den Grund dar, warum der kleine Merkur trotzdem in der Lage ist, dauerhaft eine Atmosphäre zu halten: Die energiereichen Teilchen erreichen hier besonders gut und sehr viel ungehinderter die Planetenoberfläche und schlagen so einzelne Moleküle wie Sauerstoff, Natrium und Kalium aus dem Gestein, was zur Oberflächenerosion durch »Weltraumwetter« beiträgt. Die Merkur-»Atmosphäre« ist dünner als ein auf der Erde auch unter günstigsten Bedingungen

Surftipps

Homepage von Messenger:
messenger.jhuapl.edu

Homepage von Messenger (NASA):
www.nasa.gov/mission_pages/messenger/main/index.html

im Inneren eigentlich über etwa 30% der Erdmagnetfeldstärke verfügen müsste. Seit der Entdeckung seines Magnetfeldes durch Mariner 10 sind eine Vielzahl an Überlegungen zu dieser Eigenart angestellt worden. Über Form und Ausrichtung aber verriet die Mariner-Daten nichts, denn viel zu heftig waren seinerzeit die Turbulenzen durch starken Sonnenwind, denen Mariner 10 ausgesetzt war. Messenger indes profitierte bislang von der Ruhephase der solaren Aktivität, die störungsfreie Messungen ohne Turbulenzen ermöglichte. Und so überraschte ein weiterer Fund Messengers die Fachwelt: Der magnetische Äquator des Planeten ist gegen den geographischen beachtlich nach Norden verschoben. Das Magnetfeld von Merkur, so zeigen die Messenger-Daten, besitzt grundsätzlich zwar die gleiche Form wie das Erdmagnetfeld. Allerdings ist Merkurs Feld asymmetrisch: Auf der Nordhalbkugel ist es stärker ausgeprägt als auf der Südhalbkugel. Das am besten zu diesem Befund passende Modell sieht die Entstehung des Magnetfeldes nicht wie üblicherweise im Planetenzentrum vor. Vielmehr befindet sich der das Feld erzeugende Dynamo des Merkur 0,2 Planetenradien oder etwa 480km nördlich des Planetenkerns, was bedeutet, dass der geschmolzene äußere Kern, in dem das planetare Magnetfeld erzeugt wird, eine ausgeprägte Nord-Süd-Asymmetrie aufweist.

Wie das Erdmagnetfeld ist auch das von Merkur ständig dem Sonnenwind ausgesetzt. Aufgrund der Asymmetrie des Magnetfeldes ist Merkurs Südhemisphäre den Einwirkungen der energetischen Teilchen des Sonnenwindes sehr viel stärker ausgesetzt, als die Nordhalbkugel, eine im Hinblick auf die Atmosphäre des Merkurs nicht ganz unwesentliche Erkenntnis.

Sonnenwind verursacht Atmosphäre

Der Sonnenwind spielt wegen der Nähe von Merkur zur Sonne eine größere Rolle als bei der Erde. Dementsprechend größer ist auch der Einfluss, den der Sonnenwind auf das Magnetfeld von Merkur ausübt. Auf der Erde sind solche Wechselwirkungen in den Polargebieten durch die Polarlichter spektakulär zu beobachten. Aufgrund der relativen Stärke des Erdmagnetfeldes bleibt der Einfluss des Sonnenwindes aber in einem einigermaßen überschaubaren Rahmen. Anders ist die Situation auf Merkur: Erstens besitzt Merkur nur ein Magnetfeld, das etwa 1% der Stärke des Erdmagnetfeldes entspricht. Zweitens befindet er sich viel näher an der Sonne, so dass der Sonnenwind dort zehn Mal stärker weht als in Erdnähe. Dadurch übt der solare Wind einen ca. 1000-fach größeren Effekt auf Merkur aus. Mit entsprechenden Folgen: Das

NASA, JONAS HORVATH, UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY, CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON, PHOENIX ET AL., SCIENCE 321,69 (2008)

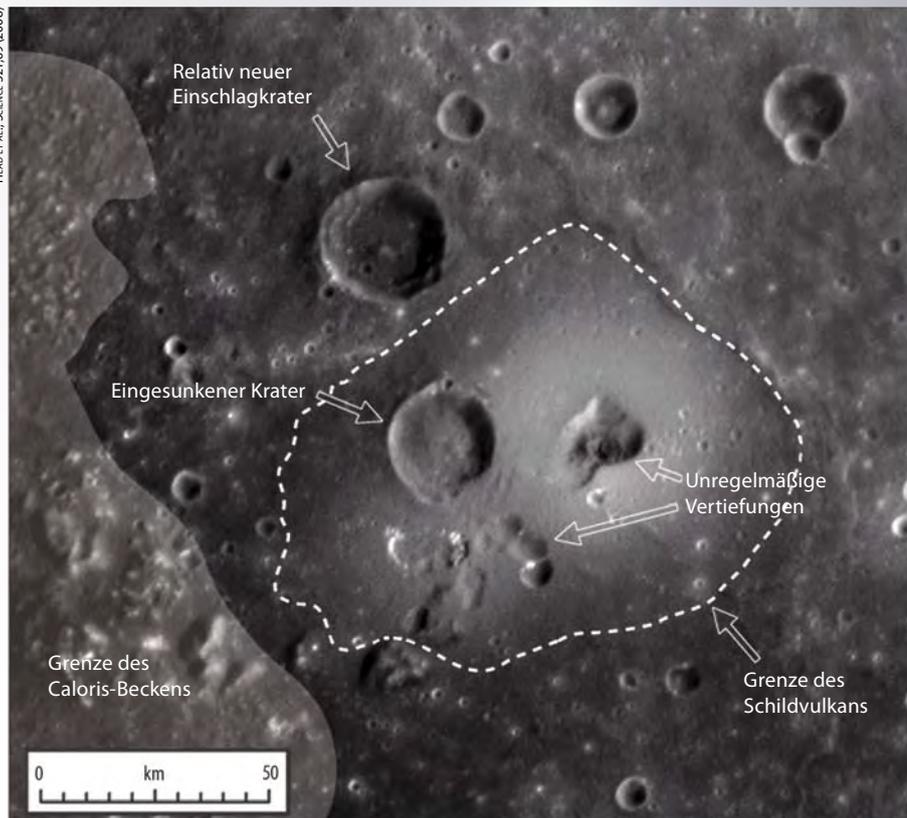


Abb. 5: Der größte bis dato entdeckte Vulkan auf Merkur. Die unregelmäßigen Vertiefungen werden als Austrittskrater der Lava interpretiert.

um 425°C bis hinunter zu Tiefstwerten von etwa -183°C. Die Entdeckung von radarellen Gebieten nahe der Merkurpole nährte in den 1990er Jahren die Annahme, dass sich dort auf der Oberfläche oder wenigstens oberflächennah in Einschlagkratern stabil Wassereis halten könnte. Die Böden der dortigen Impaktkrater befinden sich aufgrund der nahezu senkrechten Drehachse des Merkur in ewiger Dunkelheit, was die Temperaturen dort trotz der Sonnennähe dauerhaft so tief sinken lässt, dass Eis über Millionen oder gar Milliarden von Jahren stabile Vorkommen bilden kann. In diesen Gebieten ewiger Nacht sind permanente Temperaturen von -160°C möglich. Computermodelle lassen vermuten, dass das Wasser wohl durch die Einschläge von Meteoriten und weniger durch Kometen auf den Merkur gelangt ist. Doch auch hier sind alternative Entstehungsgeschichten denkbar. Die hohen Radar-Reflexionen können auch durch Metallsulfide oder durch die in der Atmosphäre nachgewiesenen Alkalimetalle oder andere Materialien verursacht werden. Besonders die Charakteristik und die Polarisation der Radarechos aber zeigt große Ähnlichkeit

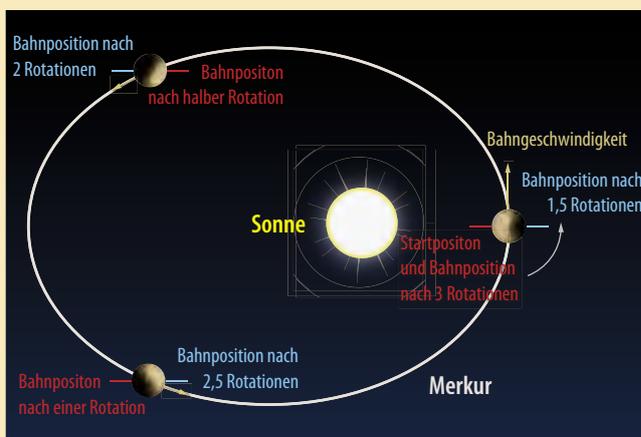
erreichbares Vakuum und bietet die gleiche freie Sicht in den Weltraum wie die Atmosphäre des Mondes. Die Gesamtmasse der kompletten Merkuratmosphäre beträgt nur etwa 1000kg. Die restlichen Bestandteile (Wasserstoff und Helium) der Merkuratmosphäre stammen direkt vom Sonnenwind.

Eis trotz 430°C?

Durch das Fehlen einer richtigen Gas-hülle, die für einen Temperatenausgleich sorgen würde, treten auf Merkur die größten Temperaturunterschiede zwischen der Tag- und Nachtseite im Sonnensystem auf: von Höchsttemperaturen

Wie kommt es zu einer Bahnresonanz?

In der Astronomie spricht man von Bahnresonanz, wenn die Umlaufzeiten zweier Himmelskörper gleich sind oder in einem Verhältnis kleiner ganzer Zahlen zueinander stehen. Auch Umlaufzeit und Rotationszeit eines Himmelskörpers können in Resonanz zueinander stehen. Bekanntestes Beispiel für letzteres ist der Mond. Seine Umlaufzeit um die Erde ist identisch mit seiner Rotationszeit (auch der Drehsinn ist derselbe), d.h. sie stehen im Verhältnis 1:1. Dies nennt man gebundene Rotation. Von der Erde erkennt man die gebundene Rotation des Mondes daran, dass er uns immer dieselbe Seite zuwendet. Kleinere Abweichungen resultieren daraus, dass die Mondbahn nicht kreisförmig, sondern elliptisch ist, und deshalb die Bahngeschwindigkeit nicht konstant ist.



S. FRIEDRICH, INTERSTELLARUM

3:2-Resonanz zwischen Rotationszeit und Umlaufzeit bei Merkur. Wenn der Planet einmal die Sonne umkreist hat, hat er sich genau anderthalb Mal um seine eigene Achse gedreht. Erst nach drei Rotationen steht für einen Beobachter auf dem Merkur die Sonne wieder im Zenit.

Wenn die Rotationsperioden zweier sich umkreisender Himmelskörper identisch mit ihrer Bahnperiode sind, spricht man von Korotation. Zwei Himmelskörper in Korotation wenden sich gegensei-

tig immer dieselbe Seite zu. Im Sonnensystem sind Pluto und sein Mond Charon ein Beispiel dafür: Charon ist nur von einer Seite Plutos zu sehen und umgekehrt Pluto nur von einer Seite Charons.

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

mit schon bekannten Wassereisvorkommen einiger Eissatelliten der Gasriesen des Sonnensystems oder auch der Südpolarkappe des Mars. Eine zweite Alternative sieht den Grund für die hellen Gebiete auf den Radarbildern nicht in dem Vorhandensein von Wassereis, sondern erkennt in den hellen Flecken den Beweis für eine ungewöhnlich raue Oberflächenstruktur. Eine endgültige Beweisführung wird sich nur schwer führen lassen. Die Ablagerungen sind in ihrer Größe so klein, dass sie aus dem Messenger-Orbit heraus nur schlecht aufzulösen sind. Darüber hinaus sind sie vermutlich unter einer dünnen Schicht von Oberflächenmaterial verborgen. Dennoch haben die Höhenmessungen, die die Sonde im Mai mittels des Mercury Laser Altimeter Instruments für die Nordhemisphäre des Planeten durchführte bewiesen, dass einige der Kraterböden um den Nordpol tief genug liegen, um in ihnen ewige Dunkelheit und klirrende Kälte herrschen zu lassen. Die Position dieser Krater stimmt gut mit den schon länger bekannten auffällig hellen Radarflecken überein, die von manchem jetzt noch mehr als zuvor, als Eisvorkommen gedeutet werden.

Zukünftige Merkurforschung

Messenger macht bei dem Versuch der Erlangung eines globalen Blicks auf den

Abb. 6: Die hellen Strahlen auf dem Boden eines verwitterten Kraters stammen von einem jüngeren, westlich gelegenen Einschlag. Ein Teil seines Auswurfmaterials regnete inmitten des 170km großen Kraters in der Bildmitte zurück auf die Oberfläche.

Planeten erst den Anfang. Viele der früheren Ideen zu Merkur werden, wie sich zeigt, bereits zum jetzigen frühen Missionszeitpunkt ins Abseits gestellt, weil neue Beobachtungen zu neuen Einsichten führen. Weniger als eine Dekade nach Messenger soll nach den Plänen der europäischen und japanischen Raumfahrtagenturen die Doppelsonde »BepiColombo« die Untersuchung des innersten Planeten fortführen. Bis dahin besteht die Gelegenheit, genaueres über die Zusammensetzung der Oberfläche oder der Geometrie des planetaren Magnetfeldes zu erfahren. Und man kann weitere Überraschungen erwarten, wenn der sonnennächste Planet seine lang behüteten Geheimnisse preisgibt.



NASA, JONES HOWARD UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY, CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

- [1] Dunne, J. A., Burgess, E.: The Voyage of Mariner 10: Mission to Venus and Mercury, NASA SP-424, NASA Scientific and Technical Information Office, Washington, DC (1978)
- [2] Solomon, S. C. et al.: MESSENGER Mission Overview, Space Sci. Rev. 131, 3 (2007)
- [3] Benkhoff, J. et al.: BepiColombo—Comprehensive exploration of Mercury: Mission overview and science goals, Planet. Space Sci. 58, 2 (2010)
- [4] Boynton, W. V. et al.: MESSENGER and the Chemistry of Mercury's Surface, Space Sci. Rev. 131, 85 (2007)
- [5] Slavin, J. A. et al.: MESSENGER Observations of Extreme Loading and Unloading of Mercury's Magnetic Tail, Science 329, 665 (2010)

von Peter und Susanne Friedrich

ASTROWISSEN

Ursache solcher Resonanzen ist die gegenseitige Anziehungskraft, die die Körper aufeinander ausüben. Die Anziehungskraft der Erde ist auf der Vorderseite des Mondes stärker als auf der Rückseite, wodurch die Vorderseite stärker angezogen wird als die Rückseite. Diese Differenz nennt man Gezeitenkraft. Sie sorgt dafür, dass der Mond entlang der Verbindungslinie elliptisch verformt wird und sowohl auf der Mondvorder- als auch auf der Mondrückseite ein Gezeitenberg entsteht. Rotierte der Mond schneller, würden sich die Gezeitenberge aus der Verbindungslinie zwischen Erde und Mond wegdrehen und dabei ein klein wenig von der Anziehungskraft der Erde zurückgehalten. Über Jahrmillionen hinweg wurde auf diese Weise tatsächlich eine schnellere Rotation des Mondes abgebremst. Bei diesem Prozess bleibt der Gesamtdrehimpuls, der sich aus dem Bahndrehimpuls um den ge-

meinsamen Schwerpunkt und dem Eigendrehimpuls (Rotation) zusammensetzt, im System Erde-Mond erhalten. Wenn also der Eigendrehimpuls abnimmt, muss im Gegenzug der Bahndrehimpuls zunehmen: Der Bahnradius nimmt zu, d.h. der Mond entfernt sich von der Erde.

Natürlich übt auch der Mond auf die Erde Gezeitenkräfte aus. Aufgrund seiner wesentlich kleineren Masse sind sie jedoch beträchtlich geringer, so dass die Rotation der Erde sich noch nicht an die Umlaufzeit angeglichen hat. Könnten Erde und Mond noch einige hundert Milliarden Jahre zusammen bleiben, würde auch die Erde so weit abgebremst, dass sie dem Mond immer dieselbe Seite zuwendet – der Zustand der Korotation wäre erreicht.

Merkur zeigt eine Variation der gebundenen Rotation. Seine Umlaufperiode steht zur Rotationsperiode im Verhältnis 3:2! Während seines 88-tägigen Umlaufs

um die Sonne dreht sich Merkur genau anderthalb Mal um seine Achse, nach zwei Umläufen also genau dreimal. Der Grund für die 3:2-Resonanz ist, dass im Perihel die Winkelgeschwindigkeiten der Rotation und der Bahnbewegung gleich groß sind, so dass in diesem Bahnbereich eine gebundene Rotation vorliegt. Da gerade im Perihel die Gezeitenkräfte der Sonne am größten sind, wird die Resonanz stabilisiert. Deutlich exzentrische Umlaufbahnen sind für solche Resonanzen begünstigt, da sich die Abstände zur Sonne im Perihel und Aphel und damit auch die Gezeitenkräfte deutlich unterscheiden. Auch sind die Bahngeschwindigkeiten in Perihel und Aphel dann so unterschiedlich, dass sich keine echte gebundene Rotation ausbilden kann.

- [1] Bennet, J., et al.: Astronomie – Die kosmische Perspektive, 5. Auflage, Pearson Studium, München (2010)

Himmelsereignisse im Dezember/Januar 2012

Mondfinsternis am Nachmittagshimmel

Totale Mondfinsternis am 10. Dezember

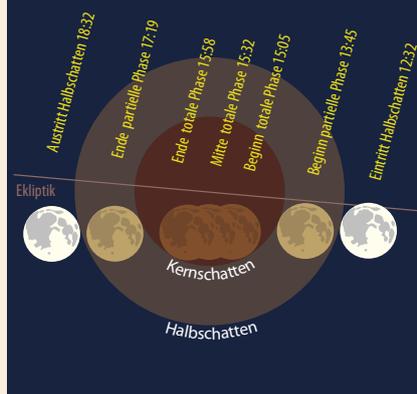


MARIO WEIGAND

Wenn der Mond am 10. Dezember auf-
geht, ist meist bereits das Ende der Totalität erreicht.

Die zweite totale Mondfinsternis des Jahres 2011 können wir am 10. Dezember erleben – zumindest theoretisch. Praktisch beginnt die Totalität zu einem Zeitpunkt, zu dem die Sonne etwa 15° über und der Mond entsprechend noch 15° unter dem Horizont steht. Der Mond geht je nach Beobachtungsort erst gegen 16:00 MEZ über dem Nordost-Horizont auf und ist dabei schon wieder teilweise aus dem Kernschatten herausgetreten, denn bereits 15:57 MEZ ist das Ende der Totalität erreicht. Einzig und allein Beobachter im äußersten Nord-

Totale Mondfinsternis am 10.12.2011



INTERSTELLARIUM, GASPARINI

osten Deutschlands haben zumindest eine theoretische Chance, den komplett verfinsterten Mond in einer Höhe von rund 1° über dem Horizont zu sehen, wenn sie eine freie Horizontsicht

und erstklassige Durchsicht an ihrem Beobachtungsort haben. Bis 17:18 MEZ bleibt dann allerdings noch Zeit, um zumindest die partielle Phase zu beobachten. Der Mond steigt dann immerhin rund 5° bis 10° über den Osthorizont.

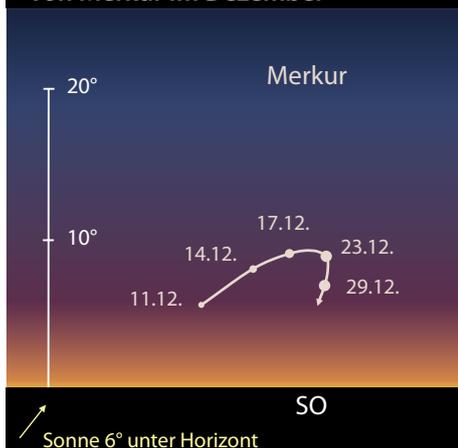
Sollte diese Finsternis wegen der fehlenden Horizontsicht, des falschen Beobachtungsortes oder des doch unbeständigen Wetters zu dieser Jahreszeit verfehlt werden, so müssen wir uns bis zur nächsten totalen Mondfinsternis noch geraume Zeit gedulden: Erst am 28. September 2015 streift der Erdschatten wieder komplett über den Mond und kann dann auch in Mitteleuropa unter etwas besseren Bedingungen (Totalität vor Monduntergang) beobachtet werden.

■ André Knöfel

Daten zur Mondfinsternis vom 10.12.2011

Ort	Mondaufgang (oberer Mondrand mit Refraktion)	Ende Totalität 15:58 MEZ: Höhe Mondmitte über Horizont	Ende partielle Phase 17:19 MEZ: Höhe über Horizont
Bonn	16:26 MEZ	-4,1°	6,0°
Hamburg	15:59 MEZ	-0,8°	9,0°
Nürnberg	16:16 MEZ	-3,0°	7,8°
Potsdam	15:53 MEZ	-0,2°	10,1°
Wien	16:00 MEZ	-1,0°	10,5°
Zürich	16:36 MEZ	-5,6°	5,4°

Morgensichtbarkeit von Merkur im Dezember



INTERSTELLARIUM, GASPARINI

Merkur am Morgenhimmel

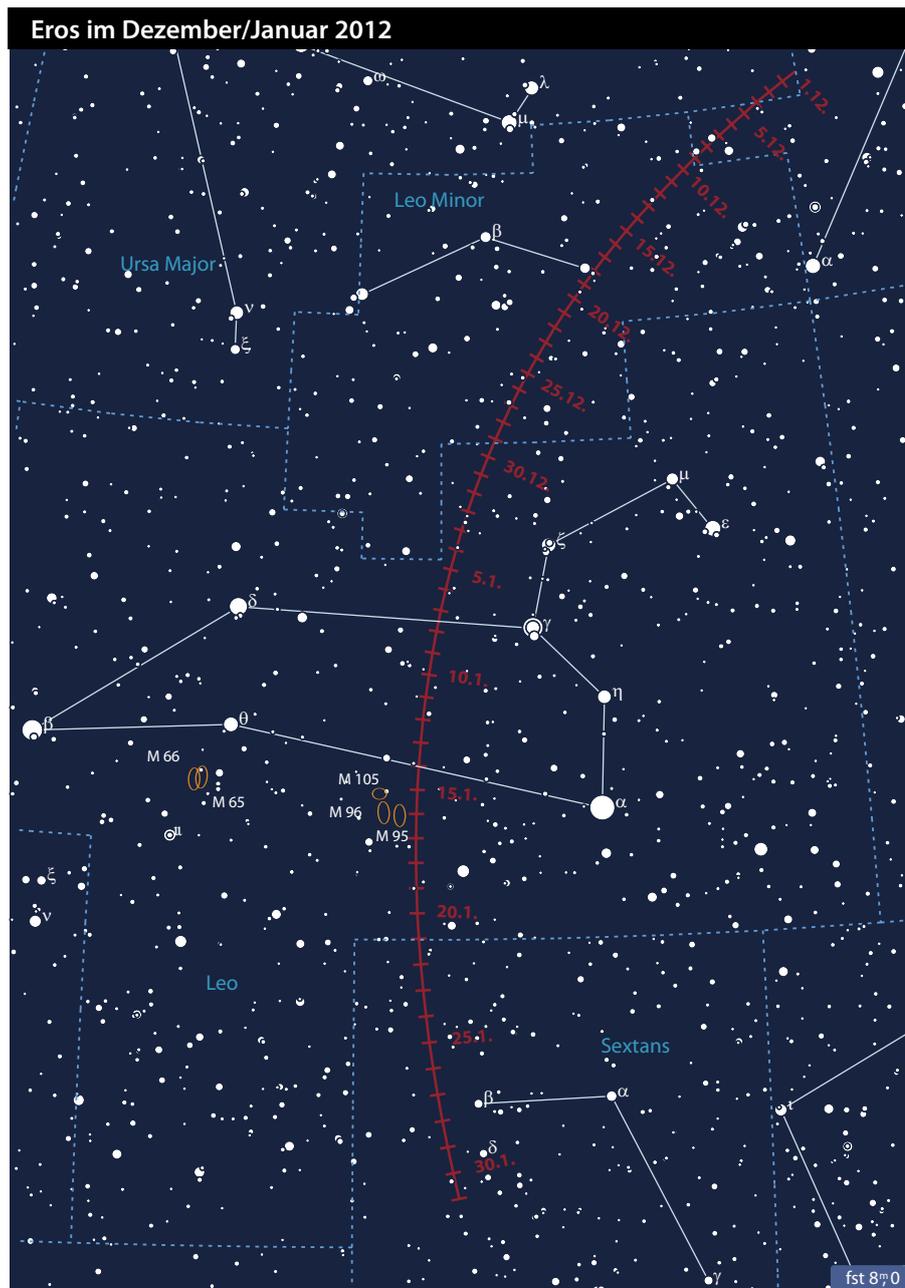
Die dritte Morgensichtbarkeit von Merkur im Jahr 2011 kann in der zweiten Dezemberhälfte beobachtet werden. Die größte westliche Elongation mit 21,8° erreicht Merkur am 23. Dezember. Dabei geht der sonnennächste Planet gut zwei Stunden vor der Sonne auf. Seine Helligkeit erreicht Mitte Dezember 0^m2 und steigert sich auf -0^m4 zum Zeitpunkt der größten Elongation. Durch die Neigung der Ekliptik im Dezember steigt Merkur allerdings nur wenig über den Südost-Horizont. So kann Merkur

am 23. Dezember zum Beginn der bürgerlichen Dämmerung (Sonne 6° unter dem Horizont) in Norddeutschland etwa 8° und in der Schweiz und Österreich etwa 10° über dem Horizont gesichtet werden. Selbst bei klarem Himmel wird so wahrscheinlich ein Fernglas nötig sein, um den innersten Planeten zu erspähen. Knapp 4° unterhalb von Merkur kann man auch versuchen, die ganz schmale abnehmende Mondsichel zu erspähen. Sie ist nur noch zu 3% erleuchtet.

■ André Knöfel

Eros in Erdnähe am 31. Januar

Venus trifft Neptun am 13. Januar



Als Gustav Witt und Felix Linke am 13. August 1898 an der Urania-Sternwarte in Berlin den Kleinplaneten (433) Eros entdeckten, war dies der erste bekannte Kleinplanet, dessen Bahn der Erde nahe kam. Die Bahn von Eros kreuzt allerdings nicht die der Erde, da seine Bahnhalbachse etwas größer als die der Erdbahn ist.

Ende Januar 2012 wird Eros wieder in Erdnähe gelangen. Der minimale Abstand von 0,17867AE (das entspricht einer fast 69-fachen Mondentfernung) zur Erde wird am 31. Januar erreicht. Seit seiner Entdeckung ist dies nach 1931 und 1975 der nächste Vorbeiflug mit einem Abstand von kleiner 0,2AE und wiederholt sich erst 2056 bzw. 2093 wieder. Die Opposition findet hingegen erst am 1. März statt. Seine Entfernung beträgt dann bereits wieder 1,18AE bei einer Helligkeit um 9^m.

Eros' Helligkeit steigt von 10^m1 Anfang Dezember auf 9^m0 zum Jahreswechsel, um Ende Januar mit 8^m1 seine größte Helligkeit zu erreichen. Zu diesem Zeitpunkt kulminiert (433) Eros kurz nach Mitternacht in einer Höhe zwischen 31° (Norddeutschland) und 37° (Österreich/Schweiz)

Da Eros mit einer unregelmäßigen Form (33km × 13km × 13km) aufwartet und dabei in 5h 16min einmal um seine Achse rotiert, schwankt auch seine Helligkeit, so dass es eine lohnende Beobachtungsaufgabe ist, den Lichtwechsel zu dokumentieren.

In der Nacht vom 15. auf den 16. Januar zieht Eros rund 45' westlich an M 95 vorbei und ist dann ein lohnendes Objekt für Astrofotografen.

■ André Knöfel

Mitte Januar zeigt sich der Planet Neptun mit einer Helligkeit von nur +8^m0 im Sternbild Wassermann in der Nähe des Sternes ι Aqr. Ohne optische Hilfsmittel ist der 49000km große Gasplanet nicht sichtbar. Der äußerste Planet unseres Sonnensystems ist zugleich auch der schwächste. Im Januar bekommt nun dieser einsame Wanderer Besuch von dem hellsten Planeten am Sternhimmel, der Venus. Der innere Planet bewegt sich in den Abendstunden des 13.1. in rund 1° Abstand südöstlich an dem viermal so großen Neptun vorbei, ist aber durch seine Entfernung zur Erde von nur 182 Mio. Kilometern mit -4^m0 rund 60000-mal heller als der Außenposten des Sonnensystems, der gut 4,6 Mrd. Kilometer von uns entfernt seine Bahn zieht. Scheinbar ist Venus mit fast 14" jedoch viel größer als Neptun, der es nur auf 2,4" bringt. Eine Herausforderung für Fotografen wäre, das ungleiche Paar bei dieser Begegnung trotz des enormen Helligkeitsunterschiedes auf eine Aufnahme zu bannen.

■ André Knöfel

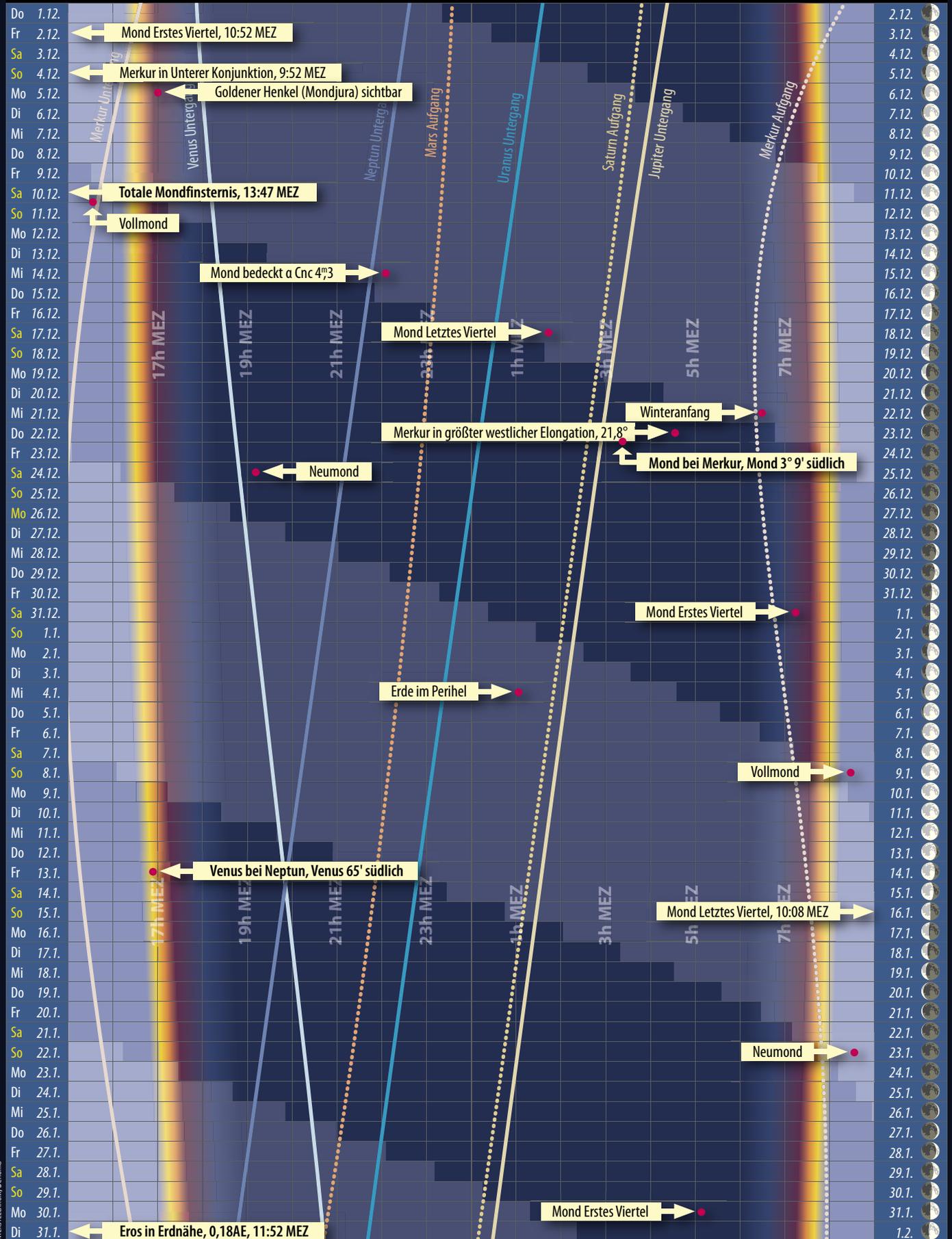
Astronomische Ereignisse im Dezember/Januar 2012

2.12.	10:52 MEZ	Mond Erstes Viertel
4.12.	9:52 MEZ	Merkur in Unterer Konjunktion
5.12.	17:00 MEZ	Goldener Henkel (Mondjura) sichtbar
10.12.	13:47 MEZ	Totale Mondfinsternis
10.12.	15:36 MEZ	Vollmond
14.12.	22:08 MEZ	Mond bedeckt a Cnc 4 ^m 3
18.12.	1:48 MEZ	Mond Letztes Viertel
22.12.	6:30 MEZ	Winteranfang
23.12.	4:35 MEZ	Merkur in größter westlicher Elongation, 21,8°
23.12.	3:18 MEZ	Mond bei Merkur, Mond 3° 9' südlich
24.12.	19:06 MEZ	Neumond
1.1.	7:14 MEZ	Mond Erstes Viertel
5.1.	1:02 MEZ	Erde im Perihel
9.1.	8:30 MEZ	Vollmond
13.1.	16:54 MEZ	Venus bei Neptun, Venus 65' südlich
16.1.	10:08 MEZ	Mond Letztes Viertel
23.1.	8:39 MEZ	Neumond
31.1.	5:10 MEZ	Mond Erstes Viertel
31.1.	11:58 MEZ	Eros in Erdnähe, 0,18AE

Zeiten bezogen auf die Mitte des deutschen Sprachraums (Nürnberg)

Das Sonnensystem im Dezember/Januar 2012

Dämmerungsdiagramm im Dezember/Januar 2012



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

Der Lauf der Planeten im Dezember 2011



morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

abends sichtbar

Der Lauf der Planeten im Januar 2012

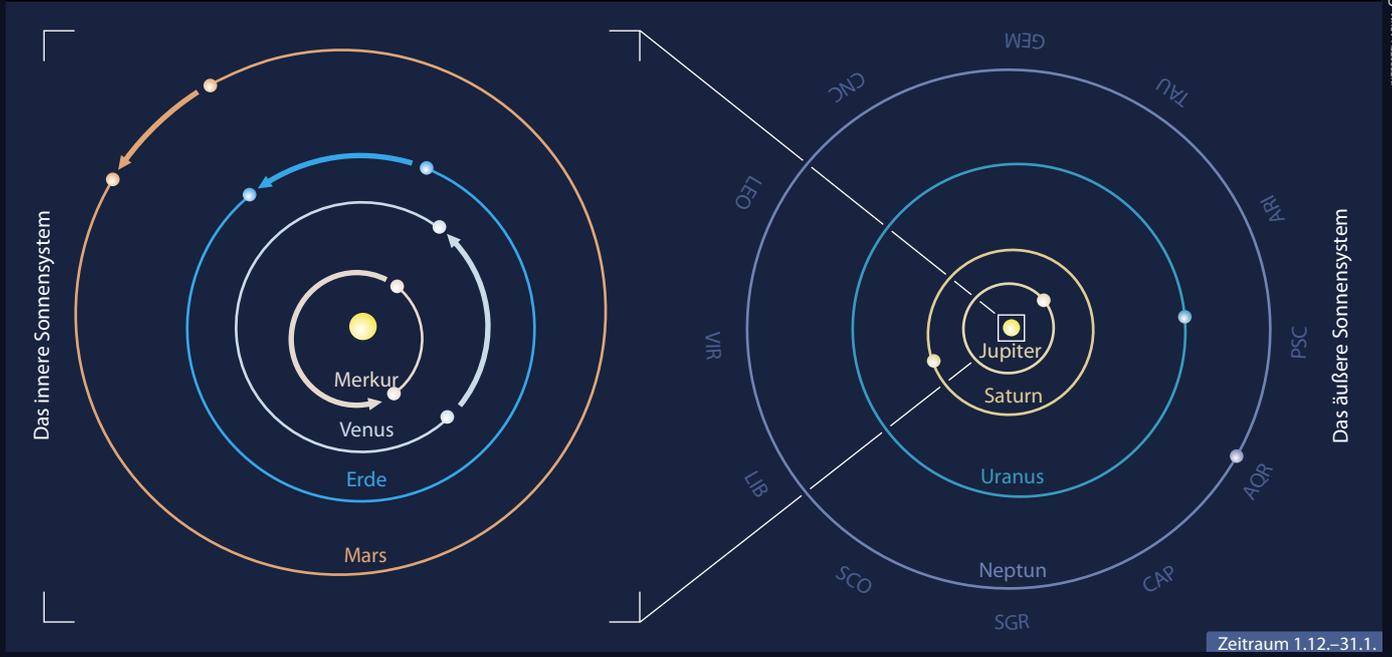


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

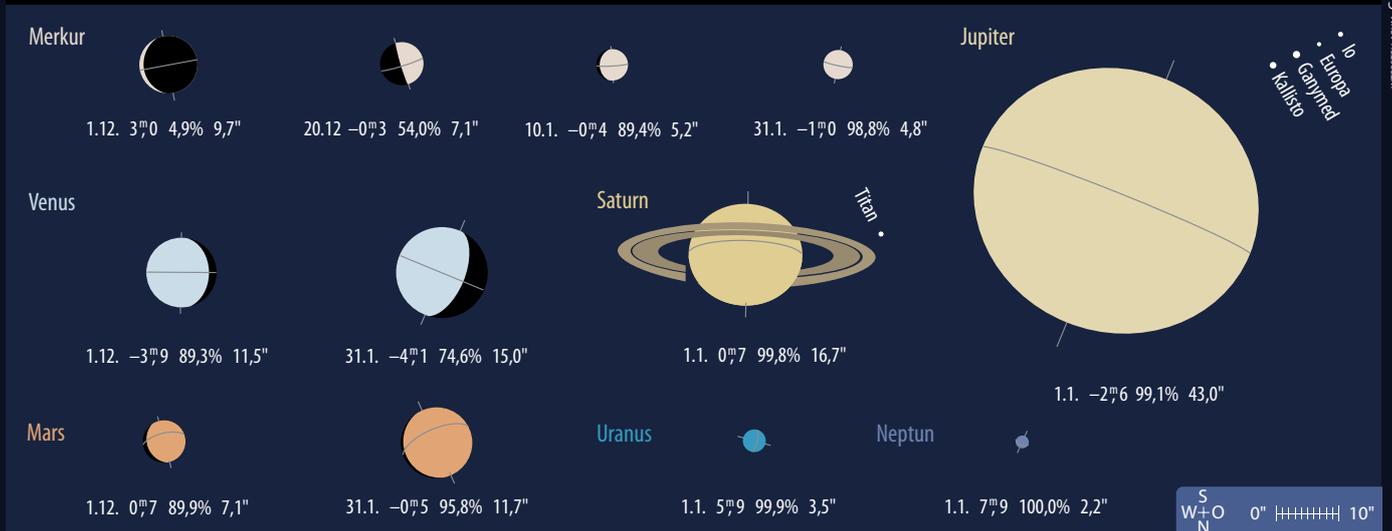
abends sichtbar

Die Planeten auf ihren Bahnen im Dezember/Januar 2012



Zeitraum 1.12.–31.1.

Die Planeten im Fernrohr im Dezember/Januar 2012



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

Sonne aktuell **Ganz leichter Anstieg**

Relativzahlen und Flecken mit bloßem Auge

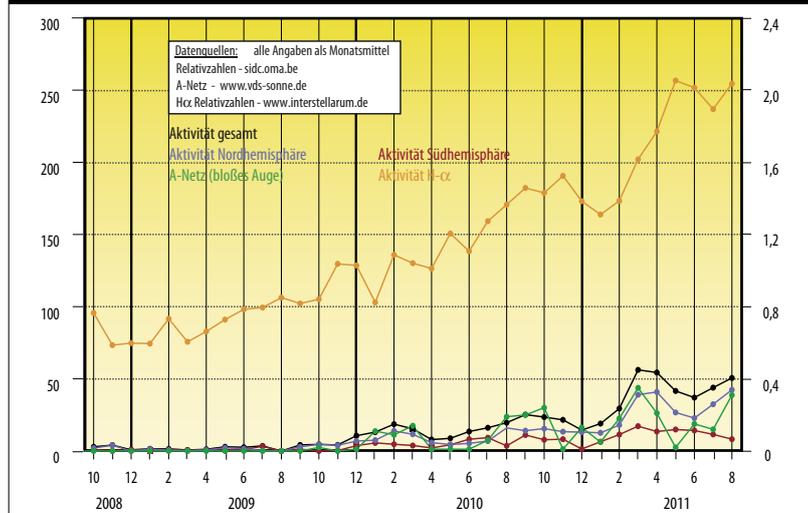


Abb. 1: Aktivitätsgebiete AR11263 und AR11261 am 3.8.2011. AR11261 lieferte am 2. und 3. August drei M- und sechs C-Klasse-Flares. Die Aufnahme zeigt einen C1-Flare. CCD-Aufnahme, 8:48 MESZ, 4"-Refraktor, DMK31AF03.AS, Ha-Filter. *Ralf Gerstheimer*

Das Wechselspiel zwischen hoher und niedriger Sonnenaktivität setzte sich auch in den Monaten Juli und August fort. Dennoch konnte in beiden Monaten ein leichter Anstieg verzeichnet werden, der eher aus einer größeren Anzahl von Fleckengruppen, als durch ihre höheren Entwicklungsstufen resultierte.

Durfte man nach dem Aktivitätsanstieg Ende Juni, der sich nur bis in die ersten Tage des Juli hinein fortsetzte, noch auf eine dauerhafte Zunahme der Zahl hoch entwickelter Sonnenfleckengruppen hoffen, so erwies sich das als trügerisch, denn es blieb beim bisherigen Bild: Nach einem Aufschwung folgte binnen kurzem wieder ein fast totaler Absturz. So nahm Anfang Juli die Zahl der Gruppen weiter ab und auch die Entwicklung dieser Gruppen war rückläufig, bis sie schließlich am Westrand der Sonne verschwanden. Nur wenig entwickelte kleinere Aktivitätsgebiete rotierten um den Ostrand oder bildeten sich auf der erdzu-gewandten Seite, die sich oft aber schon ein bis zwei Tage später wieder auflösten.

Große Fackelfelder am Sonnenrand ließen unterdessen immer wieder auf neue, spektakuläre Gruppen hoffen, sind aber ohnehin nur als schwacher Indikator für die Vorhersage geeignet, denn sie kündigen manchmal neue Fleckengruppen an, müssen das aber nicht.

Mitte Juli waren teilweise sieben Fleckengruppen gleichzeitig auf der Sonne zu finden, von denen sehr viele den Waldmeierklassen A und B angehörten, die von unerfahrenen oder unkonzentrierten Beobachtern leicht überse-

hen wurden. Schlechte Beobachtungsbedingungen taten ein Übriges, um die Sichtbarkeit kleiner, nur wenige Bogensekunden großer Einzelflecken zusätzlich zu erschweren.

Die nächsten wirklich großen Fleckengruppen wurde erst gegen Ende des Monats Juli auf der Nordhalbkugel der Sonne gesichtet, als gleich drei Aktivitätsgebiete hintereinander beachtliche Größen erreichten und auch mit bloßem Auge (mit geeignetem Filter!) zu sehen waren. Als sie sich dann, nach stürmischer und binnen Stunden sichtbarer Entwicklung, dem Westrand näherten, kamen wieder nur kleine Gruppen nach und am 14. August war die Sonne zum ersten Mal in diesem Jahr völlig fleckenfrei. Danach erschien noch eine über die nördliche Hemisphäre wandernde E-Gruppe, in der am 22. August rund 50 Einzelflecken gezählt werden konnten – zum ersten Mal in diesem 24. Sonnenfleckenzyklus.

Die drei großen Gruppen im August führten auch zu einer deutlich gestiegenen Aktivität in der Chromosphäre: Während im Vormonat nur ein M-Flare beobachtet werden konnte, waren es dann fünf sowie ein X6/2b-Flare. Beim Sonnensatellit STEREO-A (Solar TERrestrial RELations Observatory) kam

aber nur ein schwacher koronaler Massenauswurf (CME) an: Für ein Polarlicht, wie in der Nacht vom 5. auf den 6. August (das durch gleich drei heranrasende CMEs verursacht wurde) reichte es dieses Mal nicht.

Die Prognose zum Sonnenfleckenmaximum stagniert seit Monaten und auch die letzte Vorhersage des Marshall Space Flight Center der NASA vom 2.8.2011 sagt den Juni 2013 als Höhepunkt voraus, mit einer ebenfalls seit Monaten gleichen gemittelten Relativzahl von 69.

■ Manfred Holl

Surftipps

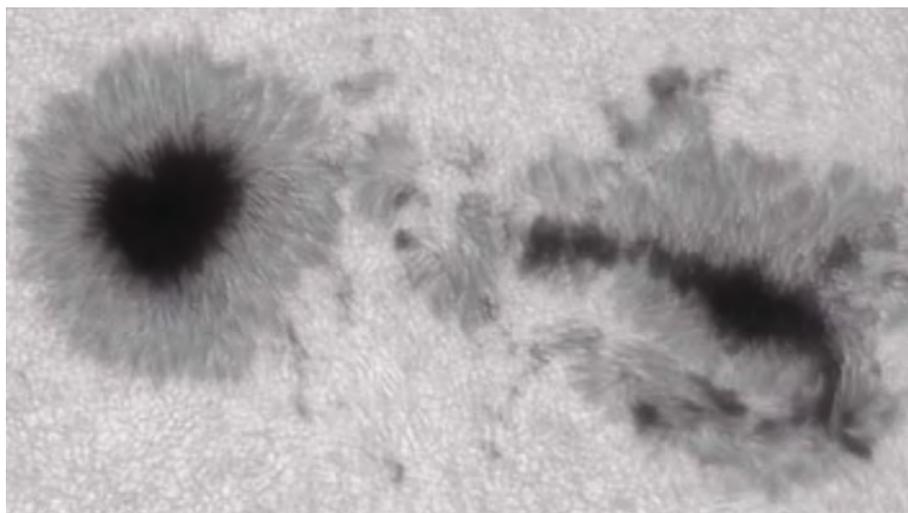
Der ACE-Satellit:

www.srl.caltech.edu/ACE

Die STEREO-Satelliten:

www.nasa.gov/mission_pages/stereo/main/index.html

Abb. 2: Fleckengruppe AR11263 am 2.8.2011. CCD-Aufnahme, 11:33 MESZ, 20"-Newton bei 4800mm, DMK21AU04.AS, Baader Filterfolie ND3 und Astronomik G-Filter. *Thomas Winterer*



Planeten aktuell Mars im Fokus

Der Rote Planet bereichert endlich wieder unseren Himmel. Jetzt schon in der zweiten Nachthälfte sichtbar, wird Mars am 3. März seine Oppositionsstellung erreichen und damit nach mehr als zwei Jahren wieder für Amateurbeobachter im Mittelpunkt stehen. Jedoch überholt die Erde auf der Innenbahn den Mars fast genau zu dem Zeitpunkt, an dem er am weitesten von der Sonne entfernt steht. Es handelt sich daher um die fast exakt ungünstigste Variante einer Aphel- Opposition.

Die unterschiedliche Charakteristik der Marsoppositionen sind der exzentrischen Marsbahn zu verdanken. Während zur Jahrtausendopposition 2003 mit 56 Mio. km nahezu der geringstmögliche Abstand des Roten zum Blauen Planeten erreicht wurde, sind die 101 Mio. km im März 2012 fast der größtmögliche Abstand, den Mars zur Opposition von der Erde haben kann. Schuld daran ist das gleichzeitig mit der Opposition stattfindende Aphel des Planeten, der sich am 3.3.2012 nur 8° von diesem fernsten Bahnpunkt entfernt befindet.

Fahrplan für die Marsopposition 2012			
Datum	scheinbare Größe	Ls	De
17.12.	8"	44°	24°
13.1.	10"	56°	23°
3.2.	12"	65°	22°
5.3.	13,9"	79°	22°
7.4.	12"	94°	22°
30.4.	10"	104°	23°
29.5.	8"	117°	25°

Ls: planetozentrische Länge der Sonne,
De: Deklination der Erde am Marshimmel

Für Amateurbeobachter maßgeblichste Folge einer solchen Aphel- Opposition ist das kleine Planetenscheibchen: Mit 13,9" erreicht es 2012 nur sehr bescheidene Ausmaße – das Marsscheibchen würde selbst bei dieser maximalen Größe bequem zwischen die vier Sterne des Trapezes im Orionnebel passen, ohne diese zu berühren! Die zweite wesentliche Konsequenz ist die uns zugeneigte Nordhemisphäre des Mars – während wir die Nordpolregion gut im Blick haben, bleibt uns das südliche Polargebiet komplett verwehrt. Der Blickwinkel von der Erde, ausgedrückt als Deklination der Erde am Marshimmel, bewegt sich während der gesamten Sichtbarkeit um 22°.

Am 17.12. übersteigt die scheinbare Größe des Planeten im Fernrohr die 8"-Marke. Damit können ab Mitte Dezember auch gute mittelgroße Teleskope schon Details auf Mars zeigen, gutes Seeing vorausgesetzt (vgl. Kasten). Die 10"-Grenze wird Mitte Januar überschritten. Die »heiße Phase« beginnt, wenn der Rote Planet ab dem 25.1. seine Bewegungsrichtung umkehrt und in seine Oppositionsschleife eintritt. Bis zum 15.4. wird Mars sie in den Sternbildern Jungfrau und Löwe durchlaufen.

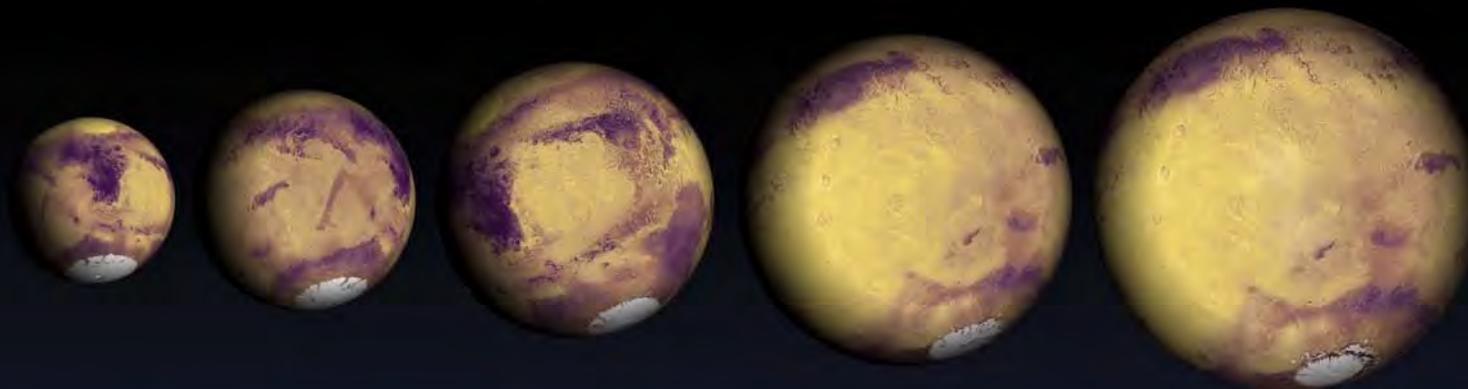
Am 3.3.2012 ist die Opposition erreicht. Mars scheint an diesem Tag mit einer Helligkeit von $-1^m,2$ vom Himmel. Die Erdnähe tritt erst zwei Tage später ein. Die Entfernung zu Mars beträgt dann 100780000km.

Das Ende der Beobachtungsperiode wird im April eingeläutet, wenn am 30.4. der 10"-Durchmesser unterschritten wird. Nach dem 29.5. ist Mars wieder kleiner als 8" am irdischen Himmel.

Meteorologischer Marskalender 2012	
17.12.2011	Nordpolkappe groß und hell, Randedunst
13.1.2012	Nordpolkappe schmilzt, Rima Tenuis erscheint
3.2.2012	Aphelkälte setzt ein, Nordpolkappe schmilzt langsamer
14.2.2012	Aphel, Randedunst häufiger
3.3.2012	Nordpolkappe schmilzt schnell, steigende Wolkenaktivität
30.3.2012	Sommerbeginn, orographische Wolken wahrscheinlich
7.4.2012	W-Wolke möglich, Hellas wolkengefüllt
30.4.2012	Nordpolkappe schmilzt weiter, Wolken wahrscheinlich

Die spannendsten mit Amateurteleskopen zu verfolgenden Details auf dem Mars sind die Veränderungen der Polkappen und das Entstehen von Eiswolken auf der Planetenoberfläche. Meteorologisch steht das Datum des 30.3. im Zentrum, an diesem Tag ist Sonnenwende auf dem Roten Planeten, der Sommer beginnt auf der Nordhalbkugel. Die Sonneneinstrahlung hat direkte Auswirkungen auf die Nordpolregion: Die Opposition liegt mitten im Zeitraum des maximalen Abschmelzens der Nordpolkappe. Dies setzt Feuchtigkeit in die Atmosphäre frei, die sich daraufhin in Wolken zeigen kann.

Im Dezember ist mit einer sehr großen Polkappe zu rechnen, die bis auf 65° nördliche Breite reichen kann. Im Fernrohr dürfte dieser helle Fleck um den Nordpol des Planeten das am einfachsten zu beobachtende Detail sein. Oft ist es von einem



3.11.2011 0:00 MEZ
Ø 6,0"
Ls 24°
De 21,9°
Dekl. 14,5°
Hell. 1^m,1

17.12.2011 0:00 MEZ
Ø 8,0"
Ls 44°
De 23,9°
Dekl. 8,1°
Hell. 0^m,5

13.1.2012 0:00 MEZ
Ø 10,0"
Ls 56°
De 23,4°
Dekl. 6,1°
Hell. -0^m,1

3.2.2012 0:00 MEZ
Ø 12,0"
Ls 65°
De 22,8°
Dekl. 6,6°
Hell. -0^m,6

4.3.2012 19:00 MEZ
Ø 13,9"
Ls 79°
De 22,2°
Dekl. 10,5°
Hell. -1^m,2

Mars beobachten

Die visuelle Marsbeobachtung erfordert viel Geduld und gutes Seeing – das gilt 2012 noch viel mehr als sonst. Was man sehen kann, hängt mehr von der erreichbaren Vergrößerung ab als von der Öffnung. Bei 100× ist die Polkappe zu sehen und, wenn sie sich gerade auf der der Erde zugewandten Seite befindet, die Große Syrte, die markanteste Dunkelstruktur auf dem Roten Planeten. Diese sog. Albedo-Strukturen haben wenig mit dem Relief des Planeten zu tun, sondern geben vielmehr nur die Bodenfärbung wieder. Sie sind in gewissen Grenzen veränderlich und erscheinen deshalb von Opposition zu Opposition leicht verändert.

Mit 200-facher Vergrößerung lassen sich rund um den Planeten die markan-

testen Dunkelstrukturen sichten: Auf die Große Syrte folgt im Rotationssinn Sinus Meridiani, ein seltsamer länglicher Dunkelstreifen. Die beiden nach Norden gerichteten Spitzen am östlichen Ende sind erst mit 300× und mehr zu sehen. Weiter östlich liegt Mare Erythraeum, im Norden gegenüber das markante Mare Acidaliu. Dann folgt die »langweilige Seite« des Planeten, für mehrere Stunden sind nur verschwommene Strukturen zu sehen, darunter die »W-Wolke« bei passenden meteorologischen Bedingungen. Die erste im Osten wieder auftauchende Dunkelstruktur ist Mare Sirenum weit im Süden, gefolgt von Mare Tyrrhenum. Schließlich ist die Syrte wieder erreicht.

Die Sichtbarkeit der Dunkelstrukturen wird mit einem Orange- oder Rotfilter verbessert. Außer den seltenen Staubstürmen blockiert man damit allerdings das

Licht fast aller meteorologischer Erscheinungen, denn Nebel, Reif, Randdunst und Eiswolken haben ein grünliches bis violettes Spektrum und lassen sich mit entsprechenden Filtern unterscheiden. Aufgrund der Kleinheit der Strukturen gelingt dies aber nur mit Vergrößerungen jenseits von 300×.

Ein lohnendes Vorhaben ist es, aus Zeichnungen des Planeten eine Gesamtkarte der Albedostrukturen zu erstellen. Die wichtigsten Strukturen des Planeten lassen sich schon mit einem Vierzöller gut dokumentieren. Meteorologische Erscheinungen müssen als vorübergehende Ereignisse hier weggelassen werden – dies macht es auch für Fotografen unmöglich, zeitlich zu weit auseinander liegende Planetenbilder zu einer Gesamtkarte zu verbinden.

dunklen Rand umgeben, dem so genannten Polsaum. Im Januar schmilzt die Polkappe zusehends ab. Dabei erscheint die Rima Tenuis, eine dunkle Teilung der hellen Kappe, deren visuelle und fotografische Dokumentation jedoch eine Herausforderung für erfahrene Beobachter ist. Ende Februar ist die so genannte »Aphelkälte« zu erwarten: Aufgrund der bevorstehenden Sonnenferne des Planeten kommt das Abschmelzen der Polkappe für einige Wochen zu einem Stillstand, um sich danach im April umso machtvoller durchzusetzen. Bis Mai dürfte sie auf einen kleinen Rest verschwunden sein.

Der März ist auch die bevorzugte Zeit für lokale Staubstürme, aufgrund ihrer spektralen Eigenschaften und des Aussehens im Fernrohr auch »gelbe Wol-

ken« genannt. Die Wahrscheinlichkeit für ihr Auftreten sinkt, sobald durch den wieder anlaufenden Abschmelzprozess mehr Feuchtigkeit in die Atmosphäre gelangt. Im April und Mai sind deshalb die klassischen »weißen Wolken« zu erwarten, die aus Wassereis bestehen und sich vornehmlich beim Aufsteigen an hohen Bergen bilden. Aus den miteinander verbundenen Wolken der einzelnen Tharsis-Vulkane kann so aufgrund der Anordnung der Berge die »W-Wolke« entstehen. Auch Randdunst, Morgennebel und Reif sind möglich.

Jupiter ist noch am Abendhimmel ein auffälliges Gestirn. Aufmerksamkeit verdienen der Große Rote Fleck bei 170° Länge im System II, das Oval BA im STB bei 320° und die dunkelbraunen auffälligen Barren

am Nordrand des NEB (vgl. interstellarum 78). **Venus** zeigt sich ebenfalls am Abendhimmel, das Venusscheibchen misst aber Ende Januar nur knapp 15". Beobachter sind aufgerufen, aktuelle Ergebnisse aller Planeten auf planetenaktuell.de zur Verfügung zu stellen.

■ Ronald Stoyan

Surftipps

Aktuelle Planetenfotos:

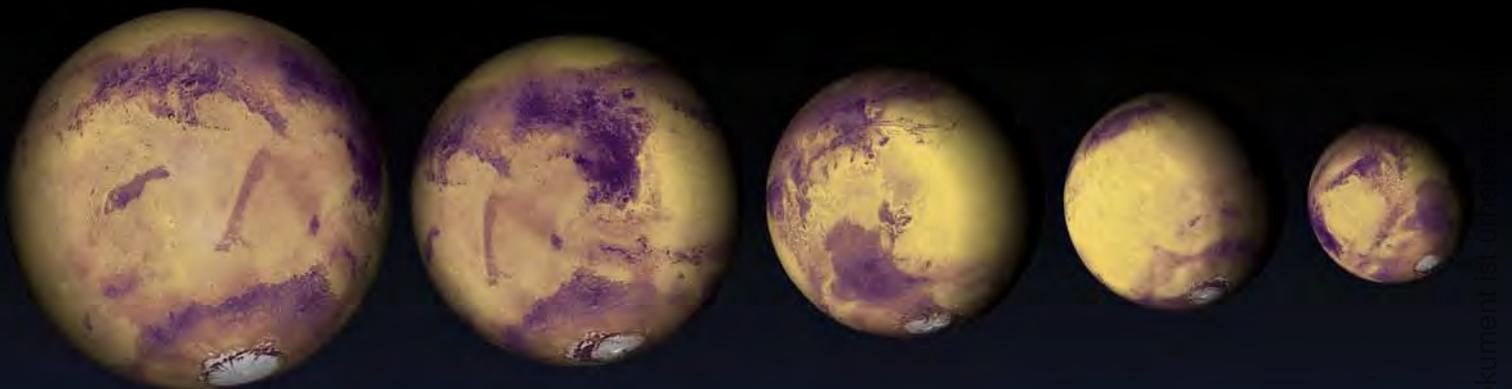
www.planetenaktuell.de

Marsopposition 2012:

www.alpo-astronomy.org/jbeish/2012_MARS.htm

Die scheinbare Größe des Marsscheibchens 2011/2012.

INTERSTELLARUM



5.3.2012 0:00 MEZ
Ø 13,9"
Ls 79°
De 22,2°
Dekl. 10,5°
Hell. -1^m2

7.4.2012 0:00 MESZ
Ø 12,0"
Ls 94°
De 22,1°
Dekl. 13,0°
Hell. -0^m6

30.4.2012 0:00 MESZ
Ø 10,0"
Ls 104°
De 23,2°
Dekl. 11,7°
Hell. -0^m1

29.5.2012 0:00 MESZ
Ø 8,0"
Ls 117°
De 25,1°
Dekl. 7,6°
Hell. 0^m5

20.7.2012 0:00 MESZ
Ø 6,0"
Ls 142°
De 25,5°
Dekl. -3,4°
Hell. 1^m0

Kometen aktuell C/2009 P1 (Garradd) wird freisichtig

C/2009 P1 (Garradd) nähert sich seinem Perihel, das er am 23. Dezember erreicht. Der Komet bewegt sich direkt in nördlicher Richtung durch das Sternbild Herkules. Trotz einer Elongation von nur 45° kann er nach Einbruch der Dunkelheit am nordwestlichen Himmel beobachtet werden. Je nach geographischer Breite wird der ca. $6^m,5$ helle Schweifstern in der ersten Monatshälfte aber leider schon zwischen 20 und 21 Uhr unter dem Horizont verschwinden. Mondlosen Himmel gibt es dann in der zweiten Monatshälfte und unter guten Bedingungen könnte C/2009 P1 dann auch mit freiem Auge auffindbar sein. Eine Beobachtung am Morgenhimmel ist ebenfalls möglich, der Komet ist dort ab etwa 5 Uhr tief am Nordosthimmel zu sehen. Zur Neumondzeit rund um Weihnachten könnte Garradd bereits $6^m,0$ erreicht haben. Da die Erdnähe aber erst Anfang März in 1,27AE Abstand erfolgt, sollte die Helligkeit auch nach dem Perihel noch etwas ansteigen. Im Januar erreicht der Komet die 5. Größenklasse und wandert weiter Richtung Norden. Dadurch verlängert sich die Beobachtungsmöglichkeit sowohl am Abend als auch Morgenhimmel. Zum Monatsende erreicht C/2009 P1 eine Deklination von

$+40^\circ$ und wird nördlich der Mitte Deutschlands zirkumpolar. Der Höhepunkt einer außergewöhnlich langen Kometensichtbarkeit steht bevor.

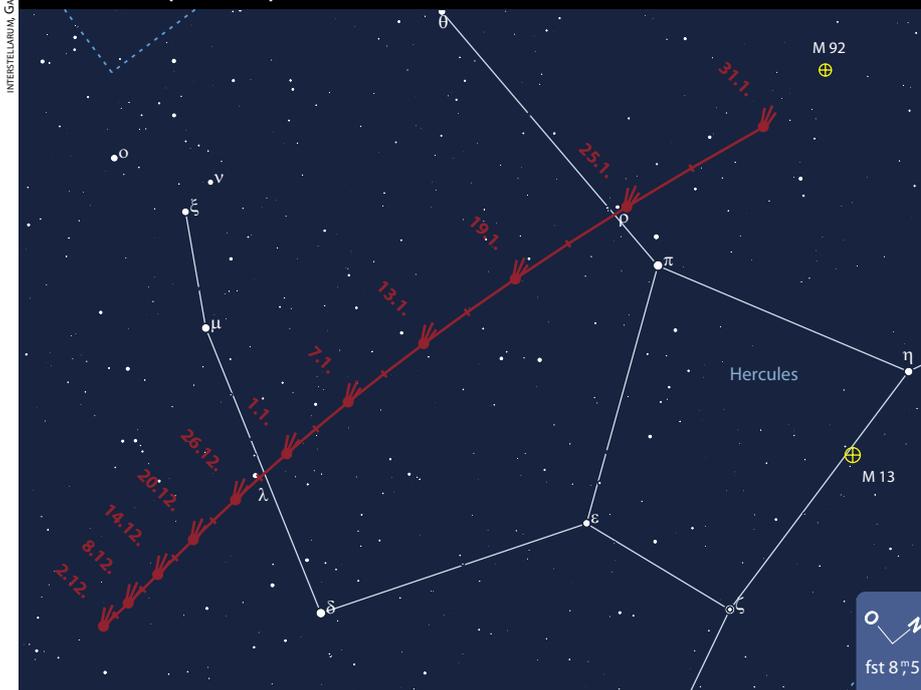
Ein weiterer Komet war für den Winter 2011/2012 erwartet worden: **P/2006 T1 (Levy)** sollte bei seiner ersten Wiederkehr eigentlich bestens platziert am Nachthimmel zu finden sein. Leider konnte der Komet bis in den Herbst hinein nicht wiederentdeckt werden und es ist davon auszugehen, dass er sich bei seiner Entdeckung in einem Helligkeitsausbruch befand. Um den 20. Januar wird P/2006 T1 in nur 0,19AE Entfernung an der Erde vorbeiziehen, die erwartete Helligkeit von ca. $7^m,0$ dürfte er aber bei weitem nicht erreichen. Sollte er in die Reichweite von Amateuren kommen, informieren wir im interstellarum-Newsletter über die aktuelle Entwicklung dieses Kometen. Spannend wurde es bei dem in interstellarum 78 angekündigten **C/2010 X1 (Elenin)**. Der Komet hatte sich kurz vor Erreichen des Perihels begonnen aufzulösen. Letzte Beobachtungen von der Südhalbkugel zeigten ihn Ende August sehr diffus mit einer Helligkeit schwächer als $9^m,0$.

■ Burkhard Leitner

Kometen im Dezember/Januar 2012

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erwartete Helligkeit
C/2009 P1 (Garradd)	13.8.2009	23.12.2011 (1,55AE)	5.3.2012 (1,27AE)	April 2011 bis Juni 2012	$6^m - 5^m$

C/2009 P1 (Garradd) im Dezember/Januar 2012



▲ **Abb. 1: Anfang August zog C/2009 P1 (Garradd)** am Kugelsternhaufen M 15 im Pegasus vorbei. **(a)** CCD-Aufnahme, 3.8.2011, 0:01 MESZ, 10"-Newton bei 965mm, FLI 8300, 300s (L), 270s (je RG), 2x270s (B). **(b)** Michael Jäger **(b)**: Digitalfoto, 3.8.2011, 0:30 MESZ, 12"-Newton bei 1380mm, Canon EOS 350 D (modifiziert), ISO 1600, 6x2min. Ulf Manfred Schliemann





Rückblick in Bildern:

Rendezvous mit Sternhaufen

Im Sommer begegnete Komet Garradd auf seiner Bahn am Himmel mehreren Sternhaufen. Wir zeigen hier einige der schönsten Aufnahmen unserer Leser.

Der Komet besaß eine bis zu 10' messende runde Koma mit einer deutlichen zentralen Verdichtung. Der Schweif zeigte sich im August breit und aufgefächert, im September war er zunächst schmaler und stärker ausgeprägt, gegen Monatsende wurde er wieder unauffälliger. Die Helligkeit stieg bis zur Erdnähe Ende August auf etwa 7^m0 und blieb dann konstant.

▲ **Abb. 2: Der Komet begegnete dem Kugelsternhaufen M 71 am 27.8.2011**, beide Objekte waren etwa gleich hell. Digitalfoto, 8"-Newton bei 920mm, Canon 40D (modifiziert), ISO 800, 24x180s. *Siegfried Kohlert*

Surftipps

Aktuelle Kometenfotos:

www.kometenaktuell.de

Komet Garradd auf Cometography:

www.cometography.com/comets/2009p1.html

Aufsuchkarten:

www.kometarium.com

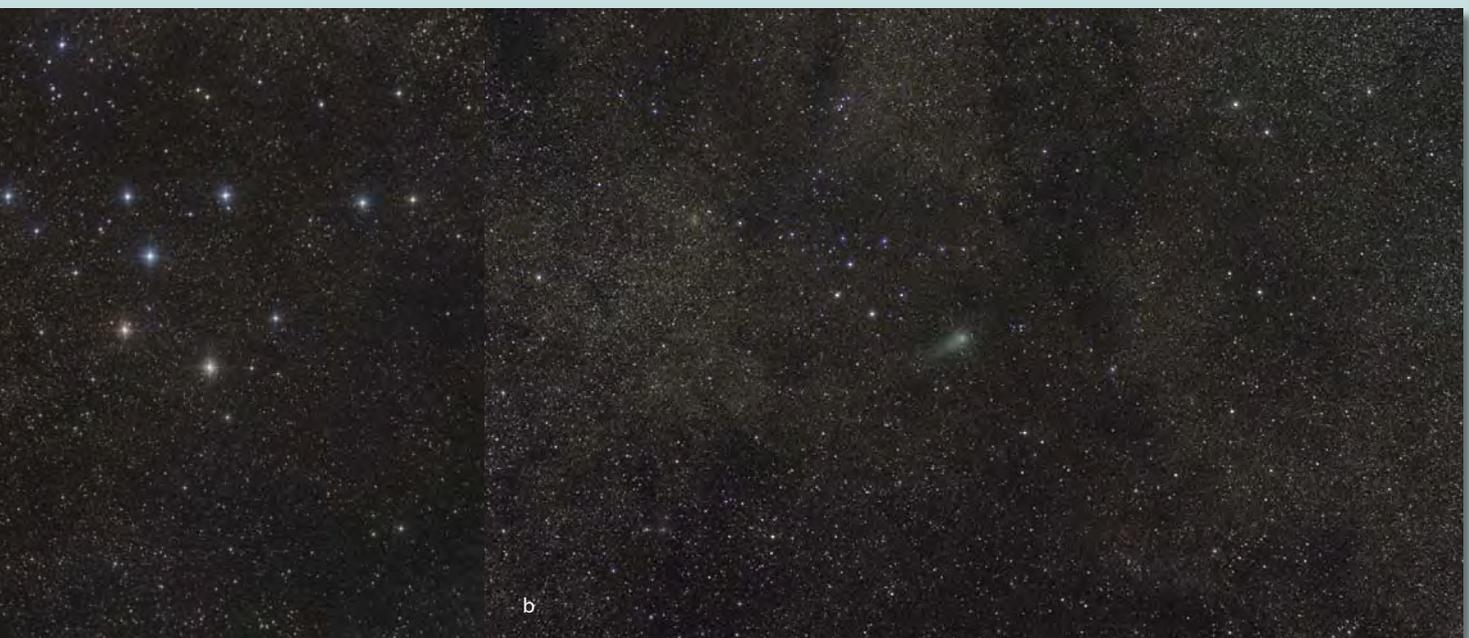
interstellarum-Newsletter:

www.oculum.de/interstellarum/newsletter.asp

▼ **Abb. 3: Anfang September erfolgte das Rendezvous** mit dem Offenen Sternhaufen Collinder 399, dem »Kleiderbügelhaufen«.

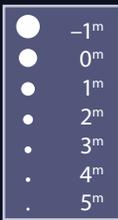
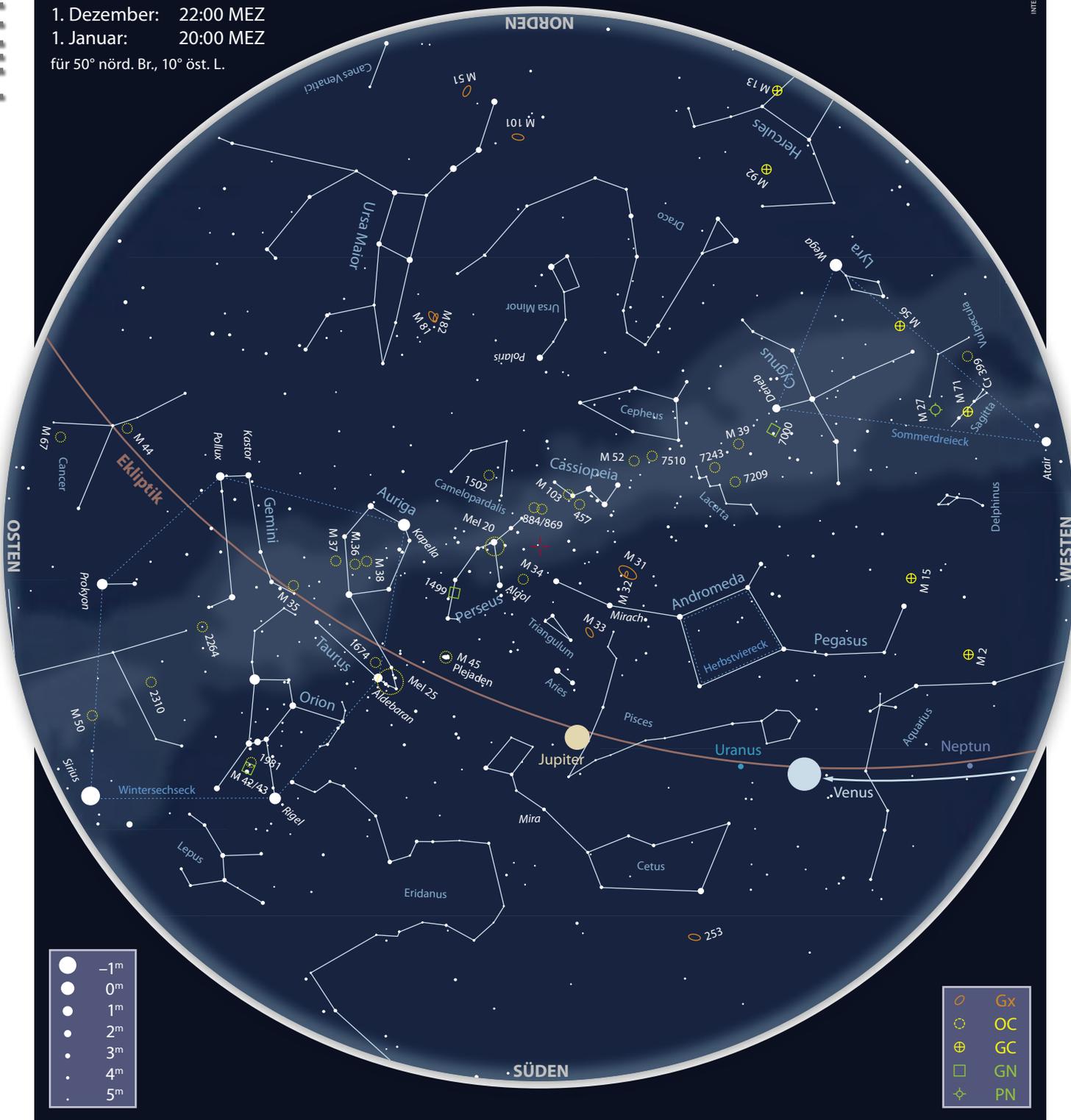
(a) CCD-Aufnahme, 1.9.2011, 23:45 MESZ, 8"-Schmidtamera bei 400mm, QHY8 Pro, 10x120s. *Norbert Mrozek*

(b) Digitalfoto, 3.9.2011, 22:10 MESZ, 180mm-Teleobjektiv bei f/4, Nikon D700, ISO 1600, 4x1min. *Thomas Rattei*



Der Sternhimmel im Dezember/Januar 2012

1. Dezember: 22:00 MEZ
 1. Januar: 20:00 MEZ
 für 50° nörd. Br., 10° öst. L.



Beobachtungsempfehlungen für Dezember/Januar								
Name	Empfehlung für	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe/Abstand	Entfernung	DSRA/Uran.
Collinder 69	bloßes Auge	OC	5 ^h 35,0 ^{min}	+9° 56'	2 ^m 8	64'	1440Lj	17/180
Cheshire Cat	Fernglas	As	5 ^h 28,0 ^{min}	+35° 0'	–	1,5°	–	–/–
M 45	Fernglas/Teleskop	OC	3 ^h 47,0 ^{min}	+24° 7'	1 ^m 5	109'	440–490Lj	9/132
NGC 1333	Teleskop	GN	3 ^h 29,3 ^{min}	+31° 25'	–	3'×6'	766Lj	9/94
Auner 1	Teleskop	OC	7 ^h 4,3 ^{min}	–19° 45'	–	2,5'	29000Lj	–/154

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

Rund um das Siebengestirn

Astronomie mit bloßem Auge **Collinder 69**

Das Sternbild Orion gehört ohne Zweifel zu den imposantesten des gesamten Sternenhimmels – vor allem wegen der markanten Figur, die aus vielen hellen Sternen gebildet wird. Die »Schultersterne« Betelgeuze und Bellatrix sind ebenso sprichwörtlich wie die drei »Gürtelsterne« (auch als Mitglieder des Offenen Sternhaufens Collinder 70 bekannt) oder die »Fußsterne« Rigel und Saiph, allesamt heller als 2^m5 . Selbst das »Schwertgehänge« mit M 42 und M 43 ist mit bloßem Auge durchaus auffällig. Ausgerechnet der Kopf des Himmelsjägers, etwa $5,5^\circ$ nordwestlich von Betelgeuze sowie knapp $4,4^\circ$ nordöstlich von Bellatrix gelegen, gerät da etwas ins Hintertreffen, wird er doch von dem lediglich 3^m5 hellen Stern λ Orionis gebildet. Doch beim genaueren Betrachten sieht man freizügig im Umkreis von etwa 1° unter mäßigem Himmel drei weitere 4^m1 bis 5^m6 helle Sterne, bei exzellentem Himmel einen weiteren mit 6^m7 sowie vielleicht einen etwas nebligen Hintergrund, der von weiteren schwächeren Sternen gebildet wird. Diese werden allerdings erst im Fernglas aufgelöst. Da man bei der Beobachtung der schwächeren Sterne durchaus vom Licht

der umliegenden sehr hellen »Leuchten« gestört werden kann, lohnt es sich, diese abzudecken. Dies kann mit der Hand, einem Buch oder auch einer Hauskante geschehen, wenn man sich günstig positioniert. Auch sei noch einmal der an dieser Stelle in interstellarum 71 vorgestellte Bau eines »Papprollen-Binokulars« empfohlen, um mögliches Streulicht oder die Blendung durch andere Himmelskörper zu vermeiden.

Erstmals als Offener Sternhaufen klassifiziert wurde der Orion-Kopf in dem in dieser Kolumne schon vorgestellten Katalog von Per Collinder im Jahre 1931 als Nummer 69. Nur etwa 7° nördlich befindet sich der aus interstellarum 68 bekannte »Kollege« Cr 65. Bei einem Durchmesser von etwas mehr als 1° besitzt Cr 69 etwa 40 Mitglieder und ist knapp 1440Lj von uns entfernt. Der hellste Stern λ Ori, auch als Meissa bzw. Heka bekannt, regt den schwachen Emissionsnebel Sharpless 264 zum Leuchten an, der jedoch erst in größeren Teleskopen ab etwa $10''$ erahnt werden kann. Somit beinhaltet der doch recht unbekannt Sternhaufen Herausforderungen für verschiedene Optiken, angefangen mit dem bloßen Auge.

■ Kay Hempel

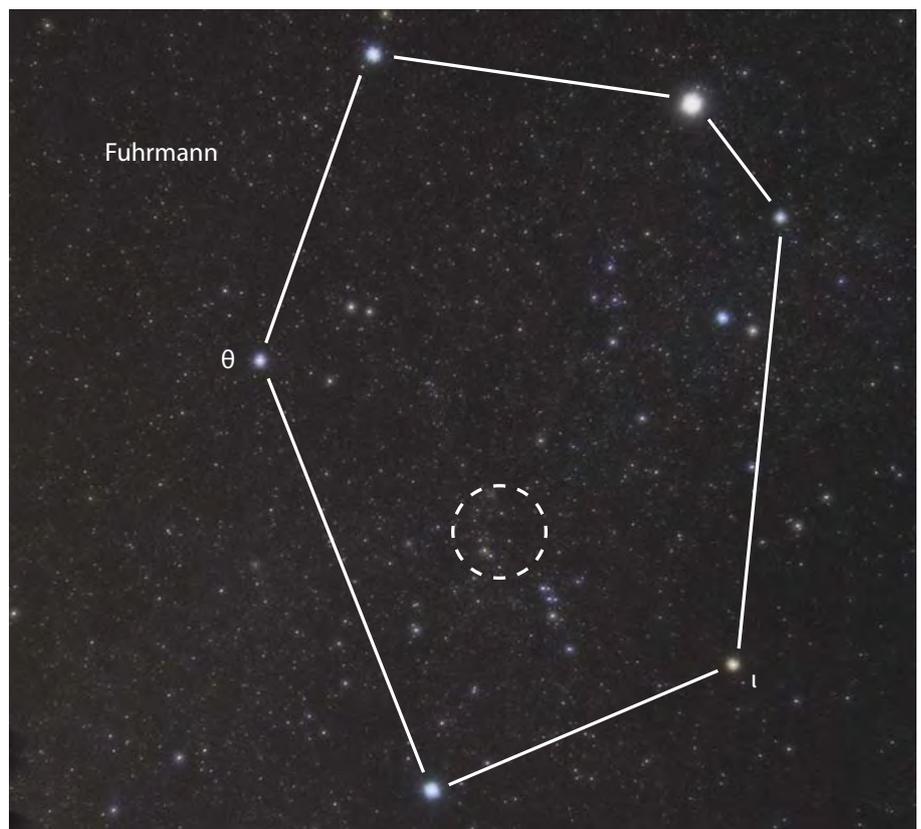


Das markante Sternbild des Himmelsjägers Orion, dessen Körper von hellen Sternen gebildet wird. Sein Kopf hingegen ist weniger auffällig.

Astronomie mit dem Fernglas **Cheshire Cat**

In der Regel werden astronomische Entdeckungen vor allem mit immer größer werdenden Teleskopen und automatischen Himmelsüberwachungen gemacht. Doch auch Hobbyastronomen können heute noch Neues am Firmament entdecken – selbst mit einem Fernglas unter dem lichtverschmutzten Himmel von New York, so wie der Amateurastronom und Vogelbeobachter Ben Cacace, der an einem Novemberabend 2002 über der Upper East Side Manhattans von seiner Wohnung aus mit seinem 8,5x42-Fernglas die Sternhaufen im Fuhrmann beobachtete. Dabei fiel ihm eine Anordnung von sechs Sternen auf, die für ihn wie ein breites Grinsen aussah. Cacace nannte dieses Sternmuster »Cheshire Cat«, nach der Grinsekatz aus »Alice im Wun-

Abb. 1: Das relativ unbekannte Sternmuster Cheshire Cat liegt prominent im Sternbild Fuhrmann.



BERNHARD HUBEL

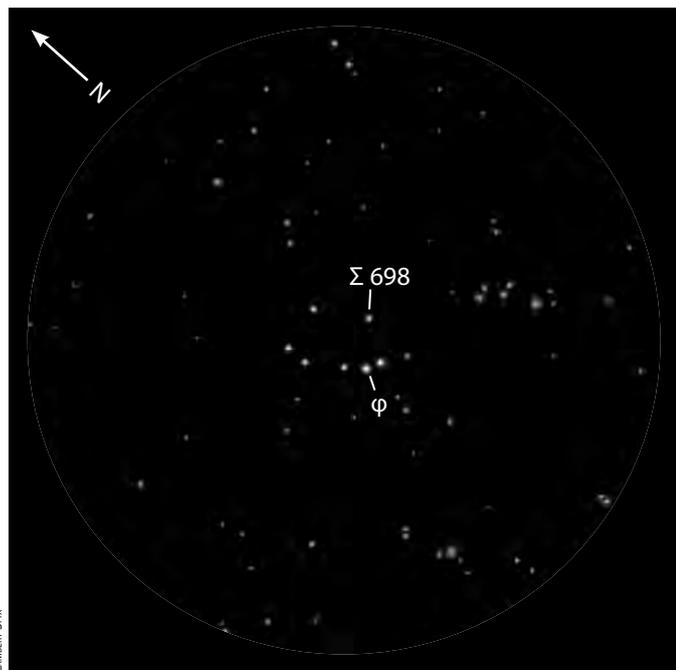


Abb. 2: Am besten unter lichtverschmutztem Himmel zu erkennen: das Sternmuster »Cheshire Cat« im 8×33-Fernglas, Sehfeld etwa 8°.

einem aufgehellten Nachthimmel leicht zu finden: Es befindet sich genau in der Mitte zwischen den Ecksternen θ Aur (2^m6) und ι Aur (2^m7) des Fuhrmann-Sechsecks. Direkt südlich des Sternhaufens M 38 formt eine

der südlichere Stern wiederum doppelt ist und die beiden Komponenten den Doppelstern Struve 698 darstellen. Die Sterne stehen etwa 30" voneinander entfernt und lassen sich gut mit einem stativgestützten Fernglas bei 10-facher Vergrößerung trennen. Unter einem dunklen Himmel ändert sich natürlich das Erscheinungsbild und es werden mehr Sterne im Umfeld der Grinsekatzes sichtbar, wie z.B. der Stern BD +34° 1054 (9^m0) nur wenige Bogenminuten südöstlich von ϕ Aur: das hellste Mitglied des Offenen Sternhaufens Stock 8. Auch M 38 auf der Wange der Grinsekatzes und der östlich stehende M 36 werden bei besseren Beobachtungsbedingungen im gleichen Sehfeld präsent. Bevor Sie nun aber selber auf die Suche nach schönen Sternmustern gehen, schauen Sie zuerst bei der »Cheshire Cat« mit ihrem verschmitzten Grinsen vorbei – ein passender Zeitpunkt, da sich im Januar der Geburtstag des Schriftstellers Lewis Carroll zum 180. Mal jährt. Und vielleicht inspiriert die Geschichte von »Alice im Wunderland« für weitere Entdeckungen. Phantasiaevolle Figuren gibt es in der Geschichte ja genug dafür.

■ Lambert Spix

derland«. In dem Kinderbuchklassiker von Lewis Carroll kann sich die Grinsekatzes nach Belieben unsichtbar machen, wobei nur ihr breites Grinsen zurückbleibt, ganz so wie es das Sternmuster zeigt. Dank seinen hellen Sternen ist das Sternmuster auch unter

bogene Kette aus sechs Sternen mit ϕ Aur (5^m1) als hellstem Mitglied den Mund der Grinsekatzes. Alle anderen sind immerhin noch heller als 7^m0 . Die Augen bilden ein 6^m1 und 6^m5 helles und weit auseinander stehendes Sternpaar nördlich davon, wobei

Objekt der Saison M 45

Die Plejaden sind der bekannteste Sternhaufen des Himmels. Als Siebengestirn oder Glucke auch dem Volksmund bekannt, nahm sie Charles Messier 1769 als Abschluss seiner ersten Liste von Nebelobjekten auf, um deren Zahl auf 45 abzurunden. Als einziges Messier-Objekt tragen die Plejaden keine NGC- oder IC-Nummer, lediglich

in den Sternhaufenkatalogen von Melotte und Collinder werden sie als Mel 22 und Cr 42 geführt.

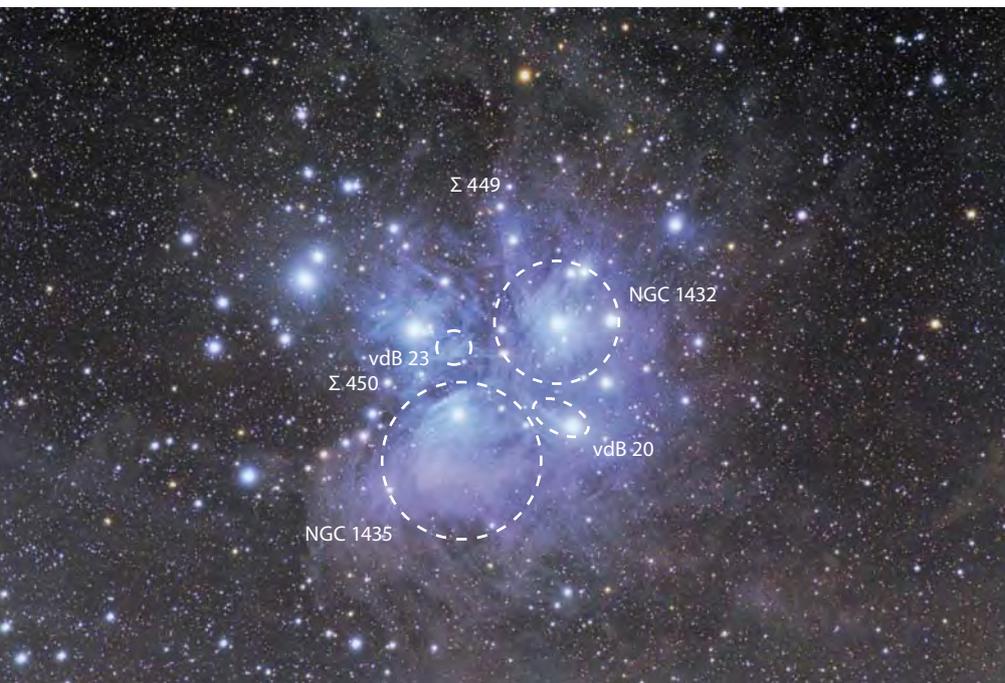
Elf Sterne des Offenen Sternhaufens überschreiten eine Helligkeit von 6^m . Acht davon sind nach der Sage der sieben Schwestern nach Atlas und seinen Töchtern benannt. Sie stehen in einem Feld von $1^\circ \times 1^\circ$ in einem

Muster, das jedem Sternfreund geläufig ist. Der Sternhaufen umfasst aber bis zu 500 schwächere Sterne auf einem Feld von $2^\circ \times 2^\circ$ und etwa 1000 Mitglieder insgesamt [1].

M 45 ist einer der Eckpunkte der astronomischen Entfernungsleiter. Die aktuell akzeptierten Werte liegen zwischen 440 und 490 Lichtjahren. Mit einem Alter von 125 Millionen Jahren sind die Plejaden ein junger Sternhaufen, massereiche und leuchtkräftige blaue Sterne dominieren noch das Bild. Auffällig ist der hohe Anteil von Doppelsternen, der bei etwa 68% liegt. In 700 Millionen bis 1 Milliarde Jahren werden die Plejaden jedoch als Haufen nicht mehr nachweisbar sein, da sich die Sterne in den umgebenden Raum zerstreuen.

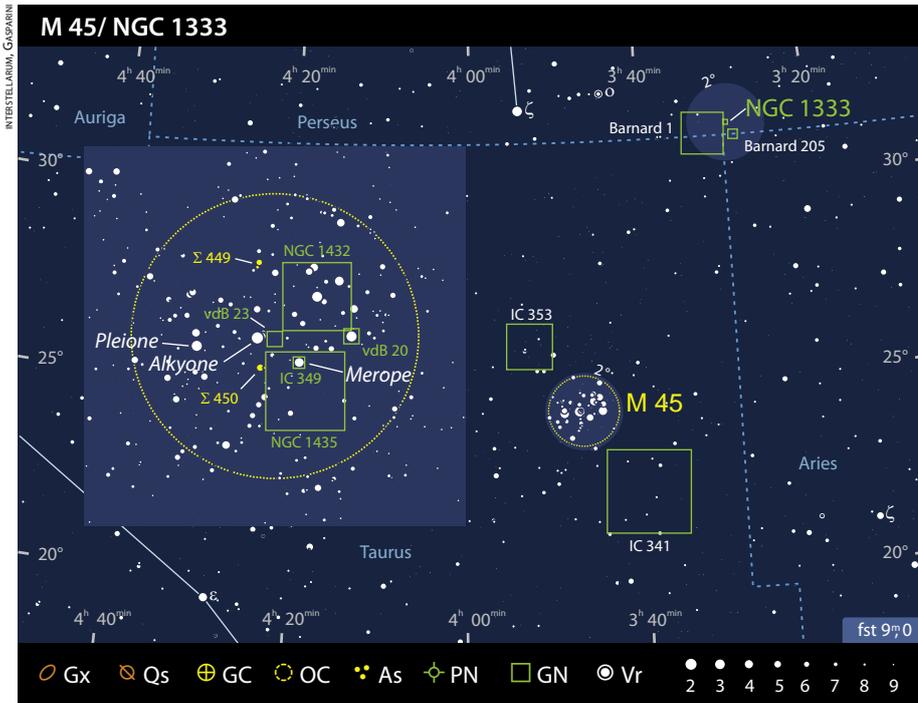
Die Nebel um die Plejaden sind nicht Überreste des Entstehungsgebietes des Sternhaufens. Anhand der Differenz der Radialgeschwindigkeiten zwischen Nebel und Haufensternen von um die 11km/s ist man sich heute sicher, dass M 45 den Rand des Taurus-Auriga-Dunkelnebelkomplexes durchwandert. In 30000 Jahren bewegen

Die Plejaden sind in eine grandiose Nebellandschaft gehüllt, deren äußere Gebiete von Amateuren bisher kaum beachtet wurden.



IMMO GERBER

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



Tab. 2: Doppelsterne in M 45

Name	Helligkeiten	Abstand	PW
Burnham 536 AB	8 ^m 3/8 ^m 4	41"	125°
Burnham 536 BC	8 ^m 4/12 ^m 7	18"	8°
Σ 450	7 ^m 3/10 ^m 4	6,1"	265°
Σ 449	8 ^m 5/11 ^m 0	6,8"	330°
OΣ 64	6 ^m 7/9 ^m 8/9 ^m 0	3,2"/10"	238°/236°

sich die Sterne dabei um einen Vollmond-durchmesser scheinbar am Himmel. Die blaue Farbe der Reflexionsnebel ist auf das Licht der sie beleuchtenden blauweißen hellsten Haufensterne zurückzuführen. Die lineare Struktur der großen Nebelvorhänge wird dagegen mit Magnetfeldern um die Plejadennebel in Zusammenhang gebracht. Magnetisierbare Staubteilchen richten sich dabei entlang der Feldlinien aus. An einer Stelle im südlichen Bereich findet man auch leicht rötliche Färbungen, hier kommt es ansatzweise auch zu einer Anregung des Nebels durch die UV-Strahlung der Plejadensterne. Ein besonderes Nebelobjekt ist IC 359 direkt bei Merope, der sehr kleine Nebel befindet sich nur 0,06lj vom Stern entfernt [3]. Alkyone ist mit 1000-facher Sonnenleuchtkraft der hellste Stern der Plejaden. Sie wird östlich von drei Sternen begleitet und gilt somit als Mehrfachstern. Der bekannteste von vielen Veränderlichen ist

Pleione mit einer Helligkeit zwischen 4^m77 und 5^m50. Sie weist wie andere Plejadensterne eine sehr schnell rotierende Oberfläche auf. Dreimal hat Pleione seit 1888 eine Phase durchlaufen, bei der sich eine Hülle um den Stern bildete, die sich spektroskopisch nachweisen ließ; 2005 hat bei Pleione eine neue Hüllenphase begonnen, die mit einem Helligkeitsabfall von 0^m4 verbunden war [4]. Die Plejaden sind darüber hinaus Heimat zahlreicher schwacher Flare-Sterne, die ihre Helligkeit innerhalb von Minuten verändern können.

Ein normal scharfsichtiges Auge kann unter durchschnittlichen Bedingungen sechs Sterne der Plejaden ohne Hilfsmittel erkennen. Unter Hochgebirgshimmel zeigen sich bis zu zehn oder elf, wobei die hellen Mitglieder durch ihre Blendwirkung die Beobachtung erschweren. Einige amerikanische Beobachter wollen noch wesentlich mehr gesehen haben, so zählte O'Meara 17 und Houston sogar 18 Sterne [5, 6].

Mit dem Fernglas sind bereits einige der Doppelsterne in M 45 zu sehen [7]. Die beiden engeren Struve-Paare Σ 450 und Σ 449 eignen sich jedoch erst für kleine Teleskope. Im Fernglas erscheint unter dunklem Landhimmel auch bereits der hellste Plejadennebel um den Stern Merope, NGC 1435. Im kleinen Teleskop lässt er sich besser als dreiecksförmiger Nebel sehen, wenn Merope mit den anderen Sternen des Haufens in Ruhe verglichen werden kann. NGC 1432 um den Stern

Tab. 1: Die hellsten Plejadensterne

Stern	Name	R.A.	Dekl.	Helligkeit
η (25) Tau	Alkyone	3 ^h 47 ^m 29 ^s	+24° 6' 19"	2 ^m 9
27 Tau	Atlas	3 ^h 49 ^m 10 ^s	+24° 3' 12"	3 ^m 6
17 Tau	Elektra	3 ^h 44 ^m 52 ^s	+24° 6' 48"	3 ^m 7
20 Tau	Maia	3 ^h 45 ^m 50 ^s	+24° 22' 4"	3 ^m 9
23 Tau	Merope	3 ^h 46 ^m 20 ^s	+23° 56' 54"	4 ^m 2
19 Tau	Taygeta	3 ^h 45 ^m 13 ^s	+24° 28' 2"	4 ^m 3
28 Tau	Pleione	3 ^h 49 ^m 11 ^s	+24° 8' 12"	5 ^m 1
16 Tau	Celaeno	3 ^h 44 ^m 48 ^s	+24° 17' 22"	5 ^m 5
HD 23753	–	3 ^h 48 ^m 21 ^s	+23° 25' 17"	5 ^m 5
18 Tau	HD 23324	3 ^h 45 ^m 10 ^s	+24° 50' 21"	5 ^m 7
21 Tau	Asterope	3 ^h 45 ^m 55 ^s	+24° 33' 16"	5 ^m 8

Maia ist schwieriger zu sehen, da er sich nicht so weit entfernt vom Stern erstreckt.

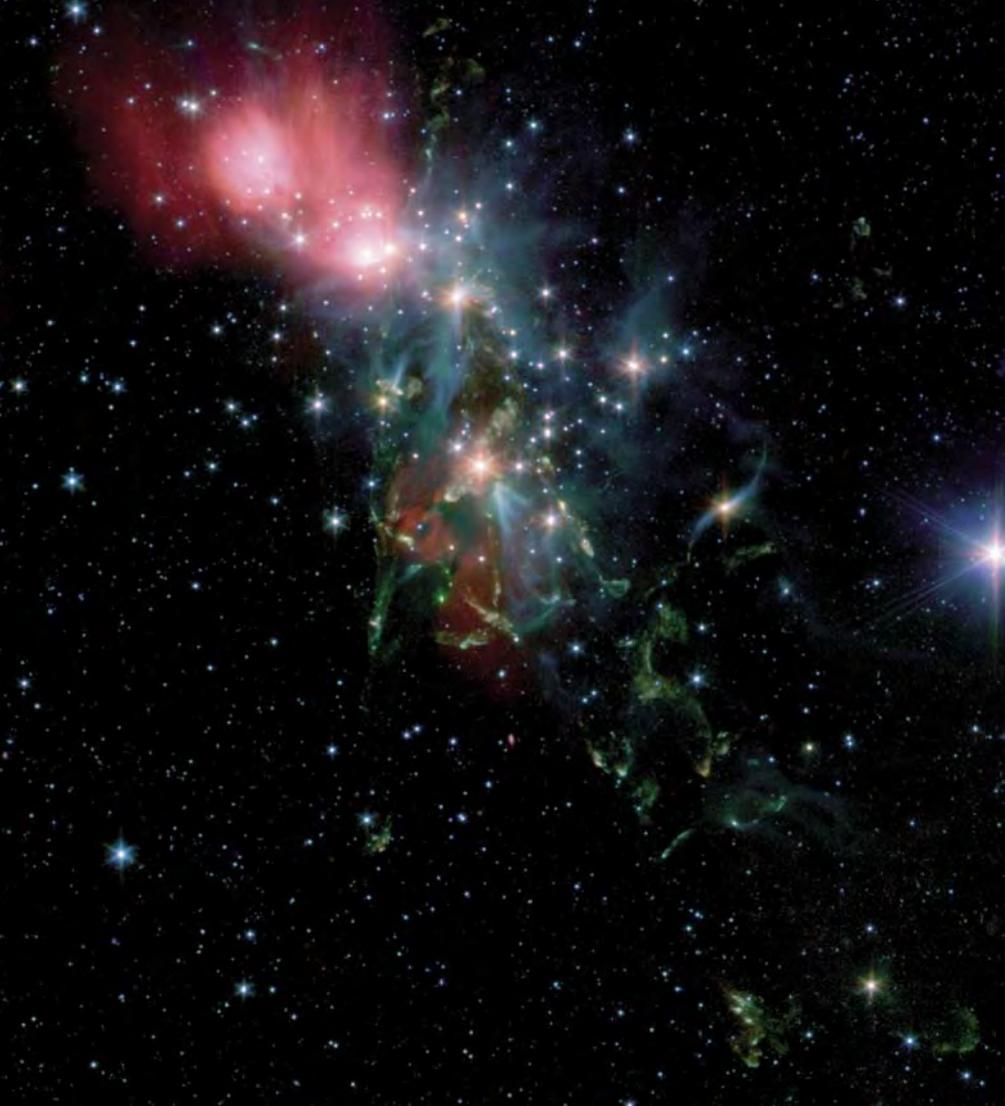
Ein dunkler Landhimmel und Teleskope ab 8" bis 12" Öffnung erlauben den Einstieg in die faszinierende Welt der schwächeren Plejadennebel. Dabei sind mittlere Vergrößerungen am besten einzusetzen, um die feinen Filamente aufzulösen, aber nicht zu dunkel werden zu lassen. Die faserige Struktur von NGC 1435 lässt sich am einfachsten nordöstlich von Merope ausmachen, wo ein helles Filament mehrere schwächere Sterne passiert. Schwieriger zu sehen sind die schwachen länglichen Nebel vdB 20 bei Elektra und der rundliche vdB 23 westlich von Alkyone [8, 9]. Aber auch in größerem Abstand zu den hellen Sternen gibt es schwache Nebel zu entdecken, so etwa die sehr schwierigen Reflexionsnebel IC 363 nördlich und IC 341 südlich des Sternhaufens.

Eine ganz besondere Herausforderung ist schließlich Barnards winziger Meropenebel IC 359. Der nur 26" kleine Nebel steht knappe 36" südlich des 4^m2 hellen Sterns – eine echte Herausforderung für Geräte ab 14" Öffnung, hohe Vergrößerungen, gutes Seeing und geduldige Beobachter [10].

■ Ronald Stoyan

[1] Tadross, A. L., Hanna, M. A., Awadalla, N. S.: Taurus stars membership in the Pleiades open cluster, arxiv.org/abs/1011.2936 (2010)
 [2] Converse, J. M.; Stahler, S. W.: The dynamical evolution of the Pleiades, MNRAS 405, 666 (2010)
 [3] Stoyan, R.: Atlas der Messier-Objekte, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
 [4] Hassforther, B.: Veränderlicher aktuell: Pleione, der veränderliche Plejadestern. interstellarium 54, 32 (2007)
 [5] O'Meara, S.: The Messier Objects, Cambridge University Press, Cambridge (1998)
 [6] Hempel, Kay: Astronomie mit bloßem Auge: M 45, interstellarium 67, 29 (2010)
 [7] Spix, L.: Astronomie mit dem Fernglas: Doppelsterne in den Plejaden, interstellarium 67, 29 (2010)
 [8] Stoyan, R.: Die Plejadennebel, Eine visuelle Annäherung an M 45, interstellarium 61, 48 (2009)
 [9] Alzner, A.: Visuelle Beobachtungen der Plejadennebel, interstellarium 9, 26 (1996)
 [10] Glahn, Uwe: Deep-Sky-Herausforderung: IC 349 – Barnards Merope-Nebel, interstellarium 73, 30 (2011)

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



SPITZER SPACE TELESCOPE, NASA, JPL-CALTECH, R. A. GUTERMUTH (HARVARD-SMITHSONIAN CfA)

Objekt der Saison NGC 1333

Interstellare Materie findet sich in Form von Gas- und Staubwolken in vielen Bereichen unserer Milchstraße. Befindet sie sich im direkten Umfeld eines Sterns, kann sie von diesem ionisiert und für uns als Emissionsnebel erkennbar werden. Reicht die Strahlung des Sterns nicht aus um die Ionisation auszulösen, so wird das Licht des Sterns an den Partikeln der Materie gestreut und der Nebel erscheint für uns als Reflexionsnebel. Zu den hellsten Reflexionsnebeln des nördlichen Himmels gehört auch NGC 1333.

Die Entdeckung von NGC 1333 gelang am 31.12.1855 im Rahmen der Bonner Durchmusterung durch Eduard Schönfeld. Bemerkenswert ist, dass bei der Beobachtung ein kleiner Kometensucher mit nur 3" Öffnung zum Einsatz kam [1]. Da Schönfeld seine Entdeckung jedoch erst im Oktober 1862 publizierte, erfolgte am 5.2.1859 die unabhängige Wiederentdeckung durch Tuttle. Auch diese Entdeckung gelang mit einem kleinen 3"-Kometensucher, wobei Tuttle den Nebel als schwach sichtbar beschrieb. Wenig später wurde der Nebel durch Heinrich Louis d'Arrest mit dem 11"-Refraktor der Sternwarte in Kopenhagen beobachtet und trotz guter Beobachtungsbedingungen als

äußerst schwaches Objekt beschrieben. d'Arrest folgerte daraus, dass sich der Nebel abgeschwächt haben muss und möglicherweise variabel ist. Erst Schönfelds Entdeckungspublikation [2] brachte Klarheit, denn er erkannte, dass kleine Teleskope mit ihrem großen Gesichtsfeld und großer Austrittspupille bei der Wahrnehmung großflächiger Strukturen im Vorteil sind.

Aus astrophysikalischer Sicht handelt es sich bei NGC 1333 um einen Reflexionsnebel, der in den westlichen Bereich des Perseus-Molekülwolken-Komplexes eingebettet ist. Die Entfernung zu NGC 1333 beträgt laut Hirota et al. [3] nur 766Lj. Der 10^m5 helle Stern BD +30°549 (Spektraltyp B8) beleuchtet den ihn umgebenden Nebel. Im gesamten Umfeld des Nebels zeigen sich – teils hinter den undurchsichtigen Dunkelwolken von Barnard 205 direkt westlich und Barnard 1 wenig östlich verborgen – Anzeichen aktiver Sternentstehung. So verdeckt der Nebel einen sehr jungen Sternhaufen mit etwa 150 Mitgliedern, der erst vor einer Million Jahren entstand [4]. Bereits auf vielen Aufnahmen von Amateurastronomen finden sich im Umfeld des Reflexionsnebels zudem kleine, rötlich leuchtende Nebel. Hierbei handelt

es sich um so genannte Herbig-Haro-Objekte. Sie werden erkennbar, wenn die ausgeschleuderte Materie junger Sterne mit interstellaren Wolken aus Gas und Staub kollidiert. Oft bilden diese Objekte spektakuläre Jet-ähnliche Strukturen und weisen einen hohen Grad an Dynamik auf. Dabei zeigen sich deutliche Änderungen schon innerhalb weniger Jahre. Eine spektakuläre Aufnahme, die das Chaos der verschiedenen Sternentstehungsprozesse in NGC 1333 dokumentiert, gelang 2005 mit dem Spitzer Space Telescope.

NGC 1333 findet sich etwas mehr als 3° westlich von α Persei im Grenzbereich der Sternbilder Perseus, Stier und Widder. Wie die historischen Beobachtungen eindrucksvoll dokumentieren, lohnt die Beobachtung sogar mit kleinen Instrumenten. Wichtigste Voraussetzung hierbei ist ein dunkler und transparenter Nachthimmel. Dann ist der Nebel auch mit 3" bis 4" Öffnung als diffuse Aufhellung um den zentralen Stern erkennbar. Auch mit großen Optiken erscheint NGC 1333 nicht sehr hell. Der Kontrast zum umgebenden, fast sternlosen Dunkelnebelhimmel ist jedoch auffällig. Südwestlich des zentralen Sterns ist noch ein weiterer Nebelknoten erkennbar. Feindetails wie die Vielzahl von Herbig-Haro-Objekten bleiben jedoch Astrofotografen vorbehalten, die sowohl in Übersichtsaufnahmen als auch Detailstudien sehr reizvolle Motive finden.

■ Matthias Juchert

- [1] Steinicke, W.: *Observing and Cataloguing Nebulae and Star Clusters: From Herschel to Dreyer's New General Catalogue*, Cambridge University Press, Cambridge (2010)
- [2] Schönfeld, E.: Über den Nebelfleck Zone +30° Nr. 548 des Bonner Sternverzeichnisses nebst einigen Bemerkungen über die Nebelbeobachtungen in der Bonner Durchmusterung überhaupt, *Astron. Nachr.* 58, 355 (1862)
- [3] Hirota, T. et al.: Astrometry of H₂O Masers in Nearby Star-Forming Regions with VERA. IV. L 1448 C, *PASJ* 63, 1 (2011)
- [4] Walawender, J. et al.: NGC 1333: A Nearby Burst of Star Formation, *Handbook of Star Forming Regions: Volume I, The Northern Sky*, Astronomical Society of the Pacific (2008)

Surftipp

Spitzer-Bild von NGC 1333:

www.spitzer.caltech.edu/images/1521-ssc2005-24a-Chaotic-Star-Birth

Deep-Sky-Herausforderung Auner 1

Mit der Bereitstellung und Veröffentlichung der ersten Fotoplatten des Palomar Observatory Sky Surveys (POSS) brach seit den frühen fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts eine neue Ära der Neuentdeckungen von Deep-Sky-Objekten an. Die hohe Qualität der $6,5^\circ \times 6,5^\circ$ ($5,4^\circ \times 5,4^\circ$ nutzbar) messenden Platten ließ eine sofortige visuelle Inspektion und Katalogisierung zu. Ergebnis waren tausende neu entdeckte Objekte aller Objektkategorien. Neben den wenigen, zumeist kleinen Plattenfehlern, die hauptsächlich von Staubpartikeln und Filmfehlern stammten und oft genug als Objekt katalogisiert wurden, wiesen die Platten einen weiteren Makel auf. Auf Grund von Reflexionen innerhalb der optischen Komponenten des Schmidt-Spiegelsystems in Verbindung mit den empfindlichen Filmemulsionen der Platten entstanden an den Plattenecken allzu oft von hellen Sternen gebildete Geisterbilder. Diese überblendeten den Hintergrund so intensiv, dass kaum eine Chance bestand neue Objekte »dahinter« ausfindig zu machen.

Genau so erging es dem hier vorgestellten Objekt – dem Offenen Sternhaufen Auner 1. Erst 1980 gelang es einem österreichischen Team um den Astronomen Gerhard Auner den Haufen zu identifizieren [1]. Die Gruppe suchte speziell in problematischen Plattenregionen. So fiel ihnen auf den fehlerbehafteten POSS1-E-Platten eine Sternansammlung auf, die am Rand eines Geisterbildes vom $5,5''$ entfernten Stern Sirius stand. Erste Ergebnisse der parallel von La Silla gewonnenen ESO-B Platten lieferten dann den Beweis. Diesmal

blieben auf Grund einer etwas anderen Anordnung der Plattenmitte (Sirius nicht mit auf der Platte) die Geisterbilder von Sirius aus und ließen einen fehlerfreien Blick auf die ca. 140 zu identifizierenden Mitglieder zu.

Eine exakte Photometrie aus dem Jahr 2007 ist eine der wenigen Untersuchungen über Auner 1 [2]. Danach befindet sich der mit 3,25 Mrd. Jahren sehr alt eingestufte Offene Sternhaufen knapp vor einer jungen Sternpopulation des Norma-Cygnus-Spiralarms. Er gehört nach Annahme der Wissenschaftler zu einer deutlich älteren, in der Sichtlinie stehenden Sternpopulation.

Visuell zählt Auner 1 zu den schwierigen Zielen am Winterhimmel. Da der Haufen nicht auffällig hell ist, muss die Position exakt aufgesucht werden können. Um damit erfolgreich zu sein, wird eine genaue Sternkarte zwingend benötigt. Hier empfiehlt sich ein Ausdruck aus einem Sternkartenprogramm (Achtung, Guide 8 zeigt Auner $8'$ zu weit östlich an) oder ein Ausdruck aus digitalen Himmelsatlanten (vgl. Surftipps). Neben der exakten Suche sind die Himmelsbedingungen ein entscheidender Faktor für eine positive Sichtung. Da sich der Haufen mit knapp -20° Deklination von Mitteleuropa aus nur maximal 20° über den Horizont erhebt, ist neben einem dunklen Beobachtungsplatz vor allen Dingen gute Transparenz am Horizont entscheidend. Ist diese gegeben, kann Auner 1 bereits mit $8''$ Öffnung als kleine, extrem schwache Aufhellung bei Vergrößerungen von mehr als $100\times$ gesehen werden. Auffällig dabei ist eine Sternkette aus vier 12^m -Sternen, die am Südrand des Haufens stehen, jedoch

nicht selbst dazu gehören. Selbst mit mittleren bis großen Öffnung bleibt der Haufen eine schwache Erscheinung. Einzelsterne konnten selbst mit $16''$ Öffnung nicht identifiziert werden. Nur wenige Haufensterne weisen visuelle Helligkeiten von 16^m auf, der Großteil der Sterne befindet sich zwischen 17^m und 19^m . Diese sind daher eher Ziel von sehr großen Teleskopen ab $20''$ Öffnung.

Ist man bei der Suche nach Auner 1, empfiehlt sich ein Blick in die nähere Umgebung. Mit Ruprecht 10 ($0,6^\circ$ südöstlich) und Ruprecht 11 ($1,3^\circ$ südöstlich), sowie Tombaugh 1 ($1,2^\circ$ südwestlich) und Tombaugh 2 ($1,1^\circ$ südlich) stehen gleich vier interessante Offene Sternhaufen in der unmittelbaren Nachbarschaft. Dabei sind gerade der mit mittleren Teleskopen knapp auflösbare, aber schwache Tombaugh 1 und der noch schwächere, sehr reiche Tombaugh 2 eine visuelle Herausforderung.

■ Uwe Glahn

- [1] Auner, G. et al.: A ghost image of Sirius as a hiding place for a new star cluster, *PASP* 92, 422 (1980)
- [2] Carraro, G. et al.: Photometry of a Galactic Field at $l=232^\circ$, $b=-6^\circ$: The Old Open Cluster Auner 1, the Norma-Cygnus Spiral Arm, and the Signature of the Warped Galactic Thick Disk, *Astron. J.* 133, 1058 (2007)

Surftipps

The STScI Digitized Sky Survey:
archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_form
 The Deep Sky Browser, Auner 1:
www.messier45.com/cgi-bin/dsdb/dsb.pl?str=auner+1

Abb. 1: $15' \times 15'$ Ausschnitt aus dem Palomar Observatory Sky Survey von Auner 1 mit Geisterbild von Sirius (Falschfarbenbild mit R = POSS1-E, G und B = POSS1-O).

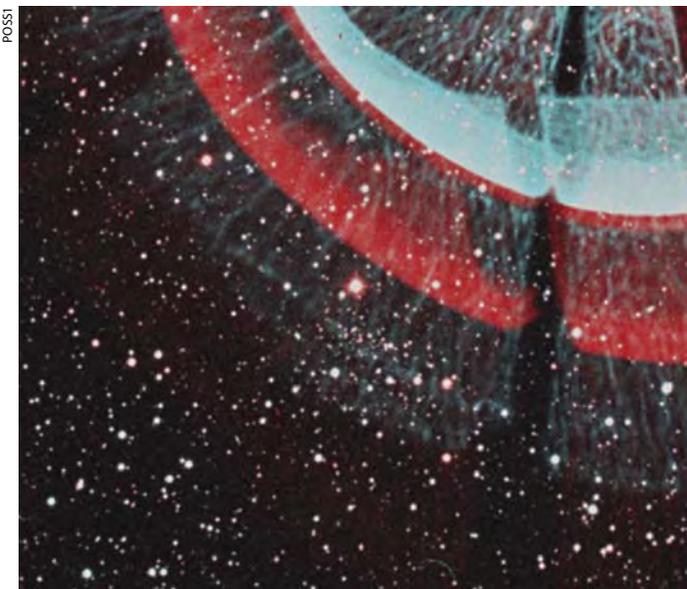


Abb. 2: $15' \times 15'$ Ausschnitt von Auner 1 ohne Geisterbild (Falschfarbenbild mit R = SERC-J, G und B = AAO SES)

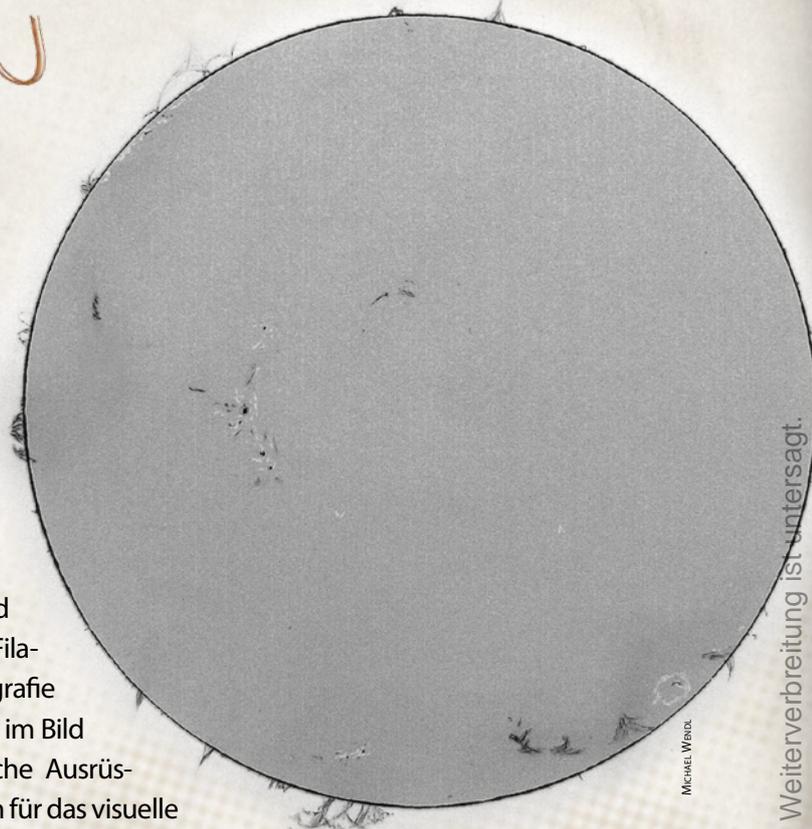


PROTUBERANZEN auf Papier

Sonnenzeichnungen im H α -Licht

VON MICHAEL WENDL

Die Sonnenaktivität steigt und damit auch die Anzahl der für Sonnenbeobachter zu dokumentierenden Erscheinungen. Seit immer mehr Sonnenfreunde H α -Teleskope verwenden, sind neben Sonnenflecken auch Protuberanzen, Filamente und Flares erreichbar. Neben der Fotografie ist die Zeichnung eine Möglichkeit, diese Details im Bild festzuhalten. Sie erfordert nur wenig zusätzliche Ausrüstung und bietet noch dazu einen großen Gewinn für das visuelle Beobachtungserlebnis.



Michael Wendl

Warum zeichnen?

Bei der Prozedur zur Gewinnung von digitalen Sonnenbildern achtet man kaum auf die vielen verschiedenen Details auf der Sonne. Man blickt auf den Monitor und versucht die ruhigsten Luftmomente für die Aufnahmesequenzen zu nutzen. Anschließend müssen unzählige Bilder zu einem guten Ergebnis verarbeitet werden, was die meiste Zeit beansprucht.

Beim Zeichnen der Sonne schaut der Beobachter durch das Okular und erlebt direkt das Sonnengeschehen. Man nimmt sich viel mehr Zeit, die Sonne zu beobachten, und achtet intensiver auf verschiedene Details. Oft wechselt man die Vergrößerung oder verändert die Filterstellung, z.B. um verschiedene Teile einer Protuberanz zu betonen. Durch die für eine Zeichnung benötigte Zeit werden zudem Veränderungen in Protuberanzen oder Flares, die sich auf Zeitskalen von wenigen Minuten abspielen, erst bemerkt. Bei einem kurzen Blick ist es dagegen eher ein glücklicher Zufall, kurzfristige Veränderungen auf der Sonne zu bemerken.

Benötigte Utensilien

Für die Weißlicht- wie auch für die H α -Zeichnung benötigt man einige Materialien:

- eine feste Unterlage (z.B. Zeichenbrett)
- eine vorgedruckte Schablone mit leicht angegrauter Sonne auf einem etwas dickeren Papier (Sonnendurchmesser ca. 14cm)
- zwei Bleistifte mit weicher und harter Mine
- 0,3mm-Minenschreiber
- einen Radierstift oder Radiergummi
- einen Filzwischer
- einen Spitzer
- ein Bastelmesser
- eine Uhr

Fertigung der Zeichnung

Nachdem die Vorlage auf dem Zeichenbrett fixiert wurde, ist es nützlich zunächst die Beobachtungsdaten auf dieser festzuhalten:

- Beobachtungsort, Datum, Start- und Uhrzeit der Zeichnung

Abb. 1: Protuberanzen, Filamente, Fackeln, Flecken: Die ganze Fülle der Sonnenercheinungen im H α -Licht lässt sich auf einer Zeichnung festhalten. Diese Positiv-Sonnenzeichnung vom 19.4.2011 entstand mit einem Coronado PST (40mm Öffnung) und 44-facher Vergrößerung.

- Daten zum Beobachtungsgerät inklusive Okular, Vergrößerung, Filter
- Daten zu den Beobachtungsbedingungen wie Luftunruhe

Da sich im H α -Licht Protuberanzen abgesehen von den Flaregebieten (sehr) schnell ändern können, sollte man zu erst mit dem Sonnenrand beginnen. Protuberanzen, wie später auch die Filamente, werden mit feinen Linien mit dem Bleistift oder Minenschreiber aufgetragen. Die gezogenen Linien werden mit dem Bleistift oder Minenschreiber nachgezogen um einen stärkeren Kontrast zu erhalten, wie z.B. bei eruptiven Protuberanzen.

Verwischen mit dem Finger oder Filzwischer ist sehr hilfreich, um zu hart gezeichnete Details weicher abzubilden und bei Protuberanzen einen

MICHAEL WINDL



Abb. 2: Eine Protuberanz entsteht am Zeichenbrett. Bei aktiven Erscheinungen ergeben sich oft während der Beobachtung bereits Veränderungen im Detail.

neblig-diffusen Effekt zu erzeugen. Die vielseitigen Formen und Größen der Protuberanzen können bei genauen Zeichnungen eine längere Beobachtung erfordern. Daher kann es leicht passieren, dass man nach dem Zeichnen des gesamten Sonnenrands schon teils erhebliche Veränderungen der anfangs gezeichneten Protuberanzen bemerkt. Dies sollte aber nicht zum Verändern der bestehenden Zeichnung verleiten, sinnvoller ist es, für jede größere Protuberanz die Zeit der Zeichnung minutengenau festzuhalten.

Die Sonnenoberfläche wartet mit Filamenten, chromosphärischen Fackeln, Flares und Sonnenflecken auf. Die Filamente werden ähnlich wie die Protuberanzen gezeichnet; bei den hellen Fackeln und noch helleren Flares kommt das Bastelmesser zum Einsatz, um die hellen Gebiete mit der Spitze in die Zeichnung zu kratzen. Je nachdem wie fein oder großflächig diese Regionen ausfallen, kann man die verschiedenen Seiten der Messerspitze nutzen. Die Messerspitze ist ideal für filigrane Arbeiten.

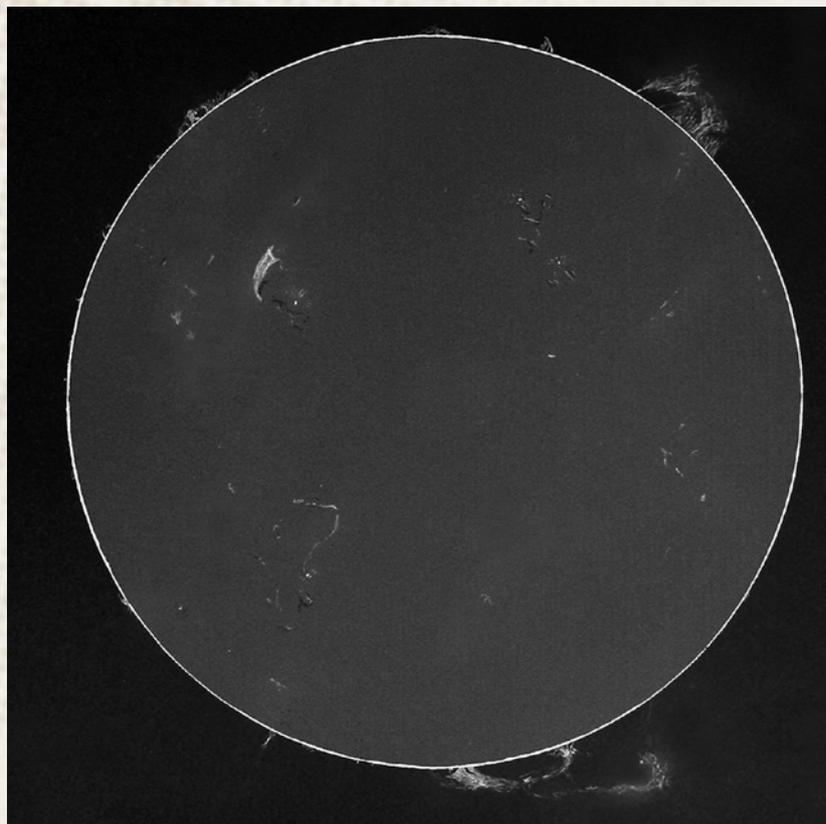
Es ist vorteilhaft, sich vom Sonnenrand zur Sonnenmitte durchzuarbeiten, um die Positionierung und Größenverhältnisse besser abschätzen und umsetzen zu können. Nach dem Erreichen der Sonnenmitte sollte man nochmals die gesamte Sonne überbli-

Abb. 3: Fackeln und Flares werden auf dem grauen Vordruck hell dargestellt. Durch Kratzen mit einem Bastelmesser wird die Einfärbung vom Vordruck entfernt.

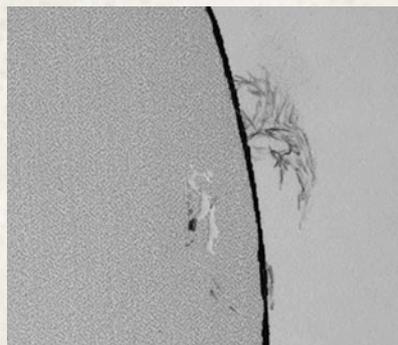
cken, um eventuell vergessene Details zu ergänzen – gleichzeitig aber zwischenzeitlich veränderte Details nicht neu zeichnen. Generell sollte man sich nicht zu sehr auf winzige Details konzentrieren, denn auch in kleinen Beobachtungsgeräten können bei guter Luftruhe zu viele Details sichtbar sein. Zum Schluss wird noch der Endzeitpunkt der Zeichnung in die Vorlage eingetragen.

Um die Zeichnung zu digitalisieren, eignet sich ein Flachbettscanner oder eine digitale Kamera. Ein digitales Positiv erzeugt andere Eindrücke als ein Negativ von der Zeichnung.

Abb. 4: Durch das Einscannen lassen sich Sonnenzeichnungen auch als Negativ darstellen. Sonnenzeichnung vom 5.6.2011, Coronado PST, 44x.



MICHAEL WINDL



MICHAEL WINDL

Fazit

Wichtig ist es, sich Zeit zu nehmen, um so in den vollen Genuss der Beobachtung zu kommen und um mehr Momente mit sehr gutem Seeing mitzunehmen. Fertigungszeiten von 10 bis 20 Minuten, aber auch bis hin zu 90 Minuten sind je nach Detailfülle gegeben. Man lernt durch das Zeichnen intensiv zu beobachten. Es spielt keine Rolle ob man zeichnerisch begabt ist: Jeder kann sich hinsetzen und eine Skizze anfertigen. Die Fertigkeit, das Gesehene auf der Vorlage umzusetzen, wächst von Skizze zu Skizze. Es ist leichter als man denkt – ein Strich folgt dem anderen und lässt den subjektiven Eindruck des Okularanblicks auf dem Papier entstehen.

Surftipps

Homepage des Autors:

www.dersonnenzeichner.de

Observatorium Kanzelhöhe:

www.kso.ac.at

Homepage von Lambert Spix:

www.sky-scout.de

Sonnen- und Mondzeichnungen

von Erika Rix:

pcwobservatory.com



Die nördliche Seenplatte

Ein Spaziergang zu den »Seen« auf dem Mond

VON WILFRIED TOST

Seen auf dem Mond – das klingt wie ein Paradox. Gemeint sind damit kleine Flächen, die nicht groß genug sind, um als »Meer« zu gelten, die aber ebenfalls eine zusammenhängende ebene Oberfläche von dunkler Lava bilden. Ein See auf dem Mond wird als Lacus bezeichnet (Plural: Lacūs). Nördlich des Mare Serenitatis liegen die vier größten Mondseen unmittelbar nebeneinander – von Westen nach Osten Lacus Mortis, Lacus Somniorum, Lacus Temporis und Lacus Spei.

Abb. 1: Der Nordosten des Mondes, nördlich des Mare Serenitatis, ist die Gegend der Mondseen. Vier in unterschiedlicher Ausprägung sind hier zu finden: Lacus Mortis, Lacus Somniorum, Lacus Temporis und Lacus Spei.



Wes HIGGINS

Lacus Mortis

Zum Auffinden des **Lacus Mortis** sind die vier großen Krater nützlich, die diesen Bereich dominieren: Aristoteles (87,6km) liegt am östlichen Ausläufer des Mare Frigoris. Genau im Süden von ihm liegt der etwas kleinere Eudoxus mit 70,2km Durchmesser. Auf halbem Wege zwischen ihnen und dem Pärchen Hercules (70,5km) und Atlas (87,2km) im Osten liegt der Lacus Mortis, in dessen Mitte sich zusätzlich als Blickfang der auffällige Krater **Bürg** mit einem Durchmesser von 40,7km befindet. Es ist ein junger Krater mit einem ausgeprägten Rand, mehreren Terrassen und einem gut erhaltenen doppelten Zentralberg.

Abb. 2: Lacus Mortis mit dem Krater Bürg ist vielleicht der eindruckvollste Mondsee, hier bei Sonnenuntergang vor dem Letzten Viertel fotografiert.

Der Durchmesser des Lacus Mortis wird von der IAU mit 158,8km angegeben, was aber nicht mit der Flächenangabe von 34000km² zusammenpasst. Hier macht sich die fehlende Konturbeschreibung der ausgedehnten Objekte auf dem Mond unangenehm bemerkbar. Während in diesem Falle der Westrand eindeutig definiert ist, sind für die östliche Begrenzung wohl einige Freiheiten erlaubt gewesen.

Lacus Mortis fällt im Teleskop sofort als eine etwa kreisförmige Senke auf. Diese erinnert an eine ehemalige Wallebene, die

MARIO WEIGAND

Was ist ein Lacus?

Die IAU-Namensregeln für den Mond besagen u.a.: »Große dunkle Gebiete erhalten einen lateinischen Namen, der einen Geisteszustand beschreibt. Objekte: Oceanus, Mare, Lacus, Palus oder Sinus.« Lacus wird neben dem Mond auch verwendet für Flächen auf dem Mars und auf Titan. Übersetzt wird Lacus (Plural: Lacūs) mit »See«.

Der Bedeutung nach ist es eine »kleine Ebene« oder ein »kleines Mare«. Geologisch handelt es sich um lokal auftretende (auch großräumige) Flecken von Mare-Lava, die nicht innerhalb eines (erkennbaren) Beckens liegen.

Mit der Erstellung globaler hoch aufgelöster digitaler Oberflächenmodelle des Mondes ist es heute möglich, manchem Lacus ein flaches Becken zuzuordnen. Der Nachweis ist jedoch durchaus schwierig und häufig umstritten.

Die 20 von der IAU benannten Lacūs sind nicht gleichmäßig über den Mond verteilt. Vier befinden sich im Norden und sechs im Westen des Mare Serenitatis. Weitere fünf liegen am westlichen Mondrand in der Nähe von Grimaldi und dem Mare Humorum, zwei liegen beim Mare Crisium und lediglich drei befinden sich auf der Rückseite.

interstellarum GRUNDLAGEN



Abb. 3: Lacus Somniorum wird von den Rimae Daniell und den Rimae G. Bond durchzogen.

NASA/GSFC/ARIZONA STATE UNIVERSITY

Abb. 4: Lacus Temporis wird eine dunkle Region östlich des Kraterpaars Atlas und Hercules genannt. Auffällig ist der unbenannte helle Strahlenkrater östlich von Atlas.

NASA



NASA/Dokumentation des Apollo 11

wecken. Die Weiterverbreitung des Lichteinfall



Abb. 5: Lacus Spei auf einer Aufnahme der Mondsonde Clementine. Dieser gut begrenzte See steht relativ nahe am Mondrand und ist nur bei günstiger Libration gut zu beobachten.

alten Mond liegt dieser abgesenkte Teil vollständig im Schatten und die geradlinige westliche Grenze erscheint ähnlich eindrucksvoll wie der »Goldene Henkel« im Sinus Iridum: ein lohnender Anblick.

Lacus Somniorum

Im Süden des Lacus Mortis beginnt jenseits einer kleinen Gebirgskette mit den Kratern Plana (43km) und Mason (33,3km) der **Lacus Somniorum**. Mit einer Fläche von 47300km² ist er der größte »See« auf dem Mond. Er reicht von hier bis zum Nordrand des Mare Serenitatis mit dem imposanten 100km großen Posidonius. Von dort erstreckt sich der Lacus Somniorum in nordöstlicher Richtung bis zu Hercules und Atlas. Erwähnenswerte Krater im Lacus sind **Hall** und **Daniell**. Der 28,2km große Daniell besitzt im Süden umfangreiche Hangrutschungen, wodurch der Krater länglich erscheint. Sein Boden besteht aus dunkler Mare-Lava, deren Herkunft nicht eindeutig geklärt ist. Von ihm aus ziehen sich die 172km langen **Rimae Daniell** nach Westen in Richtung Mare Imbrium. Krater Hall (31,8km), benannt nach dem Entdecker der Marsmonde, ist ungewöhnlich, weil er überwiegend zerstört ist und nur noch wenige Überreste seines ehemaligen Randes vorhanden sind. An seinem westlichen Rand entlang verläuft die **Rima G. Bond**, die eine Länge von fast 170km besitzt und ein recht breiter tektonischer Bruch ist, der nach Süden bis in das hügelige Gelände reicht.

Ein unbenannter Strahlenkrater

Auf dem Wege zum Lacus Temporis, der sich östlich von Atlas befindet, sollte unbedingt ein vernachlässigtes Kleinod in dieser Gegend beobachtet werden. Weniger als eine Kraterbreite östlich von Atlas (87,2km) und eine Kraterbreite nördlich von Atlas A (22,7km) ist ein besonders heller Strahlenkrater von nur 2,8km Durchmesser bei jeder Mondphase zu sehen. Obwohl er im Teleskop der hellste und auffälligste Krater der gesamten Region ist, ist er unbenannt und hat nicht einmal eine Buchstabenanzuordnung zum benachbarten Atlas erhalten. Durch Zufall hat sich der namenlose Krater auf einem letzten Überrest der ursprünglichen Mondkruste gebildet, die hier als

praktisch vollständig durch Schutt und/oder Lava aufgefüllt wurde. Man erkennt jedoch, dass ein typischer Kraterwall fehlt. Stattdessen fällt die Ebene ohne Übergang direkt in die Tiefe ab. So sehen sonst nur ehemalige Vulkankegel oder eingestürzte Magmakammern aus, wie z.B. Hyginus (8,7km). Eine 160km durchmessende Caldera oder Magmakammer ist jedoch nicht vorstellbar und so ist die Herkunft des Lacus Mortis immer noch ungeklärt. Der Einschlag von Bürg im Zentrum des Lacus war offensichtlich tief genug, um Teile von Urgestein an die Oberfläche zu befördern, welches sich im Spektrum des Auswurfgesteins nachweisen lässt. Die Mächtigkeit der Lava im Lacus Mortis dürfte nur um die 4000m betragen, denn der relativ junge kopernikanische Krater Bürg besitzt eine Tiefe von 3760m, wobei sich der Rand zwischen 700m – 900m über das Niveau des Lacus erhebt.

Bürgs jugendliches Alter zeigt sich im Vergleich zu einigen recht leicht beobachtbaren Rillen im westlichen Teil des Lacus Mortis. Einige schmale Rillen deuten auf Lavaförderung hin, aber ein sehr auffälliger tektonischer Bruch zieht sich aus dem im Südwesten gelegenen hügeligen Gebiet über die Ebene nach Norden. Dies sind die 98km langen **Rimae Bürg**, die in ihrem mittleren Teilstück von Auswurfmaterial des Kraters Bürg bedeckt wird. Der Krater ist also jünger als die Rille. Eine umfangreiche Auswurfdecke erstreckt sich zudem nach Norden und ist auch im Teleskop zu erkennen. In speziellen Höhenkarten ist zusätzlich zu sehen, dass dieses Gebiet höher liegt als alle anderen Bereiche des Lacus Mortis mit Ausnahme des Kraterandes von Bürg. Die westliche Hälfte des Lacus liegt deutlich tiefer als der östliche Teil. Besonders bei einem etwa 4,5 Tage

Boulders

Auch auf dem Mond findet natürliche Erosion statt. Durch ferne Einschläge oder durch Mondbeben können an steilen Abhängen Hangrutschungen entstehen oder einzelne Steine hinunterrollen. Auf hoch aufgelösten Bildern des Lunar Reconnaissance Orbiters sind viele große Gesteinsbrocken, sog. Boulder und ihre Rollspuren zu finden. Dazu sollte man gezielt bei steilen Abhängen danach suchen, z.B. bei Rillen oder kleineren Kratern. Anhand der Größe der Brocken und der Weite der Spur kann man auf die Eigenschaften des Mondbodens schließen: Wie tief ist der Stein eingesunken? Wie fest ist demnach der Boden? Ist der Stein zerbrochen? Welche Größe haben die Steine? Wie stark ist oder war die lokale Neigung der Abhänge?

kleiner Berg stehen geblieben ist. Durch den Impakt ist deren helles Urgestein pulverisiert und im Umkreis von bis zu 50km verteilt worden. Das Auswurfmuster lässt darauf schließen, dass das Projektil aus südöstlicher Richtung eingeschlagen ist.

Lacus Temporis

Das dunkle Gebiet östlich des anonymen Strahlenkraters ist der **Lacus Temporis**, dessen Durchmesser die IAU mit 205km angibt. Die Fläche reicht demnach bis an den Krater Mercurius heran. Durch Kraterzählungen ist das Alter der Lavaflächen im Lacus auf 3,62 bis 3,74 Milliarden Jahre bestimmt worden, was ihn in die späte Imbrische Periode datiert. Nach dieser Zeit ist diese Region nicht mehr grundlegend umgeformt worden. Bei genauer Betrachtung wird ersichtlich, dass der Lacus genau zwischen zwei Ringen des Humboldtianum-Beckens liegt. Das Mare Humboldtianum im Beckenzentrum ist gerade noch am

nordöstlichen Mondrand auszumachen. Spekulativ könnte man vermuten, dass der Lacus Temporis die nördliche Hälfte eines noch älteren und vergangenen Prä-Nektarischen Beckens ist, das sein Zentrum auf dem Hochland eine Kraterbreite neben Shuckburgh A hatte und ca. 420km Durchmesser besaß. Nach dessen Zerstörung durch die Bildung des Humboldtianum-Beckens wurden Teile des bei diesem Ereignis entstandenen Ringes durch den nachfolgenden Einschlag des Kraters Messala (122,4km) ebenfalls ausgelöscht. Reste davon sind jedoch immer noch zu erkennen. Auch der Berg mit dem weiter oben beschriebenen anonymen Strahlenkrater könnte ein Überbleibsel des Ringes sein. Innerhalb des untergegangenen Beckens gibt es heute eine Vielzahl von mittelgroßen Kratern, die einen guten Kontrast zu den dunklen Ebenen des Lacus Temporis bilden. Alte Krater sind hier verfüllt und überflutet und es haben sich etliche irreguläre Ablagerungen gebildet.

Surftipps

Lunar Reconnaissance Orbiter-Quickmap:
target.lroc.asu.edu/da/qmap.html
 Verschiedenste sehr gute
 Mondkarten:
www.lpi.usra.edu/resources/mapcatalog/

Lacus Spei

Zum Abschluss noch ein Blick auf den **Lacus Spei**. Er schließt sich östlich an den Lacus Temporis an und ist von ihm durch die Krater Carrington (27,8km) und Schumacher (61,3km) getrennt. Auf seiner Oberfläche befindet sich eine besonders dunkle Lava, was bei der Identifizierung hilft, denn durch seine Randnähe ist er nicht leicht zu beobachten. Bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts galt Lacus Spei noch als Krater mit dem Namen (Wilhelm) Struve. Philipp Fauth forderte noch 1936 im Buch zu seiner Mondkarte »Unser

Wie kann man das Alter von Mondkratern visuell einschätzen?

Krater stellen die dominierende Oberflächenformation des Mondes dar, entstanden durch Meteoriteneinschläge. Diese Einschläge hinterließen überall auf unserem Trabanten ihre Spuren – nahezu alle Oberflächenformationen sind meteoritischen Ursprungs: Mondmeere sind mit Ergussgestein gefüllte, gewaltige Krater, und die Mondgebirge sind die Reste der zugehörigen ehemaligen Kraterwälle. Da der Mond keine Atmosphäre hat, bleiben Krater über viel längere Zeit erhalten als auf der Erde. Eine Verwitterung im irdischen Sinne, also eine Zerstörung der Gesteinsstrukturen durch Wasser, Frost und Pflanzen findet auf dem Mond nicht statt. Dennoch ändert sich die Struktur der Mondoberfläche mit der Zeit. Die wichtigste

Quelle der Umgestaltung sind spätere Einschläge von großen und kleinen Körpern.

Das Fehlen einer Atmosphäre führt dazu, dass jeder auch noch so winzige Körper mit der vollen Geschwindigkeit von 20km/s – 70km/s auf dem Mond einschlägt und dort auch eine Wirkung hinterlässt. Auf der Erde verglühen kleinere Meteoriden in der Luft hülle und hinterlassen keine Spuren in der Erdkruste. Kleine Einschläge sind wahrscheinlicher als große, deshalb wird ein Krater typischerweise nicht mit einem Schlag ausgelöscht, sondern allmählich zerstört: Kleine und über lange Zeit auch mittlere Einschläge verändern die Oberfläche und führen zu einer Erosion. Diese Veränderungen gehen anfangs rasch vonstatten. Später steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Einschlag ein bereits zerstörtes Gebiet trifft, und die Erosionsgeschwindigkeit sinkt. Der allerletzte Rest – ein Geisterkrater oder ein Fragment – bleibt sehr lange erhalten. Dieser Vorgang wird auch als Superposition bezeichnet.

Die Wirkung der Kratererosion kann visuell leicht nachvollzogen werden. Dazu benötigt man ein Teleskop, welches eine Vergröße-

rung von 100x – 150x zulässt. Schon auf den ersten Blick ist der unterschiedliche Erhaltungszustand der Formationen zu sehen. Für die ersten Betrachtungen eignen sich die formreichen Ringgebirge mit Durchmessern zwischen 20km und 100km am besten: Es gibt eine Vielzahl an morphologischen Einzelheiten, deren Unterschiede bei verschiedenen alten Kratern untersucht werden können.

Der Einschlag eines größeren Meteoriten erzeugt im Grundgestein eine Stoßwelle, die das Gestein zerstört: Es wird zerkleinert, zum Teil geschmolzen und zum Teil verdampft und schließlich zum Teil ausgeworfen. Es entstehen der Kraterwall und das ihn außen umgebende Auswurfmaterial. Das lose Material der inneren Wälle rutscht zum Teil in den Krater zurück und bildet die so genannten Terrassen. Außerdem findet man oft einen Zentralberg. Ein junger Krater zeigt diese Formationen in großer Klarheit: Der Kraterwand ist sehr scharf, das Auswurfmaterial zeigt radiale Strukturen, die vom Auswurfvorgang herrühren. Im Laufe der Zeit rundet sich der Wall, das Zentralgebirge stürzt ein und die filigranen Einzelheiten der Terrassen und des Auswurfmaterials verschwimmen und werden von radialen Strukturen durchzogen. Später bricht der Wall teilweise ein,

Skala der Kraterdegradation nach D. W. G. Arthur [1]

Klasse	Beschreibung	Alter
1	Völlig unberührte Kraterländer, Strahlensysteme	0–2,9 Mrd. Jahre
2	Frische Krater, entstanden nach Überflutung der Mondmeere	3,0–3,4 Mrd. Jahre
3	Leicht verwaschene Kraterländer	3,5–3,7 Mrd. Jahre
4	Stark zerfallen	3,8–4,0 Mrd. Jahre
5	Nur noch ein schwacher Umriss	4,1–4,5 Mrd. Jahre

Seen und Krater im Nordosten des Mondes

Objekt	Typ	Breite	Länge	Colongitude	Größe/Fläche	Rükl/FMA ¹
Lacus Mortis	See	+45,1°	+27,3°	329° – 336°	158,8km/34000km ²	14/22
Lacus Somniorum	See	+37,6°	+30,8°	320° – 336°	424,8km/47300km ²	14,15/6,22
Lacus Temporis	See	+46,7°	+56,0°	299° – 308°	205,3km	15/4
Lacus Spei	See	+43,5°	+65,2°	294° – 296°	76,7km	16/3
Rimae Bürg	Rillensystem	+44,5°	+25,2°	333° – 330°	98km	14/22
Rimae Daniell	Rillensystem	+37,3°	+24,7°	332° – 340°	172km	14/22
Rima G. Bond	Rille	+32,9°	+35,3°	323° – 325°	166,9km	15/21
Bürg	Krater	+45,0°	+28,2°	331° – 333°	40,7km	14/22
Daniell	Krater	+35,4°	+31,1°	329°	28,2km	14/21
Hall	Krater	+33,8°	+36,7°	323°	31,8km	15/21
Anon. bei Atlas	Krater	+46,5°	+49,5°	311°	2,8km	15/5,4

¹ Fotografischer Mondatlas

Mond« die Beobachter auf: »Seine Begrenzung durch Kratergruppen und Bergausläufer wäre noch genauer zu erforschen, was bei seiner Randnähe doppelt nötig ist.« Später wurde der »dreizipfelige Dunkel-fleck« umbenannt in »Mare Struve«, dann »Lacus Struve« (1964) und schließlich in

»Lacus Spei« (1976). Dem ursprünglichen Namensgeber Wilhelm Struve, seinem Sohn und seinem Ur-Enkel wurde 1964 gemeinsam der Krater Struve am Westrand des Mondes gewidmet. Sie alle waren zu ihrer Zeit die Direktoren der Sternwarten in Pulkovo bzw. Yerkes.

[1] Hiesinger, H. et al.: Ages and stratigraphy of lunar mare basalts in Mare Frigoris and other nearside maria based on crater size-frequency distribution measurements, *Journal of Geophysical Research* 115, E03003 (2010)

von Uwe Pilz

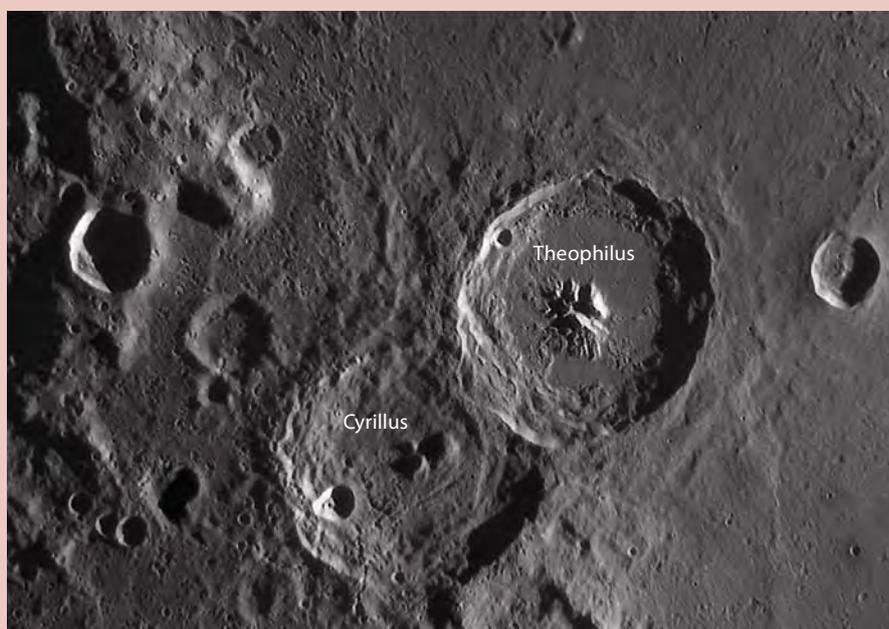
PRAXISWISSEN

bis schließlich nur noch Fragmente oder ein Geisterkrater übrig bleiben. Parallel zur Formveränderung wechselt die Albedo: Frisches Material ist deutlich heller, wie man an den großen Strahlensystemen sehen kann. Durch den Einfluss der kosmischen Strahlung dunkelt das Material im Laufe der Jahr-millionen.

Man kann diese Gesetzmäßigkeit der Kraterentwicklung leichter verfolgen, wenn man auf charakteristische Zeichen achtet:

- Bei sich überdeckenden Kratern ist der »aufliegende« auf jeden Fall jünger. Dasselbe gilt für kleinere Krater, die einen Defekt in den Wall eines größeren gerissen haben.
- Wenn Rillen durch einen Krater hindurch laufen und sich im umliegenden Gebiet fortsetzen, dann ist der Krater offensichtlich älter als die Rille. Im Gegenzug ist die Rille älter, wenn sie vom Krater unterbrochen wird.
- Von Lava überschwemmte Kraterreste am Rande der Mondmeere müssen älter sein als das Meer selbst und alle es bedeckenden Krater.
- Helles Material im Umfeld des Kraters oder gar helle Strahlensysteme weisen auf junge Krater hin.

[1] Baldwin, R. B.: *The Measure of the Moon*, Universe of Chicago Press, Chicago (1963)



PAOLO LAZZAROTTI

Der Krater Theophilus ist relativ jung: Der Kraterrand ist scharf, das Zentralgebirge ist gut erhalten, im Inneren sind Reste zu erkennen, die bei der Entstehung zurückfielen. Der Kraterboden wird nur von wenigen Kleinkratern bedeckt. Cyrillus gehört zur selben Kategorie, ist aber wesentlich älter: Der Kraterrand ist gerundet und von zahlreichen Einschlägen gezeichnet, das Zentralgebirge ist verschliffen. Der Kraterboden ist von losem Material bedeckt und zeigt die Wirkung späterer Einschläge in Form von Kraterketten und Rillen.

SUPERNOVAE im Teleobjektiv

Drei Sternexplosionen im Bereich des Großen Wagens

VON THOMAS HEBBEKER

Im Frühjahr und Sommer 2011 gab es drei Supernova-Ausbrüche im oder in der Nähe des Großen Wagens, die schon mit kleinen Teleskopen gut beobachtet werden konnten. Die Messung der Lichtkurve einer der drei Sternexplosionen, der SN 2011by in der Galaxie NGC 3972, gelang sogar mit einem mittleren Teleobjektiv an einer Spiegelreflexkamera.

ACHIM SCHALLER, ÜLRICH SCHÜLY, STEPHAN STUDER

▲ **Abb.1: Die Supernova SN 2011dh** in M 51 war die zweithellste Supernova in diesem Jahr. Übertroffen wurde sie nur noch von SN 2011fe in M 101. Beide waren bereits in kleineren Teleskopen sichtbar.



Der Große Wagen und die Jagdhunde

Der Große Wagen ist der bekannteste Teil des Sternbilds Großer Bär (Abb. 2). Alle zugehörigen sichtbaren Sterne befinden sich in unserer Milchstraße, insbesondere die sieben hellen Sterne, die den Kasten und die Deichsel bilden, in Distanzen von typisch 100 Lichtjahren. Natürlich gibt es in dieser Himmelsregion auch weiter entfernte Lichtquellen wie Galaxien, darunter die bekannten Messier-Objekte M 101, M 108 und M 109. Ganz in der Nähe, im Sternbild Jagdhunde, befindet sich auch M 51, die Strudelgalaxie. Dazu kommen viele scheinbar weniger helle und kleinere Galaxien in noch größeren Abständen.

Abb. 2: Der Große Wagen. In M 101, NGC 3972 und M 51 in den Jagdhunden fanden dieses Jahr drei helle Supernovae statt.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung

Supernova-Ausbrüche 2011

Von den im Amateurteleskop eher unscheinbar auftretenden Galaxien des Großen Wagens interessiert besonders NGC 3972, denn in dieser gab es Ende April einen Supernova-Ausbruch, gefolgt von einer Sternexplosion in M 51 Anfang Juni 2011 (Abb. 1) und einer Ende August entdeckten Supernova in M 101. Genauer sollte man formulieren, dass zu diesen Zeitpunkten die Supernovae auf der Erde entdeckt wurden, denn die zugehörigen Galaxien sind etwa 23 (M 51), 27 (M 101) und 40 Millionen (NGC 3972) Lichtjahre entfernt, entsprechend lang war das Licht unterwegs. In Abb. 2 sind die Positionen von M 51, M 101 und NGC 3972 angedeutet. Supernovae werden in der Reihenfolge ihrer Entdeckung eines Jahres mit Hilfe von Buchstaben durchnummeriert und ergänzt durch das Kürzel »SN« für Supernova und die Jahreszahl. Der berühmte Ausbruch in der Großen Magellanschen Wolke trägt die Bezeichnung SN 1987A, war also die erste entdeckte Supernova im Jahr 1987. Die hier beschriebenen Supernovae heißen SN 2011by (NGC 3972), SN 2011dh (M 51) und SN 2011fe (M 101). Man benötigt inzwischen zwei Buchstaben, weil jedes Jahr viele hundert Explosionen entdeckt werden. Man beginnt bei der Nummerierung mit einem einzelnen Großbuchstaben und fährt dann mit Paaren von Kleinbuchstaben fort, also SN 2011A bis SN 2011Z, SN 2011aa, SN 2011ab ... SN 2011az, SN 2011ba... Die drei Supernovae erreichten eine maximale visuelle Helligkeit zwischen 10^m0 und 12^m5 , waren also gut mit einem kleinen Instrument beobachtbar. Die Supernova SN 2011by wurde am 26.4. von Zhangwei Jin und Xing Gao entdeckt, die in M 51 wurde fast gleichzeitig von mehreren Amateurastronomen gesehen, darunter Thomas Griga aus Deutschland. Die SN 2011fe in der Feuerrad-Galaxie M 101 wurde am 24.8. bei einer automatischen Himmelsüberwachung der Palomar Transient Factory gefunden.

Supernova-Forschung mit Digitalkamera und Teleobjektiv

Man kann mit einer normalen Spiegelreflexkamera (hier Canon 500D mit APS-C-Sensorgroße) und einem mittleren Teleobjektiv (Canon EF 200mm/2,8 L II) die Supernovae fotografieren und den Helligkeitsverlauf aufzeichnen. Eine Nachführung ist allerdings unerlässlich, da man mehrere Minuten belichten muss.

THOMAS HEBBEKER



Abb. 3: M 51 (rechts unterhalb der Mitte). Digitalfoto, 25.4.2011, 200mm-Teleobjektiv, zugeschnittenes Gesichtsfeld von etwa $1,4^\circ \times 1^\circ$.

Ende April gab es in der Nähe von Aachen einige klare Nächte und der Große Wagen stand in den Abendstunden in Zenit-Nähe – ideal für Aufnahmen im lichtverschmutzten Mitteleuropa. Für die Aufnahmen wurde die Kamera huckepack auf ein 6"-Newton-Teleskop auf einer Meade LXD-75-Montierung gesetzt. Das Teleskop diente zur manuellen Nachführung. Zur Re-

duzierung der Hintergrundhelligkeit wurde ein Clip-Filter IDAS LPS P2 in das Kameragehäuse eingesetzt. Bei Blende 4 und ISO 400 wurde 4min pro Aufnahme belichtet. Der Bildwinkel beträgt etwa 4° , somit decken die Fotos ungefähr das gleiche Sichtfeld wie ein Fernglas ab. Ich habe am 25. April von jedem der sieben hellen Sterne und von den wichtigsten Messier-Objekten

Abb. 4: NGC 3972 mit Nachbargalaxien im 200mm-Teleobjektiv: links 25.4.2011, rechts 30.4.2011 mit SN 2011by. Die Farbwerte im Foto wurden in Graustufen umgewandelt, um die schwachen Galaxien besser herauszustellen. Größe des Bildausschnitts etwa $0,7^\circ \times 1^\circ$.



THOMAS HEBBEKER

THOMAS HASECKER



Abb. 5: Strudelgalaxie M 51 im 200mm-Teleobjektiv: links 25.4.2011 (Ausschnitt von Bild 3), rechts 28.6.2011 mit SN 2011dh. Größe des Bildausschnitts etwa $0,7^\circ \times 0,8^\circ$.

im Großen Wagen und in dessen Nähe je ein Bild gemacht und sofort in der Kamera einen Dunkelbildabzug vorgenommen. Die Qualität des Objektivs ist so gut, dass Flatfieldaufnahmen nicht erforderlich sind. Abbildung 3 zeigt ein Foto mit M 51 im Zentrum. Die Grenzhelligkeit dieser Aufnahmen liegt bei etwa $14^m - 15^m$. Zu diesem Zeitpunkt ahnte niemand etwas von den drei Supernovae.

Als dann die Supernova-Entdeckungen gemacht wurden, habe ich die entsprechenden Himmelsregionen wieder fotografiert. Die Abb. 4 bis 6 zeigen die entsprechenden Vergleichsbilder. Diese sind nicht von überragender Qualität, denn man muss die Teleobjektiv-Aufnahmen stark vergrößern, aber die Supernovae sind klar zu sehen. NGC 3972 kann man nur als schwaches Fleckchen wahrnehmen – man versteht, warum früher alle solche Objekte als »Nebel« bezeichnet wurden. Beeindruckend ist die Helligkeit der Supernova: Der explodierende Stern in NGC 3972 ist etwa so hell wie die gesamte »Muttergalaxie«, die aus vielen Milliarden Sternen besteht. Ein so explodierender und sterbender Stern erhöht für einige Tage seine Helligkeit um etwa 10 Zehnerpotenzen.

Pre-Discovery

Bei einer sehr starken Kontrastanhebung der Teleobjektiv-Aufnahme von NGC 3792 vom 25. April, die einen Tag vor der offiziellen Entdeckung am 26. April aufgenommen wurde, erkennt man schon andeutungsweise den Supernova-Ausbruch (Abb. 7). Die visuelle Helligkeit kann man zu etwa $14^m,5$ abschätzen. Diese Beobachtung gilt

als »Pre-Discovery« und ist auf den entsprechenden Webseiten als solche aufgeführt (vgl. Surftipps). Im Prinzip hätte man also die SN 2011by mit diesem Foto entdecken können...

Messung der Lichtkurve

Es wäre naheliegend, das Newton-Teleskop oder ein größeres Instrument für die Beobachtung und die Aufnahmen einzusetzen, aber mein Ziel war, die Möglichkeiten des Teleobjektivs auszureizen. Daher wurden in den Nächten nach der Entdeckung – sofern das Wetter mitspielte – weitere Aufnahmen unter genau den gleichen Bedingungen wie am 25. April gemacht. Anschließend wurde die Helligkeit der Supernova auf folgende Weise gemessen: Die Aufnahmen wurden im RAW-Modus gemacht und später mit dem kostenlosen Programm IRIS (vgl. Surftipps) ausgewertet. Dazu selektiert man die Option »Aperture Photometry« und bestimmt die Helligkeit des neuen Sternes und die einiger (nicht variabler) Nachbarsterne von etwa gleicher und bekannter Helligkeit. Die Himmelhelligkeit wird dabei automatisch vom Programm abgezogen. Durch Differenzbildung und Mittelung ergibt sich dann die Supernova-Helligkeit [1], die in Abb. 8 für SN 2011by als Funktion der Zeit aufgetragen wurde. Am Ende der mehrwöchigen Beobachtungsphase wurde das Wetter schlecht und die Helligkeit fiel so weit ab, dass die Messungen beendet werden mussten. Ähnliche Messreihen für die späteren beiden Supernovae kamen leider nicht zustande – viele Wolken vereitelten dies.

THOMAS HASECKER



Abb. 6: Feuerrad-Galaxie M 101 im 200mm-Teleobjektiv: links 25.4.2011, rechts 28.8.2011 mit SN 2011fe. Größe des Bildausschnitts etwa $0,5^\circ \times 0,5^\circ$.

Die blauen Punkte in Abb. 8 zeigen die mit IRIS bestimmten Helligkeiten. Offene blaue Kreise geben Punkte an, die bei nicht idealen Witterungsbedingungen oder bei noch nicht ganz dunklem Himmel gemacht wurden – im Sommer sind die Nächte kurz! Die quadratischen gelben Punkte entstanden durch Vergleich einiger sehr lichtschwacher Supernova-Messpunkte mit den Referenzsternen per Auge – weil das Programm IRIS hier nicht mehr gut zwischen Supernova und umgebender Galaxie trennen konnte. Die vertikalen gelben Linien geben obere Grenzen an – hier war auf der Aufnahme die SN 2011by nicht mehr erkennbar. Die von Hand durchgezogene Linie glättet den Helligkeitsverlauf. Man erkennt recht gut den ca. zwei Wochen dauernden Anstieg bis auf ungefähr $12^m,6$ und den nachfolgenden mehrwöchigen Abfall der Helligkeit um etwa zwei Magnituden.

Supernova ist nicht gleich Supernova

Auch wenn SN 2011by, SN 2011dh und SN 2011fe viele Gemeinsamkeiten aufweisen (Zeit, Ort, Helligkeit), sind sie physikalisch sehr verschieden, dies können professionelle Astronomen aus Spektralanalysen und genauer Messung des Helligkeitsverlaufs schließen. Bei den SN 2011by und SN 2011fe handelt es sich um Supernovae vom Typ Ia: Ein weißer Zwerg akkretiert Gas von seinem Begleitstern bis die Chandrasekhar-Massengrenze erreicht ist. Dann kommt es zur thermonuklearen Explosion, die Energie wird im Wesentlichen durch Kernumwandlungen

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

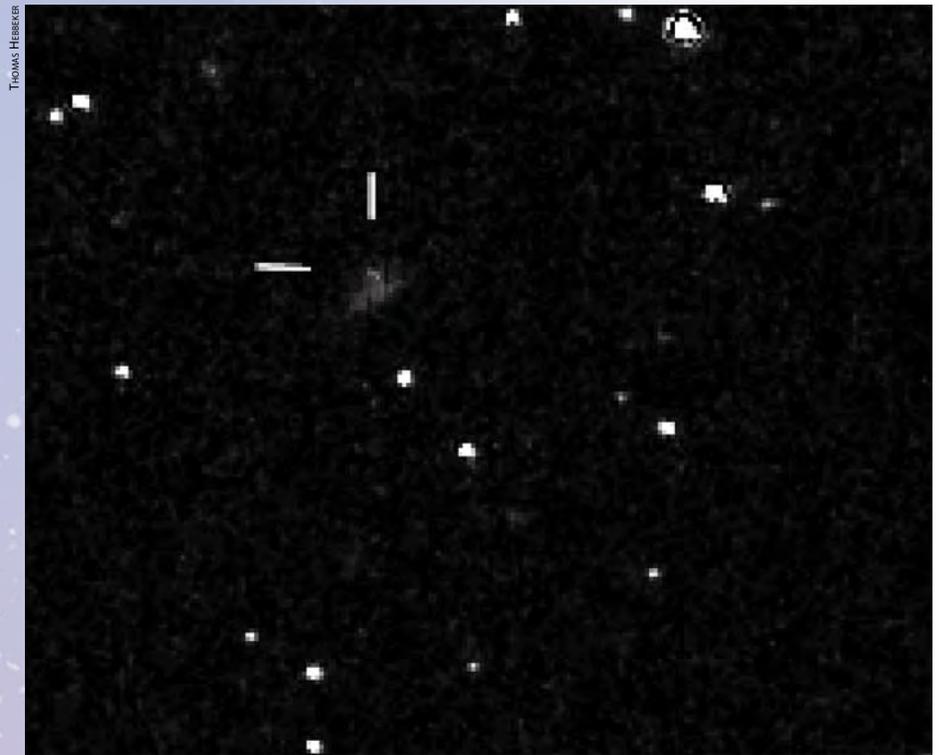


Abb. 7: »Pre-Discovery«-Aufnahme von SN 2011by. Der Bildausschnitt ist knapp $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ groß. ▶

geliefert. Es bleibt kein Reststern. Supernovae des Typs Ia spielen eine wichtige Rolle in der Kosmologie: Da sie alle in etwa die gleiche absolute Maximalhelligkeit besitzen, kann man ihre Entfernung einfach aus der sichtbaren Helligkeit berechnen. Vom Typ II ist die SN 2011dh: Hier kollabiert ein massereicher Riesenstern, wenn alle exothermen Fusionsprozesse ausgeschöpft worden sind. Es wird vor allem Gravitationsenergie freigesetzt. Meist bleibt ein Neutronenstern übrig, den man evtl. als Pulsar von der Erde aus

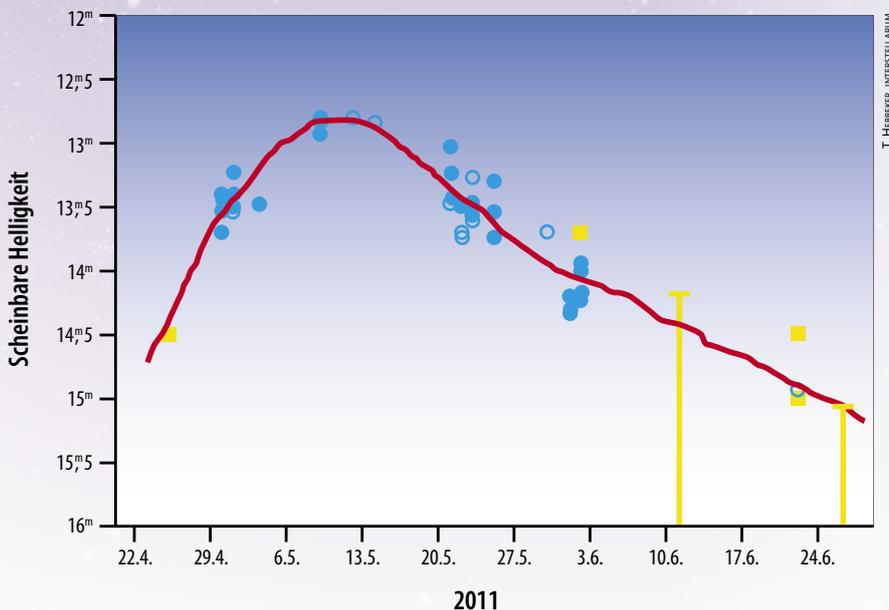
beobachten kann. Damit konnte man von April bis September 2011 also Vertreter der beiden wichtigsten Supernova-Klassen am Nordhimmel beobachten.

Das Element Kobalt und Supernova-Explosionen

Die Supernova-Helligkeiten klingen mit einer Zeitkonstante von einigen Wochen ab, und die in Abb. 8 gezeigten Messungen an der Supernova Typ Ia bestätigen dies. Eine wesentliche Rolle bei

der Abklingzeit einer thermonuklearen Supernova spielt das radioaktive Kobalt-Isotop ^{56}Co , dessen Zerfall die Hauptenergiequelle des sterbenden Sterns darstellt. Damit ist die Geschwindigkeit des Helligkeitsabfalls also durch die Halbwertszeit von ^{56}Co gegeben. Aus Abb. 8 liest man für den letzten Beobachtungsmontat etwa 1^m Helligkeitsverlust ab. Das ist ein Faktor 2,5 in der Intensität (also ungefähr 2). Damit ergibt sich für die Größenordnung der Halbwertszeit ein Monat. Die Schätzung ist gar nicht so schlecht, der Literaturwert für die Halbwertszeit beträgt 77 Tage. So kann man also mit einem auf den Himmel gerichteten Teleobjektiv auch Kernphysik betreiben.

Abb. 8: Gemessene Helligkeitskurve von SN 2011by. Hellblau: Auswertung mit Programm IRIS. Gelb: Helligkeitsschätzung. Der Eintrag ganz links ist der »Pre-Discovery«-Punkt. Die durchgezogene rote Linie versucht die Einzelmessungen zu einer glatten Lichtkurve zusammenzufassen.



[1] Hebbeker, T.: Delta Cephei – ein Veränderlicher für Anfänger, interstellarium 71, 40 (2010)

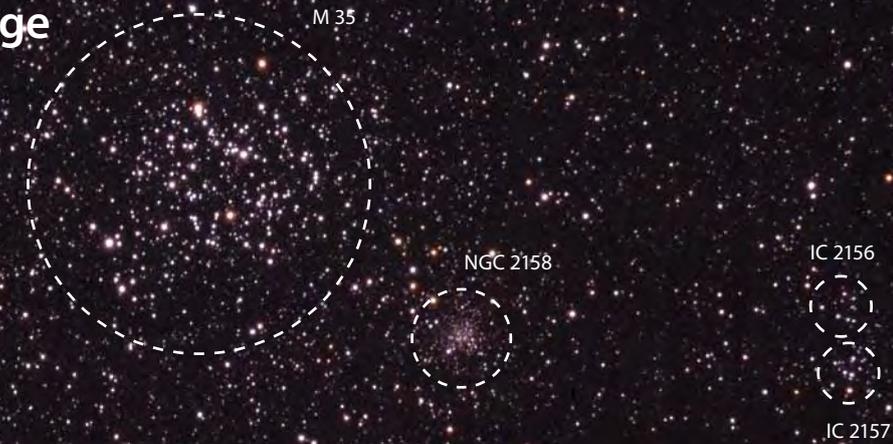
Surftipps

- SN 2011dh von A. Schaller:
www.startrails.de/files/m51KellerNewton.jpg
- Supernova SN 2011by:
www.rochesterastronomy.org/sn2011/sn2011by.html
- Supernova SN 2011dh:
www.rochesterastronomy.org/sn2011/sn2011dh.html
- Supernova SN 2011fe:
www.rochesterastronomy.org/sn2011/sn2011fe.html
- Bildverarbeitungssoftware IRIS:
astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm

100 Quadratgrad Himmel

Orion trifft Zwillinge

VON REINER VOGEL



Die Tour führt in das Gebiet zwischen Orion und Zwillinge, mitten in die Wintermilchstraße. Diese Himmelsgegend ist voll von Sternhaufen und Nebeln. Nur wenige davon, wie der Messier-Sternhaufen M 35, der auch Ausgangspunkt dieser Tour ist, gehören zu den bekannteren Deep-Sky-Objekten. Die meisten stellen eher unbekannte, aber trotzdem sehr lohnende Beobachtungsziele dar, einschließlich eines erst vor fünf Jahren von Amateurastronomen entdeckten Planetarischen Nebels.

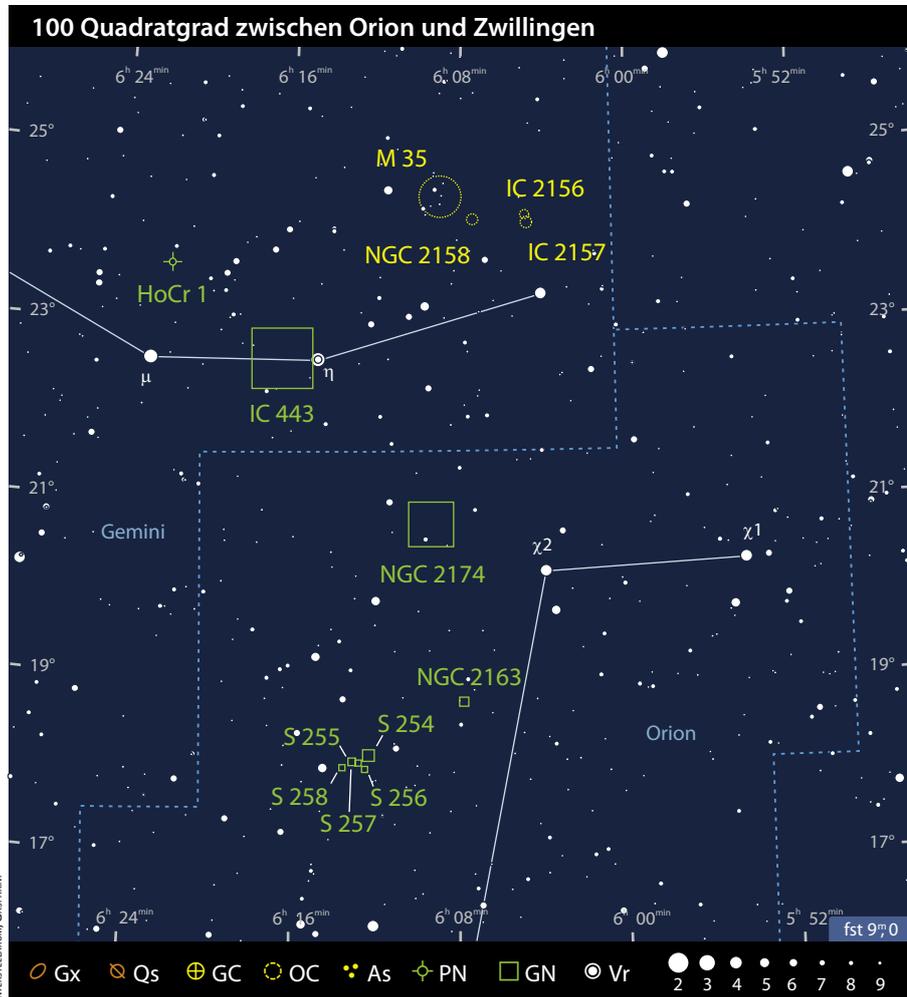


Abb. 1: M 35 ist ein schon mit bloßem Auge sichtbarer Fixpunkt in der Grenzregion von Orion und Zwillingen. Unbekannter sind die benachbarten Sternhaufen NGC 2158, IC 2156 und IC 2157.

Sternhaufen-Eldorado

M 35 am nordwestlichen Ende der Zwillinge ist einer der Winterklassiker für das Fernglas. Mit einer Helligkeit von 5^m.3 und einer Ausdehnung von fast 30' ist er unter guten Bedingungen schon mit bloßem Auge zu erkennen und jedes kleinere Fernglas ist in der Lage, die hellsten Einzelsterne aufzulösen. Mit einem 15x70-Fernglas erscheint er als markanter Offener Sternhaufen mit grob dreieckiger Gesamtform. Ein auffälliger Sternbogen mit einem helleren Stern sowohl am Anfang als auch am Ende zieht vom nordöstlichen Rand des Haufens ins Zentrum hinein, das eine merklich geringere Sterndichte als die direkt angrenzenden Bereiche aufweist. Im 8"-Dobson mit 50-facher Vergrößerung erscheint der Sternhaufen komplett aufgelöst.

Im selben Gesichtsfeld, knapp jenseits des südwestlichen Rands von M 35, ist

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken



Abb. 2: IC 443 ist ein beeindruckender, aber schwacher Supernovaüberrest, bei dem ein [OIII]-Filter die visuelle Beobachtung erleichtert..

ein weiterer Offener Haufen, NGC 2158, zu erkennen. Mehr als fünf Mal weiter entfernt als M 35 erscheint er mit 8^m6 und lediglich 5' Durchmesser sehr viel kleiner und schwächer als sein uns näher gelegener Bruder. Doch die beiden

unterscheidet noch viel mehr: Während M 35 ein eher lockerer Sternhaufen ist, ähnelt NGC 2158 mehr einem Kugelsternhaufen mit einer erheblich höheren Sterndichte als M 35. NGC 2158 ist durchaus in Reichweite eines größeren

Fernglases. Selbst unter Stadtrandbedingungen ist er in einem 15×70-Glas nicht sofort auffällig, kann aber bei ungefährender Kenntnis der Position eindeutig identifiziert werden. Aber erst im Teleskop wird er zu einem eindrucklichen

Deep-Sky-Objekte zwischen Orion und Zwillingen							
Name	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Bemerkung	DSRA/Uran.
M 35	OC	6 ^h 9,0 ^{min}	+24° 21'	5 ^m 1	28'	mit NGC 2158 und IC 2156/7 im selben Gesichtsfeld	10 (9)/ 137
NGC 2158	OC	6 ^h 7,4 ^{min}	+24° 6'	8 ^m 6	5'	–	10 (9)/136
IC 2156	OC	6 ^h 4,8 ^{min}	+24° 10'	–	3,5'	–	–/–
IC 2157	OC	6 ^h 4,8 ^{min}	+24° 3'	8 ^m 4	5'	–	–/136
IC 443	GN	6 ^h 16,6 ^{min}	+22° 31'	–	40'×50'	[OIII]-Filter	–/137
NGC 2174/5	GN	6 ^h 9,4 ^{min}	+20° 40'	–	40'×30'	[OIII]- oder UHC-Filter	10 (9)/137
IC 2162 (Sharpless 255)	GN	6 ^h 13,1 ^{min}	+17° 59'	–	3'	»Drei Schneebällchen«	–/137
Sharpless 254	GN	6 ^h 12,3 ^{min}	+18° 3'	–	7'×9'	–	–/–
Sharpless 257	GN	6 ^h 12,8 ^{min}	+17° 58'	–	1'×3'	–	–/–
Sharpless 256	GN	6 ^h 13,0 ^{min}	+17° 57'	–	1'	–	–/–
Sharpless 258	GN	6 ^h 14,0 ^{min}	+17° 55'	–	1'	von Sterngruppe überlagert	–/–
NGC 2163 (Cederblad 62)	GN	6 ^h 7,8 ^{min}	+18° 40'	–	2'×3'	Reflexionsnebel, Vor-Hauptreihen-Stern	–/137 (136)
Howell-Crisp 1	PN	6 ^h 22,0 ^{min}	+23° 35'	–	1'	Amateur-Entdeckung von 2006, [OIII]- oder UHC-Filter	–/–

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken



ANDREAS MASCHKE

Abb. 3: NGC 2174 ist ein größerer Emissionsnebel im äußersten nördlichen Bereich des Orion.

Beobachtungsobjekt. Im Übersichtskokular eines 8"-Dobsons mit 35-facher Vergrößerung erscheint er als ein unaufgelöster diffuser runder Fleck mit einem helleren Stern am Südost-Rand überlagert. Mit 100-facher und noch viel mehr mit 200-facher Vergrößerung wird er bereits teilweise aufgelöst und erscheint schließlich komplett aufgelöst mit einem 22"-Dobson. Durch seine geringe Größe und die große Sterndichte verliert er nicht an Attraktivität in größeren Teleskopen und erinnert auch hier wieder eher an einen lockeren Kugelsternhaufen als an einen Offenen Sternhaufen.

Doch damit ist die Reihe an Sternhaufen noch nicht erschöpft. Noch etwas weiter westlich von M 35, aber noch im selben Gesichtsfeld des Übersichtskokulars findet sich eine weitere Sternansammlung. Diese ist etwas weniger markant als die beiden eben beschriebenen Sternhaufen und bildet einen an mehreren Stellen unterbrochenen Ring von vielleicht 15' Durchmesser mit im Vergleich zur Umgebung erhöhter Sterndichte. Zwei Verdichtungen im südwestlichen und nordwestlichen Teil dieses Rings treten etwas hervor und tragen die Bezeichnungen IC 2157 und IC 2156.

Anspruchsvoller Supernovarest

Das nächste Objekt ist nur einen kurzen Schwenk von 2° nach Südosten entfernt. Ziemlich genau auf der Verbindungslinie zwischen den beiden Sternen dritter Größenklasse η und μ Gem liegt IC 443, der auf Bildern an eine riesige Qualle erinnernde Überrest einer Supernova. Wie viele Supernovaüberreste emittiert auch IC 443 stark in der [OIII]-Linie des zweifach ionisierten Sauerstoffs bei 500,7nm. Der [OIII]-Filter bewirkt daher eine enorme Kontraststeigerung und bringt dieses hochinteressante Objekt sogar in die Reichweite eines 8-Zöllers. Mit einem 8"-Dobson und 50-facher Vergrößerung konnte ich einen Teil des Nordwest-Bogens bei genauer Kenntnis der Lage selbst unter Vorstadthimmel sicher als schwaches, kurzes Filament identifizieren. Unter dunklem Himmel dürfte dieser Abschnitt noch auffälliger sein.

Mit einem 14"-Dobson ist dieses bogenförmige Filament schon auf einer größeren Länge zu verfolgen und erscheint ähnlich den schwächeren Filamenten des Cirrusnebels, dem weitaus bekannteren Supernovaüberrest im Schwan. Mit 22" Öffnung schließlich und unter transparentem und dunklem Himmel besteht

dieser Bogen aus verwobenen Einzelfilamenten. Während hierbei die Nordostkante des Bogens relativ scharf begrenzt ist, ist die Innenseite undefiniert und die [OIII]-Emission setzt sich diffus auslaufend Richtung Zentrum des Supernovaüberrests fort. Der hier beschriebene Bogen ist der auf Fotografien am hellsten erscheinende Nordwest-Teil von IC 443. Der in Richtung η Gem liegende Südwest-Teil ist erheblich schwächer und auf jeden Fall eine Herausforderung. Ein isoliertes Filament dieses gegenüberliegenden Abschnitts konnte ich schon mit großen Dobsons und einem UHC Filter sicher sehen, die Beobachtung erfordert aber exzellente Bedingungen und viel Geduld.

Affenkopf-Nebel

Nur knapp über 1° nach Südwesten, hinein ins Sternbild Orion, liegt mit dem Emissionsnebel NGC 2174 das nächste Objekt. Dieses kann es zwar an Bekanntheit nicht mit IC 433 aufnehmen, übertrifft ihn jedoch an Helligkeit bei Weitem. NGC 2174 (= NGC 2175) ist auch bekannt unter der Nummer 252 im Sharpless-Katalog oder als »Monkey Head (Affenkopf)-Nebel«. Mit 8" ist dieser Nebel schon ohne

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

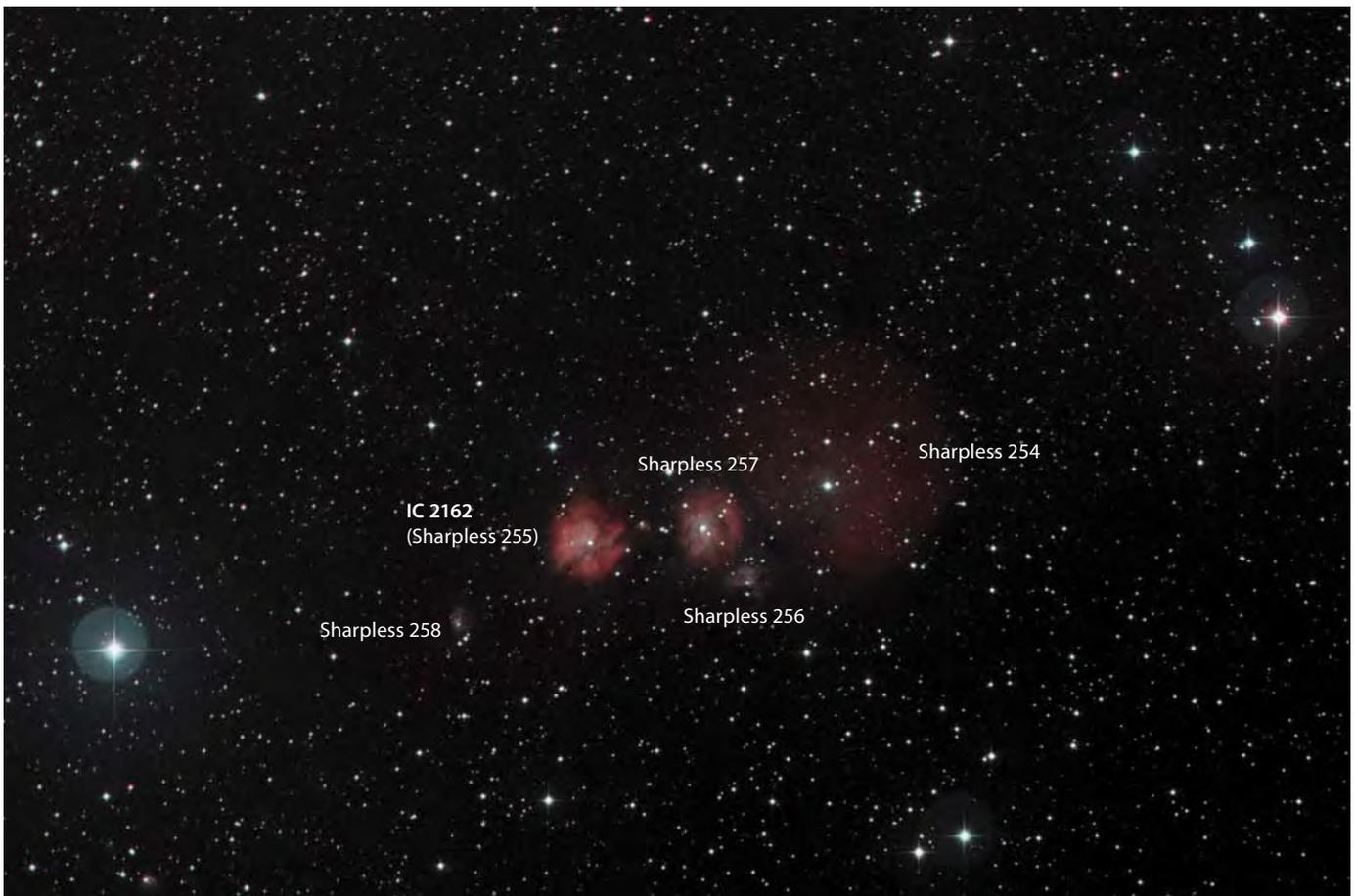


Abb. 4: IC 2162 und Umgebung – eine interessante Nebellandschaft für größere Teleskope.

Filter als deutliche runde Aufhellung um einen helleren Stern zu sehen. Der Nebel reagiert sehr stark auf den [OIII]-Filter, etwas weniger stark auch auf UHC. Mit Filter wird er zu einem sehr auffälligen Objekt, das von mehreren Sternen überlagert ist. Ein eingelagerter zentraler Sternhaufen, der in Beschreibungen oft erwähnt wird, ist nicht wirklich auszumachen, die Sterndichte innerhalb des Nebels entspricht in etwa der in der Umgebung. Lediglich der schon oben genannte zentrale Stern 7. Größenklasse hebt sich deutlich ab.

Selbst mit einem kleinen 80mm-Refraktor und einem UHC-Filter ist die runde Aufhellung des Nebels um diesen zentralen Stern klar zu erkennen. Mit großen Teleskopen schließlich erscheint NGC 2174 reich strukturiert mit unregelmäßiger Flächenhelligkeit und Kontur. Mit 22" und 100-facher Vergrößerung konnte ich mit [OIII]-Filter ein markantes und recht gut definiertes Dunkelband beobachten, welches vom nordwestlichen Rand her ins Zentrum des Nebels zieht. Diesem Dunkelband recht genau überlagert ist eine Kette schwächerer Sterne. Ein weiterer, etwas diffuserer Dunkelkeil befindet sich auf der gegenüberliegenden Ostseite des Nebels und zeigt ebenfalls ins Zentrum des Nebels.



Abb. 5: Der bipolare und veränderliche Nebel NGC 2163 (Cederblad 62). Zeichnung, 16"-Newton, [OIII], 225x.



Abb. 6: Der 2006 entdeckte Planetarische Nebel Howell-Crisp 1 ist ein noch relativ unbekanntes Deep-Sky-Objekt.

Drei Strömgren-Sphären

Eine weitere interessante, aber sehr viel schwächere Nebelgruppe ist nur einen kurzen Schwenk von 2,5° nach Südsüdost entfernt. Dort trifft man auf eine Gruppe von Emissionsnebeln, die perfekte Beispiele so genannter Strömgren-Sphären sind. Eine Strömgren-Sphäre ist ein kugelförmiger Bereich innerhalb einer Wasserstoffwolke, der von einem zentral gelegenen Stern zum Leuchten angeregt wird, während die äußeren Bereiche der Molekülwolke unsichtbar bleiben. Der Rand der Strömgren-Sphäre definiert somit den weitesten Abstand, bis zu dem die UV-Strahlung des anregenden Sterns das Wasserstoffgas gerade noch ionisieren kann. Die helleren Hauptbereiche dieser Nebelgruppe sind IC 2162 (Sharpless 255) und Sharpless 257.

Mit 22" Öffnung und 100-facher Vergrößerung sind diese beiden mit H β -Filter sofort als milchige, relativ gut begrenzte runde Bereiche mit etwa 3' und 4' Durchmesser zu sehen. Auch der bei beiden ziemlich genau mittig liegende und für die Anregung verantwortliche Stern ist leicht auszumachen. Direkt westlich davon steht mit Sharpless 254 eine weitere Strömgren-Sphäre. Diese ist mehr als doppelt so groß wie die beiden anderen, aber um einiges schwächer und diffuser. Auch diese dritte Sphäre ist unter guten Bedingungen ohne größere Probleme zu erkennen. Diese ganze Gruppe, die aufgrund ihres milchigen Eindrucks und der perfekten Kugelgestalt der Einzelnebel spontan auf die »drei Schneebällchen« getauft wurde, passt als Ganzes

gut in das 40' große Gesichtsfeld des Übersichtsokulars. Insbesondere der Kontrast zwischen dem diffusen Sharpless 254 und den kompakteren Sharpless 255 und 257 ist faszinierend. Die ganze Gruppe reagiert am stärksten auf den H β -Filter, ist aber auch mit UHC-Filter noch zu erkennen. Mit [OIII]-Filter hingegen fällt der Kontrast aufgrund des nur geringen Anregungsgrads der Molekülwolke stark ab.

Mit Sharpless 256 steht eine weitere Komponente dicht an der südwestlichen Seite von Sharpless 257. Auch sie ist mit der großen Öffnung relativ gut als eigener kleiner Nebelfleck zu sehen. Ein weiterer Nebel weiter östlich, Sharpless 258, ist jedoch aufgrund einer überlagerten Sterngruppe nicht sicher auszumachen. Es gibt zuverlässige Beobachtungen mit 10" Öffnung, die zeigen, dass dieser Komplex durchaus in Reichweite mittlerer Teleskope ist, zumindest unter Verwendung eines H β -Filters.

Ein bipolarer Nebel

NGC 2163 (Cederblad 62) liegt als weiterer interessanter Nebel nur etwas mehr als 1° nach Nordwesten von der Sharpless-Gruppe, erzählt jedoch eine völlig andere Geschichte. Während die Sharpless-Nebel von heißen, entwickelten OB-Sternen ionisiert werden, rührt NGC 2163 von einem sehr jungen Stern, einem so genannten Herbig-Be-Stern. Dieser junge Stern befindet sich noch nicht in der Phase des stabilen Wasserstoffbrennens, sondern noch in der Kontraktion vom Protostern zum Hauptreihenstern. NGC 2163 ist das Licht des Sterns, das von der ihn einbettenden Molekülwolke, aus der er sich gebildet hat, reflektiert wird. NGC 2163 reagiert von daher kaum auf Nebelfilter, ist jedoch trotzdem schon mit 8" bei 200 \times als diffuser elongierter Nebel um den jungen Stern herum zu erkennen. Mit einem 22"-Dobson wird die Struktur klarer definiert und der Nebel erscheint bipolar mit fächerförmigen Komponenten zu beiden Seiten des Sterns. Die nach Norden weisende Komponente erscheint hierbei um einiges heller und größer. Solche Reflexionsnebel sind relativ häufig um junge Vor-Hauptreihen-Sterne anzutreffen. Da die jungen Sterne meist von einer sehr dichten Staubscheibe umgeben sind, kann das Licht nur in Polrichtung entweichen, was zu der beobachteten bipolaren Form des Nebels führt. Kleinräumige Veränderungen dieser Staubsammlung um den Stern können weiterhin über Schattenwurf die großräumige scheinbare Gestalt des Reflexionsnebel innerhalb extrem kurzer Zeitspannen (manchmal in-

nerhalb von Wochen) verändern, wie zum Beispiel in Hubbles Variablem Nebel (NGC 2261). Wieder andere werden durch diese Veränderungen ganz zum Verschwinden und Wiedererscheinen gebracht, wie zum Beispiel der erst 2004 entdeckte, dann wieder verschwundene und vor drei Jahren wieder aufgetauchte Nebel von McNeil (vgl. interstellarum-Thema 1/2011 »Astronomische Entdeckungen«) innerhalb der Nebellandschaft von M 78 im Orion. Die Beobachtung solcher Nebel ist daher immer spannend und kann jedes Mal ein bisschen anders ausfallen.

Visuelle Neuentdeckung

Das letzte Objekt der Tour durch das Grenzgebiet zwischen Orion und Zwillingen führt wieder zurück in die Zwillinge, an IC 443 vorbei zu dem Planetarischen Nebel Howell-Crisp 1. Der Name steht für die beiden Amateur-Astronomen Michael Howell und Richard Crisp, die diesen Planetarischen Nebel im November 2006 auf ihren Linienfilter-Aufnahmen nahe bei IC 443 entdeckten. Howell und Crisp gehören zu den Deep-Sky-Hunters, die Linienfilteraufnahmen und die digitalisierten Platten der Palomar Sky Surveys nach noch unbekanntem Objekten durchforsteten. Die erste visuelle Beobachtung von HoCr 1 konnte Uwe Glahn nur wenige Tage nach der Entdeckung mit seinem 16"-Dobson vermelden [3]. Angeregt durch seinen Bericht versuchte ich eine Beobachtung des Nebels ein paar Wochen später mit meinem 22"-Dobson. Bei 300 \times und mit UHC-Filter zeigt sich der Nebel als ein etwa 1' großes, rundes Scheibchen, das indirekt dauerhaft zu halten ist. Das Scheibchen zeigt keine interne Struktur, ist aber relativ scharf begrenzt. Mit [OIII]-Filter ist der Planetarische Nebel immer noch zu sehen, wenn auch schwächer als mit UHC, während er ohne Filter verschwindet. Obwohl die Entdeckung mittlerweile fünf Jahre zurück liegt, sind Beobachtungsberichte von Howell-Crisp 1 immer noch spärlich. Dies macht aber auch das Besondere an der Beobachtung dieses Planetarischen Nebels aus: Einer der ganz wenigen zu sein, die diesen fernen Sternüberrest schon einmal mit eigenen Augen gesehen haben.

- [1] Stoyan, R.: Bipolare Nebel visuell, interstellarum 6, 18 (1996)
- [2] Domenico, A.: Sharpless-Nebel visuell beobachtet, interstellarum 9, 15 (1996)
- [3] Glahn, U.: Howell-Crisp 1, www.deepsky-visuell.de/Berichte/2006/Sudelfeld15-16.Nov.htm



mit Plan

Die Erstellung von großflächigen Mosaiken

VON FABIAN NEYER

FABIAN NEYER

Abb. 1: Es gibt Objekte, die man nur in einem Mosaik in ihrer vollen Ausdehnung und Schönheit zeigen kann, so wie dieses Panorama des Milchstraßenzentrums, ein 16-teiliges Mosaik aus insgesamt 211 Einzelaufnahmen, welche zu je 5min belichtet wurden. Aufgenommen mit einer Canon EOS 40D (modifiziert), Canon EF 50mm f/1,8 und AstroTrac-Montierung.

Deep-Sky-Objekte, die größer als das Bildfeld des Teleskops sind, dennoch auf einem Bild festzuhalten: Mosaik-Bilder geben Fotografen die Möglichkeit, dies zu erreichen. Um ein schönes Endresultat zu erhalten, spielen Planung und Prä-Prozessierung jedoch eine entscheidende Rolle. Dabei kommt man auch mit relativ preiswerten Methoden zum Erfolg.

Viele Astrofotografen haben schon einmal mit dem Gedanken gespielt, ein größeres Projekt in Angriff zu nehmen und ein Mosaik zu erstellen. Eines der größten Probleme beim Zusammenfügen der einzelnen Bildbereiche ist die mögliche Bildverzerrung. Im Bereich der professionellen Astrofotografie werden die einzel-

nen Bilder mittels Software auf Referenzkatalogen ausgerichtet und entzerrt. Die hier beschriebene Methode basiert jedoch nicht auf der Kenntnis solcher Programme oder deren Erwerb. Mit Hilfe von »Registar«, einem preiswerten Registrierungsprogramm (149\$), und Adobe Photoshop können auch relativ stark verzerrte Bilder

erfolgreich zusammengefügt und großräumige Verformungen entfernt werden.

Wieso ein Mosaik?

Es gibt mehrere Gründe, wieso ein Mosaik-Bild gegenüber einer »normalen« Aufnahme bevorzugt wird. Einerseits gibt es

für jede Kamera-Teleskop-Kombination zahlreiche Objekte, welche nicht ins Blickfeld passen. Natürlich mag es interessant sein, dann nur einen ausgewählten Bereich dieser Region aufzunehmen, doch gewinnen Bilder oft bedeutend an Ästhetik, wenn nicht nur das Objekt selbst, sondern auch die Umgebung mit einbezogen wird. Außerdem kann die Ästhetik zusätzlich erhöht werden, indem ein Motiv in einer einzigartigen Aneinanderreihung von Bildern gezeigt wird, d.h. die Seitenverhältnisse können nach Belieben angesetzt werden. Außerdem gestatten Mosaik-Bilder eindrückliche und hoch aufgelöste Poster zu drucken. Hier fehlt es nicht an Auflösung!

Mosaik bieten sich aber auch noch aus einem anderen Grund an: Gerade bei preisgünstigen Objektiven oder einer fehlerhaften Nachführung der Montierung leidet die Bildqualität. Obwohl die Einzelbilder eine geringe Qualität aufweisen, können sie durch entsprechende Bearbeitung und Zusammenfügen zu einem Mosaik mit ausgezeichneter Qualität führen. Hier heißt das Stichwort »Downsampling«, also die Reduzierung der eigentlichen Auflösung des fertig zusammengesetzten Mosaik-Bildes. Der Vorteil liegt auf der Hand: Nachführfehler oder andere optische Unkorrektheiten werden schnell verschwindend klein. Zudem vergrößert sich das Signal-zu-Rausch-Verhältnis.

Richtige Planung

Wer sich entschließt, ein Mosaik-Bild in Angriff zu nehmen, kommt nicht um die Planung herum. Obwohl dies jeder auf seine Art erledigen mag, gibt es doch einige grundsätzliche Ankerpunkte, welche beachtet werden sollten.

Die erste Frage bei der Planung kommt mit dem Gedanken an Orientierung und Positionierung der Kamera, respektive des Teleskops. Dies setzt einerseits voraus, dass die nähere Umgebung des Primärobjekts bekannt ist. Andererseits müssen speziell bei Brennweiten ab 1000mm oder bei der Verwendung von Schmalbandfil-

Abb. 2: Zusammenfügen von (verzerrten) Einzelaufnahmen mit den Programmen Registar und Adobe Photoshop. Die Bilder werden nacheinander zusammen gefügt, wobei es wichtig ist, dass für jedes neu hinzuzufügende Bild die aktuelle Kombination zur Ausrichtung genommen wird.



FABIAN NEYER

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

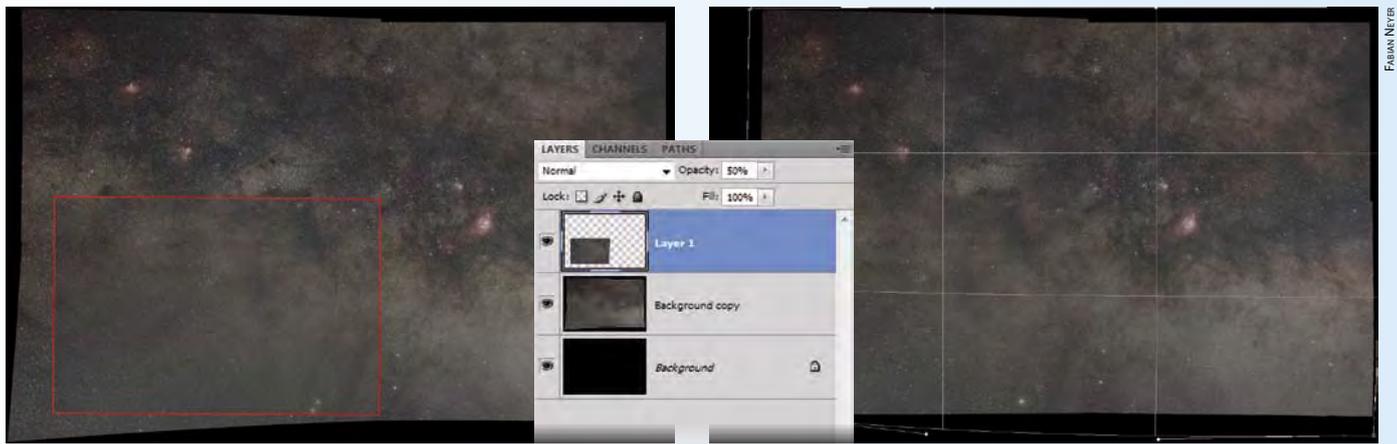


Abb. 3: Bildentzerrung in Adobe Photoshop. Gegebenenfalls vorhandene Verzerrungen, welche durch das Kombinieren der Einzelbilder noch verstärkt wurden, werden mit Photoshops »Freien Transformieren«-Werkzeug korrigiert. Dazu wird das kombinierte Referenzbild (aus Abb. 2) als Ebene in Photoshop geöffnet. Die Stärke der Verzerrung lässt sich am besten abschätzen, wenn die nicht registrierten Eckbilder (eines davon ist im linken Bild rot markiert) mit 50% Deckkraft darüber gelegt werden. Das rechte Bild zeigt die Bildkorrektur durch das »Freie Transformieren«.

tern passende Leitsterne gefunden werden. Wenn also mit internem Nachführchip oder einem Off-Axis-Guider nachgeführt wird, sollten auch diese Sensorpositionen mitberücksichtigt werden. Ebenfalls wichtig bei der Planung ist, dass eine ausreichend große Überlappung der einzelnen Bildausschnitte mit einkalkuliert wird, d.h. 10% Überlappung sollten im Minimum vorhanden sein.

Diese beiden Bedingungen können die Planung einiger Mosaik-Bilder bereits relativ anspruchsvoll werden lassen. Für eine einfache und anschauliche Planung bedient man sich am besten einer Software wie »TheSky« von Software Bisque. Mit wenigen Mausklicks erhält man das eigene Kamerafeld projiziert auf den Himmelsausschnitt. Die Kamerafelder

lassen sich bequem duplizieren und zueinander verschieben oder rotieren. Wer eine noch komfortablere Variante sucht und vielleicht schon eine Übersichtsaufnahme von der gewünschten Region hat, kann dies mit etwas mehr Aufwand auch in Adobe Photoshop machen. Eine englische Anleitung dazu findet sich auf der Website von Robert Gendler (vgl. Surf-tips).

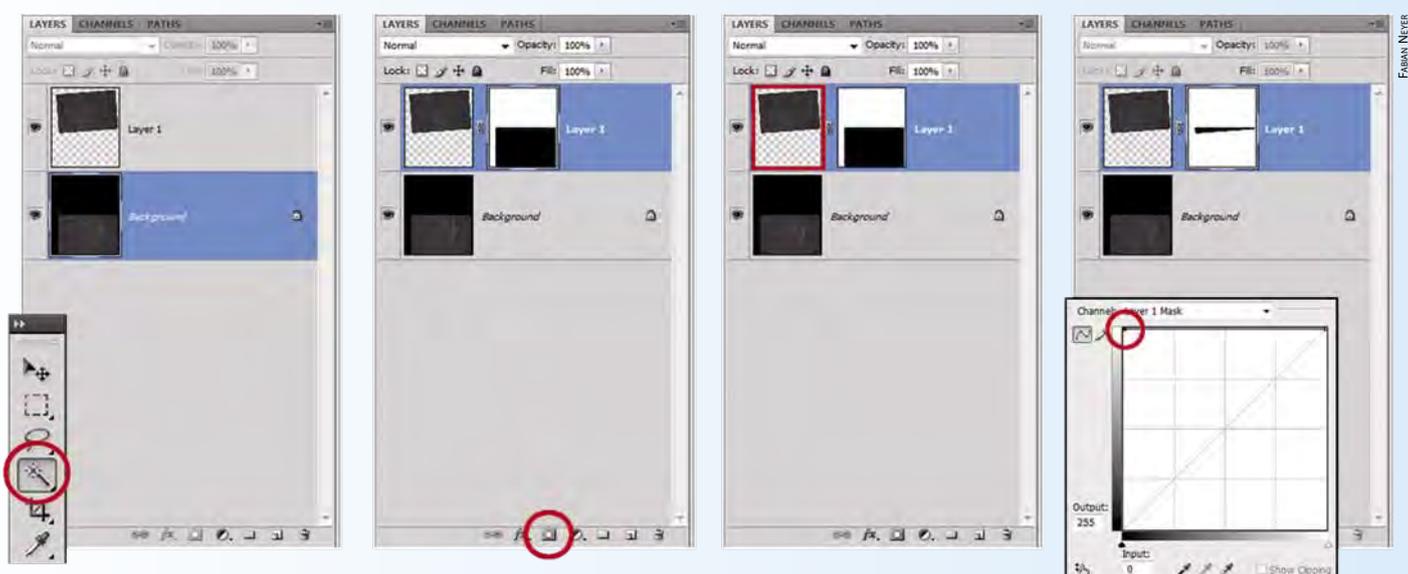
Als letzter Planungsschritt ist der zeitliche Ablauf zu erwähnen. Viele Objekte befinden sich nur in einer bestimmten Zeitperiode in einem optimalen Beleuchtungsfenster. Bäume, Gebäude oder Lichtverschmutzungsglocken können dieses Fenster weiter einschränken. Gerade bei größeren Projekten ist es daher unerlässlich, einen Zeitplan aufzustellen

und diesen zu befolgen. Die größte Unsicherheit hierbei bilden sicherlich die Witterungsverhältnisse, welche aber oft als Erfahrungswert mit einbezogen werden können.

Verarbeitung der Einzelbilder

Viele Bearbeitungsschritte im Prä-Prozessieren von Mosaiken sind gleich wie jene bei einer herkömmlichen Astro-Aufnahme (z.B. Kalibrierung und Stapelung). Im Fall von Mosaiken gibt es einige zusätzliche Punkte, welchen besondere Beachtung geschenkt werden sollte. Nachfolgend, und der Vollständigkeit halber, wird der komplette Bearbeitungsablauf beschrieben, der für das erfolgreiche Zusammenfügen aller Einzelaufnahmen zu beachten ist.

Abb. 4: Erstellen einer Maske des Überlappungsbereichs. Mit dem Zauberstab wird der Außenbereich des unteren Bildes markiert (a). Die Auswahl wird als Maske auf das obere Bild angewandt (b). Im nächsten Schritt wird wiederum eine Auswahl der Umgebung gemacht, diesmal jedoch in der oberen Ebene (c). Wichtig hierbei ist, dass die obere Ebene nur die eigentliche Aufnahme enthält und eventuelle Ränder entfernt wurden. Mit der neuen Auswahl wird die Maske nun mit weiß gefüllt (d), z.B. indem die Gradiationskurve entsprechend angepasst wird.



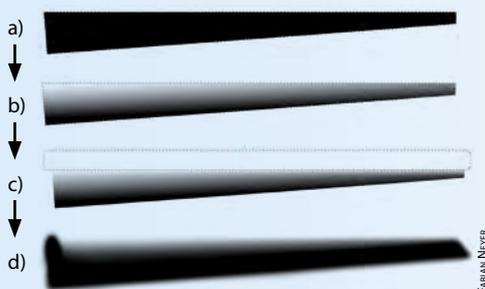


Abb. 5: Gradueeller Übergang zwischen zwei Bildern. Diese Bearbeitungsschritte werden vollständig in der in Abb. 4 erzeugten Maske gemacht, genauer gesagt im schwarzen Bereich dieser Maske. Um einen ersten Gradienten in der Überlappungszone zu zeichnen, wird diese mit dem Zauberstab ausgewählt (a). Mit dem Gradienten-Werkzeug (linearer Modus) wird nun ein gradueller Übergang innerhalb der Auswahl gezeichnet (b). Damit die Enden der Überlappungszone jeweils komplett weiß (ganz durchlässig) respektive schwarz (ganz undurchlässig) sind, können diese Zonen mit einer weichen Auswahl (durch Polygonlasso und anschließend weicher Auswahlkante) markiert und weiß (c), bzw. schwarz gezeichnet werden. Die letzten Schliffe werden der Maske mit dem Pinsel-Werkzeug verliehen (d).

Schritt 1: Kalibrierung

Wie üblich werden alle Einzelbilder zuerst mit den korrekten Kalibrierungsaufnahmen prozessiert. Konkret heißt dies, dass ein entsprechender Dunkelstromabzug unter Einbezug von Bias-Aufnahmen gemacht wird. Fast noch wichtiger ist auch eine optimale Korrektur mittels Hellbildern (Flatfield-Aufnahmen). Speziell bei Mosaiken sollten die einzelnen Bildausschnitte möglichst frei sein von Gradienten oder sonstigen Ausleuchtungsfehlern, welche von der optischen Ausrüstung stammen.

Schritt 2: Referenz-Bild

Im zweiten Schritt wird mit Registar und Adobe Photoshop eine Referenz für die nachfolgende Registrierung aller Einzelaufnahmen des Mosaiks geschaffen. Hintergedanke in diesem Prozess ist eine möglichst geringe Anzahl von Registrierungen, die auf die gewonnenen Bilder angewandt werden. Es ist bekannt, dass durch jede Registrierung, d.h. Transformation von Pixelwerten in ein neues Pixelnetz, die Daten- respektive Bildqualität verringert wird. Je nach Art des Mosaiks und der Qualität der RAW-Aufnahmen gibt es nun verschiedene Wege, um zu einem solchen Referenz-Bild zu gelangen. Im Idealfall, d.h. falls keine Bildverzerrung im Strahlenweg zwischen Teleskop und Kamera auftritt, hervorgerufen z.B. durch eine Verkippung der optischen Achse, eine Dejustierung von Spiegel- oder Linsenkomponenten oder auch eine Verzerrung durch das Fehlen einer Bildebnung mittels zusätzlicher Linsen, kann ein Bild einer Himmelskarte der entsprechenden Region (erstellt von einem Programm wie TheSky) als Grundlage genommen werden. Diese Himmelskarte wird dann mittels Registar auf ein einzelnes Bild des Mosaiks registriert. Rotation und Skalierung werden hierbei entsprechend angepasst, so dass die registrierte Himmelskarte als Referenz-Bild gespeichert werden kann.

Im Falle, dass nun die einzelnen Aufnahmen eine – wenn auch nur leichte – Bildverzerrung aufweisen, funktioniert der oben beschriebene Schritt nicht mehr

zufriedenstellend. Grobe Verzerrungen, die durch die Linsengeometrie handelsüblicher Objektive verursacht werden, können vor der Registrierung durch Programme wie z.B. PTLens (vgl. Surftipps) reduziert oder beseitigt werden. Jedoch entstehen in den meisten Teleskopsystemen kleine Bildverzerrungen, die durch Programme wie PTLense nicht automatisch korrigiert werden können. Wenn nun die Himmelskarte (nicht verzerrt) für den 3. Schritt im Arbeitsablauf skaliert und rotiert werden muss, als Grundlage dazu jedoch nur verzerrte Aufnahmen vorhanden sind, erhält ein solches Referenz-Bild automatisch auch eine Verzerrung. Bei großen Mosaiken kommt zudem noch ein Genauigkeitsfaktor beim Registrierungsprozess hinzu. Dies bedeutet, dass unter Umständen die Himmelskarte nicht exakt auf die verzerrte Aufnahme registriert werden kann und daher als Grundlage gänzlich ungeeignet ist.

Als ähnlich ungeeignet gestalten sich auch Großfeldaufnahmen, die mit einer anderen Ausrüstung gemacht oder von jemand anderem zur Verfügung gestellt werden. Denn sollte diese Großfeldaufnahme eine Verzerrung aufweisen, was unter Umständen gar nicht bekannt ist, werden die eigenen Aufnahmen ebenfalls verzerrt.

Verzerrte Bilder können aber dennoch erfolgreich zu einem Mosaik verknüpft werden. Hierzu werden die einzelnen Ausschnitte des Mosaiks zuerst mit Registar schrittweise aufeinander ausgerichtet und zusammengefügt (Abb. 2). Hier genügt eine einzelne Aufnahme pro Feld, da in diesem Bearbeitungsschritt nur die Sternpositionen von Interesse sind. Das resultierende Bild ist typischerweise stark verzerrt. Ein Großteil dieser Verzerrung kann in Adobe Photoshop korrigiert werden. Dazu werden die verzerrten äußeren Ankerpunkte mit Hilfe des »freien Transformierens« entsprechend angepasst. Diese Korrektur muss behutsam und gegebenenfalls auch in mehreren Schritten gemacht werden. Als Orientierungshilfe können die einzelnen nicht-registrierten Bilder mit geringer Deckkraft über das zu korrigie-

rende Bild gelegt werden (Abb. 3). Nach dem Entzerren werden letztere wieder gelöscht und das Bild kann als Referenz-Bild gespeichert werden.

Schritt 3: Registrieren und Stapeln

Im nächsten Schritt werden nun alle Bilder, d.h. der komplette Datensatz für das Mosaik, auf das oben erstellte Referenz-Bild ausgerichtet. Dies gilt auch für die verwendeten Aufnahmen zur Erstellung des Referenz-Bildes. Nachdem alle Aufnahmen ausgerichtet worden sind, werden die einzelnen Bildausschnitte wie üblich gestapelt und vereint.

Schritt 4: Zusammenfügen

Das Zusammenfügen der einzelnen Bildausschnitte geschieht in Adobe Photoshop. Nachdem zwei benachbarte Ausschnitte in der überlappenden Region exakt positioniert sind, werden Hintergrund-Offsets und Gradienten vorsichtig entfernt und angepasst. Dies ist einer der schwierigsten, jedoch auch wichtigsten Schritte zu einem schönen Mosaik-Bild: Einzelbilder sind oft überflutet von den unterschiedlichsten Gradienten. Auch unter einem perfekten Himmel können Lichtgradienten in Bildern vorhanden sein (Transparenz-Unterschiede bei verschiedenen Zenitwinkeln und zwischen verschiedenen Beobachtungsnächten), die es vor der Verschmelzung zu entfernen gilt.

Vor dem Post-Prozessieren sind astronomische Aufnahmen meist sehr dunkel, weshalb bei normaler Betrachtung in einem Bildbearbeitungsprogramm geringe Helligkeitsunterschiede nicht sicht-

Surftipps

Homepage des Autors:

www.starpointing.com

Planung von Mosaik-Bildern:

www.robgendlerastropics.com/Compositions.html

Effiziente Registrierungs-

software Registar:

www.aurigaimaging.com

Korrektur von Linsenverzerrungen:

epaperpress.com/ptlens



Abb. 6: Überblick zum Werdegang eines Mosaik-Bildes. Vor der Mosaikverschmelzung werden die monochromen Filteraufnahmen auf das Referenzbild registriert, gestapelt und zu den einzelnen RGB-Farbbildern kombiniert (links oben). Für zusätzliche Schmalbandaufnahmen (hier die H α -Linie) wird zuerst ein separates Mosaik erstellt (links unten), bei dem aber das gleiche Referenzbild zur Registrierung zu Grunde liegt. Im Post-Prozessieren werden die beiden Mosaikbilder, H α -Mosaik und RGB-Mosaik, miteinander zum (HaRGB)-(HaR)GB Mosaik verarbeitet, d.h. der Helligkeitskanal ist eine Kombination aus den Aufnahmen aller Filter (H α , R, G und B) und die darüber gelagerte Farbaufnahme besteht aus Rot = H α +R, Grün = G und Blau = B.

bar sind. Adobe Photoshop bietet die Möglichkeit, über den gesamten Bildstapel eine »Anpassungs-Ebene« zu legen, mit welcher der Kontrast für die optimale Erkennung feinsten Helligkeitsunterschiede angepasst werden kann. Diese Ebene wird nach der Verschmelzung wieder gelöscht und hat somit keinen Einfluss auf das eigentliche Endergebnis. Sie dient also nur der besseren Visualisierung, nicht der Datenmodifikation.

Am effektivsten werden Bildgradienten (in jedem einzelnen Bild im Stapel separat, d.h. vor dem Zusammenfügen) mit dem Lasso-Werkzeug oder auch direkt mit dem Gradienten-Werkzeug in Photoshop entfernt. Dies wird umso einfacher, je besser die Flatfield-Korrektur bei der Bildkalibrierung ist. Speziell lokale Kalibrierungsfehler, wie Abdunklungsringe durch Staubkörner im Lichtweg, sind ohne eine gute Flatfield-Kalibrierung nur sehr schwer und unter viel Aufwand zu entfernen. Bei der Reduzierung aller großflächigen Gradienten muss darauf geachtet werden, dass jede Auswahl für die Helligkeitsanpassung immer stark weichgezeichnet wird. Damit verhindert man, dass eventuell vorhandene Hintergrundstrukturen ungewollt eliminiert werden. Die Anpassung der zu verschmelzenden Bilder sollte für Gradienten und Helligkeits-Offsets schrittweise und behutsam gemacht werden. Durch die verbesserte Visualisierung mittels Anpassungs-Ebene lassen sich auch die kleinsten Nuancen im Übergangsbereich schnell entfernen.

Damit ein Bildübergang gänzlich verschwindet (oft gibt es trotz Anpassung mit der vorher beschriebenen Methode noch

kleine Unterschiede), wird im Übergangsbereich ein Gradient in die Maske der oberen Ebene eingefügt. Da der Gradient nur in der Überlappungsregion gezeichnet werden soll, muss diese Region zuerst definiert werden. Abbildung 4 illustriert diesen Prozess. Der graduelle Helligkeitsverlauf in dieser Auswahl wird mit dem Gradienten-Werkzeug in Photoshop gezeichnet. Wichtig hierbei ist, dass die Maske an der Außenkante des Bildes, auf das sie wirkt, schwarz ist und auf der anderen Seite weiß. Im dargestellten Beispiel ist der Überlappungsbereich nicht symmetrisch, wodurch der gezeichnete Gradient (Abb. 5b) nur für einen kleinen Bereich optimal ist. Dies kann korrigiert werden, indem eine Selektion um den weißen Austrittsbereich gezeichnet wird. Nachdem diese Selektion mit einer weichen Kante modifiziert wurde (10 bis 20 Pixel ist ein guter Startwert), wird der Bereich mit weiß gefüllt (Abb. 5c). Analoges Verfahren gilt für die schwarze Austrittskante. Mit dem Pinsel-Werkzeug werden die übrigen Kanten und die letzten Details der Maske angepasst (Abb. 5d). Jetzt können die beiden Bildebenen auf eine einzelne reduziert werden und der nächste Ausschnitt des Mosaiks wird darüber gelegt. Durch die Wiederholung der beschriebenen Punkte wird auch das nächste Mosaikstück mit dem darunter liegenden Bild vereint. So fügen sich die einzelnen Puzzles bis auf den letzten Baustein übergangslos zusammen.

Das Finish

Anders als bei DSLR- oder Farb-CCD Kameras stellt sich bei monochromen

Sensoren die Frage nach dem Ablauf der Kombination einzelner Farb- oder Helligkeitskanäle. Entweder werden zuerst die einzelnen Filterkomponenten zu separaten Mosaik-Bildern kombiniert und anschließend zu einem RGB-Bild zusammengefügt. Als Alternative dazu können auch die einzelnen Bildbereiche als Kombination der verschiedenen Filteraufnahmen erstellt werden, bevor die Verschmelzung zum Mosaik stattfindet. Grundsätzlich obliegt es den persönlichen Vorstellungen und der Art und Weise des Post-Prozessierens, welche Vorgehensweise zu bevorzugen ist. Beispielsweise lohnt sich oft die Kombination der RGB-Filter vor dem Zusammenfügen der einzelnen Bildausschnitte zum Mosaik, da in diesem Fall weniger Übergangsmasken erstellt werden müssen. Voraussetzung dafür ist aber eine genaue Überlappung der RGB-Aufnahmen in jedem Bildbereich. Wenn nun auch Schmalbandaufnahmen mit ins Bild integriert werden sollen (z.B. durch ein iteratives Verfahren in der Post-Prozessierung), dann sollte ein separates Schmalband-Mosaik erstellt werden (Abb. 6). In Photoshop können diese anschließend problemlos miteinander verknüpft werden, da die Grundlage der Registrierung auf dem gleichen Referenzbild beruht.

Beim Post-Prozessieren, d.h. nach dem Verschmelzungsprozess, wird wie üblich ein nicht-linearer Helligkeitsverlauf angewandt und feinste Strukturen werden herausgearbeitet. Programme wie Adobe Photoshop oder PixInsight eignen sich dafür besonders gut. So entsteht aus den vielen Einzelbildern ein Mosaik, an dem man noch lange Freude haben wird.



CARSTEN DEBBE

MEHR kleine Verbesserungen

Das ETX-70/ETX-80 im parallaktischen Betrieb

von Carsten Debbe

Eines der preiswertesten Mitglieder der Meade-Teleskop-Flotte ist ein beliebtes Einsteigergerät. In interstellarum 75 wurden eine Reihe von selbstgebaute Verbesserungen vorgestellt, die die Praxis mit dem kleinen Refraktor erleichtern. Angeregt durch einen Leserbrief soll hier die parallaktische Nutzung der ETX-Montierung für die Astrofotografie erläutert werden.

Abb. 1: Mit einer selbstgebaute, parallaktischen Polhöhenwiege ist die Beobachtung mit dem ETX noch komfortabler.

Um das ETX-70/80 parallaktisch verwenden zu können, wird eine so genannte Polhöhenwiege benötigt. Auf dieser wird das Teleskop so befestigt, dass die Rektaszensions- oder Stundenachse zum Himmelspol zeigt. Das ist die Achse, um die sich der obere Teil des ETX mit Tubus und Gabelarmen dreht, und diejenige, die mit dem silbernen Hebel unterhalb des Tubus geklemmt wird.

Die Polhöhenwiege

Eine solche Polhöhenwiege gibt es von Meade als Zubehör komplett mit Stativ. Aber auch der Selbstbau kann leicht bewerkstelligt werden.

Das Grundprinzip besteht aus zwei Platten (beim Selbstbau am einfachsten aus Holz), von der die eine (untere) auf einem Stativ (oder auch einer Säule) befestigt wird. Die andere, obere Platte, auf der das Teleskop befestigt wird, ist beweglich, so dass man den Winkel der Polhöhe – er entspricht der geographischen Breite

– einstellen kann. Nach dem Einstellen der Polhöhe, was auf der Nordhalbkugel der Erde mit Hilfe des Polarsterns erfolgen kann, wird diese Einstellung mit Schrauben festgeklemmt. Als Material beim Selbstbau ist schichtverleimtes Sperrholz gut geeignet. Es ist leicht zu bearbeiten und auch Gewinde können darin geschnitten werden.

Maße und eine knappe Anleitung für eine mögliche Variante einer solchen Polhöhenwiege sind in [1] gegeben. Sie ist in Abb. 2 dargestellt und als Anregung für eigene Ideen gedacht. Die Befestigung des

Abb. 2: Die parallaktische Polhöhenwiege aus schichtverleimten Holz auf einer Selbstbau-Säule aus PVC-Rohr.

Abb. 3: Die Aluminiumplatte mit der zentralen Bohrung, mit der das ETX auf der Polhöhenwiege befestigt wird. Zu erkennen sind ebenfalls die zwei Schrauben zur Befestigung an der ETX-Basis (Fotogewinde!). Daneben ein M 10-Schraubgriff mit dem das Teleskop auf der Polhöhenwiege befestigt wird.

CARSTEN DEBBE



ETX auf der Polhöhenwiege wurde in diesem Fall mit einer Platte aus Aluminium verwirklicht, die unter der Basis des ETX angeschraubt wird (Abb. 3). Dort befinden sich zwei Gewindelöcher mit Fotogewinde, mit denen das Teleskop auf der Original-Polhöhenwiege von Meade befestigt wird. Mit einem zentralen M10-Gewindeloch in der Aluminiumplatte kann das ETX mit einer Schraube auf der Polhöhenwiege befestigt werden.

Aufstellen und Ausrichtung

Vor dem Befestigen des ETX auf der Polhöhenwiege muss der Tubus senkrecht zur Montierbasis ausgerichtet werden. Das geschieht folgendermaßen:

- Teleskop auf eine waagerechte Fläche stellen
- Tubus senkrecht stellen und eine kleine Wasserwaage auf das obere Ende (Objektivseite) legen. Zum Schutz des Objektivs den Objektivdeckel aufschrauben (Abb. 4).
- Tubus mit der Wasserwaage senkrecht ausrichten und festklemmen. Wenn der Deklinationsteilkreis am linken Montierungsarm danach auf 90° eingestellt wird, braucht man diese Justierung nur einmal vorzunehmen.

So vorbereitet kann mit der Aufstellung begonnen werden. Zuerst wird ein Stativ (oder eine Säule) aufgestellt und mit einer Wasserwaage waagrecht ausgerichtet. Danach wird die Polhöhenwiege aufgesetzt und festgeschraubt. Nun befestigt man das ETX so auf der Polhöhenwiege, dass der Tubus in Richtung

Norden zeigt und ein eingesetztes Okular (bereits scharfgestellt!) nach oben (Abb. 5). Verwendet man ein Fadenkreuzokular, erleichtert dies das Ausrichten auf den Polarstern sehr! Jetzt wird die Polhöhenwiege so eingestellt, dass der Polarstern in der Mitte des (Fadenkreuz-)Okulars steht. Dann alle Klemmungen der Polhöhenwiege festziehen. Damit ist die Grundeinstellung des ETX abgeschlossen. Wird das Teleskop nun eingeschaltet, läuft die Initialisierung genauso ab, wie bei einem azimutal aufgestellten ETX, also mit Eingabe der Daten (Datum, Uhrzeit,...) sowie Anfahren und Bestätigung der Referenzsterne.

Die Vorteile

Der Vorteil eines solchermaßen aufgestellten ETX liegt z.B. darin, dass mit einer aufgesattelten (piggyback) Kamera Fotos ohne Bildfelddrehung, wie sie bei einem azimutal aufgestellten Teleskop auftritt, aufgenommen werden können. Ebenso wird nur ein Motor statt zwei für die Nachführung benötigt. Auch hat man bei Zenitbeobachtungen mehr Platz am Okular und die Scharfstellung ist bequemer, da die Montierbasis nicht stört. Außerdem hat auch eine am hinteren Anschluss angebrachte DSLR mehr Platz und stößt bei Zenitobjekten nicht an die Montierung.

- [1] Debbe, C.: Kleine Verbesserungen, große Wirkung. Selbstbau-Zubehör für das ETX-70/ETX-80, interstellarium 75, 56 (2011)

Umstellung des ETX auf parallaktische Nachführung

Im Auslieferungszustand befindet sich die Montierung des ETX in der Einstellung »AltAz« (AltAzimutal). Um das ETX, wie in diesem Beitrag beschrieben, parallaktisch zu betreiben, bedarf es einer Änderung der Auswahl im Autostar-Menü »Teleskop/Montierung«.

Dazu werden folgende Schritte (hier am Beispiel des ETX-70) vorgenommen:

1. ETX-70 einschalten
2. Taste »Speed/?« 1× drücken
3. Taste »Enter« 4× drücken
4. Taste »Mode« 2× drücken
5. Taste »Enter« 1× drücken
6. Taste »Pfeil unten« (neben »Speed/?« !) drücken bis »Teleskop« dann »Enter«
7. Taste »Pfeil unten« (neben »Speed/?« !) drücken bis »Montierung« dann »Enter«
8. Taste »Pfeil unten« (neben »Speed/?« !) drücken bis »Parallaktisch« dann »Enter«
9. ETX-70 ausschalten

Der Autor dankt Herrn J. Schlüper, Würselen, für dessen Nachfrage, die als Anregung zu diesem Bericht diente.

Abb. 4: Die waagerechte Ausrichtung des ETX und der Säule mit Hilfe von zwei Wasserwaagen.



Abb. 5: Ausrichtung des ETX nach Norden, um mit Hilfe des Polarsterns die Polhöhenwiege auf die geographische Breite einzurichten. Zur Erhöhung der Genauigkeit ist ein Fadenkreuzokular eingesteckt.



Welche Objektiveigenschaften sind für Astrofotografen nützlich?

Viele Weitfeldaufnahmen des Sternhimmels entstehen mit gewöhnlichen Fotoobjektiven. Innovationen im Objektivbau führen zu immer besseren Abbildungseigenschaften der Objektive bei Offenblende, was für den Astrofotografen höchst willkommen ist.



S. SEP

Abb. 1: Bei den vielen im Handel verwendeten Objektivbezeichnungen ist es nicht immer leicht, alle Kürzel richtig zu deuten.

Apochromatische Korrektur

Fotoobjektive sind ebenso wie Refraktoren von der chromatischen Längsaberration betroffen, einer unterschiedlichen Brennpunktlage für verschiedene Wellenlängen des Lichts. Der exakte Fokus kann nur auf eine Wellenlänge erfolgen, während die anderen Farben des Spektrums unscharf wiedergegeben werden, was sich anhand von Farbsäumen um helle Sterne herum bemerkbar macht. Dieser Abbildungsfehler kann zwar durch Abblendung minimiert werden, was aber nicht im Sinne des Astrofotografen ist, der die kurzen Belichtungszeiten bei offener Blende wertschätzt. Durch den Einsatz von einzelnen Linsen aus speziellen Glassorten mit anormaler Teildispersion kann ein apochromatisches Linsensystem entstehen, welches alle Wellenlängen des sichtbaren Lichts in einem Brennpunkt vereinigt und

auch bei Offenblende »farbrein« abbildet. Unter »anormaler Teildispersion« versteht man die Eigenschaft meist kostspieliger Glasarten, deren Brechungsverhalten gegenüber anderen Gläsern ins Gegenteil verkehrt ist. Ein apochromatisch korrigiertes Objektiv ist für den Astrofotografen ein Segen, weil er mit Offenblende Fotos ohne störende Farbsäume aufnehmen kann. Je länger die Brennweite und je größer das Öffnungsverhältnis, desto wichtiger wird eine apochromatische Korrektur. Unglücklicherweise unterliegt der Begriff »Apochromat« keiner Industriennorm, so dass es dem Gutdünken der Hersteller überlassen bleibt, welches Objektiv mit dem Zusatz »Apo« oder »ED« (für »extra-low dispersion«) geadelt wird.

Asphärisch

»Normale«, relativ preiswert zu fertigende Linsen weisen Oberflächen auf, die als Ausschnitt einer Kugeloberfläche zu verstehen sind, d.h. sie sind sphärisch. Linsen mit asphärischen Oberflächen weichen davon ab und sind schwieriger herzustellen, erlauben dem Optikdesigner aber einen zusätzlichen Freiheitsgrad zur Korrektur von Abbildungsfehlern. Je nach Objektiv weisen eine, manchmal auch zwei oder mehrere der enthaltenen Linsen asphärische Oberflächen auf, was der Abbildungsqualität bei Offenblende zugute kommen sollte. Daher ist das Attribut »asphärisch« für den Astrofotografen von Interesse, auch wenn es Einzelfälle geben mag, in denen ein Hersteller diese Technik nur nutzt, um Objektive herkömmlicher Abbildungsleistung mit weniger Aufwand fertigen zu können, indem gleichzeitig die Gesamtzahl der Linsen pro Objektiv stark reduziert wird.

Innenfokussierung

Während früher bei der Scharfeinstellung das gesamte Linsensystem axial verscho-

ben wurde, demnach also die Distanz zwischen Objektiv und Film variierte, erfolgt die Fokussierung heute meist durch die Bewegung einzelner Linsen oder Linsengruppen innerhalb des Objektivs, so dass von außen betrachtet das Objektiv unverändert bleibt. Im Zeitalter des Autofokus hat das einerseits einen pragmatischen Hintergrund, nämlich dass die vom Autofokus-Motor zu bewegende Masse reduziert wird. Andererseits wird die Innenfokussierung auch dafür eingesetzt, um die Abbildungsleistung im Nahbereich zu verbessern, weil die optische Konfiguration verändert wird. Für den Astrofotografen bedeutet beides keinen Gewinn, weil er meist ohne Autofokus fokussiert und ohnehin nur im »Unendlichen« arbeitet. Wird ein solches Objektiv allerdings an einer systemfremden Kamera verwendet (etwa einer CCD-Kamera), ist darauf zu achten, dass es auf »unendlich« eingestellt ist. In manchen Fällen ist es auch wichtig zu wissen, dass Objektive mit Innenfokussierung ihre Brennweite leicht verändern, wenn fokussiert wird.

Floating Elements

Damit gemeint ist eine Linsengruppe, die sich beim Fokussieren gegen den Rest des optischen Systems verschiebt und die Konfiguration des Objektivs ändert. Anders wie bei der Innenfokussierung wird damit ausschließlich das Ziel einer verbesserten Abbildungsleistung im Nahbereich verfolgt, so dass der Astrofotograf darauf verzichten kann. Ein Objektiv mit »Floating Elements« muss auf unendlich eingestellt werden, wenn es an eine CCD-Kamera adaptiert wird. Fokussieren geht auch hier mit einer geringen Brennweitenänderung einher.

Bildstabilisator

Oft abgekürzt mit IS (»Image Stabilizer«), VR (»Vibration Reduction«) oder OS (»Optical

Abb. 2: Das Objektiv links trägt die Bezeichnung »APO« als Hinweis für eine (angebliche) apochromatische Korrektur. Das Kürzel »ASPH.« auf dem Objektiv besagt, dass mindestens eine Linsenoberfläche asphärisch geformt ist (Mitte). Das rote »L« steht bei Canon für die Objektive der Profi-Serie (rechts).



S. SEP

von Stefan Seip

TECHNIKWISSEN

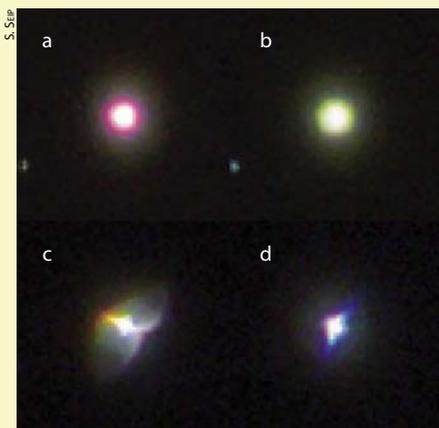


Abb. 3: Stark vergrößerte Sternabbildung von zwei Objektiven mit 50mm Brennweite bei Offenblende 1:1,4: Die obere Reihe (A und B) zeigt den gleichen Stern in der Bildmitte, die untere Reihe (C und D) einen Stern im Eck des 24mm x 36mm großen Bildsensors. Die Bilder A und C wurden mit einem klassischen Objektiv aufgenommen, das auf eine Optikrechnung von 1969 zurückgeht, die Bilder B und D mit einem modernen Design von 2004, das eine Linse mit asphärischer Oberfläche enthält. Während in der Bildmitte (A und B) die Sternabbildung praktisch identisch ist und lediglich eine Restchromasie zu unterschiedlich farbigen Rändern führt, konnte der Einsatz der Asphäre die Abbildungsgüte am Rand des Bildfelds (D im Vergleich zu C) deutlich steigern.

Stabilizer«), sorgen hochfrequent bewegliche Linsengruppen dafür, dass selbst bei längeren Belichtungszeiten noch scharfe, nicht verwackelte Aufnahmen ohne Stativ möglich sind. Astrofotografen arbeiten mit Stativ und so langen Belichtungszeiten, das auch ein Bildstabilisator nicht hilfreich ist und bei Astroaufnahmen sogar ausgeschaltet werden sollte. Daher sind Objektive mit Bildstabilisator in der Astrofotografie ohne speziellen Nutzen.

Zoom

Als Zoomobjektive werden solche mit variabler Brennweite, also variablem Bildwinkel bezeichnet. Erkauft wird diese Flexibilität mit einer gegenüber festbrennweitigen Objektiven stark erhöhten Zahl an Linsen sowie einer deutlich geringeren Lichtstärke. Astrofotografen profitieren nicht von den Vorteilen eines Zooms, leiden aber unter ihren Nachteilen.

Profiobjektive

Viele Hersteller bieten eine »Profi-Reihe« in ihrem Portfolio an, die bei Canon

mit dem Zusatz »L«, bei Sony mit »G« und bei Sigma mit »EX« versehen sind. Von einer eventuell optimierten Abbildungsqualität solcher Produktlinien profitiert freilich auch der Astrofotograf. Ebenso von einem vielleicht vorhandenen Schutz gegenüber Wassereintritt – man denke an den nächtlichen Tau. Bezahlt werden muss allerdings auch eine mechanisch stabilere Konstruktion, um den teils hohen Anforderungen des Profialltags gerecht zu werden. Darauf könnte der Astrofotograf ohne weiteres verzichten.

AF/USM

»AF« steht für Autofokus, »USM« für die Verwendung eines Ultraschallmotors als Antrieb dafür. Generell ist ein Autofokus im Astrobereich kaum einsetzbar und daher ohne Belang.

EF-S/DX/DC

Solche Bezeichnungen weisen auf den Bildkreis hin, den ein Objektiv maximal ausleuchten kann. Grundsätzlich sind für Kameras mit kleinerem Sensor auch kleinere und leichtere, eventuell auch preiswertere Objektive realisierbar, deren Bildkreis gerade für die Sensorfläche ausreichend ist. Ein »Geheimtipp« jedoch ist der Einsatz von Objektiven, die für weitaus größere Bildkreise vorgesehen sind, als ihn die verwendete Kamera benötigt. Dann nämlich nutzt die Kamera nur den zentralen Teil der Bildebene, während sich die Abbildungsfehler im ohnehin ungenutzten Randbereich abspielen. Selbst die Anpassung von guten Mittelformat-Objektiven an digitale Spiegelreflexkameras ist aus diesem Grund keine schlechte Idee.

Digital optimiert

Sofern nicht als Marketinginstrument missbraucht, kann die Klassifizierung »für die Digitalfotografie optimiert« auf zweierlei Dinge hinweisen: Erstens den relativ senkrechten Lichteinfall auf den Sensor bis in die Bildecken und zweitens einen besonderen Krümmungsradius der hintersten Linse. Ersteres ist von Vorteil, weil digitale Bildsensoren – im Gegensatz zum Film – schräg einfallendes Licht nicht mögen und zweitens, um Lichtreflexionen vom Sensor nicht zurückzuwerfen, was Geisterbilder hervorrufen würde. Der digital arbeitende Astrofotograf profitiert von beiden Maßnahmen.

FERN & nah AUFLEUCHTEN

Abb. 1: Digitalfoto, 2.9.2011, 23:32 MESZ, 24mm-Objektiv bei f/2, 5DMk2, ISO 640, 6s. *Franz-Peter Pauzenberger*

Die Aktivität der Sonne nimmt im laufenden Sonnenfleckenzyklus stetig zu (s. S. 22), was auch Polarlichtern zugute kommt. Nach der Titelgeschichte der letzten Ausgabe erreichte uns ein schönes Bild des Polarlichtbogens aus Norwegen (Abb. 1). Am 26.9. waren sogar Polarlichter von Süddeutschland aus sichtbar, was eindrucksvoll zwei schöne Aufnahmen belegen (Abb. 2).



Abb. 2a: Digitalfoto, 26.9.2011, 22:20 MESZ, 24mm-Teleobjektiv bei f/2, 5DMk2, ISO 800, 13s. *Franz-Peter Pauzenberger*



Abb. 2b: Digitalfoto, 26.9.2011, 23:17 MESZ, 16mm-Teleobjektiv bei f/4, Canon EOS 350D, ISO 1250, 30s. *Christian Bartzsch*

Die hellste Supernova der letzten 20 Jahre (SN 2011fe, s. auch S. 42) ereignete sich im August in M 101 (interstellarum berichtete). Bei einer Maximalhelligkeit von ca. 10^m war sie bereits im Fernglas zu sehen.



Abb. 3a: Diese Aufnahme vom 3. September zeigt SN 2011fe als hellsten »Stern« innerhalb der Spiralarme von M 101. CCD-Aufnahme, 22:00 MESZ, 10"-Newton bei 900mm, FLI 8300, 7x240s (L), 240min (je RGB). *Michael Jäger*

Abb. 3b: M 101 vor und nach der Supernovaexplosion. Digitalfoto, 3.9.2011, 22:30 MESZ, 3"-Refraktor bei 840mm, Canon EOS 450D (A), ISO 800, 6x10min. *Ernst-Jürgen Stracke, Jürgen Ruddek*

First Light

Der tiefschwarze Nachthimmel ist eine Illusion

VON STEFAN SEIP



Abb. 1: Originalaufnahme von M 11. Bei kritischer Betrachtung zeigt sich, dass die Sterne am rechten Bildrand leicht elongiert sind, möglicherweise verursacht durch eine Dejustage der Aufnahmeoptik.

Herr Tobias Hoffmann hat mir sein Bild vom offenen Sternhaufen M 11, dem »Wildentenhaufen« im

Abb. 2: Die Hand ist dunkler als der Nachthimmel, selbst an den besten Standorten auf der Erde.



Sternbild Schild, zugesandt, einem meiner Lieblingsobjekte. Bei geringer Vergrößerung mit kleinster Optik sieht er einem Kugelsternhaufen zum Verwechseln ähnlich, entpuppt sich aber bei steigender Auf-

Abb. 3: Viele Sterne werden sichtbar, aber auch Bildrauschen und ein Gradient.

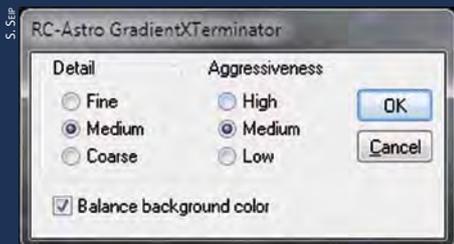


T. HOFFMANN

lösung als Offener Sternhaufen. Herr Hoffmann verwendete für seine Aufnahme ein 6"-Newton-Spiegelteleskop mit 750mm Brennweite, an das seine digitale Spiegelreflexkamera vom Typ Nikon D3100 angeschlossen war. Getragen und nachgeführt wurde das Teleskop von einer EQ-6-Montierung. An der Kamera wurde ein sehr hoher ISO-Wert eingestellt, nämlich 3200. Angefertigt wurden acht Aufnahmen, von denen jede 8s lang belichtet worden ist. Sein Resultat ist in Abb. 1 zu sehen.

Bevor ich meine Verbesserungsvorschläge unterbreite, möchte ich zunächst ein Kompliment aussprechen, denn nach Aussage von Herrn Hoffmann handelt es sich hier um seine erste Deep-Sky-Aufnahme und das »First Light« seines Newton-Teleskops. Vor diesem Hintergrund ist das Ergebnis ein beachtliches, wobei neben der Leistung des Fotografen auch einmal an die Fortschritte erinnert werden muss, die die Einführung der digitalen Aufnahmetechnik mit sich brachte. Wer sein astrofotografisches Handwerk mit Filmen begonnen hat, weiß genau, dass sein »First Light« bedeutend anders ausgesehen hat...

Wie immer bei Deep-Sky-Aufnahmen werfe ich zunächst einen Blick auf das Histogramm. Dieses offenbart, was auch beim

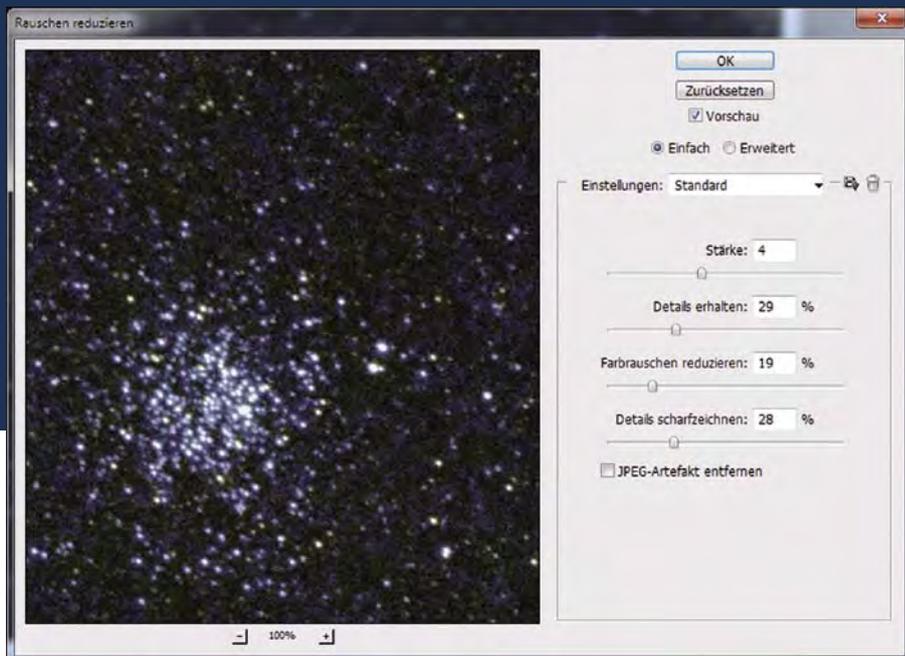


▲ **Abb. 4:** Das Photoshop-Plug-In »RC-Astro-GradientXTerminator« stellt eine gleichmäßige Helligkeit und Farbe des Himmelshintergrundes her.

Abb. 5: Dialogfeld von Photoshop zur Verringerung des Bildrauschens mit geeigneten Parametern. ▶

Betrachten des Bildes schon auffällt, nämlich einen tiefschwarzen Himmel. Ich kann sehr gut nachvollziehen, warum die Bildverarbeitung so durchgeführt wurde, damit der Himmel diese Dunkelheit annimmt: Dadurch lässt sich das Bildrauschen und ein eventuell vorhandener Helligkeitsgradient hervorragend »kaschieren«, denn beide Phänomene spielen sich am linken Rand des Histogramms ab, das die niedrigen Helligkeitswerte repräsentiert. Wird es am linken Rand beschnitten, fallen Rauschen und Gradienten »unter den Tisch« und der Himmel nimmt eine einheitlich tiefe Schwärze an. Doch diese Darstellung entspricht erstens nicht der Wirklichkeit und geht zweitens auf Kosten der lichtschwachen Sterne, die ebenfalls der Bearbeitung zum Opfer fallen.

In der Realität nämlich weist selbst der mondlose Nachthimmel bei maximaler Dunkelheit eine Resthelligkeit auf. In dicht besiedelten Gebieten hat daran die künstliche Lichtemission einen erheblichen Anteil, den man durch die beschriebene Bearbeitungsweise vielleicht auch eliminieren möchte. Doch selbst an den besten astronomischen Standorten auf der Erde, wo keinerlei künstliche Lichtquellen stören,



beweist ein einfacher Test die Resthelligkeit des Nachthimmels: Man hält die Hand hoch und sieht, dass diese sich deutlich dunkel vor dem helleren Himmel abhebt (Abb. 2). Ursache dafür ist das Licht der Sterne und das so genannte Nachthimmelsleuchten (»Airglow«), das durch Rekombinationsprozesse ionisierter Teilchen innerhalb der Erdatmosphäre in einer Höhe von etwa 100 bis 500 Kilometer über der Erdoberfläche zustande kommt. Die Darstellung eines raubenschwarzen Nachthimmels ist demnach nicht realistisch, weder für lichtverschmutzte Gegenden noch für Regionen mit besten Beobachtungsbedingungen.

Die Daten, die durch einen Histogramm-Beschnitt auf der linken Seite verloren gegangen sind, kann ich freilich nicht mehr rekonstruieren. Stattdessen versuchte ich herauszufinden, welche Daten die Bearbeitung überstanden haben und noch existieren. Dazu rufe ich in Photoshop den Befehl »Bild/Korrekturen/Gradationskurven...« (Tastenschlüssel Strg-M) auf und verbiege die Kurve. Das Ergebnis zeigt Abb. 3: Viele

lichtschwache Sterne sind plötzlich zu erkennen, aber auch ein Gradient sowie ein nicht unerhebliches Farbrauschen.

Um dieses Rauschen zu unterdrücken wäre es sinnvoll gewesen, mehr Belichtungszeit zu investieren. Insgesamt 64s erscheinen mir zu kurz. Außerdem dürfte das Rauschniveau der Kamera bei ISO 3200 schon relativ hoch sein. Daher würde ich empfehlen, mit niedrigerem ISO-Wert (1600 oder noch besser 800) zu arbeiten und die Einzelbilder länger zu belichten. 15 bis 20 Sekunden sollte die Montierung auch ohne Nachführkontrolle (Guiding) schaffen. Investiert man so viele Einzelbilder, bis man auf eine Gesamtbelichtungszeit von etwa 10 bis 15 Minuten kommt, dürfte das Rauschen erheblich niedriger ausfallen.

Dem Gradienten bin ich behelfsmäßig mit einem kostenpflichtigen Plug-In für Photoshop zu Leibe gerückt (Abb. 4), dem Rauschen durch Bordmittel von Photoshop (Befehl »Filter/Rauschfilter/Rauschen reduzieren...«, Abb. 5). Abbildung 6 zeigt die Früchte dieser Arbeit, Abb. 7 das daraus abgeleitete Histogramm.

◀ **Abb. 6:** Fertig bearbeitetes Foto.

Abb. 7: Das Histogramm zu Abb. 5 zeigt im Gegensatz zum ursprünglichen einen deutlich nach rechts gerückten Datenberg, der den helleren Himmelshintergrund repräsentiert. ▼



Leser beobachten

NEU

Die Objekte der Saison: Leser beobachten. Ziel dieses interaktiven Projekts ist es, Beschreibungen, Zeichnungen, Fotos und CCD-Bilder von Deep-Sky-Objekten zusammenzuführen.

- Beobachtungen einsenden: www.interstellarum.de/ods.asp
- Alle Ergebnisse: www.interstellarum.de/ods-galerie.asp
- Liste behandelter Objekte: www.interstellarum.de/ods.asp?Anzahl=alle&Maske=1

Die Objekte der Saison der nächsten 6 Ausgaben

Ausgabe	Name	Sternbild	R.A.	Dekl.	Einsendeschluss
Vorstellung: Nr. 74	IC 2177	Mon	7 ^h 5,5 ^{min}	-11° 0'	20.11.2011
Ergebnisse: Nr. 80	M 41	CMa	6 ^h 46,0 ^{min}	-20° 45'	
Vorstellung: Nr. 75	NGC 4485/4490	CVn	12 ^h 30,5 ^{min}	+41° 42'/+41° 39'	20.1.2012
Ergebnisse: Nr. 81	NGC 4725	Com	12 ^h 50,4 ^{min}	+25° 30'	
Vorstellung: Nr. 76	M 80	Sco	16 ^h 17,0 ^{min}	-22° 59'	20.3.2012
Ergebnisse: Nr. 82	M 62	Oph	17 ^h 1,2 ^{min}	-30° 7'	
Vorstellung: Nr. 77	NGC 6819	Cyg	19 ^h 41,3 ^{min}	+40° 11'	20.5.2012
Ergebnisse: Nr. 83	NGC 6791	Lyr	19 ^h 20,9 ^{min}	+37° 46'	
Vorstellung: Nr. 78	NGC 663	Cas	1 ^h 46,0 ^{min}	+61° 15'	20.7.2012
Ergebnisse: Nr. 84	IC 1805	Cas	2 ^h 33,4 ^{min}	+61° 26'	
Vorstellung: S. 30	M 45	Tau	3 ^h 47,0 ^{min}	+24° 7'	20.9.2012
Ergebnisse: Nr. 85	NGC 1333	Per	7 ^h 4,3 ^{min}	-19° 45'	

NGC 1977



NGC 1977

25x100-Fernglas: fst 5^m5; im Fernglas war es ein leichtes Objekt, natürlich schwieriger als M 42/M 43, aber dennoch direkt sichtbar und das bei Stadtrandbedingungen. *Jörg Meyer*

102/1100-Cassegrain: fst 4^m0; ein aufgehellter Himmel und eine nahe Straßenlaterne ca. 30° vom anvisierten Objekt entfernt führten zu schwierigen Sichtbedingungen. Daher ließ sich unter diesen Umständen nur mit einem 32mm Plössl-Okular und einem UHC-Filter ein helles Feld um die drei Sterne (ähnlich einem Dreieck mit sehr stumpfem Winkel) erkennen. Dieses Feld schien aber direkt unterhalb der drei besagten Sterne ein wenig heller zu sein, als darüber, wo es recht schnell in den dunklen Himmelshintergrund überging. 34x. *Stefan Deichsel*

120/600-Refraktor: Bortle 3; die drei Nebel NGC 1973, 1975 und 1977 sind auf den ersten Blick gut sichtbar. Der größte Nebel – NGC 1977 – ist dabei noch am schwierigsten, da ein heller 5^m-Stern stört. Dieser Nebel ist groß, C-förmig gekrümmt, mit der offenen Seite nach Süden. NGC 1973 ist ein 6' x 4' großer, auffälliger Nebelfleck. NGC 1975 ist kleiner und am ehesten rund. Das Nebelgebiet ist gemeinsam mit M 42 zu sehen – ein schöner Anblick. 18x. *Uwe Pilz*

254/1270-Newton: fst 6^m1; der Nebel ist sehr gut sichtbar, und zieht sich länglich dahin. Am besten ist er um 42 Ori und 45 Ori zu erkennen. Nordwestlich konnten auch noch NGC 1973 und NGC 1975 ausgemacht werden. 79x. *Hans-Georg Purucker*

317/1560-Newton: fst 6^m2; in diesem ca. 5' großen Nebel sind drei hellere Sterne eingebettet. Ohne Filter zeichnet er sich als flache Ellipse mit jeweils zwei Höfen um die beiden hellsten Sterne ab. Mit dem UHC-Filter kommt der Emissions-Anteil besser heraus, so dass dieser sich dann als nach Norden geöffnete Halbkugel aufwölbt. Unter Verwendung eines H β -Filters wird er zwar schwächer, zeigt aber Ansätze schwacher Strukturen. 98x. *Christian von Rüsten*

NGC 1977 und der große Orionnebel. Digitalfoto-Komposit, 2,95"-Refraktor bei 500mm, Canon EOS 5D, ISO 1000, 7x30s, 9x60s, 4x120s, 5x180s, 3x360s, Baader ACF III-Filter. *Bernd Koch*



Digitalfoto, 8"-Newton bei 920mm, Canon EOS 40D (modifiziert), ISO 800, 29×10min, IDAS LPS-Filter. *Siegfried Kohlert*

CCD-Aufnahme, 3,2"-Refraktor bei 600mm, Atik 16HR, 11×5min (L), 3×5min (R), 4×5min (G), 5×5min (B), Astronomik-Filter. *Carsten Reese*

CCD-Aufnahme, 8"-Refraktor bei 1640mm, QSI 583wsg, 20×600s (L), 8×600s (je RGB), Astronomik LRGB-Filter. *Immo Gerber*



Die Weiterverbreitung ist untersagt.

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

Sharpless 276 (Barnards Loop)



▲ Digitalfoto, 50mm-Objektiv bei f/1,8, Canon EOS 350Da, ISO 400, 35x10min. Bernhard Gotthardt

Sharpless 276 (Barnards Loop)

bloßes Auge: fst 7^m;5; unter Alpenhimmel mit zwei 2"-H β -Filtern als geisterhafter Bogen deutlich zu sehen. *Ronald Stoyan*

15x45-Fernglas: fst 6^m;2; Barnards Loop ist als Bogen, nordöstlich von M 78 beginnend, in südlicher Richtung als leichte Aufhellung zu erkennen. Auch der südliche Teil konnte noch ansatzweise ausgemacht werden. *Hans-Georg Purucker*

114/900-Newton: fst 5^m;5; Barnards Loop war nur mit Hilfe von Field Sweeping und des UHC-Filters als riesige schwache Aufhellung zu erahnen. Der hellste Teil von Sharpless 276 befindet sich ganz in der Nähe von M 78. 28x. *Frank Lange*

120/600-Refraktor: fst 5^m;5; die Schlüssel für die Sichtung von Barnards Loop sind ein dunkler Himmel, ein großes Gesichtsfeld und die Benutzung eines UHC- oder H β -Filters. Unter einem guten Landhimmel war die Sichtung einfacher als gedacht. Es war nicht schwierig, den nördlichen Teil auszumachen. Das Nebelgebiet ist frei von helleren Sternen, so dass Filtereffekte ausgeschlossen waren. Die Wahrnehmung der helleren Struktur im Inneren erforderte indirektes Sehen. Weiter südlich konnte ein kleiner Nebelfetzen erkannt werden. H β ; 15x. *Uwe Pilz*

254/1270-Newton: fst 6^m;1; nordöstlich von M 78 erscheint Sharpless 276 als leichte, aber deutliche Aufhellung beim Field Sweeping. 49x. *Hans-Georg Purucker*



▲ **CCD-Aufnahme**, 200mm-Teleobjektiv bei f/2,8, SBIG STL-11000M C2, je 9×8min (H α), Baader H α -Filter, Panorama aus zwei Aufnahmen. *Thomas Jäger*

Digitalfoto, 18mm-Objektiv bei f/5,6, Canon EOS 30D (modifiziert), ISO 1600, 9×2min. *Dieter Willasch* ▶



▲ **Zeichnung**, 2,76"-Newton: fst 7^m1; UHC; 14x. *Martin Schoenball*



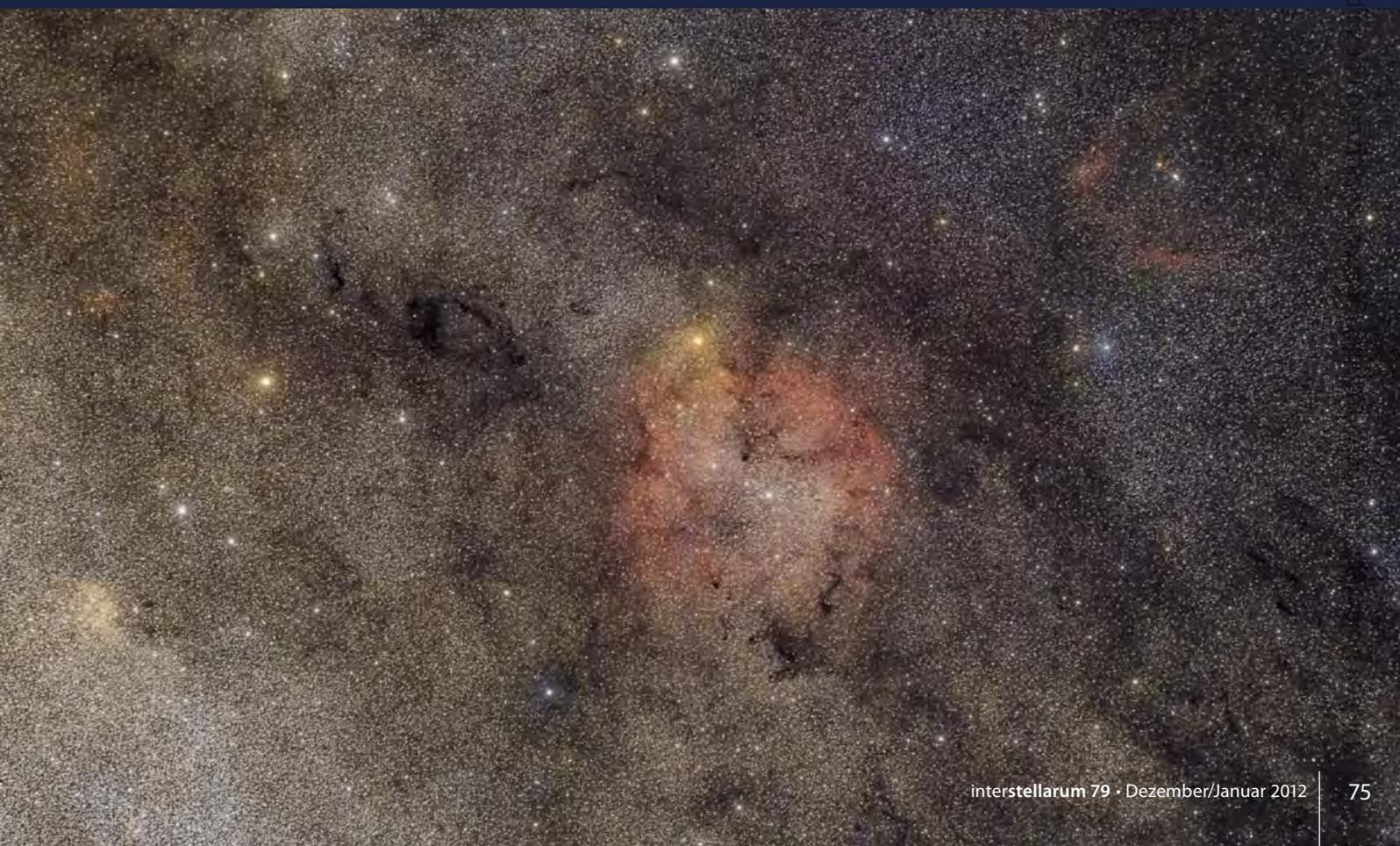
Astrofotos unserer Leser

IC 59 und IC 63, Emissions- und Reflexionsnebel nahe γ Cassiopeiae. CCD-Aufnahme, 12"-Astrograph bei 1136mm, FLI ML8300, 310min (L), 180min (H α), 90min (G), 200min (B), Baader-Filter. *Gerald Rhemann*



▲ **Andromedagalaxie M 31** mit ihren Begleitern M 32 und M 110. CCD-Aufnahme, 4"-Refraktor bei 365mm, QSI583wsgl, 24×300s (L), 10×1200s (L), 13×300s (R), 12×300s (je GB), 15×1200s (Ha), Astronomik 2C-Filter. *Immo Gerber*

▼ **IC 1396.** Digitalfoto, 100mm-Teleobjektiv bei f/4, Canon EOS 350Da, ISO 400, 23×10min. *Bernhard Gotthardt*



Der Sternenhimmel

Monumental ist das zutreffende Wort für dieses Werk – raumgreifende 50cm x 40cm misst der 3,5kg schwere Bildband »Der Sternenhimmel« des bekannten Astrofotografen Eckhard Slawik. Leinen-einband und Hochglanzpapier vervollständigen den Eindruck der Großzügigkeit, den dieses außergewöhnliche Buch ausstrahlt.

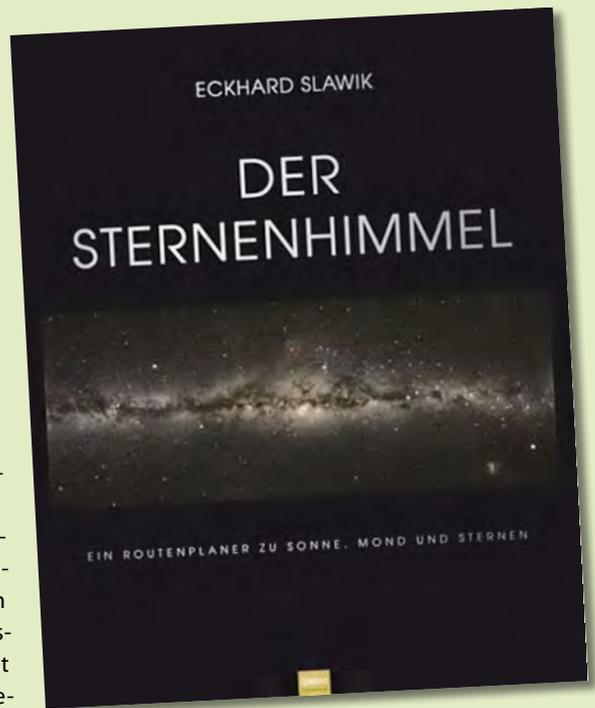
Das riesige Format dient als Staffelei für die Kunstwerke des vom Verlag als »Picasso der Astrofotografen« apostrophierten Autors. Spektakulär sind die über eine Doppelseite reichenden Tagesreihen der Sonnenscheibe oder einzelner Sonnenflecken, nicht minder beeindruckend die ununterbrochene, auf Einzelseiten präsentierte Reihe von Mondporträts einer vollen Lunation. Slawiks berühmtes Milchstraßenmosaik ist auf 1,5m Breite zum Ausklappen zu bestaunen. Bislang unveröffentlichte Bilder zeigen den jahreszeitlichen Sternhimmel unter Großstadt-, Land- und Gebirgshimmelbedingungen. Auch einige Deep-Sky-Objekte und Planetenkonstellationen sind abgebildet.

Die zugehörigen Texte berichten im Plauderton von den abgebildeten Objekten, erzählen anekdotenhaft von de-

ren Natur, griechischen Sagen, und persönlichen Erlebnissen des Autors – eine private Sternführung ohne Hast. Ein Routenplaner kann und will das Buch jedoch schon aufgrund des Formats eigentlich nicht sein, es ist eher ein Erzählband über den Himmel in Wort und Bild, durchaus verständlich für Menschen ohne jedes Vorwissen. Ein Wertustropfen für Astrofotografen sind die fehlenden Informationen zu den meisten Fotos, in vielen Fällen ist gar nichts zur Aufnahmetechnik oder -optik zu erfahren, ein Bildnachweis fehlt. Lediglich zu einigen ausgewählten Aufnahmen berichtet Slawik deren Entstehungsgeschichte im Anhang.

Dies ist ein ideales Geschenk für bibliophile Sternhimmel-Neugierige, die sich von diesem beeindruckenden Buch zum eigenen Betrachten und Nachdenken über die Sterne anregen lassen.

■ Ronald Stoyan



Eckhard Slawik: Der Sternenhimmel, Ein Routenplaner zu Sonne, Mond und den Sternen, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2011, ISBN 978-3827428608, 104S., 129,95€



iPhone-App: Sky Safari 3



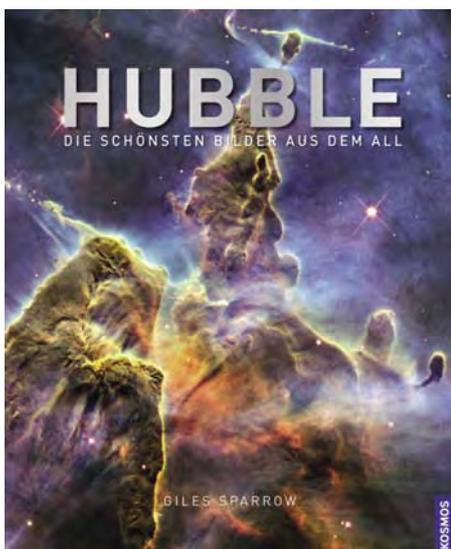
Um es gleich vorweg zu sagen: Die aktuelle dritte Version von Sky Safari kann (nahezu restlos) überzeugen! Für weniger als 2,50€

erhält man mit der App von Southern Stars eine leistungsfähige interaktive Sternkarte, die eine recht umfangreiche, aber auch grafisch recht ansprechende Präsentation des nächtlichen Sternhimmels auf dem Smartphone bietet. Umfangreiche Einstellmöglichkeiten erlauben es, die Ansicht des Nachthimmels den eigenen Erwartungen und Vorlieben anzupassen. Ein sehr umfangreicher Objektkata-

log ermöglicht die gezielte Suche nach bestimmten Himmelsobjekten, deren Position in der Planetariumssoftware angezeigt und (meist) mit einem Foto dargestellt wird. Eine Besonderheit der Sky Safari-Apps (es gibt auch eine »Plus«- und ein »Pro«-Version) besteht darin, dass zur App optional ein Kabel erhältlich ist, das das iPhone um eine RS232-Schnittstelle erweitert, so dass die App zur Steuerung eines Teleskops verwendet werden kann. Schade ist, dass (noch?) nicht für alle im Katalog auswählbaren Deep-Sky-Objekte ein Foto hinterlegt ist; und auch Pluto ist noch in der Liste der Planeten zu finden – wie in mehreren US-amerikanischen Produkten.

■ Ullrich Dittler

Sky Safari 3, 52MB, 3.0.2, iOS4 oder höher, für iPhone/iPad/iPad Touch, 2,39€



Giles Sparrow: Hubble – Die schönsten Bilder aus dem All, Kosmos-Verlag, Stuttgart 2011, ISBN 978-3-440-12643-1, 224 S., 49,95€

Hubble

In den 20 Jahren seit seiner Inbetriebnahme hat das Hubble-Teleskop unzählige faszinierende Bilder gesendet. Manche sind zu Ikonen der Astronomie geworden, wie die »Säulen der Schöpfung« in M 16. Andere, nicht minder faszinierende, sind jedoch kaum beachtet worden.

Dieser gewichtige Bildband zeigt im Großformat 36cm × 34cm die 400 schönsten vom Weltraumteleskop aufgenommenen Himmelsfotos. Von erdnahen Kleinplaneten bis hin zu Gravitationslinsen reicht die Spannweite. Jedes Motiv ist ausführlich erläutert und hervorragend reproduziert. Der englische Autor Giles Sparrow hat hier ganze Arbeit geleistet – das ursprüngliche Buch erschien bereits vergangenes Jahr unter demselben Titel bei Quercus Publishing in englischer Sprache.

Leider hat man sich nicht ganz der Versuchung entziehen können, Lücken, die das Hubble-Teleskop gelassen hat, durch Raumsondenaufnahmen zu schließen: So ist z.B. Merkur enthalten, obwohl ihn das Weltraumteleskop wegen seiner Sonnennähe gar nicht fotografieren kann. Auch darf man keinen Vollständigkeitsanspruch stellen – die vielen weiteren Aufnahmen des HST, die nicht vom Hubble Heritage Team mit ausführlicher Bildbearbeitung bedacht wurden, sondern nur als Rohaufnahmen existieren, sind hier nicht zu finden. Dies tut diesem großartigen Bildband jedoch keinen Abbruch.

■ Ronald Stoyan

Demnächst in interstellarum

interstellarum 80

Dunkler Himmel im Vormarsch

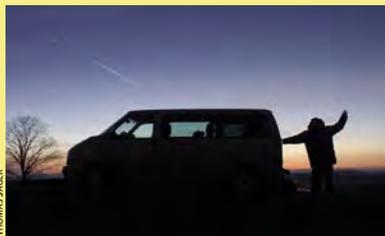
Der Lichtverschmutzung etwas entgegen setzen – das ist das Konzept der Deep-Sky-Parks. Regionen, die dunklen Himmel garantieren, lassen sich entsprechend zertifizieren und locken damit Sternfreunde und Touristen an, die einen natürlichen Himmel suchen. Zwei Experten berichten über solche Parks weltweit und stellen den ersten deutschen Deep-Sky-Park Westhavelland vor.



ANDREAS HANEL

Doppelter Marathon

Der Messier-Marathon gilt als besonderes Rennen für Deep-Sky-Beobachter. Je nachdem, ob er im März oder April durchgeführt wird, ändern sich jedoch Charakter und Herausforderungen grundlegend. 2010 bot sich die Gelegenheit, bei zwei Marathonläufen innerhalb eines Monats einen direkten Vergleich zu ziehen.



THOMAS JÄGER

Unterwegs mit Mini-Dobson

Kleine Refraktoren sind beliebt als Reisetelkope – doch es geht auch anders. Modifikationen an einem handelsüblichen Billig-Dobson erhöhen die Reisetauglichkeit, und lassen Beobachtungen auch an so exotischen Orten wie dem Himalaya zu.

Heft 80 ist ab 20.1.2012 im Zeitschriftenhandel erhältlich!

aktuell auf www.interstellarum.de

Aktuelle Aufnahmen unserer Leser

- www.sonneaktuell.de
- www.planetenaktuell.de
- www.kometenaktuell.de

NEU: Online-Ods

- www.interstellarum.de/ods-galerie.asp



Der größte Online-Nachrichtendienst für Hobby-Astronomen in deutscher Sprache erscheint freitags alle 14 Tage.

- Aktuelles am Himmel
- Neuigkeiten aus der Forschung
- Nachrichten aus der Astroszene
- Informationen für interstellarum-Leser

Inserenten dieser Ausgabe

Alpine Astrovilla	78	Beleuchtungssysteme	78	Zentrum	65
APM Telescopes	62	Gerd Neumann jr.	77	Teleskop-Service Ransburg	66
Artemis CCD Ltd/		Intercon Spacetec	5	teleskop-shop-ost	78
ATIK Cameras	52	Kiripotib Astrofarm	78	Wissenschaft Online	11
AstroInfo	63	Kosmos-Verlag	64	Wolfgang Lille	78
Astrocom	63	Meade Instruments	6/62/78/U4	Optical Vision	33/67
Astroleuchten.de	77	nimax GmbH	65	Sahara Sky	81
Astronomie.de	10	Oculum-Verlag	23/61/64/79	Sattleggers Alpenhof	81
Astro-Shop	U2	Optical Vision	7/51	Teleskop-Service	4
Astrotreff	62	Sahara Sky	78	Teleskop & Sternwarten	
Berlebach Stativtechnik	63	Sattleggers Alpenhof	77	Zentrum	68
Beyersdörfer GmbH	4	Springer-Verlag/Spektrum		Vixen Europe	84
Farm Tivoli	78	Akademischer Verlag	U3	Wissenschaft Online	11
Friedrich Moess		Teleskop & Sternwarte		Wolfgang Lille	81

Impressum

www.interstellarum.de | ISSN: 0946-9915

Verlag: Oculum-Verlag GmbH, Spardorfer Straße 67, D-91054 Erlangen
WWW: www.oculum.de
E-Mail: info@oculum.de
Tel.: 09131/970694
Fax: 09131/978596

Abo-Service: Oculum-Verlag GmbH, Spardorfer Straße 67, D-91054 Erlangen
E-Mail: aboservice@interstellarum.de
Tel.: 09131/970694 (Mo–Do 10:00–15:00)
Fax: 09131/978596

Bezug: Jahresbezugspreise 2012 inkl. Zustellung frei Haus: 59,90 € (D, A), 64,90 € (CH, sonstige), erscheint zweimonatlich Anfang Jan., Mär., Mai, Juli., Sept., Nov., zusätzlich 2 Hefte interstellarum »Thema«



interstellarum erhalten Sie im Presse-Fachhandel mit dem »blauen Globus«. Dort können Sie auch Hefte nachbestellen, wenn sie nicht im Regal stehen.

Vertrieb: für Deutschland, Österreich, Schweiz
 Verlagsunion KG, Am Klingenweg 10, D-65396 Walluf

Grafik und Layout: Frank Haller, Christian Protzel

Redaktion: redaktion@interstellarum.de
 Ronald Stoyan (Chefredaktion), Daniel Fischer, Susanne Friedrich, Frank Gasparini, Hans-Georg Purucker

Mitarbeit: Peter Friedrich (Schlagzeilen), Kay Hempel (Astronomie mit bloßem Auge), Manfred Holl (Sonne aktuell), Matthias Juchert (Objekte der Saison), André Knöfel (Himmelsereignisse), Matthias Kronberger (Objekte der Saison), Burkhard Leitner (Kometen aktuell), Uwe Pilz (Praxis-Wissen), Uwe Glahn (Deep-Sky-Herausforderung), Stefan Seip (First Light, Technik-Wissen), Lambert Spix (Astronomie mit dem Fernglas), Wolfgang Vollmann (Veränderlicher aktuell)

Astrofotografie: Siegfried Bergthal, Stefan Binnewies, Michael Deger, Ullrich Dittler, Torsten Edelmann, Bernd Flach-Wilken, Ralf Gerstheimer, Michael Hoppe, Bernhard Hubl, Michael Jäger, Wolfgang Kloehr, Bernd Koch, Siegfried Kohlert, Erich Kopowski, Walter Koprolin, Bernd Lieb-scher, Norbert Mrozek, Gerald Rhemann, Johannes Schedler, Rainer Sparenberg, Sebastian Voltmer, Manfred Wasshuber, Mario Weigand, Volker Wendel, Dieter Willasch, Peter Wienerroither, Thomas Winterer

Manuskriptannahme: Bitte beachten Sie unsere Hinweise unter www.interstellarum.de/artikel.asp

Copyright/Einsendungen: Für eingesandte Beiträge, insbesondere Fotos, überlassen Sie uns das Recht für einen einmaligen Abdruck im Heft und auf der Archiv-CD. Weitere Nutzungen in Büchern sind nicht gleichzeitig gegeben und bedürfen der Genehmigung durch den Autor. Ausgenommen davon ist der Abdruck ausgewählter Bilder in der Vorschau für die nächste Ausgabe und unter www.interstellarum.de.

Prinzipiell drucken wir nur unveröffentlichte Fotos und Texte. Parallelveröffentlichungen bereits eingesandter Materialien sind gesetzlich für den Zeitraum eines Jahres nach Abdruck untersagt (§ 2-1 Verlagsgesetz) – **wir bitten um Beachtung.**

Bitte informieren Sie uns, ob Ihre Beiträge schon an anderer Stelle veröffentlicht worden sind.

Wir behalten uns vor, bei der Bearbeitung Randpartien einer Aufnahme abzuschneiden und diese zu verkleinern/vergrößern, sowie orthografische und sprachliche Korrekturen vorzunehmen. Eingesandte Beiträge werden nicht sinntestellend verändert bzw. gekürzt ohne Einverständnis des Autors. Der Verlag übernimmt keine Haftung für unverlangt eingesandtes Material.

Private Kleinanzeigen: können kostenlos unter www.interstellarum.de/kleinanzeigen.asp aufgegeben werden

Geschäftliche Anzeigen: es gilt Preisliste Nr. 13 vom 1.11.2011
 Britta Gehle, Anzeigenleitung, Fax: 09131/978596,
 E-Mail: werbung@interstellarum.de

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