

fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur



Titelbild: **Komet McNaught**, der hellste Schweifstern seit 40 Jahren, bot am Abendhimmel der südlichen Hemisphäre im Januar einen beeindruckenden Anblick. Das von Australien aufgenommene Bild zeigt den Kometen am Abend des 20.1.2007. Gordon Garradd belichtete lediglich 3×30 Sekunden mit einem 85mm-Objektiv bei einer Blende von f/1,6.

Liebe Leserinnen und Leser,

dass uns der hellste Komet seit 40 Jahren im Januar besuchen würde, konnte zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses von Heft 50 noch niemand wissen – entsprechend zaghaft waren unsere Voraussagen in der Kometenrubrik dieser Ausgabe gewesen. Doch dank unseres kostenlosen Newsletter-Dienstes (www.interstellarum.de/newsletter.asp) waren unsere Leser immer informiert. Dass C/2006 P1 McNaught für Beobachter unserer Breiten dennoch kaum im Gedächtnis bleiben wird – ganz anders als Hyakutake 1996 und Hale-Bopp 1997 – zeigt wie sehr bei den flinken Schweifsternen Wetterglück und Beobachtungsposition von Bedeutung sind.

Während also an den begünstigten Beobachtungsstandorten in Skandinavien (sogar aus Grönland sind Bilder bekannt) vor der Sonnenpassage und danach in Südafrika und Australien die Öffentlichkeit regen Anteil an der Erscheinung nahm, hatten die Medien hierzulande den Kometen fast gänzlich verschlafen. Von zahlreichen interstellarum-Lesern erhielten wir dennoch schöne Fotos, von denen wir eine Auswahl ab Seite 42 präsentieren.

Großen Zuspruch erhalten unsere neuen Mitarbeits-Angebote im Internet. Besonders viele Bilder erreichen uns für die neu gestaltete Galerie in jeder Ausgabe (Seite 78). Wir möchten Sie bitten, Ihre Einsendungen dafür auf wenige aktuelle Ergebnisse zu beschränken. Der Platz ist leider beschränkt, und wir wollen möglichst viele Astrofotografen berücksichtigen. Wenn Sie Interesse haben mehr Ihrer Aufnahmen in interstellarum zu sehen, machen wir Ihnen ein besonderes Angebot – unter www.interstellarum.de/astrofotos.asp erfahren Sie mehr.

Uns interessiert Ihre Meinung zu interstellarum. Wenn Sie uns Ihre Kritik zu Beiträgen in der Zeitschrift mitteilen möchten, oder Ergänzungen und Anregungen haben, nutzen Sie bitte unsere aktualisierte Leserbrief-Kolumne (Seite 6). Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldungen.

Ihr

Ronald Stoyan



Wasser auf dem Roten Planeten

12



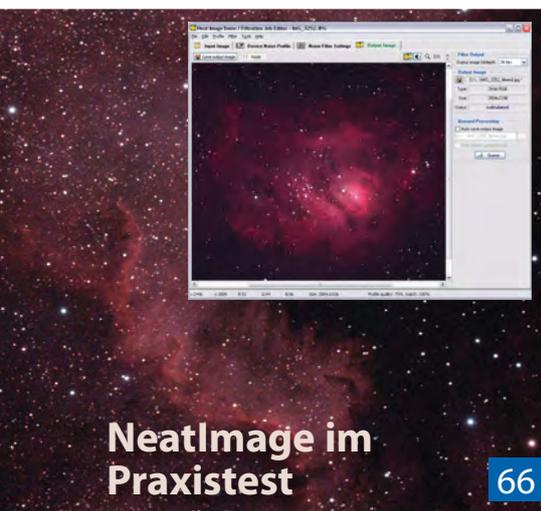
Die Sonne im Kalzium-Licht

34



Ein ultraleichter 8"-Reisedobson

63



NeatImage im Praxistest

66

Hintergrund

- **Hauptartikel**
- 12 **Fließendes Wasser auf dem Roten Planeten?**
Wasser auf dem Mars – der Stand der Dinge
- 18 **Astro-Wissen: Wo gibt es Wasser im Sonnensystem?**
- **Schlagzeilen**
- 8 **Titan: Seen aus flüssigem Methan**
- 9 Das kosmische Netz der dunklen Materie
- 9 Schwarzes Loch im Sternhaufen
- 10 Dreifach-Quasar
Raumfahrt aktuell: Rosetta und New Horizons unterwegs

Himmel

- **Ereignisse**
- 20 **Die Saturnbedeckung am 22. Mai**
- 21 Venus zwischen Plejaden und Praesepe
Das Lyriden-Maximum am 22./23. April 2007
Merkurs beste Abend-sichtbarkeit 2007
- **Sonnensystem**
- 24 **Sonne aktuell: Unterwegs zum Minimum**
- 25 **Planeten aktuell: Jupiter mit Überraschungen**
- 26 **Kometen aktuell: Machholz' kurzes Gastspiel**
- **Sternhimmel**
- 29 **Astronomie mit bloßem Auge: Venus am Abendhimmel**
- 29 **Astronomie mit dem Fernglas: Hellste Vesta-Sichtbarkeit in 18 Jahren**
- 30 **Objekt der Saison: M 98**
- 31 **Objekt der Saison: NGC 4216**
- 32 **Deep-Sky Herausforderung: Simeis 159**

Praxis

- **Sonne**
- 34 **Faszination Sonnenfotografie**
Teil 2: Beobachtung in der violetten Kalziumlinie
- **Mond**
- 38 **Zwischen den Meeren**
Terra Mannae – Eine Insel des Mond-Hochlands
- **Kometen**
- 42 **McNaught**
Der Große Komet 2007



- **Deep-Sky**
- 48 **γ Virginis im Periastron**
Interferometrische Doppelsternbeobachtung für Amateure
- 53 **Praxis-Wissen: Wie finde ich Himmelsobjekte mit »Starhopping«?**

Technik

- **Produktvergleich**
- 54 **Digitale Arbeitspferde**
Die Spiegelreflexkameras Nikon D70 und Canon 350D im Vergleich
- **Selbstbau**
- 63 **Teleskop im Rucksack**
Ein ultraleichter 8"-Reisedobson
- **Astrofotografie**
- 66 **Kampf dem Rauschen**
NeatImage im Praxistest
- 72 **Technik-Wissen: Das fotografische Dreieck**
- **Produktspiegel**
- 62 **Astro-Umbau für digitale Canon-Spiegelreflexkameras**
Wolkenmesser: Boltwood Cloud Sensor
Goto-Teleskope kabellos vom PC steuern
Klein aber fein: Skywatcher Equinox-Refraktoren
Azimutale Montierungen aus Amerika

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

Komet McNaught

42

»BILD« berichtete nicht – und auch die meisten anderen Tageszeitungen blieben stumm. Der hellste Komet seit 40 Jahren – mit -5^m Maximalhelligkeit heller als Hale-Bopp 1997, Hyakutake 1996 und West 1976 – fand hierzulande praktisch nicht statt. Die Kurzfristigkeit der Erscheinung von Komet McNaught hatte überrascht – zwar war der Komet schon ein halbes Jahr vorher entdeckt worden, doch darauf ob er wirklich gut sichtbar werden würde wollte noch Ende Dezember niemand Wetten abschließen.

interstellarum-Kometenexperte Burkhard Leitner hat die schönsten Bilder des Kometen zusammengestellt. Dabei wird klar, dass wir Mitteleuropäer das wirkliche Schauspiel verpasst haben, denn erst nach seiner Passage an der Sonne wurde der Komet zu einem wirklich denkwürdig spektakulären Objekt.

Beobachtungen

- **Rückblick**
- 73 **Grüner Strahl am 28.1.2007**
Enge Begegnung Mond-Saturn am 2.2.2007
Mond bei den Plejaden am 27.1.2007
- **Objekte der Saison**
- 74 **M 63/M 94**
- **Galerie**
- 78 **Neue Astrofotos unserer Leser**

Service

- **Szene**
- 80 **Südhimmel-Süchtige treffen sich in Namibia**
- 81 Termine für Sternfreunde: April bis Juni 2007
- **Rezensionen**
- 83 **Astroart 4.0**
Sternentstehung
Le Grand Atlas de la Lune
- **Astromarkt**
- 84 **Astroschnäppchen**
Kleinanzeigen

- 1 fokussiert
- 2 Inhaltsverzeichnis
- 6 Leserbriefe
- 86 Vorschau, Impressum, Leserhinweise

Produktvergleich: Nikon D70 vs. Canon 350D

54



interstellarum wird 50

Das äußere Aussehen verhiß ja nix Gutes: was ein unruhiges Bild, links noch Streifen, rechts noch eine rote Bandarole... Die inzwischen nachgewachsene Generation ist mit der grafischen Reizüberflutung aus schnellsten Schnitten in Kino und Fernsehen sowie eng gepackten und blinkenden Webseiten aufgewachsen. Die brauchen auch bedrucktes Papier so! Man wird alt, dachte ich. Das Heftinnere aber ist insgesamt klasse! Trotz ständiger Abwechslung wird das Layout nicht wirklich unruhig. Das Dämmerungsdiagramm auf S. 21 ist einfach super! Hier wird bewiesen, dass man mit Grafikklimperkram Informationen wirklich übersichtlich darstellen kann!

■ Frank Möller

Leider haben Sie sich im Laufe der Zeit nach meiner ganz persönlichen Meinung vom Standard immer mehr an das doch semi-professionelle SuW angenähert, welches seinerzeit für meine Bedürfnisse etwas zu »zahlenlastig« war.

■ Joachim Schwarz

Insgesamt gefällt mir die Zeitschrift recht gut. Sie ist fachlich gut sortiert und äußerlich ansprechend gestaltet. Sie hebt sich damit wohltuend von vielen anderen Zeitschriften für den Hobbyastronomen ab. Insbesondere die Umgestaltung zum Jubiläumsheft Nr. 50 hat noch einmal einen deutlichen Qualitätssprung gebracht.

■ Dietmar Büttner

Hinweis

Teilen Sie uns Ihre Meinung mit – wir freuen uns auf Ihre Leserbriefe. Unter www.interstellarum.de/leserbriefe.asp finden Sie eine Online-Eingabemöglichkeit für Ihre Stellungnahmen.

Nachträge

Produktvergleich azimutale Montierungen

Vixen hat seine Porta-Montierung nachgerüstet. Im interstellarum-Produktvergleich war die feste Verbindung zu einem Stativ als einer der größten Nachteile genannt worden. Der neue Fotostativadapter (40 €) schafft nun Abhilfe, damit lässt sich die Montierung auf einem handelsüblichen Fotostativ betreiben. Mit einem zusätzlichen Stativkopfadapter (61 €) kann die Porta-Montierung auch an die GP-Stativ von Vixen adaptiert werden. Zu einem Wechsel des Stativkopfs vom Stativ der Grundausstattung auf die neuen Adapter ist allerdings nach wie vor Werkzeug notwendig.

■ -red

Lowrider im Kommen

Die Initialzündung zum Bau derartiger Dobson-Teleskope (mindestens im deutschen Sprachraum) lieferte Gerhard Stropek in einem Beitrag in astronomie.de im November 2002. Als Ausweg aus dem im Artikel an einem 32" f/7 Nasmyth-Cassegrain von Stathis Kafalis beklagten Dilemma zwischen Öffnung und Öffnungsverhältnis schlug er diese Bauart erstmalig vor. Gerhard Stropek war es auch, der dieser Variante des Dobson den Namen gab.

■ Carsten Fenske

Temperaturanpassung in Spiegelteleskopen

In interstellarum 50 auf Seite 13 findet sich ein Bild des Samuel-Oschin-Teleskops auf dem Mount Palomar. Das Teleskop ist in Aluminiumfolie eingepackt, um die Wärmestrahlung einzudämmen, die das Teleskop normalerweise von unten her erwärmt und auf der Oberseite durch Abstrahlung zum Himmel abkühlen lässt. Ohne besondere Maßnahmen kann die Temperaturdifferenz oben/unten bis zu 8°C erreichen. Dieser Temperaturunterschied überträgt sich mehr oder weniger auf die Luft im Tubus. Gemeinerweise wird der Tubus dadurch unten warm und oben kalt, so dass über die ganze Nacht hinweg innerhalb des Tubus erwärmte Luft von unten nach oben strömt. Ich habe Versuche mit Aluminiumfolie unternommen und konnte feststellen, dass die Folie, sobald sie nur leicht von Tau bedeckt ist, ihre Schutzwirkung vollständig verliert. Unpraktisch, weil leicht verletzlich, ist die Folie ohnehin. Und selbst ohne den Tau gilt: Bis der von der äußeren Strahlung abgekoppelte Tubus ausgekühlt ist, dauert es seine Zeit. Versieht man aber die Innenseite des Tubus mit einer wärmeisolierenden Schicht, so nimmt deren Oberfläche sehr schnell die Lufttemperatur an, und das bleibt die ganze Nacht so. Zur Kontrolle habe ich mit dem IR-Thermometer die Oberflächentemperaturen der Tubusinnenwand gemessen. Die Differenz oben/unten lag in jedem Fall unter 1°C, zeitweise sogar kaum messbar unter 0,5°C. Und noch etwas: In keinem Fall waren auch nur Spuren von Luftströmungen im Tubus zu erkennen. Damit sollte das Tubusseeing endgültig vom Themenkatalog verschwunden sein.

■ Karl-Ludwig Bath

Titan: Seen aus flüssigem Methan

Titan ist nach Jupitermond Ganymed der zweitgrößte Mond im Sonnensystem und der einzige, der eine dichte Atmosphäre besitzt. Hauptbestandteil der Atmosphäre ist wie auf der Erde Stickstoff. Allerdings verhindert das reichliche Vorhandensein von Methan und Aerosolen einen Blick auf seine Oberfläche im visuellen Spektralbereich, so dass bis zum Beginn der Cassini-Huygens-Mission wenig über seine Oberfläche bekannt war.

Nachdem im Januar 2005 die Landesonde Huygens erstmals einen klaren Blick unter die dichte Atmosphäre von Titan werfen konnte und »Meer-und-Land-Strukturen« (s. interstellarum 39) entdeckte, hatte Huygens' Muttersonde Cassini aus einer Saturn-Umlaufbahn immer wieder die Gelegenheit, bei nahen Vorbeiflügen Saturns Monde im Detail zu untersuchen. Bereits bei einem früheren, besonders nahen Vorbeiflug an Titan mit unter 1000km Distanz nahm Cassini Radarbilder seiner Oberfläche auf, die an Huygens' Bilder erinnern und große dunkle Flächen – »Seen« – sowie in sie mündende dunkle »Kanäle« zeigen. Bei einem weiteren Vorbeiflug am 22. Juli 2006 entdeckten Cassinis Radarinstrumente nun 75 runde und unregelmäßig geformte, dunkle Flecken, mit Durchmessern zwischen 3km und 70km in hohen nördlichen Breiten zwischen 70°N und 83°N. Gebiete, die in Radarbildern dunkel erscheinen, haben sehr glatte Oberflächen wie zum Beispiel Flüssigkeiten, Felsen oder Eis oder eine nicht reflektierende, absorbierende Oberfläche wie z.B. lockerer Ruß. Bei einigen der dunklen Gebiete ist nicht sicher, ob überhaupt etwas reflektiert wurde. Morphologisch zeigen diese Flecken Ähnlichkeiten mit Seen. Auch sieht man sinusförmige in die Flecken führende Kanäle, die man bereits an anderen Stellen auf Titan gefunden hat und die durch Fließbewegungen entstanden sein sollen. Zwei der dunklen Flecken sind durch einen engen, ebenfalls im Radarbild dunklen Kanal verbunden. 15 dunkle Flecken scheinen

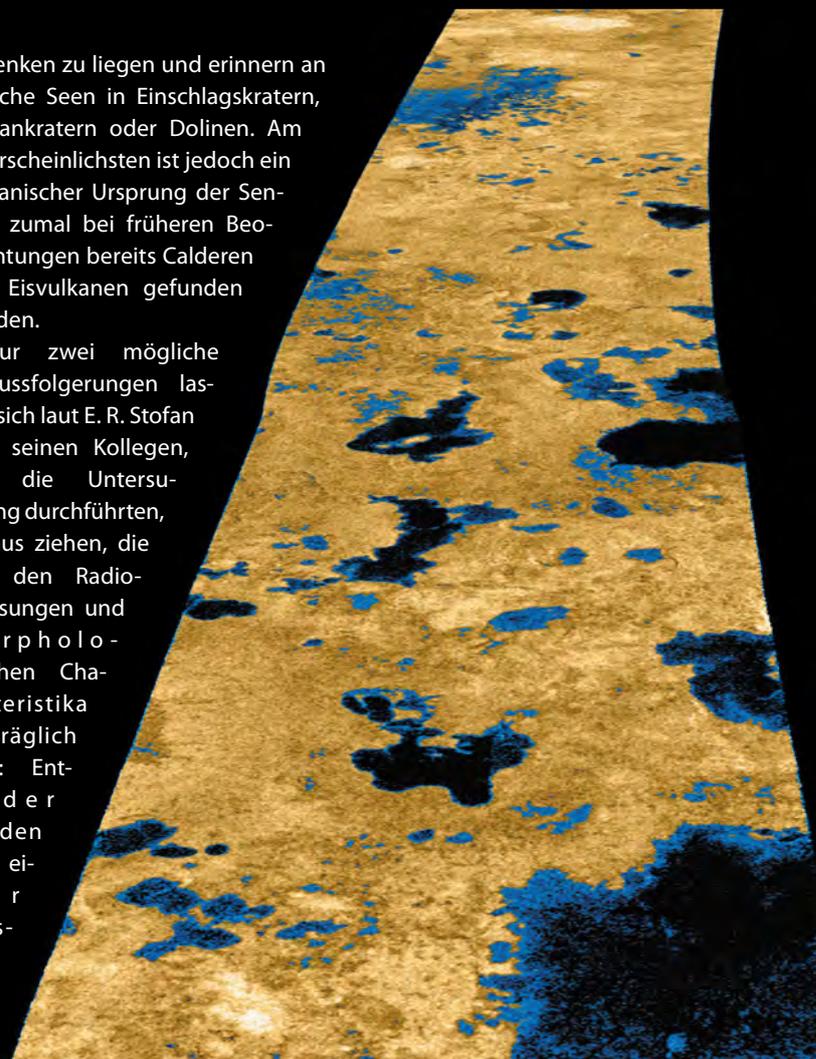
in Senken zu liegen und erinnern an irdische Seen in Einschlagskratern, Vulkankratern oder Dolinen. Am wahrscheinlichsten ist jedoch ein vulkanischer Ursprung der Senken, zumal bei früheren Beobachtungen bereits Calderen von Eisvulkanen gefunden wurden.

Nur zwei mögliche Schlussfolgerungen lassen sich laut E. R. Stofan und seinen Kollegen, die die Untersuchung durchführten, daraus ziehen, die mit den Radiomessungen und morphologischen Charakteristika verträglich sind: Entweder wurden mit einer Flüssigkeit

gefüllte Seen auf Titan beobachtet, oder aber Senken und Kanäle haben sich in der Vergangenheit mit Ablagerungen geringer Dichte gefüllt. Da jedoch durch Winderosion hervorgerufene Strukturen in der Umgebung fehlen, scheinen poröse Sedimente geringer Dichte unwahrscheinlich. Die Forscher schließen deshalb, dass die Seen mit flüssigen Kohlenwasserstoffen gefüllt sind.

Obwohl die Zusammensetzung der Flüssigkeit aus den Radarbeobachtungen nicht bestimmt werden kann, ist der wahrscheinlichste Kandidat Methan, das überall auf Titan in flüssiger Form vorkommen könnte. Da jedoch die relative Feuchtigkeit von Methan geringer als 100% ist, müssten die Seen

verdunsten und würden auf diese Weise das atmosphärische Methan ersetzen, das durch Sonnenlicht zerstört wird. Während Titans Winter würde das Methan dann kondensieren und als Regen die Seen auffüllen. Dies wird durch die Tatsache unterstützt, dass die Seen nur in hohen nördlichen Breiten gefunden wurden, wo zur Zeit Winter herrscht. Im Sommer müssten sich die Seen dann aufgrund der Verdunstung verkleinern. Eine erweiterte Cassini-Mission bis 2009 oder 2010 würde es erlauben, saisonale Schwankungen der Seengrößen zu untersuchen. Es könnte auch sein, dass die Senken aus einem unterirdischen Methan-Horizont gespeist werden.



Gibt es auf Titan Seen aus flüssigem Methan? Dieses Radarbild wurde von Cassini am 22. Juli 2006 aufgenommen und zeigt die dunklen Flecken, die als Seen interpretiert werden. Die Küstenbereiche erscheinen heller, da hier die Seen flach genug sind, so dass das Echo vom Seeboden nicht vollständig verschluckt wird. Die Bildmitte liegt bei 80°N und 35°W. Der Bildausschnitt entspricht einer Breite von etwa 140km, die kleinsten Details haben Durchmesser von 500m. [NASA/JPL/USGS]

Surftipps

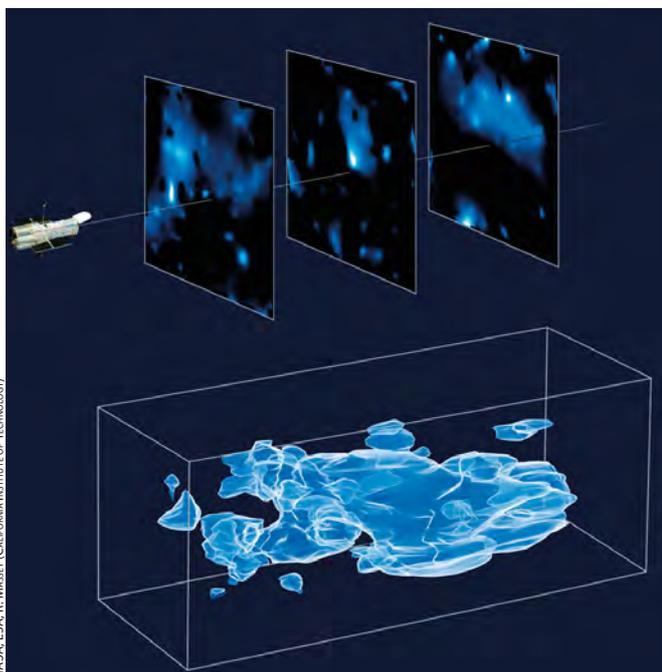
Cassinis Flugplan: saturn.jpl.nasa.gov/operations/cassini-calendar-ALL.cfm
 JPL/NASA: www.jpl.nasa.gov
 ESO Presse Mitteilungen: www.eso.org/outreach/press-rel
 Space Telescope Science Institute: www.stsci.edu

Das kosmische Netz der Dunklen Materie

Über 80 Prozent der gesamten Masse des Universums bestehen aus dunkler Materie. Sie sendet keine elektromagnetische Strahlung wie etwa sichtbares Licht aus, sondern kann nur durch die Gravitation mit normaler Materie oder Licht wechselwirken. Deshalb wurde vom Weltraumteleskop Hubble im Rahmen des Cosmic Evolution Survey (COSMOS) ein 1,6 Quadratgrad großes Feld des Weltalls hochaufgelöst abgebildet. Dabei wurden detaillierte Bilder von einer halben Million Galaxien aufgenommen. Da die Gravitation der dunklen Materie das Licht dieser Galaxien ablenkt, konnte aus der Gestalt der Galaxien auf die Verteilung der dunklen Materie geschlossen werden. Zusammen mit der Entfernung der Galaxien, die aus der Rotverschiebung bestimmt wurde, kann dann eine dreidimensionale Verteilungskarte der dunklen Materie erstellt werden. An manchen Orten ist die dunkle Materie sehr dicht. Genau an diesen Stellen befinden sich die Galaxien und das heiße Gas der normalen Materie. Diese Verteilung der Materie im Universum zeigt, dass die normale Materie der dunklen Materie folgt. Die Karte bestätigt auch die Standardtheorie zur Rolle der dunklen Materie. Sie wird als Gerüst des Universums betrachtet. Ursprünglich war sie gleichmäßig verteilt, später verdichtete sie sich in manchen Bereichen. Diese Stellen mit besonders viel dunkler Materie ziehen durch ihre stärkere Gravitation die sichtbare Materie an, so dass sich diese zusammenballt. So entstehen Sterne, Galaxien und ganze Galaxienhaufen. [Presseinformation der MPG SP 1 / 2007; News Release STScI-2007-01]

Dreidimensionale Karte der Verteilung der dunklen Materie.

Um die Daten zu gewinnen, teilten die Forscher das Feld in verschiedene Altersschichten ein (vergleichbar den Schnitten durch Gesteinsschichten in der Geologie). Das Alter der Schichten lässt sich aus der Rotverschiebung der beobachteten Galaxien ableiten. Die drei oben gezeigten Schichten stellen also das Universum zu verschiedenen Zeiten in der Vergangenheit dar. Aus der Wechselwirkung der dunklen Materie mit Licht konnte das Wissenschaftlerteam die Verteilung der dunklen Materie berechnen (unten).

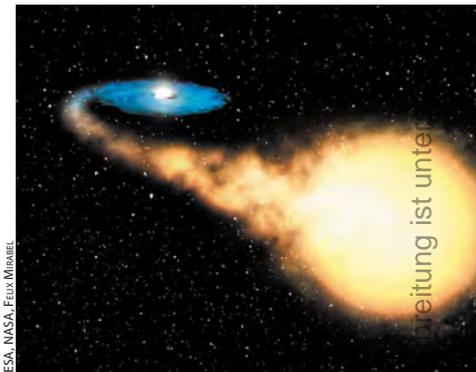


NASA, ESA, R. MASSEY (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

Schwarzes Loch im Sternhaufen

Kugelsternhaufen enthalten Milliarden von alten Sternen, die sich in einer Region mit einem Durchmesser von nur einigen 10 Lichtjahren zusammendrängen. Aufgrund der hohen Sterndichte ist es sehr wahrscheinlich, dass die Sterne miteinander wechselwirken oder kollidieren. Deshalb gibt es große Diskussionen darüber, ob in Kugelsternhaufen Schwarze Löcher vorkommen.

Einige Theorien sagen voraus, dass dynamische Prozesse in den dichtesten Zentralregionen der Kugelsternhaufen zur Bildung von Schwarzen Löchern mit etwa 1000 Sonnenmassen führen. Andere Theorien sagen hingegen voraus, dass die Wechselwirkungen zwischen den Sternen die meisten oder alle im Haufen entstandenen Schwarzen Löcher hinauskatapultieren würden. Beobachtungen mit dem Röntgensatelliten XMM-Newton deuten jetzt auf die Existenz eines Schwarzen Lochs in einem Kugelsternhaufen hin, der zur elliptischen Galaxie NGC 4472 im Virgohaufen gehört. Die Röntgenleuchtkraft ist mit 4×10^{32} Watt so groß, dass alles andere als ein Schwarzes Loch in dieser alten Sternpopulation ausgeschlossen werden kann. Außerdem ändert sich die Röntgenleuchtkraft um einen Faktor sieben in wenigen Stunden, was nur bei einem entsprechend sehr kleinen Emissionsgebiet möglich ist. Deshalb kann man auch die Möglichkeit ausschließen, dass man mehrere hintereinander liegende Neutronensterne sieht. Statistische Betrachtungen sowie spektrale Eigenschaften der Quelle machen es ferner unwahrscheinlich, dass es sich um einen Aktiven Galaxienkern im Hintergrund handelt. Mit Hilfe des Röntgenspektrums kann man Vorhersagen über die Masse des Schwarzen Lochs machen. Nach Standardmodellen liegt sie bei etwa 400 Sonnenmassen. Es gibt jedoch auch Modelle, die eine Masse von nur 10 Sonnenmassen vorhersagen. Weitere Beobachtungen von Kugelsternhaufen werden vielleicht darüber Aufschluss geben, welches der Modelle richtig ist. [ESA News vom 3. Januar 2007; T. J. Maccarone et al., Nature 445, 183 (2007)]



Künstlerische Darstellung eines Schwarzen Lochs in einem Doppelsternsystem.

Über einen Akkretionsstrom verliert der Begleitstern Masse an das Schwarze Loch. Die Materie bildet eine Akkretionsscheibe um das Schwarze Loch, in der sie durch Reibung Energie verliert und in das Schwarze Loch spiralt.

Die Röntgenleuchtkraft ist mit 4×10^{32} Watt so groß, dass alles andere als ein Schwarzes Loch in dieser alten Sternpopulation ausgeschlossen werden kann. Außerdem ändert sich die Röntgenleuchtkraft um einen Faktor sieben in wenigen Stunden, was nur bei einem entsprechend sehr kleinen Emissionsgebiet möglich ist. Deshalb kann man auch die Möglichkeit ausschließen, dass man mehrere hintereinander liegende Neutronensterne sieht. Statistische Betrachtungen sowie spektrale Eigenschaften der Quelle machen es ferner unwahrscheinlich, dass es sich um einen Aktiven Galaxienkern im Hintergrund handelt. Mit Hilfe des Röntgenspektrums kann man Vorhersagen über die Masse des Schwarzen Lochs machen. Nach Standardmodellen liegt sie bei etwa 400 Sonnenmassen. Es gibt jedoch auch Modelle, die eine Masse von nur 10 Sonnenmassen vorhersagen. Weitere Beobachtungen von Kugelsternhaufen werden vielleicht darüber Aufschluss geben, welches der Modelle richtig ist. [ESA News vom 3. Januar 2007; T. J. Maccarone et al., Nature 445, 183 (2007)]

interstellarum-Newsletter

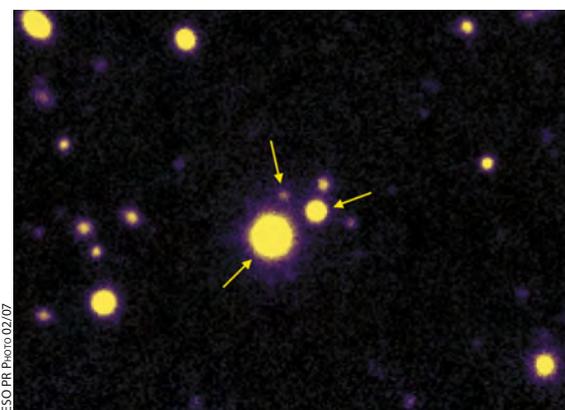
Immer informiert über Neues aus der Forschung und Aktuelles am Himmel: interstellarum-Redakteur Daniel Fischer stellt etwa alle 14 Tage wichtige Neuheiten aus dem Bereich der Profi- und Amateurastronomie zusammen. So sind Sie immer auf dem Laufenden über aktuelle Raumsondenmissionen und verpassen keinen Kometen. Und das Beste: Der Bezug ist kostenlos. Informieren Sie sich unter www.interstellarum.de/newsletter.asp.

Dreifach-Quasar

Zum ersten Mal konnte aus Beobachtungen die Existenz eines Dreifach-Quasars nachgewiesen werden. Quasare sind extrem leuchtstarke, aktive Kerne von Galaxien, in denen ein massereiches Schwarzes Loch einfallende Materie in Energie umsetzt. Es ist statistisch sehr unwahrscheinlich, dass sich zufällig gleich drei Quasare so nahe beieinander aufhalten wie beobachtet. Allerdings war bereits bekannt, dass auch Doppel-Quasare häufiger vorkommen als es in einer Zufallsverteilung zu erwarten wäre. Diese Beobachtungen unterstützen die Annahme, dass Quasar-Aktivität insbesondere infolge von Galaxienwechselwirkung auftritt, also dort, wo sich Galaxien bereits nahegekommen sind.

Für den Nachweis des Dreifach-Quasars mussten die Wissenschaftler auch zeigen, dass das Triplet nicht auf eine Gravitationslinse zurückzuführen ist, die das Bild eines einzelnen Quasars in mehrere Komponenten aufspaltet. Infrarotaufnahmen am Very Large Telescope der ESO und am Keck Observatory in Hawaii zeigen keinerlei Anzeichen für ein Objekt, das als Gravitationslinse wirken könnte. Zudem konnte die Konfiguration der drei Quasare mit einem Gravitationslinsenmodell nicht erklärt werden. Schließlich sind auch die Spektren der drei Quasare hinreichend individuell.

Das Quasar-Trio steht im Sternbild Jungfrau in einer Entfernung von gut zehn Milliarden Lichtjahren. Seine Komponenten



Die drei Komponenten A, B und C des ersten entdeckten Dreifach-Quasars.

dürften etwa so weit auseinanderstehen wie unsere Galaxis und die Magellanschen Wolken. [ESO 02/07 Science Release; S. George Djorgovski et al. (2007), eingereicht bei *Astrophys. J. Letters*]



ESA/MP5/UPD/LAM/IA/ISSD/INTA/UPM/MDK/SP/IDA

Raumfahrt aktuell Rosetta und New Horizons unterwegs

ten Churyumov-Gerasimenko verkürzen hilft, so wie auch schon beim ersten Erd-Flyby im März 2005. Die starke Annäherung an den Roten Planeten, die mittels einer ganzen Serie von Düsenzündungen präzise eingeleitet worden war, bot sich aber auch zum Testen vieler der Instrumente an Bord sowohl des Rosetta-Orbiters wie auch des Kometenlanders Philae an: Seit Januar und noch bis Ende März wird dabei ein regelrechtes kleines Wissenschaftsprogramm abgewickelt. Just in den drei Stunden rund um die größte Annäherung an den Mars musste der Rosetta-Orbiter allerdings schlafen geschickt werden, denn die Sonde durchflog den Schatten des Planeten und es stand kein Strom für den Betrieb der Instrumente zur Verfügung. Die 25-minütige Sonnenfinsternis überstand Rosetta allerdings problemlos, und ein paar Experimente auf dem autonom versorgten Philae-Lander liefen sogar weiter.

Während also der Marsvorbeiflug nur ein subtiler Zwischenschritt auf der komplizierten Reise Rosettas zum Kometen war, in dessen Orbit am Ende eingetreten werden soll, ging es beim Jupiterbesuch von **New Horizons** am 28. Februar gewissermaßen um rohe Gewalt. Das Schwebfeld des größten aller Planeten wurde ausgenutzt, um die Reisezeit zum Zwergplaneten Pluto um mehrere Jahre zu verkürzen. Während Rosetta ihr Kometenziel

besonders langsam anfliegen muss, zählt bei New Horizons nur die Geschwindigkeit: Es gilt, den fernen Vertreter des Kuiper-Gürtels so schnell es geht zu erreichen, auch wenn dann nur ein rasanter Vorbei- und Weiterflug zu einem noch zu bestimmenden anderen Kuiperoid möglich sind. Für den optimalen Schwung und die korrekte Bahn zum Pluto wurde der Jupiterabstand auf 2,3 Millionen Kilometer vom Planetenzentrum eingestellt. Die Geschwindigkeit von New Horizons wird so um 4km/s auf 23km/s gesteigert und die Reisezeit um volle fünf Jahre verkürzt! Wie bei Rosetta wurde der Planetenbesuch für ein umfassendes Forschungsprogramm seit Anfang Januar genutzt, mit rund 700 verschiedenen Teilprogrammen. Sie reichten und reichen noch von Nahaufnahmen des Planeten und seiner großen Monde bis zu Feld- und Teilchenmessungen im dutzende Millionen Kilometer langen Jupiter-»Schweif« im Sonnenwind: Auch wenn der Jupiter schon fünfmal von Raumsonden besucht wurde, so lassen sich doch immer noch neue Aspekte ergründen. Kurioserweise wird New Horizons vom Jupitersystem sogar mehr Daten einfahren als in acht Jahren beim Pluto zu erwarten sind: Aus dessen Distanz wird die Datenrate zur Erde zum Nadelöhr. Um so wichtiger war daher die große Generalprobe am Jupiter.

■ Daniel Fischer

Anflug auf den Mars: Für die Rosetta-Kamera OSIRIS dominierte der Rote Planet bereits im Dezember 2006 den Milchstraßenhintergrund, vor dem er sich aus Sondenperspektive zufällig befand.

Ihre eigentlichen Ziele werden sie erst in den Jahren 2014 bzw. 2015 erreichen, aber ohne die Schwerkrafthilfe zweier Planeten würde es noch länger dauern: Wie es der Zufall wollte, in nur drei Tagen Abstand sind Ende Februar die ESA-Kometen-sonde Rosetta am Mars und die NASA-Plutosonde New Horizons am Jupiter vorbeigesaust. Die Marspassage **Rosettas** am 25. Februar in nur 250 km Höhe diente dazu, die Flugbahn der 2004 gestarteten Sonde so umzulenken, dass es am 13. November zu einer nahen Begegnung mit der viel massereicheren Erde kommt: Es ist ihre Schwerkraft, die die Reise zum Zielkome-



Fließendes **Wasser** auf dem **Roten Planeten?**

Wasser auf dem Mars – der Stand der Dinge

VON DANIEL FISCHER

»Folget dem Wasser!« So lautet seit Jahren die Devise der Marsforscher, nicht nur bei der NASA. Weil nun jeder wissen will, ob es einmal auf dem Roten Planeten Leben gab oder vielleicht in Nischen auch heute noch gibt, und weil Leben zwingend flüssiges Wasser erfordert, wird nach Spuren davon an allen erdenklichen Stellen gefahndet. Faszinierende Entdeckungen hat es besonders durch die jüngste Generation von Raumsonden der USA und Europas in den vergangenen zehn Jahren gegeben, Wasser konnte jedoch bis vor kurzem nicht entdeckt werden. Doch neue Daten deuten das Gegenteil an. Eine Bestandsaufnahme.

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

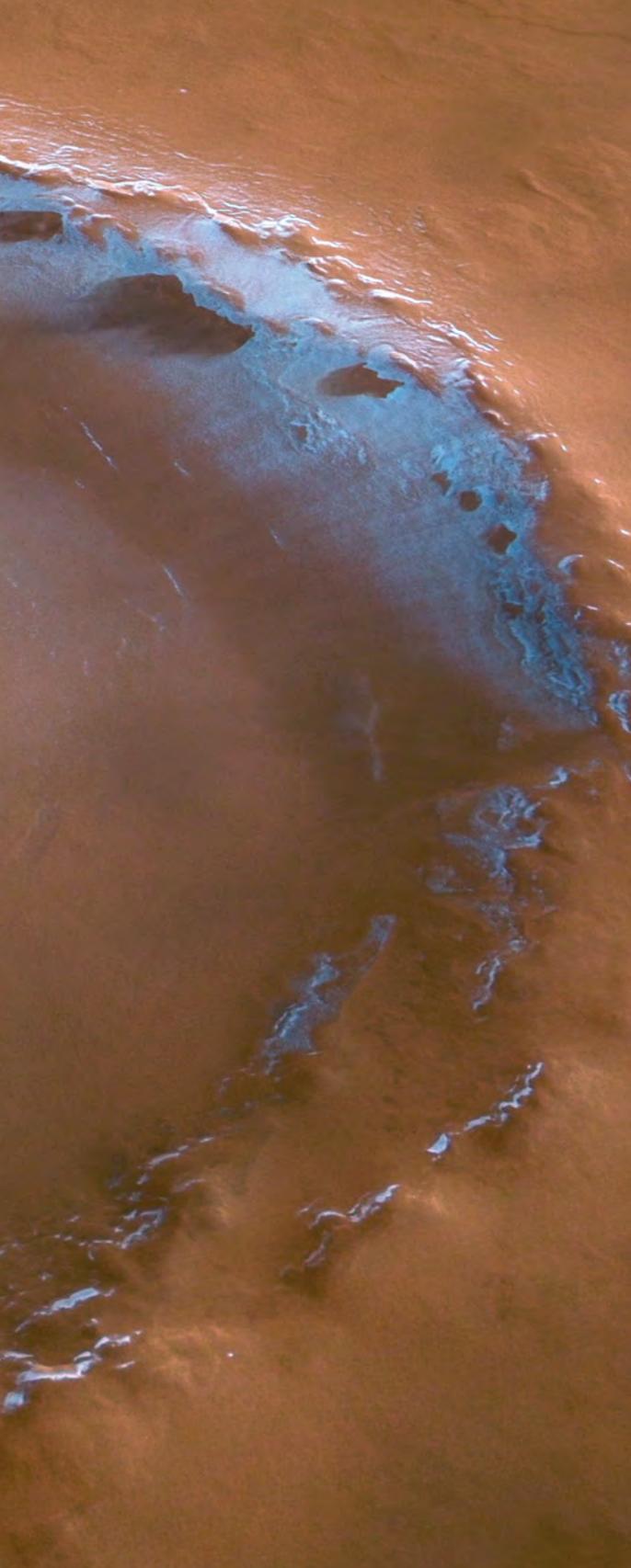


Abb. 1: **Wassereis am Boden eines Kraters in der Nähe des Mars-Nordpols.** Im Zentrum des etwa 35 Kilometer durchmessenden Kraters sticht das weiße Wassereis deutlich hervor. Wassereis kann sich im Zentrum des Kraters ganzjährig halten, da die Temperaturen und der atmosphärische Druck in der nördlichen Tiefebene Vastitas Borealis nicht für eine Sublimation (Übergang vom festen in den gasförmigen Zustand) ausreichen. Kohlendioxid ist zur Zeit der Bildaufnahme (später Mars-Sommer) bereits von der gesamten Nordpolkappe verschwunden, so dass nur noch Wassereis vorhanden ist.

Sicher ist überhaupt nur eines: Heute kann kein flüssiges Wasser auf der Marsoberfläche für längere Zeit existieren, denn der Atmosphärendruck ist viel zu gering. Jede freie Wasserfläche würde sofort verdampfen, und in der Tat hat noch keine Marssonde je einen Tümpel vorgefunden. Nur Wassereis kann unter Marsbedingungen bestehen, und das gibt es auch reichlich: als stabiler Sockel beider Polkappen, als Beimischung bereits oberflächennaher Bodenschichten in höheren Breiten und vielleicht auch in Mengen in größerer Tiefe. Dazu kommen Spuren von Wasserdampf in der Atmosphäre (0,03% Anteil). Und auch für die spannendste, dritte Phase haben sich manche Hinweise angesammelt, freilich bis vor kurzem nur auf die ferne Vergangenheit des Mars bezogen: Da scheint es gewaltige Fluten gegeben zu haben, stellenweise sind Tonablagerungen entstanden, was nur in Anwesenheit von flüssigem Wasser geschieht, und die aktuell auf dem Mars befindlichen Marsrover sehen Hinterlassenschaften von wässrigen Lösungen, die zuweilen durch Sedimente in einer ansonsten knochentrockenen Wüstenlandschaft gesickert sind. Aber seit dem Jahr 2000 treibt die Marsforscher auch ein Phänomen um, das auf flüssiges Wasser dicht unter der Oberfläche in der geologischen Gegenwart des Mars hindeuten könnte. Und seit 2006 gibt es gar Indizien, dass hier und da und für ganz kurze Zeit heute flüssiges Wasser an der Marsoberfläche auftreten kann.

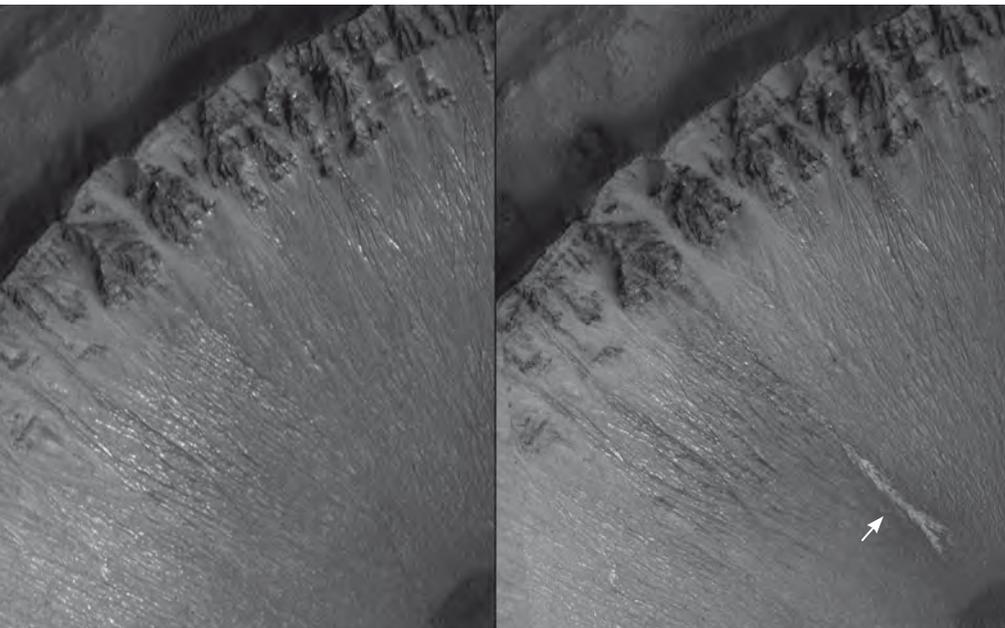
Ort des Geschehens: die Gullys

Schauplatz des Geschehens sind die so genannten Gullys, kleine aber markante Rinnen an den Innenseiten von Kratern und anderen Senken, die sich von den ebenfalls Mars-bekanntesten Spuren einfacher Erdbeben unterscheiden. Etwas Flüssiges hat hier das Erdreich mitgerissen, was man daran erkennt, dass sich die Ablagerungen auch noch weit in die Ebene unter dem Abhang fortsetzen. Das ist das wichtigste Erkennungsmerkmal, betont der US-Geologe

Phil Christensen von der Arizona State University gegenüber interstellarum. Flüssiges Kohlendioxid käme unter Marsbedingungen als »Schmiermittel« zwar prinzipiell in Betracht, doch Wasser erscheint Christensen viel plausibler, da es stabiler ist: In diesem Punkt ist sich der prominente Marsforscher auch mit dem noch berühmteren Entdecker der Gullys, Mike Malin, einig, der als Präsident der kalifornischen Firma MSSS jene Kamera für die Sonde Mars Global Surveyor baute, die die Marsoberfläche erstmals mit ausreichender Schärfe fotografieren konnte. Als die Entdeckung im Jahr 2000 auf einer Pressekonferenz bekannt gegeben wurde, konnte ein Topmanager der NASA seine Begeisterung gar nicht mehr zügeln und wedelte so wild mit den Armen, dass ein Mikrofon vom Tisch flog. Woher das mutmaßlich fließende Wasser der Gullys kam, das den lockeren Boden mitgerissen zu haben scheint und dann sofort in die Atmosphäre entwand, weiß freilich bis heute niemand, und Malin und Christensen pflegen seit Jahren einen freundschaftlichen Streit über die plausibelste Hypothese.

Spuren des Wassers

Malin und seine Mitstreiter gehen von einer Schicht flüssigen Wassers dicht unter der heutigen Marsoberfläche aus, einem Aquifer, der nur darauf wartet, herauszukommen – lediglich eine Eisbarriere hindert das Wasser daran. Wenn das Eis aber bricht, entsteht ein Gully oder wird ein alter von neuem durchflutet. Genau dieses letztere Phänomen scheint der – seit November 2006 leider ausgefallene – Mars Global Surveyor mindestens zweimal beobachtet zu haben. Zehntausende Gullys hat der fleißige Marsorbiter zwischen 1999 und 2006 entdeckt und etliche von ihnen immer wieder beobachten können. Zweimal tauchten dabei plötzlich neue, helle Striemen in Gullys auf, mehrere hundert Meter lange Ablagerungen, deren Aussehen ziemlich eindeutig für etwas spricht, das einen Hang hinabgeflossen ist. So wurden Hindernisse regelrecht umspült, und am Ende



NASA, JPL, MALIN SPACE SCIENCE SYSTEMS

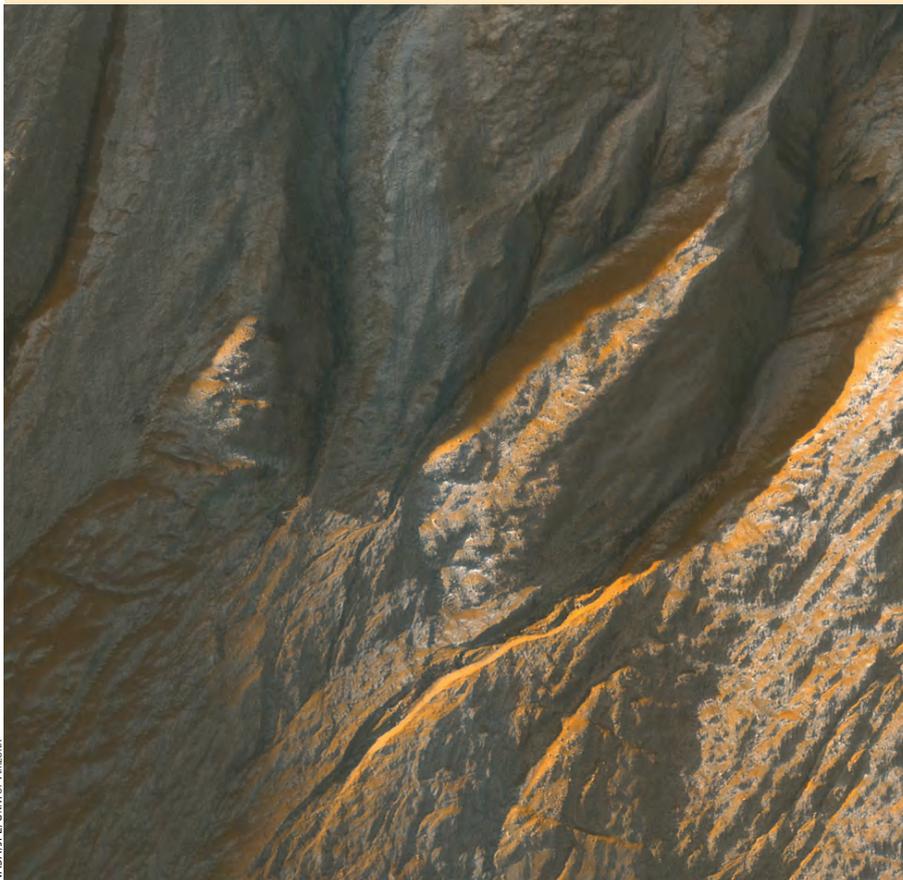
Abb. 2: **Aufnahmen der Mars Orbiter Camera MOC eines Gullys zu verschiedenen Zeiten.** Deutlich ist auf der rechten Aufnahme vom September 2005 helles Material zu erkennen, das auf der Aufnahme von August 1999 noch nicht zu sehen war. Auch auf einer Aufnahme von Februar 2004 ist das helle Material bereits vorhanden. Der Gully liegt auf der Innenflanke des Kraters, auf der zahlreiche weitere Gullys zu erkennen sind.

der 20° bis 30° steilen Abhänge fächert das neue Material fingerförmig auf: Am ehesten erinnert das an eine Mure. Simple Hangrutschungen können die Bildung der hellen Striemen jedenfalls nicht erklären, denn wo immer die allgegenwärtige helle Staubschicht des Mars gestört wird, pflegt dunkleres Material zu erscheinen, das z.B. auch die Spuren der Marsrover markant nachzeichnet oder frische Impaktkrater markiert. Erst im Laufe von Jahren wird es hell.

Eine eindeutige Erklärung für die hohe Reflektivität des ganz frischen Gullymaterials gibt es freilich auch in der wässrigen Deutung nicht. Steckt Reif dahinter, der jahrelang bestehen kann, weil von unten ständig Feuchtigkeit nachgeliefert wird? Handelt es sich um helle Salze, die aus dem verdampfenden Wasser auskristallisiert sind? Oder liegt die Helligkeit an besonders winzigen Teilchen, die bevorzugt an die Oberfläche des fließenden Breis gelangt sind? Bei Redaktionsschluss waren noch keine Infrarotspektren frischer Gullys bekannt, die einen direkten Bezug zu Wasser herstellen würden, aber der neueste Marsspäher, der Mars Reconnaissance Orbiter, wurde bereits entsprechend beauftragt. Mal eben mit den aktuellen Marsrovern hinfahren ist leider aus technischen Gründen ebenso ausgeschlossen wie der »planetary protection« zuliebe: Weil die Gullys die besten Plätze auf dem ganzen Planeten sein könnten, wo fossile oder gar lebende Mikroben an die Oberfläche gespült werden könnten, dürfen sich ihnen nach internationalen Absprachen nur speziell sterilisierte Fahrzeuge nähern.

Tiefe Grundwasservorkommen

Mit Grundwasser in nur 200 bis 300 Metern Tiefe hatte niemand gerechnet. Nach allem, was wir bisher über die Eigenschaften des heutigen Mars wissen, müsste alles Wasser unter seiner Oberfläche bis in 3 bis 6 Kilometer Tiefe permanent gefroren sein. Schließlich liegt die Mitteltemperatur der Oberfläche zwischen -70°C und -100°C, und die innere Wärme gilt als gering. Erstaunlicherweise sind die Gullys auch überwiegend in hohen Breiten zu finden, mindestens 30° vom Äquator entfernt und bevorzugt in Gürteln bis 60° Breite: in kühlen Regionen also, wo man flüssiges Wasser zunächst am wenigsten erwarten würde. Und sie konzentrieren sich auch noch auf von der Sonne abgewandte Hänge. Das immerhin macht im Malin'schen Szenario Sinn: Auf



NASA/JPL/Univ. of Arizona

Abb. 3: **Hochaufgelöste Aufnahme eines Kraters bei 40°S im südlichen Marswinter, der wenig Sonnenlicht erhält.** Bläuliche Gebiete zeigen Reif, der höchstwahrscheinlich aus Wasser besteht, da in diesen Breiten die Temperaturen nicht niedrig genug sind, damit Kohlendioxid kondensiert. Rötliche Gebiete sind vermutlich durch Sublimation frei von Reif. Die dunklen Gebiete, wie sie z.B. im Gully ganz rechts zu sehen sind, könnten durch saisonale Schmelzvorgänge entstanden sein.

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

den sonnenzugewandten, wärmeren Hängen dagegen sollte das Wasser ständig und spurlos verdampfen, nachdem der Aquifer freigelegt wurde, ohne dass es überhaupt eine feuchte Rutschung auslösen könnte.

Jeder direkte Hinweis auf Grundwasser in geringer Tiefe fehlt freilich, ebenso wie auch ein triftiger Grund für die Existenz flüssigen Wassers: Mit geothermischen oder vulkanischen Strukturen, die für unterirdische Wärme sorgen könnten (und auf dem heutigen Mars ohnehin eine Rarität wären) sind die Gullys nicht assoziiert, ein sehr hoher Salzgehalt könnte allerdings den Schmelzpunkt entscheidend gesenkt haben. Auch von den beiden Radaranlagen, die auf dem Mars Reconnaissance Orbiter und dem europäischen Mars-express erstmals im Marsorbit arbeiten, ist leider keine klare Antwort zu erwarten: Sie sehen zwar manch unterirdische Struktur, etwa zahlreiche Eisschichten an den Polen, die die Klimageschichte des Mars konservieren, oder versunkene Krater, aber die Marsoberfläche selbst liefert die bei weitem stärksten Echos. Und das schwache Signal eines möglichen Aquifer dicht darunter würde einfach ertränkt, fürchtet Christensen. Das ist schade, denn ihr direkter Nachweis in der Nähe eines Gullys oder ihr klarer Ausschluss würden sofort zwischen dem Malin-Szenario und Christensens eigener Hypothese entscheiden, die weithin als die einzige belastbare Alternative gilt.

Schmelzender Schnee

Von der Theorie der Aquifere hält Christensen nämlich überhaupt nichts, und er kommt ganz ohne flüssiges Wasser dicht unter der Oberfläche aus. In seinem Szenario sammelt sich im Rhythmus von vielen zehntausend Jahren Schnee in den mittleren Marsbreiten an, der zu anderen Zeiten wieder schmilzt. Ursache für diesen Zyklus sind die starken Schwankungen der Rotationsachse des Mars, die nicht wie bei der Erde ein großer Mond stabilisiert. So kann die Neigung der Marsachse zwischen 14° und 48° variieren, während sie bei der Erde in den letzten Jahrmillionen immer zwischen 22° und 25° lag. Wenn die Marsachse besonders schräg steht (wie zuletzt vor einigen 100 000 Jahren; in den letzten 300 000 Jahren lag ihre Neigung bei nur 25°), dann schneit es auch in den mittleren Breiten. Und wenn die Achse so steht wie jetzt, dann schmilzt der Schnee über dem Marsboden, Gullys entstehen innerhalb von 5000 Jahren – und wenn der Schnee ganz verschwunden ist, werden sie sicht-

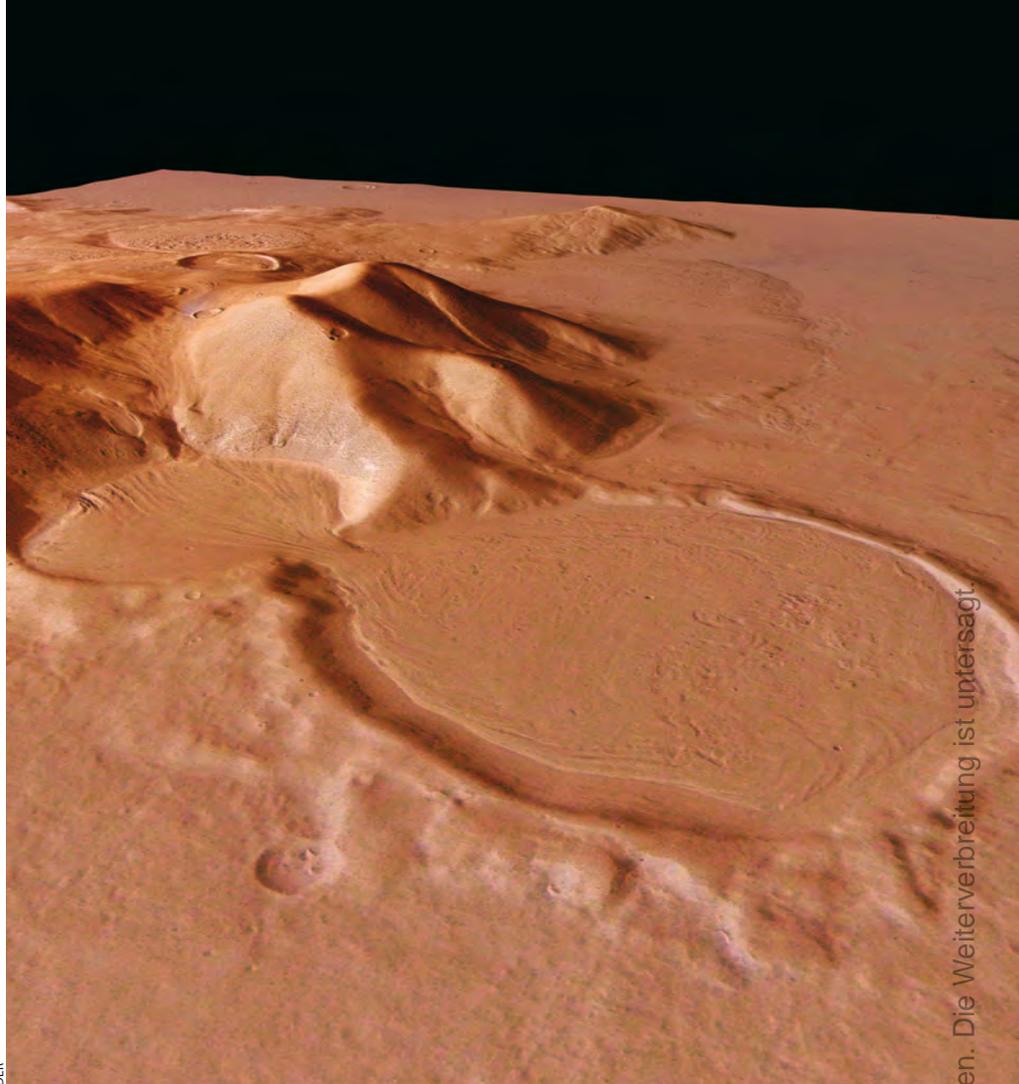


Abb. 4: Die Marsoberfläche wurde bis vor wenigen Millionen Jahren auch in mittleren Breiten und sogar in Äquatornähe von Gletschern geprägt. Noch heute könnte Wassereis in geringer Tiefe als »fossiles« Überbleibsel dieser Gletscher anzutreffen sein.

bar. Dass Gullys heute aktiv sind, wie die frischen Striemen zeigen, damit war nach Christensens Modell eigentlich nicht zu rechnen: Frischer Schnee kann sich bei der heutigen Achsenlage in den Gully-Breiten nicht niederschlagen. Aber Modifikationen seiner Hypothese, bei denen schmelzender Altschnee heute noch Grundwasser für die Gully-Versorgung nachfüllt, hält er interstellarum gegenüber für möglich.

Kontrovers also die Quelle des Wassers, eindeutig aber seine Rolle bei der Formung dieser Auswaschungen? Mitnichten, warnt Gwendolyn Bart vom Lunar and Planetary Laboratory der University of Arizona: Sie glaubt, identische Gullystrukturen auch auf unserem Mond zu erkennen, bei dem jeder Verdacht von Grundwasser oder Schnee ausgeschlossen ist. Besonders im Krater Dawes sieht sie perfekte Gegenstücke der Marsgullys, was den Verdacht nährt, dass auch hinter letzteren spezielle Versionen trockener Erdrutsche stecken könnten, ausgelöst durch Einschläge von Mikrometeoriten. Das hatten Malin wie Christensen aufgrund charakteristischer Schwemmfächer am Ende der Gullys klar ausgeschlossen. Kurioserweise ist die

Qualität der heute vorliegenden Aufnahmen aus dem Mondorbit nicht annähernd so gut wie die moderner Bilder des Mars, und Bart muss sich auf betagtes Material der Lunar Orbiter von 1969 stützen. Der Lunar Reconnaissance Orbiter der NASA, der 2008 starten soll, dürfte aber, so Bart zu interstellarum, eine klare Entscheidung herbeiführen, ob sich die Mond- und Marsgullys in den entscheidenden morphologischen Details wirklich gleichen. Bis dahin wird kein endgültiges Urteil über die Entstehungsweise der Marsgullys möglich sein, außer Spektren frischer Gullyströme zeigen bald eindeutige Was-

Surftipps

Vergleich Marsstrukturen / Erdstrukturen: phoenix.jpl.arizona.edu/pop01.php bis pop06.php
Mars Reconnaissance Orbiter: marsprogram.jpl.nasa.gov/mro/
Mars Exploration Rovers: www.jpl.nasa.gov/missions/current/marsexplorationrovers.html
Mars Express: www.esa.int/esaMI/Mars_Express/index.html

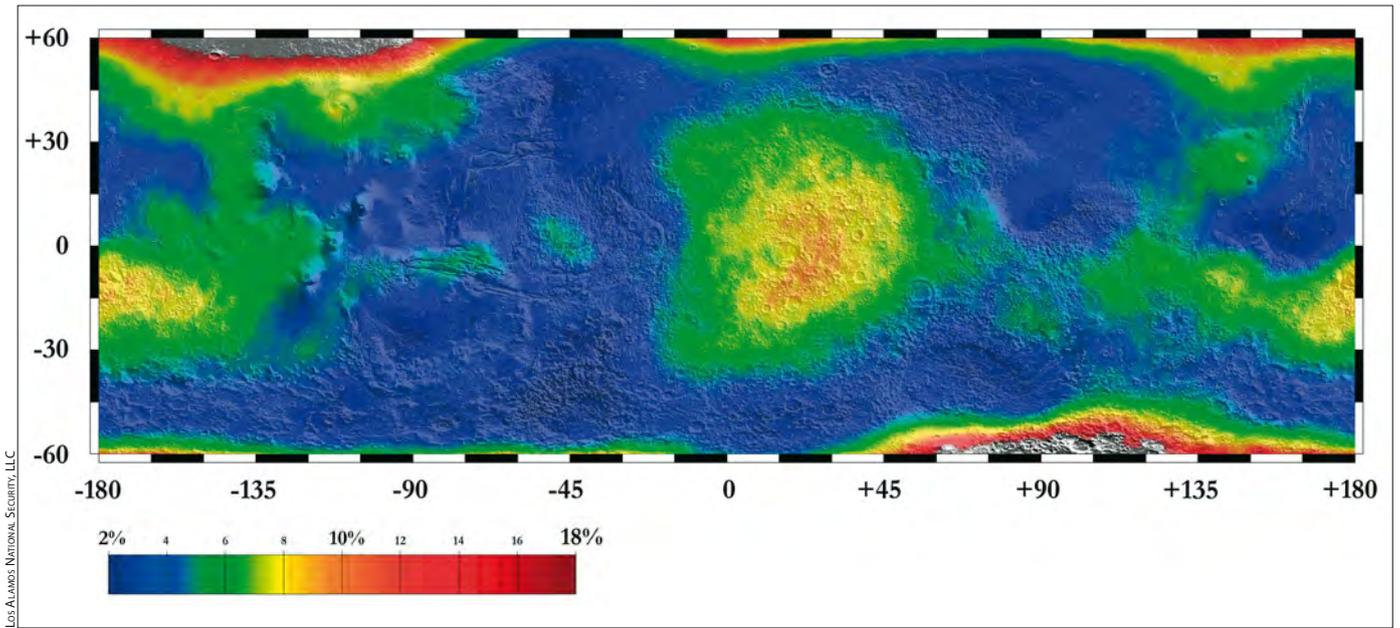


Abb. 5: Die Verteilung von Wasserstoff in der Marsoberfläche, gemessen mit dem Neutronen-Spektrometer an Bord der Raumsonde *Odyssey*. Da Neutronen mit Wasserstoffkernen wechselwirken und dabei Energie verlieren und langsamer werden, kann man aus dem Verhältnis von langsamen zu schnellen Neutronen die Menge an Wasserstoffkernen im Boden ableiten. Höchstwahrscheinlich ist der Wasserstoff in Form von Wassereis gebunden. Unterlegt ist eine Reliefkarte der Oberfläche.

serspuren. Oder es wird ein Gullyausfluss in flagranti erwischt, was aber als beliebig unwahrscheinlich gilt: Das Phänomen dürfte jeweils höchstens eine Stunde dauern und kann sich irgendwo auf dem Mars abspielen.

Im Permafrost gefangen

Während also das Gully-Rätsel noch der Lösung harrt, gelten große Mengen Wassereis bereits in der obersten Bodenschicht

des Mars seit dem Jahr 2002 als etabliert: die erste ganz große Entdeckung des NASA-Orbiters *Mars Odyssey*. Der Mars wird ständig von Kosmischer Strahlung bombardiert, zumeist Protonen hoher Energie. Diese Protonen wechselwirken mit der Oberfläche, und bei diesen Kernreaktionen entstehen Neutronen, die wiederum mit umgebenden Kernen zusammenstoßen – diese geraten in einen angeregten Zustand, fallen wieder in den Grundzustand zurück und senden dabei charak-

teristische Gamma-Strahlung aus. Und diese misst das Gamma-Ray Spectrometer (GRS) an Bord der *Odyssey*-Sonde. Das ist aber noch nicht alles. Die Neutronen sind anfangs sehr schnell, aber wenn sie mit Wasserstoffkernen bzw. Protonen zusammenstoßen, die praktisch dieselbe Masse haben, werden sie stark verlangsamt. Je mehr Wasserstoff es im Marsboden gibt, desto mehr langsame relativ zu schnellen Neutronen sind zu erwarten. Viele Neutronen können die Marsoberfläche verlassen und ebenfalls von *Odyssey* beobachtet werden, der so eine zweite Messtechnik zur Eissuche zur Verfügung hat.

Die Neutronen-Technik reicht zwei- bis dreimal tiefer in den Boden hinein als Gammastrahlen herauskommen, und schon kurz nach der Ankunft von *Odyssey* im Marsorbit war klar, dass von 45° Südbreite bis zum Südpol hin die Gammastrahlung von Wasserstoff ständig zunimmt, während die schnellen Neutronen immer weniger werden. Ein Zwei-Schichten-Modell kann die kombinierten Beobachtungen gut erklären. Danach gibt es eine eisarme obere Schicht mit nur 1%–2% Prozent H_2O -Gewichtsanteil, deren Dicke von 42° bis 77° Süd von 75cm auf 20cm abnimmt – und die Schicht darunter besteht zu 35%±15% der Masse aus Wassereis. Der Marsboden rund um den Südpol besteht also durchweg aus schmutzigem Eis, nur wenige Dezimeter unter der Oberfläche. Die Realität dürfte etwas komplizierter als dieses Modell sein, mit einem graduellen Übergang von eisarm zu eisreich. Wie weit

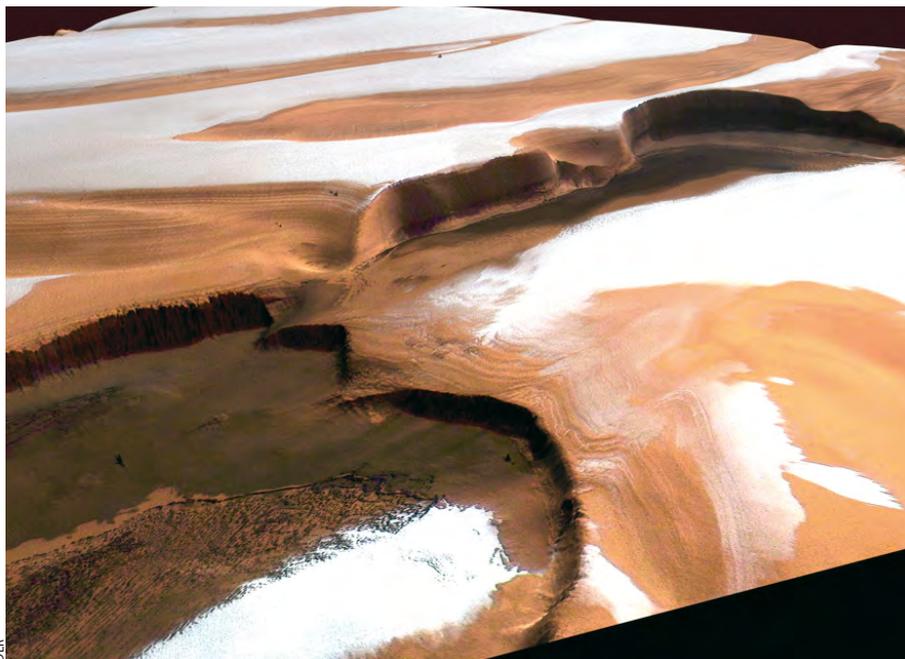


Abb. 6: Wassereis und Staub am Nordpol des Mars. Das Bild zeigt einen Ausschnitt der Nordpolkappe im Februar 2005, aufgenommen mit der hochauflösenden Stereokamera HRSC an Bord der ESA-Raumsonde *Mars Express*.

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

das Eis unterhalb des einen Meters, der direkten Messungen zugänglich ist, in die Tiefe reicht und wie viel Wasser(eis) sich insgesamt im Marsboden verbirgt, bleibt dabei aber völlig unklar. Der generelle Eisreichtum des Marsbodens lässt auf eine hohe Porosität schließen, die sich auch nach unten fortsetzen dürfte: Die Odysseefunde sind wohl nur die »Spitze des Eisbergs«. Der Lander von Viking 2 im Jahr 1976 hätte übrigens nur eine etwas bessere Schaufel gebraucht, um an seinem nördlich gelegenen Landeplatz bereits in die Eisschicht durchstoßen zu können.

Schnee von gestern?

Die sporadische Gullybildung und die Eisvorräte im Boden und an den Polen sind freilich nur ein müder Abklatsch der dramatischen Vorgänge auf dem Roten Planeten in früheren Jahrmillionen und -milliarden, von denen uns andere Marsorbiter berichten. Zum Beispiel der europäische Mars Express, dessen deutsche Stereofarbkamera HRSC genau die richtige Kombination von großem Bildfeld und Auflösung besitzt, um Fragen der globalen Marsgeschichte nachzugehen. An einigen Stellen erscheint die Planetenoberfläche extrem jung, und die HRSC etablierte erstmals, dass es noch in der geologischen »Gegenwart« aktive Vulkane und Gletscher gibt: Die Aktivität endete nicht etwa vor 3,5 Mrd. Jahren, sondern dauerte von der Entstehung des Mars vor 4,6 Mrd. Jahren bis heute. Das ergibt sich aus der Zählung von Einschlagskratern auf den Bildern der Kamera: Bei mehreren Vulkanen wurde mit dieser Methode z.B. größere Aktivität vor rund 100 Mio. Jahren festgestellt, und an einigen Stellen scheinen vor nur 2 Mio. Jahren neue Strukturen entstanden zu sein. Die Marsvulkane bzw. die Magmakammern im Planeteninneren, die sie antreiben, sind damit mindestens hundertmal langlebiger

als ihre irdischen Gegenstücke, denen typischerweise nach weniger als einer Million Jahren der Dampf ausgeht!

Genau so verblüffend war die Entdeckung der Hinterlassenschaften von Gletschern an vielen Stellen der Marsoberfläche, die ebenfalls relativ jung sind: zwischen 100 und nur 4 Mio. Jahre alt. So klar sah man diese Strukturen noch nie. Offen geblieben war zunächst, ob lokal wieder aufgeflammter Vulkanismus Bodeneis in Bewegung gesetzt hatte oder ob es in geologischer Gegenwart auf dem Mars schneien kann. Die zweite Antwort ist – zumindest bei zwei der drei größten modernen Gletscherzonen des Mars – die richtige, wie ein besonders detailliertes Klimamodell aus Frankreich zeigt. Entscheidend sind die schon erwähnten starken Schwankungen der Polachse des Mars. In das Modell, das den heutigen Mars gut beschreibt, wurde einfach eine große Achsneigung von 45° statt der heutigen 25° hineinsteckt und alles andere gleich belassen: Prompt sublimierte das Eis des Nordpols – und der Wasserdampf ging als Schnee z.B. an den Hängen der Tharsis-Vulkane nieder, exakt (!) dort, wo die HRSC die Gletscherspuren fand. In anderen Regionen funktioniert das Modell nicht ganz so gut, aber der Tharsis-Erfolg lässt kaum einen Zweifel, dass es in der geologischen Gegenwart auf dem Mars schneit, nur in der aktuellen Zwischeneiszeit gerade nicht.

Obwohl heute kaum mehr Zweifel darüber besteht, dass es auf dem Mars vor langer Zeit einmal Wasser gegeben hat, und sich so manche Oberflächenstruktur zwanglos durch fließendes Wasser erklären lässt, steht der Beweis, dass es einmal Oberflächenwasser auf dem Mars gegeben hat, noch aus. Auch die Frage, ob es Wasser nahe der Oberfläche gibt, ist noch nicht beantwortet. Vielleicht gibt Mars sein Geheimnis unter den Argusaugen moderner Satelliten in naher Zukunft preis. ■

Klimawandel: Gab es früher mehr Wasser auf dem Mars?

Forscher teilen die Geschichte des Mars in drei große Epochen mit jeweils ganz anderen Umweltbedingungen ein, von denen nur die allererste in Maßen lebensfreundlich gewesen sein dürfte. Die bislang besten Daten kommen dabei von der mineralogischen Kartierung des Planeten mit dem Instrument OMEGA auf Mars Express. Überall gibt es eine klare Abfolge der areologischen Schichten, die sich anhand der Zahl der Impaktkrater auch grob datieren lassen. Demnach erlaubten vor 4,5 bis 4,2 Milliarden Jahren die Umweltbedingungen auf dem Mars die Entstehung von Tönen, wozu es flüssigen Wassers für längere Zeit bedarf. Die wässrige Chemie der Tonentstehung kann allerdings gleichermaßen auf wie unter der Oberfläche abgelaufen sein, womit weiterhin jeder zwingende Beweis fehlt, dass es auf dem Mars jemals stehende Gewässer auf der Oberfläche gab, für die es einer wesentlich dichteren Atmosphäre als heute bedurft hätte.

Hinweise, dass es auf Mars Epochen gegeben hat, in denen mehr Wasser existierte, fand auch die amerikanische Sonde FUSE Ende 2001, als sie in der oberen Marsatmosphäre molekularen Wasserstoff (H_2) fand, der vermutlich aus Wasser entstanden ist, indem durch ultraviolettes Sonnenlicht das Sauerstoffatom abgespalten wurde. Vergleicht man die Menge an molekularem Wasserstoff, der eine Verbindung aus zwei Protonen ist, mit der Menge an Deuterium, das eine Verbindung aus einem Proton und einem Neutron ist, so kann man auf die Menge an Wasser schließen, die es einmal auf dem Mars gegeben haben kann. Dazu muss man wissen, dass sowohl das H_2 -Molekül als auch Deuterium so leicht sind, dass sie der Anziehungskraft des Mars in den Weltraum entweichen können. Deuterium ist allerdings ein klein bisschen schwerer, wodurch weniger entweicht und es sich mit der Zeit anreichert. Da Deuterium sich chemisch genauso wie H_2 verhält, wird dadurch zusammen mit einem Sauerstoffatom vermehrt sog. schweres Wasser gebildet, das Deuterium enthält: Marswasser enthält gut 5-mal mehr Deuterium als irdisches Wasser. Nimmt man an, dass auf dem Mars ursprünglich das selbe Verhältnis zwischen molekularem Wasserstoff und Deuterium herrschte wie auf der Erde, so kann die Menge an Wasser berechnet werden, die benötigt würde, um das heutige Marswasser entsprechend »zu verdünnen«. Die Menge an Wasser ist so gewaltig, dass man die gesamte Oberfläche des Mars mit einem 30m tiefen Ozean bedecken könnte.

Nach dieser »gemäßigten« Epoche setzte starker Vulkanismus ein. Bei den Vulkanausbrüchen wurde immer wieder für kurze Zeit und lokal Wassereis aufgeschmolzen, und Fluten rasten über die unwirtliche Planetenoberfläche: Dabei entstanden die dramatischen Grabensysteme. Vor 3,8 bis 3,5 Mrd. Jahren kamen der Vulkanismus wie auch der Dynamo, der anfangs noch ein Magnetfeld erzeugte, zum Erliegen, und die plötzlich verwundbare Marsatmosphäre wurde durch den Sonnenwind größtenteils in den Weltraum fortgerissen. Der Planet mutierte binnen vielleicht 100 Mio. Jahren zu einer extrem trockenen Wüstenlandschaft.

Wo gibt es Wasser im Sonnensystem?

Wasser gehört neben Energie und Kohlenstoff zu den grundlegenden Voraussetzungen des Lebens wie wir es kennen. Wasser ist ein Diffusionsmedium und Lösungsmittel, ist wichtig in biochemischen Reaktionen und dient als Wärmespeicher. Auf der Erde herrschen Umweltbedingungen, bei denen Wasser in flüssiger Form vorkommt: 70% der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt. Wasser kommt jedoch auch in Form von Eis und Wasserdampf vor. Unter welchen Bedingungen Wasser welchen Aggregatzustand einnimmt, hängt von der Temperatur und dem Druck ab. In einem Druck-Temperatur-Phasendiagramm (Abb. 1) ergeben sich Druck-Temperatur-Bereiche, in denen Wasser entweder als Eis, als Dampf oder flüssig vorkommt. Die Bereiche werden durch die Siedepunkts-, die Schmelzpunkts- und die Sublimationskurve voneinander getrennt. Die Kurven geben die Drücke und Temperaturen an, bei denen der Übergang von Dampf zu flüssigem Wasser, von Eis zu flüssigem Wasser bzw. von Eis zu Dampf und umgekehrt stattfindet. Sie schneiden sich im so genannten Tripelpunkt, der für Wasser bei 273,16K (0°C) und einem Druck von 610,6Pa (=6mbar) liegt. Ein weiterer Punkt in diesem Diagramm ist wichtig: Bei 647,4K und einem Druck von $21,75 \cdot 10^6$ Pa liegt die »kritische Temperatur«, oberhalb derer sich Wasser durch keinen noch so hohen Druck verflüssigen lässt; eine Unterscheidung zwischen Dampf und flüssigem Wasser ist dann nicht mehr möglich. Dieser Zustand wird z.B. bei den Temperaturen auf der Venus oder auf der Tagseite des Merkur erreicht.

Mit Hilfe des Phasendiagramms in Abb. 1 lässt sich herausfinden, in welcher Form man Wasser auf anderen Planeten erwarten kann. Bei den niedrigen Drücken und Temperaturen, die auf Pluto und der Nachtseite des Merkur herrschen, kann Wasser dort allenfalls als Eis vorkommen. Die Ergebnisse von Radaruntersuchungen lassen tatsächlich die Interpretation zu, dass in der Polregionen von Merkur kleine Mengen von Wassereis in Kratern existieren. Auf dem Mond konnte Radarbeobachtung vermutete Eisvorkommen in polnahen, beschatteten Kratern allerdings nicht bestätigen. Der beste Kandidat für flüssiges Wasser ist jedoch eindeutig Mars. Druck und Temperatur in Äquatornähe liegen tagsüber in einem Bereich, in dem Wasser sowohl flüssig, als auch in Form von Eis und Dampf vorkommen kann.

Auch weiter außen im Planetensystem, bei den Monden des Jupiter, findet man Eis. So ist Europa von einem Eispanzer umgeben. Die Gezeitenkräfte des Jupiter könnten jedoch das Innere des Mondes so stark erwärmen, dass sich unter dem Eispanzer ein Ozean aus flüssigem Wasser befinden könnte. Aufnahmen der Sonde Galilei, die Strukturen wie in arktischen Packeiszonen zeigen, unterstützen diese These.

Eine spektakuläre Beobachtung gelang der Sonde Cassini. Hochaufgelöste Bilder des Mondes Enceladus zeigen Jets und hochragende Wolken aus Eispartikeln. Sie könnten entstehen, wenn Wassereis an der Oberfläche zu Dampf sublimiert. Die Jets könnten aber auch aus mit flüssigem Wasser gefüllten Hohlräumen nahe der Oberfläche ähnlich einem Geysir ausbrechen.

Temperaturen und Atmosphärendrücke für ausgewählte Objekte im Sonnensystem

Objekt	mittlere Temperatur	Druck
Merkur	467°C/-183°C*	10^{-7} Pa
Venus	457°C	$92 \cdot 10^6$ Pa
Erde	15°C	10^5 Pa
Mars	20°C/-85°C (Äquator)*	640Pa
Pluto	-215°C	0,1Pa

*Tag- und Nachttemperatur

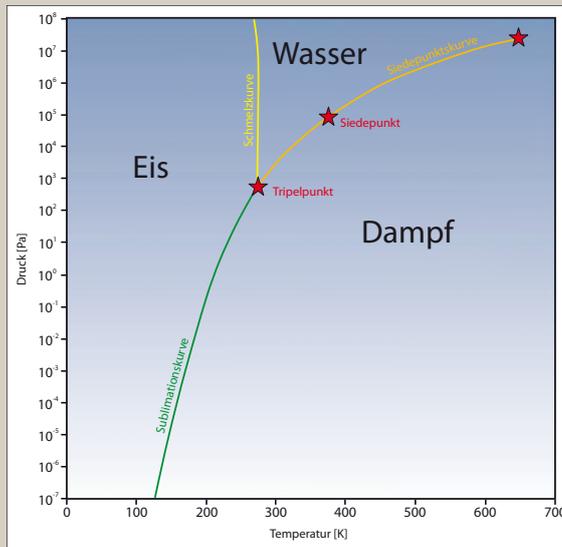


Abb. 1: Im Phasendiagramm des Wassers kann das Vorkommen von Wasserdampf, Eis und flüssigem Wasser in Abhängigkeit von Druck und Temperatur abgelesen werden.

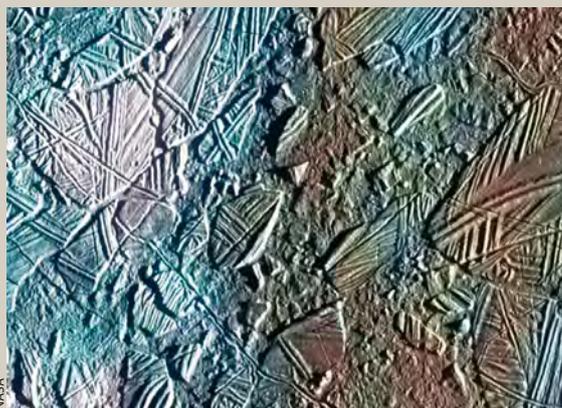


Abb. 2: Unter der Eiskruste des Jupitermondes Europa könnte sich ein Ozean aus flüssigem Wasser befinden.

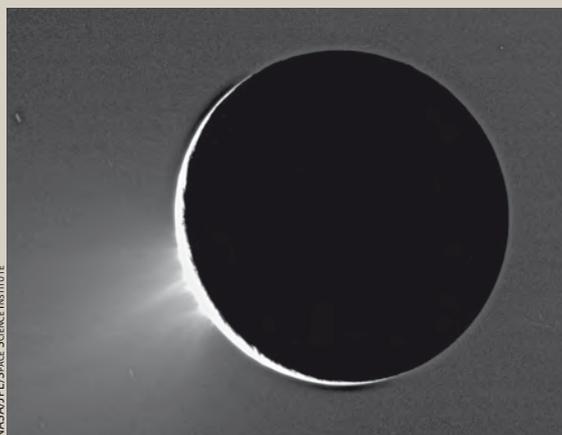
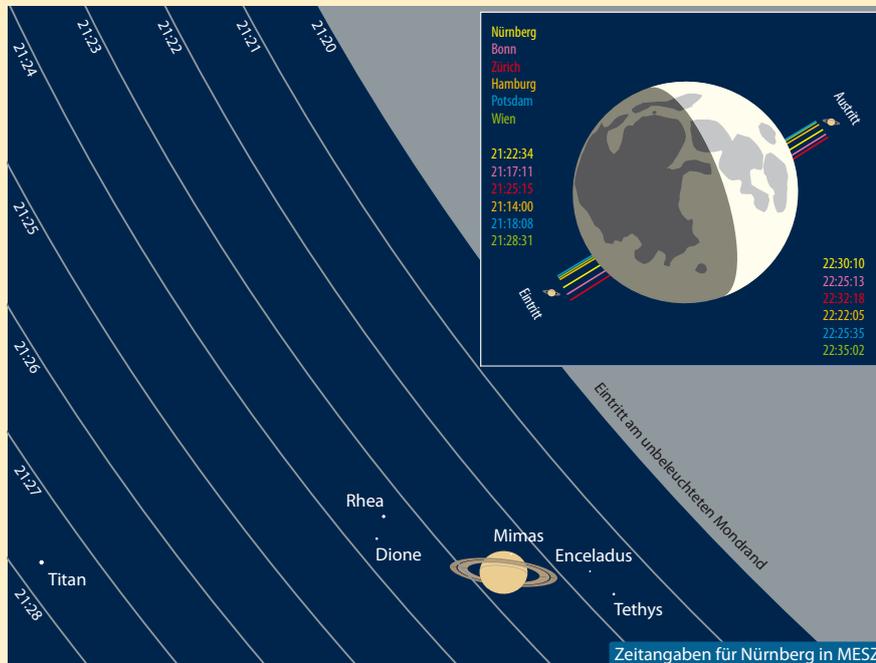


Abb. 3: Jets aus Eispartikeln erheben sich über dem Saturnmond Enceladus.

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

Himmelsereignisse im April/Mai 2007

Wenn Saturn verschwindet



Saturnringes dauert einige Sekunden länger. Mit etwas größeren Instrumenten ist es möglich, kurz nach dem Verschwinden von Saturn auch die Bedeckungen der Saturnmone Rhea (9"8) und Titan (8"4) zu verfolgen. Die rund 1530km große Rhea verlischt dabei innerhalb von etwa 0,5s, bei dem 5150km großen Titan, der etwa doppelt so groß wie der Erdmond ist, dauert es bereits rund 1,6s. Nach gut einer Stunde wird Saturn in der Region des Mare Crisium am diesmal beleuchteten Mondrand wieder sichtbar.

Im deutschsprachigen Raum wird eine Bedeckung unter ähnlich guten Bedingungen erst wieder am Abend des 4. Januar 2025 (!) möglich sein. Innerhalb der Bedeckungsreihen 2013/2014 sowie 2018/2019 gibt es für die europäischen Beobachter jeweils nur eine Möglichkeit der Beobachtung, wobei der Saturn dabei rund 5° über dem Horizont stehen wird und die beiden Ereignisse auch noch nur etwa 30 Minuten vor Sonnenunter- bzw. Sonnenaufgang stattfinden werden.

■ André Knöfel

Die Saturnbedeckung am 22. Mai 2007

Alle vier bis fünf Jahre stehen Mond- und Saturnbahn für etwa ein Jahr so zueinander, dass der Mond den Planeten bedecken kann. Die derzeitige Serie begann am 10. Dezember 2006, als sich der Mond erstmalig vor den Planeten schob. Allerdings war diese wie auch die folgende Bedeckung am 6. Januar in Europa nicht sichtbar, weil sich Mond und Saturn zum Bedeckungszeitpunkt noch unter dem Horizont befanden. Auch die Bedeckung am 2. Februar war in Europa nicht beobachtbar – der Mond bewegte sich rund 10' nördlich am Saturn vorbei (vgl. Seite 73). Erst die Bedeckung am 2. März war wieder

in der Reichweite der europäischen Beobachter. Die Bedeckungen am 29. März und 25. April sind nur außerhalb Europas zu sehen, da beide Himmelskörper für mitteleuropäische Beobachter unter dem Horizont weilen.

Entschädigt werden wir aber von der Saturnbedeckung am 22. Mai. Die Bedingungen sind nahezu optimal: Der Eintritt findet am frühen Abend in etwa 45° Höhe über dem Westhorizont am unbeleuchteten Mondrand in der Region um das Mare Humorum statt. In rund 40 Sekunden verschwindet dabei der Saturn komplett hinter dem Mond – das Verschwinden des



ALEXANDER PINHARD

▲ **Saturnbedeckungen durch den Mond** sind spektakuläre und seltene Ereignisse. Die Bedeckung am Abend des 22. Mai bietet die günstigste Beobachtungsgelegenheit für die nächsten 18 Jahre! Die Abbildung zeigt das Ereignis vom 3.11.2001 (ausführliche Berichterstattung in interstellarum 20).

Saturnbedeckung 22.5.2007

	Nürnberg	Bonn	Zürich	Hamburg	Potsdam	Wien
<i>Bedeckungsbeginn Saturn</i>	21:22:34 MESZ	21:17:11 MESZ	21:25:15 MESZ	21:14:00 MESZ	21:18:08 MESZ	21:28:31 MESZ
<i>Dauer bis Verschwinden</i>	39s	40s	41s	39s	38s	38s
<i>Bedeckungsbeginn Rhea</i>	21:23:20 MESZ	21:17:54 MESZ	21:25:50 MESZ	21:14:56 MESZ	21:19:06 MESZ	21:29:25 MESZ
<i>Bedeckungsbeginn Titan</i>	21:27:39 MESZ	21:19:29 MESZ	21:29:59 MESZ	21:19:23 MESZ	21:23:38 MESZ	21:33:50 MESZ
<i>Bedeckungsende Saturn</i>	22:30:10 MESZ	22:25:13 MESZ	22:32:18 MESZ	22:22:05 MESZ	22:25:35 MESZ	22:35:02 MESZ
<i>Dauer bis Erscheinen</i>	36s	37s	38s	36s	35s	35s

Venus zwischen Plejaden und Praesepe

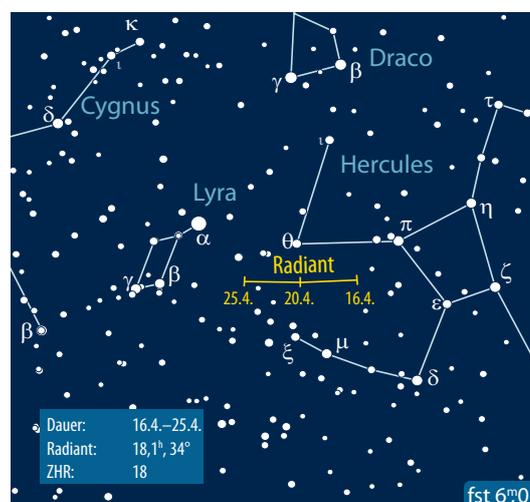
Venus steigt im April zum glänzenden Abendstern auf und geht Mitte Mai vier Stunden nach der Sonne unter. Dabei steht sie eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang noch 30° hoch am Himmel. Den größten Winkelabstand zur Sonne erreicht die Venus am 9. Juni mit 45,4°.

Auf ihrem Weg am Abendhimmel durch die Sternbilder Stier und Zwillinge passiert unser Nachbarplanet einige Deep-Sky-Objekte in geringem Abstand, die nahe der Ekliptik liegen: die Plejaden (M 45), den Offenen Sternhaufen M 35 und die Praesepe (M 44). Am 18.6. nimmt diese Ereigniskette mit einer Bedeckung durch den Mond ihr Ende, worüber wir im nächsten Heft ausführlich berichten.

■ Ronald Stoyan

Venusereignisse von April bis Juni 2007		
12.4.	06:24:00	Venus bei Plejaden, Plejaden nördlich 2°39'
10.5.	06:00	Venus passiert M 35, M 35 südlich 1°40'
9.6.	04:45:26	Venus größte östliche Elongation 45,4°
13.6.	12:30:00	Venus bei M 44, M 44 südlich 0°35'
18.6.	16:20:16	Mond bedeckt Venus

Das Lyriden-Maximum am 22./23. April 2007



Nach einer meteorarmen Zeit im Hochwinter und Frühjahr können mitteleuropäische Beobachter in der Nacht des 22./23. April in den Genuss des Lyriden-Maximums kommen – vorausgesetzt, das Wetter spielt mit. Das »offizielle« Maximum ist für 0:30 MESZ vorhergesagt, es variiert allerdings von Jahr zu Jahr, wie

Auswertungen der International Meteor Organization (IMO) von Beobachtungen aus dem Zeitraum 1988–2000 gezeigt haben. Danach sind höhere Raten in diesem Jahr auch zwischen 16:45 MESZ und 3:45 MESZ möglich. Der Radiant der Lyriden (siehe Abbildung) geht in Deutschland gegen 19:30 MESZ auf – sinnvolle Beobachtungen sind aber erst ab Radiantenhöhen von mehr als 25° (also kurz vor Mitternacht) möglich. Es werden Zenitraten von 14 bis 23 Meteoren pro Stunde (in Abhängigkeit des Zeitpunktes des Maximums) erwartet. Allerdings können auch außerhalb des Zeitrahmens unerwartete Maxima auftreten, wie z.B. 1982 über Amerika, als dort Raten von bis zu 90 Meteoren pro Stunde beobachtet wurden. Diese Unwägbarkeiten machen diesen Strom interessant, da niemand weiß, wie hoch die Raten diesmal ausfallen werden und ob nicht wieder ein ungewöhnlich hohes Maximum auftritt. Da der Mond kurz vor dem ersten Viertel gegen 2:00 MESZ untergeht, bestehen in diesem Jahr vor allem in der zweiten Nachthälfte recht gute Beobachtungsbedingungen.

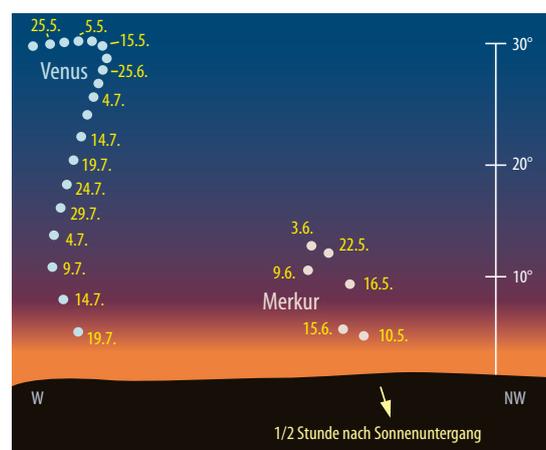
■ André Knöfel

Merkurs beste Abend-sichtbarkeit 2007

Parallel zu Venus erreicht Merkur Ende Mai und Anfang Juni eine gute Sichtbarkeit am Abendhimmel. Die größte Elongation tritt am 2.6. ein, dann steht Merkur 23,4° von der Sonne entfernt. Von der Venus aus gesehen kommt es am 4.6. sogar zu einem Durchgang des innersten Planeten vor der Sonnenscheibe.

Ab dem 14.5. kann Merkur gegen 21:30 MESZ in der Abenddämmerung aufgesucht werden. Um die Monatswende hat sich die Zeit auf ca. 22:00 MESZ verlängert – Merkur geht am 31.5. fast genau zwei Stunden nach der Sonne kurz nach 23:00 MESZ unter.

■ Ronald Stoyan

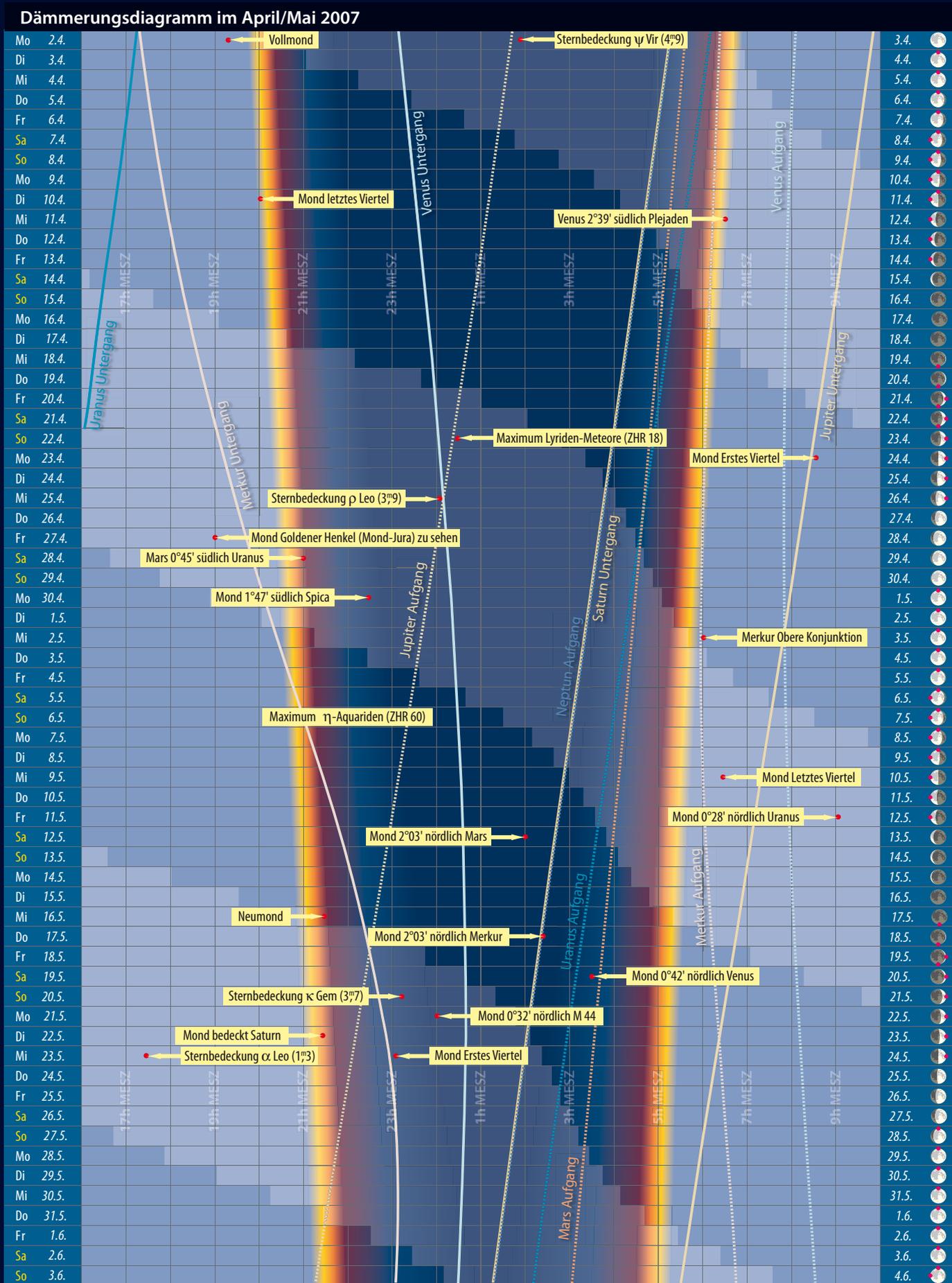


Astronomische Ereignisse im April/Mai 2007

2.4.	19:15:04	Vollmond
3.4.	01:52:26	Sternbedeckung ψ Vir (4 ^m 9)
10.4.	20:04:15	Mond Letztes Viertel
17.4.	13:36:09	Neumond
23.4.	00:30	Maximum Lyriden-Meteore (ZHR 18)
24.4.	08:35:38	Mond Erstes Viertel
24.4.	13:48:00	Mond bei M 44, M 44 südlich 1°10'
25.4.	10:50:02	Mond bei Saturn, Saturn südlich 0°26'
26.4.	24:04:45	Sternbedeckung ρ Leo (3 ^m 9)
27.4.	19:00:00	Mond Goldener Henkel (Mond-Jura) zu sehen
28.4.	21:01:35	Mars bei Uranus, Uranus nördlich 0°45'
30.4.	22:30:00	Mond bei Spica, Spica nördlich 1°47'
2.5.	12:09:31	Vollmond
3.5.	06:05:25	Merkur Obere Konjunktion
6.5.	14:00	Maximum η -Aquadriden (ZHR 60)
10.5.	06:27:04	Mond Letztes Viertel
10.5.	10:28:58	Saturn Phasenwinkel maximal 6,3°
12.5.	09:06:09	Mond bei Uranus, Uranus südlich 0°28'
13.5.	02:01:37	Mond bei Mars, Mars südlich 2°03'
16.5.	21:27:22	Neumond
18.5.	02:15:08	Mond bei Merkur, Merkur südlich 2°03'
20.5.	03:29:01	Mond bei Venus, Venus südlich 0°42'
20.5.	23:10:18	Sternbedeckung κ Gem (3 ^m 7)
23.5.	17:23:03	Sternbedeckung α Leo (1 ^m 3) am Taghimmel
23.5.	23:02:38	Mond Erstes Viertel
22.5.	00:00:00	Mond bei M 44, M 44 südlich 0°32'
22.5.	21:22:34	Mond bedeckt Saturn
31.5.	15:56:00	Vesta Opposition

Auszug aus: Das Astronomische Jahr 2007, interstellarum-Jahrbuch; Zeiten bezogen auf die Mitte des deutschen Sprachraums (Nürnberg)

Das Sonnensystem im April/Mai 2007



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

Der Lauf der Planeten im April 2007

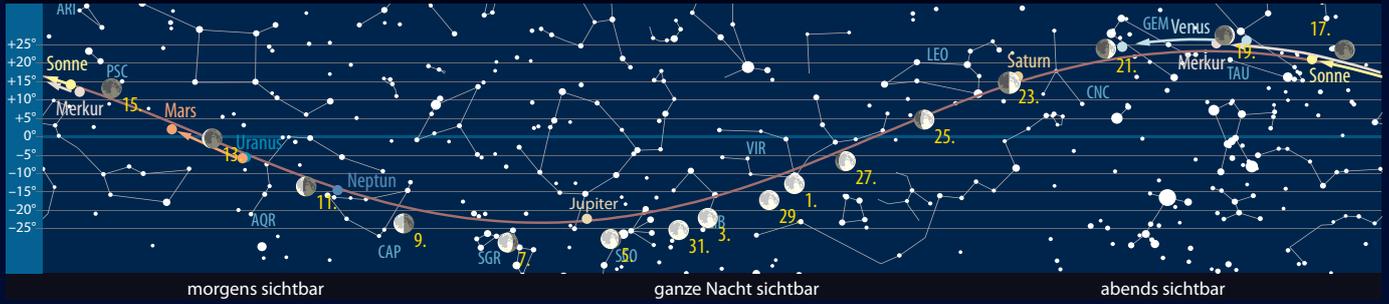


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

abends sichtbar

Der Lauf der Planeten im Mai 2007

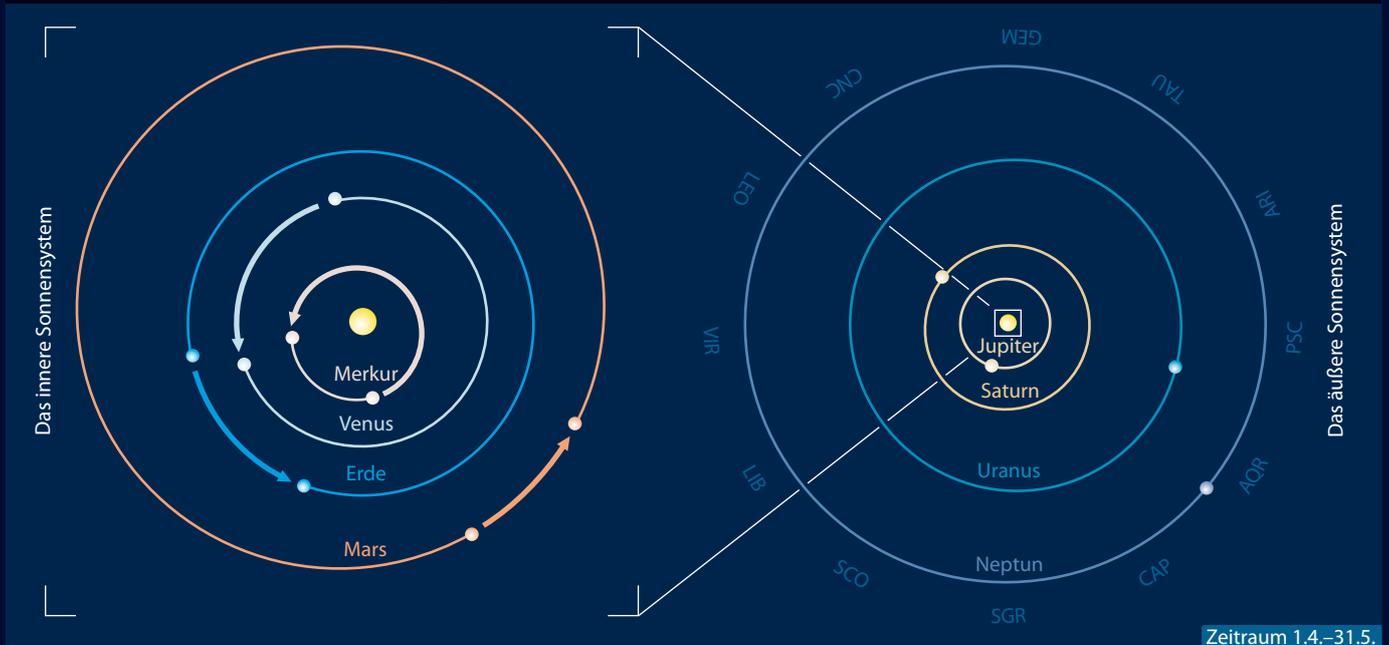


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

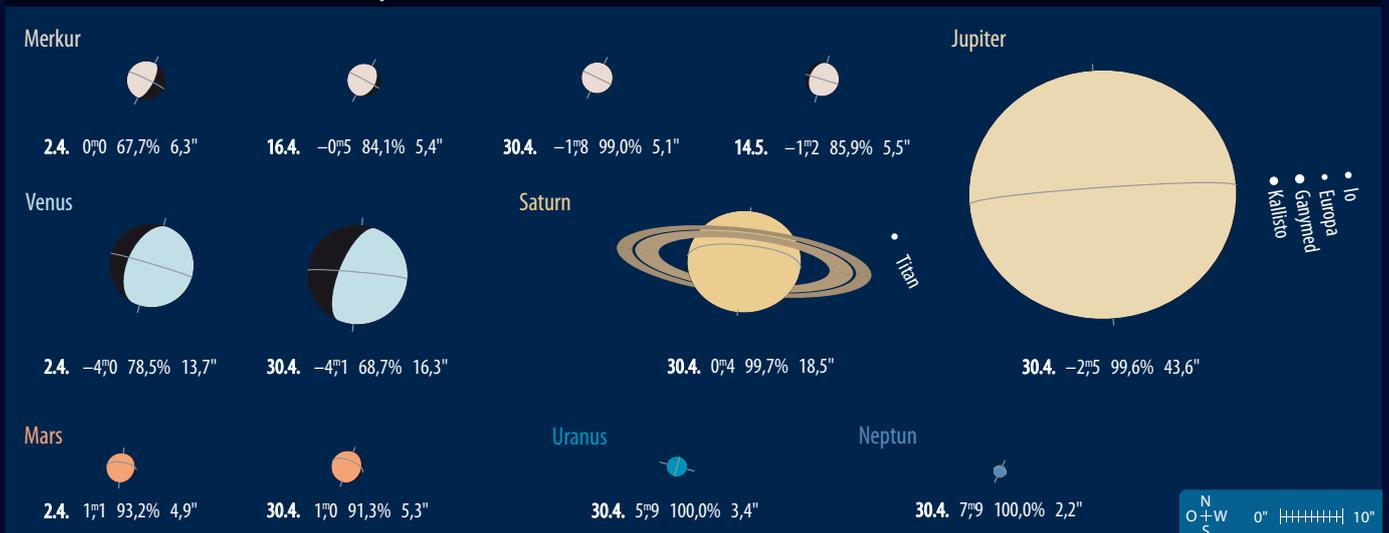
abends sichtbar

Die Planeten auf ihren Bahnen im April/Mai 2007



Zeitraum 1.4.-31.5.

Die Planeten im Fernrohr im April/Mai 2007



Sonne aktuell **Unterwegs zum Minimum**



Abb. 1: **Fleckengruppe AR 10930** am 15.12.2006, 3"-Refraktor, 11000mm Brennweite. *Erich Kopowski*

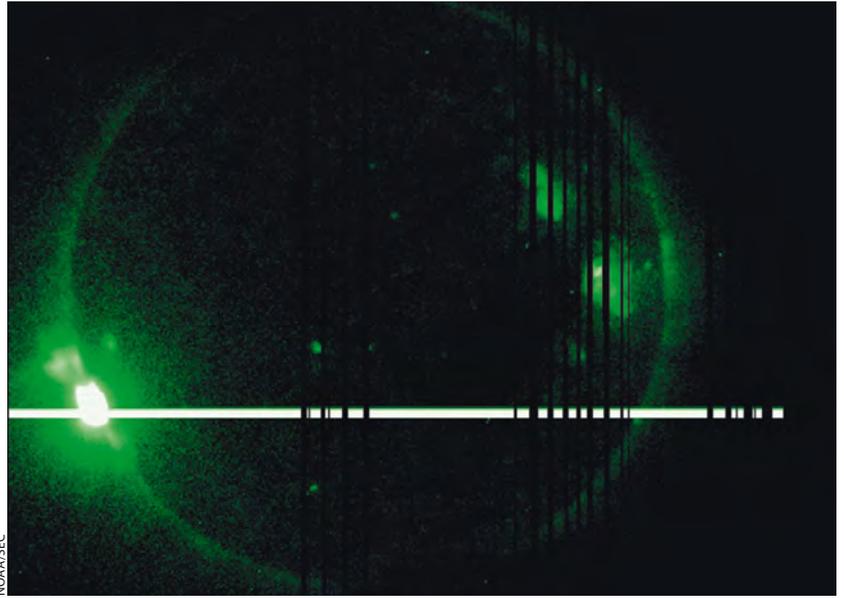


Abb. 2: **Aufnahme des Flare vom 5.12.2006** mit dem GOES-13-Satelliten.

Große, langlebige und auch mit bloßem Auge sichtbare Sonnenflecken sind im Sonnenfleckenminimum keine Seltenheit, wie die Region 10923 bewies. Sie war erstmals vom 9. bis 21. November sichtbar und produzierte gleich eine ganze Reihe Aufsehen erregender Flares. Vom 5. bis 18. Dezember war sie als AR 10930 das zweite Mal zu sehen und weiterhin äußerst aktiv: Am 5. Dezember ereignete sich hier um 11:13 UTC ein Flare der höchsten Stufe X9.0, der nicht erdwärts gerichtet war und somit auch keine Polarlichter verursachen konnte. Dafür gab es in der Nacht vom 14. auf den 15.12. in weiten Teilen Deutschlands ein Polarlicht zu sehen, sofern keine Wolken die Sicht versperrten (vgl. interstellarum 50, Seite 69). Dem vorausgegangen war ein X3.4/4B-Flare am 13. Dezember um 2:40 UTC.

Diese Ereignisse sind jedoch kein Hinweis darauf, dass das Fleckenminimum bereits überschritten wurde, im Gegenteil, die Prognosen gehen weiterhin von einem Zeitpunkt später im laufenden Jahr aus. Genauer ist eine Vorhersage aufgrund einander widersprechender Zahlenmodelle, der komplizierten Bestimmung einzelner Indikatoren für die Berechnungen oder auch der Übersichten über alte Sonnenfleckenzyklen nicht einzugrenzen.

Surftipps

Vorhersage der NASA: solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml

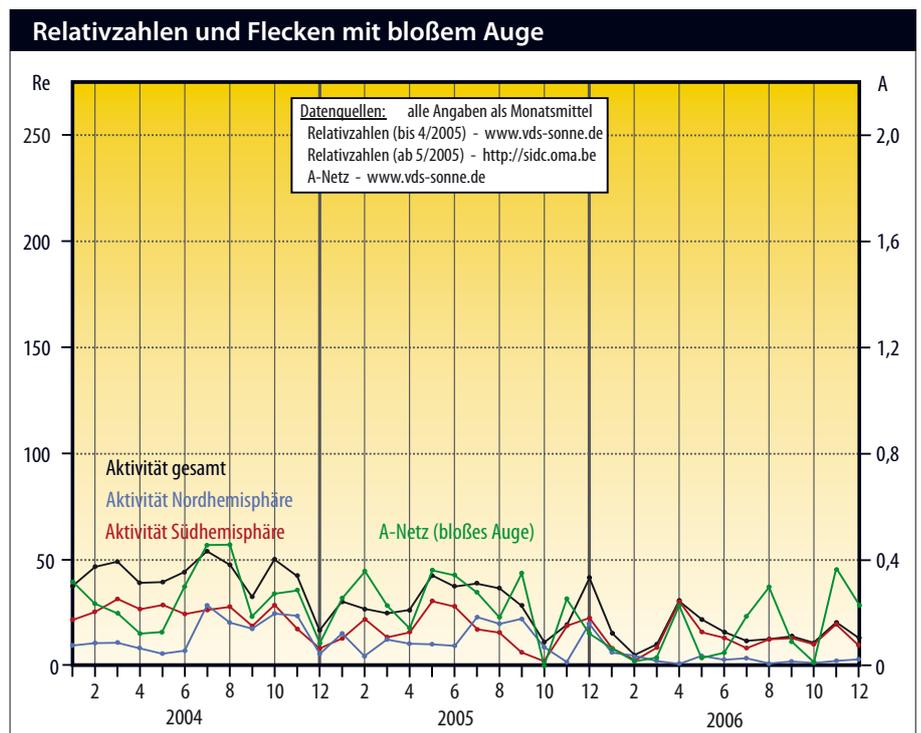
Vorhersage der NOAA: www.sec.noaa.gov/ftpdir/weekly/Predict.txt

Das Space Invironment Center (SEC) der NOAA geht im Mittel von einer Minimumstiefe von 8,2 (gemittelte ausgeglichene Relativzahl nach Waldmeier) im Juni aus, das Marshall Spaceflight Center der NASA gibt nur das Jahr 2007 an und das Solar Influences Data Center (SIDC) in Brüssel immerhin noch den November 2007.

Noch wagemutiger sind Vorhersagen über Zeitpunkt und Höhe des Maximums des kommenden 24. Sonnenfleckenzyklus: Jede der bisher vorliegenden Prognosen sagt etwas anderes aus, von einem

schwachen bis zu einem sehr starken Maximum etwa in den Jahren um 2012 herum. Und selbst dieser Zeitraum ist nicht sicher, bei einem schwachen Maximum ist dessen Eintritt erst 2014 möglich, bei einem sehr hohen mit kurzer Anstiegsphase schon 2010/11. Beide Werte sind allerdings abhängig vom vor uns liegenden Minimum, das den Startpunkt für den 24. Sonnenfleckenzyklus markiert.

■ Manfred Holl



Planeten aktuell **Jupiter mit Überraschungen**

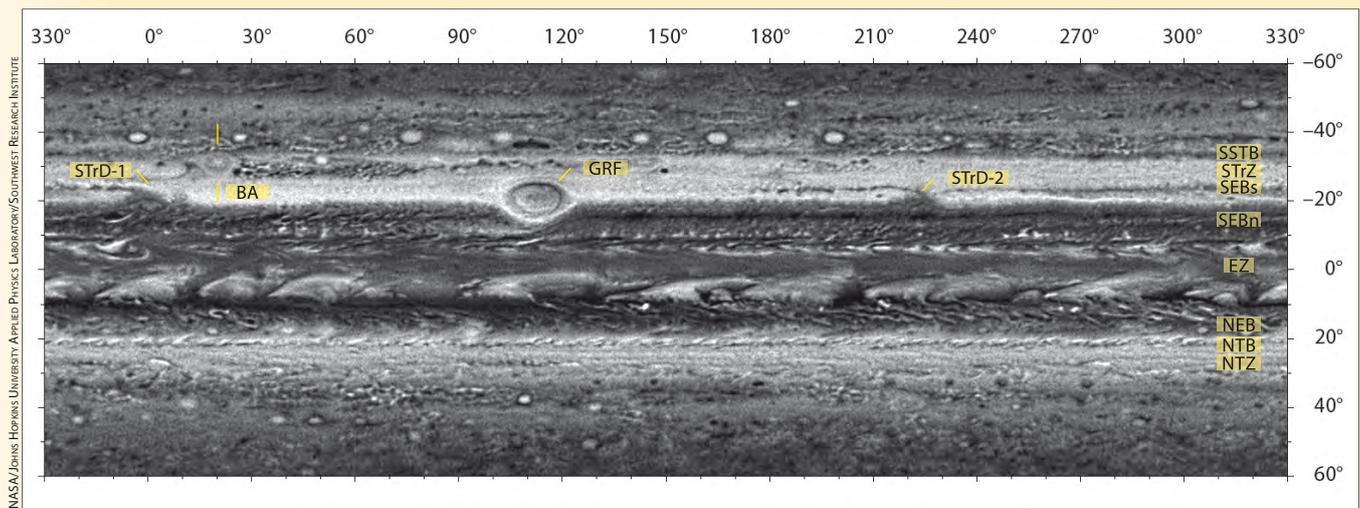


Abb. 1a: **Jupiter-Gesamtkarte** vom 14. und 15. Januar, aufgenommen von der Pluto-Sonde New Horizons.

Beobachtern des Riesenplaneten steht eine der seit Jahren spannendsten Sichtbarkeiten bevor. **Jupiter** hat sein Gesicht in den letzten Monaten deutlich verändert: Der Große Rote Fleck (GRF) ist nicht mehr vom dunklen Südäquatorband (SEB) umgeben, sondern steht weiß umrandet in der Südtropischen Zone (STrZ). Positionsbestimmungen von Mitte Januar geben seine Länge im Rotationssystem II mit 112° an. Oval BA (»Red Spot Junior«) ist weiterhin rötlich gefärbt und stand Anfang Januar bei etwa 20° (II).

Größere Umwälzungen kündigen sich im SEB an. Die interne Aktivität im Band hat aufgehört, während sich am Südrand des Bandes zwei Südtropische Störungen (STrD) gebildet haben. Die Erscheinungsform ist ähnlich wie bei den Girlanden und Projektionen am Südrand des NEB, die zugehörige Phänomenologie unterscheidet sich aber komplett. Bei den Störungen handelt es sich um gewaltige, über große Längenbereiche reichende rotierende Wettersysteme, die sich durch dunkle Auswüchse aus dem SEB in die STrZ bemerkbar machen. Letztmalig ist eine ausgewachsene Südtropische Störung 1993 aufgetreten, zwei

derartige Erscheinungen gleichzeitig sind eine Seltenheit.

John Rogers, Leiter der britischen Jupitersektion, vergleicht die aktuelle Entwicklung mit den Jahren 1988 und 1993. In beiden Fällen kam es in der Folge zu einem Verblässen und kompletten Verschwinden des SEB, wobei der GRF an Intensität und Farbe stark zunahm. Rogers rechnet damit, dass im Verlauf des Jahres 2007 Jupiter nur noch mit einem Hauptband erscheinen wird. Das Verschwinden des SEB wäre allerdings nur ein Vorgeschmack auf das großartigste atmosphärische Ereignis, das der Riesenplanet bereithält: das stürmische Wiedererstehen des SEB – ein SEB-Revival. Behält Rogers Recht, könnte es nach 1993 im Jahr 2008 wieder soweit sein.

Selten hat es sich also so gelohnt, für Jupiter früh aufzustehen. Amateurbeschafter sollten sich auf das SEB und seinen Südrand konzentrieren. interstellarum wird laufend weiter berichten, auch im kostenlosen Newsletter-Dienst.

Auf **Saturn** ging es zu Jahresbeginn wesentlich ruhiger zu, die Beobachter konzentrierten sich auf die verschiedenen Farbschattierungen der Nordpolarregion.

Abb. 1b: **Jupiter mit Südtropischer Störung und Oval BA** am 12.1.2007. 9"-Newton, Lumenera-Kamera. *Tiziano Olivetti*



Zusätzlich finden Ereignisse der Monde statt, das interstellarum-Jahrbuch »Das Astronomische Jahr 2007« enthält eine detaillierte Auflistung. Die Beobachtungsperiode von **Mars** hat gerade erst begonnen, der Rote Planet wird erst im Oktober größer als 10" im Teleskop erscheinen. **Merkur** und **Venus** stehen dagegen im Gültigkeitszeitraum dieses Heftes am Abendhimmel. Senden Sie uns Ihre Beobachtungsergebnisse für die Veröffentlichung an dieser Stelle.

■ Ronald Stoyan



Abb. 2: **Saturn mit farbiger Nordpolarregion** am 15.1.2007. *Christopher Go* (links) und *Karl Thurner* (rechts).

Surftipps

International Outer Planets
Watch: www.pvol.edu.es/iopw

Association of Lunar and Planetary Observers of Japan: www.kk-system.co.jp/Alpo/Latest/index.html

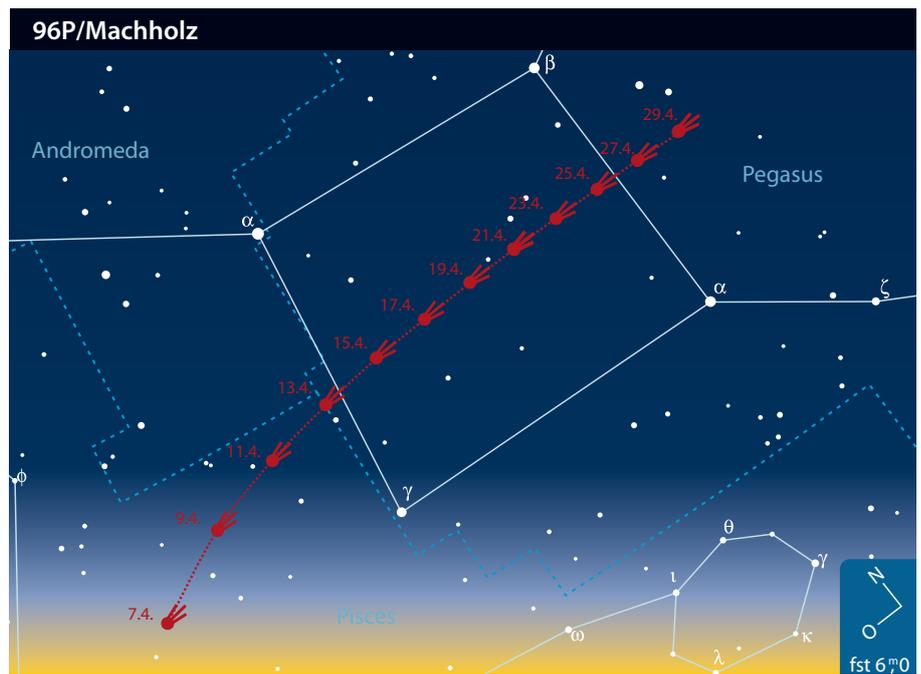
Kometen aktuell Machholz' kurzes Gastspiel

Der April bietet zwei interessante Objekte für Kometenbeobachter. Am Abendhimmel ist dies **2P/Encke**, der im Sternbild Widder zu finden ist. Zu Monatsbeginn wird seine Helligkeit zwischen 8^m und 9^m betragen, rund um den 20. April – zum Ende der diesjährigen Beobachtungsphase – wird er dann etwa 6^m hell sein. 2P/Encke ist ein »alter« Komet, der schon oft in Sonnennähe war (Umlaufzeit: 3,3 Jahre), viel von seinem Material verloren hat und nur mehr geringe Aktivität aufweist. Einen typischen Kometen mit auffälligem Schweif darf man sich daher nicht erwarten, vielmehr bietet 2P/Encke ein recht diffuses Erscheinungsbild.

Am Morgenhimmel können wir im April einen weiteren periodischen Kometen, nämlich **96P/Machholz**, beobachten. Entdeckt wurde er am 12. Mai 1986 von Don Machholz (Colfax, USA) – es war seine dritte Entdeckung. Inzwischen hat der kalifornische Amateurastronom zehn Kometen entdeckt (zuletzt C/2004 Q2).

96P besitzt eine extrem elliptische Bahn mit einer Umlaufzeit von 5,24 Jahren und kommt näher an die Sonne heran als jeder andere periodische Komet (0,12 AE). Dabei kann der Komet eine bemerkenswerte Helligkeit erreichen, leider befindet er sich zu dieser Zeit naturgemäß stets sehr nahe der Sonne. Die bislang besten Beobachtungen dieses Kometen gelangen daher der Sonden- sonde SOHO 1996 und auch 2002.

Auch bei seiner vierten Wiederkehr in diesem Jahr wird er zur Perihelzeit Anfang



April das Gesichtsfeld von SOHO und der neuen Sonnensonden STEREO durchqueren. Nach dem Perihel am 4. April bewegt er sich rasch von der Sonne weg und wird etwa ab dem 8. am östlichen Morgenhimmel sichtbar werden. Die Helligkeit sollte dann ca. 4^m betragen und rasch zurückgehen, während der Sonnenabstand zunimmt. Am 15. wird er wohl nur noch etwa 8^m aufweisen, am Monatsende 11^m.

■ Burkhard Leitner

Surftipps

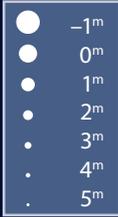
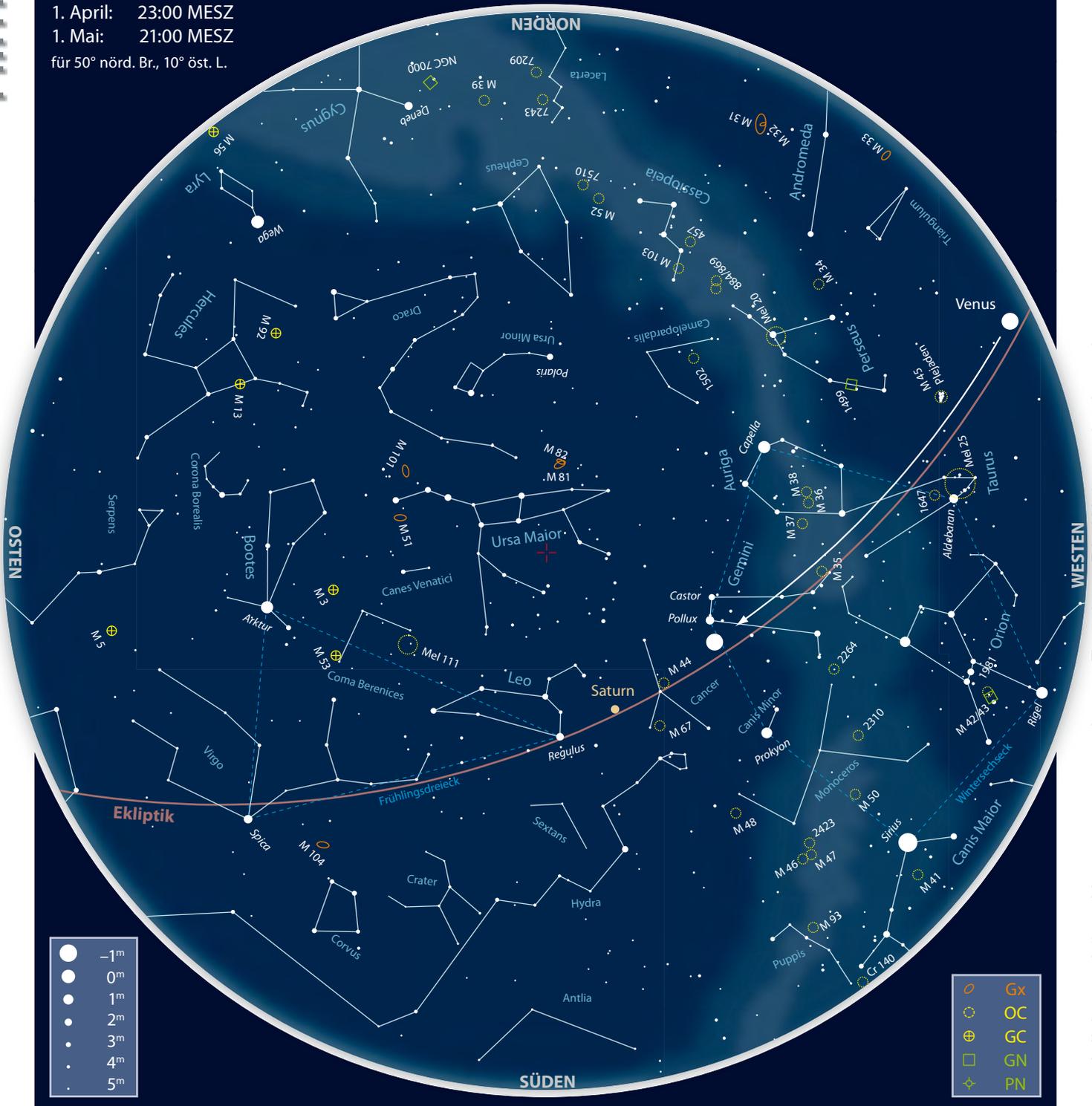
- www.kometarium.com: Monats- und Jahresübersichten, Aufsuchkarten, Bilder
- www.fg-kometen.de: Aktuelle Neuigkeiten, Bilder, Beobachtungen
- www.ki.tng.de/~winnie/kometen/einstieg.html: Aufsuchkarten, Beobachtungshinweise für Einsteiger

Kometen im April/Mai 2007

Name	Perihel	Erdnähe	Umlaufzeit	Beobachtungsfenster	erwartete Maximalhelligkeit
96P/Machholz	4. April (0,125AE)	28. Mai (0,618AE)	5,2 Jahre	Anfang bis Ende April	4 ^m 0
2P/Encke	19. April (0,339AE)	17. Mai (0,507AE)	3,3 Jahre	Mitte März bis Mitte April	6 ^m 0

Der Sternhimmel im April/Mai 2007

1. April: 23:00 MESZ
 1. Mai: 21:00 MESZ
 für 50° nörd. Br., 10° öst. L.



Beobachtungsempfehlungen für April/Mai 2007									
Name	Empfehlung für	Typ	Sternbild	R. A.	Dekl.	Hell.	Größe	Entfernung	DSRA
Venus	bloßes Auge	Planet	Ari – Gem	–	–	–4 ^m 0 bis –4 ^m 3	13,6"–21,5"	182–117 Mio. km	–
Vesta	Fernglas	Kleinplanet	Oph	16 ^h 32 ^m 56 ^s	–14° 05' 00"	5 ^m 5	0,5"	171 Mio. km*	29
M 98	Teleskop	Gx	Com	12 ^h 13,8 ^m	+14° 54'	10 ^m 1	9,8"×2,8'	44 Mio. Lj	20
NGC 4216	Teleskop	Gx	Vir	12 ^h 15,9 ^m	+13° 8,8'	10 ^m 3	1,8"×7,8'	55 Mio. Lj	20
Simeis 159	Teleskop	GN	Mon	06 ^h 36,0 ^m	+11° 51'	–	36"×8'	–	–

*) am 31.5.

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

Von Venus zum Virgohaufen

Astronomie mit dem Fernglas Hellste Vesta-Sichtbarkeit in 18 Jahren

Ende Mai erscheint kurzzeitig ein neues Glanzlicht am Nachthimmel: Im südlichen Schlangenträger erreicht ein nur 500 Kilometer großer Himmelskörper eine beeindruckende Helligkeit.

Vor genau 200 Jahren entdeckte Heinrich Olbers in der Sternwarte in Lilienthal bei Bremen den 11. Planeten – es war seine zweite Planetenentdeckung – dem Carl Friedrich Gauß den Namen Vesta gab. Obwohl schon früh der Begriff »Asteroid« durch Wilhelm Herschel geprägt wurde, wurden die zwischen Mars und Jupiter gefundenen Wandelsterne erst offiziell als Kleinplaneten oder Planetoiden bezeichnet, nachdem um 1850 immer mehr solcher kleinen Objekte entdeckt wurden. Zu dieser Zeit wurde auch die heute für Asteroiden typische Nummerierung eingeführt.

(4) Vesta war damals mit einer Größe von rund 500 Kilometern einer der kleinsten Planeten, dicht gefolgt von (2) Pallas. 500 Kilometer entsprechen der Distanz zwischen Berlin und Stuttgart. Trotz ihrer geringen Größe übertrifft sie an Helligkeit sogar das größte Objekt im Asteroidengürtel – die fast doppelt so große Ceres. Dies verdankt Vesta ihrem um 30% höheren Rückstrahlungsvermögen und um 59 Millionen Kilometer kleineren Perihelabstand. Während Ceres meist ein Lichtpunkt 7. Größenklasse ist, kann Vesta eine Oppositionshelligkeit von 5^m erreichen und sich damit zu einem echten Glanzlicht entwickeln. Unter einem dunklen Himmel wird sie so leicht zum kleinsten Himmelskörper, der sich mit bloßem Auge beobachten lässt. Aber auch bei aufgehelltem Stadthimmel lässt sich dieser Kleinkörper des Sonnensystems im April und Mai mit jedem Taschenfernglas einfach beobachten. Wenn der kleine Asteroid zur Zeit der Opposition Ende Mai eine Maximalhelligkeit von 5^m.4 erreicht, wird die hellste Vesta in 18 Jahren zu sehen sein. Das letzte Mal war das im

Astronomie mit bloßem Auge Venus am Abendhimmel

In diesem Jahr zieht wieder ein hell leuchtendes Objekt am Abendhimmel alle Blicke auf sich. Die Venus bietet in der Erscheinung des »Abendsterns« eine gute Beobachtungsperiode, die bereits Ende 2006 begann und noch bis in den Hochsommer hinein andauern wird.

Ihre beste Sichtbarkeit ergibt sich Anfang Mai, wenn sich Venus erst vier Stunden nach der Sonne unter den Horizont begibt. Nun sollte man vermuten, dass sich der Planet zu dieser Zeit auch im größten Winkelabstand zur Sonne (Elongation) befindet. Die größte östliche Elongation wird jedoch erst am 9. Juni erreicht. Zu diesem Zeitpunkt ist jedoch die Differenz zwischen dem Untergang von Sonne und Venus bereits auf etwas mehr als drei Stunden zusammen geschmolzen. Die Diskrepanz dieser beiden Werte lässt sich durch die Lage der Ekliptik erklären. Im Frühjahr steigt die Ekliptik steil vom Horizont auf, während sie zum Sommer hin abflacht, wodurch

Venus trotz größerer Elongation früher untergeht. Somit handelt es sich auch nur um eine gute, nicht aber eine ideale Abendsichtbarkeit.

Durch den späten Untergang ergibt sich die Gelegenheit, Venus auch noch nach Ende der astronomischen Dämmerung in ausreichender Höhe vorzufinden. Wer sich an einem besonders dunklen Ort befindet, kann sich eindrucksvoll davon überzeugen, dass Venus hell genug strahlt, um Schatten zu werfen! Am einfachsten kann man dieses kleine Experiment mit einem Stift und einem weißen Blatt Papier durchführen.

Wer eher an kosmischen Eindrücken interessiert ist, dem bietet sich Ende Mai die Möglichkeit, die beiden inneren Planeten unseres Sonnensystems – Merkur und Venus – auf einen Blick in der Abenddämmerung zu bestaunen (vgl. Seite 21).

■ Matthias Juchert

STEFAN BANNEWIS

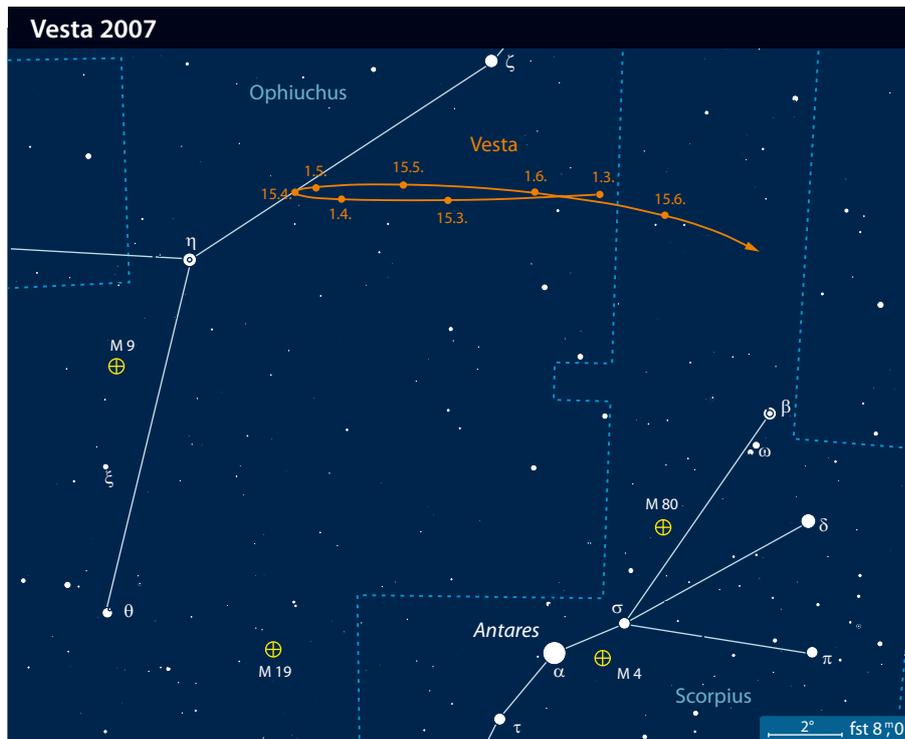
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Jahr 2000 der Fall, nur steht sie dieses Mal sogar 10° höher.

Die Oppositionsschleife zieht sich durch die Sterne η Oph und ζ Oph, die ein rechtwinkliges Dreieck mit Antares (α Sco) bilden und nur 14° nordöstlich von selbigem zu finden sind. Auf der Verbindungslinie dieser beiden 2^m-Sterne kommt Vesta Mitte April zum Stillstand, anschließend läuft sie rückläufig durch den Schlangenträger und läutet damit die Oppositionsperiode ein. Zum Monatswechsel April/Mai erreicht Vesta bereits eine Helligkeit von 6^m,0, hiermit ist sie unter einem guten Landhimmel mit bloßem Auge sichtbar.

Auch wenn der fast volle Mond zur Zeit der Opposition nahe an Antares vorbeizieht, sollte das Auffinden kein Problem sein. Erst in elf Jahren wird Vesta wieder die 5^m,5-Marke überschreiten, dann leuchtet sie sogar als 5^m,3 heller Lichtpunkt.

■ Nico Schmidt



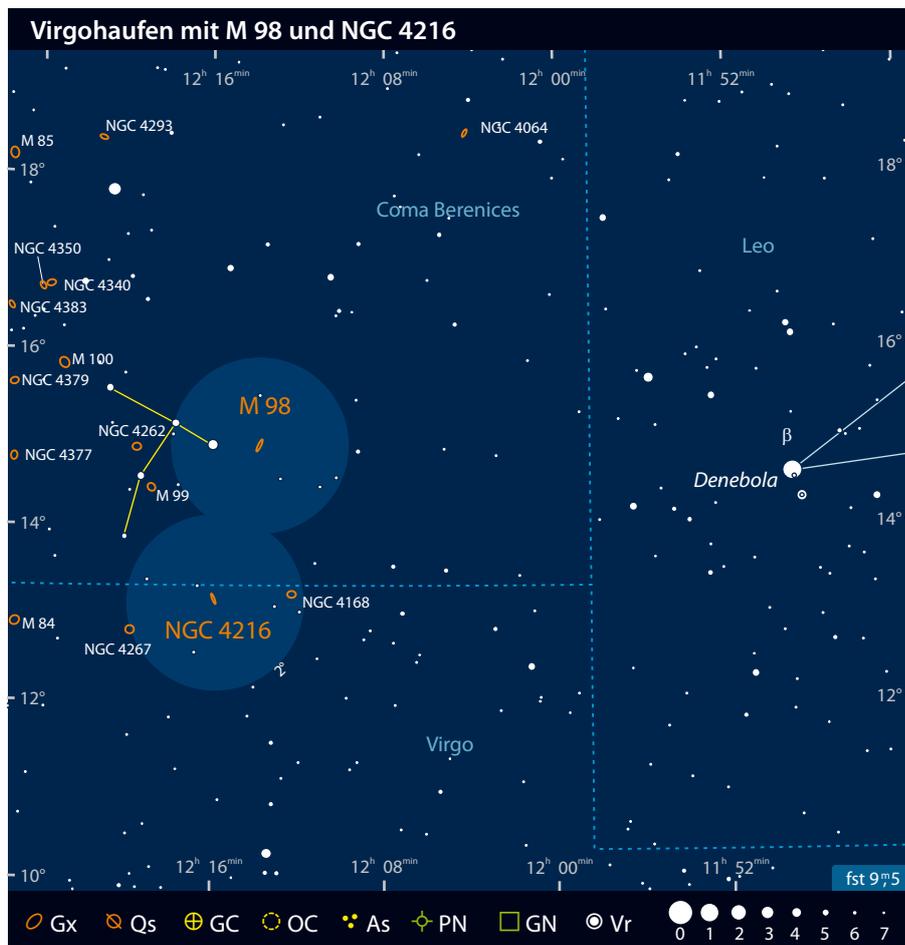
Objekt der Saison M 98

O bwohl M 98 zum Messier-Katalog zählt, wird diese Galaxie am Westrand des Virgohaufens kaum beobachtet. Pierre Méchain fand M 98 am 15.3.1781 und berichtete Messier von seiner Beobachtung. Dieser sah einen Monat später einen »Nebel ohne Stern, von einem extrem schwachen Licht«.

M 98 ist ein Mitglied des Virgohaufens und steht auf der uns zugewandten Seite der Galaxienansammlung. Holmberg hielt sie aufgrund der Radialgeschwindigkeit von 125km/s in unserer Richtung gar für eine Vordergrundgalaxie; heute nimmt man eher an, dass M 98 durch eine enge Begegnung mit M 99 auf die jetzige Bahn entgegen der mittleren Bewegungsrichtung des Virgohaufens geraten ist.

Mit 126000Lj Durchmesser und 200 Milliarden Sonnenmassen ist M 98 eine der größten Haufengalaxien. Wir beobachten die Spiralgalaxie unter einem Winkel von 10° nahezu von der Seite. Die Galaxie NGC 4186 steht 5' südlich von M 98. Nur auf sehr tiefen Aufnahmen erkennt man die sehr leuchtschwache Zwerggalaxie VCC 90 2' westlich der Südspitze von M 98.

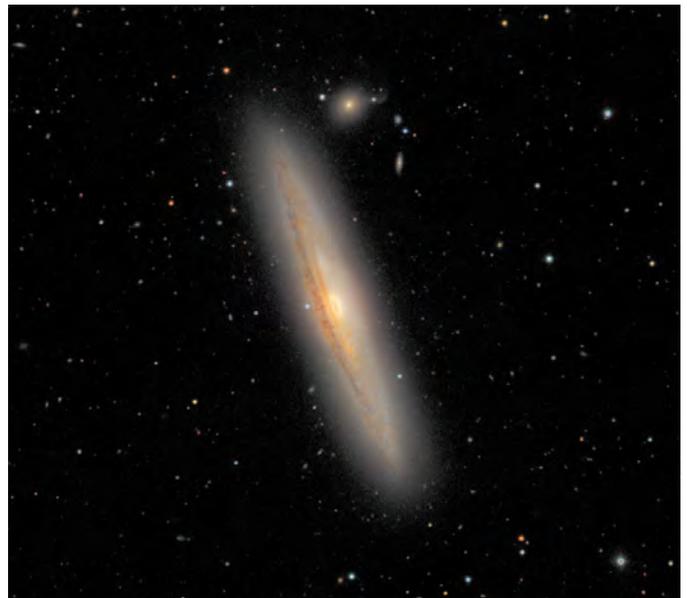
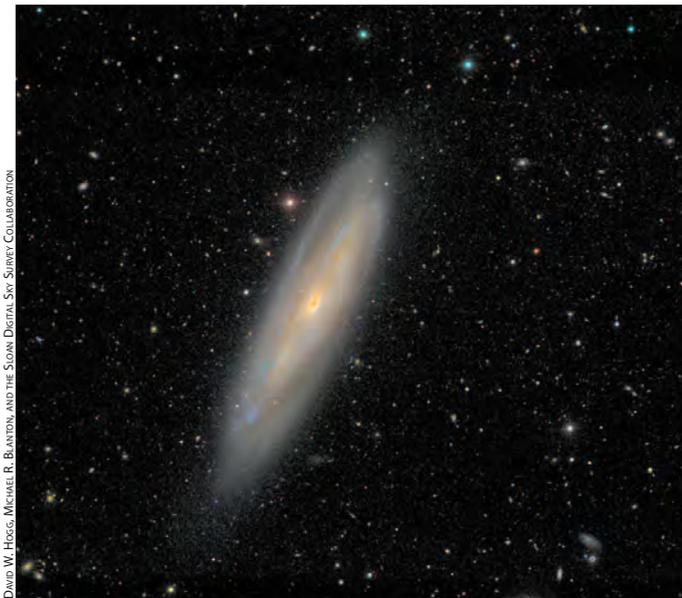
M 98 gilt als LINER-Objekt (low ionization nuclear emission region), besitzt also eine Zentralregion mit erhöhter Strahlung ionisierter Gase. Bei M 98 ist diese Eigenschaft nur schwach ausgeprägt, die Emission des Galaxienkerns ließe sich auch durch eine besonders große HII-Region erklären, die möglicherweise in einem zen-



tralen Sternhaufen angesiedelt ist. Japanische Forscher untersuchten den Kern und stellten dabei fest, dass die beobachtete

Röntgenstrahlung nicht ausreicht für einen aktiven Galaxienkern. Wahrscheinlicher sei, dass ein Haufen sehr massereicher junger

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



Die Galaxien M 98 (links) und NGC 4216 (rechts) im infraroten Spektralbereich, aus dem Sloan Digital Sky Survey.

Sterne für die im optischen Spektralbereich gemessene Strahlung verantwortlich sei [1].

M 98 ist zusammen mit M 91 das schwächste Messier-Objekt und hat mit $13''^2$ pro Quadratbogenminute neben M 33 und M 74 die niedrigste Flächenhelligkeit aller Messier-Galaxien. Anders als bei diesen beiden Objekten ist jedoch auch der Kern von M 98 nicht besonders hell. M 98 wirkt deshalb eine Klasse schwächer als vergleichbare Messier-Objekte im Virgo-Haufen.

Ein 10×50 -Fernglas zeigt die Galaxie nur sehr schwach an der Wahrnehmungsgrenze des Gerätes. In kleinen Fernrohren ist M 98 nur bei kleinen Vergrößerungen gut sichtbar, mehr als die längliche Form in Nord-Süd-Richtung ist nicht zu erkennen. Auch mit wesentlich größeren Teleskopen ist es eine Herausforderung, Strukturen in M 98 auszumachen. Die Austrittspupille darf bei der Beobachtung nicht zu klein werden, was hohe Vergrößerungen ausschließt. Auch mit größerer Öffnung bleibt M 98 die schwierigste Spiralgalaxie für visuelle Beobachter aus dem Messier-Katalog.

■ Ronald Stoyan

- [1] Terashima, Y. et al.: ASCA Observations of »Type 2« LINERS: Evidence for a Stellar Source of Ionization, *Astrophys. J.* 533, 729 (2000)
- [2] Solanes, J. M. et al.: The Three-dimensional Structure of the Virgo Cluster Region from Tully-Fisher and H I Data, *Astron. J.* 124, 2440 (2002)
- [3] Sofue, Y. et al.: The Virgo High-Resolution CO Survey: I. CO Atlas, *Publ. Astron. Soc. Japan* 55, 17 (2003)
- [4] Dong, X. Y., De Robertis, M. M.: Low-Luminosity Active Galaxies and Their Central Black Holes, *Astron. J.* 131, 1236 (2006)

Objekt der Saison NGC 4216

Die Spiralgalaxie NGC 4216 zählt zu den großen Schaustücken des Virgo-Haufens, die keinen Eintrag in den Messier-Katalog gefunden haben. Die Geschichte dieses Objektes führt zurück in das Jahr 1784. Wilhelm Herschel hatte gerade seine umfassende Himmelsdurchmusterung gestartet, die ihm allein in diesem Jahr über 600 visuelle Neuentdeckungen [1] bescherte. Folglich war es auch die erste Beobachtungssaison, in der er sich intensiv mit dem Virgo-Haufen befassen konnte. So machte Herschel allein in der Nacht des 17. April 1784 Aufzeichnungen zu 35 neuen Nebeln, die später im GC und NGC ihren Eintrag fanden – darunter auch NGC 4216 und ihre hellste Nachbargalaxie NGC 4206 (12' südwestlich). Kurioser Weise wurde die zweite, viel schwächere Nachbargalaxie NGC 4222, die sich nur 12' nordöstlich von NGC 4216 befindet, bereits am 8. April 1784 von ihm entdeckt.

Als Mitglied des Virgo-Haufens unterliegt NGC 4216 einer gewissen Dynamik, die die exakte Bestimmung der Entfernung (z.B. mittels Rotverschiebung) merklich erschwert. So finden sich in der Literatur die für den Virgo-Haufen typischen Werte im Schwankungsbereich von 40–60 Millionen Lichtjahren. Der GALEX Ultraviolet Atlas of Nearby Galaxies [2] liefert als aktuellen Wert eine Distanz von 55 Millionen Lichtjahren, was sich recht gut in den zuvor angegebenen Bereich einfügt.

Ein Markenzeichen von NGC 4216 ist die hohe Inklination (also die Neigung der

Galaxienachse gegen unsere Sichtlinie) von über 80° , womit wir auf das Objekt nahezu in Kantenlage blicken. Aufgrund dieser starken Neigung wird ein signifikanter Teil der Galaxie durch interstellaren Staub verdeckt, was die Beobachtung von feinen Details wie Einzelobjekten erschwert. Möglicherweise ist dies auch der Grund, warum bislang weder visuell noch fotografisch eine Supernova in NGC 4216 entdeckt wurde. Diese These wird durch jüngste Ergebnisse der Forschung untermauert. Astronomen beobachteten im Radio-Bereich ein Ereignis, das sie NGC 4216 zuordnen konnten. Laut Gal-Yam et al. [3] handelte es sich dabei möglicherweise um eine »Radio-Supernova«, die durch die starke Extinktion – also die Abschwächung des Lichts durch den interstellaren Staub – im optischen Bereich unsichtbar blieb.

Da sich NGC 4216 nur wenig östlich des zentralen Teils des Virgo-Haufens befindet, bettet sich die Galaxie in eine Flut anderer Milchstraßen ein. Hierbei ergibt sich die Besonderheit, dass mit den bereits erwähnten NGC 4206 und NGC 4222 zwei weitere Edge-On-Galaxien ähnlicher Ausrichtung als direkte Nachbarn existieren, was im Gesamteindruck ein besonders sehenswertes und oft fotografiertes Motiv ergibt.

Natürlich drängt sich die Frage auf, ob durch die scheinbare Nähe auch physikalische Wechselwirkungen nachzuweisen sind. Während NGC 4216 und NGC 4206 als sichere Mitglieder des Virgo-Haufens

gelten, bildet NGC 4222 mit einigen schwächeren Galaxien eine etwas weiter entfernte, aber noch benachbarte Gruppe [4].

Hochaufgelöste Fotografien verschiedener Wellenlängenbereiche zeigen auch keinerlei Hinweis auf eine Wechselwirkung zwischen NGC 4216 und NGC 4206.

Aufgrund ihrer großen Helligkeit und der deutlichen Kantenlage zählt die Galaxie zu den beliebtesten Zielen der Region bei Amateurbesichtern. Bei sehr guten Bedingungen zeigt sie vielleicht schon ein 10×50-Fernglas. Eindeutig wird der Anblick jedoch meist erst mit 70mm-Gläsern. Mit einem kleinen 2,5"-Refraktor ist NGC 4216 auch unter weniger optimalen Bedingungen sichtbar und spätestens jetzt sticht auch die langgestreckte Form ins Auge. Um den seltenen Anblick von drei ähnlich orientierten Edge-On-Galaxien in einem Gesichtsfeld zu erhaschen, sind jedoch 8" Öffnung notwendig. Dann erscheint NGC 4216 klar, wunderschön langgestreckt und eingerahmt von der einfachen NGC 4206 im Südwesten sowie der sehr schwierigen NGC 4222 im Nordosten. Für das Staubband [4] und die Hintergrundgalaxie IC 771 (10' westlich des Zentrums) sind Öffnungen ab etwa 12" anzusetzen. Eine interessante Aufgabe für die Beobachtung mit großen Teleskopen stellt die Sichtung der schwachen PGC 39247 nahe der Nordspitze von NGC 4216 dar.

■ Matthias Juchert

- [1] Steinicke, W.: Historic NGC: www.ngcic.org/steinicke/HNGC/Historic_NGC.htm (2006)
- [2] Gil de Paz, A. et al.: The GALEX Ultraviolet Atlas of Nearby Galaxies, *astro-ph/0606440* (2006)
- [3] Gal-Yam, A. et al.: Radio and Optical Follow-up Observations of a Uniform Radio Transient Search: Implications for Gamma-Ray Bursts and Supernovae, *Astrophys. J.* 639, 331 (2006)
- [4] Fouqué, P. et al.: Structure, mass and distance of the Virgo cluster from a Tolman-Bondi model, *Astron. Astrophys.* 375, 770 (2001)
- [5] Stoyan, R.: Album der Edge-On-Galaxien (Teil 2), *interstellarum* 13, 43 (1998)

Deep-Sky-Herausforderung Simeis 159

Der Einsatz von Nebelfiltern gibt dem visuellen Deep-Sky-Besucher völlig neue Möglichkeiten. So sind, trotz stetig zunehmender Lichtverschmutzung, einige Emissionsnebel der Beobachtung zugänglich, die vorher undenkbar waren. Doch welche Objekte, abseits der zumeist visuell entdeckten Emissionsnebel des NGC/IC Kataloges, sind attraktive Ziele? Gewöhnliche Fotos sind für die Suche nach interessanten Objekten nicht besonders gut geeignet. Sie geben nahezu nur die rote H α -Emissionslinie der Gasnebel wieder, die für die visuelle Beobachtung nicht in Frage kommt. Die beobachtbare, blaue H β -Linie wird zwar ebenfalls von diesen Nebeln emittiert, doch ist deren Intensität stets etwa um einen Faktor drei geringer (leicht abhängig von der Ent-

fernung und damit der Rötung der Objekte). Daher ist oft die grüne [OIII]-Linie von Bedeutung, die teilweise intensiver als die H β -Linie ist. Möchte man für die visuelle Beobachtung interessante Objekte finden, sollte man sich Bilder der Gasnebel im H β - und [OIII]-Licht ansehen. Eine hervorragende Quelle dafür ist der leider vergriffene »Emission Line Survey of the Milky Way« [1].

Vergleicht man hier die Aufnahmen der Region um den Weihnachtsbaumsternhaufen NGC 2264 mit dem berühmten Konusnebel im H α - und im [OIII]-Licht, so fällt etwa 2,5° nordwestlich von 15 Monocerotis ein Gebiet auf, das im [OIII]-Licht deutlich heller ist als in H α , während alle anderen umliegenden Nebel in H α deutlich heller als auf der [OIII]-Aufnahme sind. Es muss sich also





Simeis 159 ist eine echte visuelle Herausforderung in der Milchstraße – Amateurfotos sind nicht bekannt. Zeichnung, 10"-Newton, 39x, fst 67,5, Bortle 3–4. *Martin Schoenball*

um ein separates, hochangeregtes Objekt handeln! Um die Bezeichnung dieses Nebels herauszufinden – in den üblichen Sternkarten und PC-Planetarien findet sich kein Eintrag – benutzte ich die Datenbank SIMBAD [2]. Die Suche nach Objekten in der Nähe der mit einem Sternatlas ermittelten Koordinaten brachte lediglich die seltsame Objektbezeichnung [GS 55] 99 zutage. Klickt man auf GS 55 gelangt man zur Publikation, in der dieses Objekt katalogisiert wurde [3]. G und S stehen für Gaze und Shajn, letzteren Namen verbindet man mit Simeis 147, dem großen Supernovarest im Stier, der auch manchmal als »der Shajn« bezeichnet wird. Weitere Referenzen zu dem fraglichen Objekt gibt es nicht. Dave Riddle konnte schließlich weiterhelfen und identifizierte den Nebel als Simeis 159.

Der Simeis-Katalog, in englischer Literatur auch oft als Simeiz transkribiert, wurde zu Beginn der 1950er Jahre erstellt und in vier Artikeln publiziert. Die vier fortlaufenden Listen wurden 1955 offenbar überarbeitet und in neuer Nummerierung als GS 55-Katalog publiziert, woher die seltsame Bezeichnung kommt. Dennoch wird meist die ursprüngliche Simeis-Nomenklatur verwendet.

Bei der Beobachtung gelten die Grundsätze für schwache, großflächige Gasnebel: dunkler Himmel, großes Gesichtsfeld und maximale Austrittspupille. Als Nebelfilter ist klar der [OIII]-Filter zu favorisieren. Einen Versuch startet man am besten ab Anfang April,

nachdem der Vollmond nicht mehr stört bis Mitte April um Neumond herum. Danach ist das Objekt kaum noch zu erhaschen.

Im 10"-Newton bei einem guten Landhimmel ist der Nebel recht schwach, zeichnet sich dennoch deutlich gegenüber dem Hintergrund ab. Der Nebel besteht aus zwei Teilen, von denen der östliche der hellere ist. Dieser hat eine dreieckige Form mit helleren Teilen im Norden und in der Mitte. Der sichtbare Teil ist etwa 17'×23' groß. Der Ostteil ist etwa 25' vom Zentrum des Westteils entfernt und etwa 19'×17' groß. Er ist deutlich schwächer und weniger kontrastreich strukturiert. Wegen der großen scheinbaren Ausdehnung des Nebels hat man auch schon mit kleinen Teleskopen Aussicht auf Erfolg, vorausgesetzt der Himmel ist ausreichend dunkel!

Auf den allermeisten Amateurfotos der Region um NGC 2264 ist der Nebel außerhalb des aufgenommenen Bereiches. Vielleicht sind Sie der erste Amateur, der es ablichtet?

■ Martin Schoenball

- [1] Parker, R. et al.: An Emission Line Survey of the Milky Way; NASA SP-434, Washington (1979)
- [2] SIMBAD Astronomical Database: simbad.u-strasbg.fr/
- [3] Gaze, V. F., Shajn, G. A.: Catalogue of emission nebulae; Izv. Krym. Astrofiz. Obs. 15, 11 (1955)
- [4] Gaze, V. F., Shajn, G. A.: A Third List of Diffuse Emission Nebulae, Izv. Krym. Astrofiz. Obs. 9, 52 (1952)

Faszination Sonnenfotografie

Teil 2: Beobachtung in der violetten Kalziumlinie

VON DIRK LUCIUS UND MARIO WEIGAND

Neben der typischen Weißlichtbeobachtung der Sonne und der Beobachtung im H α -Licht hat der Amateur auch die Möglichkeit, die Sonne im Licht der Kalzium-Linien zu dokumentieren. Dabei wird ein Bereich der Chromosphäre knapp über der Photosphäre sichtbar, in dem man Fackelgebiete über die gesamte Sonne verteilt beobachten kann. Inzwischen ist es dem Amateur möglich mit einem relativ geringen finanziellen Aufwand in die Kalzium-Beobachtung einzusteigen.

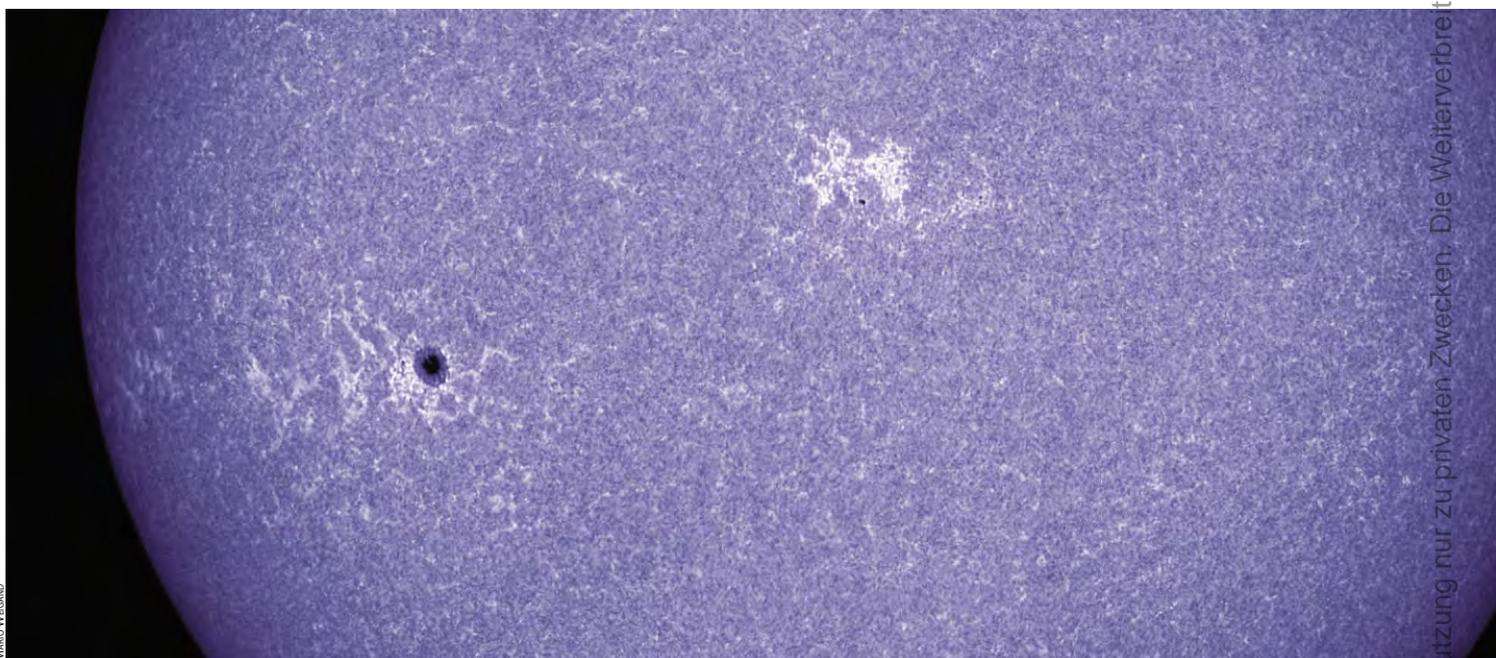


Abb. 1: **Die violett gefärbte Sonne im Licht der Kalziumlinien** ist für viele Sternfreunde ein ungewohnter Anblick – doch ist der Einstieg in diesen Zweig der Sonnenbeobachtung nicht mehr Spezialisten vorbehalten.

Mit dem Baader »K-Line«-Filter erhält man schon für etwa 250 Euro einen breitbandigen Filter, mit dem bereits viel sichtbar wird. Die Kalzium-Version des »Personal Solar Telescope« von Coronado (vgl. interstellarum 36) ist eine weitere günstige Möglichkeit, in die Sonnenbeobachtung im Kalziumlicht einzusteigen. Der Filter ist mit $<0,22\text{nm}$ Halbwertsbreite ausreichend engbandig, um die Kalzium-K-Linie mit hohem Kontrast abzubilden.

Die blaue Sonne

Die beiden Emissionslinien des einfach ionisierten Kalziums CaII liegen bei Wellenlängen von 396,85nm (H-Linie) und 393,37nm (K-Linie), also im blauen Spektralbereich. Joseph Fraunhofer hat 1814 erstmals die solaren Spektrallinien beobachtet und die hellsten unter ihnen mit Großbuchstaben durchnum-

meriert. Die Nummerierung fängt im roten Teil des Spektrums an und endet im blauen. Die Bezeichnungen sind teilweise heute noch geläufig.

Im Licht der H- und K-Linien sieht man das chromosphärische Netzwerk aus Supergranulationszellen mit rund 30000km Durchmesser, an deren Rändern sich starke Magnetfelder befinden. Die Emission u.a. in den Kalziumlinien macht dieses Netzwerk in Form von Spiculae sichtbar. Fackeln sind im Wesentlichen das Gegenteil zu den Sonnenflecken. Es sind ausgedehnte Gebiete, die eine überhöhte Helligkeit aufweisen – etwa 10% heller als in der Umgebung. Sie treten verstärkt um Sonnenflecken herum auf und sind auch hauptsächlich in den Breiten der Sonnenflecken zu beobachten. Nur während des Aktivitätsminimums der Sonne erscheinen sie auch nahe den Polen. Im Weißlicht sind sie wegen des höheren Kontrasts dann am besten zu beobachten, wenn sie am Sonnenrand stehen. Protuberanzen lassen sich übrigens auch mit

einem Kalzium-Filter beobachten. Wegen der wesentlich geringeren Helligkeit als in $H\alpha$ sind sie aber nur sehr selten beobachtbar.

Geräte für die Kalziumbeobachtung

Der Baader-Kalziumfilter ist für die Sonnenfotografie konzipiert, für die visuelle Beobachtung ist er aufgrund seiner spektralen Eigenschaften nicht geeignet (siehe Kasten). Es handelt sich um einen Einschraubfilter für 1¼"-Okulare, der zusätzlich zu einem fotografischen Weißlicht-Sonnenfilter verwendet wird. Die Halbwertsbreite des Filters beträgt nach Messungen von Peter Höbel ca. 7nm.

Das CaK-PST ist ein kleines Sonnenfernrohr und sieht äußerlich wie das viel

Lieferumfang gehören ein 25mm-Cemax-Okular, ein Sonnensucher und ein Transportkoffer.

Coronado bietet inzwischen noch ein größeres Modell an: Das CaK-90 ist ein 90/800-Kalziumteleskop, wird aber aufgrund seines hohen Preises nur für Extremisten interessant sein.

Fotografie in der Kalziumlinie

Aus praktischer Erfahrung geht hervor, dass eine Webcam, ausgestattet mit einem Schwarzweiß-Chip, oder eine CCD-Kamera die geeignete Lösung ist und die besten Ergebnisse liefert. Arbeitet man mit einem Farbchip, so wirken sich die winzigen Farbfilter auf den Pixeln negativ aus und schlucken Licht. Beobachtet und fotografiert wird ausschließlich monochrom-

beliebiges Gerät. Somit ist der K-Line-Filter auch eine sehr flexible Lösung.

Allerdings sollte man sich zuerst erkundigen, welche Geräte überhaupt in dem Wellenlängenbereich von 395nm ein scharfes Bild liefern. Ein achromatischer Refraktor ist nach eigener Erfahrung völlig untauglich. Ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop liefert ein leicht unscharfes Bild, höhere Vergrößerungen machen deshalb keinen Sinn. Als sehr tauglich haben sich zweilinsige ED-Refraktoren erwiesen. Der im Test verwendete 80/600mm-Refraktor ergab auch in Kombination mit einer 3×-Barlowlinse ein scharfes Bild. Sehr gute Ergebnisse liefern auch Newton-Teleskope und Maksutov-Newton-Teleskope.

Der Baader-Filter zeigt schon sehr viel mehr Fackelgebiete als ein Weißlichtbild. Auch in der Mitte der Sonnenscheibe können sie ausgemacht werden. Jedoch ist der Filter mit mindestens 7nm Halbwertsbreite recht breitbandig. Daher zeigen sich auch nur hellere Fackeln, das chromosphärische Netzwerk lässt sich in der Regel nur erahnen.

Die Kalzium-Version des Coronado PST hat eine wesentlich engere Bandbreite als der Baaderfilter und zeigt alleine aus diesem Grund das chromosphärische Netzwerk sehr deutlich. Das getestete PST hatte eine sehr gute optische Qualität und lieferte ein sehr scharfes Bild. Jedoch ist man hier auf nur 40mm Öffnung beschränkt. Mit einer 3×-Barlowlinse – woraus 1200mm Brennweite resultieren – gerät man an die Grenzen des Machbaren. Die Auflösungsgrenze eines 40mm-Teleskops wird in Verbindung mit einer Webcam schon erreicht. Für 40mm Öffnung sind die fotografischen Ergebnisse aber äußerst zufrieden stellend. Der Filter liefert – im Gegensatz zum $H\alpha$ -Pendant – ein sehr homogenes Bild, das fotografisch gut darzustellen ist.

Mit 70mm Öffnung zeigt das MaxScope CaK-70 ein wesentlich helleres Bild. Dies ermöglicht deutlich kürzere Belichtungszeiten als bei dem PST. Gleichzeitig ist auch eine höhere Auflösung möglich. Allerdings war bei keiner Gelegenheit das Seeing ausreichend, um diesen Vorteil effektiv auszunutzen. Daher sind die Ergebnisse stets nur minimal besser als mit dem PST. Ein weiterer Vorteil ist die bessere Mechanik: Während beim CaK-PST mit einer kleinen Rändelschraube fokussiert wird, gestaltet sich das Scharfstellen am MaxScope dank des Helikal-Fokussierers sehr viel einfacher. Die Fokussierung ist sehr feinfühlig und der optimale Fokus ist schneller gefunden.



Dirk LUCAS

Abb. 2: Die beiden Kalzium-Sonnenteleskope von Coronado, das CaK-PST (vorne) und das MaxScope CaK-70.

gelobte $H\alpha$ -PST aus. Die Öffnung beträgt 40mm, die Brennweite 400mm. Coronado gibt die Halbwertsbreite des Kalziumfilters mit mindestens 0,22nm an. Zum Lieferumfang gehört ein 12mm-Okular, Transportkoffer und Stativ sind optional beim Hersteller erhältlich. Zubehör, das für das $H\alpha$ -PST entwickelt worden ist – z.B. Stativadaptionen oder Blenden – sind auch am CaK-PST einsetzbar.

Das CaK-70 ist ebenfalls ein komplettes Sonnenteleskop für die Beobachtung im Licht der Kalzium-K-Linie, bietet mit 70mm Öffnung aber deutlich mehr Licht und Auflösung. Die Halbwertsbreite wird wie beim PST mit 0,22nm angegeben. Zum

matisch, genau wie bei der $H\alpha$ -Fotografie. Weiterhin sind digitale Spiegelreflexkameras ungeeignet, da man visuell durch den Kamerasucher scharf stellen muss. Die Sonnenscheibe ist visuell im Kalziumlicht sehr dunkel, so dass das Finden des optimalen Schärfepunktes praktisch hoffnungslos ist. Eine mit Schwarzweiß-Chip ausgestattete Webcam sieht allerdings in diesem Wellenlängenbereich noch eine ganze Menge. Es lässt sich daher sehr bequem am Monitor scharf stellen.

Der Baader-Filter ist die kostengünstigste Lösung. Die Ausführung als 1¼"-Filter ermöglicht zusammen mit einer Sonnenfilterfolie praktisch die Nutzung an jedem

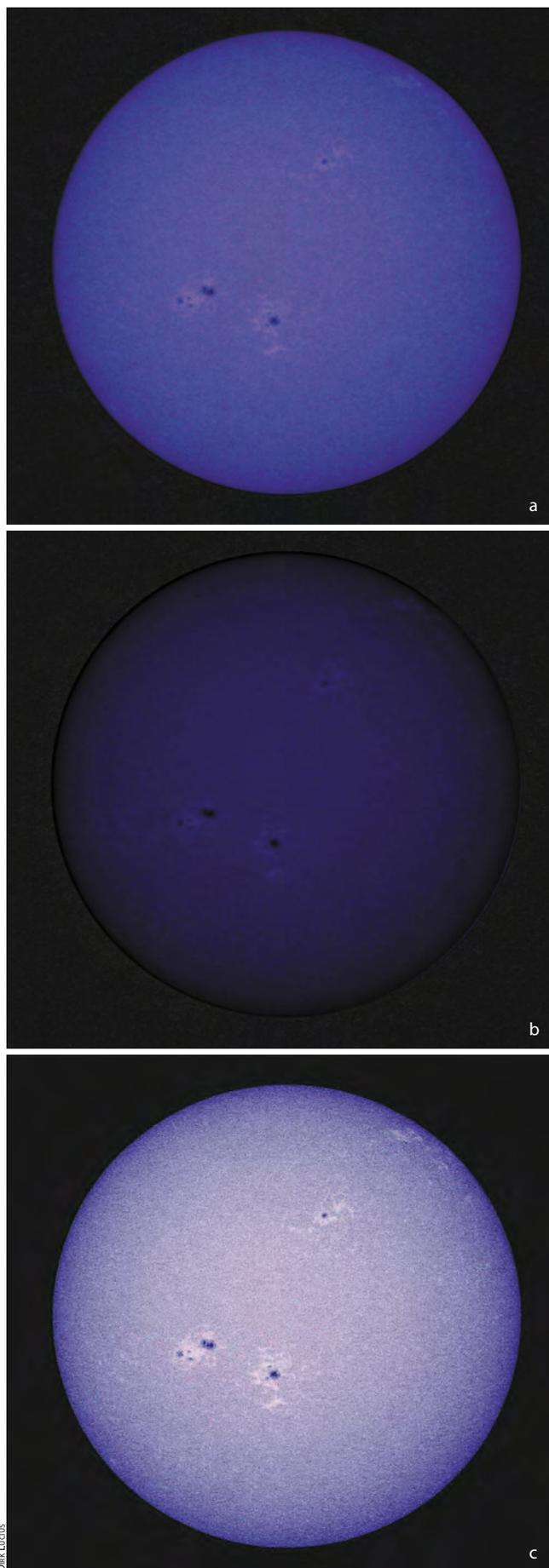


Abb. 3: **Simulation der Bildhelligkeit bei der visuellen Beobachtung** mit CaK-PST und CaK-70, a) CaK-PST, 33x, b) CaK-PST, 47x, c) CaK-70, 47x.

Visuelle Beobachtung der Kalziumsonne

Für einen direkten visuellen Vergleich wurden beide Coronado-Teleskope nebeneinander befestigt. Der Baader-K-Line-Filter ist nicht für die visuelle Beobachtung geeignet, worauf Baader Planetarium ausdrücklich hinweist. Aufgrund seiner spektralen Empfindlichkeit gelangt zu viel ultraviolette Strahlung in das Auge und kann dieses schädigen, da der Blendreflex bzw. Pupillenreflex nicht eintritt, d.h. die Pupille verengt sich bei »Blendung« durch UV-Licht nicht und so trifft die UV-Strahlung ungehindert auf die Netzhaut.

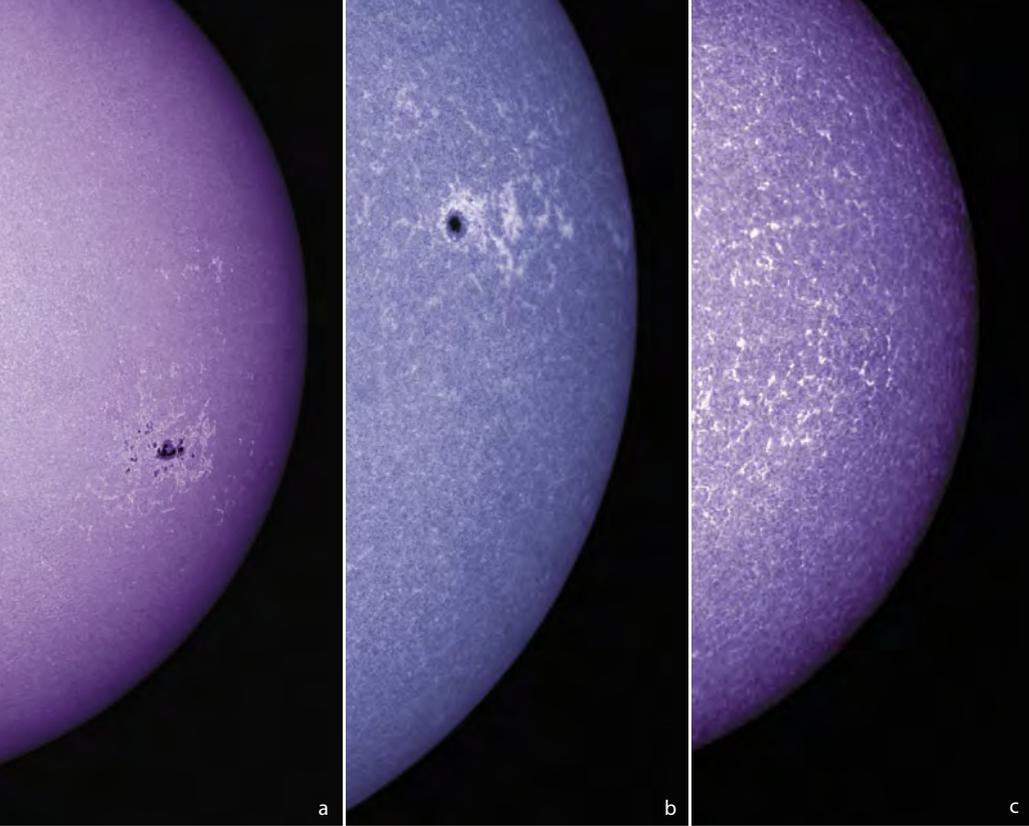
Ein prinzipielles Problem der Kalzium-Sonnenbeobachtung ist die tief violette Färbung des Sonnenbildes. Die Wellenlänge der Kalzium-Linien bei 395nm liegt am Rand des Spektralbereichs des menschlichen Auges. Da jedes Auge etwas unterschiedlich ist, gibt es von Beobachter zu Beobachter Unterschiede in der Fähigkeit, das violette Bild der Kalziumteleskope wahrzunehmen. Insbesondere bei älteren Personen kann es vorkommen, dass gar kein oder nur ein sehr schwaches Sonnenbild gesehen wird – insbesondere wenn ohnehin wenig Licht durch die Teleskopöffnung tritt.

Erste Versuche erfolgten bei geringer Vergrößerung. Dazu wurden beide Coronado-Teleskope mit jeweils 400mm Brennweite mit einem Cemax-Okular (eigentlich speziell für die H α -Beobachtung von Coronado entwickelt) von 18mm (22x) und 12mm (33x) Brennweite bestückt. Ohne ein dunkles Tuch über dem Kopf war im PST nur eine dunkelblaue, leicht violett gefärbte Sonne zu sehen, auf der undeutlich ein Fleck, aber keine Fackelgebiete zu erkennen waren. Das 70mm CaK-Teleskop zeigte dagegen ein helleres Bild in mittelblauer Farbe, zwei Flecken waren sofort auszumachen und um die größere Fleckengruppe zeichneten sich auch andeutungsweise Fackelgebiete ab.

Schattete man mit einer Hand oder einem Tuch am Okular die Sonne ab, änderte sich in beiden Geräten der visuelle Eindruck. Im PST blieb das Bild zwar aufgrund der geringeren Öffnung von 40mm dunkler, zeigte aber beide vorhandenen Flecken sofort und auch beide Fackelgebiete mit Strukturen bis nahe an die Mitte der Sonne. Auch durch das CaK-70-Teleskop konnte die Sonne sofort deutlich heller in einem graublauen Farbton wahrgenommen werden. Der visuelle Kontrast erhöhte sich, so dass die Fackelgebiete deutlich besser als im PST zu sehen waren: Sie erstreckten sich deutlich bis zur Sonnenmitte und verblühten mit ihrem Detailreichtum – besonders am inneren Rand der jeweiligen Fackeln. Der Eindruck der mit Kalziumfiltern aufgenommenen Fotos stellte sich schon fast ein, da auch der Helligkeitseindruck zunahm und die Sonne fast wie in einem Mylarfilter älterer Bauart erschien!

Für das PST ist die 47fache Vergrößerung schon zu hoch. Dagegen ließ sich mit einem 7mm-Okular die Vergrößerung im CaK-70 auf 57x steigern. Bei sehr guter Durchsicht sind am CaK-70 noch höhere Vergrößerungen sinnvoll einsetzbar – ein wolkenloser Himmel mit guter bis sehr guter Durchsicht ermöglicht (unter einem schwarzen Tuch verborgen) sogar Beobachtungen mit 80facher Vergrößerung. Allerdings können schon feine Zirrenden Kontrast stark herabsetzen.

Dass der Schlüssel zur Erkennbarkeit von Strukturen auf der Sonne unterhalb von 400nm Wellenlänge in der größeren Öffnung liegt, scheint man bei Coronado erkannt zu haben. So werden inzwischen schon ein 90mm-CaK-Teleskop und in der Tradition der H α -Filter ein 60mm CaK-Filter zum Aufsetzen vor der Teleskopoptik angeboten. Dass Coronado sich so intensiv und mit einer derartig breiten Produktpalette dieser in früheren Jahren nur Spezialisten vorbehaltenen Disziplin der Sonnenbeobachtung widmet, verdient Anerkennung.



UV-Strahlung und Augenschutz

Die Kalziumlinien der Sonne liegen bei 393nm und 396nm – also schon im ultravioletten Bereich des Spektrums. Für das menschliche Auge beinhaltet eine dauerhafte UV-Belastung die Gefahr der beschleunigten Ausbildung von grauem Star – einer Linsentrübung des alternden Auges, die bis zur Erblindung führen kann.

Peter Höbel hat in diesem Zusammenhang die optische Dichte von Sonnenfiltern abhängig von der Wellenlänge gemessen (vgl. interstellarum 45). So zeigt sich am Baader K-Line-Filter der hohe Durchlass bei den beiden Kalziumlinien – die optische Dichte des Filters liegt hier bei nur 0,25. Jedoch ist auch ein Durchlass bei ca. 320nm bis 330nm festzustellen – bis hin zu einer optischen Dichte von 3,75. Da die zusätzlich zum K-Line-Filter zu benutzende Sonnenfilterfolie mit ND 3,8 fast denselben Wert aufweist, kann hier von einer für die visuelle Beobachtung ausreichenden Filterung im Bereich der Kalziumlinien nicht ausgegangen werden – der Berufsverband der Augenärzte empfiehlt von 300nm bis fast 800nm eine optische Dichte von ND 4,5 bis 5!

Abhilfe könnte hier der Gebrauch der Baader Sonnenfilterfolie ND 5 bringen – ein Test an einem 114/500-Newton erbrachte ein dunkelblauviolettetes Sonnenbild, das nur bei 20facher Vergrößerung und nur unter Abschattung mittels eines schwarzen Tuches ein akzeptables Bild ergab, das annähernd in der Helligkeit mit dem CaK-PST bei der im Test angewandten 47fachen Vergrößerung vergleichbar ist.

Bei den Coronado-Teleskopen für die Beobachtung der Sonne im Licht der Kalzium-K-Linie wird ausdrücklich vom amerikanischen Hersteller auf die gefahrlose visuelle Beobachtung hingewiesen, die durch die spezielle Funktionsweise des Etalon-Filters erreicht wird (siehe ausführlich in interstellarum 23 und 36).

Abb. 4: **Vergleich der fotografischen Ergebnisse** mit dem Baader K-Line-Filter (a), CaK-PST (b) und CaK-70 (c). Die Motive wurden zu unterschiedlichen Daten aufgenommen.

Okularempfehlungen für Kalziumbeobachtungen

Zur Beobachtung standen verschiedene Okulare um 10mm Brennweite zur Verfügung: Die Spanne reichte vom Pentax XL 10,5mm über ein Meade 9,7mm-Plössl der Serie 4000, das 9mm-Kasai HC Ortho bis hin zum 10mm-Celestron Kellner und den Cemax-Okularen von Coronado. Es traten also Okulare der Preisklassen von ca. 30 Euro bis zu 300 Euro gegeneinander an.

Bei der Bildhelligkeit war kein Unterschied zwischen den Okularen zu erkennen, soweit es sich beim Wechsel der Okulare und dem dadurch bedingten Nachfokussieren beurteilen ließ. Auch beim Kontrast auf der Sonne waren ebenfalls keine gravierenden Abweichungen zu beobachten, so dass sogar das 10mm-Kellner dem wesentlich teureren Pentax XL nicht nachstand. Allenfalls beim Meade 4000 Plössl konnte ein leichter Kontrastabfall bemerkt werden. Beim Einblickverhalten lag das Pentax XL an der Spitze, was sich positiv auf die Detaillierkennbarkeit übertrug. Aber auch die wesentlich kleineren und deutlich preiswerteren Okulare überzeugen am CaK-70 und sind aufgrund ihres geringen Gewichtes auch ein Argument für die Benutzung.

Fazit

Baader K-Line-Filter ist ein guter und äußerst flexibler Einstieg in die Kalzium-Sonnenfotografie. Er lässt sich zwar nur mit bestimmten Optiktypen kombinieren, dafür kann aber mit beliebig großer Öffnung gearbeitet werden. Visuell ist der Baader-Filter nicht verwendbar.

Das Coronado-PST ist wegen des engen Filters und des guten Preis-Leistungs-Verhältnisses sehr gut für die Fotografie geeignet und trotz der Beschränkung auf eine relativ kleine Öffnung von nur 40mm ein echter Tipp. Die visuelle Beobachtung leidet unter einem dunklen Bild – besonders ältere Sonnenbeobachter könnten Mühe haben, das Sonnenbild überhaupt zu erkennen.

Das MaxScope CaK-70 liefert zwar mit 70mm Öffnung ein helleres Bild und eine bessere Mechanik als das PST, hat aber eine mit diesem identische Halbwertsbreite. Fotografisch ergaben sich daraus nur geringe Vorteile gegenüber dem kleineren PST, visuell begeisterte jedoch das helle und kontrastreiche Bild, das auch für ältere Beobachter geeignet ist – wenn es der Geldbeutel zulässt. ■

Instrumente für die Kalzium-Sonnenbeobachtung

Filter/Teleskop	Baader K-Line	Coronado CaK-PST	Coronado MaxScope CaK-70
Halbwertsbreite	7nm	0,22nm	0,22nm
Listenpreis	245 Euro	629 Euro	3500 Euro

Zwischen den Meeren

Terra Mannae – Eine Insel des Mond-Hochlands

VON WILFRIED TOST

Der Mondspaziergang führt uns in das »Terra Mannae«. Jeder hat es schon mit dem bloßen Auge auf der östlichen Mondseite gesehen und kennt es. Andererseits handelt es sich um eine alte Bezeichnung, von der bisher wohl nur die Wenigsten gehört haben. Es gibt ein paar gute Gründe, diese und andere alte Namen wieder einzuführen. Sie helfen uns dabei, unsere Spaziergänge im Hochland einfacher zu lokalisieren.

Länder und Meere auf dem Mond

Ab der Mitte des 17. Jahrhunderts wurden die vielfältigen Merkmale auf dem Mond erstmals systematisch mit Namen versehen. Besonders die Astronomen Van Langren, Hevelius und Riccioli haben damals begonnen, die meisten der heute noch gebräuchlichen Namen zu definieren. Schon auf den ersten Karten wurden die dunklen Gebiete als »Maria« (Einzahl: Mare) und die hellen Gebiete als »Terra« (Einzahl: Terra) bezeichnet. Ein Jahrhundert später verschwand der Begriff Terra jedoch allmählich aus dem allgemeinen Gebrauch.

Müsste unser Mondspaziergang ohne den knappen Begriff »Terra Mannae« auskommen, so bliebe nur folgende Umschreibung: »Wir besuchen das alte und helle Hochland, das wie eine Insel von vier Maria umgeben ist: Östlich der Insel befindet sich das Mare Fecunditatis, im Süden liegt das Mare Nectaris, darüber der Sinus Asperitatis und im Norden erstreckt sich das Mare Tranquillitatis.« An



Abb. 1: Die Namen der dunklen, Meere (Maria) genannten Gebiete sind den meisten Sternfreunden geläufig, doch wurden auch die dazwischen liegenden Kraterflächen (Terra) einst benannt.

der Umständlichkeit der soeben erfolgten Beschreibung wird deutlich, wie sinnvoll und nützlich es ist, auch die hellen Gebiete auf dem Mond zu benennen.

Das **Terra Mannae** (Land der göttlichen Speisen) erstreckt sich über eine Fläche von etwa 400km×500km und erhebt sich bis zu 4000m über das allgemeine Niveau der umgebenden Maria. Da es auf allen Seiten von dunklem Boden eingerahmt ist, können wir es ohne Schwierigkeiten mit

dem bloßen Auge auf dem Mond erkennen. Die Sichtbarkeit beginnt bei einem Alter von etwa fünf Tagen und endet wenige Tage nach Vollmond. Da das Hochland nie von einer neuen Schicht Lava überdeckt wurden, finden sich hier äußerst viele Krater, Rillen, Furchen und andere Details in jeder Größe und in jedem möglichen Verwitterungszustand auf engem Raum. Zur Beobachtung sollte man sich ein wenig Zeit nehmen.

Die Insel im Meer

Beginnen wir mit dem größten Krater auf der Landinsel, der sich am Süd-Ost-Rand befindet. Die 74km Durchmesser des Kraters **Gutenberg** sollen uns als Vergleichsmaßstab dienen, wenn wir Entfernungen und Größen anderer Krater abschätzen. Während die Krater im Norden der Landinsel nur bis etwa 4000m absolute Höhe aufragen, erreicht der Rand von Gutenberg eine stattliche Höhe von 5630m. Der Kraterboden liegt 2280m tiefer und enthält mehrere Berge und Bruchzonen. Nach Osten hin scheint der Krater offen zu sein, was daran liegt, dass hier der jüngere Gutenberg E genau den Wall getroffen und zerstört hat. Insgesamt scheint sich der Krater nach Süden hin zu verjüngen, doch auch dies erscheint nur so, weil sich hier nahtlos der Krater Gutenberg C anschließt (45km Durchmesser). Die von hier ausgehenden Gutenberg-Rillen, die schwer zu sehen sind, ziehen sich nach Nordwesten durch das gesamte Terra Mannae. Das Rillensystem reicht bis zum Krater **Censorinus** am nördlichen Ende der Terra, wo es an das Mare Tranquillitatis grenzt. Der kreisrunde Censorinus ist bei weitem das hellste Objekt in der gesamten Gegend, obwohl er einen Durchmesser von nur 3,8km besitzt. Er fällt auf jeder Aufnahme und in jedem Teleskop sofort ins Auge.



Abb. 2: **Die hellen Gebiete auf dem Mond** mit ihren historischen Namen. Eine Originalzeichnung von Riccioli aus dem Jahr 1651.

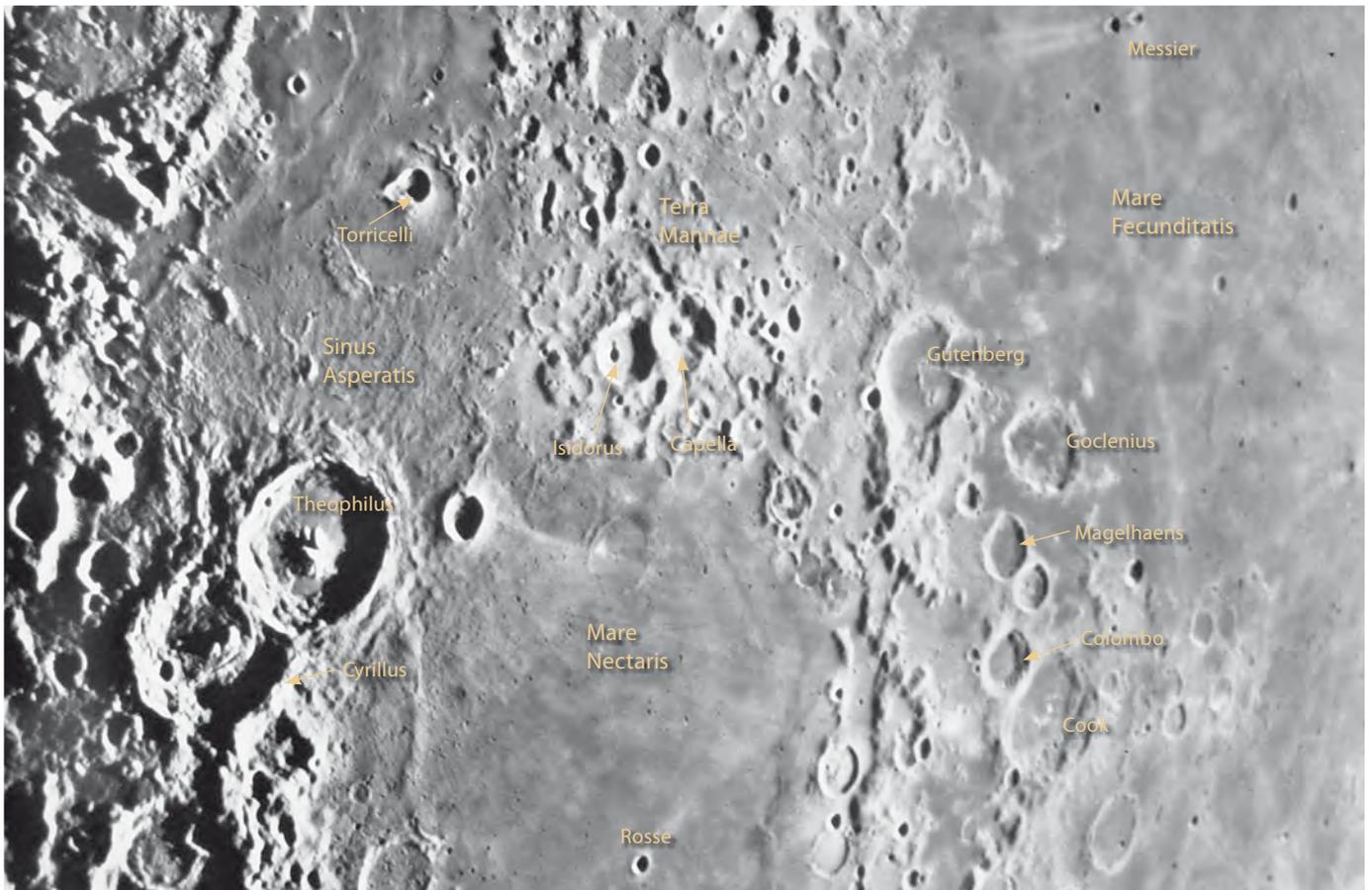


Abb. 3: **Das Gebiet des Mondspaziergangs** zwischen den Kratern Messier und Theophilus.

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

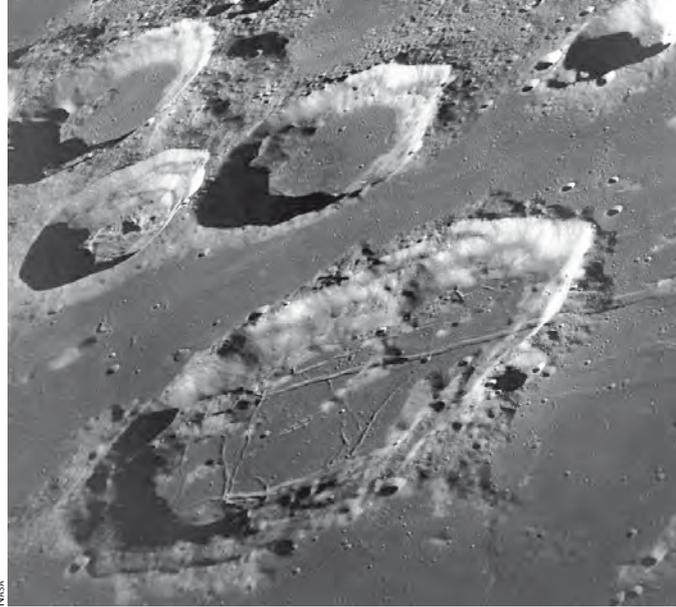


Abb. 4: **Der Krater Godlenius** aus der Raumfahrerperspektive, gesehen von Apollo 8.

Zurück zu Gutenberg: Unmittelbar östlich von ihm zieht sich ein weiteres Rillensystem über eine Strecke von etwa 240km hinweg nach Norden. Es gehört zum Krater **Godlenius**, der meistens noch besser aufzufinden ist als Gutenberg, denn sein heller Kraterstand hebt sich besonders gegen Vollmond deutlich vom dunklen Boden des Mare Fecunditatis ab, in dem er sich befindet. Das gesamte Terra Mannae fällt hier in Richtung Süden augenfällig ab. Man erkennt es gut an den drei Kratern, die von hier aus immer tiefer im Mare versinken. Mit einem gewissen Schmunzeln muss man erwähnen, dass sie alle nach berühmten Seefahrern benannt sind. **Magelhaens** (Magellan) und **Colombo** (Kolumbus) sind 41km und 76km groß und erheben sich auf 4750m bzw. 5500m Höhe. Der unmittelbar anschließende Krater **Cook** mit 47km Durchmesser ist nur noch 2750m hoch und sein Rand ragt gerade einmal 800m über die Lava-Ebene hinaus, die hier ein mittleres Höhengniveau von etwa 2000m erreicht. Die tiefsten Stellen des Mare Fecunditatis liegen bei etwa 1000m.

Blickt man erneut von Gutenberg aus in Richtung Westen, so sieht man hier zwei mittelgroße Krater, die besonders bei hohem Sonnenstand auffallen: der dunkle und tief eingesunkene Krater **Isido-**

rus am Westrand des Terra Mannae und der östlich davon gelegene Krater **Capella**, durch den ein breiter Graben zu verlaufen scheint. C. A. Wood vermutet hier, dass es sich um eine der wenigen Sekundärkraterketten aus dem Imbrium-Impakt handelt. Alle diese Strukturen zeigen auf hoch aufgelösten Aufnahmen deutliche Verwitterungsspuren. Auffällig ist vor allem auch der helle Zentralberg in Capella.

Mare Fecunditatis

Ein Blick auf die Maria, die das Terra Mannae umgeben, darf nicht fehlen. Zum

östlichen Mondrand hin liegt das **Mare Fecunditatis**. Es ist unregelmäßig geformt und hat an der breitesten Stelle einen Durchmesser von nicht ganz 1500km. Die Mächtigkeit der Lavadecke ist sehr gering. Sie beträgt durchweg etwa 200m und nur an wenigen ausgewählten Stellen werden 400m–500m erreicht. Die Tiefe der Lavaschicht kann leicht abgeschätzt werden, allerdings nicht durch erdgebundene Teleskope, sondern nur durch hoch auflösende Aufnahmen von Raumsonden. Dazu identifiziert man das ausgeworfene Material in der Nähe von kleinen Kratern. Sobald sich dessen Zusammensetzung von der Lava an



Abb. 5: **So sahen die Astronauten an Bord von Apollo 11 das Mare Fecunditatis** beim Aufstieg der Landefähre nach dem Mondbesuch. Im Hintergrund ist der Doppelkrater Messier zu erkennen.

Mondformationen im und um das Terra Mannae								
Name	Typ	Mondlänge	Mondbreite	Colongitude	Größe/Fläche	Absolute Höhe Rand*	Tiefe*	Rükl
Terra Mannae	Hochland	30° bis 43°	-10° bis 0°	317°-330°	400km×500km	bis 4000m		47
Mare Tranquillitatis	Mare	15° bis 45°	0° bis 20°	315°-345°	421000km ²			35, 36
Mare Fecunditatis	Mare	40° bis 60°	-25° bis 10°	300°-320°	326000km ²			48
Mare Nectaris	Mare	29° bis 40°	-20° bis -10°	320°-331°	100000km ²			58
Sinus Asperitatis	Bucht	25°	-6°	329°-335°	180km			46
Messier	Krater	47,6°	-1,9°	312,5°	9km×11km	2180m	1250m	48
Messier A	Krater	47,0°	-2,0°	313°	11km×13km	2580m	1750m	48
Gutenberg	Krater	41,2°	-8,6°	318°-320°	74km	5630m	2280m	48
Censorinus	Krater	32,7°	-0,4°		3,8km			47
Godlenius	Krater	45,0°	-10,0°	314°-316°	54km×72km	4650m	1860m	48
Magelhaens	Krater	44,1°	-11,9°	315°-317°	41km	4750m	1960m	48
Colombo	Krater	45,8°	-15,1°	313°-316°	76km	5500m	2240m	59
Cook	Krater	48,9°	-17,5°	311°-312°	47km	2750m	1170m	59
Rosse	Krater	35,0°	-17,9°	325°	12km	1450m	1520m	58
Theophilus	Krater	26,4°	-11,4°	332°-336°	100km	8500m	6800m	46
Cyrillus	Krater	24,0°	-13,2°	334°-338°	98km	8200m	3150m	46
Capella	Krater	35,0°	-7,5°	324,5°-326°	49km	6150m	3250m	47
Isidorus	Krater	33,5°	-8,0°	326°-327°	42km	6150m	3030m	47
Mädler	Krater	29,8°	-11,0°	330°-329°	28km	5860m	1720m	47
Torricelli	Krater	28,5°	-4,6°	331,5°	23km	4000m	2100m	47

*) aus Lunar Astronomical Chart #79, 80, 97, 98, www.lpi.usra.edu/resources/mapcatalog/LAC/



Abb. 6: **Das Kratertrio** Theophilus, Cyrillus und Catharina.

der Oberfläche unterscheidet, muss es aus einer Schicht stammen, die unterhalb der Lavadecke liegt. Die Tiefe des Kraters und damit die Mächtigkeit der Lava kann man wiederum aus dem Kraterdurchmesser abschätzen. Das Alter des Mare konnte durch die Analyse von Proben der automatischen Sample-Return-Mission »Luna 16« auf 3,3 Milliarden Jahre bestimmt werden.

Nicht übersehen kann man die beiden dicht nebeneinander liegenden Zwillingsskater **Messier** und **Messier A**. Sie sind 9km×11km und 11km×13km groß und offenbar durch einen sehr flachen Einschlag entstanden. Von Messier A aus, dessen Boden etwa 970m unter dem Niveau der Mare-Ebene liegt, verläuft eine deutlich sichtbare Spur von ausgeworfenem Material genau in Richtung Westen bis zum Terra Mannae. Die Spur ist etwa 20km breit und 180km lang und ist mit Teleskopen leicht zu erkennen. Zu den schwierigen Aufgaben gehört es hingegen, die 100km lange Rima Messier im Nordwesten der Krater zu erkennen, selbst für größere Teleskope. Bereits bei moderater Vergrößerung gibt es jedoch die Möglichkeit, auf dem flachen Mareboden versunkene Krater und Rückensysteme zu entdecken, allerdings muss man dazu einen sehr niedrigen Sonnenstand abwarten, der bei einem Mondalter von etwa 19–20 Tagen eintritt.

Mare Nectaris

Die Objekte auf der anderen Seite der »Landinsel« sind leichter zu beobachten. Das südlich gelegene **Mare Nectaris** durchmisst weniger als 350km und fällt durch seinen dunklen Boden auf. Abgesehen von der halb versunkenen Wallebene Fracastorius (124km), die sich genau am Südrand befindet, enthält das Mare in seinem Inneren nur einen nennenswerten Krater: Der 12km durchmessende Krater **Rosse** ist kreisrund und in Ermangelung anderer Objekte besonders auffällig. Genau durch ihn hindurch verläuft ein Auswurfstreifen des weit entfernten Strahlenkraters Tycho, der auch die nördlichen Teile des Mare Nectaris mit einer Schicht helleren Materials überzogen hat. Während der Krater Rosse und der helle Strich jedem Beobachter sofort ins Auge fallen, werden die dunklen Flecken am Nordrand des Mare Nectaris für gewöhnlich übersehen, obwohl sie von derselben Größenordnung sind wie Rosse. Hier ist durch kleinere Einschläge dunkles tiefer liegendes Lavamaterial zur Oberfläche befördert worden. Diese Flecken zeigen, dass sich unter der dünnen hellen Oberflächenschicht dunkle Lava befindet. Analog wie im Mare Fecunditatis gilt auch hier, dass durch die Größe der Einschläge auf die Mächtigkeit der Oberflächendecke geschlossen werden kann, die bei der

Entstehung des Kraters Tycho bis hierher transportiert wurde.

Dunkle Flecken auf der Mondoberfläche werden überraschend häufig übersehen – umso schöner ist es, wenn man sie zufällig (oder gezielt) entdeckt. Suchen Sie doch einmal bei nächster Gelegenheit danach.

Unmittelbar nördlich der dunklen Flecken wird der Rand des Mare Nectaris bei den größten und auffälligsten Kratern in dieser Gegend erreicht. Aufgrund ihrer Größe gelten **Theophilus** (100km) und der ältere **Cyrillus** (98km) als Ringgebirge, aber dennoch besitzen beide mehrere ausgeprägte Zentralberge. Das Zentralgebirge von Theophilus erstreckt sich über mehr als 20km und erreicht eine Höhe von 1400m über dem Kraterboden, während der Rand des 4400m tiefen Kraters 1200m über das umliegende Niveau hinaus ragt. Die relative Alterszuordnung ist leicht zu erkennen, da Theophilus den Krater Rand von Cyrillus überdeckt und deshalb später entstanden sein muss. Unmittelbar im Osten dieser beiden Krater wird das Mare Nectaris durch den 28km breiten Krater Mädler abgeschlossen. Am Krater entlang verläuft eine Erhebung, die wie eine riesige helle Pfeilspitze genau auf den Krater **Toricelli** (23km) zeigt, der sich bereits im nördlich anschließenden Sinus Asperitatis befindet. Ähnlich wie Gutenberg besteht Torricelli aus einem großen und einem unmittelbar anschließenden kleineren Krater, wodurch er eine Form wie eine Birne oder Avocado besitzt. Hier zeigt das schmale Ende genau nach Westen.

Das nördliche Ende des Terra Mannae grenzt schließlich an das Mare Tranquillitatis mit dem hell leuchtenden Sensorinus, den wir schon zu Beginn des Spaziergangs besucht haben. ■

- [1] Whitaker, E. A.: Mapping and Naming the Moon, Cambridge University Press (1999)
- [2] IAU Lunar Nomenclature Resolutions, Transactions of the IAU, Vol. XIB (1962)
- [3] Rühl, A.: Mondatlas, Dausien, Hannover, 2. Auflage (1999)
- [4] Cook, J.: Hatfield Photographic Lunar Atlas, Springer-Verlag London (1999)
- [5] Berliner Mondatlas Blatt 6B: www.wfs.be.schule.de/Mondatlas

Surftipps

Jeden Tag ein neues Bild vom Mond:
www.lpod.org/
 Bilder von Mondmissionen: www.lpi.usra.edu/expmoon/
 Homepage der IAU: www.iau.org

McNaught

Der Große Komet 2007

VON BURKHARD LEITNER

Es war der hellste Komet seit 40 Jahren – dennoch haben viele Sternfreunde hierzulande den schon im August 2006 entdeckten Schweifstern überhaupt nicht sehen können. Dies lag zum einen an der für Mitteleuropa kurzen Sichtbarkeit Anfang Januar und auch am verbreitet schlechten Wetter zu dieser Zeit, zum anderen aber an der rasanten Entwicklung des Kometen, auf die die Öffentlichkeit, aber auch viele astronomische Medien zu spät reagierten. So erreichte die Aufmerksamkeit erst einen Höhepunkt, nachdem der Komet an den Südhimmel abgetaucht war – wo er dann tatsächlich ein wirklich grandioses Schauspiel bot.

◀ Abb. 1: **McNaught, der Große Komet des Jahres 2007**, am 10. Januar über den österreichischen Alpen. Die Reihenaufnahme dokumentiert den Untergang des Kometen in der Abenddämmerung. Canon EOS 10D, 200mm-Objektiv, je 1/60s. *Rudolf Dobsberger, Österreich*

Mit einer maximalen Gesamthelligkeit von knapp -6^m und einer Schweiflänge von über 40° wurde C/2006 P1 (McNaught) im Januar zu einem astronomischen Großereignis weltweit. Die genaue Einordnung unter die großen Kometen der letzten Jahrzehnte fällt trotzdem nicht leicht, weil die Sichtbedingungen vor dem Perihel sehr ungünstig waren. Noch dazu herrschte in weiten Teilen Mitteleuropas zur Beobachtungszeit während der ersten beiden Januarwochen ausgesprochen schlechtes Wetter. Einige Amateurastronomen waren wohl auch nicht genügend über diesen hellen Kometen informiert, da selbst viele Experten keine auffällige Erscheinung erwarteten. Leser unseres Astronomie-Newsletters waren hingegen gut auf die kommenden Ereignisse vorbereitet (www.oculum.de/interstellarum/newsletter.asp).

Im Dezember war das Auffinden des Kometen noch eine Herausforderung für Astrofotografen. Vor allem Michael Jäger und Gerald Rhemann gelang es aber, den nur knapp über dem Horizont stehenden Kometen einige Male aufzuspüren. Die Helligkeit betrug zu dieser Zeit $+6^m$ bis $+3^m$, und noch war es ziemlich unsicher, ob sich der Komet zu einem auffälligen Objekt entwickeln würde.

Mit dem Jahreswechsel wurde aber bald eine rasante Entwicklung feststellbar, als mehr und mehr Beobachtungen und Aufnahmen des nun am Morgen- und Abendhimmel sichtbaren Schweifsterns gemeldet wurden. C/2006 P1 hatte inzwischen eine Sonnenentfernung von unter 0,5 AE erreicht und seine Helligkeit stieg extrem rasch, am 5. wurde sie auf $+1^m$, am 8. bereits auf -1^m geschätzt. Der Komet war jetzt leicht mit freiem Auge sichtbar und ein etwa 1° langer Staubschweif hatte sich gebildet. Am Abend des 10. Januars – die Helligkeit lag nun bei -2^m – gab es endlich verbreitet gute Wetterbedingungen über Deutschland, Österreich und der Schweiz und C/2006 P1 wurde zu einem viel beobachteten und fotografierten Himmelsobjekt. Zum Perihel am 12. (0,17 AE) hatte der Komet Venushelligkeit erreicht, seine Sichtbarkeit bei uns ging aber leider langsam zu Ende. Er durchquerte jetzt das Gesichtsfeld der Sonnensonde SOHO und war der hellste Himmelskörper, der jemals damit aufgenommen wurde. Noch bessere Aufnahmen lieferten hochauflösende Kameras der neuen NASA-Mission »STEREO« (Solar TERrestrial RElations Observatory).

Inzwischen war die Helligkeit so groß, dass auch Tagsichtungen möglich wurden: Am 13. und 14. wurden tagsüber Beobachtungen mit Teleskopen, Ferngläsern und sogar mit freiem Auge gemeldet. C/2006 P1 zog dabei in nur 5° Abstand an der Sonne vorbei. Er hatte nun sein Helligkeitsmaximum von ca. -6^m erreicht und war damit zum hellsten Kometen seit Ikeya-Seki 1965 und zum ersten Tageslichtkometen seit West 1976 geworden.

Der Komet bewegte sich jetzt rasch in Richtung Süden und wurde in den nächsten Tagen zu einem spektakulären Objekt – allerdings nur noch für Beobachter auf der Südhalbkugel. Zur Erdnähe am 15. (0,81 AE) tauchte er dort mit einer Helligkeit von -4^m am Abendhimmel auf und seit dem 18. war ein langer, aufgefächerter Schweif zu beobachten, der sich in einem Bogen von etwa 40° schwang. Der Strahlungsdruck in Sonnennähe hatte enorme Massen an Staub aus dem Kometenkern freigesetzt und entlang der Bahn verteilt. So konnten die nördlichsten Ausläufer des Schweifes um den 20. sogar von unseren Breiten aus beobachtet werden! ■

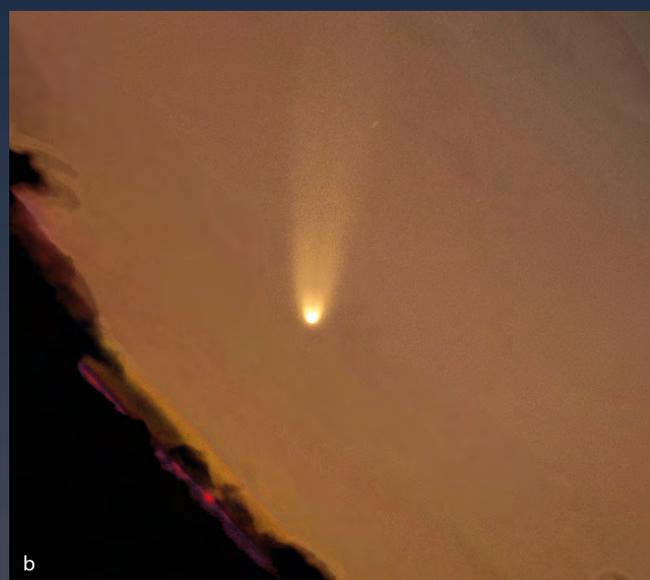


Abb. 2: **Komet McNaught erschien Anfang Januar 2007** am mitteleuropäischen Abendhimmel. Jeweils $8''$ -Astrograph, Sigma 1603 CCD-Kamera. $11 \times 0,1s$ (L) $0,1s$ (je RGB), a) 3.1.2007, b) 5.1.2007, c) 7.1.2007. *Michael Jäger und Gerald Rhemann, Österreich*



a



b

Abb. 3: **Vom 8. bis 10. Januar zeigte sich über dem Südwesthorizont ein beeindruckendes Kometenschauspiel.** a) 8.1.2007. 300mm-Objektiv, Canos EOS 10D, $8 \times 1/6s$. *Ulrich Beinert, Bremen*, b) 9.1.2007. 400mm-Objektiv, Canon EOS 20Da, $1/6s$. *Heinrich Forth, Otobeuren*, c) 10.1.2007. 8"-Astrograph, Sigma 1603 CCD-Kamera, $7 \times 0,1s$ (je RGB). *Michael Jäger und Gerald Rhemann, Österreich*, d) 10.1.2007. 400mm-Objektiv, Canon EOS 10D. *Martin Dietzel, Garching b. München*



c



d

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



a



b

▲
Abb. 4: **Am 10. Januar ließ sich zwischen den Wolken ein Schweif von imposanter Länge beobachten.** a) 210mm-Objektiv, Canon EOS 350D, 1s. *Roland Kern, Leonding*, b) 300mm-Objektiv, Canon EOS 20D, 2s. *Günter Kerschhuber, Pichl/Wels (Österreich)*



a



b

Abb. 5: **Am 12. und 13. Januar erreichte der Komet seine größte Helligkeit** und war auch tagsüber zu sehen. a) 12.1.2007. 300mm-Objektiv, Canon EOS 300D, 1/2s. *Gerald Rhemann und Michael Jäger, Österreich*, b) 13.1.2007. 14:25 MEZ. 5"-Refraktor, Canon EOS 300D, 1/1600s, *Peter Heinzen, Simplonpass (Schweiz)*, c) 13.1.2007. 32"-Newton, modifizierte Philips ToUCam, 15% von 4594 Rohbildern addiert. *Bernd Gährken, München*



c

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



Abb. 6: **Am 20. Januar war der Komet von Mitteleuropa aus unsichtbar geworden**, doch Ausläufer des Schweifes ragten noch über den abendlichen Horizont. 35mm-Objektiv, Canon 300D, 30s. *Burkhard Leitner, Graz*





a



d

Abb. 7: **Ende Januar zeigte der Komet seine ganze Pracht**, aber nur für Beobachter auf der Südhalbkugel. a) 19.1.2007. 300mm-Objektiv, Canon EOS 350D, 3,2s. *Mike Salway, Australien [www.iceinspace.com.au]*, b) 20.1.2007. 28mm-Objektiv, Canon EOS 350D, 20s. *Mike Salway, Australien [www.iceinspace.com.au]*, c) 22.1.2007. 3,1"-Refraktor, Nikon D100. *Stuart Thomson, Australien*, d) 22.1. 2007. 85mm-Objektiv, Canon EOS 5D. 25s. *Andrew Catsaides, Peat's Ridge, Australien*



b



c

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

γ Virginis im Periastron

Interferometrische Doppelsternbeobachtung für Amateure

VON JÖRG SCHLIMMER

Historischer Rückblick

Bereits 1720 bestimmte der französische Astronom Cassini den Abstand und den Positionswinkel von γ Virginis. Er ermittelte 7,49" für die Distanz und 139,7° für den Positionswinkel. Aufgrund zahlreicher Beobachtungen bemerkten die Astronomen des 18. und 19. Jahrhunderts sehr schnell, dass sich beide Komponenten immer mehr annäherten. J. Herschel versuchte als erster die Bahn durch eine Ellipse anzunähern, wobei er für die Umlaufzeit 525 Jahre annahm. Nach J. Herschels Prognose hätte γ Virginis einen minimalen Abstand von 0,51" gehabt. Selbst bei außergewöhnlich guten Beobachtungsbedingungen gelang es ihm mit 480facher Vergrößerung nicht mehr, γ Virginis mit seinem 20-Fuß-Teleskop (470mm Öffnung) zu trennen [2]. Nur W. F. Struve konnte in den Jahren 1833 bis 1836 den Abstand nahe dem Periastron bestimmen. Er ermittelte 1836 bei einem Positionswinkel von 151,34° einen Abstand von lediglich 0,257" [3].

In den darauf folgenden Jahren wurden von verschiedenen Astronomen immer wieder Elemente zur Ephemeridenberechnung veröffentlicht. Die aktuell gebräuchlichste Berechnung stammt von S. Söderhjelm aus dem Jahr 1999, für die erstmals auch Daten

γ Virginis ist ein bekanntes Mehrfachsystem im Sternbild Jungfrau. Seine beiden nahezu gleich hellen und gleich farbigen Komponenten A und B umlaufen dabei den gemeinsamen Schwerpunkt in rund 169,1 Jahren. Die Bahn von γ Virginis ist stark elliptisch, so dass es während eines Umlaufs zu einer Annäherung der beiden Komponenten kommt. Zwischen 2002 und 2008 beträgt der Abstand weniger als eine Bogensekunde. Die größte Annäherung wurde für das Frühjahr 2005 mit 0,35" erwartet. Bereits in interstellarum 27 schlug ich vor, die Periastronpassage von γ Virginis mittels Interferometrie zu verfolgen [1].

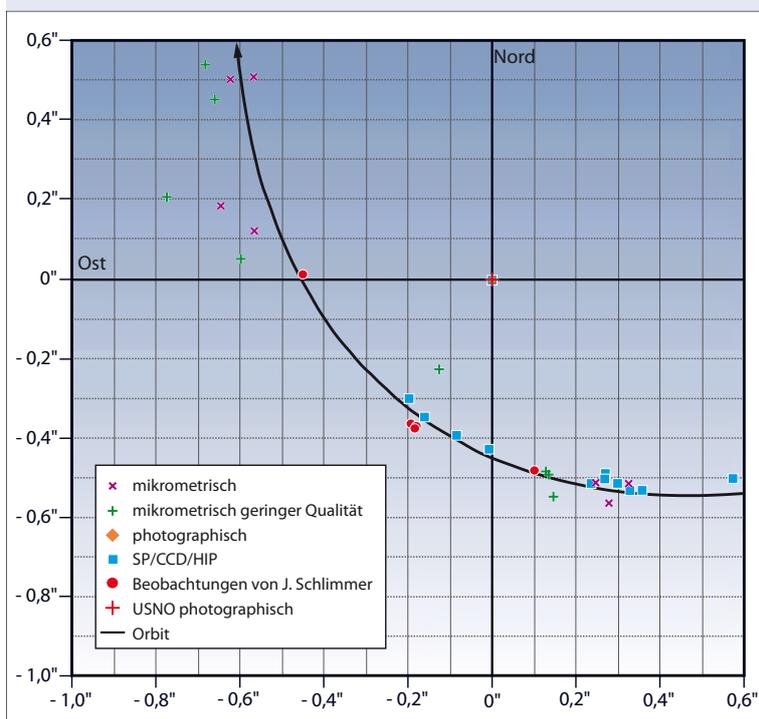


Abb. 1: Die Umlaufbahn von γ Virginis nahe des Periastrons nach [8]. Die roten Punkte stellen Messungen des Autors von 2005 und 2006 dar, die schwarzen Markierungen sind Messungen der Periastronpassage von 1836.

der Hipparcos-Satellitenmission verwendet wurden [4]. Wolfgang Vollmann hatte in seinem Artikel über die Periastronpassage von γ Virginis in interstellarum diese

ferenzmuster der beiden Sterne im Beugungsscheibchen. Es lässt sich ein Winkel der beiden Öffnungen und eine Basis finden, bei der die hellen Streifen (Intensitäts-

Ephemeridenelemente für den Zeitraum von 2003 bis 2011 vorgestellt [9].

Obwohl die zuletzt vorgeschlagene Umlaufbahn erst wenige Jahre alt ist, zeigten sich bereits ab 2002 erneut Abweichungen zwischen der vorhergesagten und der gemessenen Umlaufbahn. Dies machte den Periastrondurchgang von γ Virginis, der für das Frühjahr 2005 erwartet wurde, umso spannender.

Prinzip der interferometrischen Messmethode

Maskiert man die Teleskopöffnung mit einer Doppelochblende (so genannte Subaperturen, siehe Abb. 2), so wird ein Stern durch jede der beiden Öffnungen separat abgebildet. Im Fokus überlagern sich die Lichtwellen beider Öffnungen und es entsteht ein typisches Muster aus hellen und dunklen Streifen. Dieses Muster wird allgemein als Interferenzmuster bezeichnet. Die Streifendichte hängt vom Abstand der beiden Öffnungen ab.

Der Abstand dieser Öffnungen wird bei Interferometern als Basis bezeichnet. Fällt das Licht zweier eng benachbarter Sterne durch diese Öffnungen, so überlappen sich die Inter-



Abb. 2: **Interferenzstreifen bei der Abbildung eines einzelnen Sterns** durch eine Doppellochblende mit 40mm-Öffnungen und einem Abstand von 100mm, ohne Filter. Als Teststern diente Kapella.

maxima) des einen Interferogramms auf die dunklen Streifen (Intensitätsminima) des anderen fallen. In diesem Fall ist der Streifenkontrast im Beugungsscheibchen minimal. Aus dem Abstand der beiden Öffnungen kann mit bekannter Wellenlänge leicht auf den Abstand der Doppelsternkomponenten geschlossen werden (siehe Kasten). Anhand der Ausrichtung der Öffnungen kann man den Positionswinkel direkt ableiten.

Um mit einer solchen Blende Messungen durchzuführen, muss die Basis variabel sein. Ferner muss die Blende drehbar angebracht werden, da die Verbindungsachse der beiden Öffnungen gleich dem Positionswinkel sein muss. Zur Bestimmung eines Abstandes von $0,35''$ ist bei einer Wellenlänge von 550nm eine Basis von rund 16cm für das 1. Kontrastminimum notwendig.

Die Kontrastfunktion

Für enge Doppelsterne ist der Kontrast der Interferenzstreifen bei korrektem Positionswinkel proportional dem Betrag der Kosinus-Funktion (Abb. 3). Der Kontrast nimmt mit größer werdender Basis so lange ab, bis der gesuchte Abstand gefunden ist. Vergrößert man die Basis über diesen Abstand hinaus, so werden wieder Interferenzstreifen sichtbar. Man kann daher den gesuchten Abstand von zwei Seiten her bestimmen. Die gesuchte Basis korrespondiert mit dem Nulldurchgang der Kontrastfunktion.

Interessanterweise hat die Kontrastfunktion gerade am gesuchten Nullpunkt ihre größte Empfindlichkeit, da hier die Steigung der Kosinusfunktion am größten ist. Da keine negativen Intensitätswerte möglich sind, erfährt das Interferenzmuster am Nullpunkt einen Phasensprung, was in Form einer Kontrastumkehrung sichtbar wird. Dies ist aber für unsere Betrachtungen ohne Belang.

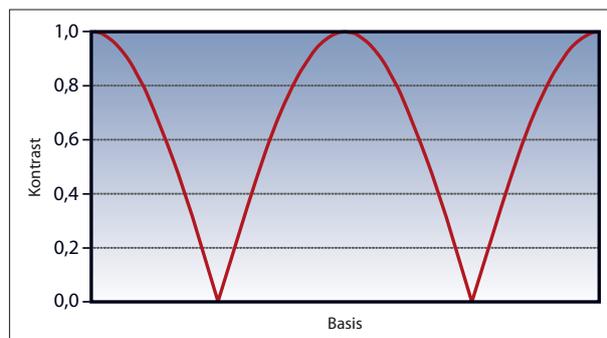


Abb. 3: **Die Kontrastfunktion** bei der interferometrischen Beobachtung enger Doppelsterne bei korrekt eingestelltem Positionswinkel. Erläuterungen im Text.

Durch die Luftunruhe und andere limitierende Faktoren ist es in der Praxis jedoch nicht möglich, den Nullpunkt der Kontrastfunktion exakt zu bestimmen. Bereits kurz vor oder nach dem Nullpunkt können die Interferenzstreifen nicht mehr erkannt werden. Durch beidseitiges Messen lässt sich der Nullpunkt anschließend durch Bildung des Mittelwertes ermitteln.

In der Praxis hängt die Sichtbarkeit der Interferenzstreifen auch von der Helligkeit des Beugungsscheibchens und somit von der Form und Fläche der Öffnungen ab. Zu kleine Öffnungen lassen zu wenig Licht für eine deutliche Beobachtung der Interferenzstreifen durch, zu große Öffnungen schränken gerade bei kleineren Teleskopen die maximale Basis stark ein, ferner wächst der Seeingeeinfluss mit zunehmender Öffnung.

Ein einfaches Sterninterferometer

Das Interferometer besteht aus einer $250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 2\text{mm}$ dicken Trägerplatte aus Polystyrol, die auf einem 30mm tiefen und 230mm breiten Zylinder befestigt ist. Der Zylinder sitzt auf dem frontseitigen Tubusende. An dem Zylinder ist eine Skala angebracht, womit Winkel bis $0,5^\circ$ erfasst werden (Abb. 4).

In die Trägerplatte wurde ein rechteckiges Loch geschnitten. An den Längsseiten befinden sich Führungen zur Aufnahme der Blenden. Auf den Führungen sind ebenfalls zwei feste Skalen angebracht, deren kleinste Unterteilung 1mm ist. Diese ermöglichen ein bequemes Ablesen und Einstellen der Basis.

Die Blenden sind so angefertigt, dass sie schnell gegeneinander ausgetauscht werden können. Es stehen Blenden verschiedener Formen und Größen zur Verfügung. Mit spaltförmigen Öffnungen lassen sich sehr lichtstarke Blenden realisieren. Auf Grund der sphärischen Aberration meines Teleskops und der auffälligen Beugungserscheinungen, die beim Vixen R200SS generell durch die 5mm dicke Sekundärspiegelhalterung hervorgerufen werden, können jedoch keine spaltförmigen

Blenden eingesetzt werden. Die besten Erfahrungen konnten mit kreisförmigen Öffnungen mit einem Durchmesser von 40mm bzw. 50mm gemacht werden. Insbesondere bei den 40mm-Öffnungen stehen die beiden Interferenzmuster nahezu flimmerfrei übereinander. Da neben dem Seeing auch die Helligkeit des Beugungsscheibchens einen großen Einfluss auf die Genauigkeit der Messung hat, wurden meist 50mm große Öffnungen verwendet. Als Material wurden 0,5mm dicke Polystyrol-Platten verwendet. Dünne Polystyrolplatten lassen sich einerseits leicht bearbeiten, andererseits sind sie unempfindlich gegen Feuchtigkeit (Taubeschlag). Die Innenseiten sind matt schwarz lackiert.



Abb. 4: **Ein einfaches Sterninterferometer mit 50mm-Lochblenden.** Die beiden Blendenfassungen sind in der Mitte mit schwarzer Pappe verbunden. Diese verhindert den Lichteinfall ins Teleskop, wenn die Blenden gegeneinander verschoben werden.

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

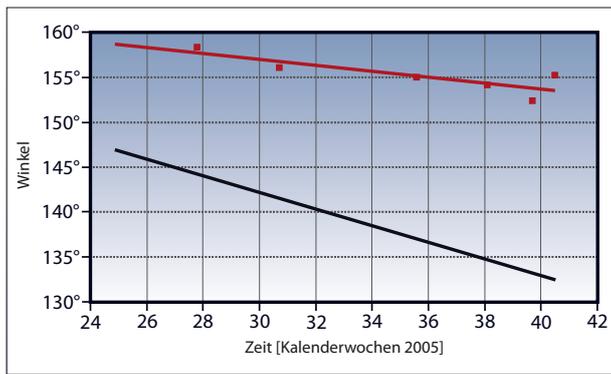


Abb. 5: **Der Positionswinkel von γ Virginis im Bereich des Periastrons** nach der Bahnkurve von Söderhjelm (schwarz) und die interferometrisch bestimmten Positionswinkel (rot).

Die Handhabung

Bestimmung des Positionswinkels

Als erstes muss die Ausrichtung der Winkelskala anhand der scheinbaren Bewegung von γ Virginis bei ausgeschalteter Nachführung überprüft werden. Befindet sich das Teleskop auf einer Deutschen Montierung, so sollte man diese Überprüfung sowohl für die westliche als auch für die östliche Lage des Teleskops (in Bezug auf die Montierung) durchführen. Solange das Design des Interferometers nicht verändert wird, genügt eine gelegentliche Kontrolle.

Zur Bestimmung des Positionswinkels wird zunächst die Basis auf den ungefähren Wert für die zu erwartende Separation eingestellt. Bei **Methode 1** wird nun die Achse des Interferometers so lange gedreht, bis sich ein Kontrastminimum im Streifenmuster einstellt. Zur Minimierung des systematischen Fehlers sollte die Rotation der Blenden sowohl im Uhrzeigersinn als auch gegen den Uhrzeigersinn erfolgen.

Das Ergebnis wird durch die Berechnung des Mittelwerts bestimmt.

Bei **Methode 2** zur Bestimmung des Positionswinkels wird das Kontrastmaximum ermittelt. Dieses stellt sich ein, wenn die Achse der beiden Öffnungen mit dem Positionswinkel des Doppelsterns einen rechten Winkel bildet. Zur besseren Beurteilung des Kontrastmaximums wird ein Grünfilter (Meade Serie 4000 Nr.58) in den Strahlengang eingesetzt. Die durchgelassene Lichtmenge beträgt 24%. Dadurch sind nur noch im Bereich des Kontrastmaximums die Interferenzstreifen sichtbar. Diese Methode hat jedoch einen Nachteil: Die Empfindlichkeit des Verfahrens ist gerade am gesuchten Maximum Null, da die Steigung der Funktion an dieser Stelle ebenfalls Null ist.

Bestimmung der Distanz

Ausgangspunkt ist der ermittelte Positionswinkel. Für diesen werden die Blenden mittig auf die minimale Basis eingestellt. Je kleiner die Basis ist, umso größer ist der

Kontrast der Interferenzstreifen. Durch gleichmäßiges Verschieben der beiden Öffnungen wird die Basis solange vergrößert, bis der Kontrast der Interferenzstreifen möglichst gering ist. Da die beiden Komponenten A und B von γ Virginis nahezu gleich hell sind, kann für die Öffnungen eine Basis gefunden werden, bei dem keine Interferenzstreifen im Beugungsscheibchen mehr zu beobachten sind. Wird die Basis weiter vergrößert, so lassen sich erneut Interferenzstreifen erkennen. Mit größer werdender Basis wächst aber auch die Streifendichte. Gleichzeitig nimmt der Kontrast mit wachsender Streifendichte bei der Betrachtung durch das Okular ab. Somit wird das Auffinden des Minimums mit wachsender Basis immer schwerer. Das bedeutet, je enger der Abstand der Doppelsternkomponenten ist, umso stärker muss die Vergrößerung sein, mit der das Interferenzstreifenmuster betrachtet wird. Die Beobachtung erfolgte mit 250facher Vergrößerung.

Für die Bestimmung des Positionswinkels und des Abstandes sollte man ca. 1,5 bis 3 Stunden Beobachtungszeit kalkulieren.

Ergebnisse der interferometrischen Beobachtung

Eine erste Version des oben beschriebenen Interferometers kam erstmals Ende Mai 2004 zum Einsatz. Ende März 2005 (2005,249) konnte dann die Beobachtung der eigentlichen Periastronpassage beginnen. Der Winkel konnte zunächst nur grob abgeschätzt werden. Die Interferenzstreifen wiederum ließen sich einseitig bis zu einer Basis von 137,3mm (<0,41") verfolgen.

Am 11. April (2005,278) erfolgte eine weitere Messreihe. Für die Winkelmessungen kam eine neue, vereinfachte Blende

Visuelle Beobachtungen von γ Vir

Wolfgang Vollmann beobachtet γ Virginis schon seit 1986. Im Laufe der Jahre konnte er mit verschiedenen Teleskopen immer wieder die kleiner werdende Distanz verfolgen und von seinen Beobachtungen in interstellarum berichten [9, 10].

Am 23. April 2005 beobachtete er die Periastronpassage mit einem 1m-Teleskop an der Pressberger Sternwarte in Österreich. Bei längerer Betrachtung des Bildes konnte er bei 1200facher Vergrößerung immer wieder zwei hellere Kerne im Speckelmuster ausfindig machen. Mit einer Webcam versuchte er mit kurzen Belichtungszeiten das Seeing zu überlisten. Zur Aufnahme verwendete er eine 3fache Barlowlinse. Die Aufnahmebrennweite betrug effektiv 26700mm. Auf einigen wenigen Bildern (von über 1000) waren beide Komponenten getrennt zu erkennen. Aufgrund des Seesings in Verbindung mit dieser großen Brennweite machte sich jedoch die atmosphärische Dispersion stark bemerkbar. Zur Auswertung zerlegte er daher die Bilder in ihre RGB-Farbkanaäle. Für den 23. April 2005 bestimmte er einen Abstand der Komponenten von 0,35" bei einem Positionswinkel von $154^{\circ} \pm 12^{\circ}$.

Am 2. Juli konnte er noch ein weiteres Mal γ Virginis visuell trennen. Für die Beobachtung kam diesmal ein 12"-SCT zum Einsatz. Bei gutem Seeing ließ sich γ Virginis bei 600facher Vergrößerung als länglicher Stern in 135° Position beobachten. Bei längerer Beobachtung konnte er die Komponenten auch als zwei etwas zerfranste Scheibchen in Kontakt sehen [11]. Das Auflösungsvermögen eines 12" SC-Teleskops beträgt bei einer Wellenlänge von 550nm theoretisch 0,45".

Berechnung des Abstandes der beiden Komponenten aus dem Abstand der Blendenöffnungen für das erste Minimum der Kontrastfunktion:

$$\text{Abstand } d \text{ (in ")} = \frac{206265 \cdot \lambda}{2 \cdot \text{Basis}} = 2f$$

λ : effektive Wellenlänge

Basis: Abstand der Mittelpunkte der beiden Blendenöffnungen

f: Streifenabstand

Der Faktor 206265 ergibt sich aus der Umrechnung vom Gradmaß ins Bogenmaß

de mit einer festen Basis zum Einsatz. Als Basis wurde der ermittelte Wert von 137mm gewählt, da bei der vorangegangenen Messung in diesem Bereich der gesuchte Nulldurchgang lag. Diese Blende ermöglichte es, in kürzerer Zeit Winkelmessungen durchzuführen. Die Messung der Distanz erfolgte anschließend mit einer 50mm Lochblende mit variabler Basis. Bereits nach dieser Messung war klar, dass γ Virginis der Ephemeride von Söderhjelm hinterherlief (s. Abb. 5).

Diese erste Version des Interferometers hatte jedoch einen Konstruktionsfehler. Die Trägerplatte hatte lediglich eine Dicke von 0,5mm. Bei der Befestigung der Trägerplatte am Zylinder verzog sich die Platte leicht, so dass beide Blendenöffnungen stets ein wenig zueinander geneigt waren. Dieser Mangel wirkt sich auf die Kohärenz der Lichtwellen und somit auf den Kontrast des Interferenzmusters aus. Eine beidseitige Bestimmung des Nullpunktes war mit diesem Interferometer nicht möglich.

Eine verbesserte Form dieses Interferometers mit stabiler Trägerplatte kam ab dem 19. Mai (2005,381) für die Distanzmessung zum Einsatz. Erstmals konnte der Nullpunkt der Kontrastfunktion vollständig mit einer Genauigkeit von 1–2mm durchlaufen werden. Dies entspricht einer Genauigkeit von 0,003" bzw. 0,006". Mit den 40mm-Lochblenden konnten nach dem Nulldurchgang die Interferenzstreifen wieder bis zu einer Basis von 150mm beobachtet werden. Der Positionswinkel wurde weiterhin mit einer vereinfachten Blende mit fester Basis bestimmt. Weitere Messungen folgten. Abbildung 1 zeigt den nach Zirm [8] berechneten Bahnausschnitt im Bereich des Periastrons (schwarze Linie). Die rot dargestellten Punkte sind eigene Messungen von 2005 und 2006.

Vergleich der interferometrischen Ergebnisse mit aktuellen Umlaufbahnen

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass bislang alle vorgeschlagenen Ephemeriden nur bestimmte Bahnabschnitte hinreichend genau beschreiben konnten. Selbst neuere Berechnungen konnten die Umlaufbahn von γ Virginis im Periastron nicht mehr exakt vorhersagen. Bis 2001 stimmen die Messwerte in [5] mit den nach Söderhjelm berechneten Werten überein, doch zeigten sich ab 2002 bereits erste Abweichungen des Positionswinkels von 0,7°. Diese Abweichungen vergrößerten sich bis 2004 auf rund 4°.

Tab. 1: Beobachtungsergebnisse für γ Vir

Datum		eigene Messungen		Ephemeriden nach H. Zirm [8]		Residuen beobachtet-berechnet	
		Distanz	Winkel	Distanz	Winkel	Distanz	Winkel
31.05.2002	2002,412	0,98"	240°	1,044"	242,8°	-0,065"	-2,8°
05.06.2004	2004,430	0,49"	192°	0,582"	205,2°	-0,093"	-13,2°
01.04.2005	2005,249	<0,41"	154°	0,404"	163,9°	-	-9,9°
11.04.2005	2005,278	<0,41"	158°	0,399"	161,8°	-	-3,8°
22.04.2005	2005,307	-	155°	0,396"	159,7°	-	-4,7°
11.05.2005	2005,356	-	155°	0,390"	156,0°	-	-1,0°
19.05.2005	2005,381	0,417"	154°	0,387"	154,1°	0,030"	0,1°
24.05.2005	2005,397	0,411"	152°	0,385"	152,9°	0,025"	-0,9°
27.05.2005	2005,405	0,414"	154°	0,385"	152,3°	0,029"	1,7°
11.05.2006	2006,334	0,450"	88°	0,475"	85,2°	-0,025"	2,8°

Tab. 2: Ephemeridenelemente für γ Vir

	Söderhjelm [4]	Scardia [6]	Docobo & Tamazian [6]	Mason et al. [7]	Zirm [8]
T	1836,4	2005,51	2005,51	2005,438	2005,53
a	3,68"	3,643"	3,644"	3,662"	3,657"
e	0,89	0,882	0,883	0,8825	0,8815
i	148°	149,4°	149,1°	148,82°	149,0°
Ω	37°	35,3°	37,1°	73,78°	34,7°
ω	257°	255°	256,7°	213,79°	254,5°
P	168,9a	169,1a	169,1a	168,93a	169,1a

Tab. 3: Ephemeriden für γ Vir nach Söderhjelm und Zirm

Datum	Söderhjelm 1999		Zirm 2006	
	Distanz	Winkel	Distanz	Winkel
1.1.2005	0,38"	168°	0,45"	180°
1.4.2005	0,35"	147°	0,40"	164°
1.7.2005	0,35"	124°	0,38"	145°
1.1.2006	0,44"	86°	0,41"	105°
1.4.2006	0,51"	73°	0,46"	90°
1.7.2006	0,58"	64°	0,52"	77°
1.1.2007	0,73"	51°	0,65"	60°
1.4.2007	0,80"	46°	0,72"	54°
1.7.2007	0,87"	42°	0,79"	49°
1.1.2008	1,00"	35°	0,93"	41°
1.4.2008	1,06"	33°	0,99"	38°
1.7.2008	1,12"	30°	1,05"	35°

Inzwischen liegt der Periastrondurchgang knapp zwei Jahre zurück. Im Spätsommer 2006 wurden unabhängig voneinander drei neue Bahnrechnungen veröffentlicht, die erstmals auch speckleinterferometrische Messungen der vergangenen Periastronpassage berücksichtigen [6,7]. Eine weitere bislang unveröffentlichte Bahnrechnung stammt von Henry Zirm [8]. Zirm berechnete diese Bahn unter Berücksichtigung der Ergebnisse im Washington Double Star Catalog, der Washington Speckle Messungen und der hier vorgestellten interferometrischen Er-

gebnisse nach einer von Docobo 1985 vorgeschlagenen und allgemein anerkannten Methode. Alle neu berechneten Umlaufbahnen tragen daher dem nachlaufenden Winkel von γ Virginis wesentlich besser Rechnung, als die bislang gültige Umlaufbahn von Söderhjelm.

Da alle neuen Bahnen im Prinzip auf den gleichen Messdaten beruhen, ist es nicht weiter verwunderlich, dass sie fast identisch sind (siehe Kasten Ephemeridenelemente für γ Vir). Die geringen Differenzen in den Bahnelementen gehen im Wesentlichen auf das unterschiedliche

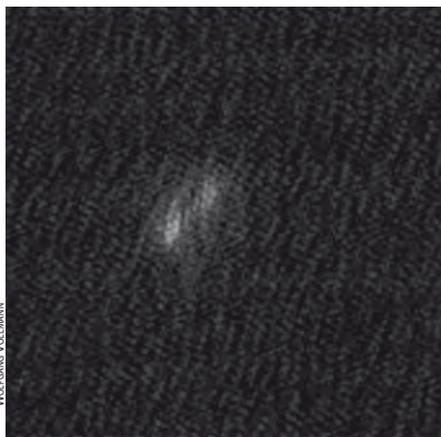


Abb. 6: **Specklebild von γ Virginis** vom 23.4.2005.

Datenmaterial im Bereich des Periastrons und auf die jeweils verwendete Rechenmethode sowie auf die Gewichtung der Daten zurück.

In der Doppelsternbeobachtung ist es üblich, die Differenz zwischen den beobachteten Werten und den berechneten Bahnwerten zu bilden, sofern die Bahn bekannt ist. Die Differenz wird als Residuen bezeichnet (lat. residuum = das Zurückgebliebene). In Tabelle 1 sind die nach

der Bahn von Zirm [8] berechneten Werte, meine eigenen Beobachtungen und die Residuen dargestellt. Die von mir interferometrisch ermittelten Werte stimmen gerade im Bereich des Periastrondurchgangs hervorragend mit den neu berechneten Ephemeriden überein. Vergleicht man die Umlaufbahnen von Scardia und Zirm miteinander, so unterscheiden sich diese in der Distanz lediglich bis zu 0,01" voneinander. Die Winkeldifferenzen liegen meist unter 1°.

Nach der neuen Umlaufbahn von Zirm wird die Distanz im Frühjahr 2007 etwa 0,72" betragen. Bei guten Beobachtungsbedingungen ist γ Vir mit einem guten 8"-Teleskop wieder als Doppelstern auflösbar! Die Vorhersagen von Zirm sind in Tabelle 3 zusammengestellt. ■

- [1] Schlimmer, J.: Sieg über das Seeing, γ Virginis im 8"-Newton-Teleskop, *interstellarum* 27, 42 (2003)
- [2] Herschel, J.: On the present appearance of γ Virginis and σ Lupi (Feb. 1836), *MNRAS* 3, 197 (1836)
- [3] Mädler, J. H.: Über die Bahnen der Doppelsterne γ Virginis und ζ Herculis, *Astron. Nachr.* 16, 33 (1839)
- [4] Söderhjelm, S.: Visuel binary orbits and masses post Hipparcos, *Astron. Astrophys.* 341, 121 (1999)

- [5] Mason, B. D., Hartkopf, W. I., Wycoff, G. L.: Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars, ad.usno.navy.mil/wds/int4.html
- [6] IAU Commission 26, Circular Nr. 159, (Juni 2006)
- [7] Mason, B. D., Hartkopf, W. I., Wycoff, G. L., Holdenried, E. R.: Speckle Interferometry at the US NAVAL Observatory XII, *Astron. J.* 132, 2219 (2006)
- [8] Zirm, H.: private Mitteilung (November 2006)
- [9] Vollmann, W.: γ Virginis – die Periastronpassage 2005, *interstellarum* 33, 42 (2004)
- [10] Vollmann, W.: Objekte der Saison, *interstellarum* 17, 65 (2001)
- [11] Vollmann, W.: members.eunet.at/vollmann/gamma_vir.htm

Danksagung

Ich danke **Henry Zirm** für die Berechnung einer neuen Umlaufbahn und seine rechnerische Überprüfung meiner Messungen sowie für die Bereitstellung der beiden Abbildungen. **Wolfgang Vollmann** möchte ich für viele gute Tipps und Literaturhinweise zur Doppelsternbeobachtung danken. **Walter Schön** danke ich für die vielen praktischen Ratschläge zu den Messungen.

Wie finde ich Himmelsobjekte mit »Starhopping«?

Bevor wir ein Beobachtungsziel im Blickfeld haben, müssen wir es erst einmal am Himmel finden. Die Idee des Starhoppings besteht darin, dass man von einem hellen Stern ausgehend von Sterngruppe zu Sterngruppe hüpfet, bis man an der gewünschten Stelle angekommen ist. Dies setzt Mindestkenntnisse am Himmel voraus, die wichtigsten Sternbilder sollten vertraute Bekannte sein. Wer hier noch am Anfang steht, kann sich den Himmel ausgehend von den hellen und markanten Konstellationen wie Großer Wagen oder Sommerdreieck erschließen. Für dieses »Starhopping mit dem bloßen Auge« können die Vorschläge aus diesem Text unter Benutzung einer drehbaren Sternkarte angewendet werden.

Ungeübten empfehle ich, das Starhopping zunächst mit einem Fernglas zu beginnen. »Zurück zum Ausgangssterne« ist mit einem solchen Instrument ein kurzer Schwenk. Von diesen Schwenks wird man am Anfang einige benötigen. Wer ein Sucherfernrohr besitzt, kann das Starhopping auch mit diesem betreiben. Der spätere Übergang zum Hauptinstrument ist mitunter nicht einfach, insbesondere dann, wenn das Beobachtungsobjekt unscheinbar und im Sucher nicht zu sehen ist.

Als Sternkarte bietet sich der Deep Sky Reiseatlas [1] an, der für Ferngläser oder kleine bis mittelgroße Fernrohre eine gute Wahl ist. Besitzer größerer Fernrohre über 150mm Öffnung werden wohl lieber zur Uranometria [2] greifen, da mit diesem Atlas schwächere Beobachtungsziele gefunden werden können. Für alle nutzbar sind selbst ausgedruckte Aufsuchkarten aus einem Planetariumsprogramm. An Fernrohren, die ein gespiegeltes Bild geben, ist dies wohl die beste Wahl.

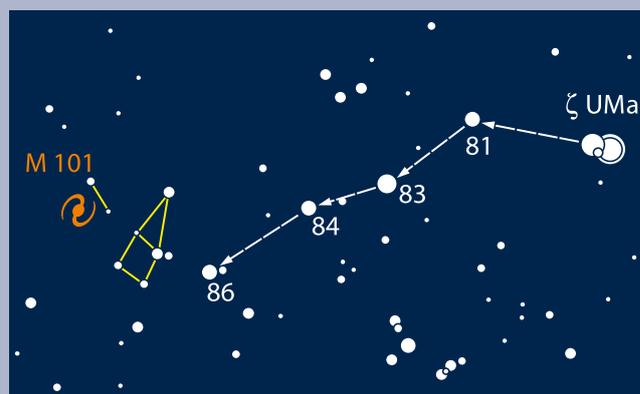
Bevor die Beobachtung beginnt, sollte das Sucherfernrohr oder der Peilsucher justiert werden. Das geht am besten im Hellichten an einem irdischen Objekt, z.B. einem einige Hundert Meter entfernten Strommast.

Am Beobachtungsort wählt man zunächst einen Stern aus, der mit bloßem Auge sicher erkennbar ist. Fernglasbenutzer sollten über die Fähigkeit verfügen, die Blickrichtung beim Übergang vom bloßen Auge zum Feldstecher nicht zu verlieren. Das kann man am Tage üben. Nachts gelingt es dann, den gewünschten Stern sicher im Bild zu haben. Für das Fernrohr wird das Okular mit der längsten Brennweite und dem größten Gesichtsfeld benutzt, um den Stern anzupeilen. Dazu dient ein Leuchtsucher wie der Telrad oder wir fluchten über das Rohr hinweg.

Ob im Fernglas, im Sucherfernrohr oder am großen Instrument: Als erstes muss die Übereinstimmung von Karte und Himmelsanblick um unseren Ausgangssterne herum hergestellt werden. Dabei stellt man zugleich sicher, auch den richtigen Stern angepeilt zu haben. Dieser Schritt nimmt manchmal einige Zeit in Anspruch, da man herausfinden muss, wie herum die Karte zu halten ist. Außerdem sieht der wirkliche Himmel dann doch anders aus als die Karte.

Wenn die Zuordnung gelungen ist, geht es zügiger weiter: Man sucht sich ein charakteristisches »Sprungziel« auf der Karte, welches ein Stück näher an das Beobachtungsobjekt heranzuführt. Dieses sollte so nah am Ausgangssterne liegen, dass beide in ein Bildfeld passen. Ich empfehle, zur Orientierung Dreiecke zu vermeiden, sie sind schlecht wiederzuerkennen. Alles andere geht besser: Paare etwa gleichheller Sterne, Trapeze, Sternket-

ten oder helle Einzelsterne. Auch recht schwache Sterngruppen lassen sich gut identifizieren, wenn sie ein einprägsames Muster bilden. Auf diese Weise hangelt man sich auf das Ziel zu. Wenn die Übereinstimmung mit der Karte verloren geht, springt man zurück zum letzten Sternmuster. Es zahlt sich jetzt aus, wenn dies ein markantes Mini-Sternbild war. Wichtig ist es, nie die Orientierung zu verlieren. Falls dies einmal passiert, dann empfehle ich, ganz von vorn zu beginnen. Mitunter ist es auch besser, am Himmel einen kleinen Umweg zu gehen, wenn dort mehr charakteristische Muster liegen.



Das Aufsuchen der Galaxie M 101 per Starhopping. Im Fernrohr wird zunächst Alkor eingestellt. Die Lage von Mizar dient zur Orientierung in der Karte. Man folgt der Sternkette von 81, 83, 84, 86 UMa und identifiziert die markierte Figur. Unterhalb des nahe liegenden Sternpaares liegt die Galaxie. Die Sichtbarkeit dieses Nebels im Fernglas ist ein Anzeiger für einen guten dunklen Himmel.

Sternarme Gebiete können durch einen »Weitsprung« überwunden werden. Wenn dazu eine Strecke von mehr als zwei Gesichtsfeldern zu bewältigen ist, muss das Sprungziel aber sehr markant sein. Wichtig ist es, die »Absprungrichtung« an Hand des Okularanblickes möglichst genau festzulegen.

Wenn das Zielgebiet erreicht ist, sieht man das Objekt meist schon. Wer bisher mit dem Sucherfernrohr unterwegs war, muss jetzt ans Hauptinstrument wechseln. Auch hier muss man sich wieder orientieren: Das Bild ist oft gegenüber dem Sucher gedreht, der Ausschnitt ist kleiner und wir sehen mehr Sterne.

Wenn das Beobachtungsziel nicht auf den ersten Blick erkennbar ist, dann muss man die exakte Position unter den Sternen auf wenige Bogenminuten genau herausfinden. Dazu verwendet man am besten eine mittlere Vergrößerung und macht einen kleinen Starhop im Zielgebiet. Dies gelingt einfacher, wenn in der Aufsuchkarte genügend Sterne zu sehen sind. Schließlich belohnt uns der Anblick des gesuchten Objektes für die Mühsal des Weges.

■ Uwe Pilz

[1] Feiler, M., Noack, P.: Deep Sky Reiseatlas, Oculum (2005)

[2] Tirion, W., Rappaport, B., Remaklus W.: Uranometria Deep Sky Atlas, Willman-Bell (2000)

Digitale Arbeitspferde

Die Spiegelreflexkameras Nikon D70 und Canon 350D im Vergleich

VON WALTER KOPROLIN



Abb. 1: Sie sind die Träger der digitalen Revolution bei den Spiegelreflexkameras und auch aus der Amateurastronomie nicht mehr wegzudenken: Nikon D70 (links) und Canon 350D (rechts).

Seit mehr als sieben Jahren gibt es digitale Spiegelreflexkameras (kurz DSLR) auf dem Markt. In den letzten Jahren haben sie den chemischen Spiegelreflexkameras und den CCD-Kameras auch in der Astrofotografie den Rang abgelaufen. Plant man einen Einstieg in diese neue digitale Astrofotografie, wird man an den am meisten verbreiteten Modellen Nikon D70 und Canon EOS 350D kaum vorbeikommen. Die Eigenschaften beider Kameras, bei vielen Amateurastronomen als Arbeitspferde im Dauereinsatz, werden in einem Vergleich gegenübergestellt.

Die Nikon-D70-Digitalkamera wurde erstmals im Januar 2004 angekündigt, das Modell EOS 350D von Canon ein Jahr später, im Februar 2005, als Nachfolgemodell der EOS 300D, die auf dem amerikanischen Markt als »digital rebel« bezeichnet wurde und den großen Durchbruch der DSLR auf dem Amateurmarkt eingeleitet hat. Da es inzwischen für beide Kameras Nachfolgemodelle gibt, können sie relativ günstig erworben werden, das gilt besonders für den Gebrauchtmärkte. Jede der beiden Kameras ist derzeit unter 1000 Euro erhältlich, und zwar inklusive der Zoomobjektive, welche die Hersteller im Paket mit den Kameras verkaufen, und inklusive notwendigem Zubehör wie etwa Fernauslöser oder Zusatzakkus. Das macht diese DSLR besonders attraktiv für Amateure. Keine andere Astrokamera unter 1000 Euro hat eine vergleichbare Auflösung und Chipfläche, entsprechend große gekühlte CCDs für den Astro-Amateurmarkt sind um ein Vielfaches teurer.

Die Kameramodelle

Die Canon EOS 350D (»Digital Rebel XT« auf dem amerikanischen Markt) hat einen guten Ruf unter Astrofotografen aufgrund ihrer guten Deep-Sky-Abbildungseigenschaften. Der Hauptgrund dafür ist der lichtempfindliche CMOS-Sensor mit seinem geringen thermischen Signal. Die EOS 350D ist die Amateurversion der semiprofessionellen Canon EOS 20D, ist daher wesentlich preiswerter, hat aber die gleiche optoelektronische Leistungsfähigkeit (siehe auch interstellarum 44).

Nikon bietet mit der D70 und ihrem Nachfolgemodell D70s (es handelt sich essentiell um die gleiche Kamera mit größerem LCD-Bildschirm, besseren Akkus und Fernbedienungsbuchse) eine ebenfalls sehr günstige Kamera für den amateur- und semiprofessionellen Markt an. Nikon hat einen guten Ruf als Hersteller eines Gesamtsystems von hervorragender

interstellarum-Produktvergleich

Wirklich neutrale Aussagen über Teleskope und Zubehör – das wünschen sich viele Sternfreunde. Die vielfach veröffentlichten, fälschlicherweise als »Test« ausgegebenen Erfahrungsberichte in Zeitschriften und dem Internet sind nicht dazu geeignet. Oft hat man den Eindruck, dass Händlerinteressen die Artikel prägen. **interstellarum geht einen anderen Weg:** In Zusammenarbeit mit den Herstellern und Händlern entstehen Produktvergleiche, die eine Relativierung der Aussagen erlauben. Bewusst wird auf subjektive Wertungen verzichtet und dem Leser selbst die Möglichkeit gegeben, anhand der geschilderten Eigenschaften sich für eines der Produkte zu entscheiden. **Mehr über unsere Test-Grundsätze** und bereits erschienene Berichte können Sie auf www.interstellarum.de nachlesen.

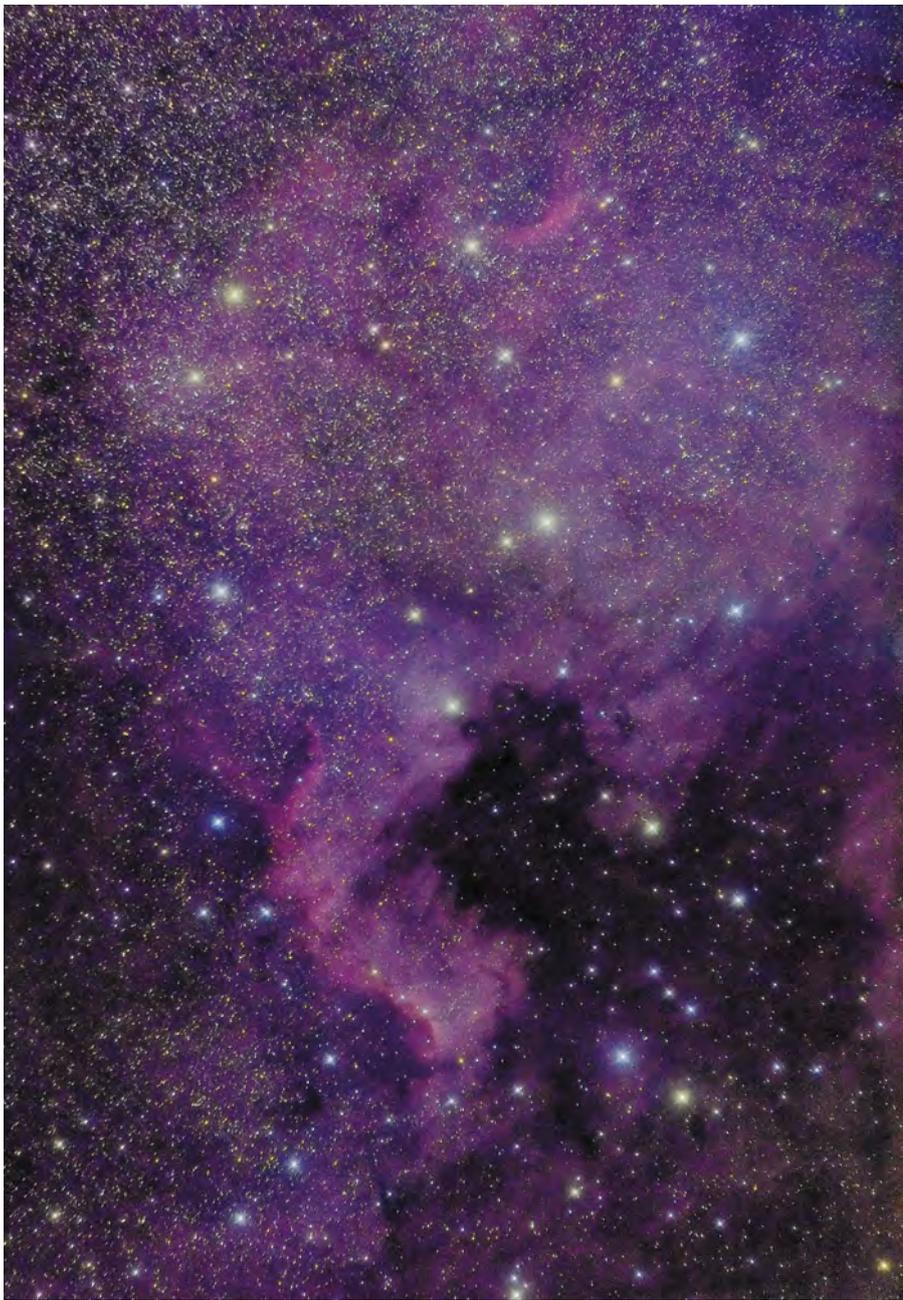


Abb. 2: **NGC 7000, aufgenommen mit der Nikon D70** mit Originalfilter und einem 4,9" f/3,8-Wright-Newton Teleskop, Gesamtbelichtung: 40min.

Qualität, die D70 reiht sich in eine lange Reihe von erfolgreichen Kameramodellen ein. Die Nikon D70 ist mit einem Sony CCD-Chip ausgestattet (siehe Tabelle 1).

Spektrale Empfindlichkeit und Filter

CMOS- und CCD-Sensoren, die in DSLR-Kameras verwendet werden, sind sensitiv für rotes und nahes infrarotes Licht. Um die Infrarot-Sensitivität zu unterdrücken, werden die meisten DSLR vom Hersteller mit speziellen Filtern ausgestattet, die dieses langwellige Licht blockieren. Des Weiteren bewirken diese Filter einen geringen Weichzeichnungseffekt, der oft auch als Tiefpassfilterung oder als An-

tialiasing bezeichnet wird. Der Weichzeichnungseffekt dient dazu, die Bildung von störenden Moiré-Mustern zu unterdrücken; die Filtration von langwelligem Licht soll die Farbwiedergabe verbessern und der menschlichen Wahrnehmung ähnlicher machen. Der Filter ist in allen Kameramodellen direkt vor dem Sensor angebracht und damit nur erschwert zugänglich.

Das Problem für Astrofotografen ist dabei, dass durch die Filtration von langwelligem Licht auch die Sensitivität für die astrofotografisch wichtige H α -Emissionslinie von Wasserstoff bei 656,3nm stark reduziert wird. Diese Linie macht den Hauptanteil des roten Lichtes von Emissionsnebeln aus, welche zu den größten und

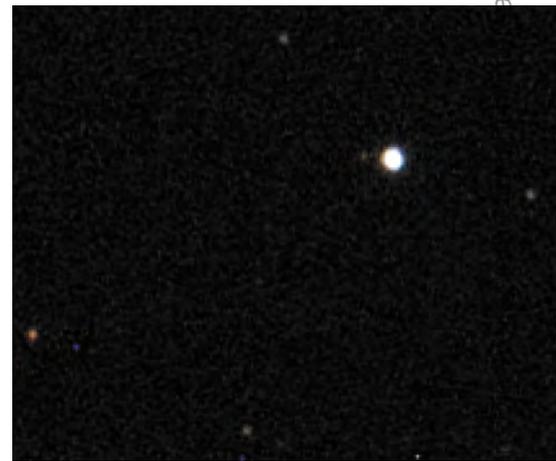


Abb. 3: **Ausschnitte aus Sternfeldaufnahmen mit der Nikon D70**, vergrößert dargestellt: oben eine Aufnahme mit automatischem Dunkelbildabzug, in der Mitte eine Aufnahme mit MODE 3, unten die MODE 3 Aufnahme nach Abzug eines gemittelten Dunkelbildes. Man erkennt, dass der Median-Filter, der in der oberen Aufnahme von der Kamera-Firmware automatisch angewendet wurde, einen leichten Weichzeichnungseffekt bewirkt, einige Sterne werden überhaupt wegretouchiert (z.B. der lichtschwache Stern unmittelbar links neben dem hellsten Stern im Bildfeld). Man beachte auch die Häufigkeit der heißen Pixel in der mittleren Aufnahme. Belichtungszeit 10s bei ISO 1600, 23°C.

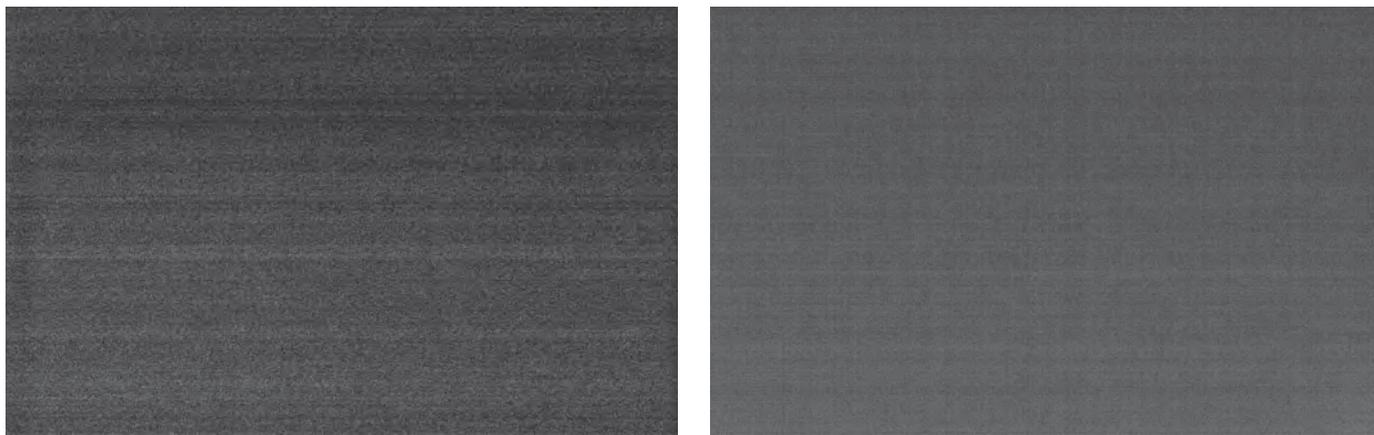


Abb. 4: **Jeweils ein einzelnes Biasbild** der Nikon D70 (links) und der Canon 350D (rechts), aufgenommen bei ISO 800 und 8°C. Der linear dargestellte Helligkeitsbereich beträgt im linken Bild 0ADU–30ADU, im rechten Bild 250ADU–280ADU.

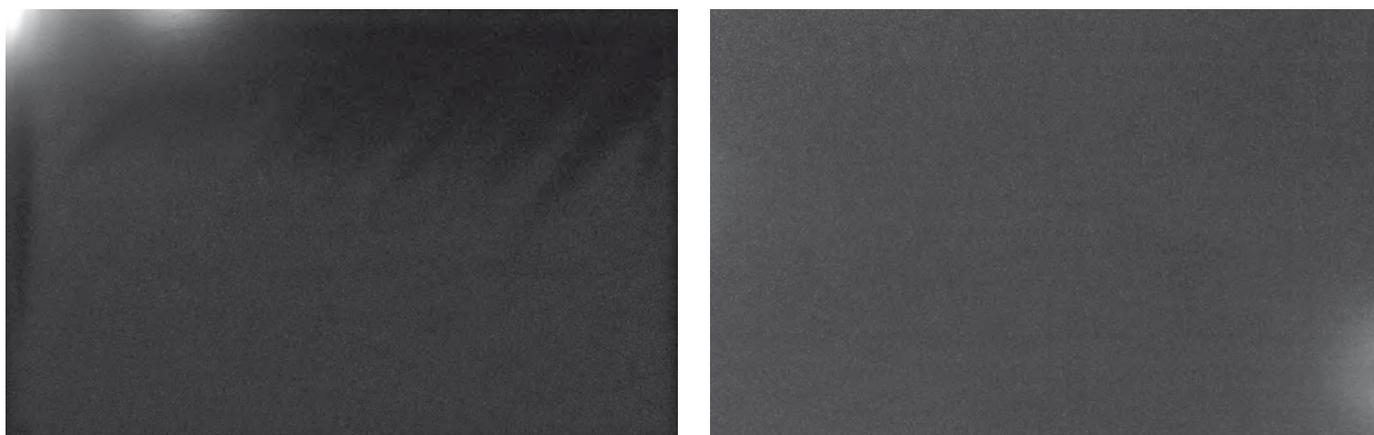


Abb. 5: **Jeweils ein einzelnes Dunkelbild** der Nikon D70 (links, aufgenommen mit MODE 3) und der Canon 350D (rechts), belichtet 10min bei ISO 800 und 8°C. Der linear dargestellte Helligkeitsbereich beträgt im linken Bild 0ADU–600ADU, im rechten Bild 230ADU–340ADU.

schönsten Objekten am Himmel zählen. Wird der Filter in der Kamera belassen, so wird diese Emissionslinie unterdrückt, und Emissionsnebel wirken bestenfalls pink (siehe Abb. 2). Die Objekte des Stern-

himmels sind außerdem unempfindlich gegen Farbmoiré und Kanteneffekte, welche bei jedem CCD- oder CMOS-Chip mit Bayer Farbfiltermatrix an feinskaligen, periodischen Mustern und an scharfkan-

tigen Bildstrukturen entstehen. Dadurch ist auch der Weichzeichnungs-Effekt in der Astrofotografie unnötig.

Bei den meisten DSLR-Kameras ist es möglich, den Infrarot-Sperr- und Tiefpass-Filter auszubauen und/oder durch einen astrofotografie-freundlicheren Filter zu ersetzen. Diese Modifikation macht die Garantie des Herstellers ungültig, und das Risiko, die Kamera dabei zu beschädigen, ist durchaus nicht zu vernachlässigen. Dennoch haben zahlreiche Astrofotografen den Filterausbau oder Filtertausch sowohl bei Canon als auch bei Nikon-Kameras mit Erfolg durchgeführt. Während bei der Nikon D70 der Filtertausch schon mit Feinmechaniker-Kreuzschraubenzieher und Pinzette durchgeführt werden kann, und dabei kein elektrischer Kontakt gelöst werden muss, erfordert der Filtertausch bei Canon-Kameras auch Ab- und Anlöten, Schneiden, Kleben und das Lösen und Wiederanstecken zahlreicher filigraner Steckkontakte.

Einige Händler wie z.B. Hutech [3] oder Baader Planetarium [4] bieten den Filterausbau oder Filtertausch gegen Entgelt an, dieser Service kann bei einigen qualifi-

Tab. 1: Die Kameras im Vergleich		
	Nikon D70	Canon 350D
Sensor	CCD (Sony ICX413AQ)	CMOS (properitär)
SensorgroÙe	23,7mm × 15,6mm	22,2mm × 14,8mm
Effektive Pixelzahl	3039×2014 (6,1 Mio.)	3474×2314 (8,0 Mio.)
PixelgröÙe	7,8µm	6,4µm
Seitenverhältnis	3:2	3:2
Farbfiltersystem	RGGB Bayer-Matrix	RGGB Bayer-Matrix
Farbräume	sRGB, erweitertes sRGB, Adobe RGB	sRGB, Adobe RGB
Dynamik	12bit (4096ADU)	12bit (4096ADU)
ISO-Einstellbereich	200–1600	100–1600
Gain bei ISO 400*	2,98 Elektronen / ADU	2,56 Elektronen / ADU
Rauschen bei ISO 400 (rms)*	19 Elektronen	6 Elektronen
Gemittelter Bias-Wert (=Offset)	5ADU	257ADU
Gewicht (ohne Objektiv, mit Akkus und Speicherkarte)	660g	520g
Objektiv in Grundausstattung	18mm–70mm	18mm–55mm
Listenpreis ohne/mit Objektiv (UVP)	849 € / 949 €	899 € / 999 €

*) nach [1, 2]

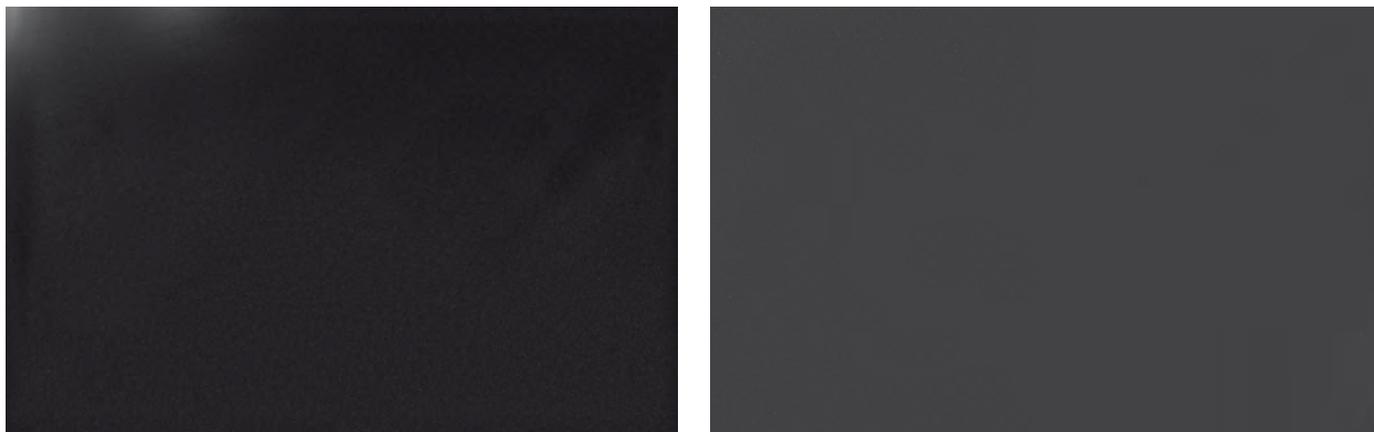


Abb. 6: **Wie Abb. 5**, nur beträgt der dargestellte Helligkeitsbereich jetzt in beiden Bildern 0ADU–2047ADU (der halbe Intensitätsbereich), um die Hot Pixel besser vergleichen zu können.

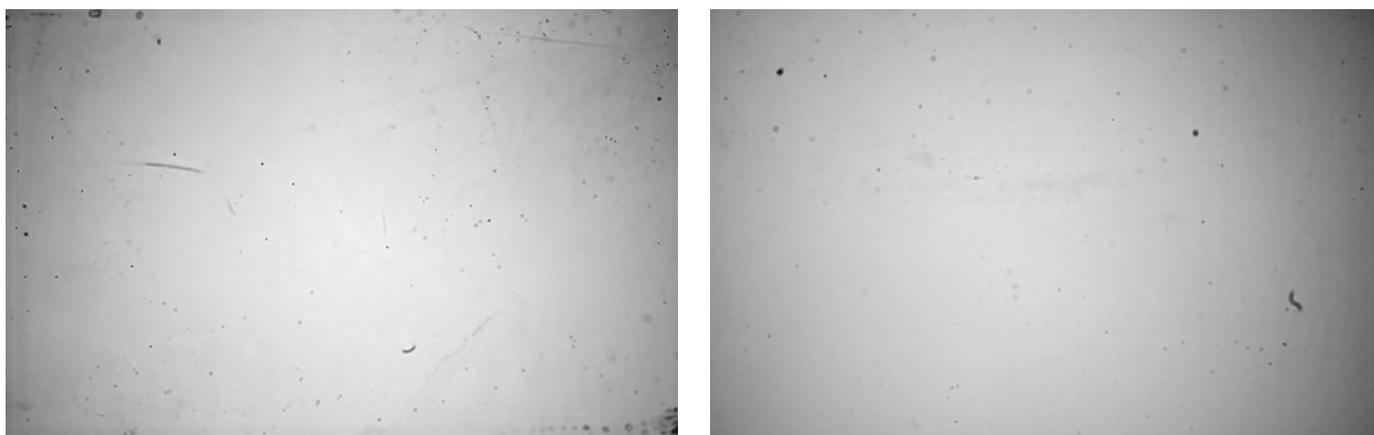


Abb. 7: **Aus je 32 Aufnahmen erstelltes Flat Field** der Nikon D70 (links) und der Canon 350D (rechts) aufgenommen mit einem Objektiv bei f/32, um den Einfluss der Optik auf das Flat Field gering zu halten. Der linear dargestellte Helligkeitsbereich beträgt im linken Bild 600ADU–840ADU, in rechten Bild 540ADU–630ADU. Die zahlreichen dunklen Flecken und Striche werden durch Staub auf dem Sensor verursacht, der an sich kein Problem darstellt, weil er sich durch eine gründliche Reinigung größtenteils beseitigen lässt.

zierten Kamerawerkstätten in Deutschland ebenfalls in Auftrag gegeben werden.

Als Ersatz für den Originalfilter hat sich der UV/IR-Sperrfilter von Baader Planetarium als besonders geeignet erwiesen. Dieser Filter verfügt über planoptisch polierte Oberflächen, Mehrschicht-Entspiegelung, steile Flanken und nahezu 100% Transmission im visuellen Bereich. Außerdem blockt er nahes Infrarot ab einer Wellenlänge von 700nm beinahe vollständig ab, lässt aber die H α -Linie noch ungehindert passieren. Baader Planetarium bietet inzwischen ein Nachfolgeprodukt an, den ACF (»Astro Conversion Filter«). Dieser schneidet laut [4] das UV- und IR-Licht noch steiler ab, dadurch wird die Lichtausbeute im transmittierten Spektralbereich größer. Die Farbwiedergabe bei Tageslicht ist geringfügig besser als beim älteren Baader UV/IR-Sperrfilter, aber nicht so gut, dass man auf einen manuellen Weißabgleich verzichten könnte (die Bilder werden sonst rotstichig). Der Autofokus arbeitet nach Tausch gegen ein Filter mit der richtigen Dicke korrekt.

Qualität der Aufnahmedaten

RAW-Dateien

Die meisten ambitionierten Astrofotografen arbeiten mit Bildern im RAW-Format. Nur diese beinhalten die gesamte Dynamik der 12bit-Information, die vom Sensor kommt, und nur mit solchen Aufnahmen ist eine vollständige Kalibration der Bilder mittels Dunkelbild, Bias und Flatfield-Aufnahmen möglich. Das RAW-Format von Nikon hat die Bezeichnung »NEF«, das von Canon »CR2« (bzw. CRW bei älteren Kamera-Modellen).

Nikon-DSLR liefern bei Langzeitaufnahmen keine echten RAW-Aufnahmen. Die interne Kamera-Firmware wendet auf jede Aufnahme mit einer Dauer von mehr als einer Sekunde eine Software-Filterung an, die einer mathematischen Median-Filterung entspricht. Vermutlich sollen durch diese nicht dokumentierte Funktion der Firmware defekte Pixel des Sensors und hohes Dunkelstrom-Rauschen aus der Aufnahme herausgefiltert werden. Diese Eigenschaft aller Nikon-DSLR wird für

Astrofotografen dann zum Problem, wenn ein Sternfeld mit geringer Brennweite aufgenommen wird, so dass lichtschwache Einzelsterne auf nur einem oder auf wenigen Pixeln abgebildet werden. Solche Sterne sind für die Kamera-Firmware nicht von fehlerhaften oder heißen Pixeln zu unterscheiden und werden herausgefiltert (siehe Abb. 3).

Abhilfe gegen dieses Nikon-spezifische Problem kann nur durch einen Trick erfolgen: Dazu aktiviert man die Funktion »Rauschunterdrückung« im Kameramenu. Damit wird unmittelbar nach jeder Einzelbelichtung automatisch ein Dunkelbild mit einer gleichen Integrationszeit aufgenommen, das von der Aufnahme subtrahiert wird. Das alleine bringt noch keine Abhilfe, weil auch hierbei die Median-Filterung angewendet wird. Wenn man allerdings die Kamera abschaltet, während das automatische Dunkelbild aufgenommen wird, dann erfolgt von der Kamera eine »Notspeicherung« des Bildes, ohne dass dabei die Median-Filterung angewendet wird. Diese Umgehung des Problems wur-

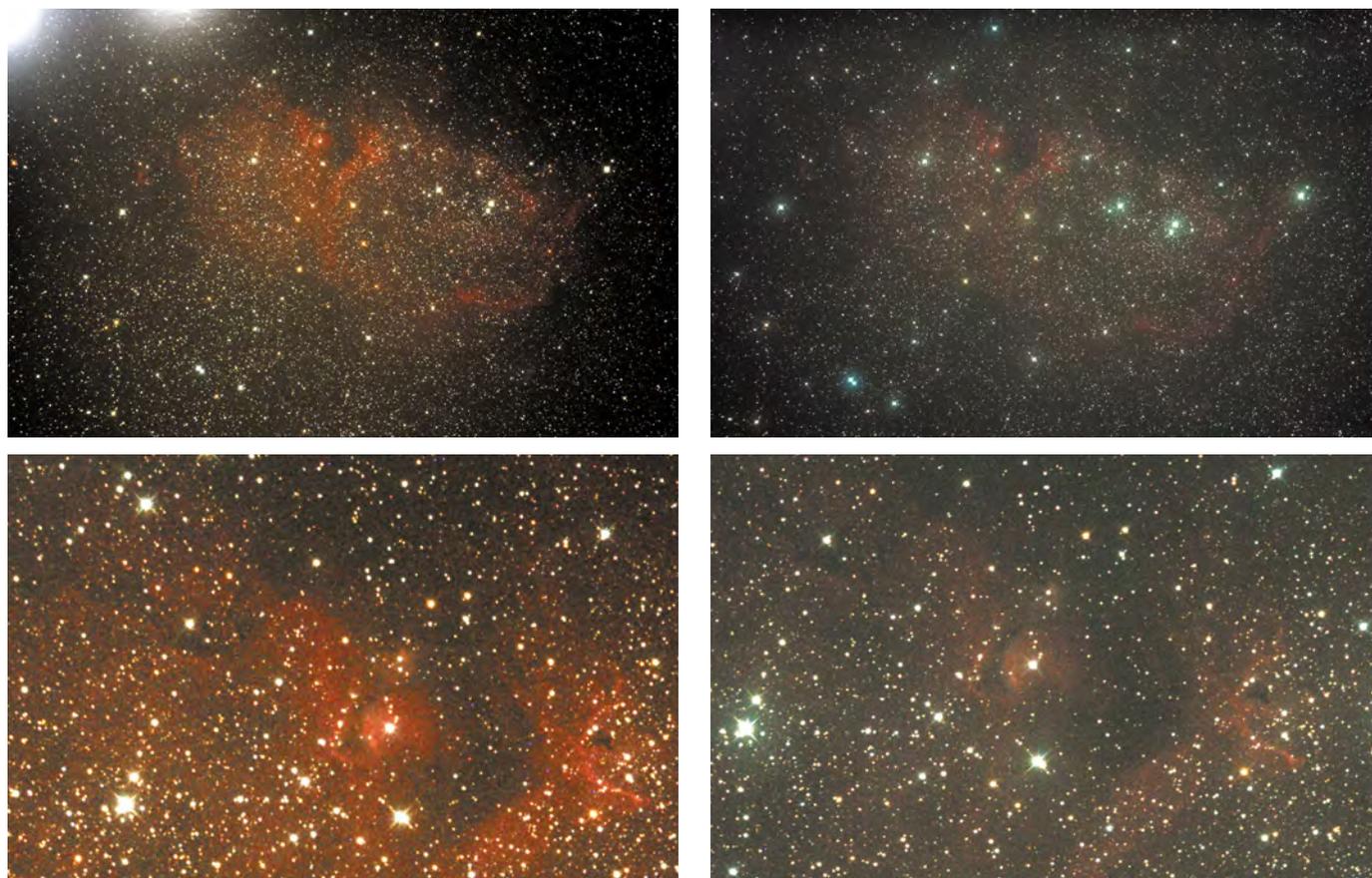


Abb. 8: **Gesamtansicht (oben) und Ausschnitt (unten)** einer Einzelaufnahme des Emissionsnebels IC 1848. Der linear dargestellte Helligkeitsbereich beträgt in beiden Bildern 400ADU–1200ADU. Die RAW-Bilder wurden (ohne Berücksichtigung von Multiplikationsfaktoren) in den RGB-Modus konvertiert. Links: Nikon D70, rechts: Canon 350D, beide modifiziert mit UV/IR Sperrfilter von Baader Planetarium. Belichtungszeit jeweils 10min bei ISO 1600 mit der gleichen Optik (4,9" f/3,8-Wright-Newton) unter ähnlichen Bedingungen.



Abb. 9: **Die gleichen Ausschnitte wie in Abb. 8** (unten) nach der Kalibration mit den zugehörigen Kalibrationsdaten, Farbkorrektur und in logarithmischer Intensitätsdarstellung.

de erstmals von Christian Buil erwähnt [1] und als »MODE 3« bezeichnet. Durch diese Vorgangsweise wird die Kamera nicht beschädigt. Wendet man MODE 3 an, so ergeben sich allerdings andere Probleme: Es muss nach jeder Einzelaufnahme die Kamera berührt werden, um sie aus- und wieder einzuschalten, und um die Kamera danach wieder empfangsbereit für die IR-Fernbedienung zu machen. Das ist nicht gerade erwünscht, wenn nebenbei z.B. ein

Autoguider am Leitrohr läuft. Außerdem lässt sich dieser Prozess ohne hohen Aufwand nicht automatisieren.

Wer mit mittlerer oder langer Brennweite arbeitet, und dabei die Sterne auf ausreichend viele Pixel verteilt (Stichwort: Oversampling), kann mit der geringen Weichzeichnung durch die Median-Filterung leben und auf MODE 3 verzichten. Allerdings ist der zusätzliche Weichzeichnungseffekt auch hier prinzipiell nicht wünschenswert.

In einigen Internet-Foren wird diskutiert, ob das Nikon-NEF-Format tatsächlich verlustfrei ist [1, 5]. Tatsächlich dürfte Helligkeitsinformation durch die Kompression verloren gehen. Dieses Problem wurde von Nikon ebenfalls nicht dokumentiert. Canon-Kameras kennen keine derartigen Probleme. Das RAW-Bild der Canon-Kameras gibt akkurat die gesamte Information, die vom CMOS-Sensor kommt, wieder.

Tab. 2: Kalibrationsdaten gemessen bei ISO 800 und 8°C

		Nikon D70	Canon 350D
Dunkelbild 10min	Mittelwert	66,6ADU (MODE 3)	250,1ADU
	rms	90,8ADU (MODE 3)	24,5ADU
Bias Frame	Mittelwert	5,1ADU	256,9ADU
	rms	6,7ADU	4,0ADU
Flatfield (gemittelt aus 32 Einzelaufnahmen)	rms	4,8%	2,3%

Bias-Bilder

Die Bias-Bilder beider Kameras weisen ein schwaches waagrechtes Streifenmuster auf, das der Canon 350D zeigt zusätzlich auch ein schwaches senkrechttes Streifenmuster. Diese Muster können als nicht signifikant bezeichnet werden, da die durchschnittlichen Intensitätsunterschiede in beiden Fällen kleiner als 1,3ADU, und damit weit geringer als der jeweilige rms-Wert sind. Das mittlere Bias-Signal beträgt bei der 350D 257ADU, bei der D70 nur 5ADU (siehe Tabelle 2).

Dunkelbilder

Der Dunkelstrom im Sensor der Nikon D70 ist (nach Abzug des Bias-Signals) etwa zehn Mal größer als jener im Sensor der Canon 350D. Die Dunkelbilder der Nikon D70 zeigen außerdem wesentlich mehr heiße Pixel als jene der Canon 350D, und die heißen Pixel der D70 sind von durchschnittlich höherer Intensität (siehe Abb. 5 und 6).

Langzeitaufnahmen mit der Nikon D70 wie z.B. Dunkelbilder zeigen zwei auffällige helle Flecken in der linken oberen Bildecke und gleich daneben am oberen Bildrand (betrachtet im Querformat). Dieses Phänomen wird oft fälschlich als »Verstärker-Glühen« (engl. amp glow) bezeichnet. Die Ursache dafür ist allerdings nicht Wärme, sondern Elektrolumineszenz (das gleiche Phänomen, das z.B. LEDs zum Leuchten bringt) durch Elektronen im Transistor (genauer: MOSFET) des Ausleseverstärkers, welcher sich nahe beim Sensor befindet. Im Gegensatz zum thermischen Rauschen nimmt die Intensität des Elektrolumineszenz-Signals mit zunehmender Temperatur ab. Das Maximum beträgt 775ADU nach Abzug des Bias-Signals bei einer 10min-Belichtung bei ISO 800 und 8°C Lufttemperatur. Bei der 350D kann man ein ähnliches Phänomen nahe der rechten unteren Bildecke beobachten, allerdings wesentlich weniger stark ausgeprägt (18ADU unter den gleichen Bedingungen).

Das Dunkelbild der D70 zeigt außerdem eine großflächige schwache Aufhellung in den unteren zwei Dritteln des Bildbereiches, ausgenommen sind der linke und

der rechte Bildrand. Nach oben zu wird diese flächige Aufhellung in einzelne Streifen aufgelöst.

Sowohl Elektrolumineszenz-Flecken als auch der Dunkelstrom können durch Subtraktion eines (idealerweise aus mehreren Aufnahmen kombinierten) Dunkelbildes beseitigt werden. Das starke Elektrolumineszenz-Signal der D70 kostet allerdings Dynamik im betroffenen Bildbereich, d.h. helle Objekte erscheinen dort rascher saturiert als in anderen Bildteilen. Äquivalentes gilt für die zahlreichen heißen Pixel von hoher Intensität.

Flatfields

Das Flatfield der Canon 350D ist relativ glatt und zeigt nur ein nicht signifikantes senkrechttes Streifenmuster. Das Flatfield der Nikon D70 zeigt einen etwas stärkeren Helligkeitsabfall in Richtung der Bildränder und eine ebenfalls nicht signifikante Abdunklung am linken und am unteren Rand.

Alle diese Artefakte (inklusive der zahlreichen Staufflecken) können mittels Division eines normierten Flatfields korrigiert werden.

Vergleich bei Deep-Sky-Aufnahmen

Die Aufnahmen in den Abb. 8 und 9 wurden mit der gleichen Optik bei gleicher Belichtungszeit und gleicher ISO-Einstellung unter ähnlichen Umweltbedingungen aufgenommen und eignen sich daher für einen direkten Vergleich der beiden Kameras. In den nicht kalibrierten Rohdaten (Abb. 8) sind auch Charakteristika der Optik erkennbar (z.B. die unregelmäßige Bildausleuchtung). Die störenden Elektrolumineszenz-Flecken fallen bei der D70-Aufnahme deutlich auf. Da es sich um Einzelbelichtungen handelt, sieht man auch das Rauschniveau der bei ca. 1°C Lufttemperatur aufgenommenen Bilder.

Man erkennt sofort die höhere Auflösung der 350D, die D70 bildet hingegen ein größeres Himmelsareal ab. Leicht erkennbar sind auch die Unterschiede in der Farbwiedergabe (mehr rot bei der D70,

Die Kameras in der Praxis

Nikon D70

- + Höhere Sensitivität für lichtschwache Nebeldetails (nach dem Filtertausch)
- + Gute Verarbeitung, schnelle Aufnahme von guten Tageslicht-Fotos (scharfer Fokus & richtige Belichtung)
- + Benutzerfreundlichkeit
- + Bessere Handlichkeit und Robustheit
- Bei Langzeitbelichtungen (mehr als 1s) gibt das RAW-Format nicht die Rohdaten des Sensors wieder. Die Bilder sind gefiltert, was eine Beeinträchtigung der astrofotografischen Eignung darstellt. Man kann diese Filterung nur durch einen Trick umgehen, der verhindert allerdings die automatische Aufnahme von Serien
- Das D70 NEF-Format ist wahrscheinlich nicht verlustfrei komprimiert
- Es gibt nur eine simple Infrarot-Fernbedienung, die keine Programmierung von Aufnahmeserien zulässt
- Starke Elektrolumineszenz bei Langzeitbelichtungen in der linken oberen Bildecke (Querformat)
- 10x größerer Dunkelstrom im Vergleich zur Canon 350D
- Zahlreiche Heiße Pixel von hoher Intensität
- Geringe H α -Empfindlichkeit (mit dem Originalfilter)

Canon EOS 350D

- + Das EOS CR2-Format liefert echte Rohdaten vom Sensor
- + Programmierbare Kabel-Fernbedienung zur Automatisierung von Serien (muss aber für die 350D erst adaptiert werden)
- + Geringeres Gewicht der Kamera im Vergleich zur D70
- + Größere Pixelzahl, höhere Auflösung bei gleicher Optik im Vergleich zur D70
- Erschwerter Filterausbau
- Mäßige optische Qualität des Objektivs
- Geringe H α -Empfindlichkeit (mit dem Originalfilter)

mehr grün bei der 350D). Hinsichtlich der Detektion von lichtschwachen Sternen liegen die beiden Kameras etwa gleich, bei der Detektion von lichtschwachen roten Nebeldetails ist die Nikon D70 etwas besser als die Canon 350D.

Zubehör

Sowohl Nikon als auch Canon sowie zahlreiche Drittanbieter bieten ein umfangreiches Zubehörprogramm für DSLR an, das von Objektiven über Fernauslöser bis zu Software reicht.

Objektive

An Canon EOS DSLR-Kameras können nur EF- bzw. EF-S-Autofokus-Objektive verwendet werden. Bei den älteren FD-Objektiven beträgt die Distanz zwischen Objektivanschluss und Fokalebene 42mm. Bei den EOS-Objektiven beträgt sie 44mm. Simple mechanische Adapter, um FD-Objektive auf EOS-Kamerakörpern montieren zu können, sind zwar erhältlich, die Unendlich-Einstellung kann damit allerdings nicht erreicht werden. Komplexere optische Adapter mit Linsenelementen, die das Erreichen der Unendlich-Einstellung bei FD-Objektiven an EOS-Kameras erlauben, werden von Canon nicht mehr hergestellt und sind daher schwer erhältlich und empfindlich teuer. Außerdem verlängern solche Adapter die Brennweite um einen Faktor 1,26, und die optische Qualität der Abbildung verschlechtert sich geringfügig, was sich beim Einsatz derartiger Adapter nur schwer vermeiden lässt.

Bei Nikon funktioniert hingegen prinzipiell jedes Objektiv mit Nikon-F-Bajonettanschluss mit jeder Nikon-DSLR (mit einigen wenigen Ausnahmen). Nikon hat seinen Objektivanschluss nicht geändert, als Autofokus-Objektive eingeführt wurden. Für Astrofotografen hat das den Vorteil, dass auch 20 bis 30 Jahre alte manuelle

Objektive mit Nikon-F-Bajonettanschluss für die Astrofotografie mit modernen DSLR eingesetzt werden können. Diese manuellen Objektive verfügen größtenteils über eine gute optische Qualität und können relativ günstig gebraucht erworben werden.

Aufgrund der geringeren Distanz zwischen Objektivanschluss und Fokalebene bei Canon-EOS-Kamerakörpern können auch Objektive anderer Hersteller (sogar solche von Nikon) auf Canon-DSLR-Kameras verwendet werden. Entsprechende

Adapter sind im Fachhandel und via eBay erhältlich. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass es für Zeiss-Objektive mit Contax/Yashica-Anschluss ebenfalls einen entsprechenden Adapter gibt. Der Autofokus funktioniert dann zwar nicht, für die Astrofotografie ist das aber auch nicht notwendig.

Für Nikon-Kameras finden sich hingegen kaum Objektive von Fremdherstellern, die mittels Adapter angeschlossen werden können, da die Distanz zwischen Objektivanschluss und Fokalebene größer als bei



Abb. 11: IC 1805, aufgenommen mit einem 4,9" f/3,8-Wright-Newton Teleskop. Kombination von Aufnahmen mit der Nikon D70 und der Canon 350D, Gesamtbelichtung: 124min. Der dargestellte Bildbereich wurde auf den der Canon-Kamera reduziert.

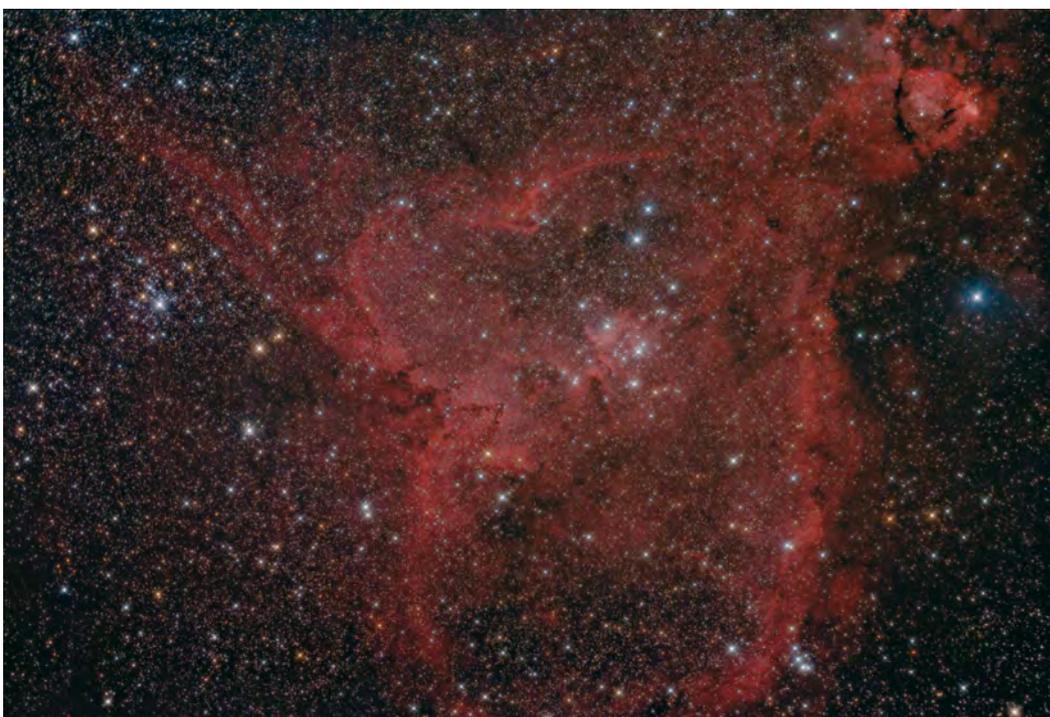


Abb. 10: IC 1848, aufgenommen mit einem 4,9" f/3,8-Wright-Newton Teleskop. Kombination von Aufnahmen mit der Nikon D70 und der Canon 350D, Gesamtbelichtung: 154min. Der dargestellte Bildbereich wurde auf den der Canon-Kamera reduziert.

den meisten anderen Kameras ist. Einige Fremdhersteller produzieren allerdings eigens passende Objektive mit Nikon-F-Bajonettanschluss.

Fernauslöser

Unerlässlich für die Astrofotografie sind Fernauslöser, die Langzeitbelichtungen jenseits der Programm-Belichtungszeiten von maximal 30 Sekunden überhaupt erst zulassen. Canon zeichnet sich hier besonders aus, da dieser Hersteller den programmierbaren Kabelauslöser TC-80N3 im Programm hat. Dieser ist zwar etwas teuer, dafür lassen sich damit ganze Belichtungsserien auf einfache Art und Weise automatisieren – Startzeitintervall, Anzahl der Aufnahmen, Belichtungsdauer und Zwischenzeitintervall lassen sich einstellen. Der Stecker des TC-80N3 passt allerdings nicht für die EOS 350D, die nur den kleinen Stereo-Stecker in der Fernbedienungsbuchse zulässt. Die Adaptierung ist hier mit geringem Bastelaufwand möglich, passende Zwischenstecker sind aber auch im Fachhandel erhältlich.

Die Nikon-Kameras D50 und D70 können nur mit einer Infrarot-Fernbedienung angesprochen werden, der Empfänger findet sich auf der Frontseite der Kamera. Dieser Nikon-Infrarot-Fernauslöser ist zwar billig, verfügt aber nur über einen einzigen Taster, der eine Einzelbelichtung startet oder beendet. Die D70s und die neue D80 verfügen hingegen bereits über eine Steckbuchse für die Fernauslösung. Es ist möglich, den Canon-TC-80N3 auch für diese Nikon-Kameras zu adaptieren.

Selbstverständlich kann auch ein Notebook mit entsprechender Software die Fernsteuerung der Kamera übernehmen. Für Belichtungszeiten über 30s ist aber auch hierfür ein separates Kabel zusätzlich zum USB-Datenkabel notwendig,

das mit der Fernbedienungsbuchse der Kamera verbunden wird. Ein solches lässt sich mit einigem Bastelaufwand selbst herstellen, Anleitungen dafür finden sich z.B. in der Bedienungsanleitung der Software DSLR Focus [6]. Hap Griffin/USA [7] bietet solche Kabel sowohl für Nikon- als auch für Canon-Kameras zum Kauf an.

Software für die Astrofotografie

Canon-Kameras werden von Herstellern von Astrofotografie-Software meistens besser unterstützt als Nikon-Kameras, z.B. von DSLR Focus, Images Plus oder MaxIm DSLR. Zwar bieten diese Hersteller inzwischen auch Support für Nikon-Kameras an, jedoch werden Canon-DSLR generell früher unterstützt, da die Mehrheit der Astrofotografen Canon-DSLR benutzt.

Zusammenfassung

Mit Ausnahme der Canon 20Da sind alle DSLR aufgrund des IR-Sperr- und Tiefpass-Filters vor dem Sensor in ihrer Sensitivität bei rotem Licht eingeschränkt. Dieser Filter kann ausgebaut oder ersetzt werden, damit auch die rote H α -Linie von Emissionsnebeln gut abgebildet wird. Diese Modifikation invalidiert die Garantie des Herstellers und kann Probleme in der Tageslicht-Fotografie beim Weißabgleich und beim Autofokus verursachen.

Als Pluspunkt für Canon muss anerkannt werden, dass dieser Hersteller die Astrofotografie als spezielles Anwendungsgebiet für seine Kameras erkennt und außerdem mit der Canon 20Da eine spezielle Kamera für die Astrofotografie entwickelt hat (siehe ausführlich in interstellarum 44). Leider wurde deren Produktion inzwischen eingestellt. Canon stellt auch bessere Dokumentationen über

das eigene Equipment zur Verfügung, z.B. einen Einführungsartikel über Astrofotografie mit Canon-EOS-DSLRs [8].

Sowohl mit Nikon- als auch mit Canon-Kameras, die mit der neuesten Generation von rauscharmen Sensoren ausgestattet sind, ist es möglich, exzellente langbelichtete Deep-Sky-Astrofotos aufzunehmen, dafür finden sich zahlreiche Beispiele in Büchern, Zeitschriften, und im Internet. Empfohlen werden können die Canon EOS 20D, 30D, 5D oder 350D, und die Nikon D70, D70s oder D50.

Die Qualität des Astrofotos, die mit der neuesten Generation von DSLRs aufgenommen werden, ist somit mehr vom Können des Astrofotografen als von irgendwelchen Limitationen der Kameras selbst abhängig.

- [1] Buil, C.: Comparative Test Canon 10D / Nikon D70 in the Field of Deep-Sky Astronomy, www.astrosurf.com/buil/d70v10d/eval.htm
- [2] Buil, C.: Canon EOS 350D - IR-Cut Filter Removal Operation, Performances and Image Samples, www.astrosurf.com/buil/350d/350d.htm
- [3] Hutech Astronomical Products [sci-encecenter.net/hutech/](http://sciencecenter.net/hutech/)
- [4] Baader DSLR Astro Conversion Filter für Canon EOS Digitalkameras, www.baader-planetarium.de/zubehoer/mechadap/digi-t2.htm#wechselfilter
- [5] Majid, F.: Is the Nikon D70 NEF (RAW) format truly lossless?, www.majid.info/my-los/weblog/2004/05/02-1.html
- [6] DSLR Focus: www.dsrlrfocus.com
- [7] Hap Griffin Astro-Cables and DSLR Astronomical Accessories: www.hapg.org/astrocables.htm
- [8] Astrophotography Guide for EOS DIGITAL: web.canon.jp/imaging/astro/index-e.html

Astro-Umbau für digitale Canon-Spiegelreflexkameras

Die digitalen Spiegelreflexkameras der Canon EOS-Serie sind bei Astrofotografen beliebt. Doch besitzen sie einen großen Nachteil: Der in den Kameras eingebaute Infrarot- und Antialiasing-Filter unterdrückt die rote Wasserstoff-Emissionslinie bei 656,3nm, in der die meisten Nebel strahlen. Das Ergebnis sind grüne statt rote Nebel oder sehr lange Belichtungszeiten.

Bisher musste man einen Umbau selbst vornehmen. Dazu war nicht nur feinmechanisches Geschick gefragt, sondern auch Mut, denn der eigenhändige Eingriff kostete die Herstellergarantie und verursachte manchmal auch einen Funktionsverlust der Kamera. Die Firma Baader Planetarium bietet nun einen kommerziellen Umbauservice an. Dabei wird der kameraeigene Filter durch den »DSL Astro Conversion Filter« ersetzt. Dieser Filter besitzt die gleiche Dicke wie das Canon-Modell, verzichtet aber auf die Antialiasing-Funktion, die in der Astrofotografie nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Transmissionswerte entsprechen dem UV-/IR-Sperrfilter von Baader, er schneidet also die Ränder an beiden Seiten des optischen Spektrums steil ab, ermöglicht aber eine wesentlich höhere H α -Empfindlichkeit. Dabei bleibt der Weißabgleich für Tageslichtaufnahmen erhalten, wie Baader angibt.

Der Filter kostet je nach Kameramodell zwischen 75€ (350D) und 95€ (5D). Zusätzlich werden Umbaukosten zwischen 160€ für die Modelle 300D und 350D, 185€ für die EOS 10D und 20D sowie 225€ für das neue 5D-Modell fällig.



Wolkenmesser: Boltwood Cloud Sensor

Ferngesteuerte Sternwarten sind keine Seltenheit mehr. Vielfach ist es für die Betreiber nicht einfach, die Qualität des Himmels über dem Sternwartenstandort einzuschätzen. Der Boltwood Cloud Sensor misst die Strahlungsstärke des Himmels im infraroten Spektralbereich und vergleicht diese mit der aktuellen Temperatur und kann daraus den Grad der Bewölkung berechnen. Außerdem werden Feuchte sowie Regen oder Schneefall registriert. Um Fehlmeldungen aufgrund von Tau oder Reif auszuschließen, wird der Sensor gegenüber der Umgebung aufgeheizt. Das neue Modell II misst nun auch Windgeschwindigkeiten. Das Gerät kann über einen USB-Anschluss gesteuert werden, um Grenzwerte festzulegen. Ist der Sensor mit der Sternwartenkuppel verbunden, wird diese bei Überschreiten der Grenzwerte automatisch geschlossen – selbst wenn der Computer nicht läuft. Der Boltwood Cloud Sensor kostet \$1200 mit 50m-Kabel.



Klein aber fein: Skywatcher Equinox-Refraktoren

Stark an Modelle, die unter den Namen Scopos oder Megrez angeboten werden, erinnern zwei neue dreilinsige ED-Refraktoren aus dem Hause Skywatcher. Das kleinere Modell besitzt eine 66mm Öffnung und 400mm Brennweite, während der größere Refraktor 80mm Öffnung bei 500mm Brennweite besitzt. Beide Teleskope sind mit um 360° rotierbaren Crayford-Okularauzügen mit Untersetzung und ausziehbaren Taukappen ausgerüstet und werden mit Alukoffern geliefert. Die Tuben sind teilbar und mit einer Rohrschelle versehen. Die Preise liegen bei 499€ bzw. 699€.



Azimutale Montierungen aus Amerika

Nicht im interstellarum-Produktvergleich in Heft 50 enthalten, aber durchaus mit den getesteten azimutalen Montierungen vergleichbar, sind Konstruktionen von Tim Peters aus den USA. Die zwei unter dem Namen DiscMount angebotenen Modelle DM-4 und DM-6 lassen sich mit 3/8"-Schrauben auf gängigen Stativen befestigen. Für die Fernrohraufnahme verfügen beide Montierungen über eine große Adapterscheibe, in der 18 bzw. 20 Bohrungen das Anbringen von Rohrschellen erlauben. Die Montierungen sind aus Aluminium und Stahl hergestellt und wiegen ca. 2,5kg (DM-4) bzw. 7,5kg (DM-6), die Tragkraft wird mit 7,5kg bzw. 20kg angegeben. Die US-Preise liegen bei \$800 bzw. \$1200.



Goto-Teleskope kabellos vom PC steuern

Der Bluetooth-Technologie bedient sich ein Zubehör, das derzeit in den USA Furore macht, in Deutschland aber noch nicht erhältlich ist: Mit dem Bluestar von Orion kann man gängige Goto-Montierungen von Celestron, Meade und Skywatcher ohne Kabel direkt vom PC oder Laptop aus betreiben. Das Zubehör arbeitet kabellos mit einer Funkverbindung zwischen Computer und Teleskop, die bis zu 9m betreiben kann. Notwendig ist ein Bluetooth-Modul am Computer, montierungsseitig wird Bluestar einfach in die RS323-Buchse der Handsteuerbox gesteckt. Die Software arbeitet mit allen gängigen Planetariumsprogrammen, die eine Teleskopsteuerung beinhalten.



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

Teleskop im Rucksack

Ein ultraleichter 8"-Reisedobson

VON CHRISTIAN BUSCH

Schon lange reifte in mir der Entschluss, einen Reisedobson zu bauen, der nicht nur sehr leicht, sondern auch in einem Rucksack zu verstauen sein sollte. Gleichzeitig sollte er über genügend Öffnung verfügen, damit sich auch weit entfernte Galaxienhaufen und Quasare beobachten lassen. Das Ergebnis ist ein Dobson mit einem selbst geschliffenen Spiegel, dessen Öffnung 204mm und dessen Brennweite knapp 890mm betragen. Das Gewicht beträgt 4,3kg bei rucksacktauglichen Maßen von 31cm×28cm×9cm. Das ganze Gerät kann innerhalb von nur zehn Minuten aufgebaut werden. Hinzu kommt noch die Zeit für die Justage der Optik, da aufgrund der geringen Packmaße der Fangspiegel jedes Mal eingesetzt werden muss.



Die Planung

Bei der Planung eines solchen Teleskops muss man sich über jedes kleine Detail Gedanken machen, da man sich ständig am Limit bewegt. Nachdem die Brennweite von 890mm feststand, musste die Lage des Schwerpunktes bestimmt werden. Da auf gute Okulare und ein großes Gesichtsfeld nicht verzichtet werden sollte, musste am Hut selbst soviel Gewicht wie möglich eingespart werden, damit sich der Schwerpunkt nach unten verlagert. Schließlich lag der Schwerpunkt 23cm über dem Spiegel. Die zweite Herausforderung war die Höhe der Spiegelbox, die maximal 7cm hoch sein durfte, wenn die geforderten Packmaße eingehalten werden sollten. Damit lag der Schwerpunkt jedoch 16cm über dem oberen Rand der Box: Die Gestaltung der Höhenräder wollte genau überlegt sein, zumal sie ebenfalls in den Rucksack passen mussten. Sie wurden deshalb als Sichel ausgeführt und überflüssiges Ma-

terial ausgespart, um Gewicht zu sparen. Geringes Gewicht ohne Verlust an Funktionalität und Stabilität war überhaupt oberstes Gebot.

Insgesamt belaufen sich die Kosten auf knapp 500€ (Übersicht siehe Kasten), was für einen 200mm-Dobson recht viel erscheinen mag, jedoch darf man dabei nicht vergessen, dass man ein maßgeschneidertes Teleskop mit einem durch den Selbstschliff sehr guten Spiegel erhält.

Die Spiegelbox mit Zelle

Die Maße der Box gehen direkt aus den Packmaßanforderungen hervor. Die Spiegelzelle war schwieriger herzustellen. Ohne übermäßigen Aufwand musste der Spiegel vernünftig gelagert und zugleich gegen ein Herausfallen beim Transport gesichert sein. Ich entschied mich für eine einfache Zelle aus vernieteten 10mm-Alukantrohren (Abb. 2) mit einer Schlingenlagerung für den Spiegel. Diese ist einfach zu bauen, gibt dem Spiegel den notwendigen Halt, vermeidet Astigmatismus und ermöglicht eine genaue Justage. Für die Schlinge wurde das Band eines Schlüsselumhängers verwendet, das an zwei Gewindestangen befestigt ist. Dazu wurde das Band auf die erforderliche Länge zu-

geschnitten und die Enden miteinander vernäht. So konnte es ganz einfach über die Gewindestangen gesteckt werden. Damit der Spiegel während der Beobachtung kein seitliches Spiel hat, wurden zwei weitere, kleine Gewindestangen angebracht, die den Spiegel ganz leicht berühren. Um den Spiegel am Herausfallen während des Transports zu verhindern, sind an allen vier Stangen oben kleine Plättchen angebracht, die mit Hilfe von Muttern in der Höhe verstellt werden können (Abb. 3). Justiert wird der Spiegel mit drei kleinen Schrauben an der Unterseite der Spiegelbox, deren genaue Position mit dem frei erhältlichen Computerprogramm »Plop« (s. Surftipp) berechnet wurde. Damit sich die Justage während der Beobachtung nicht verstellen kann, werden die Schrauben mit Federn in Position gehalten.

Abb. 1: Ein ultraleichter Reisedobson, der im Fluggepäck genausowenig Platz verschwendet wie auf der Rückbank eines Autos.

Der Tubus aus Gitterstäben

Für den Gittertubus wurde das klassische 8-Stangen-Design verwendet, so dass der Dobson nicht nur ziemlich steif,

Surftipps

Homepage des Autors: www.spaceagents.de

Computerprogramm Plop: www.davidlewistoronto.com/plop/



Abb. 2: **Die Unterseite der Spiegelzelle** aus vernieteten 10mm-Alukantrohren.



Abb. 3: **Blick in die Spiegelbox.** Am Rand der Halterung sind Gewindestangen zu erkennen, mit denen das Halterungsband gestrafft wird, unten sieht man die Stangen, die ein seitliches Wegrutschen des Spiegels verhindern.

sondern auch recht justierstabil ist. Da der Aufbau des Teleskops einerseits recht schnell vonstatten gehen und andererseits die Halterungen für die Stangen einfach zu bauen sein sollten, entschied ich mich für das Prinzip der Verspannung: Dabei werden die Stangen senkrecht in die Halterungen der Spiegelbox eingesteckt, dann zur Mitte hin gebogen und der Hut eingesetzt. Aufgrund der nun vorhandenen Spannung in den Stäben wird das Teleskop sehr stabil und verwindungssteif.

Die Stangen sind 11mm-Alurohre mit einer Wandstärke von 1mm, die man in jedem Baumarkt bekommen kann. Die Enden, an denen die Spinne und der Hut befestigt werden, wurden mit Hilfe des Schraubstocks zusammengedrückt und mit einem Loch versehen. In diese Löcher werden beim Zusammenbau des Dobson die oberen Stangenhalterungen, die nichts anderes als überstehende Gewindestangen der Spinne sind, eingesetzt (Abb. 4).



Abb. 4: **Verbindung der Tubus-Stangen mit dem Hut**, in dem die Spinne mit dem Sekundärspiegel sitzt. Mit Hilfe eines Holzbrettchens ist der Okularauszugs am Ring befestigt.



Abb. 5: **Die Rockerbox mit seitlich angeschraubten Führungsschienen für die Spiegelbox.** Ebenfalls zu erkennen ist die untere Halterung der Tubus-Stangen mit der Verstärkung aus Messing.

Die untere Stangenhalterung besteht aus 15mm-Alukantrohren, in welche die Stangen haargenau hineinpassen. Die Halterungen wurden mit zwei Schrauben in der Spiegelbox befestigt (Abb. 3). Mit der unteren Schraube werden die Stangen zugleich am Herausfallen gehindert. Da die Kräfte, die wegen der Verspannung der Rohre auf die Halterungen wirken, recht groß sind und von den Schrauben nicht ganz aufgenommen werden können, wurden zur Verstärkung Messingprofile angebracht, die den größten Teil der Kräfte aufnehmen. So muss man sich keine Sorgen machen, dass eine Halterung abreißt.

Der Hut

Wie schon erwähnt, musste der Hut sehr leicht sein, da sich hier schon ein bisschen Mehrgewicht entscheidend auf den Schwerpunkt auswirkt. Die klassische Bauweise, bei der zwei Holzringe mittels

kleiner Alustangen zusammengefügt und innen mit sehr dünnem Sperrholz ausgekleidet werden, kam wegen des zu hohen Gewichts nicht in Frage, so dass ich auf andere Materialien ausweichen musste. Ich entschied mich, den Hut aus einem 10mm-Alukantrohr mit einer Wandstärke von 1mm zu bauen.

Dazu macht man eine Schablone aus Holz. Es sind im Wesentlichen zwei kleine Holzbacken, die aufeinander passen und einen Krümmungsradius aufweisen, der um 10% geringer ist als der Radius des fertigen Rings. Dies ist notwendig, weil sich der Ring nach dem Biegen ein wenig aufweitet. Das Biegen an sich ist recht einfach: Man nimmt das Alukantrohr, legt es zwischen die beiden Holzradien und zieht den Schraubstock zu. Mit ein wenig Übung gelingt dies recht einfach. Die beiden Enden wurden vernietet und fertig war der Ring.

Die Spinne wurde aus Messingblech gefertigt. Diese wird mit Hilfe angelöteter Gewindestangen im Ring verspannt. In der Mitte befindet sich ein Stück Alukantrohr, an dem die Fangspiegelhalterung befestigt ist (Abb. 4). Diese ist aus Aluminium und kann mittels dreier Schrauben justiert werden. Beim Transport wird der Fangspiegel samt Halterung abgeschraubt. Die Gewindestangen für die Spinne dienen zudem als Aufnahme für die Gitterrohrstäbe.

Die Fangspiegelhalterung ist ebenfalls sehr einfach aufgebaut. Sie besteht aus zwei Aluplättchen, die mit Hilfe dreier Schrauben gegeneinander justiert werden können. Damit sich die Justage nicht mehr verstellen kann wurden Federn eingesetzt. Der Fangspiegel wurde mit Silikon angeklebt.

Als Okularauszug kommt ein 1,25"-Auszug von KineOptics zum Einsatz. Dieser ist mit 70g sehr leicht und bietet zudem eine geringe Bauhöhe, was die Verwendung eines kleineren Fangspiegels ermöglicht. Der Okularauszug ist auf einem Brett befestigt, das mittels zweier Schrauben an den Ring geschraubt wird. Eine zusätzliche Verstrebung des Brettes ist nach meinen Erfahrungen bei einem Okulargewicht von 250g nicht unbedingt nötig (Abb. 4).

Die Rockerbox

Die Rockerbox wurde auf ein Minimum an Gewicht reduziert, so dass sie im Wesentlichen aus einem Holzring und zwei Seitenteilen besteht. Da die Spiegelbox sehr flach ist und die Höhenräder einen großen Durchmesser haben, konnte

die Rockerbox ebenfalls sehr niedrig gebaut werden. An den Seitenteilen musste eine Führungsschiene aus Alukantrohren angebracht werden, weil die Spiegelbox aufgrund der geringen Höhe nicht mehr als natürliche Führung eingesetzt werden kann. Ohne diese Schiene würde die Spiegelbox ständig von der Rockerbox herunterrutschen (Abb. 5).

Der Boden wurde mit Ebonystar belegt, auf dem die Rockerbox über drei kleine Teflonstücke gleitet. Dies garantiert eine weiche und ruckfreie Bewegung. Bei den Sichern wurde bewusst auf eine solche Belegung verzichtet, so dass hier Holz auf Teflon läuft. Dies hat höhere Reibungskräfte zur Folge, welche Probleme mit der Balance des Teleskops vermeiden. Somit konnte ein großes Problem flacher Spiegelboxen relativ einfach beseitigt werden. In Kombination mit den großen Sichern können sowohl leichte als auch schwere Okulare zur Beobachtung eingesetzt werden. Gegengewichte sind überflüssig.

Es soll allerdings nicht verschwiegen werden, dass sich das Teleskop je nach horizontaler Ausrichtung beim Wechseln der Okulare nach oben neigt. Dem kann abgeholfen werden, indem man die Höhenräder mit einer kleinen Schraube klemmt. In der Praxis funktioniert das sehr gut, so dass man keine Angst haben muss, dass sich das Objekt nach dem Okularwechsel nicht mehr im Gesichtsfeld befindet.

Die Beobachtungspraxis

Im Dunkeln geht der Aufbau innerhalb von 10 Minuten recht zügig vonstatten. Sowohl der Fang- als auch der Hauptspiegel müssen vor jeder Beobachtung justiert werden. Diesen Kompromiss muss man aufgrund des geringen Packmaßes eingehen. Das ist aber in der Regel kein Problem, da man die Justagearbeiten während der Zeit, in der der Spiegel auskühlen muss, erledigen kann. Mit Hilfe einer Filmdose dauert die Justage nicht länger als 5 Minuten.

Mit einem 32mm-Superplössl erreicht man in der Praxis ein scheinbares Gesichtsfeld von ziemlich genau 2°. Das ist

ausreichend, um größere Objekte wie zum Beispiel die Plejaden, die Krippe oder große Emissionsnebel vernünftig zu beobachten. In Kombination mit einem Leuchtpunktucher und einer Sternkarte gestaltet sich das Aufsuchen von Objekten mittels Starhoping recht einfach. Bei höherer Vergrößerung ist zu beobachten, dass es ab Windstärke 2–3 aufgrund des sehr geringen Eigengewichtes zu größeren Schwin-

gungen kommt. Aufgrund dessen ist die Verwendung einer Streulichthülle aus Stoff nicht möglich. Es kann aber auch bei deutlich höheren Windgeschwindigkeiten beobachtet werden, wenn man die Streulichtblende weglässt. Natürlich muss man dann mit vermindertem Kontrast rechnen.

Auch beim Fokussieren treten Schwingungen auf, die bis zu 155facher Vergrößerung aber tolerierbar sind. Hat man sich einmal daran gewöhnt, macht das Scharfstellen keine besonderen Probleme. Die Schwingungen klingen nach dem Fokussieren innerhalb von zwei bis drei Sekunden ab. Das ist kein Rekord, aber auch nicht weiter tragisch.

Die Sitzposition ist für mich (170cm groß) ausreichend, für viele dürfte sie allerdings zu niedrig sein. Bei horizontalen Objekten muss allerdings auch ich mich auf den Boden setzen, um einen angenehmen Einblick zu haben.

Fazit

Das Gewicht konnte incl. Okularauszug und Leuchtpunktucher auf 4,3kg reduziert und das Packmaß auf 31cm×28cm×9cm



Abb. 6: Der Dobson im reisefertigen Zustand.

gedrückt werden. Der Dobson passt mit Stangen, Okularen, einem kleinen Hocker, warmer Kleidung und Sternkarten in einen normalen Rucksack.

In der ersten Beobachtungsnacht hat sich gezeigt, dass man bei einem solch geringen Gewicht und der sehr kurzen Brennweite ein paar Kompromisse bzgl. Stabilität eingehen muss. Jedoch sind diese aufgrund des sehr kleinen Packmaßes, auf das es in erster Linie ankam, zu tolerieren.

Materialliste und Kosten für einen 8"-Reisedobson

Rohling, Schleifmaterial, Verspiegeln lassen:	210€
Fangspiegel (50mm, Orion Optics):	80€
Okularauszug (Kineoptics HC-1):	90€
Leuchtpunktucher:	30€
Holz (Sperrholz, 11mm stark):	20€
Stangen, andere Metallteile:	40€
Kleinteile, Farben:	20€

Kampf dem Rauschen

NeatImage im Praxistest

VON THOMAS JÄGER

Astrofotografen kennen das Problem des Rauschens, es verleiht den Aufnahmen ein grieseliges und unschönes Aussehen. Astrofotos sind besonders betroffen, weil häufig hohe ISO-Einstellungen verwendet werden. Dies hat ein stärkeres Rauschen zur Folge, weil die Kamera eine Signalverstärkung durchführt, die sowohl das Nutzsignal als auch das Rauschen erhöht. Konventionelle Rauschfilter, wie man sie in den gängigen Bildbearbeitungsprogrammen findet, bringen selten eine wirkliche Verbesserung, das Bild wird häufig nur unschärfer. Eine Lösung für verrauschte Bilder ist die Nachbearbeitung mit dem Programm NeatImage.

NeatImage arbeitet genau, da es das betroffene Bild individuell analysiert und somit eine optimale Rauschunterdrückung erreicht. Bei den meisten Bildern lässt sich mit geringem Aufwand eine erhebliche Verbesserung erzielen. Die Demoversion von NeatImage ist im Internet frei verfügbar, sie läuft nach der Installation nicht ab und ist für den privaten Gebrauch kostenfrei. Der Leistungsumfang der Demoversion ist für die gelegentliche Bearbeitung von Astrofotos ausreichend, es lohnt sich diese Version genauer zu betrachten.

Grundproblem Rauschen

Rauschen tritt sowohl bei der Digitalfotografie als auch bei konventionellen Kameras auf. Bei Digitalfotos wird die Stärke des Rauschens maßgeblich durch die Kamera und deren Einstellung bestimmt. Das Gesamt rauschen setzt sich dabei aus verschiedenen Komponenten zusammen: dem Ausleserauschen, das durch Fehler beim Auszählen der Pixel entsteht; dem Dunkelstrom, der temperaturabhängig ist; dem Quantisierungsrauschen, das durch Rundung bei der Analog-Digitalwandlung entsteht und dem mittleren Fehler sowohl des Signals als auch des Himmelshintergrundes.

Bei konventionellen Fotos kommen zwei Komponenten ins Spiel, zum einen

das Filmkorn, das von der Empfindlichkeit und der Entwicklung des Films abhängt, zum anderen der Scanvorgang, der das Dia oder das Negativ in den Computer bringt. Warum das Rauschen in der Astrofotografie eine größere Rolle spielt, ist nachvollziehbar: Astrofotografen machen ihre Bilder meist in der Dunkelheit und mit hoher Empfindlichkeitseinstellung, danach versuchen sie die schwächsten Details aus den Aufnahmen herauszuholen. Die Faktoren, die das Bildrauschen direkt beeinflussen können, sind in der Tabelle aufgeführt.

Das Prinzip

NeatImage ist eine Bildbearbeitungssoftware für Windows, die das Rauschen spürbar und fast ohne Qualitätsverlust reduziert. Die Rauschunterdrückung mit NeatImage ist anderen Methoden überlegen, da sie die charakteristischen Störungen im Bild analysiert und den Rauschfilter adaptiv auf das vorliegende Bild anpasst. Bei jedem Schritt, also sowohl bei der Rauschanalyse, als auch beim Filterprozess, kann der Benutzer individuell eingreifen. Wer dies nicht möchte, kann NeatImage den ganzen Filterprozess auch automatisch durchführen lassen. Selbst mit den Standardwerten des Programms wird man immer zu einer deutlichen, häufig sogar erheblichen Verbesserung des Bildes kommen.

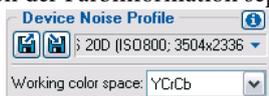
Um ein Farbbild im Speicher des Computers darzustellen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Grundprinzip ist aber immer das gleiche: Einem Bildpunkt (Pixel) wird mit einem Satz von Zahlenwerten eine Farbe mit bestimmter Helligkeit zugeordnet. Man nennt dieses Prinzip einen Farbraum. Von Computermonitoren her bekannt ist der RGB-Farbraum. Hier ist jeder Bildpunkt aus den drei Komponenten rot, grün und blau zusammengesetzt, so dass sich quasi jede gewünschte Farbe erzeugen lässt:

ergibt Schwarz:	ergibt Grasgrün:	ergibt Weiß:
R = 0%	R = 50%	R = 100%
G = 0%	G = 100%	G = 100%
B = 0%	B = 0%	B = 100%

Bei der Digitalfotografie und beim Fernsehen ist der so genannte YCrCb-Farbraum weit verbreitet. Auch hier gibt es drei Kanäle (Y, Cr und Cb), mit denen jede Farbe erzeugt werden kann. Die Y-Komponente enthält einen reinen Helligkeitswert, die Cr-Komponente entspricht einer Farbe auf einem Verlauf von rot nach blaugrün und die Cb-Komponente einem Wert von blau nach gelb. Der YCrCb-Farbraum wird u.a. zur Kodierung des bekannten JPG-Formats verwendet.

NeatImage kann die Entrauschung in verschiedenen Farbräumen durchführen, besonders effizient ist die Verwendung des

YCrCb-Farbraumes, da hier die Helligkeit von der Farbinformation separiert ist.



Bei Schwarzweißaufnahmen wird der YCrCb-Symmetric empfohlen. Wenn Bilder im JPG-Format vorliegen, wird der Farbraum automatisch voreingestellt, bei TIF-Bildern in Schwarzweiß sollte man die Einstellung selbst vornehmen, hier wird die Einstellung YCrCb-Symmetric empfohlen. Die Wahl des Farbraumes ist nur eine interne Einstellung von NeatImage, eventuell vorhandene Farbprofile innerhalb der Bilddatei werden dabei nicht verändert.

Versionen, Download und Installation

NeatImage ist ein kommerzielles Produkt, das in verschiedenen Versionen erhältlich ist, dadurch deckt es die Bedürfnisse vom Hobby- bis zum Berufsfotografen ab. Die Unterschiede zwischen den Versionen sind auf der Homepage von NeatImage sehr übersichtlich dargestellt. Da es keine deutschen Vertriebskanäle für NeatImage gibt, muss sich hier auf die Demoversion beschränkt werden. Diese kann jederzeit aus dem Internet heruntergeladen werden und ist sofort einsatzbereit. Die Demoversion darf für nicht kommerzielle Zwecke kostenfrei verwendet werden, sie hat weder Laufzeitbeschränkungen noch nervende »Quengelfenster«. Die wichtigsten Einschränkungen gegenüber den kostenpflichtigen Versionen sind die Begrenzungen auf 8-Bit Farbtiefe und der auf JPG eingeschränkte Export. Die Sprache der Benutzeroberfläche ist Englisch, es kann kein deutsches Schema nachgeladen werden. Alle folgenden Ausführungen im Artikel beziehen sich auf die aktuelle Demo-Version 5.6 und das Betriebssystem Windows XP.

Die Installation von NeatImage verläuft anwenderfreundlich mit einem Installationsprogramm. Nach dem Download von der NeatImage-Homepage muss das Programmpaket (ZIP-Datei) nur noch entpackt werden, dann wird die Installation durch den Aufruf des Setup-Programms gestartet.

Neben dem Programm wird auch ein Photoshop Plug-In mitgeliefert (Datei: NeatImage.8bf), das sich nach dem Setup im Programmverzeichnis von NeatImage befindet. Es läuft neben Photoshop auch mit Photoshop Elements und einigen anderen kompatiblen Grafikprogrammen. Man

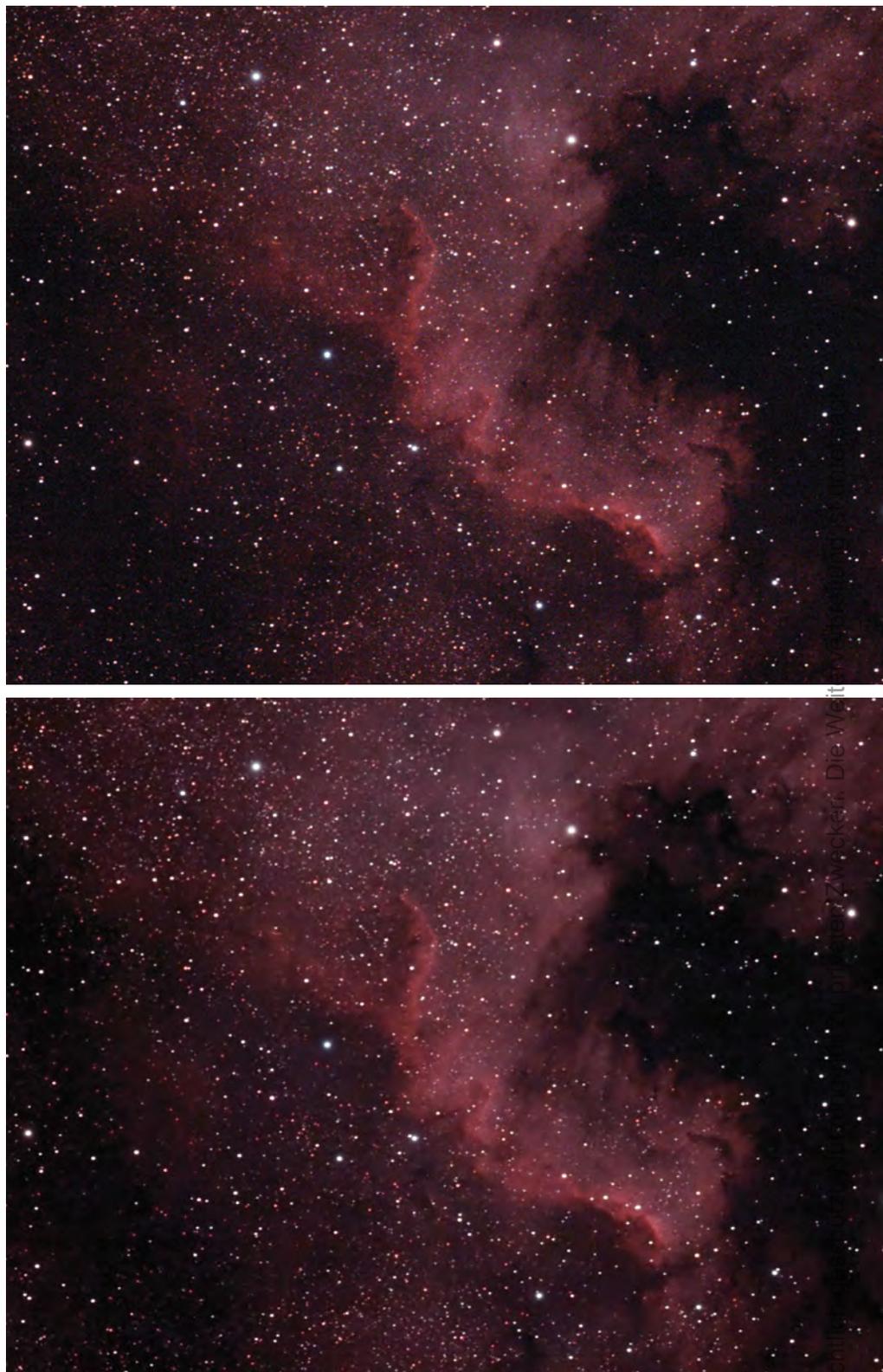


Abb. 1: **Astrofotos sind oft von einem Rausch-Schleier umgeben**, insbesondere wenn hohe Empfindlichkeitseinstellungen verwendet werden. Hier wurde der südliche Teil des Nordamerikanebels 8min mit ISO 1600 aufgenommen (oben). Die Software NeatImage entfernt das Rauschen wirkungsvoll (unten).

kopiert diese Datei einfach in das Plug-In-Verzeichnis von Photoshop und schon tritt NeatImage im Menü Filter auf. Leider ist das Plug-In der Demo-Version auf eine Bildgröße von 1024×1024 Pixel begrenzt und somit für die meisten astronomischen Anwendungsfälle unbrauchbar.

Entrauschen Schritt für Schritt

Nach dem Programmstart wechselt man mit Menü Tools in den »Advanced Mode«, der mehr Einstellungsmöglichkeiten bietet. NeatImage ist mit vier Registerkarten sehr übersichtlich gegliedert. Während



Abb. 2: **Auch beim Mond wirkt die Entrauschfunktion von NeatImage.** Mondaufnahme des ersten Viertels, aufgenommen mit einem 250mm-Newton und einer Nikon Coolpix 995 Digitalkamera. Das starke Rauschen der Kamera konnte mit NeatImage unterdrückt werden.

des Bearbeitungsprozesses arbeitet man sich schrittweise durch jede Registerkarte. Ein Springen zwischen den einzelnen Karten ist jederzeit möglich.

1. Registerkarte

Input Image

In der ersten Registerkarte wird das zu bearbeitende Bild angegeben. Es können TIF-, JPG- und BMP-Dateien geladen werden, in der Demoversion ist die Farbtiefe jedoch auf 8 Bit pro Farbe oder 8 Bit Graustufen begrenzt. Das in der Astronomie verbreitete FITS-Format wird nicht unterstützt, da NeatImage nicht primär für Astronomen entwickelt worden ist. Der Bildimport wird in der Astrofotografie überwiegend über das TIF-Format erfolgen. Damit NeatImage die Datei lesen kann, müssen folgende Punkte erfüllt sein:

- TIF-Format unkomprimiert
- nur Einzelbild

- keine Ebenen
- ohne Alpha-Kanal

Falls NeatImage beim Laden einer TIF-Datei »meckert«, ist der Grund meist darin zu suchen, dass eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt ist. In der Regel lässt sich aber jede TIFF-Datei in das geforderte Grundformat umwandeln, falls es unlösbare Importprobleme gibt, bleibt immer noch der Import über das BMP-Format.

Praktisch ist das Informationsfenster im rechten Teil der Registerkarte. Hier finden sich die wichtigsten Kenndaten des Bildes. Findet NeatImage EXIF-Daten in der Bilddatei, stellt es die wichtigsten Bildinformationen zusätzlich dar.

2. Registerkarte

Device Noise Profile

NeatImage ist anderen Entrauschungstechniken überlegen, da sich sein digitaler Filter adaptiv auf das vorliegende Bild ein-

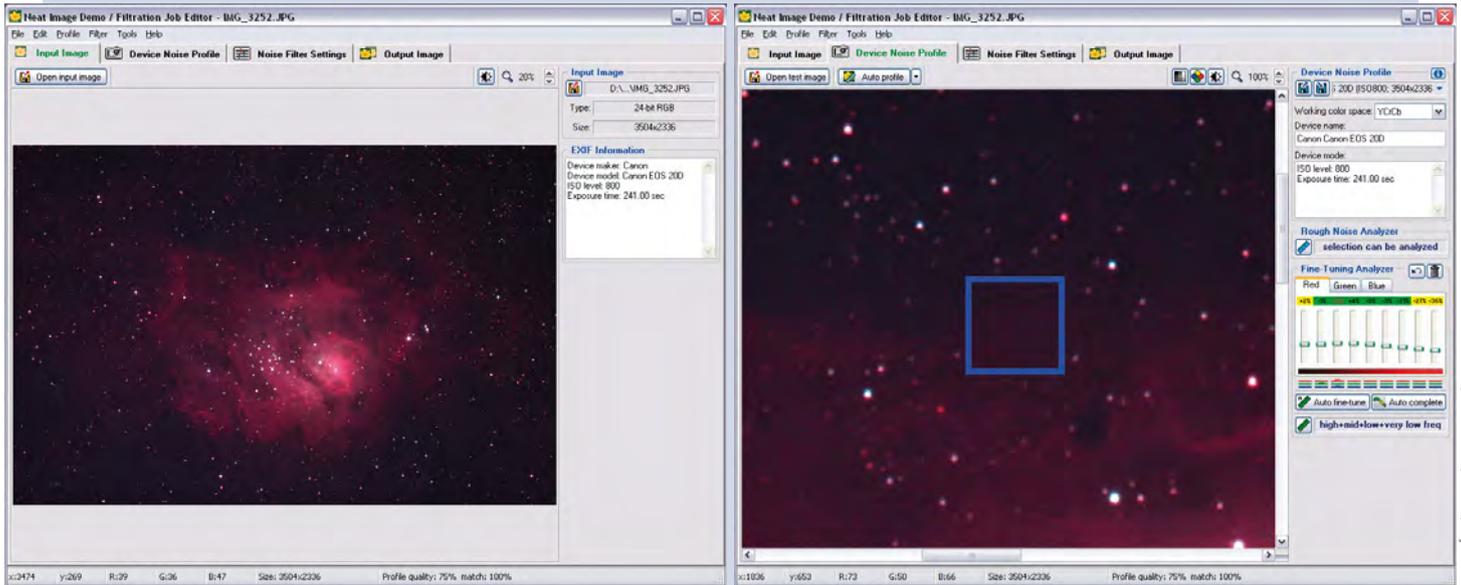
stellen lässt und somit optimal wirkt. Mit Hilfe der zweiten Registerkarte wird eine Bildanalyse durchgeführt, sie ist der wichtigste Schritt und beeinflusst maßgeblich die Ergebnisqualität.

Für die Rauschanalyse muss NeatImage ein Bereich im Bild vorliegen, der möglichst keine Bilddetails, sondern nur Rauschen enthält. Man zieht dazu mit der Maus einen rechteckigen Bereich im Bild auf. Das Rechteck sollte mindestens so groß sein, dass die Meldung des Rough Noise Analyzers von »selection is too small« auf »can be analyzed« springt. Die Auswahl einer geeigneten Stelle ist nicht immer einfach, man sollte sich etwas Zeit nehmen, um eine möglichst große Fläche zu finden, in der keine nennenswerten Details oder Farbübergänge zu finden sind. Von der richtigen Wahl dieser Fläche hängt maßgeblich die Qualität des Ergebnisses ab. Die folgenden Fehlermeldungen sollten vermieden werden, da es so zu ungenauen Rauschprofilen kommt. Die Meldung »area not uniform in Y, Cr, Cb« deutet darauf hin, dass sich noch viele Details (auch Farbübergänge) im ausgewählten Bereich befinden. Man sollte versuchen, einen Bereich mit weniger Details zu finden. Die Meldung »clipping in R, G, B channels« bedeutet, dass sich ein oder mehrere Kanäle am Ende des Dynamikbereiches befinden, sie sind, vereinfacht gesagt, zu hell. Man sucht in diesem Fall am besten eine dunklere Stelle im Bild.

Ist eine passende Stelle gefunden, drückt man zur Analyse den Knopf am »Rough

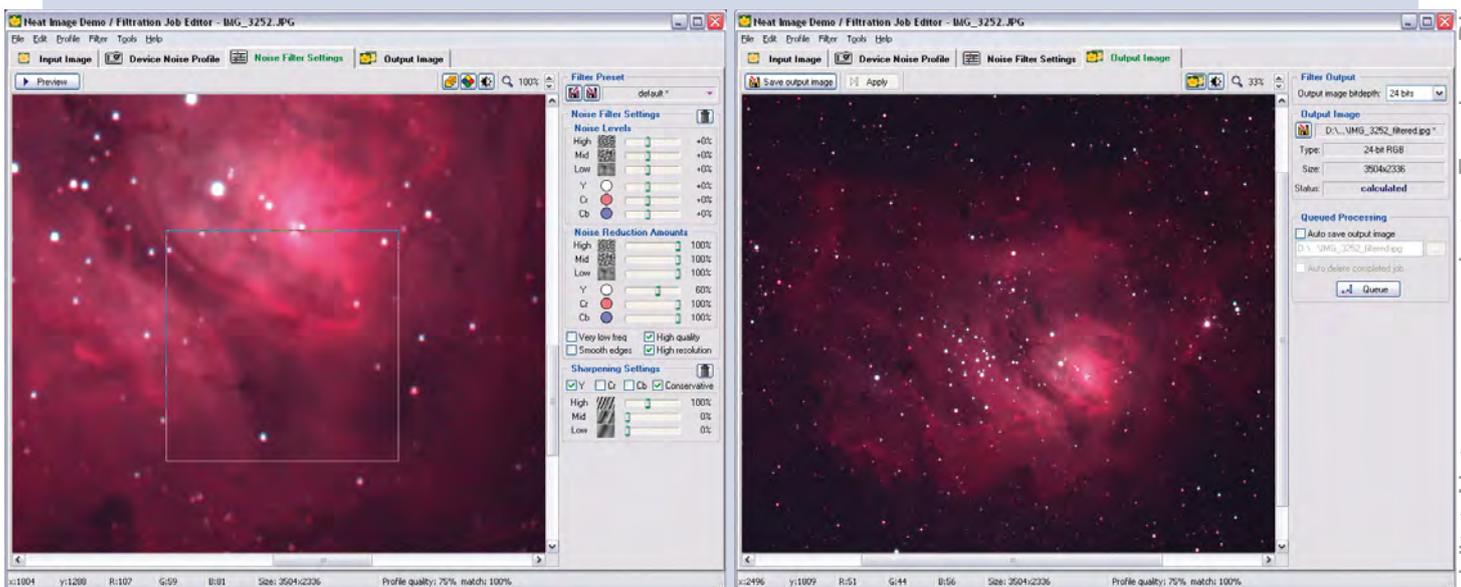
Faktoren, die das Bildrauschen direkt beeinflussen	
Faktoren bei der Digitalfotografie	Beeinflussungsmöglichkeit des Fotografen
Eigenrauschen des Objektsignals und des Himmelhintergrunds	bei dunklerem Himmel fotografieren
Dunkelstrom (temperaturabhängig)	Kühlung bei CCD-Kameras exakter Dunkelbildabzug
Ausleserauschen	mehr Einzelbilder machen (Mittlung des Rauschens), länger belichten (höheres Signal-zu-Rausch-Verhältnis)
Quantisierungsrauschen	vernachlässigbar (Minderung siehe Ausleserauschen)
hoher ISO-Wert, d.h. interne Signalverstärkung bei der Digitalfotografie	vertretbar niedrigeren ISO-Wert einstellen niedrigeres Gain bei CCD-Kameras und Kühlung
Verarbeitungseffekte kameraintern	mit RAW Modus aufnehmen, keine JPEG Kompression interne Bildscharfung und Kontrastanpassung abschalten
Bearbeitungseffekte bei der Bildverarbeitung	Software- und verarbeitungsabhängig

Abb. 3: Bearbeiten eines Bildes mit NeatImage.



a) Mit der ersten Registerkarte wird das zu bearbeitende Bild geöffnet. Rechts werden Dateiinformationen und eventuell vorhandene Metadaten des Bildes angezeigt.

b) Mit einem Rechteck wird der Analysebereich festgelegt. Es sollten sich keine Bilddetails oder Farbverläufe innerhalb dieses Bereiches befinden. Auch Sterne sollten möglichst vermieden werden. Die Qualität des Gesamtergebnisses hängt maßgeblich von der Auswahl des Analysebereiches ab.



c) Mit dem Vorschaurechteck werden die Einstellungen des Rauschfilters kontrolliert. Jede Änderung mit den Schiebereglern wird sofort innerhalb des Rechtecks dargestellt. Das Rechteck kann mit der Maus beliebig über das Bild gezogen werden.

d) In der letzten Registerkarte wird die Rauschfilterung auf das gesamte Bild angewendet. Es ist immer möglich, zu vorherigen Registerkarten zu springen, um Änderungen vorzunehmen.

Noise Analyzer«. NeatImage erstellt nun ein Rauschprofil auf Basis der getroffenen Auswahl. Anschließend wählt man den Knopf »Auto fine-tune«, dadurch wird das Rauschprofil noch verbessert, indem Informationen aus dem ganzen Bild hinzugefügt werden. Mit der Tastenkombination CTRL-I oder dem blauen Infoschalter (rechts oben) kann man sich die Qualität des erstellten Rauschprofils anzeigen lassen.

Mit dem Schalter »Auto profile« kann man NeatImage das Erstellen eines Rausch-Profiles auch vollständig überlassen. Das Programm wählt dann selbständig einen Bildausschnitt und führt die komplette Analyse durch. Dies bietet sich an, wenn man selbst keinen passenden Bildausschnitt findet.

Rauschprofile lassen sich speichern und für andere Bilder wiederverwenden. Für

den Bereich der Astrofotografie ist davon aber abzuraten, denn sobald auch nur ein Aufnahmeparameter wie etwa ISO-Zahl, Kompressionsgrad, Nachschärfung, Auflösung oder Weißabgleich vom Original abweicht, passt das Rauschprofil nicht mehr. Es ist sehr wahrscheinlich, dass ein vermeintlich mit gleichen Aufnahmeparametern gemachtes Bild sich schließlich doch in einem Parameter unterscheidet,



Originalaufnahme



Y-Wert bei 25%



Rauschreduzierung nur im Cb-Bereich



Y-Wert bei 60%



Rauschreduzierung nur im Cr-Bereich



Y-Wert bei 85%

Abb. 4: Die Galaxie NGC 253 wurde in Namibia aufgenommen. Da keine Nachführkontrolle zur Verfügung stand, musste mit einer hohen Empfindlichkeitseinstellung von ISO 1600 gearbeitet werden, dementsprechend verrauscht ist das Bild.

deswegen ist es grundsätzlich besser, bei jedem Bild ein neues Rauschprofil zu erstellen. Die Bearbeitung wertvoller Astrofotos rechtfertigt die Erstellung eines neuen Noise Profiles auf jeden Fall.

3. Registerkarte Noise Filter Settings

In der dritten Registerkarte kann man den Entrauschungsprozess steuern und eine Vorschau sehen. Mit dem Schalter wird die Vorschau gestartet. Das kleine Vorschaurechteck kann im Gesamtbild beliebig verschoben werden, so kann man sich verschiedene Bildbereiche entrauscht ansehen.

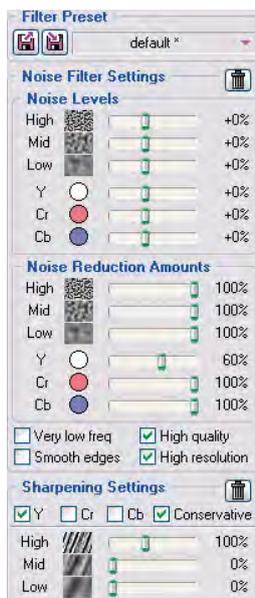
Untergliedert in drei Blöcken kann man erweiterte Filtereinstellungen vornehmen:

Noise Filter Settings

Mit den »Noise-Level« Schiebereglern wird der Rausch-Grundpegel festgelegt,

positive Werte bedeuten, dass, bezogen auf das Rauschprofil, mehr Pixel als Rauschen betrachtet werden, negative Werte bedeuten, dass weniger Pixel als Rauschen betrachtet werden. Die Einstellungen können für hohe, mittlere und niedrige Bildfrequenzen unterschied-

lich getroffen werden. Hohe Frequenzen bedeuten dabei kleine Strukturen, niedrige Frequenzen grobe Strukturen im Bild. Mit dem Y-Regler können alle drei Frequenzbereiche gleichzeitig verändert werden. Nach links werden immer weniger Bildelemente als Rauschen erkannt, nach rechts immer mehr. Die Einstellung für



den Cr- und Cb-Kanal wird kaum zur Anwendung kommen, da ihr Einfluss meist recht gering ist. Allgemein gilt: Je besser das Rausch-Profil ist, desto weniger muss man mit den »Noise-Level«-Schiebereglern verbessern.

Noise Reduction Amounts

Mit den »Noise Reduction Amounts« Schiebereglern wird festgelegt, wie stark die Rauschreduzierung sein soll. Am besten beginnt man mit dem Y-Regler, der sich auf die Helligkeit (Luminanz) aller Farbkanäle und Bildfrequenzen bezieht. Es ist eine Frage des persönlichen Geschmacks, wie viel Rauschen man wegrechnen will. Stellt man den Schieberegler ganz nach links, wird keine Reduzierung vorgenommen, stellt man den Regler ganz nach rechts, wird das Bild extrem glatt und weich. Am besten lässt man den Regler am Anfang auf der Grundstellung von 60%. Sinnvoll kann auch die manuelle Einstellung für die einzelnen Frequenzbereiche sein. Durch das Vorschaurechteck kann man die Auswirkung der Schieberegler sofort sehen. Die Regler für hohe und

Surftipps

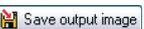
NeatImage Download:
www.neatimage.com

mittlere Frequenzen werden meist auf 100% bleiben, bei den tiefen Frequenzen kann die Rauschreduzierung eventuell hergenommen werden. Die Kästchen unter den Reglern können auf ihren Standardeinstellungen bleiben.

Sharpening Settings

Durch das Entrauschen der Bilder geht immer ein gewisser Schärfeeindruck verloren. Ein besonderer Clou von NeatImage ist der adaptive Schärfeprozess, der in dem Block »Sharpening Settings« gesteuert werden kann. Mit den drei Schieberegler kann man den Scharfzeichnungsfilter wie gewohnt für drei Frequenzbereiche separat einstellen. Wenn man im YCrCb-Farbraum arbeitet, reicht es, die Scharfzeichnung auf den Luminanzkanal (Y-Einstellung) zu setzen, wenn im RGB-Farbraum gearbeitet wird, ist bei allen drei Kanälen ein Haken zu setzen. Die Option »Conservative« sollte man stets aktivieren, da sie wirkungsvoll die Bildung von dunklen Höfen um helle Strukturen verhindert.

4. Registerkarte Output Image

In der letzten Registerkarte kann man die getroffenen Einstellungen mit dem Schalter  auf das ganze Bild übertragen. Der digitale Filter braucht seine Zeit, die Bearbeitung eines sechs Megapixel-Bildes dauert gut zehn Sekunden (1,6 GHz-Prozessor). Mit dem Schalter  kann man dann zwischen dem Originalbild und dem gefilterten Bild umschalten. Ist man mit dem Ergebnis nicht zufrieden, kann man jederzeit zu den vorherigen Registerkarten wechseln und die Filtereinstellungen neu setzen. Um die neuen Werte wieder auf das ganze Bild zu übertragen, ist natürlich ein erneutes »Apply« nötig. Mit  kann man sein Ergebnis sichern, in der Demoversion muss man allerdings mit der Einschränkung leben, nur im JPG-Format speichern zu können. Auch die Stärke der JPG-Kompression ist vorgegeben. NeatImage hängt beim Speichern standardmäßig das Suffix »_filtered« an den Dateinamen an, so kann man die bearbeiteten Bilder leicht von den originalen unterscheiden, ebenfalls fügt NeatImage die Kommentarzeile »This image was processed by Neat Image. NeatImage.com« in die Bildeigenschaften ein. Zumindest das Suffix lässt sich im Menü Tools | Options | Output beliebig ändern. Ärgerlich ist, dass in der Demoversion alle EXIF-Daten entfernt werden, man sollte also sein Originalbild stets gespeichert lassen, um diese Daten nicht zu verlieren.

Fazit

NeatImage bietet einen außergewöhnlich guten und effizienten Filter für die Rauschunterdrückung. Abhängig von Stärke und Art des Rauschens kann man fast immer auf eine deutliche Verbesserung der Bildqualität hoffen.

Für die gelegentliche Bearbeitung von privaten Astrofotos ist die kostenfreie Demoversion ausreichend, die Beschränkung der Farbtiefe auf 8-Bit pro Farbe und der zwingende JPG-Export kann verkraftet werden, wenn die Entrauschung stets am Ende der Bearbeitungskette durchgeführt wird.

Die Benutzeroberfläche ist sehr übersichtlich, aber nicht selbsterklärend. Die im Programm voreingestellten Standardwerte sind für die meisten Fälle ausreichend, so dass keine weiteren Feineinstellungen getroffen werden müssen. Ebenso gut arbeiten die Funktionen »Auto-Profile« und »Auto-Fine-Tune«, die den Entrauschungsprozess nahezu vollständig automatisieren. In der Praxis stellt sich NeatImage als robuste und äußerst stabile Anwendung dar. Abstürze, Fehlfunktionen oder dubiose Fehlermeldungen sind niemals aufgetaucht.

Die NeatImage Demoversion in der Praxis

-  Einfache Installation und Handhabung
-  Außergewöhnlich guter Rauschfilter
-  Demoversion für viele Aufgaben ausreichend
-  Standardeinstellungen müssen selten verändert werden
-  Automatikfunktionen arbeiten hervorragend
-  Gute Dokumentation und Hilfefunktion
-  Keine deutschsprachige Benutzeroberfläche
-  Beschränkung auf 8-Bit Farbtiefe
-  Nur JPG-Export
-  Kein deutscher Vertrieb für den Erwerb einer Vollversion

Was sind EXIF-Daten?

Das Exchangeable Image File Format (EXIF) ist ein Standard der Japan Electronic Industry Development Association (JEIDA). Zu bestehenden Bildformaten wie JPG oder TIF werden von den Kameras weitere Daten, die so genannten Metadaten hinzugefügt. Die Daten werden im so genannten EXIF-Header gesammelt und gleich innerhalb der Bilddatei eingebaut. Dies bietet den Vorteil, dass die Aufnahmedaten nicht separat gehalten werden müssen und die Zuordnung nicht verloren geht. Beispiele für EXIF-Daten sind: Kameramodell, Fotograf, Belichtungszeit, Blende, ISO-Wert, Brennweite, Auflösung, u.v.a.m.

Das fotografische Dreieck

Sobald man über das Schnappschuss-Prinzip der Fotografie hinaus geht und mehr Kontrolle über die Belichtung seiner Fotos erlangen möchte, muss man sich mit der Einstellung von drei Parametern beschäftigen, dem so genannten fotografischen Dreieck: Blende, Belichtungszeit und ISO-Zahl. Neben dem Automatikmodus haben nicht nur Spiegelreflexkameras, sondern auch einige Kompaktkameras einen manuellen Modus, in dem man durch eigene Einstellungen die Belichtung steuern kann.

Ob traditionell mit Film oder modern mit Digitalkamera, jede Art der Fotografie dient dem Zweck, Photonen (Lichtteilchen) aufzufangen. Dazu muss eine bestimmte Mindestmenge an Photonen auf den Bildsensor (Film oder Chip) gelangen. Kommt zu viel Licht auf den Sensor ist das Foto überbelichtet, bei zu wenig ist es unterbelichtet. Die Helligkeit des fotografierten Objektes bestimmt, wie viele Photonen pro Zeiteinheit zum Kameraobjektiv gelangen. Mit der Blende lässt sich diese Lichtmenge pro Zeit weiter beeinflussen. Um damit dann auf die benötigte absolute Lichtmenge zu kommen, müssen die Photonen eine bestimmte Zeit lang auf den Bildsensor fallen – die Belichtungszeit. Nun wird aber nicht jedes Lichtteilchen, das zum Bildsensor gelangt, auch davon registriert. Welchen Anteil die tatsächlich aufgefangenen Photonen ausmachen, bestimmt die Empfindlichkeit des Bildsensors.

Die Zusammenhänge des ankommenden Lichts mit den Belichtungseinstellungen der Kamera lassen sich mit einem einfachen Gedankenmodell darstellen. Der als konstant angenommene Strom an Photonen kann mit einem Wasserschlauch verglichen werden, durch den mit konstanter Geschwindigkeit Wasser fließt (konstanter Volumenstrom), das am Schlauchende von einem Eimer aufgefangen wird.

Durch einen großen Schlauch fließt pro Zeiteinheit mehr Wasser als durch einen kleinen. Die Menge an Wasser, die bei gleich schnell fließendem Wasser hinten aus dem Schlauch herauskommt, ist also direkt proportional zum Schlauchquerschnitt. Genauso ist die Lichtmenge, die ein Objektiv durchlässt, direkt proportional zur Querschnittsfläche des Objektivs. Wird die kreisrunde Blende im Strahlengang des Objektivs verkleinert, ergibt sich eine kleinere lichtdurchlässige Fläche und es kommt weniger Licht pro Zeiteinheit zum Film. Wird sie vergrößert, gelangt mehr Licht pro Zeiteinheit durch.

Läuft eine bestimmte Zeit lang Wasser durch den Schlauch, so kann die Gesamtwassermenge bei konstantem Volumenstrom durch die Wahl des Schlauchdurchmessers verändert werden. Bleibt neben dem Volumenstrom der Schlauchdurchmesser gleich, lässt sich durch Veränderung der Zeit, die man das Wasser fließen lässt, die Gesamtwassermenge beeinflussen. Das ist vergleichbar mit der Belichtungszeit. Bei gleicher Blende lässt sich durch eine kürzere oder längere Belichtungszeit die Lichtmenge steuern.

Den Eimer, mit dem das Wasser aufgefangen wird, gibt es in verschiedenen Größen. Sein Füllstand steht für die Belichtung: Ein leerer Eimer ist ein vollkommen schwarzes Foto (unterbelichtet), ein halb voller Eimer ein richtig belichtetes Foto und ein bis oben gefüllter Eimer ein vollkommen weißes Foto (überbelichtet). Ist der Eimer klein, ist auch schnell der gewünschte Füllstand erreicht. Ein großer Eimer braucht dazu sehr lange – besonders

bei kleinem Schlauchdurchmesser. Genauso ist bei einem empfindlichen Bildsensor die richtige Belichtung schneller erreicht als bei einem weniger empfindlichen Sensor.

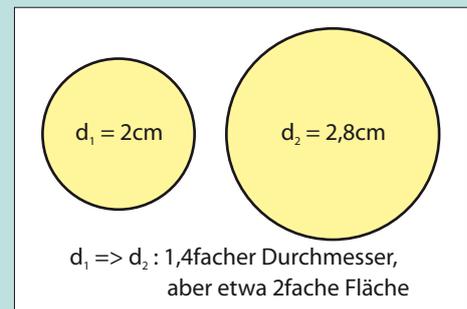
In der Praxis werden Blende, Belichtung und ISO niemals für sich allein eingestellt, sondern immer zusammen. Ihre Einteilung ist so gestaltet, dass eine Verstellung um eine Stufe eine Verdopplung oder Halbierung der registrierten Lichtmenge bedeutet. Bei der Belichtungszeit ist das gut einzusehen: 1/500 Sekunde ist halb so lang wie 1/250 Sekunde und doppelt so lang wie 1/1000 Sekunde. Das bedeutet auch die halbe oder doppelte Lichtmenge.

Die Blendenzahlen verraten nicht so einfach diesen Zusammenhang. Sie ergeben aber einen Sinn, wenn beachtet wird, dass in die Fläche das

Quadrat des Öffnungsdurchmessers eingeht (s. Abb.). Werden die Blendenzahlen quadriert, dann ergibt sich aus den bekannten Werten 1–1,4–2–2,8–4–5,6–8 näherungsweise die Reihe 1–2–4–8–16–32–64. Dann ist wieder zu erkennen, dass eine Blendstufe eine Verdopplung oder Halbierung der Lichtmenge bedeutet. Es ist allerdings zu beachten, dass die größeren Zahlen kleineren Blendenöffnungen entsprechen, also weniger Licht.

Die ISO-Bezeichnung besteht in ihrer Gesamtheit aus zwei Teilen, dem ehemaligen ASA-Wert sowie der früheren DIN-Zahl (in der Praxis findet man oft nur den ASA-Wert). ISO 100/21° entspricht also 100ASA bzw. DIN 21°. Der Unterschied zwischen den beiden ist rein mathematischer Natur: DIN-Werte sind logarithmisch, ASA ist linear. Für den praktischen Gebrauch hat ASA den Vorteil, dass eine Verdopplung der Zahl doppelt so viel registriertes Licht und eine Halbierung halb so viel bedeutet – genau wie bei Blende und Belichtung.

In der Praxis funktioniert die Steuerung der Belichtung so, dass bei Gebrauch eines Films, die Empfindlichkeit (ISO) durch die Wahl des Films gegeben ist, bei Digitalkameras wird die Empfindlichkeit nach den Lichtbedingungen gewählt. Anschließend wird entweder Blende oder Belichtungszeit gewählt, je nach dem, was für das Foto entscheidend ist. Daraus ergibt sich für die richtige Belichtung automatisch der dritte Parameter. Wird einer der drei Parameter um eine Stufe verändert, muss einer der anderen in die entgegengesetzte Richtung verstellt werden, damit die Belichtung gleich bleibt. Wird z.B. die Blende um eine Stufe verkleinert, muss die Belichtungszeit um eine Stufe verlängert werden. Wählt man einen um eine Stufe empfindlicheren Film, muss die Blende um eine Stufe weiter geschlossen oder die Belichtungszeit um eine Stufe verkürzt werden. Somit ergibt sich aus der richtigen Kombination der drei Seiten des fotografischen Dreiecks – Blende, Belichtungszeit und ISO – immer die richtige Belichtung.



Rückblick: Mondbegegnungen im Winter 2007



Mond bei den Plejaden am 27.1.2007

Am 27.1. passierte der Halbmond die Plejaden (M 45). Volker Umland gelang ein Foto mit einem 4,2"-Refraktor bei einer Brennweite von 1232mm mit einer Digitalkamera Canon EOS 10D.

Mitarbeit

Senden Sie uns aktuelle Berichte und Fotos zu astronomischen Ereignissen, die in der Rubrik »Himmel« angekündigt werden. Digitale Aufnahmen können Sie direkt auf www.interstellarum.de auf unseren Server laden. Wir veröffentlichen eine Auswahl der Einsendungen im nächsten Heft.

◀ Enge Begegnung Mond-Saturn am 2.2.2007

Wenige Tage später passierte der Mond den Saturn. Rainer Wolf fotografierte die Konstellation gegen 23:30 MEZ mit einem 3,5"-Refraktor bei 480mm Brennweite mit einer Canon EOS 20Da Digitalkamera.

Grüner Strahl am 28.1.2007

Martin Huwiler gelang es von Albis in der Schweiz aus den Sonnenuntergang am 28. Januar zu fotografieren, wobei grüne und rote Lichteffekte durch unterschiedliche Brechung verschieden farbiger Lichtstrahlen auftraten. Die Aufnahme erfolgte mit einem 3,1"-Refraktor und Canon EOS 300D Digitalkamera.



Objekte der Saison

Die Objekte der Saison: Leser beobachten. Ziel dieses interaktiven Projekts ist es, Beschreibungen, Zeichnungen, Fotos und CCD-Bilder von Deep-Sky-Objekten zusammenzuführen. In jeder Ausgabe werden im Abschnitt »Himmel« zwei Objekte vorgestellt, zu denen jeweils ein Jahr später die Beobachtungen veröffentlicht werden. Senden Sie uns Ihre Ergebnisse – wir drucken eine Auswahl der Bildresultate und Beschreibungen ab. Weitere Informationen und Daten zu den Objekten der Saison finden Sie im Internet unter www.interstellarum.de/ods.asp, ebenso eine Möglichkeit, Resultate direkt online hochzuladen.

Die Objekte der Saison der nächsten 6 Ausgaben

Ausgabe	Name	Typ	Sternbild	R.A.	Dekl.	Einsendeschluss
Nr. 52 Jun./Jul. 2007	M 13 ζ Her	GC DS	Her Her	16 ^h 41,7 ^{min} 16 ^h 41,3 ^{min}	+36° 28' +31° 36'	20.3.2007
Nr. 53 Aug./Sep. 2007	M 72 NGC 7009	GC PN	Aqr Aqr	21 ^h 33,5 ^{min} 21 ^h 04,2 ^{min}	−00° 49' −11° 22'	20.5.2007
Nr. 54 Okt./Nov. 2007	M 77 NGC 1055	Gx Gx	Cet Cet	02 ^h 42,7 ^{min} 02 ^h 41,8 ^{min}	0° 01' 0° 01'	20.7.2007
Nr. 55 Dez./Jan. 2008	M 1 NGC 2175	GN OC	Tau Ori	05 ^h 34,5 ^{min} 06 ^h 09,6 ^{min}	+22° 01' +20° 29'	20.9.2007
Nr. 56 Feb./Mär. 2008	M 81 M 82	Gx Gx	UMa UMa	09 ^h 55,6 ^{min} 09 ^h 55,8 ^{min}	+69° 04' +69° 41'	20.11.2007
Nr. 57 Apr./Mai 2008	M 98 NGC 4216	Gx Gx	Com Vir	12 ^h 13,8 ^{min} 12 ^h 15,9 ^{min}	+14° 54' +13° 8,8'	20.01.2008

M 63



CCD-Aufnahme, 8"-SCT bei 1260mm, Starlight SXV-H9, 180min (L), 20min (je RGB). *Mike Androsch*



CCD-Aufnahme, 11"-SCT bei 1980mm, MX916, 11x700s (L), 5x300s (je RGB). *Andreas Rörig*



Digitalfoto, 12"-Newton bei 2200mm, Canon Eos 350D modifiziert, ISO 400, 21x5min, Idas LPS-Filter, Paracorr Komakorektor. *Oliver Schneider*



Digitalfoto, 10"-Newton bei 1200mm, Canon EOS 300Da, ISO 800, IR-Sperrfilter-Filter, 4x10min. *Gerald Willems*

M 63

8x24-Fernglas: Bortle 3; Indirekt deutlich zu sehen. Im direkten gerade so als Nebel erkennbar. *Uwe Pilz*

8x30-Fernglas: fst 5^m;7 (UMa); direkt erkennbar, allerdings ist die Galaxie nicht sauber vom westlichen 9^m-Stern sauber zu trennen. *Kay Hempel*

10x50-Fernglas: Bortle 3–4; Galaxie geringer Flächenhelligkeit, ein Stern liegt westlich. *Uwe Pilz*

10x50-Fernglas: fst 5^m;7 (UMa); direkt sichtbarer, ovaler Nebel, größer als M 94. Galaxie kann hier besser vom Stern getrennt werden als im 8x30-Glas. *Kay Hempel*

75/1200-Refraktor: Deutlich linsenförmiger Nebel mit hellerem Zentrum. Auf der westlich Spitze unmittelbar am Nebel ist ein etwa 10^m heller Stern postiert. 60x. *Klaus Wenzel*

130/1040-Refraktor: fst 5^m;5; 35x: heller elliptischer Nebel, zentral verdichtet. 115x: sieht interessant aus und ist deutlich größer als ich zuerst vermutete! Ellipse, länglich Ost-West, erst schätzte ich die lange Achse auf PW etwa 105°, dann 75°. Seitenverhältnis der Ellipse etwa 1:2, ziemlich groß, etwa 4'x2'. Ich vermute, dass die Scheibe etwas fleckig sichtbar ist. In der Mitte deutlich heller, Kern ist nicht so ausgeprägt wie bei M 51, aber auch auffallend heller als der Rest der Galaxie. Ganz im Zentrum gibt es einen sehr schwachen sternartigen Kern. *Wolfgang Vollmann*

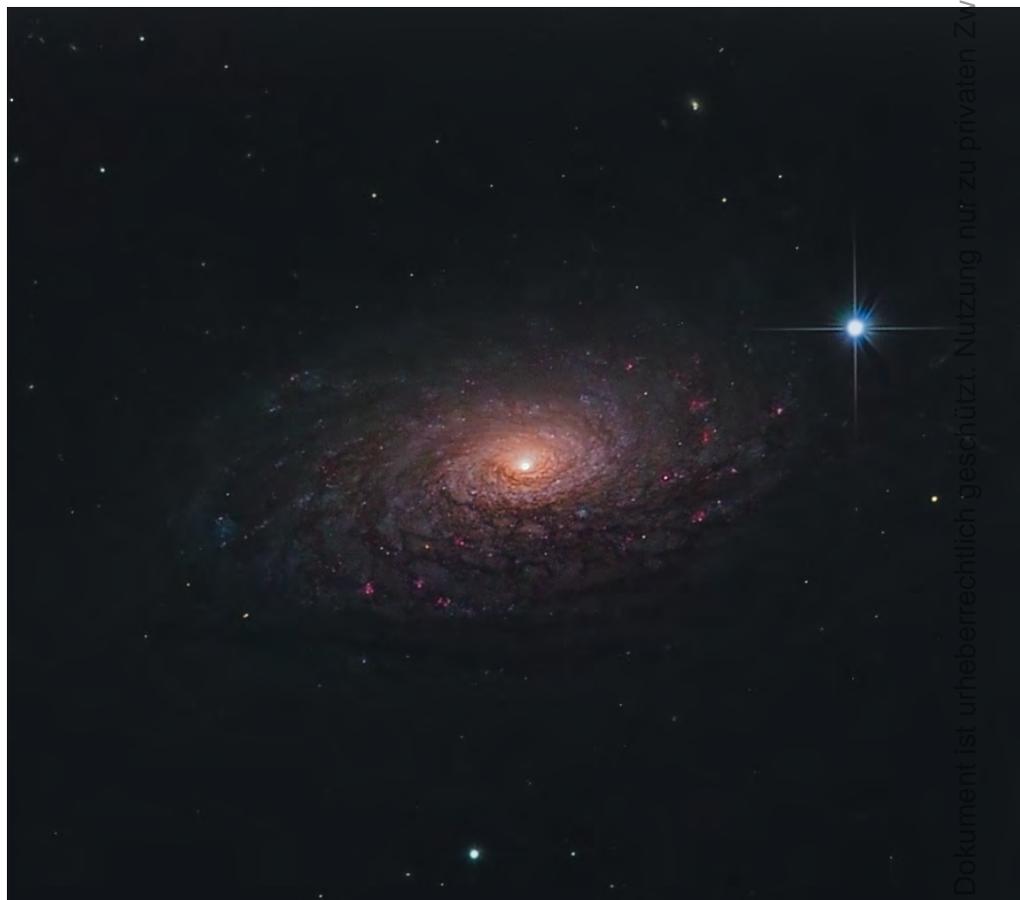
250/2500-SCT: fst 5^m;0; Stellarer Kern, Aussenbereiche eher diffus, Form rundlich bzw. oval. 100x. *Johannes Kohr*

300/1802-Newton: fst 5^m;8; der sternförmige, sehr helle Galaxienkern ist in einen hellen länglichen Zentralbereich mit Elongation 3:5 und einer Längsachse annähernd in Ost-West-Richtung eingebettet. Dieser Zentralbereich geht diffus in ein schwaches Halo über, wobei keine deutliche Abgrenzung zwischen Zentralbereich und Halo, wie etwa bei M 94, existiert. Auf der Süd- und Südost-Seite erscheint die Galaxie schärfer begrenzt, während sie sich auf der Gegenseite ausgedehnt in der Hintergrundhelligkeit verliert. Dies verursacht einen asymmetrischen Eindruck des Objektes. Die gesamte Galaxie erscheint fleckig und wirkt ausgesprochen zerzaust, wie eine ausgefranste Ellipse. 164x. *Hubert Schupke*

317/1500-Newton: fst 5^m;8; Heller, größer ovaler Nebel mit deutlich hellerem kleinen Zentrum. Der diffuse Halo wirkt deutlich strukturiert, wobei die Spiralstruktur allenfalls erahnt werden kann. Unmittelbar am westlichen Rand des Halos befindet sich ein etwa 10^m heller Vordergrundstern, > S. 76



CCD-Aufnahme, 35"-Cassegrain bei 6000mm, SBIG STL-11000M, 33x5min (L), 5x5min (je RGB). *Stefan Seip/Sternwarte Welzheim*



CCD-Aufnahme, 12"-Newton bei 1800mm, SXV-H9, 115min (L), 20min (R), 20min (G), 25min (B), Farbdaten wurden mit C11 bei F/6,7 aufgenommen. *Wolfgang Ries und Stefan Heutz*

Fortsetzung > östlich der Galaxie ist noch ein schöner heller (~12^m) aufgelöster Dreifachstern sichtbar. Diese Vordergrundsterne verleihen der Beobachtung von M 63 einen besonderen Reiz. 170x. *Klaus Wenzel*
320/1440-Newton: Bortle 3–4; Sehr schöne Galaxie, eingerahmt von einem 8^m-Stern im Westen und einem 11^m-Doppelstern im Osten. Der fast stellare Nukleus ist von einem hellen Zentralgebiet umgeben, welches in den Halo übergeht. Die Spiralstruktur ist nicht erkennbar, aber ein Staubband zwischen den Spiralarmen ist im Norden gerade eben wahrnehmbar. Größte visuelle Ausehnung: 7'. 144x. *Uwe Pilz*



Digitalfoto, 10"-Newton bei 1200mm, Canon EOS300Da, ISO 800, 6x10min, 11x5,5min. *Rochus Hess*

M 94



Digitalfoto, 10"-Newton bei 1200mm, Canon EOS 10D, ISO1600, 10x5min. *Mark Achterberg*



CCD-Aufnahme, 6"-Newton bei 880mm Brennweite, Starlight MX7C, 5x2min und 3x5min. *Torsten Güths*

M 94

8x24-Fernglas: Bortle 3–4; schwierig, nur indirekt zu erkennen, aber eindeutig nebelhaft. *Uwe Pilz*

8x30-Fernglas: fst 5^m;7; direkt sichtbarer, kleiner rundlicher Nebelfleck, schwacher Stern nördlich. *Kay Hempel*

10x50-Fernglas: Bortle 3–4; Schwaches Nebelfleckchen, erkennbar in hellen Kernbereich und dunklere Halo getrennt. *Uwe Pilz*

10x50-Fernglas: fst 5^m;7; einfach direkt sichtbarer kleiner, aber deutlich flächiger, rundlicher Nebel. *Kay Hempel*

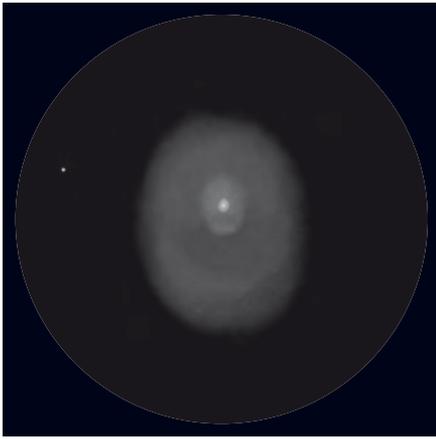
75/1200-Refraktor: M 94 erscheint als relativ heller runder Nebel mit deutlich hellerem Zentrum. Nördlich befindet sich ein etwa 10m heller Vordergrundstern. 60x. *Klaus Wenzel*

20x80-Fernglas: Bortle 3–4; Heller Zentralteil und deutliche Halo, schwach länglich. *Uwe Pilz*

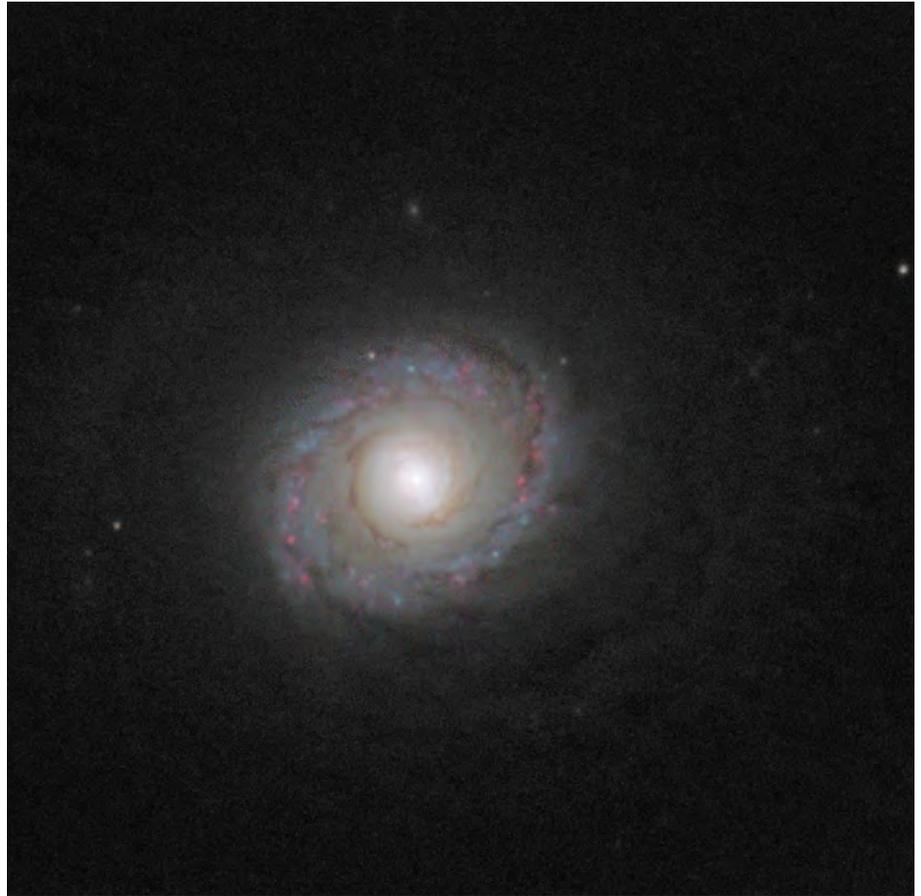
130/1040-Refraktor: fst 5^m;5; Bei 35x richtig hell, stark zentral verdichtet, helle sternartige Mitte. 115x: es dominiert die etwa 10" durchmessende Zentralregion mit hellem sternartigem Kern 11–12^m. Sieht fast wie ein AGN aus! Um den Kern ist schwächer werdend eine etwa runde Nebelscheibe zu sehen, keine Unregelmäßigkeiten erkennbar, ca. 3' Durchmesser. *Wolfgang Vollmann*

150/1500-Maksutov: fst 4^m;8; M 94 ist einer der wenigen Galaxien, welche aus der Stadt heraus sichtbar sind. Es ist dann aber nur der helle Kernbereich zu sehen, welcher ohne Struktur bleibt. 50x. *Uwe Pilz*

250/1250-Newton: fst 6^m;3 (Bortle 4); Sehr helle, recht große Galaxie. Sie erscheint fast rund, sehr leicht Ost-West elongiert. Sehr heller Kern mit einem großen, sehr hellen, runden Zentralgebiet. Im Westen hat die Galaxie eine



Zeichnung, 14"-Newton, 165x. *Markus Dähne*



CCD-Aufnahme, 47"-Cassegrain, ST10XME, 15x2min (L), 5x2min (je RGB). *Stephan Messner*

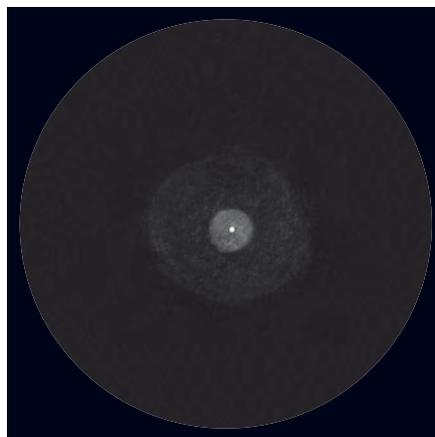
dunklere Einbuchtung. Sonst ist sie strukturlos. 179x. *Martin Schoenball*

250/2500-SCT: fst 5^m0; Sehr heller kompakter Kern, Aussenbereiche eher diffus; vor allem bei indirektem Sehen zu erkennen. Form rund. 100x. *Johannes Kohr*

300/1802-Newton: fst 5^m8; großer, heller, leicht ovaler Zentralbereich in der Galaxie mit einer Elongation von 4:5. In diesen Zentralbereich ist ein nochmals deutlich hellerer Kernbereich ohne zentralen Kern eingebettet. Nach außen ist der Zentralbereich von einem ganz schwachen, zarten Halo in Ost-West-Ausrichtung mit etwa dem 5-fachen Durchmesser des Zentralbereiches umgeben. Indirekt erscheint der äußere Zentralbereich blickweise etwas granuliert. Auch das umgebende Halo erscheint nicht völlig homogen, sondern weist indirekt wahrnehmbare dunkle Flecken auf. Zwei hellere Sterne im Westen und Südsüdosten des Kernbereiches bilden mit diesem ein auffälliges Dreieck. 164x. *Hubert Schupke*

317/1500-Newton: fst 5^m8; Die Galaxie erscheint als sehr heller, runder ziemlich kompakter Nebel mit deutlich hellerer flächiger Zentralregion. Um diese Zentralregion ist ein weiteres sehr helles rundes Gebiet abgegrenzt. Weiter nach außen ist dann ein großer absolut runder diffuser Halo sichtbar, der mit größerem Abstand vom Zentrum immer schwächer erscheint, wobei die äußere Grenze ziemlich klar definiert ist. Der gesamte Halo wirkt leicht strukturiert (mottlet). 170x. *Klaus Wenzel*

320/1440-Newton: Bortle 3–4; Fast runder, recht ausgedehnter Kern von gleichmäßiger Helligkeit, ohne Nukleus. Halogebiet verliert nach außen nur langsam an Helligkeit und ist länglich 2:3 in Richtung Ost-südost-West-nordwest. Insgesamt hell, aber detailarm. 144x. *Uwe Pilz*



Zeichnung, 10"-Newton, 179x. *Martin Schoenball*

CCD-Aufnahme, 9,25"-SCT bei 1410mm, Watec WAT-120N, 186x10s, IR-Filter. *Manfred Mrotzek*



CCD-Aufnahme, 4"-Refraktor bei 530mm, Starlight SXV-H9, 13x5min (L). *Peter Wiener-roither*

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

Neue Astrofotos unserer Leser



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

Mitarbeit

Senden Sie uns Ihre schönsten aktuellen Astrofotos – egal ob Stimmungsbild, Planeten-Schnappschuss oder Deep-Sky-Aufnahme. Digitale Aufnahmen können Sie direkt auf www.interstellarum.de auf unseren Server laden. Wir veröffentlichen eine Auswahl der Einsendungen im nächsten Heft.

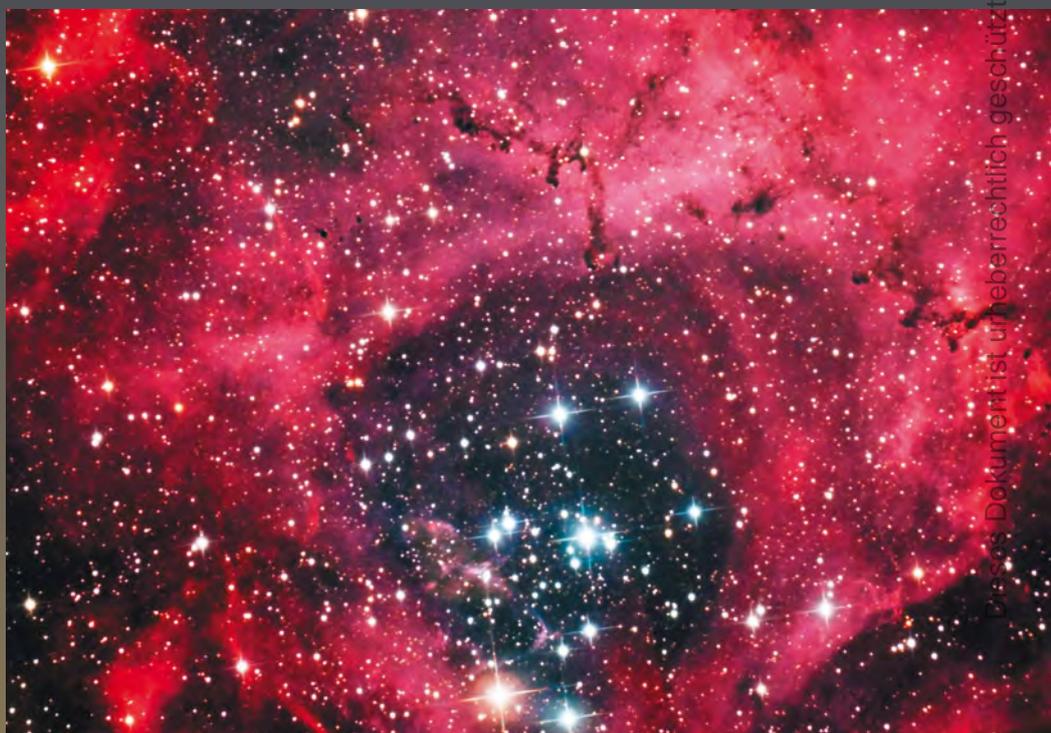
◀ Links: **Der Supernovarest M 1** (links) besitzt sowohl Anteile mit kontinuierlichem Spektrum, als auch Emissionsstrukturen in $H\alpha$ - und [OIII]-Linie. 9"-Apochromat mit 0,8x-Reducer bei 1640mm Brennweite, Starlight SXV-H9C CCD-Kamera, Kombination aus Einzelbildern mit 4, 8 und 10 Minuten Belichtungszeit, insgesamt 3 Stunden belichtet, Bildbearbeitung mit Astroart 4.0 und Photoshop CS2. *Dietmar Hager*

◀ Rechts: **Ebenfalls M 1, den Crabnebel**, aber mit größerem Feld zeigt diese Aufnahme. 10"-Newton, Starlight Express HX916 (L-Kanal) und Canon EOS 20Da bei 1600ASA (Farbkanal), 100x2min (L) und 15x5min (RGB) belichtet. *Thomas Tuchan*

Der Orionnebel M 42 ist das beliebteste Deep-Sky-Bildmotiv überhaupt. 5,1"-Apochromat bei 780mm Brennweite, Canon EOS 20Da bei 800 ASA, Kombination aus mehreren Einzelbildern 6x20s, 6x1min, 6x2min und 20x5min. *Manuel Jung*

▶ **Im Zentralteil des Rosettennebels steht der Offene Sternhaufen NGC 2244.** 10"-Newton bei 1200mm Brennweite, Komakorrektor, Canon EOS 300D modifiziert, 800ASA, 16x6min. *Rochus Hess*

◀ **Ein Weitfeldmotiv ist das Nebelfeld von IC 1805 in der Kassiopeia**, am rechten oberen Bildrand ist der Nebel NGC 896 angeschnitten. 3"-Refraktor bei 360mm Brennweite, Atik 16HR CCD-Kamera, vier Einzelaufnahmen aus jeweils 3x15min (pro Kanal mit Schmalbandfilter SII, $H\alpha$, [OIII]). *Kay Saupe*



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

Südhimmel- Süchtige treffen sich in Namibia

Teleskoptreffen im deutschen Sprachraum gibt es eine ganze Menge, auch die kanarischen Inseln waren bereits Schauplatz einer Versammlung von Amateurastronomen mit ihren Instrumenten. Doch was Wolf-Peter Hartmann aus Regensburg und Eberhard von Grumbkow derzeit organisieren, hat es noch nicht gegeben: Eine Starparty in Namibia.



Das Südsterntreffendreffen – kurz SSFT – wird vom 15. bis 18. Juni auf dem Gelände der White Lady Lodge in einer der trockensten Gegenden Namibias nahe des Brandberges, der höchsten Erhebung des Landes, stattfinden. Der Termin lässt deutsche Sternfreunde an helle Nächte um das Sommersolstitium denken, doch kennt man solcherlei Probleme am südlichen Wendekreis nicht – der Juni liegt inmitten der winterlichen Trockenzeit. Die White Lady Lodge auf 21° 1,6' Süd bietet neben einem großen Campinggelände 58 Zimmer für Übernachtungen sowie ein eigenes Restaurant. Neben nächtlichen Beobachtungen ist ein tägliches Vortragsprogramm geplant. Die Veranstalter geben an, dass Fernrohre von mindestens 20" Öffnung vor Ort sein werden.

Anmeldungen sind direkt an die Farm zu richten, die Preise für die Unterkunft bewegen sich zwischen ca. 45 € (Zelt) und 70 € (Einzelzimmer) inklusive Halbpension. Nähere Informationen sind im Internet zu finden. Die Fluggesellschaft LTU bietet extra zur Starparty die kostenlose Mitnahme von 30kg extra verpacktem Astroteil an, um vorherige Anmeldung unter service@ltu.de wird gebeten.

Ostdeutsche Astromesse angekündigt

Die derzeit in Deutschland ausgetragenen Astromessen finden sämtlich im Westen und Süden der Republik statt – Grund genug für einige ostdeutsche Sternfreunde um Ralf Hofner, eine Veranstaltung im Osten ins Leben zu rufen. Am 2. Juni wird erstmals das ATV auf dem Gelände des Herzberger Teleskoptreffens stattfinden. Neben 250m² Ausstellungsfläche werden Beobachtungen mit Deutschlands größtem Dobson-Teleskop (1070mm Öffnung), ein Justierworkshop sowie eine Mondscheinparty stattfinden. Außerdem gibt es eine Jubiläumsparty zu 35 Jahren Telementor, zu der alle Freunde von Zeiss-Optiken eingeladen sind.

Surftipps

SSFT: www.suedsternfreundetreffen.homepage.t-online.de
AVT: www.herzberger-teleskoptreffen.de/atv/2007

Termine für Sternfreunde April bis Juni 2007

13.–15.4.: 5. Aschberg Frühjahrs-Teleskoptreffen (AFT), Aschberg bei Ascheffel
 ⓐ Armin Quante, Wiesenredder 5, D-24340 Eckernförde, aft-info@aft-info.de, www.aft-info.de

5.–6.5.: 10. Internationale Meteoritenbörse, Rathaus Gifhorn
 R. Bartoschewitz, Lehmweg 53, D-38518 Gifhorn, Bartoschewitz.Meteorite-Lab@t-online.de, www.Meteorite-Lab.de

21.4.: 5. Praktischer astronomischer Samstag, Sternwarte Neuenhaus
 ⓐ Christoph Lohuis, Tel.: 05941-990904, Lohuis@T-Online.de, www.praktischer-astronomischer-samstag.de

5.5.: 23. ATT, Gesamtschule Bockmühle, Ohmstr. 32, Essen
 ⓐ Walter-Hohmann-Sternwarte Essen e. V., Wallneyer Str. 159, D-45133 Essen, att@walter-hohmann-sternwarte.de, www.sternwarte-essen.de

16.–20.5.: 16. Internationales Teleskoptreffen Vogelsberg, Campingpark Am Gederner See, D-63688 Gedern.
 ⓐ Intercon-Spacetec GmbH, 0821-414081, info@teleskoptreffen.de, www.teleskoptreffen.de

11.5.: 30 Jahre Astronomische Vereinigung Weikersheim e.V., Zehnscheuer in D-97990 Weikersheim-Laudenbach ab 19:30 Uhr
 ⓐ 07931-9231033, vorstand@sternwarte-weikersheim.de

25.–29.5.: 26. Planeten- und Kometentagung, Bruder-Klaus-Heim, D-86450 Violau
 ⓐ Wolfgang Meyer, Martinstr. 1, D-12167 Berlin, violau.istcool.de

12.–15.4.: 5. Sternfreundetreffen im Harz, Waldgasthof »Zum alten Forsthaus«, Todtenrode bei Altenbrak
 ⓐ Christian Wennmacher, Ottenbergstr. 6-8, D-39106 Magdeburg, sternfreundetreffen@yahoo.de, de.geocities.com/sternfreundetreffen

2.–3.6.: Kleinplanetentagung 2007, Archenholdsternwarte in Berlin-Treptow
 ⓐ www.amateursternwarte.de

2.6.: Astro-Technik- und Vereinstreff (ATV), Uebigau bei Herzberg
 ⓐ Ralf Hofner, Walther-Rathenau-Str. 4b, D-04895 Falkenberg, 0176-22837911, astro-service-hofner@t-online.de, www.herzberger-teleskoptreffen.de/atv/2007

12.5.: Veränderlichenbeobachter-Treffen, Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte, Töpelstr. 43, Hartha
 Werner Braune, zentrale@bav-astro.de, Münchener Str. 26–27, 10825 Berlin, 030-7848453

27.–29.4.: 14. Tagung der Fachgruppe CCD-Technik, Sternwarte Kirchheim
 ⓐ Dennis Möller, Kellerberggasse 9/C22, A-1230 Wien, dennis.moeller@chello.at, http://ccd.istcool.de

14.4.: Hofer Sternfreundetreffen, Sternwarte Hof
 ⓐ Steffen Wolfrum, Sternwarte Hof, Egerländerweg 25, 95032 Hof, www.sternwarte-hof.de

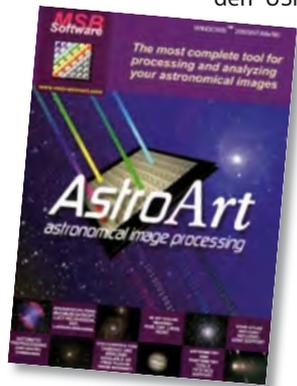
15.–17.4.: Easter Star Party 2007, Gasthof Postl bei Maiersdorf, Naturpark Hohe Wand
 ⓐ Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie, Fraungrubergasse 3/1/7, A-1120 Wien, 0664/2561221, www.waa.at/treff/esp.html

17.–19.5.: 31. Sonne-Tagung, Fachhochschule Rosenheim
 ⓐ Klaus Reinsch, Gartenstr. 1, D-37073 Göttingen, Sonnentagung2007@arcor.de, sonnetagung.de

Legende:
 M Messe
 T Teleskoptreffen
 F Fachtagung
 J Jugendlager
 S Sternwartenfest

Astroart 4.0

Astrometrie und Photometrie von Kleinplaneten, Kometen oder Supernovae sind seit fast zehn Jahren für zahlreiche Astrofotografen ohne die Software Astroart kaum denkbar. Mit seinem integrierten Sternatlas, der in Version 4.0 18 Millionen Sterne bis ca. 15^m umfasst und auf dem Guide Star Catalog basiert, dem Support für



Astroart 4.0, MSB Software für Windows XP, 2000, Me, 98, 169,00 €

den USNO-Katalog (alle Sterne bis 19^m) sowie seinen zahlreichen Funktionen zur astrometrischen und photometrischen Bildkalibration ist Astroart eines der Standard-Programme auf diesem Gebiet der Amateurastronomie. Mit der kürzlich erschienenen neuen Version 4.0 wendet sich Astroart stärker als bisher an die rasch zunehmende Zahl von Anwendern, die ein leistungsstarkes und umfassendes Softwarepaket für die Astrofotografie mit digitalen Spiegelreflexkameras (DSLR) benötigen. Zwar gibt es in diesem Bereich eine breite Auswahl an kostenloser Software, aber die für ernsthafte DSLR-Astrofotografen nötigen Funktionen liefert meist erst eine Kombination verschiedener Free-ware-Programme. Astroart unterstützt alle wesentlichen Bearbeitungsschritte vom Rohbild bis zur bearbeiteten Aufnahme und bietet verschiedene Automatisierungsmöglichkeiten, um den Nutzer von Routinearbeiten zu entlasten. Besonders anwenderfreundlich ist die Präprozessierungsfunktion, mit der Serien von

Rohbildern der DSLR oder CCD-Kamera gemeinsam mittels ihrer Dark-, Flat- und Bias-Sequenzen korrigiert, vollautomatisch ausgerichtet und addiert werden können. Für die weitere Bearbeitung der Aufnahmen stellt Astroart zahlreiche Werkzeuge und Filter bereit, so dass man nur in seltenen Fällen andere Bildbearbeitungsprogramme benötigt.

Im Test zeigte Astroart viele Stärken und einige vermeidbare Schwächen. Positiv fielen neben dem reichhaltigen Funktionsumfang vor allem die Unterstützung aller gängigen Dateiformate einschließlich der DSLR-Rawdateien, die einfache und intuitive Benutzung und die umfangreiche Dokumentation auf, die aus einem 130-seitigen Handbuch mit Tutorien und einer äquivalenten Online-Dokumentation besteht – beides jedoch nur in englischer Sprache. Kaum brauchbar ist in Astroart 4.0 die deutsche Programmversion aufgrund zahlreicher, teils sinnentstellender Übersetzungsfehler. Zum Glück kann man jederzeit auf die englische Fassung umschalten. Zudem zeigte Astroart bei der Bearbeitung von DSLR-Aufnahmen ernsthafte Speicherprobleme. Diese werden dem Benutzer insbesondere während der Präprozessierung durch eine unsinnige Fehlermeldung (»Inkompatibles Dateiformat«) angezeigt. Ursache scheint ein Speicherleck im Programm zu sein, denn zu derartigen Problemen kommt es immer wieder, wenn mehrere Aufnahmeserien nacheinander verarbeitet werden. Dem Anwender hilft dann nur, regelmäßig nach einigen Präprozessierungen das Programm zu beenden und neu zu starten. Es ist zu hoffen, dass diese Probleme bald mit einem Programmupdate behoben werden.

Anwendern und Interessenten ist ein regelmäßiger Blick auf die Astroart-Internetseite www.msb-astroart.com zu empfehlen. Neben Beschreibungen des Programms und einer in wichtigen Funktionen eingeschränkten kostenfreien Testversion findet man hier Links zu zahlreichen Plugins, CCD-Treiber und das Software-Entwicklungs-Kit für eigene Erweiterungen.

■ Thomas Rattei

Sternentstehung

Ausgehend vom frühen Universum und galaktischen Dimensionen bis hin zur Bildung von Sternen im interstellaren Gas erklärt der Autor aktuelle astrophysikalische Erkenntnisse und Modelle der Sternentstehung. Die Neuerscheinung aus der Taschenbuchreihe »Astrophysik aktuell« beschreibt die komplizierte Thematik kompakt, anschaulich und für Leser mit astronomischem Grundwissen gut verständlich.

■ Thomas Rattei

Ralf Klessen, Sternentstehung – vom Urknall bis zur Sonne, Elsevier/Spektrum Akademischer Verlag, ISBN 978-3-82741801-2, 79 S., 12,00 €

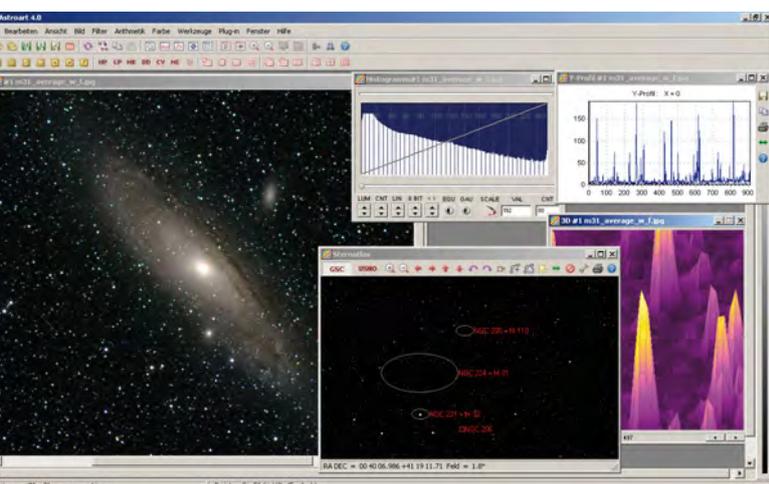
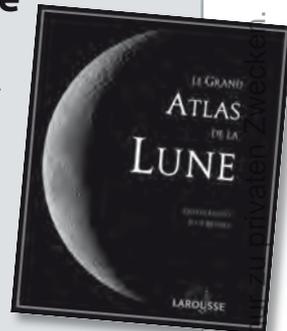


Le Grand Atlas de la Lune

Wenn sich Planetenfotograf Thierry Legault und Astronomie-Autor Serge Brunier zusammenschließen, um einen neuen Mondatlas zu veröffentlichen, darf man gespannt sein. Der Band im Überformat, der jetzt auch in Englisch unter dem Titel »New Atlas of the Moon« bei Firefly Books erschienen ist, kann die Erwartungen jedoch nicht ganz erfüllen. Übersichtsbilder zeigen eine volle Lunation, mit einer Deckfolie lassen sich Formationen identifizieren. Interessanter sind die Einzeldarstellungen von 61 Mondformationen mit hochauflösenden Bildern von Legault, insbesondere für Mondfotografen. Visuelle Beobachter suchen jedoch vergeblich nach Anregungen.

■ Ronald Stoyan

Thierry Legault und Serge Brunier: Le Grand Atlas de la Lune, Larousse, ISBN 978-203560336-4, 127 S., 39,90 €



Demnächst in interstellarum

Sonnenspektroskopie mit einfachsten Mitteln

Schon ein handelsüblicher CD-Rohling eignet sich für die Beobachtung des Sonnenspektrums. Mit etwas Geschick können Sie sogar detailreiche Fotos der Fraunhoferlinien gewinnen.



Apochromatische Vierzöller im Vergleich

Ob für visuelle Planetenbeobachtung oder digitale Weitfeldfotografie – apochromatische Refraktoren mit 100mm bis 115mm Öffnung sind für viele Sternfreunde Traumgeräte. Wir testen drei neue Modelle.

Mondfotografie mit dem Dobson

Hochauflösende Mondbilder verlangen eine stabile parallaktische Montierung – dieses Vorurteil entkräften beeindruckende Aufnahmen eines ambitionierten Amateurs.

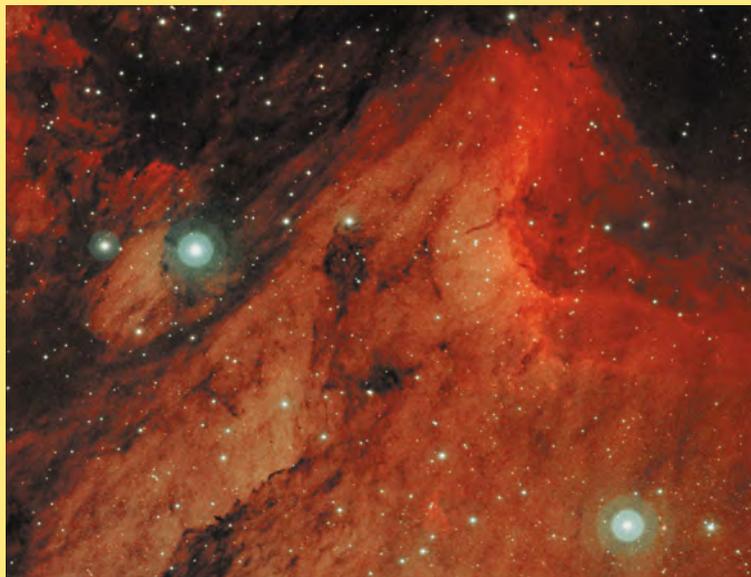


Beobachtungsplätze in Südafrika

Namibia ist als Standort für Südhimmelbeobachtungen beliebt, doch auch Südafrika hat viele gute Beobachtungsmöglichkeiten zu bieten. Ein erfahrener Astrofotograf stellt mehrere Plätze vor.

Bildschärfe mit der »Nieselmethode«

»Drizzeln« nennt sich eine Technik, die bei der Bearbeitung von lang belichteten Deep-Sky-Aufnahmen zunehmend angewendet wird. Wir stellen ihnen Prinzip und Anwendungen vor.



Heft 51 erscheint am 18.5.2007

Impressum

Verlag

Oculum-Verlag GmbH
Westliche Stadtmauerstr. 30a
D-91054 Erlangen
WWW: www.oculum.de
E-Mail: info@oculum.de
Tel.: 09131/970694
Fax: 09131/978596

Vertrieb

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

Redaktion

redaktion@interstellarum.de
Ronald Stoyan, Chefredaktion (-rcs)
Susanne Friedrich, Lektorat (-sf)
Stephan Schurig, Layout/Web (-sbg)
Frank Gasparini, Grafiken (-fg)
Matthias Gräter, Repro (-mg)
Daniel Fischer, Newsletter (-df)

Mitarbeit

Ulrich Beinert (Technik-Wissen), Peter Friedrich (Schlagzeilen), Béla Hassforther (Veränderlicher aktuell), Manfred Holl (Sonne aktuell), Matthias Juchert (Astronomie mit bloßem Auge, Objekte der Saison), André Knöfel (Himmelsereignisse), Matthias Kronberger (Objekte der Saison), Burkhard Leitner (Kometen aktuell), Uwe Pilz (Praxis-Wissen), Thomas Rattei (Rezensionen), Nico Schmidt (Astronomie mit dem Fernglas), Martin Schoenball (Deep-Sky-Herausforderung)

Astrofotografie

Siegfried Bergthal, Stefan Binnewies, Radek Chromik, Torsten Edelmann, Thomas End, Bernd Flach-Wilken, Michael Hoppe, Bernhard Hubl, Michael Jäger, Walter Koprolin, Gerald Rhemann, Andreas Rörig, Johannes Schedler, Rainer Sparenberg, Sebastian Voltmer, Mario Weigand, Heinrich Weiß, Volker Wendel, Peter Wienerroither

Manuskriptannahme

Bitte beachten Sie unsere Hinweise unter www.interstellarum.de/autorenhinweise.asp

Copyright/Einsendungen

Für eingesandte Beiträge, insbesondere Fotos, überlassen Sie uns das Recht für einen einmaligen Abdruck. Weitere Nutzungen in Büchern oder CDs 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.

Abo-Service

Oculum-Verlag GmbH
Westliche Stadtmauerstr. 30a,
D-91054 Erlangen
E-Mail: aboservice@interstellarum.de
Tel.: 09131/970694 (Mo–Do 10:00–15:00)
Fax: 09131/978596

Bezug

Jahresbezugspreise 2007 inkl. Zustellung frei
Haus: 39,90 € (D), 44,80 € (CH), 42,90 € (A),

44,80 € (Ausland), erscheint zweimonatlich
Anfang Feb., Apr., Jun., Aug., Okt., Dez.

Private Kleinanzeigen

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

Geschäftliche Anzeigen

es gilt Preisliste Nr. 8 vom 1.11.2006
Stephan Schurig, Anzeigenleitung
Fax: 09131/978596
E-Mail: werbung@interstellarum.de

Inserenten dieser Ausgabe

APM Telescopes	6	Berlebach Stativtechnik	71	Gerd Neumann jr.	61
Astronomie.de	33	Fachgruppe Deep-Sky	85	nimax GmbH	7
Astro-ServiceCenter	84	Fujinon Europe	19	Oculum-Verlag	27
Astro!Info	82	Grab Astro Tech	85	Sahara Sky	81
Astrocom	U3	Hofheim Instruments	80	Teleskop-Manufaktur	85
Astro-Messe	82	Jiří Drbohlav	85	Farm Tivoli	81
Astro-Shop	U2	Intercon Spacetec	4/5	Teleskop-Service	88
Astrolumina	26	Kosmos-Verlag	88	Astro Optik GmbH	65
Astrotreff	85	Wolfgang Lille	85	William Optics	52
WHS Essen e.V.	84	Meade Instruments	U4	Wissenschaft Online	11

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.)