

fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur



▲ **Titelbild: Welten für sich sind die beiden Saturnmonde Enceladus (vorn) und Titan.** Die bizzare Eisswelt von Enceladus und die Methan-Atmosphäre von Titan stehen im Zentrum des Hauptartikels ab S. 12. Das Bild ist eine Collage aus Aufnahmen der Raumsonde Cassini. NASA, JPL, Space Science Institute

Liebe Leserinnen und Leser,

der Ringplanet Saturn steht im Zentrum dieser Ausgabe. Sein Anblick im Teleskop mit der einzigartigen Dreidimensionalität übt eine derart große Faszination aus, dass die meisten Sternfreunde sich noch gut an ihren »ersten Saturn« erinnern können. Saturn bietet aber mehr als nur seine Ringe: Er besitzt das größte Mondsystem aller Planeten. Zwei von diesen über 60 Monden stehen derzeit ganz besonders im Fokus der Raumsonde Cassini: Die Eisswelt Enceladus und der zweitgrößte Mond des Sonnensystems, Titan, der eine Methan-Atmosphäre besitzt. Die neuen Erkenntnisse von Cassini stellt Lars-C. Depka im Hauptartikel dieses Heftes vor (S. 12). Außerdem werfen wir einen Rückblick auf den großen Saturnsturm von 2011 (S. 38), und Beobachter finden Hinweise auf die aktuelle Sichtbarkeit (S. 23).

Großen Anklang fand unsere neue iPad-App »interstellarum Himmelskalender«. Viele Sternfreunde haben sich die kostenlosen ersten beiden Ausgaben herunter geladen – dies ist auch zukünftig noch möglich. Ab sofort sind die neuen Ausgaben kostenpflichtig. Abonnenten können weiterhin alle Ausgaben kostenlos lesen. Dazu müssen Sie sich mit Ihrer Abonummer (steht auf dem Versandumschlag dieses Heftes) und Ihrem Namen (in derselben Form wie auf dem Versandumschlag) im Servicebereich der App anmelden. Solange das Abonnement des Printheftes läuft, können dann auch alle App-Ausgaben kostenlos gelesen werden.

Der Frühlingshimmel ist die Zeit der Galaxien. In dieser Ausgabe stellen wir Ihnen eine große Zahl verschiedener Ziele vor: Vom hellen Messier-Objekt (S. 28) über Galaxienhaufen (S. 29) bis zur einzigartigen Ring-Galaxie (S. 30), vom wechselwirkenden Paar (S. 66) bis zur Balkenspirale (S. 68). Auch in der Serie »100 Quadratgrad Himmel« stehen die fernen Welteninseln im Zentrum – nutzen Sie doch die klaren Frühlingsnächte, um auf Galaxienjagd zu gehen (S. 41).

Viel Spaß beim Beobachten wünscht

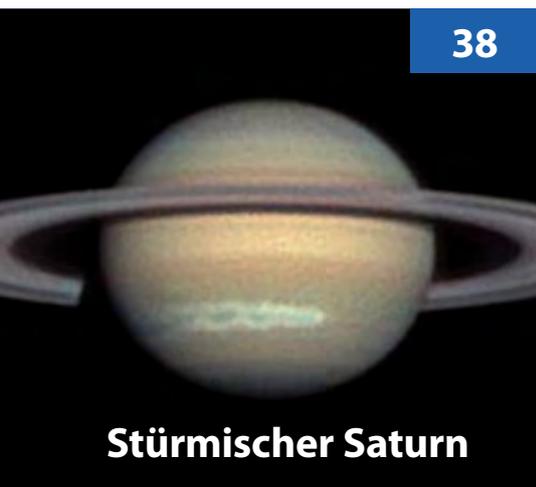
Ihr

Ronald Stoyan



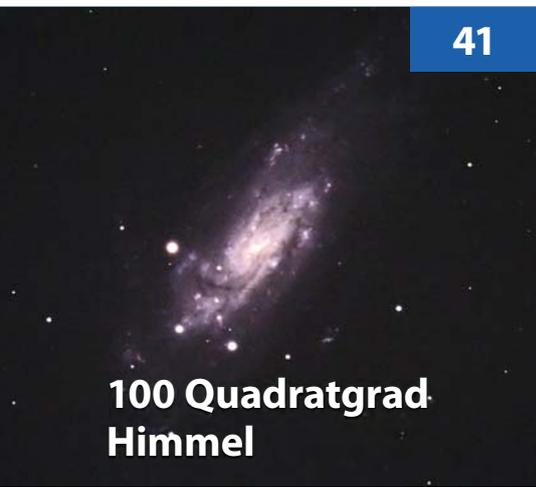
34

Immer am Rand lang



38

Stürmischer Saturn



41

100 Quadratgrad Himmel



53

Eins, zwei, drei: GoTo

Hintergrund

- **Hauptartikel**
- 12 **Saturns dynamisches Duo**
Cassini zeigt die Monde des Ringplaneten in neuem Licht
- 17 **Astro-Wissen:**
Wie viele Monde hat Saturn?
- **Schlagzeilen**
- 8 **Das Schwarze Loch im Milchstraßenzentrum**
- 9 Merkurs Magnetfeld im Keim erstickt
- 9 Schnell rotierende Riesen-Kerne
- 10 **Raumfahrt aktuell:**
Sechs Satelliten – Drei Missionen

Himmel

- **Ereignisse**
- 18 **Ringplanet am Abendhimmel**
Saturn in Opposition
- 19 Venus passiert M 45 am 3. April
- 19 Lyriden-Maximum am 22. April
- **Sonnensystem**
- 22 **Sonne aktuell:**
Status quo
- 23 **Planeten aktuell:**
Saturn ruhig, Mars aktiv
- 24 **Kometen aktuell:**
Abschied von Garradd
- **Sternhimmel**
- 27 **Astronomie mit bloßem Auge:**
Das »falsche Reiterlein«
- 27 **Astronomie mit dem Fernglas:**
Cor Caroli
- 28 **Objekt der Saison:** M 85
- 29 **Objekt der Saison:** Abell 1656
- 30 **Deep-Sky-Herausforderung:**
Hoags Objekt

Praxis

- **Mond**
- 34 **Immer am Rand lang**
Spaziergang im Nordwesten des Mondes
- **Planeten**
- 38 **Stürmischer Saturn**
Die Entwicklung des großen Sturms 2011

- **Deep-Sky**
- 41 **100 Quadratgrad Himmel**
Galaxienjagd in Coma Berenices
- 46 **Praxis-Wissen:**
Welche Haloerscheinungen der Sonne kann man häufig beobachten??

Technik

- **Test**
- 48 **Die Coole aus den Staaten**
Die CCD-Kamera
FLI MicroLine ML8300 im Test
- **Astrofotografie**
- 53 **Eins, zwei, drei: GoTo**
Die Himmelsmechanik einer GoTo-Montierung
- 58 **Technik-Wissen:**
Ist ein »Schutzfilter« vor dem Objektiv zu empfehlen?

Beobachtungen

- **Rückblick**
- 63 **Rotes Glühen vor Weihnachten**
- **First Light**
- 64 **HDRI – so kommt Dynamik ins Bild**
- **Objekte der Saison**
- 66 **NGC 4485/4490, NGC 4725**
- **Galerie**
- 70 **Astrofotos unserer Leser**

Service

- **Rezensionen**
- 72 **Deep-Sky Wonders**
- 72 Sonne, Mond, Planeten
- 72 iPhone/iPad-App: SkyView
- **Termine**
- 73 **Termine für Sternfreunde**
- **Astro-Markt**
- 74 **Kleinanzeigen**
- 1 **Fokussiert**
- 2 Inhaltsverzeichnis
- 10 Leserbrief
- 80 Impressum, Leserhinweise

interstellarum Himmelskalender

Die brandneue iPad-App zum Heft. Alle 2 Monate neu mit Texten, Videos, Animationen und Beobachtungstipps zu aktuellen Himmelsereignissen.

Saturns *dynamisches Duo*

Cassini zeigt die Monde des Ringplaneten in neuem Licht



interstellarum STERNSTUNDE



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

Ausgabe Nr. 8 (9.3.2012)

Themen:

- Astronomische Filmkunst: Die Wiederkehr des Mars. Hintergründe des mehrfach ausgezeichneten Werkes im Interview mit Filmemacher Sebastian Voltmer
- Ausrüstung: Blick auf die neue 68°-Okularserie von Explore Scientific durch Frank Gasparini

Außerdem:

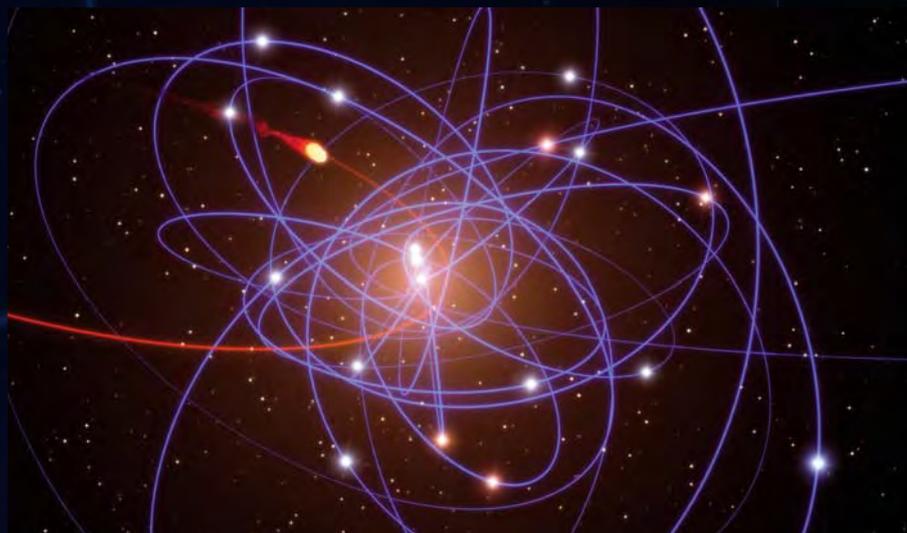
- Neuigkeiten aus der Forschung in Bild und Ton
- Vorschau auf astronomische Ereignisse



Die Coole aus den Staaten

Die CCD-Kamera
FLI MicroLine ML8300 im Test

Das Schwarze Loch im Milchstraßenzentrum



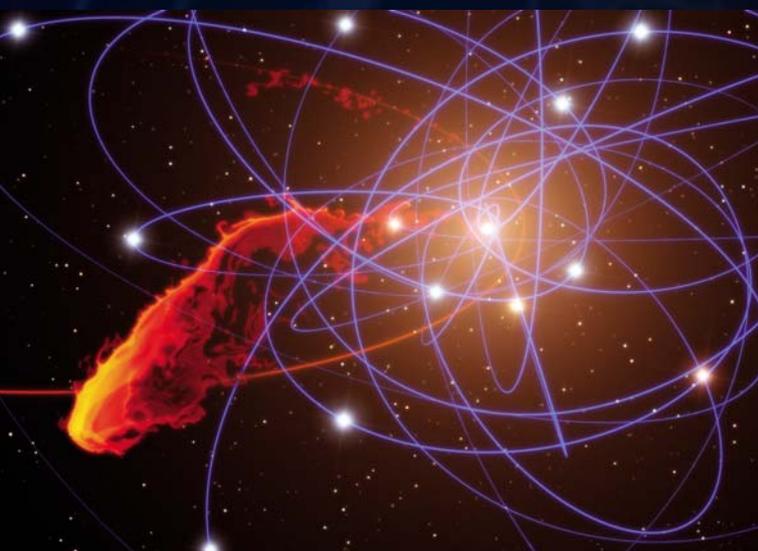
▲ Abb. 1: Die Gaswolke auf ihrem Weg zum Schwarzen Loch im Zentrum der Milchstraße (orange Bahn). In dieser Simulation sind auch die Sterne und ihre Bahnen (blau) um das Schwarze Loch eingezeichnet. Die Positionen der Sterne und der Wolke beziehen sich auf das Jahr 2011.

Verborgen hinter dichten Staubwolken ist das Zentrum der Milchstraße und das in ihr vermutete Schwarze Loch mit der Bezeichnung Sag A* der Beobachtung im visuellen Spektralbereich nicht zugänglich. Informationen über das dortige Geschehen erhält man aber im Röntgen- und Radiobereich sowie im infraroten Spektralbereich (vgl. Hauptartikel in interstellarum 61). Da das galaktische Zentrum »nur« rund 26000 Lichtjahre entfernt ist, kann es mit heutigen Instrumenten im Detail untersucht werden. So konnte man aus den Bahnen der Sterne, die das Schwarze Loch umkreisen, seine Masse zu 4,3 Mio. Sonnenmassen bestimmen. Damit ist es jedoch im Vergleich zu Schwarzen Löchern in anderen Galaxien eher arm an Masse. Auch seine »Aktivität« ist vergleichsweise gering; die meiste Zeit zeigt es nur gelegentliche

kleine Strahlungsausbrüche. Schwarze Löcher können zwar selbst keine Strahlung aussenden, wenn jedoch Materie auf sie zufällt, heizt sich diese vor dem endgültigen Verschwinden auf und emittiert Strahlung.

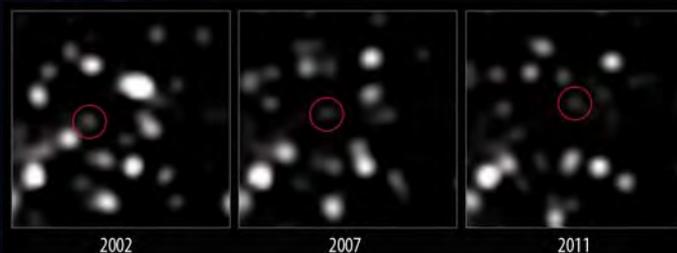
Auf Aufnahmen des galaktischen Zentrums mit dem Very Large Telescope hat man 2002 eine Gaswolke entdeckt, die in die unmittelbare Nähe des Schwarzen Lochs gerät. Neue Berechnungen zeigen, dass die Umlaufbahn der Wolke sehr exzentrisch ist und sie 2013 dem Schwarzen Loch auf nur 40 Milliarden Kilometer nahe kommen wird, das ist der 250-fache Abstand Erde-Sonne – astronomisch gesehen ein Katzensprung. Bisher sind dem Schwarzen Loch nur zwei Sterne (S2 und S14, vgl. Abb. 6 in interstellarum 61, S. 19) noch näher gekommen. Während diese die Annäherung unbeschadet überstanden haben, rechnet man damit,

ESO dass die Gaswolke von den Gezeitenkräften zerrissen wird. Bereits seit drei Jahren lassen sich Auflösungserscheinungen der Wolke erkennen: Je näher sie dem Schwarzen Loch kommt, auf das sie sich zurzeit mit einer Geschwindigkeit von etwa 2350 km/s zu bewegt, umso mehr wird sie auch mit dem heißen Gas in der Umgebung des Schwarzen Lochs wechselwirken und schließlich durch Turbulenzen zerstört werden. Aus einer Vielzahl von Beobachtungen bei verschiedenen Wellenlängen sind die Eigenschaften der Wolke wie Temperatur (550 K), Dichte (300 Mal höher als die des umgebenden heißen Gases) und Gesamtmasse (maximal drei Erdmassen) bekannt, so dass man die weitere Entwicklung rechnerisch simulieren kann. So wird sich die Temperatur der Gaswolke in der Nähe des Schwarzen Lochs auf mehrere Millionen Kelvin erhöhen, wodurch Röntgenstrahlung emittiert wird. Auch in anderen Wellenlängenbereichen könnte sich die Strahlung erhöhen, falls das Material der Wolke in einigen Jahren in das Schwarze Loch fällt. Da die Masse der Gaswolke um einiges größer ist als die Masse des heißen Gases in der Nähe des Schwarzen Lochs, wird die Akkretion auf das Schwarze Loch eine Zeitlang von der Wolke dominiert werden. Die genaue weitere Entwicklung hängt von der Dichte der Wolke ab und davon, wie sie durch die Gezeitenkräfte im Gas um das Schwarze Loch fragmentiert wird. Die Beobachtung des Geschehens in den kommenden Jahren wird deshalb Einblicke in die physikalischen Bedingungen geben, die bei der Akkretion in der Nähe eines Schwarzen Lochs eine Rolle spielen. [MPE Pressemitteilung vom 14. Dezember 2011; ESO Pressemitteilung eso1151, Nature 481, 51 (2012), interstellarum 61, 14 (2009)]



ESO, MPE, M. SCHARTMANN
 ◀ Abb. 2: Die Gaswolke befindet sich nach der größten Annäherung an das Schwarze Loch in Auflösung (gelb und orange). In dieser Simulation sind wieder die Sterne und ihre Bahnen (blau) um das Schwarze Loch eingezeichnet. Die Positionen der Sterne und der Wolke beziehen sich auf das Jahr 2021.

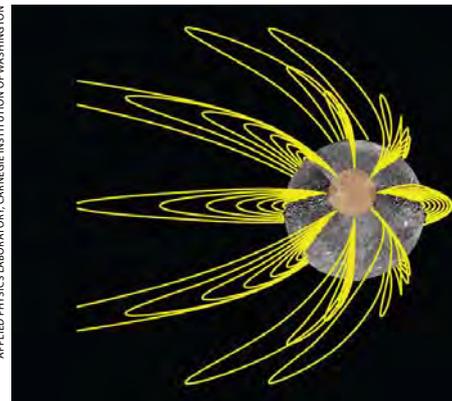
▼ Abb. 3: Die Bewegung der Gaswolke zwischen 2002 und 2011 im infraroten Spektralbereich.



Merkurs Magnetfeld im Keim erstickt

Messungen von Mariner 10 in den Jahren 1974/75 haben gezeigt, dass Merkur als einziger Gesteinsplanet neben der Erde ein globales Magnetfeld besitzt. Außerdem weiß man, dass Merkurs Kern ungewöhnlich groß ist: Er nimmt 75% des Planetendurchmessers ein (bei der Erde sind es nur 55%) und er muss zumindest teilweise flüssig sein, damit über den Dynamoeffekt ein globales Magnetfeld erzeugt werden kann (vgl. interstellarum 79). Nach den Standardmodellen sollten ähnliche Feldstärken erzeugt werden wie bei der Erde. Merkurs Magnetfeld ist jedoch etwa 150-mal schwächer als das unseres Planeten, wie die NASA-Raumsonde Messenger bestätigt hat. Die Ursache für das schwache

Feld ist evtl. in der Wechselwirkung mit dem Sonnenwind zu suchen, dem Merkur wesentlich stärker ausgesetzt ist als die Erde. Numerische Simulationen haben gezeigt, dass diese Wechselwirkung zu starken elektrischen Strömen in Merkurs Magnetosphäre führt. Diese elektrischen Ströme erzeugen ihrerseits ein Magnetfeld, das dem inneren Dynamoprozess entgegenwirkt und Merkurs Magnetfeld schwächt. Weitere Magnetfeldmessungen der Raumsonde Messenger sowie Beobachtungen des Satelliten der europäisch-japanischen Mission BepiColombo, die 2020 den Merkur erreichen soll, werden Aufschluss darüber geben, ob diese Idee zutrifft. Auf der Sonde BepiColombo wird ein



▲ **Das Magnetfeld von Merkur** wird auf der Sonnenseite durch den Sonnenwind stark zusammengedrückt und auf der abgewandten Seite zu einem Schweif ausgezogen.

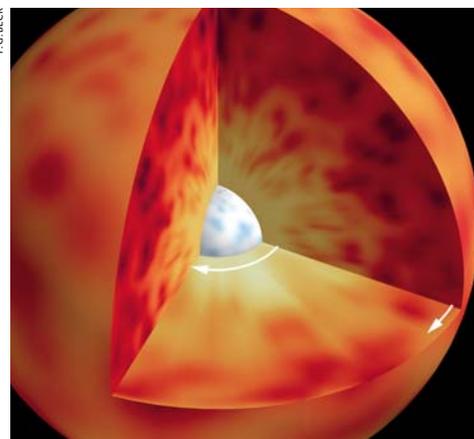
Instrument mitfliegen, mit dem man Merkurs Magnetfeld mit großer Präzision vermessen kann. [Pressemitteilung MPG vom 22.12.2011]

Schnell rotierende Riesen-Kerne

Wenn bei einem Hauptreihenstern der Wasserstoffvorrat im Zentrum zur Neige geht, verlässt er die Hauptreihe und entwickelt sich zum Roten Riesenstern. Während der Kern mangels Energieproduktion kontrahiert, dehnen sich die äußeren Hüllen aus, da die Energieproduktion in der den Kern umgebenden Schale sehr effizient verläuft. Aus Gründen der Drehimpulserhaltung muss ein Roter Riese langsamer rotieren – die Rotationsperiode kann bis zu einem Jahr betragen – und der kontrahierte Kern dagegen schneller. Dies ist wie bei einer Eisläuferin, die sich mit ausgestreckten Armen langsamer dreht als mit angezogenen. Mit seismischen Messungen ist es gelungen, ein solches Verhalten tatsächlich nachzuweisen: Man benutzt dabei die Tatsache, dass die Gaskugel eines Sterns wie eine Glocke mit verschiedenen

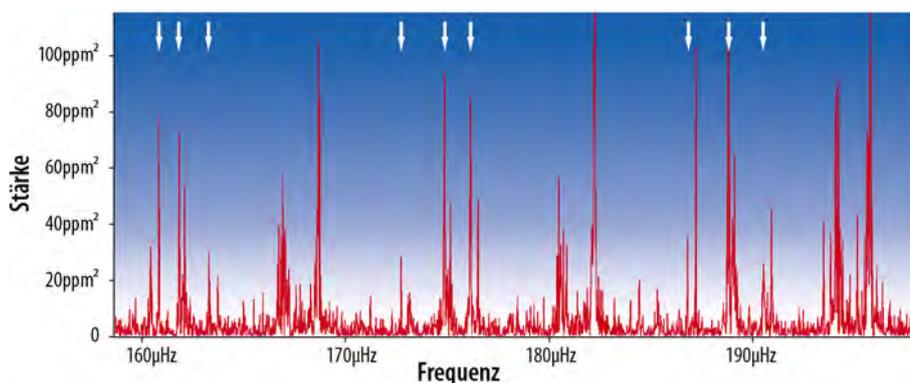
Frequenzen schwingt. Auch die Sonne zeigt solche Schwingungen, die markanteste dauert etwa fünf Minuten. Welche Schwingungsfrequenzen auftreten, hängt von der Ausbreitung im Sterninneren ab. So wie seismische Wellen, die bei einem Erdbeben entstehen, Informationen über das Erdinnere liefern, kann man aus den beobachteten Frequenzen der Sternschwingung, die sich auch in geringen Helligkeitsschwankungen äußert, auf den inneren Aufbau des Sterns schließen. Mit Hilfe des Weltraumteleskops Kepler ist es gelungen bei drei Sternen, bei denen die Fusion von Wasserstoff in einer Schale um den Kern gerade am Anfang steht, kleinste periodische Helligkeitsvariationen nachzuweisen, durch die sich die Schwingungen verraten. Die Analyse der beobachteten Schwingungsfrequenzen zeigt eine

von der Oberfläche zum Kern zunehmende Rotationsgeschwindigkeit. Der Vergleich mit theoretischen Modellen ergibt eine mindestens zehnfach höhere Rotationsgeschwindigkeit des Kerns. [Nature 481, 55(2012)]



▲ **Abb. 1: Der Kernbereich** eines Roten Riesen rotiert mindestens zehnmals schneller als die Oberfläche.

▼ **Abb. 2: Zusätzliche Helligkeitsschwankungen** mit ganz bestimmten Frequenzen (Pfeile) kann man nur dann beobachten, wenn Oberfläche und Kern mit unterschiedlicher Geschwindigkeit rotieren.



Surftipps

Rund um das galaktische Schwarze Loch (Animationen):

www.eso.org/public/news/eso1151

Roter Riese mit schnell rotierendem Kern (Animation):

fys.kuleuven.be/ster/Outreach/press-releases/spinningcore/corerotation/artwork

Airglow im Bild

Aus interstellarum 80, S. 17 habe ich entnommen, dass als Airglow das Rekombinationsleuchten ionisierter Moleküle bezeichnet wird. Sie selber gaben nur Wellenlängen von Rot bis Grün an. Sie zeigen aber ein Bild mit blauem Leuchten. Aufgrund des Verhältnisses von Mond- zu Atmosphärenleuchten gehe ich davon aus, dass wir die Tagseite der Erde sehen. Das Blaue Leuchten dürfte das Ergebnis der Rayleigh-Streuung sein, welche unseren Taghimmel blau und folglich die niedrig stehende Sonne orange-rot einfärbt. Ich bin ohne Rechnung davon überzeugt, dass der Halbmond alleine schon dazu in der Lage ist den Himmel per Rayleigh-Streuung in blaues Licht zu tauchen.

■ Reinulf Böttcher

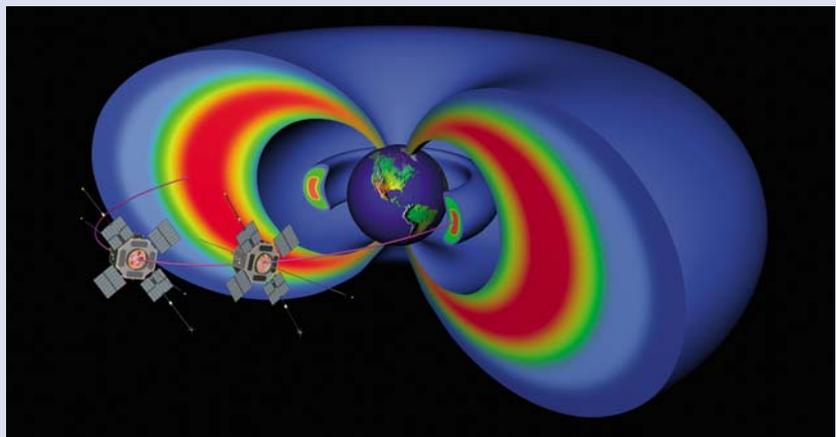
Red.: Herr Böttcher hat Recht, das blaue Leuchten auf der Aufnahme wird durch Rayleigh-Streuung in der Atmosphäre verursacht und zeigt kein Airglow. Die Prozesse, die zum Airglow führen sind vielfältig. Die wichtigsten Emissionen im visuellen und infraroten Spektralbereich stammen von angeregten (nicht ionisierten) OH- und O₂-Molekülen, die als Folge diverser Reaktionen nach der Dissoziation von molekularem Sauerstoff entstehen. Sie treten in einer nur wenigen Kilometer dicken Schicht in Höhen um 90km auf. Ebenfalls treten Emissionen von atomarem Sauerstoff auf.

▼ **Das Foto des NASA-Astronauten Dan Burbank** an Bord der ISS vom 22.12.2011 zeigt nicht nur den Kometen C/2011 W3 (Lovejoy), sondern auch das als schmale Band sichtbare Airglow.



Raumfahrt aktuell

Sechs Satelliten – Drei Missionen



▲ **Schematische Darstellung** der Strahlungsgürtel der Erde und der beiden Radiation Belt Storm Probes, die deren zeitliche Variabilität erkunden sollen.

Starts von großen Forschungssatelliten sind dieses Jahr von keiner Raumfahrt treibenden Nation geplant (und die Landung des Marsrovers Curiosity am 6. August ist die einzige Ankunft einer bedeutenden Mission an ihrem Ziel) – aber ein Feld der Weltraumforschung blickt dem Start von gleich sechs kleineren Satelliten im Lauf des Jahres entgegen. Sie gehören zu drei unabhängigen Missionen, einer europäischen und zwei amerikanischen: Swarm mit drei und RBSP mit zwei Satelliten sowie das Weltraumteleskop IRIS. Sie sollen verschiedene Aspekte der komplizierten Beziehungen zwischen Sonne und Erde erkunden. Als erste sind – Stand: Ende Januar – am 16. Juli die drei Swarm-Satelliten der ESA an der Reihe, die eine russische Rockot auf drei verschiedenen Polarbahnen in 400km bis 550km Höhe abliefern soll: Dort ist ihre Aufgabe die Messung der zeitlichen Variabilität des Erdmagnetfeldes, die sowohl innere, wie diverse äußere Ursachen hat. Die Überwachung durch neuartige Magnetometer mit hoher Zeitaufösung an drei Orten gleichzeitig soll die verschiedenen Effekte trennen helfen: zum Beispiel Veränderungen unter dem Südatlantik, die auf eine bevorstehende Umpolung des Erdfeldes hindeuten könnten, oder Wechselwirkungen von Magnetfeld und anderen geophysikalischen Effekten.

In größerem Abstand von der Erde ist die Aufgabe der beiden Radiation Belt Storm Probes (RBSP) der NASA – Start am 30. August auf einer Atlas V – die Überwachung des äußeren Strahlungsgürtels der Erde: Er unterliegt viel stärkeren Veränderungen als der stabile innere und spielt damit eine Schlüsselrolle bei der Wechselwirkung des Erdmagnetfeldes mit dem Sonnenwind. Beschleunigungs-, Transport- und Verlustprozesse geladener Teilchen und die Reaktion des Strahlungsgürtels auf geomagnetische Stürme stehen hier im Mittelpunkt des Interesses, für die Grundlagenforschung ebenso wie für konkrete Anwendungen, was die Betriebssicherheit von Satelliten betrifft. Auch die dritte Mission des Jahres, der Interface Region Imaging Spectrograph (IRIS) der Johns Hopkins University – Start am 1. Dezember mit einer Pegasus XL – soll wichtige Beiträge für das Verständnis der solar-terrestrischen Beziehungen liefern: Mit seinem 200mm-Ultraviolett-Teleskop konzentriert er sich auf die Sonnenatmosphäre kurz oberhalb der Photosphäre, wo in der Chromosphäre und Übergangsregion darüber der Großteil jener Sonnenenergie, der nicht als Strahlung sondern über Magnetfelder und Plasma vorliegt, in Wärme und Strahlung umgewandelt wird. Pünktlich zum nächsten Maximum der Sonnenaktivität etwa Mitte 2013 wird die Überwachung der Sonne und ihrer Auswirkungen dank der sechs neuen Satelliten noch vollständiger als je zuvor ausfallen.

Surftipps

Swarm:

www.esa.int/esaLP/ESA3QZJE43D_LPswarm_0.html

RBSP:

rbsp.jhuapl.edu

IRIS:

iris.lmsal.com

■ Daniel Fischer

Saturns dynamisches Duo

Cassini zeigt die Monde des Ringplaneten in neuem Licht

VON LARS-C. DEPKA

Der für viele ästhetischste Planet des Sonnensystems ist der Gasriese Saturn mit seinen ihn umfangenen Ringen, die in ihrer Struktur und Beschaffenheit ihresgleichen unter den bekannten Planeten suchen. 2011 machte die Atmosphäre des Riesenplaneten Schlagzeilen (vgl. S. 38). Doch nicht nur der Planet selbst zeigt sich derzeit von seiner dynamischen Seite. Denn in Saturns gigantischem Mondsystem sollten dem Cassini-Orbiter der NASA und der Huygens-Landesonde der ESA (vgl. interstellarum 74) nicht nur auf Titan, sondern vor allem auch auf dem zuvor unbeachteten Mond Enceladus spektakuläre Entdeckungen gelingen.

NASA, ESA, HUBBLE HERITAGE TEAM (STSCI/AURA)

▲ Abb. 1: **Saturn beeindruckt nicht nur mit seinen Ringen**, sondern auch mit seinem riesigen Mondsystem. Zwei Monde, denen die Raumsonde Cassini besondere Ergebnisse entlocken konnte, sind Titan (oben) und Enceladus (ganz links). Das Bild zeigt den Anblick am 24.2.2009 mit dem Hubble Space Telescope.

Saturn besitzt ein faszinierendes System aus heute 62 bekannten Monden (s. S. 17). Die innersten von ihnen kreisen sogar innerhalb der Ringe und prägen deshalb die Form der Ringe selbst entscheidend mit. Sie alle sind Welten aus Eis. Sie schmelzen nicht, da Saturn zehn Mal weiter von der Sonne entfernt ist als die Erde. Diese Tatsache macht sich auch in der Energiebilanz des Planeten bemerkbar. Er empfängt nur etwa 15 Watt Sonnenlicht pro Quadratmeter, während die Erde 1360W/m² treffen. Die Temperaturen im Saturnsystem liegen darum typischerweise auch zwischen -150°C und -200°C. Bei diesen Temperaturen verhält sich Wassereis wie ein Gestein. Es verwundert deshalb nicht, dass ganze Monde des Saturnsystems aus Eis bestehen können. Die größten unter ihnen sind gut mit mittleren Amateurteleskopen erreichbar.

Titan, der Methanmond

Der größte Begleiter des Saturns trägt seinen Namen zu Recht. Er ist mit einem

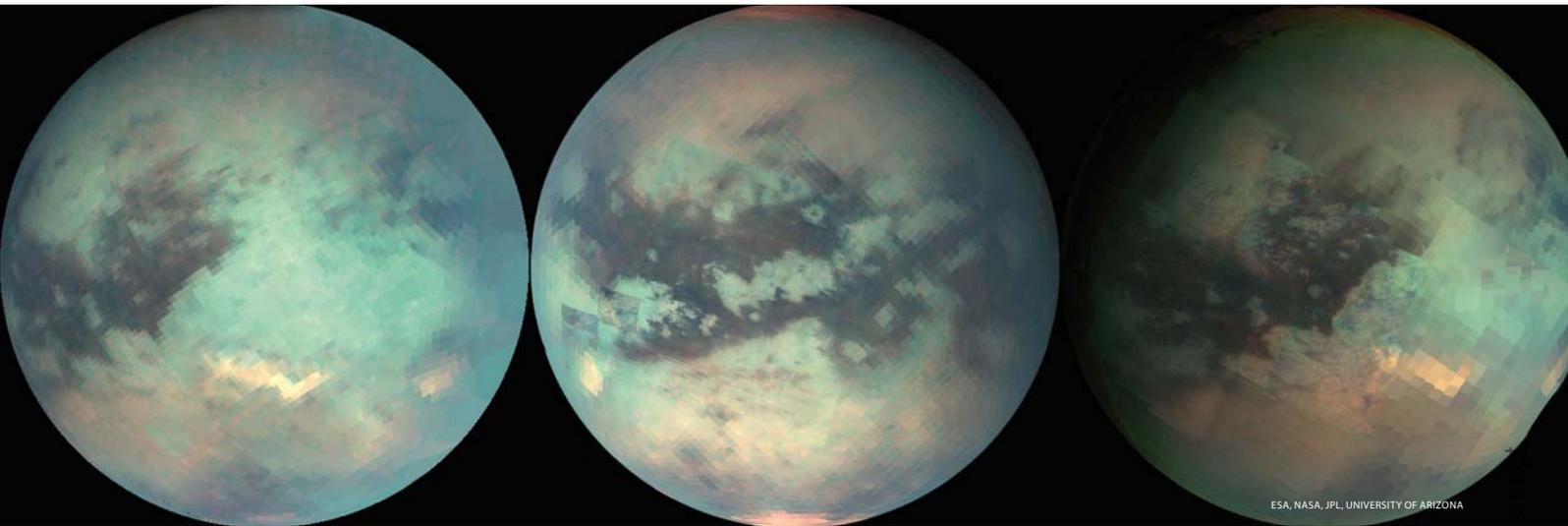
Durchmesser von 5150km sogar größer als der Planet Merkur, kein weiteres Mitglied der großen Saturnfamilie ist ihm an Größe überlegen oder reicht in seine Nähe. Er besitzt eine Atmosphäre, die dichter als die der Erde ist. Und seine Oberfläche ist mindestens so abwechslungsreich wie die unserer Heimat.

Bis zur Ankunft der Cassini-Huygens-Sonde im Jahre 2005 wusste man wenig über den Saturnmond. Erst die Huygens-Landesonde der ESA übermittelte Bilder einer dynamischen Landschaft, in der Flüsse, Seen, Dünen und möglicherweise Vulkane zu sehen sind. Eine weite Vielfalt geologischer Prozesse formt seine Oberfläche. Titan ist eine tiefgefrorene Version der frühen Erde, in der Methan das Wasser ersetzt. Es verdampft aus Gewässern, sammelt sich in Wolken, regnet ab und gelangt über Flüsse zurück in die Seen. Wenn nur die Atmosphäre etwas an Sauerstoff zu bieten hätte und die Temperatur nicht -180°C betragen würde, könnte man sich dort als Mensch fast schon ein wenig heimisch fühlen.

Dabei ist es noch gar nicht so lange her, dass man nicht mehr als einige wenige Einzelmessungen besaß, um Titan zu beschreiben. Als Voyager Anfang der 1980er Jahre erstmals das Saturnsystem passierte und die Daten zur Erde funkte, war auf ihnen kaum mehr als ein orangeroter Himmelskörper ohne Oberflächenstrukturen zu erkennen. Selbst bis in die 1990er Jahre hinein standen lediglich relativ grob aufgelöste Infrarotkarten, die durch erdgestützte Teleskope gewonnen wurden, zur Verfügung.

Dünen und Seen

Zwei Dinge sind in den niedrigen Breiten von Titan vor allem auffallend: Raue hügelige Landschaften wie die Xanadu-Region sowie ausgedehnte dunkle sandige Gebiete. Sanddünen mit bis zu 100m Höhe reihen sich dort über hunderte von Kilometern aneinander. Anders als auf der Erde besteht der Titansand jedoch nicht aus silikatischen Mineralien wie Quarz, sondern aus Kohlenwasserstoffen. In flüssiger Form



▲ Abb. 2: Titan ist der einzige Mond im Sonnensystem, der über eine dichte Atmosphäre verfügt. Diese drei globalen Ansichten wurden aus Einzelbildern der Raumsonde Cassini zusammengesetzt.

kommen diese Kohlenwasserstoffe vor allem rund um die Pole in kleineren Seen mit einigen Dutzend Kilometern Durchmesser oder seichten Gewässern wie Ontario Lacus mit etwa derselben Größe wie sein Namensvetter in Nordamerika vor. Aber auch Binnenmeere wie Kraken Mare mit der Größe des Kaspischen Meeres sind auf dem größten Saturnmond zu finden.

Zwischen den wüstenähnlichen tropischen Regionen und den feuchten Polgebieten befinden sich die bisher noch wenig erforschten und stark erodierten Landschaften der mittleren Breitengrade. Die meisten Anzeichen für fließende Flüssigkeiten finden sich in diesen Abschnitten. Seit den Voyagerbesuchen vermutete man stark einen Methankreislauf mit Wolken, Regen und Oberflächengewässern ganz nach dem Vorbild des Wasserkreislaufs der Erde. Diese Annahme fußte seiner Zeit im Wesentlichen auf einer einzigen Messung: Die Oberflächentemperatur des Titan lag dicht am so genannten Dreiphasenpunkt des Methans, genauso, wie die Durchschnittstemperatur der Erde dicht am Dreiphasenpunkt des Wassers liegt. Das bedeutet, die vorherrschende Temperatur ermöglicht, dass Wasser (Erde) oder Methan (Titan) gleichzeitig in allen drei Aggregatzuständen (fest, flüssig, gasförmig) vorkommen kann.

Wolkenbildung

Dies bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass die Oberflächentemperatur von Titan auch tatsächlich durch die Phasenübergänge zwischen den verschiedenen Aggregatzuständen, die eine bestimmte Wärmemenge benötigen bzw. freisetzen, geregelt wird. Erste Hinweise darauf sollte es erst in den späten 1990er Jahren geben:

Durch erdgestützte Teleskopbeobachtungen gelang es, kurzlebige Wolken in Höhen zu beobachten, von denen man annahm, dass Methan dort kondensiert, also den Aggregatzustand wechselt. Dieser Eindruck bestätigte sich in den Folgejahren mit weiter verbesserten technischen Möglichkeiten und Cassini war es schließlich, die die Methanwolkenbildung live miterleben konnte.

Wie die irdischen Haufenwolken quollen auch die Methanwolken in relativ kurzer Zeit auf und lösten sich auch wieder auf, nachdem ihre mitgeführte Flüssigkeit begann, nach und nach abzuregnen. In einigen Arealen konnte auf Bildern eine deutlich dunklere Oberfläche nachgewiesen werden, nachdem Wolken über sie hinweg gezogen waren. Neue Analysen der Daten belegen, dass es regelrechte Sturzfluten von Methan und Ethan gegeben haben muss.

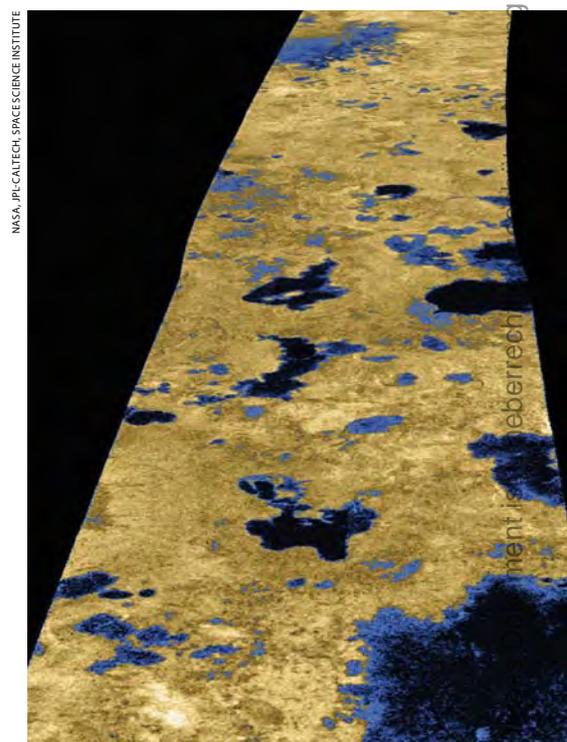
Katastrophale Niederschläge

In einigen irdischen Gebieten lösen plötzliche Sturzregen Erdbeben aus und überfluten ebene Gebiete an Gebirgsrändern. Dabei reißen die Ströme, die sich zu Tal wälzen, Felsbrocken und kleinere Steine mit. Auf Titan scheint es solche katastrophalen Niederschläge, die sich periodisch wiederholen, schon seit Äonen zu geben. Im südlichen Teil der Xanadu-Region sind Ablagerungen von durchsichtigen runden Sedimenten beobachtet worden. Vermutlich bestehen sie aus Wassereiskristallen mit Spuren von eingelagertem Ammoniak. Dieses Gemisch zeigt sich in den Radarbildern der Cassini-Sonde besonders hell. Angesichts der langgestreckten sanften Abhänge der Xanadu-Region werden die Eisbrocken dort offenbar besonders effektiv klein gemahlen. Die Sturzbäche reißen sie über hunderte von Kilometern mit

und schleifen sie dabei glatt und rund – ähnlich irdischen Kieselsteinen.

Hinsichtlich des Wasserkreislaufs ist Titan das, was Venus in Bezug auf den Treibhauseffekt darstellt: ein extremes Beispiel der Effekte, die auch auf der Erde zu beobachten sind. Wäre die Erde komplett mit Wasser bedeckt, würde die Sonneneinstrahlung ausreichen, um den Wasserspiegel durch Verdunstung global um ca. einen Meter pro Jahr abzusenken. Durchschnittlich ist die Erdatmosphäre jedoch nur in

▼ Abb. 3: Titan wird von einer Vielzahl an Flüssen und Seen durchzogen. Die mäandrierenden Strukturen gabeln sich an einigen Stellen. Wegen den kalten Bedingungen auf Titan führen sie Ströme aus Methan und oder Ethan.





ESA, NASA, JPL, UNIVERSITÄT OF ARIZONA

◀ Abb. 4: Die Oberfläche von Titan, gesehen vom Landemodul Huygens im Jahr 2005. Die orange Atmosphäre taucht die Wüste in ein Mars-ähnliches Licht.

Unterbrochen werden diese Witterungseinflüsse auf dem Saturnmond durch Jahrhunderte andauernde Trockenheiten. Denn so lange braucht es, bis durch die niedrigen Verdampfungsraten die Atmosphäre wieder mit Feuchtigkeit gesättigt ist.

Zirkulierende Luftmassen

Auf der Erde wird die Beschaffenheit des Gebiets zwischen Äquator und den Subtropen von der so genannten Vertikalzirkulation der Luftmassen bestimmt: Warme Luft steigt am Äquator auf und strömt in Richtung der Pole. Auf ihrem Weg dorthin unterliegt sie dem Einfluss der irdischen Rotation und wird abgelenkt. In einem Bereich um den 30. Breitengrad beginnt die Luft dann Richtung Oberfläche abzusinken. Zu diesem Zeitpunkt hat sie das meiste der mitgeführten Feuchtigkeit bereits verloren. Das ist übrigens auch der Grund, warum der größte Teil der irdischen Wüstengebiete bei diesem Breitengrad zu finden ist.

Da Titan mit 15 Tagen jedoch weitaus langsamer als die Erde rotiert, erstreckt sich seine Vertikalzirkulation von den mittleren Breiten der Sommerhemisphäre bis zum jeweiligen Winterpol. Dadurch wird die gesamte Äquatorialregion des Mondes ausgetrocknet mit dem Ergebnis, dass sich die ausgedehnten Dünen- und Sandfelder auf Titan um seinen Äquator konzentrieren.

Obwohl es auf dem Mond weitaus kälter als bei uns ist, besitzt die Titanatmosphäre überraschenderweise doch ein ähnliches Temperaturprofil wie die Erde. Die Troposphäre des Titan wird bis in ca. 10km Höhe durch einen Treibhauseffekt aufgewärmt und auch auf Titan fallen die Temperaturen mit zunehmender Höhe. Über der Troposphäre schließt sich in ca. 100km Höhe die Stratosphäre an, die durch Absorption der Sonnenstrahlung ihre Temperatur erhält. Ozon übernimmt in der Erdatmosphäre die Rolle des Absorbers, auf Titan ist es der trübe Dunstschleier, der den Mond vollständig einhüllt. Von ihm nahm man bis vor wenigen Jahren an, dass er im Wesentlichen aus verhältnismäßig leichten Kohlenwasserstoffmolekülen wie Ethan

zusammengesetzt ist. In einer Höhe von 1000km über Grund ging Cassini auch dieser Frage nach und förderte ganz Erstaunliches zu Tage: eine in dem Maße völlig unerwartet hohe Anzahl an schweren organischen Molekülen, zu denen auch Anthracen zählt. Der Dunstschleier setzt sich also ganz wesentlich aus viel schwereren Molekülen zusammen, als man erwarten konnte. Der Einfluss, den das Sonnenlicht auf das atmosphärische Methan ausübt, lässt solche schweren Verbindungen entstehen. Möglicherweise verbindet sich das schwere Material in der Atmosphäre zu größeren Körnchen und sinkt auf die Oberfläche hinab. Der genaue Ablauf dieses Prozesses ist allerdings noch nicht restlos verstanden.

Fast keine Einschlagskrater

Nicht genau bekannt ist, ob es auf Titan derzeit aktiven Vulkanismus oder Platten-tektonik gibt. Direkte Anzeichen hierfür konnten jedenfalls nicht beobachtet werden. Allerdings gibt es mit Hotei Arcus und Tui Regio wenigstens zwei Oberflächenmerkmale, die als Lavaströme aus gefrorenem Kohlendioxid oder Ammoniak interpretiert werden. Im nahen Infrarot erscheinen diese Gebiete heller als jede andere Region auf dem Mond, was die Vermutung ihrer verschiedenartigen Zusammensetzung nahelegt. Als ein weiteres Indiz für eine zumindest in früheren Zeiten stattgefunden geologische Aktivität auf Titan kann das nahezu vollständige Fehlen von Einschlagskratern gewertet werden. Berechnungen zufolge dürfte die Oberfläche nur zwischen 200 Mio. und 1 Mrd. Jahre alt sein.

Abgesehen von Wetterphänomenen, die einem saisonalen Kreislauf unterliegen, fanden und finden sowohl auf der Erde wie auch auf Titan Klimaveränderungen in Zeiträumen zwischen einigen zehntausend und Millionen Jahren statt. Auf Titan ist der südliche Sommer zwar kürzer als der nördliche, allerdings auch intensiver. Denn auch Saturn und mit ihm natürlich Titan beschreiben eine elliptische Bahn um die Sonne, der sie während des südlichen Sommers um ca. 10% näher an die Sonne heranbringt. Diese asymmetrischen Jahreszeiten sind wohl auch der Grund dafür, dass flüchtige Stoffe wie Methan oder auch Ethan entsprechend der Jahreszeiten zwischen den Hemisphären wechseln, weshalb im Norden derzeit viel mehr Seen und Ozeane als im Süden zu beobachten sind. Doch auch Titan bleibt von Veränderungen seiner relativen Polausrichtung nicht verschont und auch Saturns elliptische Umlaufbahn wird sich verändern. In etwa 30000 Jahren wird der Sommer der

der Lage, Wassermengen, die der Absenkung um einige Zentimeter entsprechen, aufzunehmen, bevor die Wolkenbildung und das Abregnen einsetzen. Über einen langen Zeitraum betrachtet wird das irdische Wetter also weitgehend von Schauern, die einige Zentimeter Niederschlag mit sich bringen, geprägt. Anders die Situation auf Titan: Die schwache Sonneneinstrahlung verdampft höchstens einen Zentimeter eines globalen Ozeans je Jahr. Allerdings ist die Titanatmosphäre durchaus in der Lage, die tausendfache Flüssigkeitsmenge (10m) aufzunehmen. Wenn dieser Sättigungsgrad dann erreicht ist, sind Starkregengüsse, die Flutwellen auslösen, auf Titan eher die Regel und nicht wie auf der Erde die Ausnahme.



6000 ZENTIMETER HÖHENABSCHEITUNG

◀ Abb. 5: Titan verfügt ähnlich wie die Erde über eine komplex strukturierte Atmosphäre. Allerdings ist seine Hülle sehr viel mächtiger als die der Erde: Die Thermosphäre des Titan liegt bei über 1000 Höhenkilometern.

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

► Abb. 6: Der Eismond Enceladus mit den »Tigerstreifen«, die durch Kryovulkanismus entstanden sind.

titanischen Nordhemisphäre der heißere sein. Die Gewässer des Nordens werden austrocknen und im Süden neu entstehen, was Titan auch in Sachen Klimaschwankungen und Wetterphänomene eher einem Planeten als einem Eismond ähneln lässt.

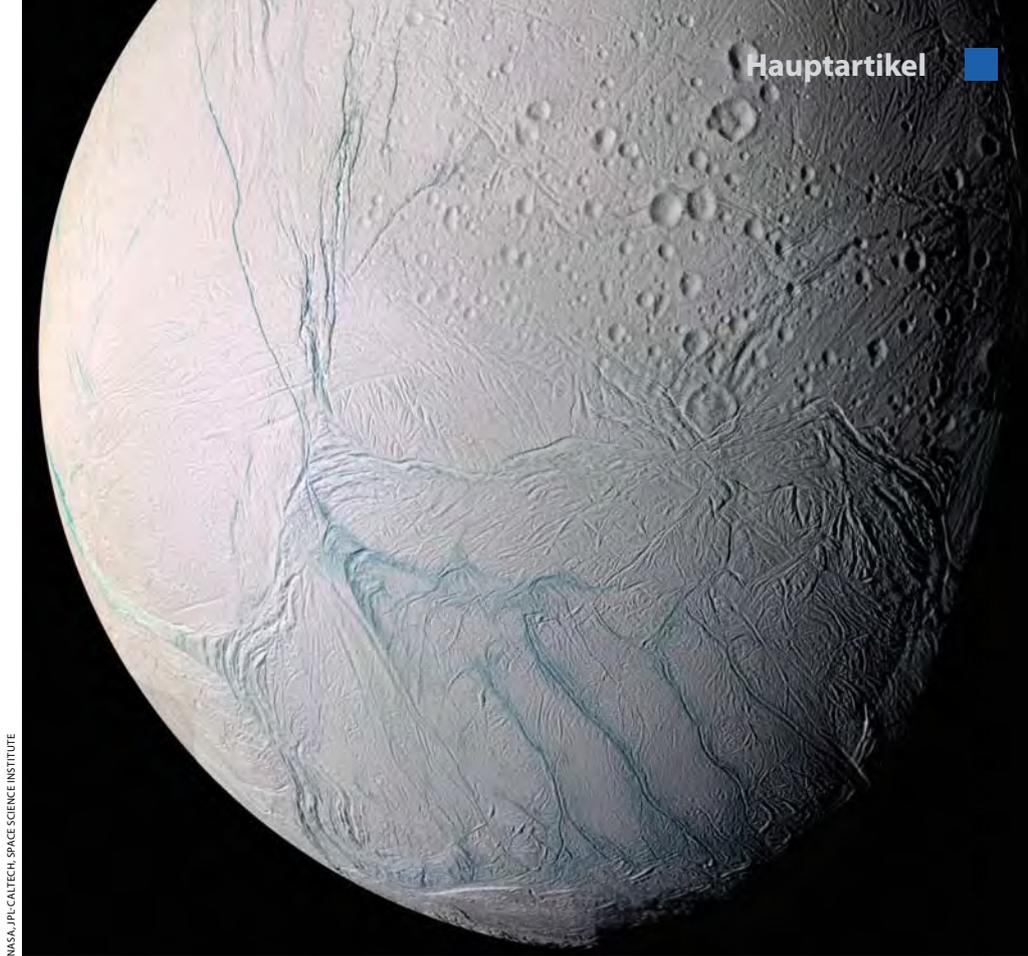
Enceladus – eiskalte Wundertüte

Im Vergleich zu seinem Vetter Titan von nur einem Drittel dessen Größe, trotzdem den Namen eines mythologischen Giganten tragend: Das ist Enceladus. Nichts in unserem Sonnensystem ist so hell wie er, denn er reflektiert weit über 90% des einfallenden Lichtes. Seine geometrische Albedo liegt damit bei 1,4, während die meisten anderen Eismonde des äußeren Sonnensystems auf nicht mehr als 0,2 bis 0,4 kommen.

Enceladus ist geologisch aktiv – unter seiner gefrorenen Oberfläche sind Mechanismen am Werk, die erst ansatzweise verstanden sind. Das verwundert zunächst einmal, denn der 8-mal größere Mars ist es nach derzeitigem Kenntnisstand beispielsweise nicht mehr. Enceladus ist damit neben dem Jupitermond Europa der einzige Kandidat der großen Mondfamilie des Sonnensystems, auf dem im weiteren Sinne so etwas wie Plattentektonik zu beobachten ist. Bei diesem Phänomen verursachen Kräfte aus dem Mondinneren konvektionsgetriebene weiträumige Krustenverschiebungen und führen so zu geologischen Veränderungen bzw. Deformationen der Oberfläche. Eine Unzahl von Spalten, Verwerfungen und Zonen junger Krustenbildung beweist diese Annahme. Doch noch ein weiterer Mechanismus sorgt für eine junge und sich stetig wandelnde Oberfläche. So sind etwa auf Enceladus kaum Einschlagkrater auszumachen, was stellenweise auf ein Oberflächenalter von vielleicht einigen hundert bis tausend Jahren schließen lässt.

Aktiver Südpol – die Tigerstreifen

Die Hauptrolle in Hinblick auf die beständige Oberflächenerneuerung des kleinen Mondes und möglicherweise weiterer eisiger Körper des äußeren Sonnensystems spielt dabei offensichtlich die so genannte kryovulkanische Aktivität. Darunter versteht man eine Erscheinungsform des Vulkanismus, die sich erst bei niedrigen Temperaturen unter -150°C ausprägt.



NASA/JPL-CALTECH SPACE SCIENCE INSTITUTE

Kryovulkane speien im Gegensatz zu den Vulkanen auf der Erde keine glutflüssige Lava, sondern leicht schmelzbare Substanzen wie Methan, Kohlenstoffdioxid oder auch Wasser, die im Inneren des Mondes in gefrorenem Zustand vorliegen.

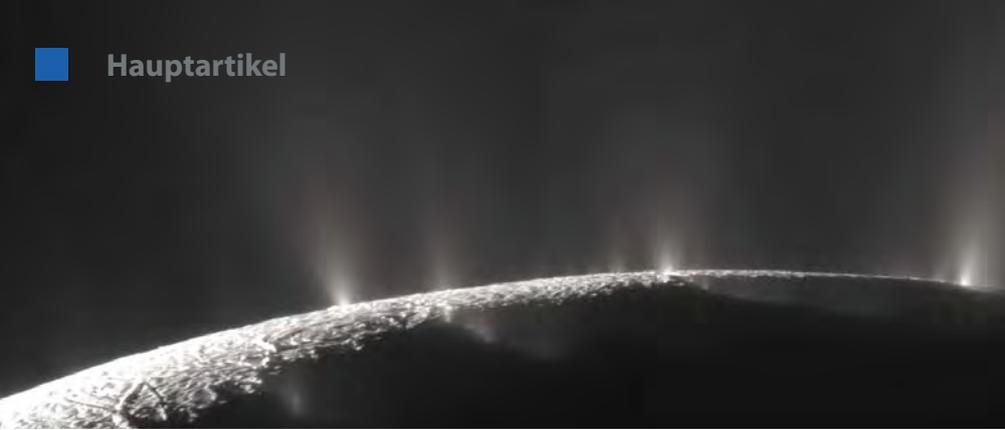
Um den Südpol des Mondes ist die Oberfläche von parallelen, hunderte Kilometer langen grünlich-blauen Streifen durchzogen, den so genannten Tigerstreifen, die aus bis zu 300m tiefen Spalten bestehen, in denen kristallines Eis bis zur Oberfläche vordringt. Warum diese für die Wissenschaft so völlig unerwartete Aktivität ausschließlich am Südpol des Mondes zu lokalisieren ist, und nach heutiger Vergegenwärtigung in der Historie auch ausschließlich hier stattgefunden haben muss, liegt gänzlich im Dunklen. Erste Erklärungsansätze sehen einen einseitig deformierten silikatischen Mondkern als Ursache.

Was geschieht unter dem Eis?

Vermutlich bewegt sich unter der Oberfläche von Enceladus das Eis in Konvektionsströmen und löst dort eine kryovulkanische Spaltenaktivität aus. Der Vorgang erinnert in seinen Effekten durchaus ein wenig an die Plattentektonik der Erde mit anderen Mitteln: Offensichtlich drücken die aufsteigenden Wassermassen die starren Krustenteile so weit auseinander, dass dazwischen neue Kruste gebildet wird. Durch Wärme werden die leicht schmelzbaren Substanzen flüssig und drängen zur Oberfläche. Dort

erstarrt der Auswurf schnell und kann sich so zu mehreren hundert Metern mächtigen Ablagerungen aufschichten.

Hohe Temperaturen oder Wärme sind auf den Eismonden Saturns im Allgemeinen und bei Enceladus im Besonderen natürlich eher relativer Natur. Dennoch spielen die im Vergleich zur unmittelbaren Umgebung erhöhten Temperaturwerte eine wichtige Rolle beim funktionellen Ablauf der Eisvulkanaktivität auf Enceladus. Überraschenderweise bilden die Tigerstreifen eine Zone lokaler Erwärmung, die die Oberfläche dort um etwa 25°C stärker aufheizt, als es unter den gegebenen Umständen zu erwarten wäre. Die genaue Natur der Energie- bzw. Wärmequelle ist derzeit noch nicht bis ins Letzte bestimmt. Diskutiert werden verschiedene Modelle. Tatsächlich ist Enceladus viel zu klein, als dass radioaktiver Zerfall zu einer bedeutenden Erwärmung im Innern des Mondes führen würde. Durch seine Bahn um Saturn wirken Gezeitenkräfte auf ihn, die Reibung im Mondinneren und damit eine Erwärmung bewirken. Allerdings ist nach Meinung einiger Forscher der Mechanismus der Gezeitenreibung bei Enceladus grundsätzlich nicht als ausreichend zu erachten, um genügend Wärme zur Verflüssigung von Wassereis zu erzeugen. Die gesamte Erhitzungsrate, die sich aus der Summe des möglichen radioaktiven Zerfalls im Innern sowie der maximalen Gezeitenkräfte ergibt, beträgt lediglich etwa ein Zehntel der beobachteten Wärmeenergie, die bei etwa 15,8 Gigawatt liegt. Das ist immerhin der



NASA, JPL-CALTECH, SPACE SCIENCE INSTITUTE

◀ Abb. 7: **Die Fontänen von Enceladus:** Kleine Wassereispartikel treten aus den Geysiren um den Mondsüdpol aus.

zweieinhalbfache Energieausstoß der heißen Quellen im Yellowstone-Nationalpark in den USA. Um dieses Energieniveau zu erreichen, benötigt man auf der Erde 20 moderne Kohlekraftwerke. Man weiß allerdings seit Oktober 2008 durch Messungen des Ion and Neutral Mass Spectrometer der Cassini-Sonde vom Vorhandensein chemischer Stoffe wie beispielsweise Ammoniak, Argon-40 und verschiedener anderer organischer Moleküle wie Methan, Formaldehyd und auch Ethanol, die den Schmelzpunkt des Eises substantiell herabsetzen.

Enceladus' Rätsel

Vermutlich muss bei der Beantwortung der Frage nach der Energiequelle, die die Aktivitäten des Eismondes ermöglicht, noch eine weitere – die chemische – Komponente in die Überlegungen mit einbezogen werden. Denn mutmaßlich ermöglicht sie erst das Zusammenspiel mehrerer Umstände, zu denen auch eine Art der chemischen Energiesammlung zählt: Die durch die radioaktiven Komponenten der kosmischen Strahlung hervorgerufene Veränderung von Oberflächenmolekülen führt zur Oxidation des oberflächennahen Wassereises. Diese Oxidantien wiederum reagieren mit den ursprünglich in größeren Mengen vorhandenen Reduktionsmitteln wie Ammoniak, Methan, sowie anderer Kohlenwasserstoffe. Die bei diesen exothermen Reaktionen (unter Energieabgabe) entstehenden flüchtigen Gase sind schließlich ebenfalls eine wesentliche Triebfeder des beobachteten Kryovulkanismus. Besonders der Fund von Argon-40 – es entsteht

beim Zerfall von Kalium-40 – lässt eine anhaltend liquide Ressource unter dem Eispanzer des Mondes vermuten, denn auf der Erde wird das Argon-Isotop unter anderem durch »feuchte« Prozesse freigesetzt.

Weiter gestützt wird diese Vermutung durch den mittlerweile erbrachten Nachweis von Kalium und Natrium im E-Ring des Saturns, der durch das Auswurfmaterial der Geysire gespeist wird. Flüssiges Wasser könnte aber auch in nur wenige Meter unter der Eiskruste befindlichen Kammern eingeschlossen sein. Dagegen spricht allerdings, dass der von den Geysiren ausgespuckte Wasserdampf auch Spuren von Salz enthält. Es könnte sich bei dem Auswurf also um gefrorene Tröpfchen aus einem Salzwasser-Ozean handeln, der in Kontakt mit dem mineralreichen Gesteinskern von Enceladus steht. Die Tröpfchen werden von Dampf und Gas mitgerissen und gelangen durch Risse in der Eiskruste ins All.

Salzige Fontänen

Theoretische Vorhersagen gehen bei dieser Entstehungsgeschichte davon aus, dass salzhaltige Partikel größer sein und dementsprechend nicht so hohe Geschwindigkeiten erreichen sollten, wie die salzlosen Partikel. Durch Cassini hat man in den Auswurfwolken einen 70%igen Anteil von salzhaltigen Partikeln festgestellt, sie machen sogar 99% der ausgeworfenen Masse aus. Diese Ergebnisse sprechen also eher gegen »trockene« Quellen wie die Sublimation von Eis. Stattdessen entweichen wohl nahezu alle Partikel der Fontäne einem oder mehreren unterirdischen Salzmeeren mit

riesigen Oberflächen. Ein solcher Wasserkörper zwischen der äußeren Eiskruste und dem Kern würde auch die Gezeitenheizung effizienter machen, da sich der aufschwimmende Eispanzer leichter verformen lässt.

Eine weitere Randbedingung, die für die Idee des großräumigen Wasserreservoirs spricht, lässt sich zwischenzeitlich aus Daten eines direkten Durchfluges des Orbiters durch die Dampffontänen ableiten: die Größe der verdampfenden Wasserfläche, die der Annahme entgegensteht, dass das Wasser in den Geysirkanälen steht und von dort eruptiv »explodiert«.

Neben der reinen Eismasse entweicht an den Tigerstreifen wenigstens 20kg Gas bzw. Wasserdampf je Sekunde. Um diesen Absolutbetrag verdampfen zu lassen, lässt sich die notwendige Größe der minimal zur Verfügung stehenden Verdampfungsfläche mathematisch ermitteln. Da jeder Verdampfungsprozess auch zu einem Wärmeentzug führt, ein Phänomen, das unter dem Begriff adiabatische Kühlung oder Verdunstungskühlung bekannt ist, fröre jede zu kleine offene Wasserfläche augenblicklich zu und jede Aktivität käme zum Erliegen. Außerdem schleudern die Geysire durchschnittlich 70kg Eismasse je Sekunde ins All. Dafür wird Simulationen zufolge eine Verdunstungsrate von 200kg/s Wasserdampf benötigt. Um diese Rate zu erreichen, muss eine minimale offene Wasserfläche von einigen Dutzend Quadratkilometern gegeben sein, die die Theorie der kleineren Wasseransammlungen in den Geysirschlotten nicht bereitstellen kann.

Vergängliche Schönheit

Die Wasserdampffontänen des Enceladus sind ungeachtet eines faktisch erwiesenen permanenten Flüssigkeitsreservoirs möglicherweise dennoch nur von periodischer Dauer. Auch ihre vermutete Aktivitätsphase von bis jetzt ca. 10 Millionen Jahren steht dem nicht im Wege. Nimmt man unabhängig von der genauen Natur ihrer Quelle die von den Geysiren durchschnittlich



NASA, JPL-CALTECH, SPACE SCIENCE INSTITUTE

◀ Abb. 8: **Die Oberfläche von Enceladus.** Das gesamte Gebiet ist durch ein komplexes Netz von Brüchen und Störungen bis zu einer Breite von 5km durchtrennt. Im Bild links ist eine deutliche tektonische Region zu erkennen. Der Mangel an Kratern und die scharfe Topografie in diesem Bereich zeigen, dass dies ein relativ junges Gelände auf Enceladus ist.

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

herausgeschleuderten 70kg Eismasse je Sekunde, hätte dies bei einer fort dauernden Aktivität seit Entstehung der Planeten bis jetzt zu einem kumulativen Massenverlust von wenigstens 9% der gesamten Mondmasse geführt. Derart hohe Verlustraten würden aber einen signifikanten Einfluss auf die Mondtopografie nehmen, der in dieser Form nicht festzustellen ist. Vermutlich werden also die Aktivitätsphasen zeitlich dominiert von langen Perioden der chemischen Energiesammlung, die dann nur durch geologisch kurzzeitige Ereignisse der kryovulkanischen Aktivität unterbrochen werden.

Wir haben also das Glück, uns genau zur rechten Zeit am richtigen Ort zu befinden.

- [1] Brown, R. H., Lebreton, J.-P., Waite, J. H. (Hrsg.): Titan from Cassini-Huygens, Springer Dordrecht, Heidelberg, London, New York (2009)
- [2] Lunine, J. I., Lorenz, R. D.: Rivers, Lakes, Dunes and Rain: Crustal Processes in Titan's Methane Cycle, Annual Review of Earth and Planetary Sciences 37, 299 (2009)
- [3] Bierhaus, E. B. et al.: The Role of Ejecta in the Small Crater Populations on the Mid-Sized Saturnian Satellites, arXiv:1105.2601v1 (2011)
- [4] Fleshman, B. L., Delamere, P. A., Bagenal, F.: A Sensitivity Study of the Enceladus Torus, Journal of Geophysical Research 115, E04007 (2010)

- [5] Postberg, F. et al.: Sodium salts in E-ring ice grains from an ocean below the surface of Enceladus, Nature 459, 1098 (2009)

Surftipps

Cassini (JPL):

saturn.jpl.nasa.gov

Cassini (NASA):

www.nasa.gov/mission_pages/cassini/main

Cassini-Huygens (ESA):

sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=12

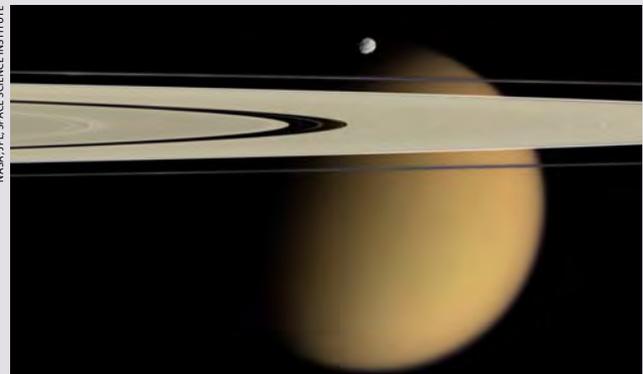
Wie viele Monde hat Saturn?

Einschlägige Quellen wie das Jet Propulsion Laboratory geben die Anzahl der Monde des Saturn mit 62 an. Darunter sind zahlreiche unregelmäßig geformte, kleinere Monde. So ist z.B. S/2009 S 1 gerade einmal 300m groß [1]. Es stellt sich also die Frage, ab wann ein Gesteinsbrocken als Mond (oder Satellit) bezeichnet werden soll.

Zunächst muss ein Mond eine gesicherte Bahn haben und er darf die Sonne nicht auf einer eigenen Bahn umrunden, sondern muss einen Planeten, Zwergplaneten oder Planetoiden umkreisen. Form und Herkunft spielen bei dieser Definition jedoch keine Rolle. Die meisten der kleineren Monde sind nicht rund, sondern unregelmäßig geformt. Bei einigen Körpern, insbesondere bei solchen mit außergewöhnlichen Bahnen (retrograd, große Bahnneigung), nimmt man an, dass sie eingefangene Kleinkörper aus dem Sonnensystem sind.

Ein weiterer Punkt betrifft Masse und Größe, die jeweils geringer als die des umkreisten Objekts sein sollte. Obwohl dies eigentlich nicht Bestandteil der Definition für einen Mond ist, könnte man auch sagen, dass der gemeinsame Schwerpunkt (das Baryzentrum), um den Mond und Planet (Zwergplanet, Planetoid) kreisen, im Inneren des massereicheren Körpers liegen sollte. Dieses Kriterium trifft tatsächlich auf fast alle Monde im Sonnensystem zu: Selbst die größten Monde wie Saturns Titan oder Jupiters Ganymed sind im Vergleich zu ihren massereichen Planeten Zwergplaneten. Das Baryzentrum, um das sie sich bewegen, liegt tief im Inneren ihrer Planeten. Der Erdmond besitzt etwa ein Viertel des Erddurchmessers und nur ungefähr ein achtzigstel ihrer Masse. Das Baryzentrum liegt etwa bei dreiviertel des Erdradius vom Erdzentrum in Richtung Mond, aber noch innerhalb der Erde. Die einzige Ausnahme bildet Plutos Mond Charon, der eine vergleichbare Größe wie Pluto besitzt. Der gemeinsame Schwerpunkt, um den Pluto und Charon kreisen, liegt zwischen beiden. Es könnte deshalb sein, dass in der Zukunft einmal das System Pluto-Charon als Doppelplanet definiert wird und Charon damit ebenfalls als Zwergplanet betrachtet wird.

Eine Monddefinition über die Lage des Baryzentrums ist allerdings nur begrenzt hilfreich, da die Lage des Baryzentrums auch vom Abstand der beiden Körper abhängt. Auch eine untere Grenze bezüglich Größe oder Masse, was als Mond zu bezeichnen ist, gibt es nicht. Als die Kamera von Voyager 1 1980 Saturns Ring in tausende einzelne Ringe und Lücken auflöste, vermutete man, dass diese auch durch den Einfluss von Monden verursacht



▲ **Titan ist der größte Mond Saturns** und der zweitgrößte des Sonnensystems. Und obwohl er größer als der Planet Merkur ist, wird er nicht als Planet klassifiziert, da er sich in der Umlaufbahn um einen Planeten und nicht um die Sonne befindet. Außerdem sind noch der Mond Epimetheus mit einem mittleren Durchmesser von 116km sowie der A- und F-Ring zu sehen.

wurden, die sich innerhalb der Ringe bewegten. Diese Moonlets (»Möndchen«) genannten Körper mussten kleiner als 100km sein, um durch Saturns Gezeitenkräfte nicht zerstört zu werden, und größer als 2km, um innerhalb der Ringe eine Lücke zu schaffen, die größer als ihr eigener Durchmesser war [2]. Mittlerweile kann man Störungen im A-Ring nachweisen, die auf 40m bis 120m durchmessende Moonlets, zurückgeführt werden. Eine Abschätzung ergibt, dass um die 10 Millionen dieser Moonlets mit Durchmessern von 100m allein im A-Ring des Saturn existieren könnten [3]. Sie stellen ein Bindeglied dar zwischen den Ringteilchen mit Durchmessern von etwa 1cm bis 10m und den Schäfermonden Pan and Daphnis mit mittleren Durchmessern von etwa 30km bzw. 8km, die sich ebenfalls im A-Ring befinden. Angesichts solcher Zahlen wäre – entsprechend der 2006 reformierten Planetendefinition – eine eindeutige Definition für den Begriff Mond wünschenswert.

- [1] International Astronomical Union: S/2009 S 1, Circular No. 9091, Central Bureau for Astronomical Telegrams (2009)
- [2] Lissauer, J. J., Shu, F. H., Cuzzi, J. N.: Moonlets in Saturn's Ring, Nature 292, 707 (1981)
- [3] Tiscareno, M. S. et al: 100-metre-diameter moonlets in Saturn's A ring from observations of »propeller« structures, Nature 440, 648 (2006)
- [4] International Astronomical Union: Pluto and the Developing Landscape of Our Solar System, www.iau.org/public/pluto (2006)

von Peter und Susanne Friedrich

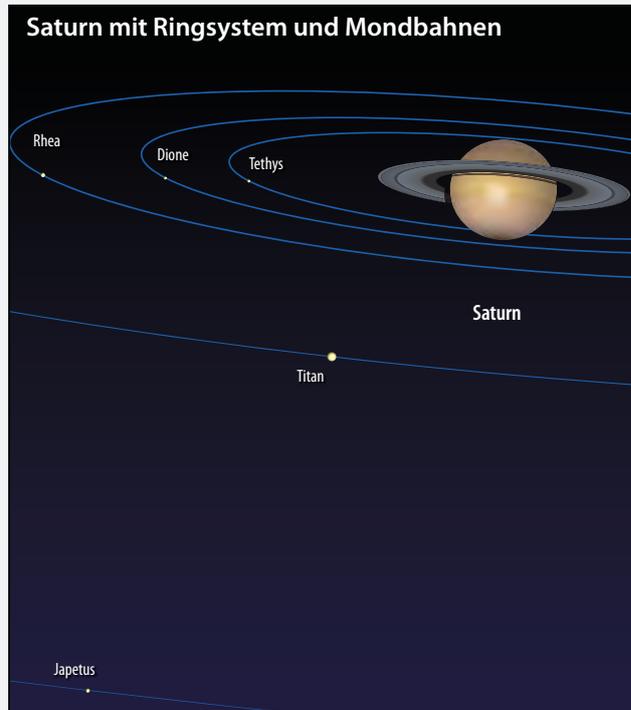
ASTROWISSEN

Ringplanet am Abendhimmel

Saturn in Opposition

Im April und Mai bewegt sich Saturn in seiner Oppositionsschleife rückläufig (in westlicher Richtung) im Sternbild Jungfrau rund 5° nördlich von dessen Hauptstern Spika entfernt. Der Ringplanet erreicht am 15. April seine Oppositionsstellung und ist damit die ganze Nacht als $0^m,2$ helles Objekt beobachtbar. Dabei beträgt seine Entfernung zur Erde 1304 Mio. Kilometer. Vor genau 400 Jahren war Galileo Galilei erstaunt, dass er die zwei »Begleiter« des Saturns plötzlich nicht mehr sehen konnte. Zwei Jahre zuvor, im Jahre 1610, entdeckte er den Saturnring – die optische Qualität seines Teleskops reichte allerdings nicht aus, den Ring als solchen zu erkennen. Er nahm den Ring als große »Monde« des Saturn wahr. 1612 beobachtete er allerdings den Saturn, als der Ring zufällig seine Kantenstellung einnahm.

In diesem Jahr ist der Ring unter einem Winkel von 14° zu sehen und damit gut wahrnehmbar. Da auch die Qualität der Optiken in den letzten vierhundert Jahren deutlich besser geworden ist, kann man heute auch mit verhältnismäßig kleinen optischen Instrumenten den Ring deutlich erkennen. In kleineren Ferngläsern erscheint Saturn als ein elliptisches Objekt mit einer Längsausdehnung von $43,3''$. Bereits mit einem 16×70 - oder 20×80 -Fernglas kann der etwa $6''$ große Zwischenraum zwischen der Planetenkugel (oder besser dem Planetenoval, denn Saturn ist sehr stark abgeplattet) und dem Ring, der in der kleinen Achse eine Ausdehnung von $10,2''$ aufweist, beobachtet werden. Größere Teleskope zeigen dann bei ruhiger Luft schon Details wie die Lücke zwischen dem etwas helleren Ring B in Planetennähe und dem dunkleren Ring A, der sich an Ring B anschließt. Diese Lücke wird nach dem Entdecker Giovanni Cassini als Cassini-Teilung bezeichnet, die dieser im Jahre 1676 erstmalig wahrnahm. Auch die großen Monde sind bereits mit kleineren



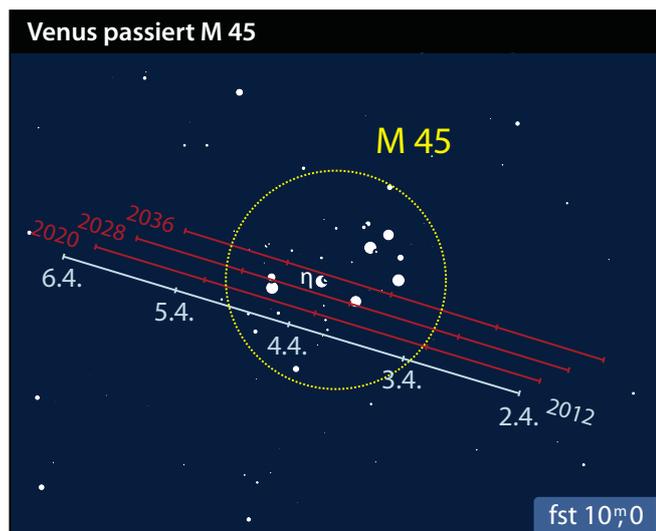
Instrumenten beobachtbar. Titan ist mit einer Helligkeit von $8^m,4$ das einfachste Objekt, Rhea, Tethys und Dione sind mit Helligkeiten um 10^m schon etwas schwieriger zu beobachten. Zum Aufsuchen der Monde empfiehlt sich ein Planetariumsprogramm oder ein astronomisches Jahrbuch, um ihre Position vor dem Sternhintergrund genau zu verifizieren.

■ André Knöfel

▼ **Mit 14° Öffnung** zeigen sich die Saturnringe 2012 etwa so wie 2007 – nur dass man damals auf die Südseite der Ringe blickte.



Venus passiert M 45 am 3. April



Venus dominiert den Abendhimmel. Sie bewegt sich bis Ende April in östlicher Richtung im Sternbild Stier. Dabei zieht sie am 3. April knapp südlich an den Plejaden vorbei. Solche nahen Vorbeigänge finden ziemlich exakt alle acht Jahre statt. Grund ist das nahezu ganzzahlige Verhältnis der

synodischen Umlaufzeit der Venus zur Erdumlaufzeit, so dass die Venus alle acht Jahre etwa immer dieselbe Position einnimmt. Der kleine Unterschied zwischen fünf synodischen und 13 siderischen Umläufen der Venus nach acht Jahren führt jedoch dazu, dass sie sich nicht exakt an derselben Bahnposition befindet und sich

somit ihre Position am Himmel etwas verschiebt: Venus wandert deshalb von Durchgang zu Durchgang weiter in die Plejaden hinein. Ab 2028 wird sie dann die Plejaden direkt durchqueren.

In diesem Jahr wird die -4^m4 helle Venus am Abend des 3. April in einem Abstand von

25' an Alkyone (η Tau) vorbeiziehen. Für Fotografen ist es sicher eine Herausforderung, den Planeten wenige Wochen vor seinem größten Glanz zusammen mit den im Vergleich dazu schwachen Plejadensternen abzulichten. Mit -4^m7 wird Venus am 30. April ihren größten Glanz erreichen. Dabei ist sie als schmale Sichel mit 27% beleuchtetem Anteil und $37,4''$ Winkeldurchmesser in Teleskopen zu sehen.

■ André Knöfel



▲ **Venus** zeigt im April und Mai wieder ihre Sichelgestalt. Wie 2004 ist diese Phase der Vorgeschmack auf das spektakuläre Ereignis des Venustransits am 6. Juni.

25' an Alkyone (η Tau) vorbeiziehen. Für Fotografen ist es sicher eine Herausforderung, den Planeten wenige Wochen vor seinem größten Glanz zusammen mit den im Vergleich dazu schwachen Plejadensternen abzulichten. Mit -4^m7 wird Venus am 30. April ihren größten Glanz erreichen. Dabei ist sie als schmale Sichel mit 27% beleuchtetem Anteil und $37,4''$ Winkeldurchmesser in Teleskopen zu sehen.

Lyriden-Maximum am 22. April



Nach einer recht meteorarmen Zeit im Spätwinter sind die Lyriden wieder ein Meteorstrom, der auch eine merkliche Aktivitätszunahme aufweist. Die ersten Lyriden tauchen etwa ab dem 15. April noch mit einer Radiantenposition östlich des Herkulestrapezes auf. Im Laufe der nächsten Tage wandert der Radiant Richtung Leier. Das eigentliche Maximum wird am frühen Morgen

des 22. April erwartet. Die Aktivität und der Maximumszeitpunkt variieren allerdings von Jahr zu Jahr – üblicherweise werden 18 Meteore pro Stunde unter idealen Bedingungen (Grenzhelligkeit 6^m5 , Radiant im Zenit) erwartet. Es sind aber auch Raten um 90 Meteore pro Stunde denkbar, aber eher unwahrscheinlich. Das Maximum kann zwischen 23:30 MESZ (21. April) und dem Vormittag des 22. Aprils auftreten. In Mitteleuropa steht der Radiant zu Beginn der bürgerlichen Dämmerung um 5:15

MESZ in Zenitnähe über dem Südhorizont, somit gehen keine Meteore durch tiefen Radiantstand »verloren«. In diesem Jahr sind die Bedingungen für mitteleuropäische Beobachtungsorte optimal, zumal der Neumond am 21. April die schwachen Sternschnuppen nicht überstrahlt.

■ André Knöfel

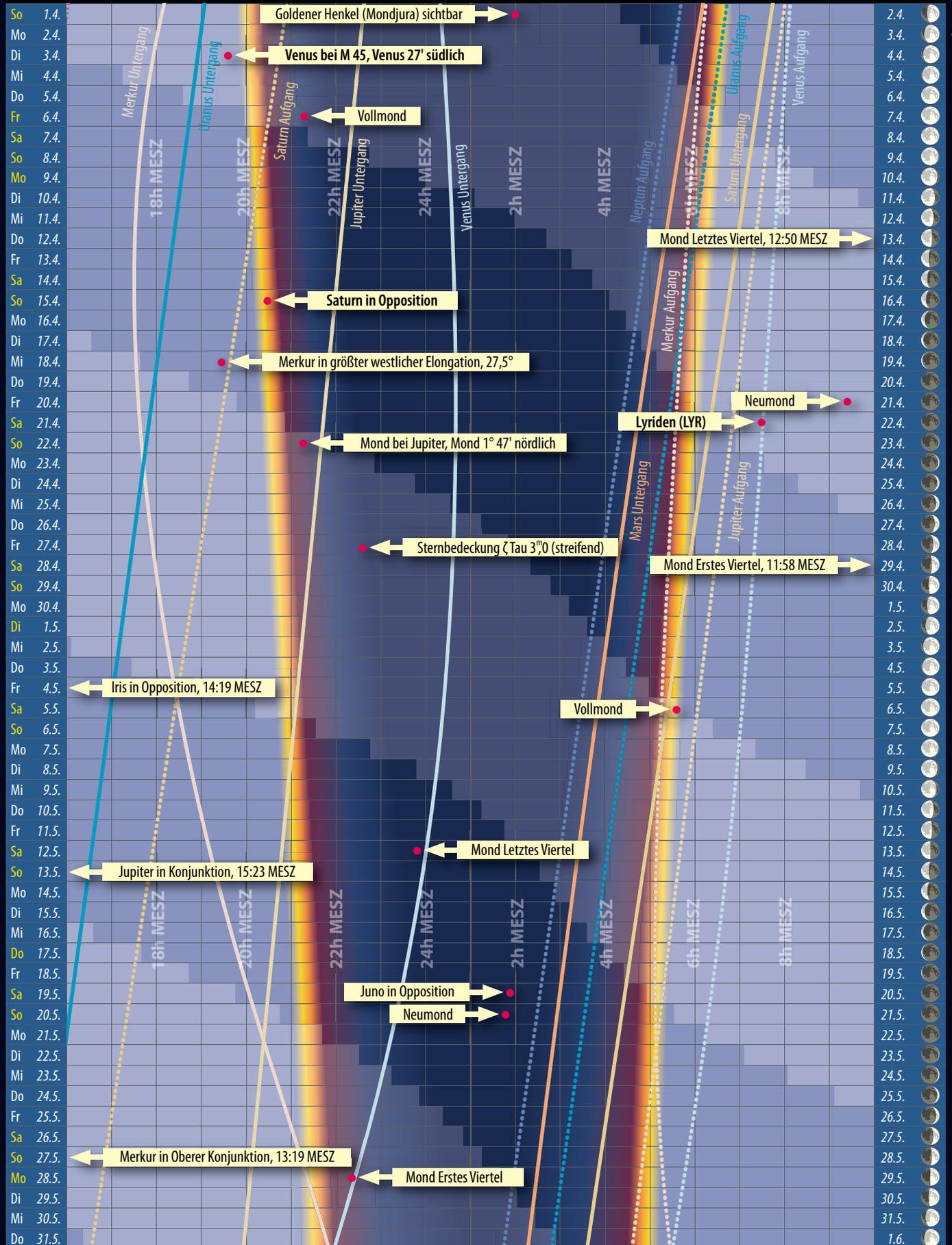
Astronomische Ereignisse im April/Mai 2012		
2.4.	2:00 MESZ	Goldener Henkel (Mondjura) sichtbar
3.4.	19:36 MESZ	Venus bei M 45, Venus 27' südlich
6.4.	21:19 MESZ	Vollmond
13.4.	12:50 MESZ	Mond Letztes Viertel
15.4.	20:26 MESZ	Saturn in Opposition
18.4.	19:23 MESZ	Merkur in größter westlicher Elongation, $27,5^\circ$
21.4.	9:18 MESZ	Neumond
22.4.	7:30 MESZ	Lyriden (LYR), Dauer: 16.4.–25.5., ZHR 18 (bis 90)
22.4.	21:12 MESZ	Mond bei Jupiter, Mond $1^\circ 47'$ nördlich
25.4.	22:37 MESZ (Zürich)	Sternbedeckung ζ Tau 3^m0 (streifend)
29.4.	11:58 MESZ	Mond Erstes Viertel
4.5.	14:19 MESZ	Iris in Opposition
6.5.	5:35 MESZ	Vollmond
12.5.	23:47 MESZ	Mond Letztes Viertel
13.5.	15:23 MESZ	Jupiter in Konjunktion
20.5.	1:54 MESZ	Juno in Opposition
21.5.	1:47 MESZ	Neumond
27.5.	13:19 MESZ	Merkur in Oberer Konjunktion
28.5.	22:16 MESZ	Mond Erstes Viertel

Zeiten bezogen auf die Mitte des deutschen Sprachraums (Nürnberg)

Himmel Das Sonnensystem

im April/Mai 2012

Dämmerungsdiagramm im April/Mai 2012



INTERSTELLARUM.SCHÜBING

Der Lauf der Planeten im April 2012



morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

abends sichtbar

Der Lauf der Planeten im Mai 2012

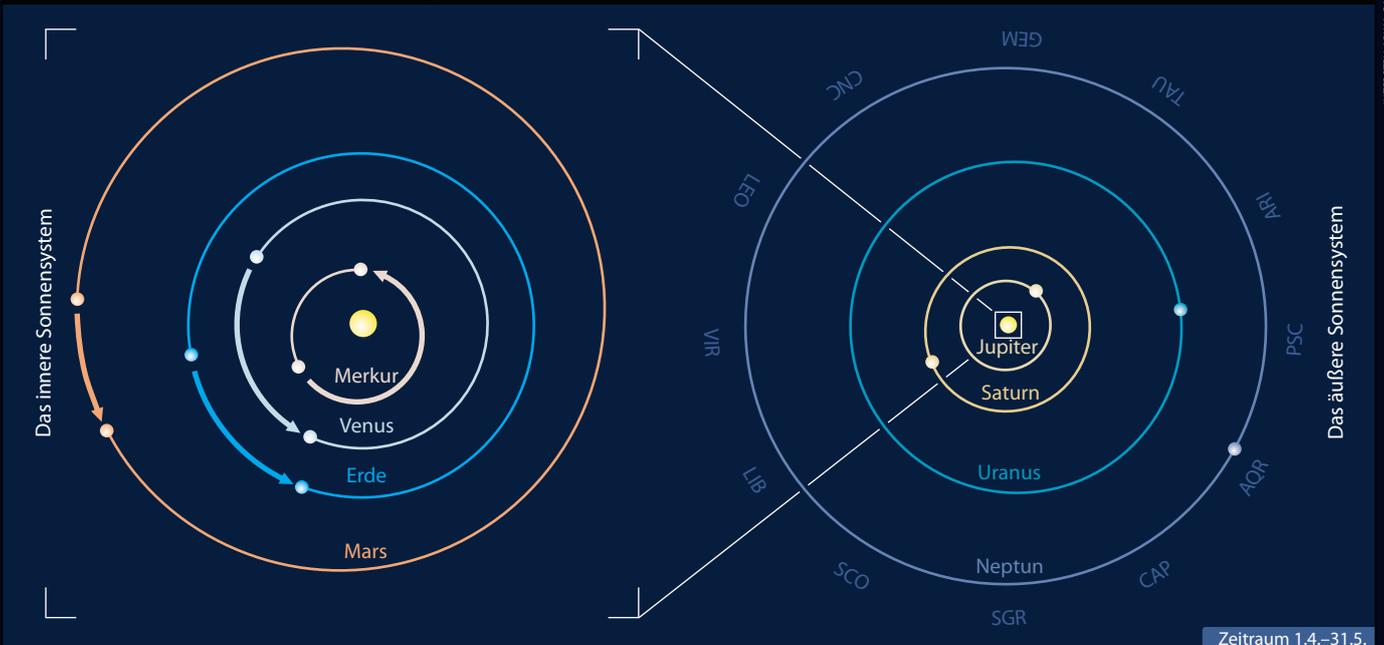


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

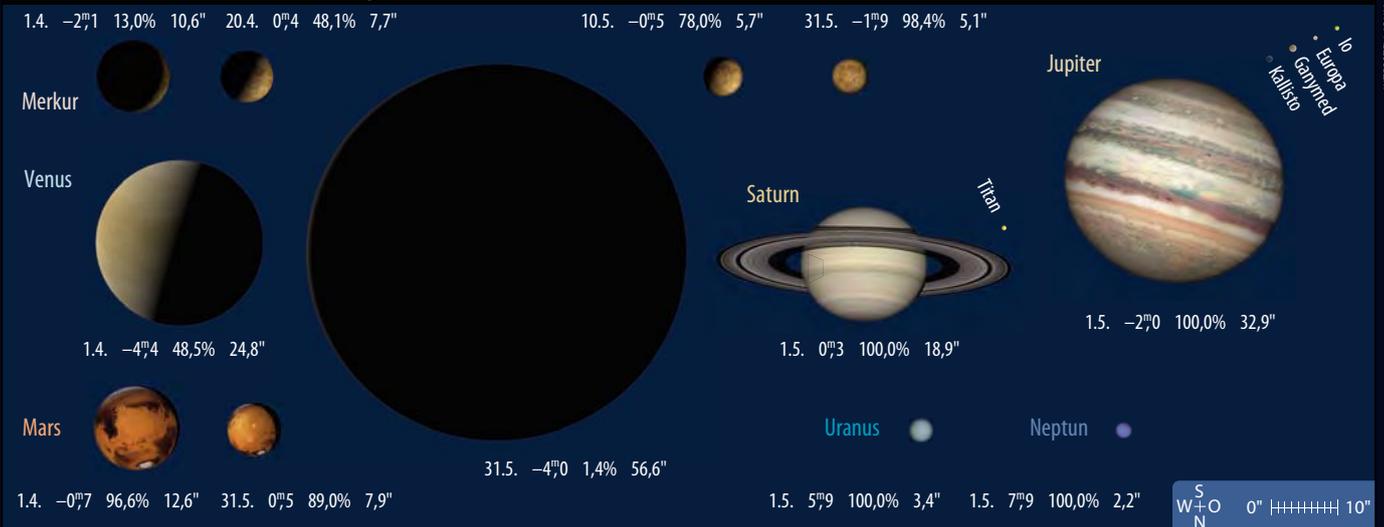
abends sichtbar

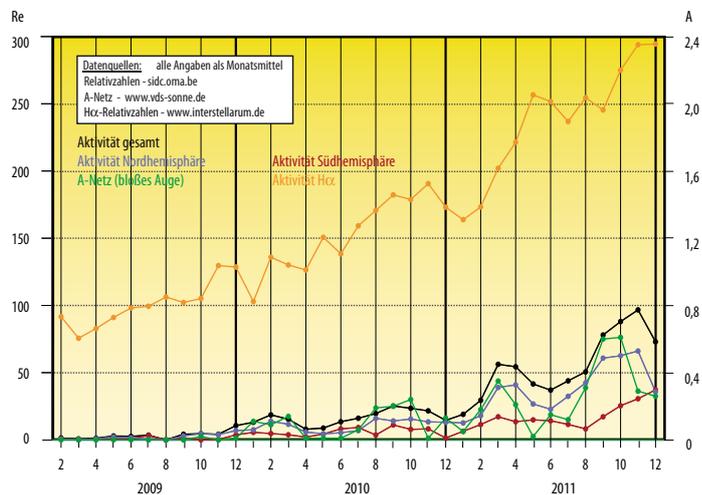
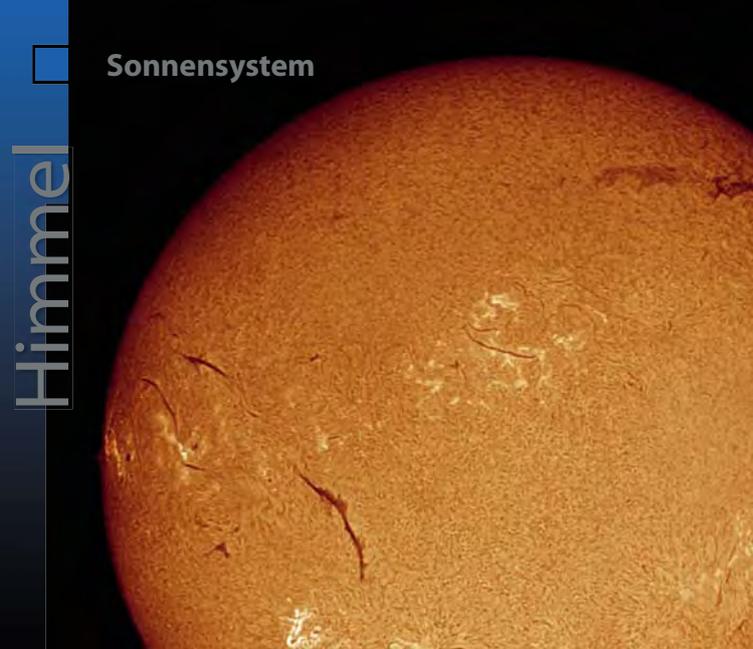
Die Planeten auf ihren Bahnen im April/Mai 2012



Zeitraum 1.4.–31.5.

Die Planeten im Fernrohr im April/Mai 2012





◀ Abb. 1: Die Sonne im Ha-Licht am 20.11.2011, 13:34 MEZ. 4"-Refraktor bei 1000mm, Coronado Solarmax 60 + 2020 Telezentrik, 0,2s. Erich Kopowski

Sonne aktuell Status quo

Nach dem schon recht ordentlichen Anstieg der Sonnenfleckentätigkeit besonders im Oktober, ging die Aktivität in den Monaten November und Dezember insgesamt leicht zurück. Zwar wurden 28 bzw. 26 neue Fleckengruppen gezählt, aber nur jeweils zwei Aktivitätsgebiete erreichten in diesem Zeitraum die Waldmeierklasse E und drei (im November) die Klasse F. Dabei war im November noch die Nordhalbkugel der Sonne die aktivere Hälfte, während im Dezember der Süden erstmals den – allerdings nur leicht – dominanteren Part übernahm. Hohe Relativzahlen (>100) entstanden allein durch die Vielzahl von Fleckengruppen, weniger durch deren Entwicklungsstand. Die höchste Relativzahl wurde am 7. November mit 120, die niedrigste am 15. Dezember mit 38 ermittelt, kein Tag im Berichtszeitraum war fleckenfrei.

Derlei Schwankungen konnten hingegen im Ha-Licht nur in weitaus geringerem Maße festgestellt werden. So kletterte die

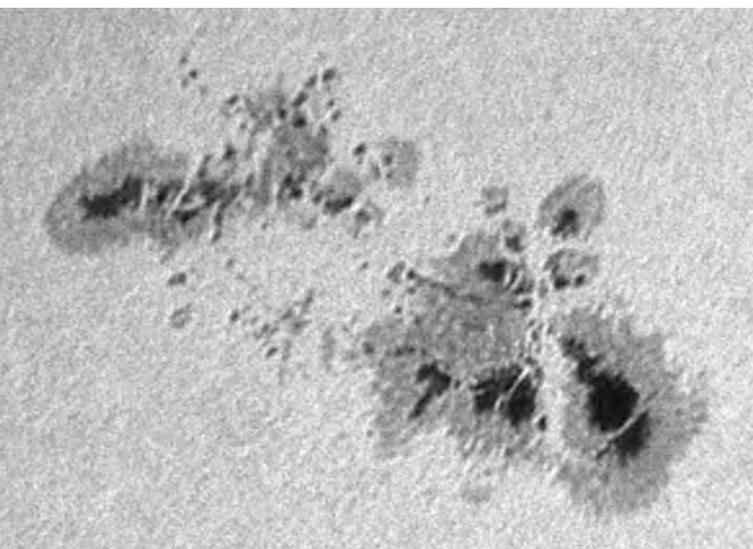
interstellarum-Ha-Relativzahl von Oktober bis Dezember 2011 von 277,77 über 298,06 auf 304,69, bei 27, 28 und 19 Beobachtungstagen. Ein direkter Blick in die Daten offenbart natürlich schon gewisse Unterschiede, doch scheinen diese auch – wie beinahe schon zu erwarten war – auf einen weitaus intensiveren Aktivitätsanstieg hinzuweisen, als dies im Weißlicht der Fall ist. So waren dort in den letzten Tagen des alten Jahres keine Fleckengruppen der Waldmeierklassen E oder F zu sehen, während die als D-Gruppe klassifizierte AR 11389 in dem kurzen Zeitraum vom 29. bis zum 31. Dezember 2011 gleich fünf M-Flares hervorbrachte. Überdies kam es im Dezember zu mehreren Eruptionen aus sich auflösenden Filamenten und auch andere aktive Regionen produzierten fleißig Flares der Klasse c.

Wie sich die Aktivität der Sonne vor diesem Hintergrund weiter entwickeln wird, wann das Maximum des 24. Sonnenfleckenzyklus eintreten wird, ist weiter unklar und auch nicht so einfach zu berechnen. Das Marshall Space Flight Center erwartet in seiner jüngsten Prognose das Maximum im Februar 2013 bei einer mittleren Sonnenfleckenzahl von 96. Der aktuelle Zyklus ist mittlerweile mehr als drei Jahre alt und die in den letzten Monaten etwas kräftiger angestiegene Sonnenaktivität gibt Anlass zur Hoffnung, dass das Maximum etwas früher eintritt als bislang angenommen. Nach dem Waldmeiereffekt ist die Anstiegsdauer

vom Minimum zum Maximum abhängig von der Höhe des Maximums: Bei einem sehr hohen Maximum ist die Anstiegszeit kürzer, bei einem mittleren bis niedrigen entsprechend länger. Damit wäre der 24. Fleckenzyklus der niedrigste seit April 1928, als im 16. Sonnenfleckenzyklus das Maximum 78,1 betrug, und vergleichbar mit Zyklus Nr. 10 der 1856 begann, 1867 endete und seinen Höhepunkt im Januar 1860 mit einer gemittelten Relativzahl von 97,9 hatte. Bemerkenswert an diesem eher niedrigen Zyklus ist der bis heute stärkste geomagnetische Sturm vom 1./2. September 1859, der zeigte, dass auch in vermeintlich aktivitätsärmeren Zyklen jederzeit mit herausragenden Ereignissen zu rechnen ist.

Etwas anders sehen es hingegen die chinesischen Sonnenforscher Z. L. Du and H. N. Wang vom Key Laboratory of Solar Activity, National Astronomical Observatories der Chinesischen Akademie der Wissenschaften in Peking. Ihren unlängst veröffentlichten Forschungen zufolge konnten sie nachweisen, dass offenbar die ersten 20 Monate für den Verlauf eines Fleckenzyklus entscheidend sind. Der Verlauf in diesen ersten knapp zwei Jahren lasse Schlussfolgerungen zu, so ihr Fazit, ob es ein hohes oder ein niedriges Maximum gibt. Auf der Basis der Beobachtungen des bisherigen Zyklusverlaufs und unter Berücksichtigung des Waldmeiereffektes sagen sie das kommende Maximum für den Oktober 2013 mit einer mittleren Relativzahl von 84 ± 33 voraus.

■ Manfred Holl



◀ Abb. 2: Die Fleckengruppe NOAA 1339 am 5.11.2011. 12"-SCT bei 3000mm, Canon EOS 300D, ISO 100, 1x 1/250s. Stefan Schwager

Surftipps

Prognose chinesischer Sonnenforschung:

arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1112/1112.5721v1.pdf

Übersichtstabellen zu Fleckenzyklen:

www.schulze-md.de/tabellen.htm

Planeten aktuell

Saturn ruhig, Mars aktiv

Saturn steht am 15. April in Opposition (s. S. 18). Damit bietet sich eine gute Gelegenheit, nach den Überresten der Sturmaktivität aus dem Vorjahr zu fahnden (s. ausführlicher Artikel S. 38). Mit Stand Januar legen jedoch die ersten Bildergebnisse der neuen Saison nahe, dass auf dem Ringplaneten wieder Ruhe eingekehrt ist. Lediglich eine feine helle Zone in hohen Nordbreiten dürfte noch als Erinnerung an den Sturm zu interpretieren sein. Dennoch bleiben Amateure mit größeren Instrumenten aufgerufen, Saturns Atmosphäre zu überwachen – Überraschungen sind nicht auszuschließen!

Venus strebt auf ihr Zusammentreffen mit der Sonne am 6. Juni zu (ausführliche Berichterstattung im Themenheft 1/2012 und in der nächsten Ausgabe Nr. 82). Davor zeigt sie eine besonders beeindruckende Abend-sichtbarkeit, die von ihrer außergewöhnlich hohen nördlichen Deklination begünstigt wird: Anfang Mai erreicht Venus fast 28° Nord. Damit lässt sich im Teleskop besonders die Phase der schmalen Sichel gut beobachten. Gegen Ende Mai sollte man auf übergreifende Hörnerspitzen und das aschgraue Licht achten, das bei diesen Bedingungen optimal beobachtet werden kann.

Für **Mars** neigt sich die aktuelle Sichtbarkeitsperiode mit dem Unterschreiten der 10"-Marke dem Ende zu. Mit dem Beginn des Sommers auf der Nordhalbkugel ist das Schicksal der im Januar immens leuchtenden Polkappe eingeläutet, sie wird bis Mai nahezu verschwunden sein. Gleichzeitig nimmt die meteorologische Aktivität zu, insbesondere »weiße Wolken«, die sich an hohen Bergen oder in Ebenen bilden, werden



▲ Abb. 1: **Saturn am 18.1.2012.** Der Planet zeigt keine Anzeichen der Sturmaktivität. 20"-Newton bei 11000mm, DMK 21AU618. *Thomas Winterer*

erwartet. Schon im Januar wurde die klassische »W-Wolke« gesichtet, die sich über den Gipfeln der Tharsis-Vulkane bildet.

Jupiter zeigte in den ersten Wochen des Jahres 2012 eine überraschende Entwicklung: Das nördliche Äquatorband (NEB) schmolz bis auf einen schmalen südlichen Rest so stark zusammen wie seit 1918 nicht mehr. Dadurch wurden die sonst im Band liegenden dunklen Barren (Mitte Januar bei 120°, 210°, 240°, 340° und 40° Länge im

System II) freigelegt und waren von heller Materie der Nördlichen Tropischen Zone (NTiZ) umgeben. Es bleibt spannend zu beobachten, ob das NEB ganz verschwindet – wie es vor 1918 regelmäßig der Fall war – oder dieses Stadium das Minimum der bekannten regelmäßigen Breitenänderung darstellt, und sich das NEB nach der Wiederkehr Jupiters an den Morgenhimmel im Juni wieder verbreitern wird.

■ Ronald Stoyan

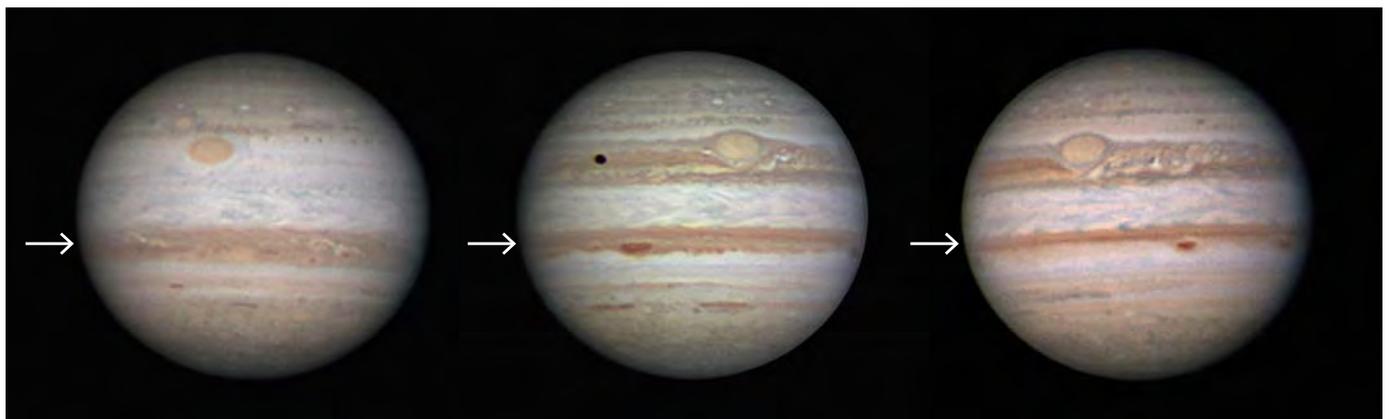


▲ Abb. 2: **Venus am 15.1.2012.** Die UV-Aufnahme zeigt feine Wolkenstrukturen. 20"-Newton bei 11000mm, DMK 21AU618. *Thomas Winterer*



▲ Abb. 3: **Mars am 15.1.2012.** Die feine dunkle Teilung der Rima Tenuis durchzieht die leuchtende Nordpolkappe. 20"-Newton bei 11000mm, DMK 21AU618, IR742-Filter. *Thomas Winterer*

▼ Abb. 4: **Jupiters NEB** wurde in den letzten Jahren immer schmaler: 2010 (links) war es sehr breit und umhüllte dunkle Flecke. 2011 (Mitte) lagen die dunklen Barren bereits am nördlichen Rand, wurden aber noch vom Band berührt. 2012 (rechts) liegen auch die Barren frei in hellem Material. *Torsten Edelmann*



Kometen aktuell Abschied von Garradd

Langzeit-Komet C/2009 P1 (Garradd) bleibt im April weiterhin zirkumpolar und ist nach wie vor der einzige hellere Schweifstern für kleinere Instrumente. Er wandert vom Sternbild Großer Bär Richtung Süden ins Sternbild Luchs. Im ersten Monatsdrittel stört der zunehmende Mond die Beobachtung am Abendhimmel, ideale Bedingungen herrschen dann in der zweiten Monatshälfte. Die Helligkeit geht nun langsam zurück, zu Monatsbeginn können noch etwa 7^m.5 erwartet werden, gegen Monatsende nähert sich der Komet dann schon der 9. Größenklasse. Im Mai wird der Komet nach und nach zum Objekt der ersten Nachthälfte und erreicht das Sternbild Krebs. Die letzte Chance, um am dunklen Himmel noch einmal einen Blick auf den Kometen zu werfen, bekommt man Mitte Mai, bevor die insgesamt ein Jahr dauernde Sichtbarkeitsperiode zu Ende geht.

■ Burkhard Leitner

Kometen im April/Mai 2012			
Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe
C/2009 P1 (Garradd)	13.8.2009	23.12.2011 (1,55AE)	5.3.2012 (1,27AE)
	Beobach- tungsfenster	erwartete Helligkeit	
	April 2011 bis Juni 2012	8 ^m -9 ^m	

Surftipps

C/2011 W3 (Lovejoy) auf

Cometography:

[www.cometography.com/
icomets/2011W3.html](http://www.cometography.com/icomets/2011W3.html)

Bildergalerie der Astronomical Society Victoria:

asv.org.au/lovejoy.php

Bilder- und Linksammlung:

www.komet-neat.de/2011w3.htm

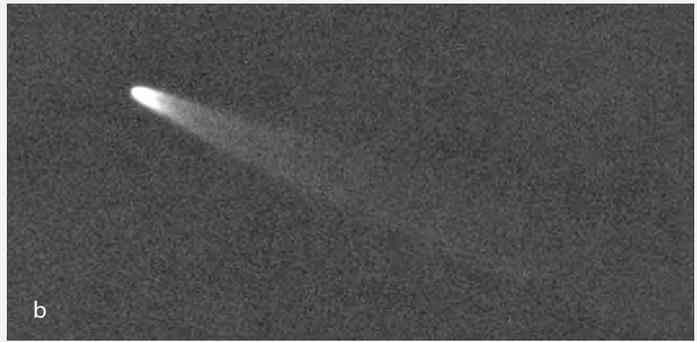
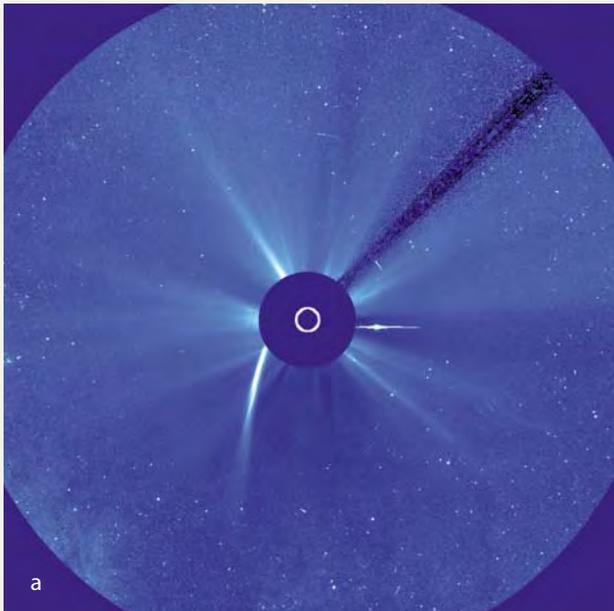
C/2011 W3 (Lovejoy): Weihnachtskomet im Süden

Als der australische Amateurastronom Terry Lovejoy ein diffuses Objekt auf seinen Aufnahmen vom 27. November 2011 fand, dachte er zunächst an eine mögliche Reflexion in der Optik. Bestätigungsaufnahmen in den folgenden Nächten zeigten allerdings, dass es sich um einen neuen Kometen handelte. Es war die dritte Kometenentdeckung Lovejoys und es sollte eine ganz besondere sein. Mit der offiziellen Bekanntgabe als C/2011 W3 (Lovejoy) am 2. Dezember und den berechneten Bahndaten war klar, dass es sich um einen Sungrazer der Kreuz-Gruppe handeln musste. Es war die erste Entdeckung eines Kreuz-Kometen von der Erde aus seit 1970. In den letzten 15 Jahren wurden auf Aufnahmen des Sonnenobservatoriums SOHO hunderte Kleinkometen aus dieser Familie der »Sonnenstreifer« (Sungrazer) entdeckt – keiner davon konnte von der Erde aus beobachtet werden. Komet Lovejoy sollte am 16. Dezember sein Perihel durchlaufen und die Beobachtungen in der ersten Dezemberwoche deuteten eine relativ geringe absolute Helligkeit an. Dies und die Periheldistanz von nur etwa 0,00554AE ließen kaum eine andere Perspektive zu, als die Auflösung des Kometen spätestens bei der engen Sonnenannäherung. Am 11. Dezember konnte der Schweifstern zum letzten Mal vor seinem erwarteten Ende erdgebunden fotografiert werden. Noch am selben Tag gelangte er ins Blickfeld der Sonnensonde STEREO. Ab dem 14. konnte er auf den Bildern von SOHO live im Internet verfolgt werden. Der Komet wurde nun sehr rasch heller – am 15. wurde seine Helligkeit auf $-3^m.0$ geschätzt – und entwickelte einen ständig wachsenden Staubschweif. Neben STEREO und SOHO waren noch weitere Raumsonden auf diesen so besonderen Kometen gerichtet: das Solar Dynamics Observaory (SDO) der NASA und der japanische Sonnensatellit HINODE. In der Nacht vom 15. auf den 16. Dezember war dann die entscheidende Phase gekommen: Der Komet verschwand auf den SOHO-Bildern hinter der abgedeckten Sonnenscheibe und überflog die Oberfläche der Sonne in nur ca. 140000km Abstand – SDO konnte spektakuläre Bilder des Kometen innerhalb der Sonnenkorona zur Erde senden. Die Überraschung war beträchtlich, als dann in den Morgenstunden des 16. Dezembers auf den Live-Bildern von SOHO ein helles Objekt neben der Sonne zu sehen war: Lovejoy hatte die Sonnenpassage überlebt, gleichzeitig war der abgerissene Schweif noch

auf der anderen Seite der Sonne zu sehen (Abb. a). Noch am selben Tag bildete sich der Schweif des Kometen neu, was wiederum auf den SOHO-Aufnahmen bestens verfolgt werden konnte. Ebenfalls am 16. Dezember gelang eine Tageslicht-Beobachtung am Foothill College Observatorium (USA): Mit einem 400mm-Teleskop konnte Lovejoy in nur 4° Sonnenabstand beobachtet werden. V. Jaques (Frankreich) sah den Schweifstern schließlich am 17. ebenfalls tagsüber mit einem 80mm-Refraktor. Er konnte dieses seltene Ereignis auch in einer Serie von Bildern festhalten (Abb. b). Der Sonnenabstand des Kometen wuchs rasch an und noch am 17. Dezember konnte er ein erstes Mal von der Südhalbkugel aus in der hellen Morgendämmerung beobachtet werden. Die Helligkeit wurde dabei von A. Amorim (Brasilien) auf $-2^m.9$ geschätzt. Zwischen dem 21. und 26. Dezember machte D. Burbank an Bord der ISS spektakuläre Aufnahmen des über der Erde aufgehenden Kometen (s. Seite 10). Um den 20. ragte nur der helle Schweif von C/2011 W3 über den Horizont, pünktlich zu Weihnachten war der Komet dann für Beobachter der Südhalbkugel als Ganzes ein eindrucksvolles Objekt (Abb. c-e). Die Beobachtung erfolgte großteils mit bloßem Auge, so konnte der über 35° lange Schweif am besten wahrgenommen werden. Bis zur Erdnähe am 8. Januar blieb Lovejoy freisichtig, danach konnte der schwächer werdende Komet auf seinem Weg über den südlichen Himmelspol und an der Großen Magellanschen Wolke vorbei praktisch nur noch fotografisch verfolgt werden.

Es wird angenommen, dass C/2011 W3 nicht zum ersten Mal in Sonnennähe gekommen ist. Die bisher errechneten Bahnelemente deuten auf eine elliptische Bahn mit einer Periode zwischen 300 und 400 Jahren hin. Eine mögliche Erklärung dafür, warum er überlebt hatte, besagt, dass der Komet bei einer früheren engen Sonnenpassage eine isolierende Kruste entwickelt haben könnte, welche die Aktivität vor dem Perihel eingeschränkt hatte. Dadurch kam es zu einer falschen Größenschätzung, die von einem etwa 200m großen Kern ausging – zu klein, um den Periheldurchgang zu überstehen. In Wahrheit dürfte der Kometenkern um einiges größer gewesen sein (500m – 800m) und das Aufbrechen dieser Kruste im Perihel würde die hohe Nachperihel-Aktivität erklären.

■ Burkhard Leitner



C/2011 W3 (Lovejoy), der helle Weihnachtskomet am Südhimmel.

a) **16.12.2011**, SOHO LASCO-C3 Instrument. NASA

b) **17.12.2011**, CCD-Aufnahme, 3"-Refraktor bei 600mm, DMK 21, 2000×1/30s. *Vincent Jacques*

c) **22.12.2011**, Digitalfoto, Canon

EOS 10D mit 67mm-Objektiv, ISO 800, 1×20s, Neuseeland. *Ian Cooper*

d) **23.12.2011**, Digitalfoto, Canon EOS 400D mit 50mm-Objektiv, ISO 1600, 1×45s, Australien. *Vello Tabur*

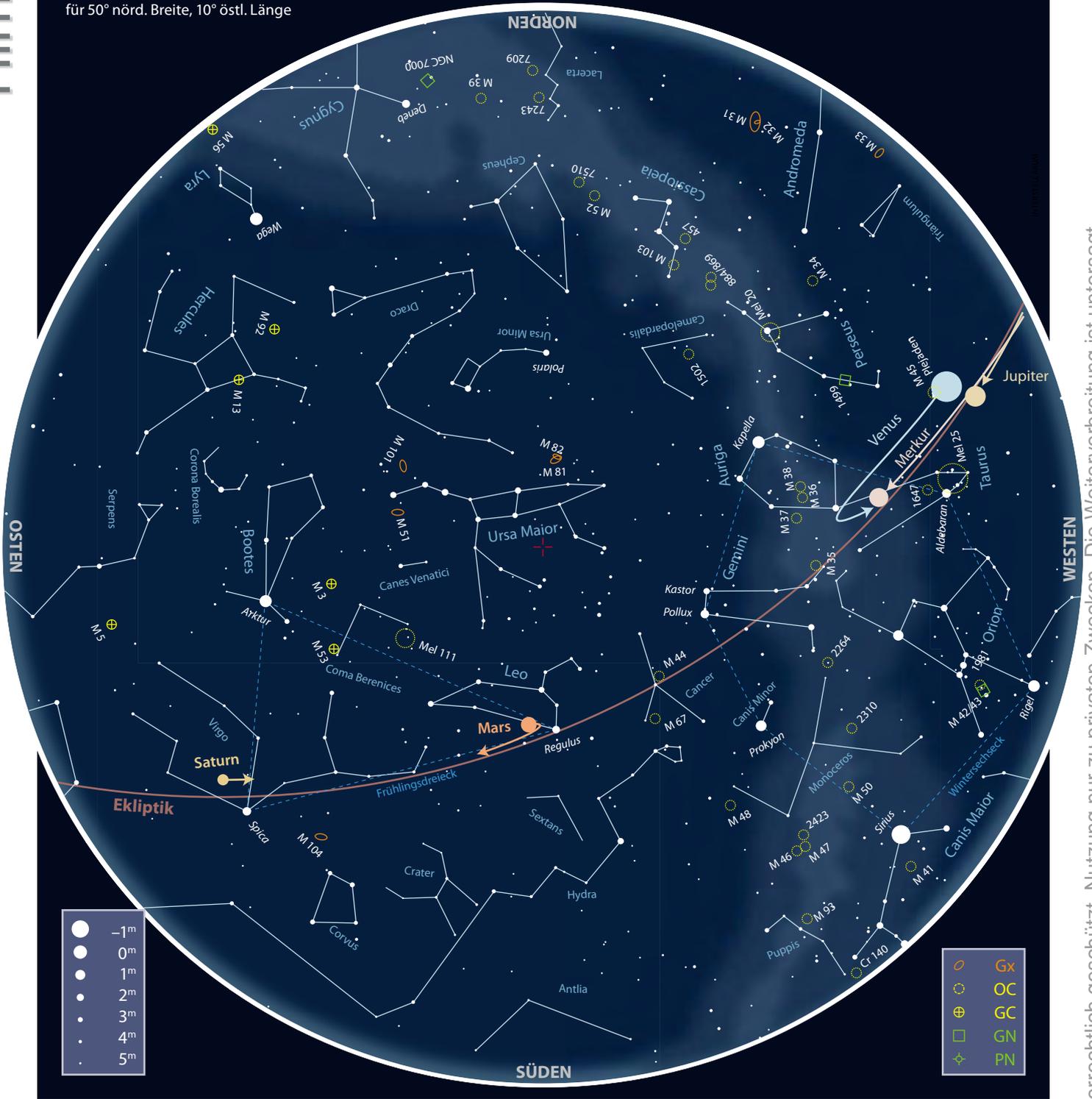
e) **26.12.2011**, Digitalfoto, Canon EOS 400D mit 18mm-Objektiv, ISO 1600, 3×60s, Australien. *Rob Kaufman*



Der Sternhimmel

im April/Mai 2012

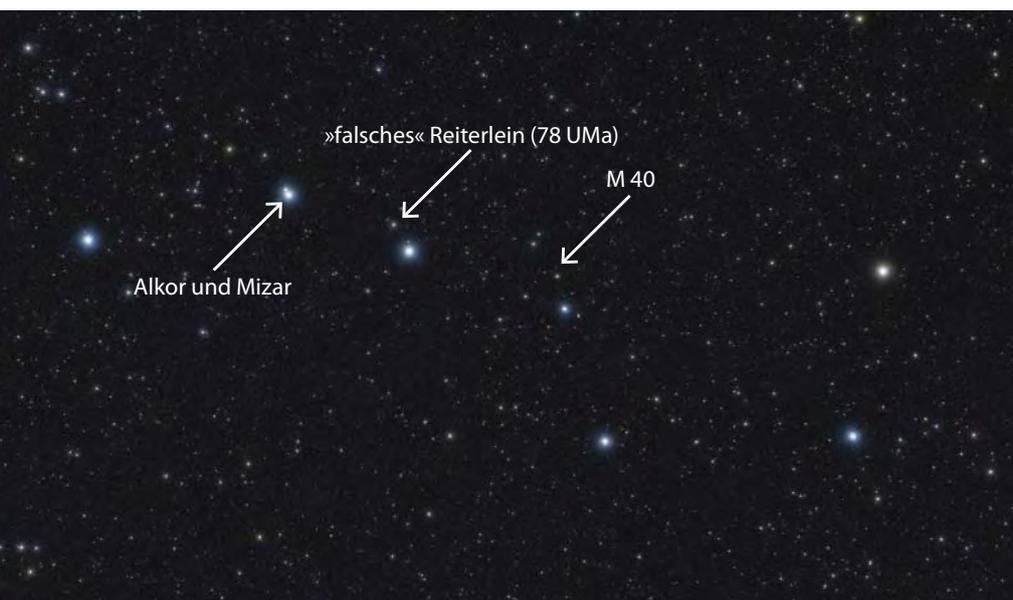
1. April: 22:00 MEZ
 1. Mai: 20:00 MEZ
 für 50° nörd. Breite, 10° östl. Länge



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

Beobachtungsempfehlungen für April/Mai 2012								
Name	Empfehlung für	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe/Abstand	Entfernung	DSRA/Uran.
ε UMa/78 UMa	bloßes Auge	—	12h 54min/13h 0,7min	+55° 55,8'/+56° 22'	1 ^m 8/4 ^m 98	1,01°	82Lj	5/48
Cor Caroli (α CVn)	Fernglas	DS	12h 56,0min	+38° 19'	2 ^m 9/5 ^m 6	19,3"	110Lj	12/108
M 85	Teleskop	Gx	12h 25,4min	+18° 11'	9 ^m 1	5,9'×7,4'	60±4 Mio. Lj	12/148
Abell 1656	Teleskop	GxC	12h 59,8min	+27° 59'	10 ^m 7	~5°	325 Mio. Lj	12/149,109
Hoags Objekt, PGC 54559, PRC D-51	Teleskop	Gx	15h 17,2min	+21° 35'	16 ^m 0	42"×47"	559 Mio. Lj	—/—

In den Tiefen des Frühlingshimmels



◀ **Der Große Wagen** enthält die bekannten Doppelsterne Mizar und Alkor (»Reiterlein«) sowie M 40. Das »falsche Reiterlein« befindet sich zwischen ihnen.

des Kleinen Wagens eine etwa zehnmals so große Ausdehnung am Sternhimmel.

Das »falsche Reiterlein« ist nur etwa 5° von M 40 entfernt, befindet sich also in einer historisch interessanten Region. Sein Name beruht auf der hin und wieder vorkommenden Verwechslung mit dem bereits vorgestellten Sternpaar Mizar und Alkor, dem berühmten »Reiterlein« oder »Augenprüfer« (vgl. interstellarum 69). Der nächste Deichselstern in westlicher Richtung mit Namen Alioth bzw. ϵ UMa besitzt ebenfalls einen freiäugig sichtbaren Begleiter, der sich zudem noch wie auch Alkor nordöstlich des »Hauptsterns« befindet. Allerdings ist 78 UMa von Alioth genau 1,01° entfernt, also fünfmal so weit wie Alkor, der von Mizar ganze 12' entfernt ist. Zum Vergleich: Der Mond Durchmesser beträgt etwa 30' oder 0,5°. Außerdem erscheint uns 78 UMa mit einer scheinbaren Helligkeit von 4^m98 genau eine Magnitude schwächer als Alkor. Letzteres spricht natürlich für die Verwendung als Augenprüfer, denn unter Stadthimmelbedingungen ist 78 UMa nicht oder nur sehr schwach zu sehen. Übrigens handelt es sich bei 78 UMa selbst um einen Doppelstern, dessen 5^m02 und 7^m88 helle Komponenten derzeit 1,3" voneinander entfernt sind. Sie gehören ebenso wie Alioth zum Ursa-Major-Bewegungshaufen Collinder 285, der etwa 80 Lichtjahre von uns entfernt liegt. Allerdings scheinen 78 UMa und Alioth gravitativ nicht miteinander verbunden zu sein, da bei deren gegenseitigem Abstand die Einflüsse der übrigen Haufenmitglieder zu stark sind.

■ Kay Hempel

Astronomie mit bloßem Auge Das »falsche Reiterlein«

Die Geschichte der Astronomie ist auch eine Geschichte der Verwechslungen und Irrtümer. Dass aus diesen durchaus wertvolle Anregungen entstehen können, zeigt am besten sicherlich der Messier-Katalog – geschaffen, damit mögliche »neue« Kometen nicht mit Deep-Sky-Objekten verwechselt werden. Auch gab und gibt es eine Reihe von »verschollenen« Objekten, deren Nachbeobachtung aus den unterschiedlichsten Gründen nicht gelingen konnte: Seien es eine falsch angegebene Position, optische Täuschungen aufgrund einer schlechten Fernrohroptik oder gar die Einbildungskraft des Beobachters. Ein Beispiel für erstere Fehler ist Messier 40: Johannes Hevelius beobachtete im Jahr 1680 mit einem seiner riesigen Luftfernrohre ein nebliges Objekt an der Position des Sterns

74 in Ursa Maior, das Charles Messier dort nicht finden konnte. Stattdessen nahm er ein etwa 1° entferntes Doppelsternpaar in seinen Katalog auf, das allerdings ebenso wenig wie 74 UMa Anzeichen von Nebel aufweist.

Manchmal werden auch Sternformationen oder gar ganze Sternbilder miteinander verwechselt, meist der Unerfahrenheit der Beobachter und einer gewissen Ähnlichkeit in der Anordnung der Sterne geschuldet. Am berühmtesten ist vielleicht das »falsche« Kreuz des Südens aus Sternen der Sternbilder Carina und Vela. In unseren Breiten hört man manchmal, dass die Plejaden für den »Kleinen Wagen« gehalten werden, zumal deren Anordnung wirklich eine gewisse Ähnlichkeit mit einem solchen Gefährt aufweist. Allerdings besitzt die Figur

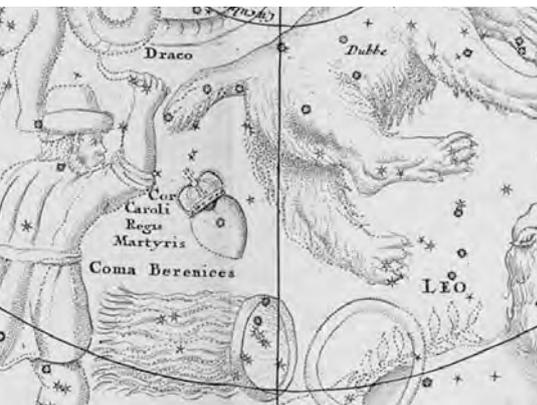
Astronomie mit dem Fernglas Cor Caroli

Unterhalb der Deichsel des Großen Wagens herrscht für Beobachter in Stadtnähe gähnende Leere. Die meisten Sterne in dieser Region leuchten mit einer Helligkeit von 5^m bis 6^m und bleiben mit dem bloßen Auge am aufgehellten Nachthimmel verborgen. Nur ein einzelner Stern schafft es,

sich gegen die Lichtverschmutzung durchzusetzen: Cor Caroli (α CVn) im Sternbild Jagdhunde (Canes Venatici). Der Name des 2^m9 hellen Sterns heißt übersetzt »Herz

► Abb. 1: **Cor Caroli alias α CVn** ist ein schöner Doppelstern für Ferngläser.





▲ Abb. 2: Das Sternbild Cor Caroli auf der Sternkarte von Edward Sherburne (1675)

Karls«. Die Namensgebung soll eine Ehre an die englischen Könige Karl I. (engl. Charles) und seinen Sohn Karl II. sein. Der Erzählung nach leuchtete der Stern bei der Rückkehr Karl II. nach London in der Nacht am 29. Mai 1660 besonders hell.

Cor Caroli war aber auch der Name eines historischen Sternbilds, das nicht mehr

existiert. Das aus einem einzigen Stern bestehende Sternbild lag innerhalb der Figur der heutigen Jagdhunde und symbolisierte das gekrönte Herz Karl I. Seine »Erfindung« wird dem königlichen Arzt Sir Charles Scarborough zugesprochen. Cor Caroli erschien erstmals 1673 auf einer Sternkarte des Kartografen Francis Lamb – dort »Cor Caroli Regis Martyris« genannt – und zwei Jahre später folgte eine weitere Darstellung des englischen Dichters Edward Sherburne [1]. Schon bald verschwand das Sternbild jedoch wieder von den Karten und die Jagdhunde wurden hier an den Himmel gesetzt, doch ihr Hauptstern α CVn trägt heute noch immer die Bezeichnung Cor Caroli.

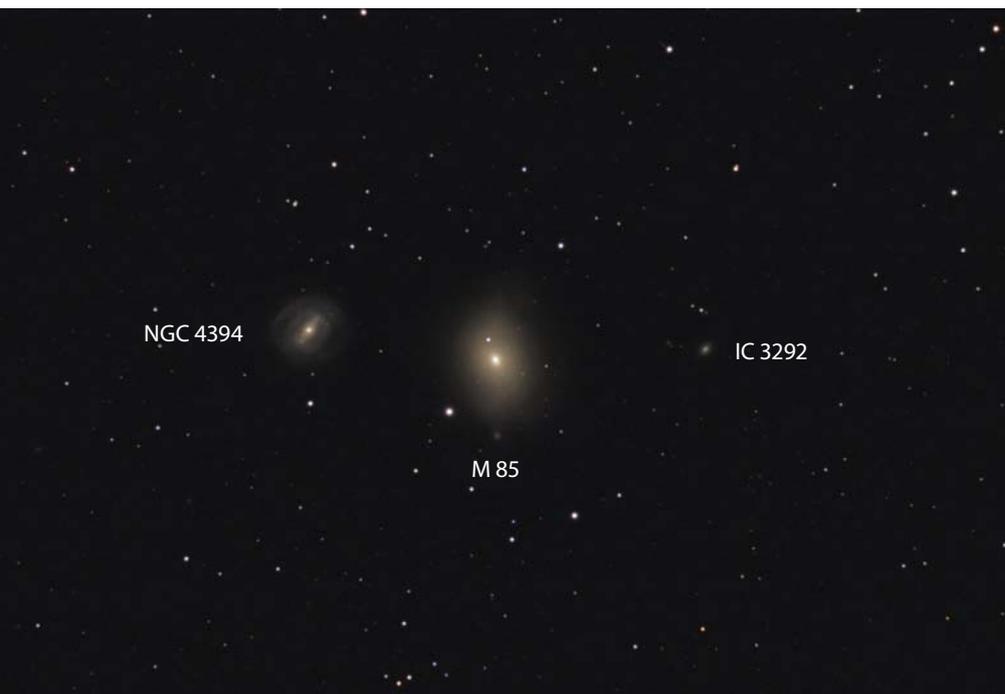
Neben seiner bewegten Geschichte hat der Stern aber auch physikalisch einiges zu bieten: Cor Caroli gilt als Prototyp der sog. Alpha-Canum-Venaticorum-Sterne. Diese Veränderlichen Sterne besitzen ein extrem starkes Magnetfeld, so dass ausgedehnte Sternfleckengebiete entstehen, die große Teile der Oberfläche bedecken können. Die

Leuchtkraft verringert sich mit einer Periode von 5,47 Tagen immer dann, wenn ein Fleckengebiet in Folge der Rotation auf die der Erde zugewandten Seite dreht. Diese Schwankung beträgt allerdings nur $0^m,1$ und ist visuell praktisch nicht zu erkennen.

Im Fernglas zeigt sich Cor Caroli doppelt: Ein mit $5^m,6$ deutlich lichtschwächeres Sternchen in $19,3''$ Abstand wird sichtbar. Der große Helligkeitsunterschied erschwert es allerdings, die beiden Komponenten zu trennen. Sicher gelingt das Vorhaben mit einem stativgestützten Fernglas und 15-facher Vergrößerung. Bei geringerer Vergrößerung kann dies auch Erfolg haben, wenn das Fernglas eine sehr gute Abbildungsqualität hat. Testen Sie doch einmal, ob Ihr Fernglas diese Herausforderung schafft.

■ Lambert Spix

[1] Bakich, M. E.: The Cambridge guide to the constellations, Cambridge University Press, Cambridge (1995)



◀ M 85 ist für jede Teleskopöffnung ein einfaches Objekt und bildet zusammen mit NGC 4394 ein interessantes Paar.

Berenices, während Wilhelm Herschel zwei Nebel sah, wovon der größere M 85 im Westen steht. Sein Sohn John beschrieb M 85 als »sehr hell, rund und zum Zentrum hin heller werdend«. In Dreyers Katalog bekommt die Galaxie schließlich den Eintrag NGC 4382, bei dem östlich nachfolgenden »Nebel« handelt es sich um die Galaxie NGC 4394. Dreyer beschrieb M 85 als »sehr hell, ziemlich groß, rund, heller im Zentrum«.

M 85 ist eine $9^m,0$ helle Galaxie mit einer Flächenausdehnung von $7,4' \times 5,9'$ [2] im Sternbild Coma Berenices und ist zugleich die nördlichste Messier-Galaxie des Virgo-Haufens. Nach der Hubble-Sequenz handelt es sich um eine linsenförmige Galaxie des morphologischen Typs S0-a [3] in einer Entfernung von 60 ± 4 Mio. Lichtjahren. Die Angaben zur Längsausdehnung schwanken zwischen 99000Lj und 125000Lj . Beobachtungen mit dem Hubble Space Telescope zeigen zwei Helligkeitsmaxima im Kern und erinnern an den Doppelkern von M 31. Daraus resultierten Vermutungen, dass M 85 im Inneren ein Schwarzes Loch beherbergt, wie es auch für die Andromedagalaxie nachgewiesen wurde und das dort von einer exzentrischen Scheibe aus Sonnen umkreist wird, die nach ihrem Entdecker als »Tremaine-Disk« bezeichnet wird [4, 5]. Aktuelle

Objekt der Saison M 85

Die Galaxie Messier 85 wurde am 4.3.1781 von dem französischen Astronomen Pierre Méchain entdeckt. Neben seiner Anstellung als Mathematiker bei der Marine führte Méchain in Versailles astronomische Beobachtungen durch. Die Position unbekannter nebliger Objekte, bei denen es sich um Kometen handeln konnte, gab er an seinen Freund Charles Messier weiter. Dieser

überprüfte daraufhin das genannte Objekt am 18.3.1781 und trug es neben sieben anderen Entdeckungen dieser Nacht, allesamt Galaxien des Virgo-Galaxienhaufens sowie dem Offenen Sternhaufen M 92, als Nummer 85 in seine Liste ein. Messier beschrieb M 85 als »sehr schwachen Nebel ohne Stern« [1] zwischen den Sternen mit den Flamsteed-Nummern 11 und 14 in Coma

Untersuchungen können diesen Sachverhalt bei M 85 aber nicht bestätigen [6]. Der zwei Monate andauernde Lichtausbruch 2006 OT-1 eines Sternes in M 85, der am 7.1.2007 entdeckt wurde, erstaunte die Fachwelt, da er mit einer absoluten Magnitude von -12^m zu hell für eine Nova, aber zu lichtschwach für eine Supernova vom Typ Ia war [7, 8]. Als Erklärung wird heute die Verschmelzung von zwei Sonnen eines Doppelsternsystems in einer »Leuchtkräftigen Roten Nova« (LRN, Luminous Red Nova) postuliert [9, 10], die mit einem steilen Anstieg und langsamen Abfall der Lichtkurve einer klassischen Nova ähnelt, aber deutlich geringere Expansionsgeschwindigkeiten und niedrigere Temperaturen erreicht und bei der hochionisierte Spektrallinien gänzlich fehlen. Als weitere Vertreter des LRN-Typs gelten V838 Mon, V4332 Sgr und V1309 Sco. Als Besonderheit von M 85 sind die recht jungen Sterne im Kernbereich der Galaxie bekannt, die für eine alte, spindelförmige Galaxie ohne aktive Sternentstehung eher untypisch sind. Als Ursache wird die Wechselwirkung mit der kleinen Balken-Spiralgalaxie NGC 4394 vermutet. Auf sehr tiefen Aufnahmen sind bei M 85 Ansätze von Spiralarmen erkennbar, die von der Begleitgalaxie beeinflusst werden [1]. NGC 4394, die eine Helligkeit von 11^m2 aufweist und in einer Entfernung von 8' zu finden ist, scheint ein echter Begleiter von M 85 zu sein, denn beide Galaxien weisen dieselbe Rotverschiebung auf, die auf

eine Radialgeschwindigkeit von ca. 700 km/s schließen lässt.

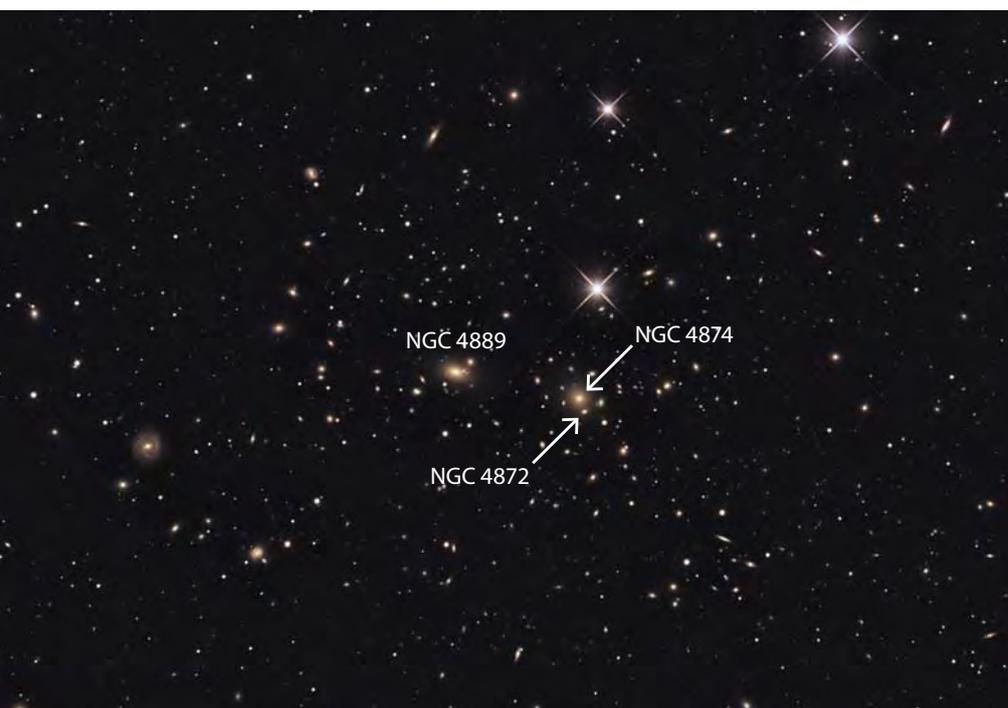
Mit den Hauptsternen α , β und γ Comae bildet die Galaxie beinahe ein Quadrat und ist daher leicht zu finden. Zudem hilft der nahe stehende 4^m7 helle Stern 11 Comae beim Aufsuchen. Mit einer Helligkeit von 9^m1 und einer Flächenhelligkeit von $21^m9/\square$ ist M 85 ein leichtes Objekt. Bereits im 10x50-Fernglas ist die Galaxie deutlich zu sehen [1]. Mit 4" Öffnung erscheint M 85 als recht große und helle Galaxie mit fast stellarem Kern und ausgedehntem Halo, welcher diffus in den Hintergrund ausläuft. Im 8"-Newton-Teleskop erkennt man bei 100x eine sehr helle Galaxie mit sehr hoher Flächenhelligkeit. Die Galaxie erscheint leicht oval und ist ca. 1,5:1 elongiert. Die Helligkeit nimmt mäßig bis stark zur Mitte hin zu und im Zentrum kann man einen hellen, stellaren Kern erkennen. Die Nachbargalaxie NGC 4394 steht im Gesichtsfeld, was den Anblick noch interessanter macht. NGC 4394 ist deutlich kleiner und lichtschwächer als ihre riesige Nachbarin und benötigt Vergrößerungen über 200x. Mit 14" Öffnung wird M 85 zu einem extrem hellen, leuchtkräftigen Objekt. Bei geringer Aufsuchvergrößerung sieht ein südöstlich stehender Stern beinahe aus wie eine Materiebrücke, erst bei Vergrößerungen deutlich über 100x zeigt sich seine wahre Natur. Bei geduldiger Beobachtung lässt sich ein Vordergrundstern nördlich des stellaren Kerns herauslösen, der gelegentlich schon mit

einer Supernova verwechselt wurde. Auch mit dieser Öffnung lassen sich bei der kleineren Begleitgalaxie NGC 4394 keine weiteren Details erkennen, sie erscheint in runder bis leicht elliptischer Form und mit flächig hellem Kern. Die weiteren Begleitgalaxien IC 3292 im Westen und MCG+3-32-28 im Süden sind dieser Teleskopöffnung nicht zugänglich, lohnenswert ist aber ein Abstecher zu NGC 4293 in ca. 1° westlichem Abstand.

■ Frank Gasparini

- [1] Stoyan, R.: Atlas der Messier-Objekte, Die Glanzlichter des Deep-Sky, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
- [2] Pflieger, T.: Eye and Telescope, Version 3.2, Oculum-Verlag, Erlangen (2012)
- [3] Steinicke, W., Jakiel, R.: Galaxies and How to Observe Them, Springer-Verlag, London (2007)
- [4] Kormendy, J.: The Double Nucleus and Central Black Hole of M31, *Astrophys. J.* 522, 772 (1999)
- [5] Peiris, H. V., Tremaine, S.: Eccentric-Disk Models for the Nucleus of M31, *Astrophys. J.* 599, 237 (2003)
- [6] Gültekin, K. et al.: Is there a black hole in NGC 4382?, *Astrophys. J.* 741, 38 (2011)
- [7] Kulkarni, S. R. et al.: An unusually brilliant transient in the galaxy M85, *Nature* 447, 458 (2007)
- [8] Sage, L. J.: Second Light: A New Kind of Transient in the Galaxy M85, *The Royal Astron. Soc. of Canada* 101, 110 (2007)
- [9] Ofek, E. O. et al.: The Environment of M85 Optical Transient 2006-1: Constraints on the Progenitor Age and Mass, *Astrophys. J.* 674, 447 (2008)
- [10] Rau, A. et al.: Spitzer Observations of The New Luminous Red Nova M85 OT2006-1, *Astrophys. J.* 659, 1536 (2007)

Objekt der Saison **Abell 1656**

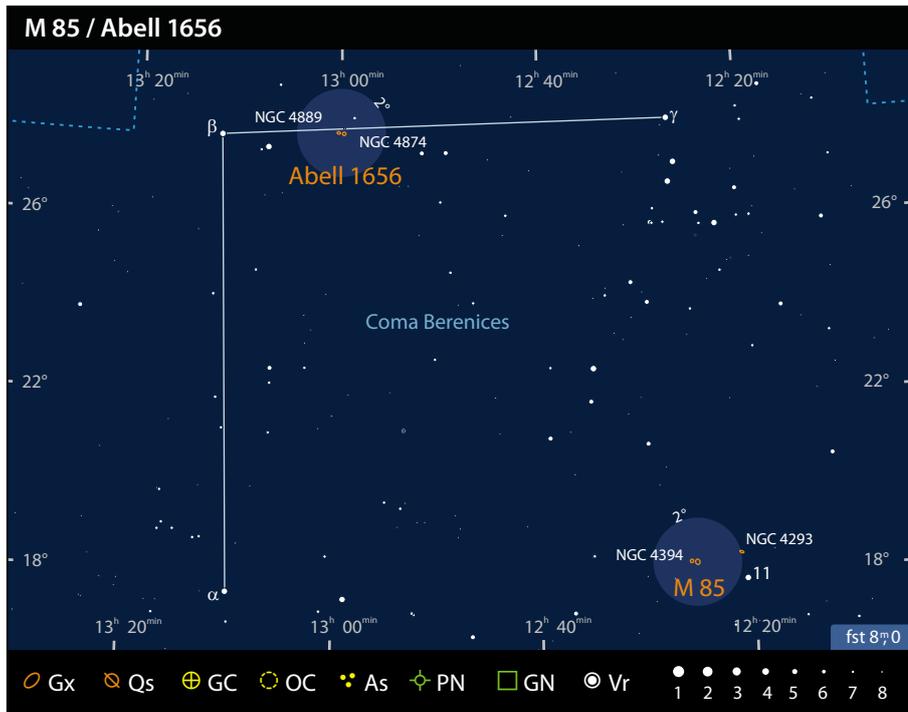


SIEGFRIED KOHLERT

Galaxien wie unsere Milchstraße verteilen sich nicht willkürlich im Raum, sondern sind in kompakten Regionen angeordnet, in denen die Galaxiendichte signifikant höher als in der Umgebung ist. So ist die Milchstraße z.B. Teil der Lokalen Gruppe. Die Lokale Gruppe wiederum ist als Galaxiengruppe Bestandteil des Virgo-Superhaufens, in dessen Zentrum sich der bekannte Virgo-Galaxienhaufen befindet. Im benachbarten Coma-Superhaufen findet sich noch ein populärer und sehr reicher Galaxienhaufen, der unter den Bezeichnungen Abell 1656 oder Coma-Galaxienhaufen bekannt ist.

Die Entdeckungsgeschichte dieses Objekts beginnt wie so oft mit W. Herschel, der am 13.3.1785 mit NGC 4962 und NGC 4966 die ersten beiden Galaxien in der Peripherie des Coma-Haufens entdeckte. Nach

◀ **Abell 1656** – der Coma-Galaxienhaufen besteht aus 104 NGC/IC-Objekten und einer Vielzahl weiterer Galaxien, von denen die hellsten bereits mit 3" – 4" Öffnung erkannt werden können.



weiteren Entdeckungen am 6.4.1785 brachte schließlich die Nacht des 11.4.1785 mit 20 weiteren Objekten den Durchbruch. Allein in dieser Nacht gelangen Herschel über 70 Nebel-Neuentdeckungen! Mit einer Ausnahme hatte Herschel die helleren Objekte der Region inklusive der zentralen Galaxie NGC 4889 entdeckt. Die Ausnahme ist umso kurioser, denn die zweite dominierende Galaxie NGC 4874 wurde nicht katalogisiert, wohl aber der viel schwächere Begleiter NGC 4872 nur 50" südlich. Doch auch wenn er Entdecker der ersten Mitglieder des Coma-Haufens war – als gemeinsame Mitglieder eines entfernten Galaxienhaufens erkannte er sie noch nicht, zu verstreut schienen die bisherigen Entdeckungen. Auch seinem Sohn J. Herschel blieb dieser Zusammenhang verborgen, auch wenn er noch drei weitere Galaxien entdeckte. So wird der Ruhm der Entdeckung des Coma-Haufens Heinrich Ludwig d'Arrest zuteil [1]. Dieser entdeckte mit dem 11"-Refraktor der Sternwarte in Kopenhagen bis 1865 insgesamt 34 neue Objekte. Durch die genaue Kartierung eröffnete sich ihm erstmals die kompakte Anordnung der schwachen Galaxien. Bis zum Ende des

20. Jahrhunderts wurde die Sammlung von Galaxien durch Beobachtungen von Safford, Bigourdan, Kobold, Spitaler und Javelle immer vollständiger. Letztlich fanden 104 Objekte, die zum Coma-Haufen gehören, den Weg in den NGC/IC-Katalog.

Aus astrophysikalischer Sicht stellt der Coma-Haufen einen der nächsten reichen Galaxienhaufen dar. Durch seine scheinbare Position nahe dem galaktischen Nordpol unterliegt seine Beobachtung kaum galaktischen Störeinflüssen. Die Entfernung zum Coma-Haufen ist so enorm, dass selbst Welt-raumteleskope in stundenlangen Belichtungen bei der Auflösung von Einzelsternen zur Entfernungsmessung an ihre Grenzen stoßen. Die Vermessung mit anderen Methoden liefert Entfernungsangaben von 277 bis 350 Millionen Lichtjahren, wobei mittlerweile ein Wert von etwa 325 Millionen Lichtjahren als wahrscheinlich gilt [2]. Die genaue Vermessung solch entfernter Objekt erlaubt auch eine verfeinerte Bestimmung der Hubble-Konstante. Das Zentrum des Galaxienhaufens wird von den beiden riesigen elliptischen Galaxien (Typ cD) NGC 4874 und NGC 4889 dominiert. Um sie herum befinden

sich zahlreiche weitere elliptische Galaxien, die wie die beiden Giganten aus Verschmelzungsvorgängen hervorgingen. So entdeckten z.B. Coccato et al. [3] bei Untersuchungen des Halos von NGC 4889 Auffälligkeiten in der physischen Zusammensetzung, die sich nur durch die Verschmelzung mit Satellitengalaxien erklären lassen. McConnell et al. [4] konnten 2011 im Zentrum von NGC 4889 zudem das bislang massereichste, direkt beobachtbare Schwarze Loch nachweisen. Es besitzt eine Masse von etwa 10 Milliarden Sonnenmassen.

Die visuelle Beobachtung beginnt trotz der immensen Entfernung bereits mit 3"- bis 4"-Teleskopen. Diese lassen die beiden zentralen Galaxien NGC 4874 und NGC 4889 als kleine blasser Nebelflecken erkennbar werden. Um die Natur des Galaxienhaufens zu erkennen, sind aber schon mindestens 8" Öffnung anzusetzen. Bei mittlerer Vergrößerung wird schnell klar, was die Faszination des Coma-Haufens ausmacht. Hier hat man das Gefühl, ein Gesamtobjekt vor sich zu haben. Die beiden riesigen Ellipsen leuchten vor einem gesprenkelten Hintergrund schwacher Begleiter. Mit einer genauen Aufsuchkarte lassen sich in einem Radius von 2° um das Zentrum bereits über 30 Galaxien beobachten. Der Anblick der Zentralregion in großen Teleskopen dürfte auch routinierte Beobachter in Staunen versetzen. Dicht an dicht – wie Sterne in einem Sternhaufen – drängen sich hier schwache Galaxien um die beiden wie Augen funkelnden Riesengalaxien NGC 4874 und NGC 4889.

■ Matthias Juchert

- [1] Steinicke, W.: Die Entdeckung des Coma Berenices-Galaxienhaufens, *VdS-Journal* 16, 14 (2005)
- [2] Carter, D. et al.: The HST/ACS Coma Cluster Survey: I – Survey Objectives and Design, *Astrophys. J. Suppl.* 176, 424 (2008)
- [3] Coccato, L. et al.: Distinct core and halo stellar populations and the formation history of the bright Coma cluster early-type galaxy NGC 4889, *MNRAS* 407, 26 (2010)
- [4] McConnell, N. J. et al.: Two ten-billion-solar-mass black holes at the centres of giant elliptical galaxies, *Nature* 480, 215 (2011)

Deep-Sky-Herausforderung Hoags Objekt

Als 1950 der Astronom Arthur Allen Hoag das nach ihm benannte Objekt das erste Mal erwähnte [1], begannen damit rege, bis heute andauernde Diskussionen über Art

und Morphologie. Hoags Objekt, auf der historischen Fotoplatte des 24"-Jewitt-Schmidt-Teleskops bereits als kleine, zentral sitzende Aufhellung mit rundem, abgesetztem Ring

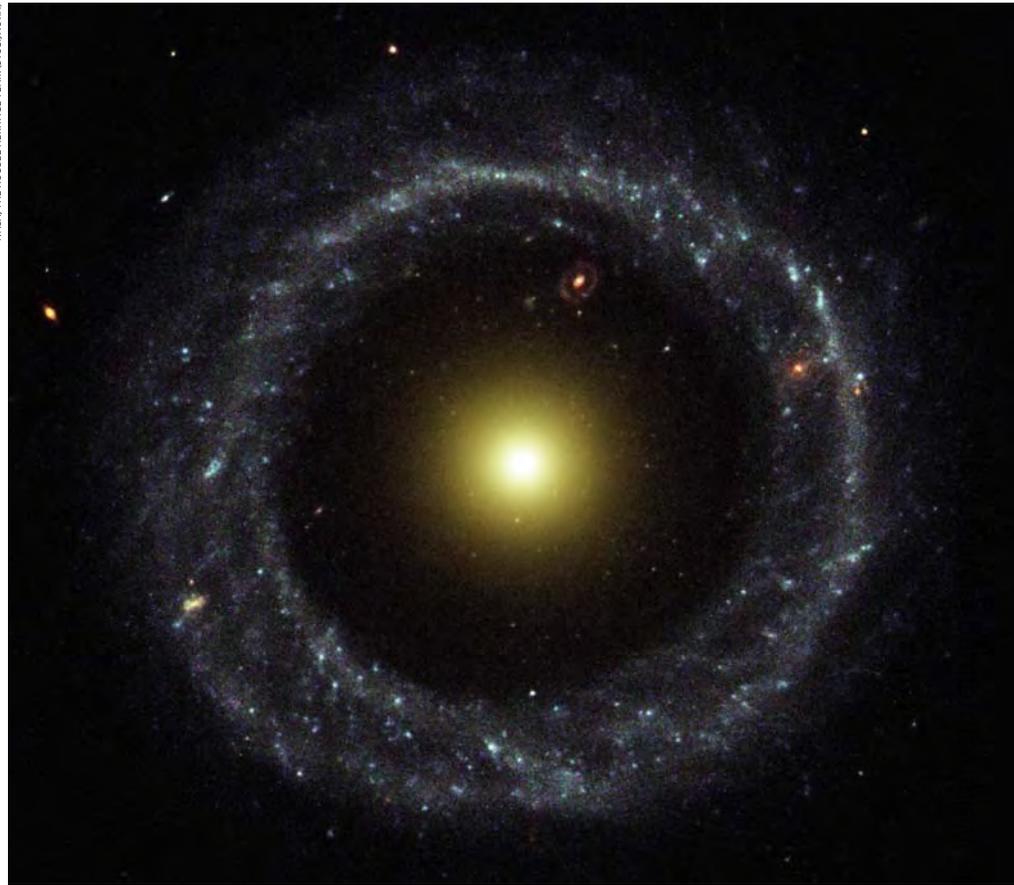
zu erkennen, sah für seinen Entdecker aus wie ein klassischer Planetarischer Nebel. Aufgrund der für einen Planetarischen Nebel untypischen Position am Himmel und der Farbe des Rings mutmaßte er über eine für ihn noch unbekannte Galaxienmorphologie, vermutete sogar Gravitationseffekte, die hinter der Entstehung des Rings gestanden haben könnten. Erste spektroskopische

Messungen 1974 [2] bewiesen dann den Charakter des Objektes – mit mehreren hundert Millionen Lichtjahren Entfernung musste es sich um eine Galaxie handeln. Doch die Diskussionen um den Ring selbst begannen damit erst richtig. Brosch [3] vermutete zunächst, dass es sich um eine Entwicklung eines instabilen, bei Hoags Objekt fehlenden Balkens handelte. Aufgrund von Messungen einer neuen Kamera am 5m-Hale-Teleskop in Verbindung mit Ergebnissen des 305m-Arecibo-Radioteleskops konnten Schweizer et al. [4] die Balken- und Gravitationslinientheorie ausschließen und brachten eine vergangene Kollision mit einer anderen Galaxie ins Spiel, die den Ring und die darin festgestellte Sternentstehung erklärte. Eine Eingruppierung in die neu definierte Morphologie der Polarring-Galaxien folgte [5].

Doch wo waren die zu erwartenden Gezeitschweife und der andere Kollisionspartner? Auch der exakt runde Ring und der für Kollisionen untypisch runde Kern blieben ein Rätsel. Weitere Untersuchungen zeigten jedoch das noch heute gängige Modell auf, nachdem der Kollisionspartner komplett dem Ring und dem Kern einverleibt wurde und das Ringsystem selbst eine relativ stabile langlebige Dynamik aufweist. Mit den ersten Bildern des Hubble Space Telescope im Jahr 2000 öffneten sich ein weiteres Fenster zum All und neue Sichtweisen zu Hoags Objekt. Doch anstatt für absolute Klarheit zu sorgen, wurden weitere Fragen aufgeworfen: Kernpunkt waren die auf den Aufnahmen neu gefundenen kleinen roten Objekte, deren Herkunft und Zusammenhang mit der Ringentstehung aktuell weiter diskutiert werden.

Ähnlich wie für die Wissenschaft ist auch für Amateure der Ring selbst das spannende Detail am Objekt. Betrachtet man den fotografischen Nachweis, ist sicher die Größe von unter 1' eine Herausforderung. Doch Amateure sind mit entsprechender Ausrüstung bereits in die Auflösung von Details im Ring vorgestoßen (Abb. 2). Ganz so weit werden visuelle Amateure nicht vordringen können. Der Kern von Hoags Objekt ist bereits mit mittelgroßen Instrumenten wahrzunehmen.

NASA, THE HUBBLE HERITAGE TEAM (STSCI, AURA)



▲ Abb. 1: **Hoags Objekt** ist eine peculiäre Galaxie mit Ring. Aufnahme mit der Wide Field and Planetary Camera 2 des Hubble Space Telescope.

Setzt man die Helligkeit von 16^m an, sollten unter idealen Bedingungen bereits Versuche mit 12" Öffnung glücken. Für ein Instrument mit 16" Öffnung unter gutem Landhimmel ist der Kern als stellares Objekt ohne große Probleme wahrzunehmen. Die eigentliche Herausforderung besteht aber in der Wahrnehmung des Rings. Erste positive Ergebnisse sind mit 20" Öffnung bekannt. Das Problem hier ist jedoch, dass man sich bei visuellen Extrembeobachtungen leicht ein Halo um ein gerade wahrzunehmendes stellares Objekt einbilden kann. Jedoch wird wiederholt mit 25" Öffnung von der erfolgreichen Beobachtung berichtet. Eigene Erfahrungen mit 27" Öffnung unter optimaler Durchsicht und besten Seeingbedingungen eines hochalpinen Standortes zeigen eine schwache, ca. 1' große, runde Aufhellung um den auffällig hellen Kern. Die Aufhellung ist dabei problemlos, aber vollkommen strukturlös zu sehen. Bei visueller Beobachtung kann also der Ring selbst nicht wahrgenommen werden, sondern lediglich eine gleichmäßig ausgeleuchtete Fläche, die durch den Ring gebildet wird. Dabei wird durch den Kontrasteffekt des deutlich helleren Kerns

eine Ringgestalt vorgetäuscht, die aber nicht sicher nachvollzogen werden kann. Ähnliche Beobachtungen sind mit Öffnungen bis 36" bekannt. Positive Ausnahme und einzige nachvollziehbare Beobachtung der Ringstruktur wird von einem Teleskop mit 48" berichtet – einer Fernrohrgröße, die das Prädikat »Amateur« jedoch nur bedingt tragen dürfte und den meisten visuell tätigen Hobbyastronomen wohl auch in Zukunft nicht zur Verfügung stehen wird.

■ Uwe Glahn

- [1] Hoag, A. A.: A peculiar object in Serpens, *Astrophys. J.* 55, 170 (1950)
- [2] O'Connell et al: The Nature of Hoag's Object, *Astrophys. J.* 191, 61 (1974)
- [3] Brosch, N.: The nature of Hoag's object – The perfect ringed galaxy, *Astron. Astrophys.* 153, 199 (1985)
- [4] Schweizer F. et al: The structure and evolution of Hoag's object, *Astrophys. J.* 320, 154, (1987)
- [5] Whitmore, B. C. et al: PRC = Polar Ring Galaxy Catalog, *Astron. J.* 100, 1489 (1990)

Surftipp

»The Story of Hoag's Object«:

heritage.stsci.edu/2002/21/lucas_files/lucas.html

ADAM BLOCK, NOAO, AURA, NSF



◀ Abb. 2: **Amateur-CCD-Aufnahme** mit 20"-Ritchey-Chrétien-Teleskop, 100min (L), 20min (je RGB).

Immer am Rand lang

Spaziergang im Nordwesten des Mondes

VON WILFRIED TOST

Im Westen des Mondes erstreckt sich der Oceanus Procellarum, in dessen nördlichem Teil das Aristarchus-Plateau ins Auge fällt. Dieser Mondspaziergang wird sich jedoch nicht Aristarchus oder Mons Rümker, sondern den anderen Objekten in dieser Region widmen, die sonst übersehen werden. Durch den nahen Mondrand sind Beobachtungen bei günstiger Libration von Vorteil. Ebenso empfiehlt sich die Benutzung einer guten Karte bei diesem anspruchsvollen Mondspaziergang.



▲ Abb. 1: **Der Nordwesten des Oceanus Procellarum** weist neben den bekannten Objekten Aristarchus und Mons Rümker eine Vielzahl weiterer, interessanter Ziele auf. Daneben sind auch helle Stellen und Runzelrücken im Oceanus Procellarum bei einem Mondalter von 25,1 Tagen zu sehen.

In der globalen Ansicht sehen die nördliche Hälfte des Oceanus Procellarum und seine Umgebung zunächst strukturlos und unauffällig aus. Es fehlt ein dominanter (und bekannter) Ansatzpunkt für das Auge. Anders als der Süden des Mondes, der zur selben Mondphase mit Objekten wie Schiller, Mare Humorum, Grimaldi oder Reiner Gamma für viel Abwechslung sorgt, gibt es im Norden außer dem Aristarchus-Plateau nur noch den Mons Rümker, der einem spontan ins Gedächtnis kommt. Von einigen der Krater, die hier gleich vorgestellt werden, hat man zwar schon einmal gehört, sie aber selten bewusst wahrgenommen.

Der Norden des Oceanus Procellarum

Übersehen wird für gewöhnlich der schmale Streifen hellen Gesteins, der sich

an den westlichen Rand des Oceanus Procellarum anschließt und bis zum Mondrand und darüber hinaus reicht. Die Krater in dieser Gegend sind zwar schwierig auszumachen, aber sie sind identifizierbar und fordern jeden Beobachter mit jedem Teleskop heraus. Übersehen werden neben diesem Randbereich jenseits des 60. Längengrades auch etliche hellen Strahlen, die über weite Distanzen oder lokal bei kleineren Kratern die Lavaebene bedecken. Bei einer Mondbeobachtung sollte man also vorher wissen, was es in einem Gebiet zu sehen gibt, was es nicht zu sehen gibt und was ungewöhnlich ist.

Eine umfangreiche Sammlung von Kraternamen gibt einen ersten Eindruck davon, was uns alles erwartet. Viele Namen sind wohlbekannt – sowohl ihre Namensgeber als auch die Kenntnis, dass es sich hierbei um Mondkrater handelt. Eine

von Süden nach Norden sortierte Auswahl umfasst z.B. Cardanus, Krafft, Seleucus, Eddington, Struve, Russell, Briggs, Lichtenberg, Naumann, Ulugh Beigh, Lavoisier, von Braun und Bunsen. Selbst Einstein, Röntgen und Lorentz wurden in dieser Region mit Kratern geehrt.

Schon die Namen der genannten Krater verraten eine Menge über diese Region, ohne dass man überhaupt einen Blick darauf geworfen hat. Mit Ausnahme von Seleucus (Babylonier), Ulugh Beigh (mongolischer Mathematiker um 1400) und Cardanus (Italien, 16. Jh.) handelt es sich hierbei hauptsächlich um Wissenschaftler des 19. und 20. Jahrhunderts. Viele dieser Kraternamen wurden erst 1964 vergeben und sind auf alten Karten noch gar nicht eindeutig verzeichnet. Diese Region war für die frühen Kartografen so schwierig zu beobachten, dass sie hier nur wenige

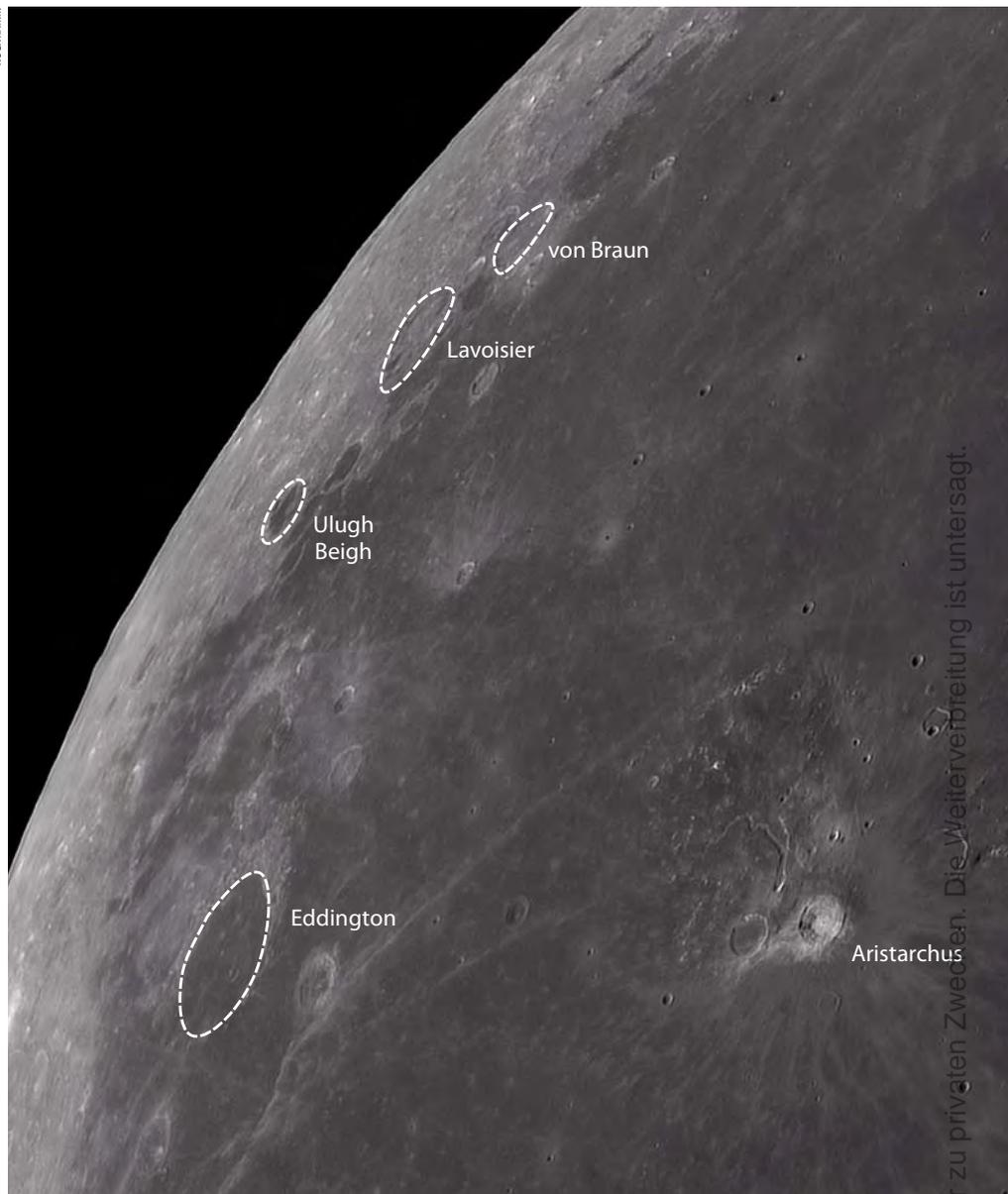
Namen zugeordnet haben. Erst mit der systematischen Durchmusterung der Randgebiete mit fortgeschrittener Teleskoptechnologie und der Nutzung der Fotografie ab der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden diese Objekte eindeutig zugewiesen und benannt.

Kurz vor Vollmond

Die Beobachtungsbedingungen für die Gebiete nahe am Westrand beginnen etwa bei einem 13,5 Tage alten Mond, wenn der Morgenterminator kurz vor dem Vollmond von der östlichen Seite heranrückt. Im Verlauf der nächsten zwei Wochen bleibt die Sichtbarkeit der Objekte durchaus schwierig, denn durch die Randverzerrung gibt es keine ausgeprägten Schatten zu sehen, welche bei der Erkennung von Strukturen helfen. Diesen Vorteil haben nur Krater und Berge in der Mondmitte, die von unserem erdgebundenen Standort aus in voller Breite gesehen werden können. Etwa eine Woche vor Neumond, das ist bei einem Alter von etwa 23 Tagen, wird die Mondsichel in der zweiten Nachthälfte immer schmäler und der Kontrast zwischen hellen und dunklen Oberflächeneinheiten wesentlich günstiger. Die Beobachtung wird dann durchaus einfacher, jedoch sagt der Zeitpunkt nicht allen Beobachtern zu, denn der abnehmende Mond ist ein Objekt der späten zweiten Nachthälfte.

Als Ausgangspunkt des Spazierganges soll Aristarchus dienen. Von ihm aus in Verlängerung über den westlich benachbarten Herodotus findet man einen Krater, der die gleiche Größe besitzt wie diese beiden Wegweiser. Es ist der 44,7km durchmessende **Seleucus**, der einerseits ein deutliches Loch in den Boden gestanzt hat und gleichzeitig hell und auffällig aus dem dunklen Untergrund des Oceanus Procellarum herausragt. Der Höhenunterschied zwischen dem flachen dunklen Kraterboden und seinem Rand beträgt beachtliche 2870m, von denen sich 750m über die Ebene erheben. Zusätzlich erhält er einen kleinen Zentralberg, der aber nur durch seine helle Färbung erkennbar wird.

Vom Nordrand des Aristarchus-Plateaus verläuft ein Strahl von hellem Material zum Südrand von Seleucus. In einer eleganten Kurve knickt dieser nach Süden ab, wo er in Richtung und über den Krater **Cardanus** verläuft. Cardanus (49,6km) bildet mit **Krafft** (51,2km) ein schönes optisches Pärchen. Die zwischen ihnen verlaufende **Catena Krafft** ist eine eindrucksvolle Kratterreihe, jedoch ist sie nicht immer zweifelsfrei zu erkennen. Dies gelingt am besten,



▲ Abb. 2: Die Umgebungen von Eddington, Ulugh Beigh, Lavoisier und von Braun bei günstiger Libration (Libration in Breite: $4^{\circ} 56'$; Libration in Länge $-7^{\circ} 32'$) und einem Mondalter von 22,7 Tagen.

wenn der Morgenterminator bei einem Mondalter von etwa 13,5 Tagen über die Catena verläuft. Ansonsten ist ein möglichst alter Mond günstig für die Beobachtung.

Eine Kraterbreite nördlich von Krafft stößt man auf die über 120km große Ringebene **Eddington**, die an ihrem südlichen Ende von den Lavamassen des Oceanus Procellarum geflutet wurde. Nach Norden und Westen ist Eddington von einem Kraterband aus hellem Gestein mit einer Breite von etwa 20km umgeben. Auf dem Boden sind einige helle Flecken auszumachen, bei denen es sich jedoch um kleinere Krater handelt. Erkennbar ist allenfalls der 11,4km große Eddington P auf der Fünf-Uhr-Position.

Wallebenen

Zwischen Eddington und dem Mondrand schließt sich die noch größere

Wallebene **Struve** an (164,3km), deren Westrand bereits auf dem 80. Längengrad liegt. Der exakte Mondrand ist lediglich eine weitere Kraterbreite von Struve entfernt. Hier kommen je nach Libration unterschiedliche Ansichten zustande, aber da die Libration maximal acht Grad beträgt, liegt die gesamte Wallebene jederzeit auf der uns zugewandten Seite. Die perspektivische Verzerrung am extremen Mondrand sorgt jedoch für eine mehr oder weniger starke Verkürzung in West-Ost-Richtung: Ein Grund mehr, um Struve und auch die anderen genannten Krater zu unterschiedlichen Zeiten erneut zu beobachten. Auch der Vergleich von verschiedenen Aufnahmen der Region in diversen Publikationen ist immer wieder interessant und voller Überraschungen.

Nach Norden hin schließt sich mit **Russell** (103,4km) eine weitere Ebene an, die



▲ Abb. 3: **Catena Krafft** ist eine Kraterkette, die die beiden Krater Krafft und Cardanus am Nordwestrand des Mondes verbindet. Sie ist nur kurz vor Vollmond (Mondalter von 13,5 Tagen) oder Neumond zu erkennen.

ebenfalls von hellem Gestein umrahmt wird. Mit etwas Mühe erkennt man exakt auf dem Ostrand einen Krater von 24km Durchmesser, der überraschenderweise den

Namen **Briggs A** trägt nach dem über 100km entfernten **Briggs** (36,8km) im Osten.

Unmittelbar nach Norden schließt sich von hier eine sehr interessante

▼ Abb. 4: **Mons Rümker** aus der Astronautenperspektive, fotografiert von Apollo 15.



Ansammlung von mehreren dunklen Flecken an. Alle sind nach dem mongolischen Mathematiker **Ulugh Beigh** benannt. Als Anhaltspunkt sollte man zunächst in der Mitte der dunklen Flecken (und unmittelbar am Rande des Oceanus Procellarum gelegen) einen kleinen hellen Krater suchen. Dies ist Ulugh Beigh B mit lediglich 7,6km Durchmesser. Der Hauptkrater **Ulugh Beigh** (52,7km) ist der große dunkle Fleck in Richtung Mondrand. Der dunkle Fleck Richtung Norden ist Ulugh Beigh A und im Süden liegt Ulugh Beigh C. Diese Gruppierung ist ein echtes Schmuckstück, aber sie wird oft nicht wahrgenommen bzw. es wird nicht darauf verwiesen. Auch im Fotografischen Mondatlas [1] ist das Ulugh Beigh-Ensemble auf den Seiten 60, 59 und 58 zwar enthalten, aber nicht erwähnt.

Luna Incognita

Der nächste Halt in Richtung Norden erfolgt zur Orientierung bei zwei mittelgroßen Kratern am Westrand des Oceanus Procellarum. Zunächst stößt man auf **Lavoisier A** (28,5km) und ein kleines Stück nördlich davon liegt **Harding** (22,6km). Zwischen diesen beiden Orten befinden sich auf der dem Mondrand zugewandten Seite einige weitere bemerkenswerte Krater, die man jedoch erst sorgfältig identifizieren muss. Unmittelbar westlich von Harding, der ein deutliches Loch von 2,1km Tiefe in der Ebene bildet, befindet sich erneut eine sehr dunkle Fläche, welche die beiden Zweitkrater Gerard K und Gerard L enthält. **Gerard** (98,8km) selbst liegt zwar unmittelbar neben dieser

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

Krater im Nordwesten des Mondes						
Objekt	Typ	Breite	Länge	Colongitude	Größe/Länge	Rükl/FMA [1]
Cardanus	Krater	+13,3°	-72,5°	73°	49,6km	28/60
Krafft	Krater	+16,6°	-72,7°	73°	51,2km	17/60
Catena Krafft	Kraterkette	+14,9°	-72,2°	72° – 73°	55,1km	17,28/60
Seleucus	Krater	+21,1°	-66,6°	67°	44,7km	17/60
Eddington	Wallebene	+21,5°	-71,9°	72°	120,1km	17/60
Struve	Wallebene	+23,4°	-76,6°	77°	164,3km	17/60
Russell	Wallebene	+26,5°	-75,5°	76°	103,4km	17/60
Briggs	Krater	+26,4°	-69,2°	69° – 70°	36,8km	17/60
Briggs A	Krater	+27,1°	-73,8°	74°	23,9km	17/60
Ulugh Beigh	Krater	+32,6°	-81,9°	82°	52,7km	8/60,58
Lavoisier	Krater	+38,1°	-81,4°	81° – 82°	69,8km	8/60
Lavoisier A	Krater	+37,0°	-73,2°	73°	28,5km	8/60
Harding	Krater	+43,5°	-71,6°	72°	22,6km	8/59
Gerard	Krater	+44,5°	-80,6°	81°	98,8km	8/-
von Braun	Krater	+41,0°	-78,1°	78° – 79°	60,1km	8/60
Mons Rümker	Lunardome	+40,8°	-58,3°	58° – 59°	73,3km	8/55

dunklen Fläche, aber er ist selten wirklich gut zu identifizieren. Dafür findet sich ein kleines Stück darunter ein heller Fleck, der sich bei näherer Betrachtung als Krater- rand von Lavoisier B (25,7km) herausstellt. Dieser Rand erscheint bei jeder Mondphase hell und ist ein deutlicher Blickfang und Anhaltspunkt. Südlich von ihm befindet sich der Hauptkrater Lavoisier (69,8km) und unmittelbar nördlich davon liegt der ehemalige Lavoisier D, der seit 1994 den Namen von Braun (60,1km) trägt. Dessen Namenspatron ist natürlich der Raketenpionier und Vater der bemannten Apollo-Missionen Wernher von Braun. Lavoisier ist nach kurzer Eingewöhnung recht gut daran zu erkennen, dass er einen durchgehenden Ring dunklen Materials am inneren Krater- rand aufweist. Diese kreisrunde

Struktur ist sehr auffällig inmitten der eher einfarbigen Umgebung.

Zum Abschluss werfen wir von Lavoisier aus noch einen Blick genau in Richtung Osten, wo wir auf halbem Wege zum Mare Imbrium auf Mons Rümker treffen. Dieser Berg, der aus einer Ansammlung von vielen über- und nebeneinander gestapelten Domen besteht, ist neben dem Aristarchus-Plateau das einzige wirklich bekannte Objekt im Nordwesten. Da sich der Mons Rümker 480m über die Ebene erhebt, ist er bei flach einfallendem Sonnenlicht recht gut auszumachen. Da er aber im Wesentlichen die gleiche Färbung wie seine Umgebung besitzt, wird er bei höherem Sonnenstand fast unsichtbar. Gute Sichtbedingungen ergeben sich vor allem bei einem Alter ab 24 Tagen; der

Abendterminator überquert den Berg am 26. Tag. Leider beginnt deshalb die günstige Beobachtungszeit aufgrund des späten Mondaufgangs erst weit nach Mitternacht. Auch dieser Umstand trägt dazu bei, dass alle Objekte auf der abnehmenden Mondseite sehr viel weniger bekannt sind und weniger beobachtet werden.

[1] Chu, A., Paech, W., Weigand, M.: Fotografischer Mondatlas, Oculum-Verlag, Erlangen (2010)

Surftipp

Beschriftete Mondkarte:

lpod.wikispaces.com/
December+4%2C+2011

Besonderheiten am Westrand des Mondes

Der Mond bewegt sich mit der Westseite voran auf seiner Umlaufbahn um die Erde. (sog. vorauslaufende Seite; leading side). Daraus ergeben sich einige Besonderheiten:

- Die höhere Relativgeschwindigkeit der Westseite des Mondes gegenüber herankommenden Meteoroiden ergibt auf der Westhemisphäre eine um 45% höhere Detektionsrate von Meteoroiden-Impakten (Impact Flashes).
- Am Westrand des Mondes beginnen die Bedeckungen bzw. der Eintritt von
 - Sternen: Bestimmung von Mondrandprofilen (Höhenkarten) im Meterbereich. Identifikation von engen Doppel- bzw. Mehrfachsternsystemen
 - Planeten: Positionsbestimmungen

- Raumsonden: Signalverlust. Unterbrechung der Kommunikation
- Sonne: Mehrere Typen Sonnenfinsternisse. Kontakt Nord-Süd variabel
- Erdschatten: Mehrere Typen Mondfinsternisse. Kontakt Nord-Süd variabel
- Perspektivische Verkürzung der Schattenlängen von Bergen und Krater- rändern aus Sicht der Erdbeobachter. Einschränkung der Erkennbarkeit von Geländestrukturen.

Für den gesamten Mond gilt: Die mittlere absolute Geschwindigkeit auf der Umlaufbahn beträgt 1km/s, woraus sich eine mittlere relative Geschwindigkeit gegenüber dem Sternhintergrund von 1"/s ergibt.

Stürmischer Saturn

Die Entwicklung des großen Sturms 2011

VON JÖRG MOSCH

Saturns Sichtbarkeit 2010/2011 überraschte die Planetenbeobachter mit der intensivsten elektrostatischen Störung seit Jahrzehnten. Der zunächst als einzelner heller Fleck sichtbare Ausbruch ereignete sich am 5. Dezember 2010 in der Nördlichen Gemäßigten Zone. Das Phänomen wurde deshalb als Northern Electrostatic Disturbance bezeichnet.

CHRISTOPHER GO

▲ Abb. 1: Saturn am 9.2.2011 um 1:36 MEZ auf dem Höhepunkt des Sturmgesehens. Das Bild zeigt die vom Sturmzentrum ausgehende helle Wolkenschleppe.

In den Wochen darauf entwickelten sich ausgehend vom ursprünglichen Sturmzentrum helle Ausläufer, die sich in retrograder Richtung ausbreiteten (vgl. Planeten aktuell in interstellarum 74, 75, 76). Sie waren teilweise gewunden, was der Erscheinung den Namen »Dragon Storm« einbrachte. Das Sturmgesehen breitete sich nach und nach auf die gesamte Nördliche Gemäßigte Zone (NTZ) aus. Gab es zu Beginn noch eine ungestörte Seite des Ringplaneten, waren bereits ab April zu jeder Zeit Aufhellungen zwischen 38° und 42° planetographischer Breite sichtbar.

Auswertung der Beobachtungen

Visuell konnte der Autor das Phänomen mit einem 180mm-Apo-Refraktor auch bei mittlerem Seeing immer wieder zweifelsfrei erkennen. Genaue Umriss- und Strukturen waren dabei allerdings nicht auszumachen. Videografisch gelang der Nachweis wesentlich besser, wobei auch hier die Luftunruhe deutliche Grenzen setzte.

Um die Bewegung des Sturmzentrums zu analysieren, reichte das selbst gewonnene Bildmaterial nicht aus. Als ergiebige Quelle erwiesen sich die Internetseiten der Association of Lunar and Planetary Observers of Japan (ALPO-J), auf der Bilder von Beobachtern rund um den Globus gesammelt werden. Dieses Material ist zwar hinsichtlich Qualität und Zeitgenauigkeit heterogen, doch es lieferte eine nahezu geschlossene Beobachtungsreihe. So standen am Ende mehr als 280 Bilder zur Verfügung, die mit WinJUPOS vermessen werden konnten.

Wegen der wechselnden Form und Größe des Sturmzentrums wurde nicht dessen Mitte, sondern das nachfolgende (prograde) Ende als Referenzpunkt verwendet. Dieses zu identifizieren, gelang problemlos, obwohl bereits einige Wochen vor der Opposition am 4. April 2011 immer mehr helle Strukturen (Abb. 2) für Verwechslungsmöglichkeiten sorgten. Erst im Juni schien das ursprüngliche Sturmzentrum zu verblassen und andere Flecken in seiner Nähe gewannen an Intensität. Zugleich verringerte sich die Qualität des Bildmaterials wegen der zu Ende gehenden Saturnsichtbarkeit, so dass die weitere Entwicklung nicht mehr analysiert werden konnte.

Drift des Sturmsystems

Die Driftkarte zeigt, dass das Sturmzentrum im Beobachtungszeitraum zweimal den Nullmeridian des Systems III passierte: zum ersten Mal am 14. Januar und erneut am 24. Mai. Daraus resultiert eine durchschnittliche Driftgeschwindigkeit von 2,8° pro Tag. Mit anderen Worten: Das Sturmzentrum umrundete den Planeten einmal innerhalb von 130 Tagen. Sein Weg auf dem 40. Breitengrad hatte dabei in erster Näherung eine Länge von 290000 Kilometern. Das bedeutet, dass sich das Sturmzentrum mit knapp 100km/h in prograder Richtung bewegte, wobei es helle Verwirbelungen und Flecken in der NTZ zurückließ. Diese Bewegung verlief auf den ersten Blick linear.

Das Programm WinJUPOS gestattet es, schnell driftende Objekte in einem modifizierten Rotationssystem darzustellen, so

dass diese nahezu stationär erscheinen. Dazu dient die Formel

$$L' = L_x - (L_x(T_0) + \text{Drift}_{L_x} \cdot (T - T_0))$$

Hierbei ist:

- L' die Länge im modifizierten Rotationssystem
- L_x die beobachtete Länge im Bezugssystem (Rotationssystem) x
- $L_x(T_0)$ die mittlere Länge zum Zeitpunkt T_0 (= Bezugsdatum) im Bezugssystem x
- Drift_{L_x} die mittlere Drift in Länge im Bezugssystem x
- T die Beobachtungszeit
- T_0 das Bezugsdatum

Um die Variationen der Driftgeschwindigkeit sichtbar zu machen (Abb. 4), wurden für die L' -Werte gleitende Mittel berechnet. Für diese wurde ein einheitlicher Abstand (Äquidistanz) von fünf Tagen gewählt. Das Intervall der zur Mittelbildung genutzten Messwerte betrug zehn Tage.

Die planetographische Breite des Sturmzentrums wurde zunächst für unverändert gehalten. Gleitende Mittel offenbaren aber auch hier eine eindeutige Oszillation (Abb. 5). Diese scheint nicht mit den Schwankungen der Längendrift zu korrelieren.

Da Saturn nur etwa den halben scheinbaren Durchmesser von Jupiter hat, war anfangs mit einer vergleichsweise höheren Streuung der Messergebnisse gerechnet worden. Es zeigte sich jedoch, dass das Ringssystem eine sehr gute Hilfe beim Zentrieren des Planetenbildes und beim Festlegen der Äquatorlinie bietet. Sofern abgebildet,

wurden außerdem die Saturnmonde für die Justierung der Aufnahmen genutzt.

Tipps zur Bildaufnahme

Wegen der schnellen Rotation Saturns ist die Zeit die größte Fehlerquelle bei der Vermessung. Bereits innerhalb einer Minute ändert sich der Zentralmeridian um $0,6^\circ$. Wer eine monochrome Videokamera mit Filterrad verwendet, braucht in der Regel zwischen drei und sechs Minuten, um die für ein L-RGB-Komposit notwendigen Einzelbilder aufzunehmen. Weil für die meisten Amateurbeobachter ein schönes (Farb-)Bild den höheren Stellenwert hat, werden die monochromen Ergebnisse der Einzelkanäle zu selten veröffentlicht. Dabei sind sie wegen der deutlich kürzeren Aufnahmezeit viel besser für Ausmessungen geeignet. Zeitangaben für Komposite sollten sich stets auf die Aufnahmemitte des detailgebenden Kanals (L, R oder IR) beziehen. Dabei ist es besser, noch die Zehntelminute anzugeben, auch wenn das Runden auf ganze Minuten im ersten Moment ausreichend erscheint.

Noch wichtiger ist, dass die Betriebssystemuhr des für die Aufnahmen verwendeten Computers genau geht. Sie sollte vor jeder Beobachtung mit einem Zeitfunksignal synchronisiert werden. Weitere Fehler schleichen sich mitunter bei der Umrechnung von lokaler Zeit in UT ein. Vor allem in der Nähe der Umstellung von Winter auf Sommerzeit kam dies beim verwendeten Bildmaterial mehrfach vor. Einige an sich gute Aufnahmen konnten deshalb nicht genutzt werden.

Ausblick

Im April steht Saturn in Opposition und ist damit optimal beobachtbar (s. S. 18). Erste Bilder der neuen Sichtbarkeit aus dem Dezember 2011 zeigten Überreste des Sturmsystems, wenn auch nicht so auffällig wie vergangenes Jahr. Dennoch bleibt es interessant, die Atmosphäre des Ringplaneten mit größeren Instrumenten zu überwachen – wie die Ereignisse 2011 gezeigt haben, sind Überraschungen nicht ausgeschlossen.

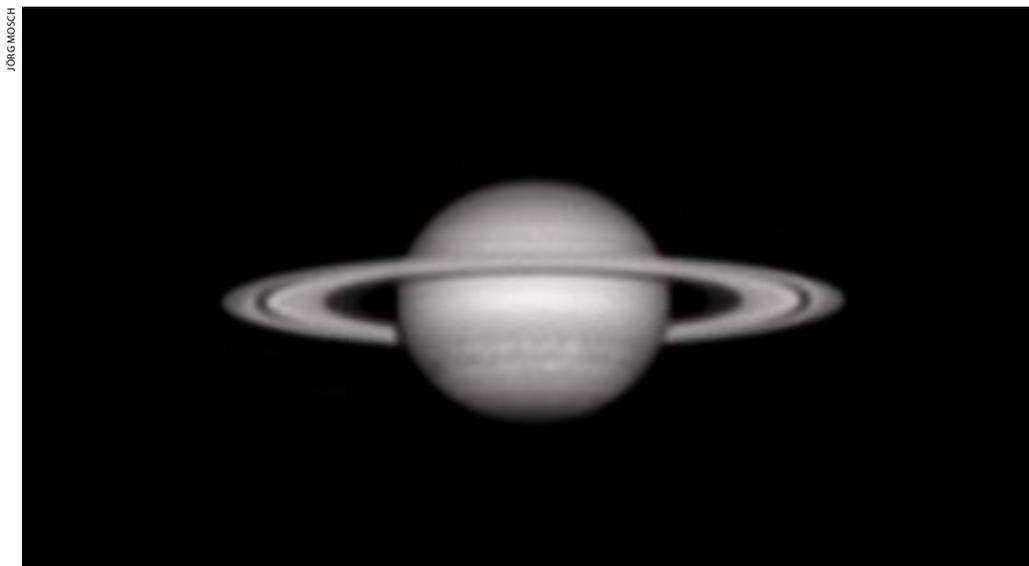
Surftipps

Aktuelle Saturnbilder der ALPO-J:

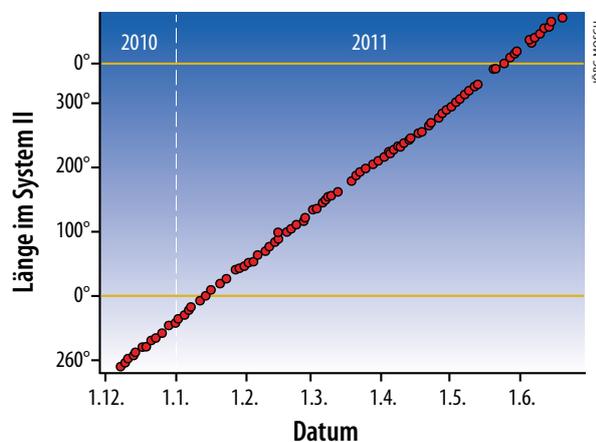
alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/Latest/Saturn.htm

Auswertungsprogramm WinJUPOS:

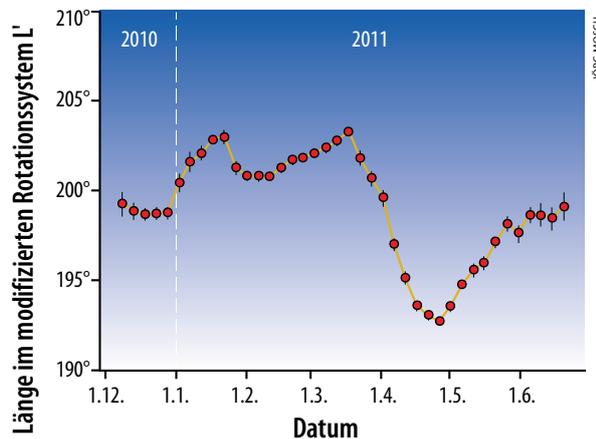
www.jupos.org



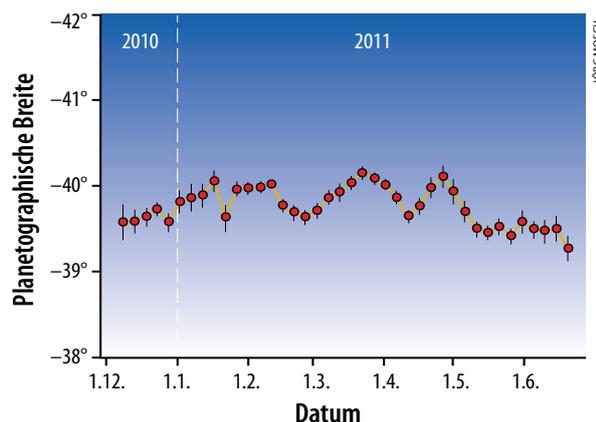
▲ Abb. 2: Saturn am 27.3.2011 im R-Kanal. Das Bild zeigt die dem Sturmzentrum folgenden hellen Flecke im Bereich der NTZ. Süden ist oben.



◀ Abb. 3: Längendriftykarte der Northern Electrostatic Disturbance (NED). Darstellung der 280 Einzelmessungen (Rotationssystem III) in Abhängigkeit von der Zeit. Referenzpunkt war jeweils das prograde Ende des Sturmzentrums, von dem aus sich die NED entwickelte.



◀ Abb. 4: Längendrift der Northern Electrostatic Disturbance (NED). Darstellung der um die tägliche Drift von $2,8079^\circ$ korrigierten gleitenden Mittel im modifizierten Rotationssystem L. Die Mittelwerte wurden für eine Äquidistanz von 5 Tagen und ein Intervall von jeweils 10 Tagen berechnet.



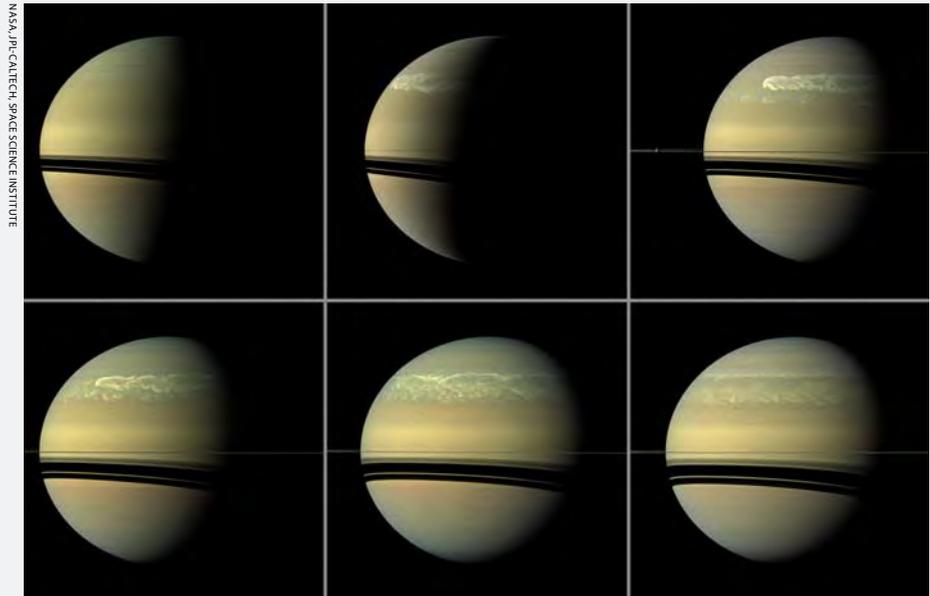
◀ Abb. 5: Breitendrift der Northern Electrostatic Disturbance (NED). Darstellung der gleitenden Mittel in Abhängigkeit von der Zeit. Die Mittelwerte wurden für eine Äquidistanz von 5 Tagen und ein Intervall von jeweils 10 Tagen berechnet. Die Fehlerfahnen lassen die erstaunlich hohe Genauigkeit der Messungen erkennen, die auf die Bildausrichtung über das Ringsystem zurückzuführen sein dürfte.

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

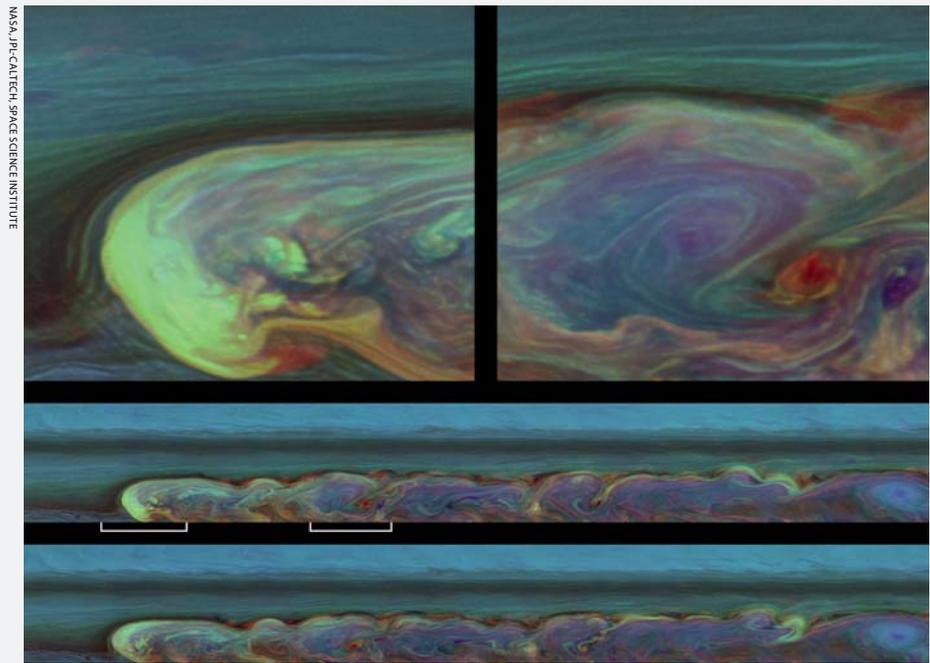
Der Saturn-Sturm aus der Sicht der Wissenschaft

200 Tage lang war der Große Sturm von 2010/2011 aktiv, länger als jeder andere in mehr als einem Jahrhundert, und erst Ende Juni 2011 hatte die Konvektion wieder aufgehört, die die hellen Wolken – vermutlich aus kristallinem Ammoniak – in der oberen Atmosphäre Saturns hervorgerufen hatte. Das Phänomen hat nicht nur Scharen von Amateurbeobachtern erfreut, es wurde auch vom Saturnorbiter Cassini, dem Hubble Space Telescope und Großteleskopen auf der Erde so eingehend untersucht wie keiner der großen Stürme auf dem Planeten zuvor. Diese treten alle 20 bis 30 Jahre auf, d.h. ungefähr einmal pro Saturnjahr, aber dieser – der größte seit 1990 – fiel aus dem Rahmen. Zum einen fand er mit 35° nördlicher Breite weit außerhalb der bekannten »Allee der Stürme« auf der Südhalbkugel statt. Und er war überraschend früh ausgelöst worden, denn auf der Nordhemisphäre hatte erst im August 2009 das Frühjahr begonnen. Doch (zusätzliche) Wärme ist offensichtlich der Motor dieser Phänomene: Die Cassini-Beobachtungen – mit der Kamera wie im Radiobereich – zeigen klar, dass es sich um einen riesigen Komplex aus Gewitterwolken handelt, die feuchte Konvektion aus den Tiefen der Saturnatmosphäre in die Höhe getrieben hat. Planetenforscher sprechen hier von einem regelrechten Vulkanausbruch, freilich in einer reinen Gaswelt.

Bei Saturn wie auch bei Jupiter spielt Konvektion bei gleichzeitiger Kondensation von Wasser – die eine Menge latente Wärme freisetzt – eine Schlüsselrolle beim Wärmetransport aus den tiefen dichten Atmosphärenschichten nach außen: Bereits wenige intensive aufsteigende Luftsäulen reichen, um genug Energie in Höhen zu bringen, wo sie dank geringerer Dichte der Atmosphäre in den Raum abgestrahlt werden kann. Aber während entsprechende Ereignisse beim Jupiter zufällig auftreten, ist der Effekt beim Saturn mit seiner viel größeren Achsneigung von 27° abhängig von den Jahreszeiten und allem Anschein nach durch die Sonneneinstrahlung gesteuert. Viele Fragen bleiben aber offen, etwa wie die Sonnenenergie überhaupt bis in die kritische Tiefe vordringen kann, wo sie den Kondensationsprozess



▲ Abb. 1: Die Entwicklung des Saturnsturms auf Cassini-Aufnahmen von Ende 2010 bis Mitte 2011 – aus einer anfänglichen kompakten Wolke wird ein breites Wolkenband, dessen »Kopf« schließlich auf den »Schwanz« trifft.



▲ Abb. 2: Detailbilder des Großen Sturms von Cassini am 26. Februar 2011 in falschen Farben – die Verwendung mehrerer nahinfraroter Filter hebt unterschiedliche Höhenschichten hervor, wobei die höchsten Wolken rund 100km über der normalen Wolkenschicht liegen. Oben zwei Ausschnitte aus dem mittleren Bildstreifen; der untere entstand 11 Stunden, also einen Saturntag später.

anstößt, oder warum es diesmal gerade in mittlerer Nordbreite stürmte. Das jedenfalls tat es gewaltig: Bis zu zehn Mal pro Sekunde blitzte es zeitweise im Inneren des Sturms, so dass der Radiodetektor Cassinis die einzelnen Blitze kaum mehr trennen konnte. Infrarotbeobachtungen von der Erde zeigten auch, dass sich die atmosphärische Zirkulation Saturns infolge des Riesensturms deutlich veränderte.

■ Daniel Fischer

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

100 QUADRATGRAD HIMMEL

Galaxienjagd in Coma Berenices

VON FRANK GASPARINI

Im fortschreitenden Frühjahr steht mit Einbruch der Dunkelheit das Sternbild Coma Berenices hoch am Himmel. Zwischen den markanten Konstellationen Leo und Bootes gelegen, ist das häufig in der Kurzform genannte Sternbild »Coma« eher unauffällig, erreichen die hellsten Sterne doch nicht einmal die 4. Größenklasse. In der Mythologie symbolisiert es die an das Firmament versetzte Haarpracht der ägyptischen Königin Berenike, die diese aus Dankbarkeit über die gesunde Rückkehr ihres Gatten Ptolemäus aus dem 3. Syrischen Krieg opferte. Dem Deep-Sky-Beobachter bietet diese Region reichlich Kost in Form schier unzähliger Galaxien, die es zu entdecken gilt.

MARIO WEIGAND

▲ Abb. 1: **Der Offene Sternhaufen Melotte 111** ist eine Ausnahme in den Galaxien-Jagdgründen des Haars der Berenike. Die Weitfeldaufnahme zeigt bereits zahlreiche der in der Nachbarschaft befindlichen Galaxien.

Melotte 111

Die Beobachtungsrunde wird jedoch nicht mit einer Galaxie, sondern mit einem galaktischen Objekt begonnen, dem Offenen Sternhaufen **Melotte 111**, der auch unter der Bezeichnung Coma-Sternhaufen bekannt ist und den größten Teil des Haars der Berenike ausmacht. Unter dunklem Landhimmel fällt bereits mit bloßem Auge im Nordwestteil des Sternbildes Coma die ungewöhnliche Dichte an schwachen Sternen auf, die sich auffällig vom dunklen Himmelshintergrund abhebt. Freisichtig sollten mindestens zehn Sterne erkennbar

sein, bei konzentriertem Beobachten mit indirektem Sehen auch mehr. Er ist damit einer der wenigen Offenen Sternhaufen, die man mit bloßem Auge auflösen kann, und ist nach den Hyaden der zweitnächste Sternhaufen zur Erde [1]. Er erstreckt sich über eine Fläche mit imposantem Durchmesser von 5° mit einer zentralen Verdichtung von ca. 2° . Damit wird deutlich, dass Melotte 111 kein bevorzugtes Objekt für die teleskopische Beobachtung ist. Bereits mit einem Fernglas geht der Haufencharakter verloren, da das Gesichtsfeld weitgehend mit wenigen hellen und vielen schwachen Sternen gefüllt ist, wovon zwei Dutzend

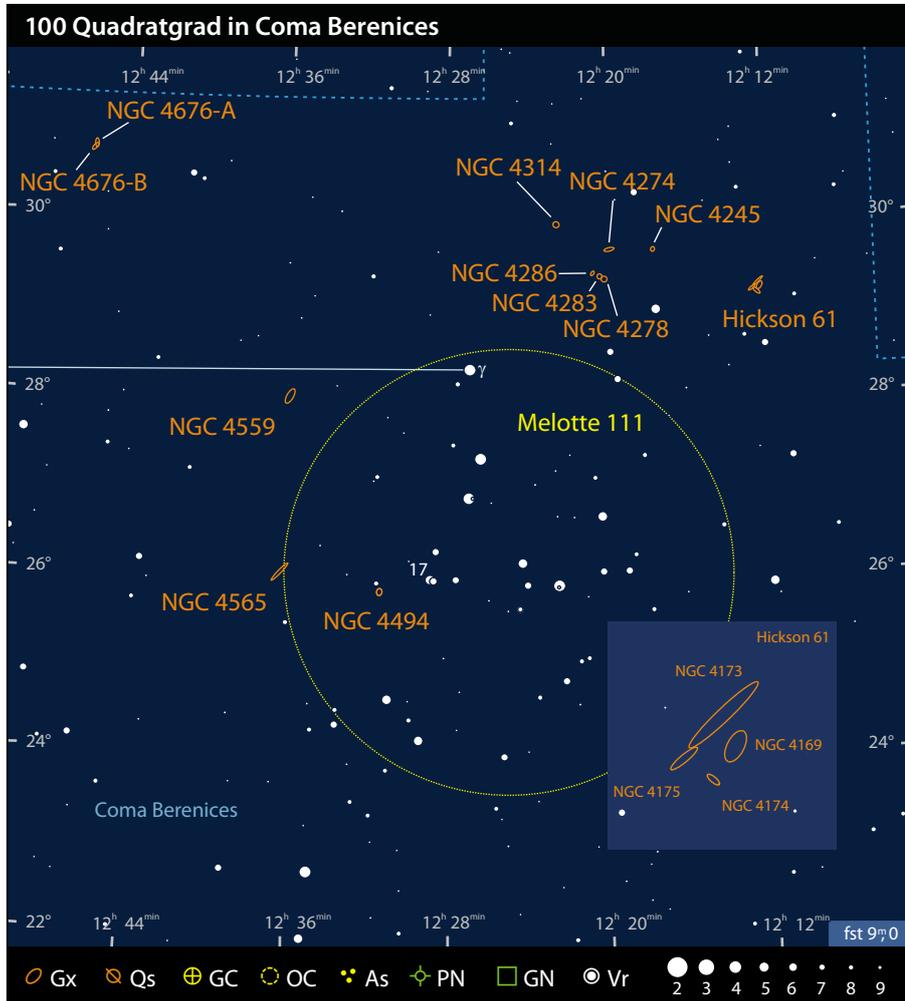
heller als 8. Größenklasse sind. Besonders sehenswert ist der Doppelstern 17 Com. Seine beiden Partner leuchten mit $5^m 3$ und $6^m 6$ und sind $145''$ voneinander getrennt – ein leichtes Spiel für jedes Fernglas.

Schönste Lichtspindel am Himmel: NGC 4565

Das nächste Ziel ist die Galaxie NGC 4565, die sich am äußersten östlichen Rand von Melotte 111 befindet. Auf dem Weg dorthin liegt, noch im Sternengewimmel des Sternhaufens eingebettet, die kleine Galaxie NGC 4494, die am 6.

WERNER PROBST

▲ Abb. 2: **Galaxien die gegensätzlicher kaum sein könnten:** NGC 4494 als kleiner runder Lichtfleck und die lange Lichtspindel von NGC 4565. Bei der kleinen Galaxie dazwischen handelt es sich um NGC 4562.



April 1785 von Wilhelm Herschel entdeckt wurde. Aufgrund ihrer prominenten Nachbarin wird sie eher selten in Beobachtungsberichten erwähnt, ist aber durchaus einen Besuch wert. Mit 8" Öffnung ist sie problemlos erreichbar und erscheint als diffuser, fast kreisrunder Lichtfleck mit einem kleinen, aber hellen Kern. Im 14"-Teleskop ist die Galaxie hell – auffällig ist besonders die Kernaufhellung –, bleibt aber strukturlos und diffus zum Rand auslaufend. Im Gesichtsfeld nimmt sie ca. 3' Größe ein, bei indirektem Sehen auch etwas mehr. Ab 190× wird eine geringe Elongation von ca. 1,5:1 in Nord-Süd-Richtung erkannt. Nordöstlich steht ein heller Stern, der einen schönen Kontrast zu der Galaxie bildet.

Etwa 1° weiter östlich steht NGC 4565. Sie ist das Paradebeispiel einer Galaxie in Kantenlage und übt wie alle diese Objekte eine besondere Faszination aus. Mit 87° Neigung gegen unsere Sichtlinie schaut man fast exakt seitlich auf die Galaxie. Bereits mit 4" Öffnung erscheint sie wie ein zarter langer und schmaler Kreidestrich in NW-SO-Lage im Okular. In der Mitte ist ein helleres Zentrum erkennbar, während die Enden spitz auslaufen. Ab 8" Öffnung ist die Galaxie als große, helle, sehr lange Lichtnadel sichtbar, die bei einem 13:1-Verhältnis der beiden Achsen

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



ROLF LEIBELING

▲ Abb. 3: Die Aufnahme von NGC 4559 zeigt schön die Spiralarme und HII-Regionen.

fast schon zerbrechlich wirkt. Der Zentralbereich ist deutlich dicker und heller und wird ab 150× durch ein Staubband zweigeteilt. Mit steigender Öffnung wird der visuelle Eindruck immer imposanter und ist mit 24" geradezu atemberaubend: Das Staubband ist außermittig nach Nordosten verschoben und über die gesamte Länge der Galaxie zu verfolgen. Der größere Teil des südwestlichen Kerngebietes ist deutlich heller als der kleinere nordöstliche Abschnitt. Im zentralen Bereich der Galaxie deuten sich am Staubband ab 300× Strukturen an.

Sternentstehungsgebiete in NGC 4559

Mit einem 2° langen Schwenk nach Norden gelangt man zu NGC 4559 als nächstem Ziel der Galaxien-Reise durch den Frühlingshimmel. Sie wurde am 30. April 1785 von W. Herschel entdeckt und zählt zu den 30 hellsten Galaxien in der Region von Coma Berenices und Virgo [2]. Mit 4,4' × 10,7' ist NGC 4559 recht ausgedehnt und bereits ein größeres Fernglas vermag unter dunklem Himmel einen kleinen Lichtfleck zu zeigen. Im 8"-Newton erkennt man eine recht helle, längliche (3:1) Galaxie in NW-SO-Ausrichtung mit hellerem Zentralbereich, die im Süden und Südosten von drei

helleren Sternen eingerahmt ist. Mit 14" Öffnung erscheinen bereits bei direktem Sehen deutlich Ausläufer nach Nordwest und Südost mit indirekt erkennbaren knottigen Strukturen. Mit weiterer Steigerung der Öffnung und Vergrößerungen von mindestens 250× werden diese Strukturen deutlicher. Es handelt sich dabei um aktive Sternentstehungsgebiete (HII-Regionen) innerhalb der Galaxie, die mit eigenen IC-Nummern katalogisiert sind und erstmals 1903 in der »Königstuhl-Nebel-Liste 4« nach der systematischen Durchmusterung von Fotoplatten durch Max Wolf im Jahr 1903 beschrieben wurden [3].

Galaxiengewimmel in Coma

Ein Schwenk von ca. 4,5° nach Nordwesten zeigt ein Feld von sechs Galaxien. Im Süden sind dies auf einer SW-NO orientierten Geraden aufgereiht die Galaxien NGC 4278, NGC 4283 und NGC 4286. Weiter nördlich davon stehen in etwas größerem Abstand untereinander die Galaxien NGC 4245, NGC 4274 und NGC 4314. Wer sich bereits mit der Herschel-400-Objektliste [4] befasst hat, wird hier auf keine unbekanntenen Objekte stoßen, denn mit Ausnahme von NGC 4286 sind alle Galaxien darin enthalten. Dieser Anblick ist besonders reizvoll, können doch

mindestens fünf Galaxien in einem Aufsuchokular mit ca. 1° Gesichtsfeld gemeinsam erfasst werden.

NGC 4278 und NGC 4283 bilden ein interessantes Paar, das auch in 8"-Teleskopen ohne Probleme zu erkennen ist, da beide Galaxien eine recht hohe Flächenhelligkeit aufweisen. Die westlichere der beiden, NGC 4278, ist die größere und hellere Galaxie. Beide erscheinen diffus und von der Form fast kreisrund ohne erkennbare Elongation, wobei NGC 4278 etwa doppelt so groß ist. Die Helligkeit nimmt mäßig zur Mitte hin zu und im Inneren findet man einen hellen, stellaren Kern. NGC 4283 ist deutlich schwächer und der Halo um den deutlich erkennbaren stellaren Kern ist auch bei indirektem Sehen ziemlich schwach. Mit 14" Öffnung werden die Galaxien deutlich heller, weitere Strukturen lassen sich ihnen aber nicht entlocken. Die noch weiter östlich stehende NGC 4286 ist sehr schwach mit geringer Flächenhelligkeit, sie ist daher großen Teleskopen vorbehalten. Selbst mit 18" Öffnung bleibt sie nur ein schwacher Lichtschimmer ohne erkennbare Einzelheiten.

In etwa 30' Abstand weiter nördlich steht NGC 4274. Sie ist mit ungefähr 5' Länge wesentlich größer als die vorherigen Galaxien sowie deutlich heller und damit auch einem 5-Zöller problemlos

NGC 4314

NGC 4253

NGC 4274

NGC 4245

NGC 4286

NGC 4283

NGC 4310

NGC 4278

BRUNO MATTERN

▲ Abb. 4: Um NGC 4274 in der Bildmitte tummeln sich zahlreiche weitere Galaxien.

zugänglich. Sie erscheint länglich-oval (2,5:1) in OSO-WNW-Ausrichtung und zur Mitte hin heller werdend. Mit 14" ist die Galaxie länglicher im Seitenverhältnis 3:1 bis 4:1, während im Zentrum ein stellarer Kern aufblitzt (135×) und die Ränder diffus nach außen hin auslaufen. Mit weiterer Steigerung der Öffnung (18") wird die Ausdehnung nochmals größer und die Galaxie stellt sich als schmale, 5:1-elongierte Ellipse dar.

Die Galaxie NGC 4314 liegt ca. 0,8° entfernt Richtung Nordosten. Sie wurde am 13.3.1785 von Wilhelm Herschel entdeckt. Mit 8" Öffnung findet man eine helle Galaxie, die bei direktem Sehen einfach zu

erkennen ist. Sie erscheint leicht oval (ca. 2:1) mit ONO-WSW-Ausrichtung der langen Achse. Im 14-Zöller nimmt die Helligkeit zur Mitte hin zu und im Zentrum kann man einen stellaren Kern ausmachen. Die wahre Natur von NGC 4314, es handelt sich hierbei um eine Balkenspiralgalaxie, kann visuell auch mit größerer Öffnung (18") nicht nachvollzogen werden.

Für das nächste Ziel geht es zunächst zurück zu NGC 4274 und dann ca. 0,8° nach Westen, um NGC 4245 zu erreichen. Bei ihr handelt es sich ebenfalls um eine Balkenspirale, aber auch sie bleibt im 14-Zöller bei 135× sehr klein und in der Form schwer fassbar. Die Helligkeit nimmt zur Mitte hin mäßig zu und im Inneren kann man einen stellaren Kern aufblitzen sehen. Die Galaxie ist insgesamt recht hell, so dass sie auch in kleineren Teleskopen direkt erkannt werden kann. Der besondere Reiz dieses Objekts liegt in einer Kette aus vier Sternen ca. 11. Größenklasse, die im Westen der Galaxie in leichtem Bogen nach Südwesten weggeführt und mit der Galaxie zusammen einen sehr schönen Gesamtanblick ergibt.

Eine »Schachtel« am Himmel

Wer jetzt auf den Geschmack der Beobachtung von Galaxiengruppen gekommen ist, sollte sein Teleskop 1,5° nach Südwesten schwenken, um dort auf die Galaxiengruppe Hickson 61 zu treffen. Sie besteht aus den vier Galaxien NGC 4169,

NGC 4173, NGC 4174 und NGC 4175, die annähernd in rechten Winkeln zueinander stehen, und ist deshalb im angelsächsischen Sprachraum auch unter der Bezeichnung »The Box« bekannt. Paul Hickson stellte erstmals im Jahr 1981 nach einer systematischen Suche auf dem Palomar Observatory Sky Survey (POSS) einen Katalog von Galaxiengruppen vor, der in seiner endgültigen Fassung von 1994 100 Objekte enthält [5, 6]. Kriterien für die Aufnahme in den Katalog waren eine Mitgliederanzahl von mindestens vier Galaxien bei maximalen Helligkeitsunterschieden von drei Magnituden, Kompaktheit der Gruppe und Isolation nach außen.

NGC 4169 in der nordwestlichen Ecke der »Schachtel« ist deutlich die hellste Galaxie der Gruppe. Sie erscheint mit hellem Kern eher rundlich, höchstens 3:2 elongiert und NNW-SSO orientiert. NGC 4174 (Südwest-Ecke) und NGC 4175 (Südost-Ecke) sind kleiner und deutlich schwächer. Sie sind zur Mitte hin konzentriert und stehen senkrecht zueinander. NGC 4173 ist zwar die größte der Galaxien, fällt aber aufgrund ihrer geringen Flächenhelligkeit etwas aus der Reihe. Sie ist damit am schwierigsten zu beobachten, zeigt dann aber eine 1:4-Elongation ohne auffälligen Kernbereich. Hickson 61 ist eine sehr schwierige Gruppe für einen 5-Zöller, der NGC 4173 nicht erfassen kann. Selbst mit 8" Öffnung ist das schwächste Gruppenmitglied oft nicht sicher zu erkennen, besonders bei nicht optimaler Transparenz.



CHRISTIAN RAUSCH

▲ Abb. 5: Im 12-Zöller sind die vier Galaxien von Hickson 61 visuell sicher zu erfassen.

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

▲ Abb. 6: Bei den wechselwirkenden Galaxien »Die Mäuse« ist der südliche Gezeitenschweif von NGC 4676B Amateuren nur fotografisch zugänglich.

Das indirekte Sehen – das Staubband von NGC 4565

Beobachtet man ein helles Objekt wie etwa Sterne, blickt man direkt auf die Lichtquelle, man wendet das »direkte Sehen« an. Im Falle einer schwachen Galaxie oder eines anderen flächigen, lichtschwachen Objekts kommt man mit dieser Technik nicht an die Grenze des Machbaren. Sinnvoll ist es, nun die physischen Gegebenheiten des menschlichen Auges zu nutzen: Die Sinneszellen, welche für die Detektion schwachen Lichts verantwortlich sind – die Stäbchen – sind auf der Netzhaut nicht gleichmäßig verteilt. Blickt man geradeaus – also direkt – auf das Objekt, fällt das Licht auf den gelben Fleck, in dessen Bereich keine Stäbchen existieren (vgl. [1]). Blickt man dagegen etwas am Objekt vorbei, kann man das Licht auf Areale der Netzhaut lenken, welche dicht mit Stäbchen besiedelt sind. Den Gewinn an wahrgenommenem Licht bezahlt man mit einer geringeren Auflösung, denn für das scharfe Sehen sind insbesondere die Zapfen zuständig. Um das indirekte Sehen zu nutzen ist es wichtig wie man am

Objekt vorbei blickt: Ein Beobachter, der mit seinem rechten Auge durch das Okular sieht, muss das Auge leicht nach rechts richten. Richtet er es nach links, sendet er das Licht des Objektes auf den Blinden Fleck, an dessen Stelle die Sehnerven aus dem Augapfel geführt werden. Er trägt seinen Namen zu Recht: Das Objekt würde unsichtbar werden. Analog verhält es sich mit dem Beobachter, der sein linkes Auge zum Beobachten verwendet. Er muss nach links blicken um die Lichtausbeute zu maximieren (vgl. dazu [2]).

Galaxien mit Strukturen, welche von Staubbändern hervorgerufen werden, sind optimale Studienobjekte, um die Stärken des Indirekten Sehens zu erfahren. Ein Klassiker unter diesen ist die »Haarnadelgalaxie« NGC 4565 im Sternbild Coma. Sie besitzt einen Neigungswinkel von etwa 87° , man blickt nahezu voll auf ihre Kante. Daher tragen Galaxien mit hohem Neigungswinkel auch den Namen »Edge-on«-Galaxien. Gerade Beobachter mit kleineren bis

mittleren Teleskopöffnungen profitieren vom Indirekten Sehen: Erst, wenn man (als rechtsäugiger Beobachter) rechts am Galaxienkorpus vorbei blickt, wird die Galaxie von einer dunklen Linie längs in zwei helle Streifen geteilt. Bei eingehender Beobachtung wird weiter deutlich, dass der Streifen im Südosten geringfügig breiter zu sein scheint. Die dunkle Linie teilt die Galaxie nicht in zwei identische Teile, da der Neigungswinkel 87° und nicht 90° beträgt.

Das indirekte Sehen kann auch dabei helfen Objekte überhaupt erst zu sehen. Gerade solche Objekte, deren Helligkeit das Teleskop an seine Leistungsgrenze führt, sind dann zwar nur schwach, aber immerhin sichtbar!

■ Daniel Spitzer

- [1] Pilz, U.: Physiologie des Dunkelsehens, interstellarum 42, 68 (2005)
 [2] Steinicke, W. und Jackiel, R.: Galaxies and How to Observe Them, Springer-Verlag (2007)



▲ **Die Richtung ist entscheidend** beim Indirekten Sehen: Wenn Sie das linke Auge abdecken und das Kreuz mit dem rechten Auge aus einem Abstand von ca. 40cm betrachten, fällt der Punkt auf den blinden Fleck und verschwindet. Wenn Sie das Kreuz mit dem linken Auge fixieren und das rechte Auge abdecken, ist der Punkt dagegen gut zu sehen.

Erst im 12-Zöller sind alle vier Einzelgalaxien unter dunklem Landhimmel problemlos zu erfassen. Da sich die Galaxien auf einem Bereich von wenigen Bogenminuten tummeln, sind Vergrößerungen deutlich über 200× angebracht. Trotz der Kompaktheit der Gruppe zeigen die Galaxien keine Wechselwirkungen und sind daher nicht im Arp-Katalog der pekulären Galaxien gelistet.

Auf Mäusejagd

Nun endgültig mit dem Galaxiengruppen-Virus infiziert, kann man sich zum Abschluss einer besonderen Herausforderung stellen, die aber Teleskopbesitzern mit mindestens 16" Öffnung unter bestem Himmel vorbehalten bleibt. Die Galaxien NGC 4676A/B stehen fast am nördlichen Rand des Sternbildes Coma Berenices und bilden mit den Sternen β Comae und

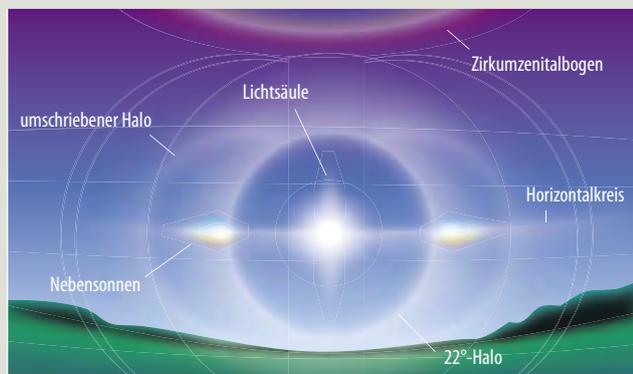
γ Comae ein nahezu gleichschenkliges Dreieck. Berühmt ist diese Zweiergruppe unter dem Namen »Die Mäuse« durch die spektakulären Aufnahmen des Hubble Space Teleskops geworden. Beide Galaxien »kollidierten« vor ungefähr 160 Millionen Jahren, wechselwirken miteinander und ziehen als Ergebnis jeweils einen Gezeitschweif hinter sich her. Die Galaxien selbst sind mit 10" Öffnung zu erreichen, stehen jedoch in einem sternleeren Gebiet, was die Suche erschwert und eine detaillierte Aufsuchkarte erfordert. Eine besondere Herausforderung besteht in der Sichtung des Gezeitschweifs von NGC 4676A. Uwe Glahn beschreibt die Sichtung an der Nachweisgrenze bereits mit 16" unter besten Bedingungen. Mit Öffnungen in der 20"-Klasse ist der Schweif nach seiner Erfahrung sicher zu halten. Der südliche Gezeitschweif von NGC 4676B ist Amateuren visuell nicht zugänglich [8].

- [1] Stoyan, R.: Deep Sky Reiseführer, 3. überarbeitete Auflage, Oculum-Verlag, Erlangen (2004)
- [2] Juchert, M.: Objekte der Saison, NGC 4559, interstellarum 39, 21 (2005)
- [3] Wolf, M.: Königstuhl-Nebelliste 4. Mittlere Örter, Beschreibung und Helligkeitsvergleich von 272 Nebelflecken bei 17 Comae, Publ. Astrophys. Inst. Königstuhl-Heidelberg 2, 57 (1903)
- [4] O'Meara, S.: Herschel 400 Observing Guide, Cambridge University Press, Cambridge (2007)
- [5] Hickson, P.: Atlas Of Compact Groups Of Galaxies, Gordon and Breach Science Publishers, Vancouver (1994)
- [6] Müller, J., Stoyan, R., Wenzel, K.: Digital-visueller Atlas der Hickson-Gruppen, Teil 1 – Frühlingsgruppen Nr. 36 bis 65, interstellarum 17, 21 (2001)
- [7] Veit, K.: NGC 4169, NGC 4174, NGC 4173, NGC 4175, interstellarum 7, 52 (1996)
- [8] Glahn, U.: Deep-Sky-Herausforderung: NGC 4676A/B, interstellarum 69, 31 (2010)
- [9] Diederich, H.-G.: Auf extragalaktischer Mäusejagd, NGC 4676 – Ein interessantes Paar wechselwirkender Galaxien, interstellarum 21, 48 (2002)

Welche Haloerscheinungen der Sonne kann man häufig beobachten?

Haloerscheinungen werden von Sonnen- oder auch Mondlicht an Eiswolken hervorgerufen. Der Name stammt von der Halo, einer kreisförmigen Erscheinung ab. Aber allgemein wird der Begriff auf alle hellen Lichtfiguren ausgedehnt, die an Eiskristallen in der Luft entstehen. Haloerscheinungen sind häufig. Ein aufmerksamer mitteleuropäischer Beobachter kann etwa acht Beobachtungen je Monat erreichen.

Voraussetzung für Halos sind sechseckige Eiskristalle in der Luft. Diese erzeugen in Folge von internen Reflexionen und Brechungen alle besprochenen Effekte – generell sind das helle, z.T. farbige Flecken oder Streifen. Die häufigsten Eiswolken sind Faserwolken (Zirruswolken) oder Schichtwolken (Zirrostratuswolken). Auch Eisnebel erzeugt Haloefekte.



▲ Abb. 1: Die häufigsten Halo-Arten (schematische Darstellung).

Der 22°-Halo

Die häufigste, namensgebende Erscheinung ist ein Ring um die Sonne mit einem Radius von 22°. In Abhängigkeit von den

Wolken kann dieser Ring auch nur abschnittsweise ausgeprägt sein. Der Innenrand ist scharf begrenzt, während der Halo nach außen diffus verläuft. Die Breite des Rings beträgt ca. 2° – 4°.

Nebensonnen



▲ Abb. 2: Nebensonnen, obere Lichtsäule und Teile des 22°-Halos.

Nebensonnen sind ebenfalls recht häufig. Sie befinden sich links und rechts neben der Sonne, je nach Wolkenbildung auch nur auf einer Seite. Bei Sonnenuntergang stehen sie genau auf dem 22°-Ring, wenn dieser gleichzeitig sichtbar ist. Bei einem höheren Sonnenstand befinden sie sich deutlich außerhalb auf dem sog. Horizontalkreis, der jedoch selten komplett zu sehen ist. Nebensonnen sind sehr hell und meist farbig, in klaren intensiven Tönen. Nicht selten sind sie von einem nach außen gerichteten Schweif begleitet.

Berührungsbogen

Am oberen Scheitel des 22°-Halo ist bei niedrig stehender Sonne (Sonnenhöhe geringer als 32°) oft eine hörnerartige

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

Deep-Sky-Objekte in Coma Berenices							
Name	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Bemerkung	DSRA/Uran.
Melotte 111	OC	12h 25,0min	26° 0'	5 ^m 4	5°	Coma-Sternhaufen	12/148
NGC 4494	Gx	12h 31,4min	25° 47'	9 ^m 7	3,5'×4,8'	–	–/148
NGC 4565	Gx	12h 36,3min	26°	9 ^m 5	2,1'×15,8'	Kantenlage	12/149
NGC 4559	Gx	12h 36,0min	27° 58'	9 ^m 6	4,4'×10,7'	HII-Regionen	12/149,108
NGC 4278	Gx	12h 20,1min	29° 17'	12 ^m 7	3,8'	–	–/107,108
NGC 4283	Gx	12h 20,3min	29° 19'	12 ^m 0	1,5'	–	–/107,108
NGC 4286	Gx	12h 20,7min	29° 21'	13 ^m 6	0,8'×1,5'	–	–/107,108
NGC 4245	Gx	12h 17,6min	29° 36'	11 ^m 4	2,2'×2,9'	Balkenspirale	–/107
NGC 4274	Gx	12h 19,8min	29° 37'	10 ^m 5	2,4'×6,8'	–	–/107,108
NGC 4314	Gx	12h 22,5min	29° 54'	10 ^m 5	3,7'×4,2'	Balkenspirale	–/108,107
NGC 4169	Gx	12h 12,3min	29° 11'	12 ^m 2	0,9'×1,8'	Hickson 61A	–/107
NGC 4173	Gx	12h 12,4min	29° 12'	12 ^m 7	0,7'×5,0'	Hickson 61B	–/–
NGC 4175	Gx	12h 12,5min	29° 10'	13 ^m 4	0,4'×1,8'	Hickson 61C	–/107
NGC 4174	Gx	12h 12,4min	29° 9'	13 ^m 5	0,3'×0,8'	Hickson 61D	–/107
NGC 4676A	Gx	12h 46,2min	30° 44'	13 ^m 5	0,6'×1,4'	Die Mäuse	–/108
NGC 4676B	Gx	12h 46,2min	30° 43'	13 ^m 8	0,8'×2,2'	Die Mäuse	–/108

von Uwe Pilz

PRAXISWISSEN

Erscheinung zu sehen, der Berührungsbogen. Diese Figur wird auch am unteren Scheitel erzeugt, ist aber dort weniger häufig zu sehen, da sich diese Stelle öfter unter dem Horizont befindet. Bei hohem Sonnenstand läuft der Berührungsbogen bogenförmig um den Halo herum und vereint sich mit dem unteren Berührungsbogen. Man nennt dies dann umschriebener Halo.

Lichtsäulen

Lichtsäulen sind helle Streifen über oder seltener auch unter der Sonne, die bei niedrigem Sonnenstand zu sehen sind. Die obere Lichtsäule kann unter günstigen meteorologischen Bedingungen 30° Länge erreichen. besonders eindrucksvoll ist die Lichtsäule, wenn die Sonne knapp unter dem Horizont steht. Sie ist dann besonders strahlend und verändert ihre Farbe mit der tiefer wandernden Sonne.

Zirkumzenitalbogen



▲ Abb. 3: Zirkumzenitalbogen.

Dies ist die prächtigste Halo-Art: Es handelt sich um einen regenbogenartigen, sehr hellen Bogen 48° über der Sonne. Diese Bögen sind nicht selten, werden aber oft übersehen, da man wirklich sehr steil nach oben schauen muss. Wenn andere Haloerscheinungen zu sehen sind, immer auch nach oben schauen!

Tipps zum Fotografieren

Haloerscheinungen lassen sich leicht fotografieren. Jede gewöhnliche Kamera, sei sie filmbasiert oder digital, ist geeignet. Die meisten Figuren sind großräumig und können mit einem Weitwinkelobjektiv am besten erfasst werden. Nur die Nebensonnen sieht man auf einer Teleobjektivaufnahme besser.

Die Belichtungsmessung neigt zur Unterbelichtung, wenn die Sonne im Bild ist. In diesen Fällen sollte eine bewusste Überbelichtung gewählt werden. Viele Kameras bieten dazu die EV-Verstellung. Auch die manuelle Wahl von Blende und Belichtungszeit führt zum Erfolg, wobei man von den gemessenen Werten ausgehen sollte.

Reflexionen können das Bild verderben. Aus diesem Grund ist es zweckmäßig, die Sonne selbst abzuschatten. Hierzu können Bäume, Masten, Turmspitzen oder sogar Personen dienen. Die meisten Haloerscheinungen werden horizontnah wahrgenommen. Es ist eine gute Idee, auch die umgebende Landschaft mit in das Bild zu nehmen, das steigert die Wirkung.

Surftipp

Die Haloerscheinungen (Arbeitskreis Meteore e.V.):

www.meteoros.de/halo.htm



▲ Abb. 1: Die Nutzbarkeit von CCD-Kameras für lange Belichtungen steht und fällt mit der Chiptemperatur. Die MicroLine ML8300 von Finger Lakes Instrumentation kann 60°C unter die Umgebungstemperatur gekühlt werden. Mit dem Filterrad CFW-5-7 wird sie zudem zur Farbkamera.

Die Coole aus den Staaten

Die CCD-Kamera FLI MicroLine ML8300 im Test

VON ULLRICH DITTLER

Immer mehr Firmen drängen mit durchdachten Astrokameras auf den Markt. Die US-amerikanische Firma Finger Lakes Instrumentation (FLI) gilt dabei unter deutschsprachigen Astrofotografen als Geheimtipp. Die monochrome Kamera FLI MicroLine ML8300 und das passende Filterrad CFW-5-7 haben wir in der Praxis geprüft.

Während noch vor wenigen Jahren die meisten Amateur-astronomen erste astrofotografische Erfahrungen mit Webcams zur Planetenfotografie sammelten und dann der nächste Schritt, der Umstieg auf eine gekühlte Astro-CCD-Kamera zur Deep-Sky-Fotografie ein (auch finanziell) großer Schritt war, gestaltet sich heutzutage der Zugang zur Astrofotografie vielfach einfacher: Erste astrofotografische Erfahrungen werden heute zunehmend mit einer bereits vorhandenen Digitalen Spiegelreflexkamera (DSLR) am Teleskop gesammelt; der Schritt zu einer leistungsfähigen gekühlten Astro-CCD-Kamera ist dann schon bald naheliegend. Der Markt der Astro-CCD-Kameras ist daher in den letzten Jahren zunehmend in Bewegung gekommen. Neben Platzhirschen wie SBIG, Starlight Instruments und Apogee bemühen sich weitere Marktteilnehmer um Beachtung in der Szene: QSI, Atik, Astrolumina, Moravian

Instruments und eben auch FLI gehören zu den Unternehmen, die in letzter Zeit mit durchdachten Produkten auf dem umkämpften Markt mehr Aufmerksamkeit auf sich ziehen konnten.

Im Bereich zwischen hochpreisigen Highend-Kameras für teilweise mehr als 10000€ mit großen, meist vollformatigen Aufnahmechips und relativ preiswerten Astrokameras bis 2500€ mit kleinen Chips für Einsteiger, hat sich zwischenzeitlich ein recht breites Angebot an gekühlten CCD-Kameras im mittleren Preissegment zwischen 2500€ und rund 5000€ etabliert.

Hersteller und Produktpalette

In diesem Bereich sind auch zahlreiche Kameras der MicroLine-Reihe von Finger Lakes Instrumentation angesiedelt. Die in New York ansässige Firma Finger Lakes Instrumentation (FLI) stellt seit 1998 Produkte für die Astrofotografie her: Neben

zahlreichen verschiedenen Astrokameras gehören auch unterschiedliche (teilweise Hochgeschwindigkeits-) Filterräder und die bekannten »Atlas«- und »PDF«-Okularauszüge zu dem – ausschließlich in den USA produzierten – Produktangebot. Neben der Astrofotografie finden die Kameras von FLI zwischenzeitlich auch Einsatz in der Medizin (beispielsweise in der digitalen Radiografie).

Das Angebot an Astrokameras von FLI ist beeindruckend vielfältig und in zwei Produktionslinien unterteilt: Die Kameras der »ProLine«-Serie zeichnen sich durch große Chips (bis hin zur Größe von 8176×6132 Pixeln), schnelles Ausleseverhalten, eine große mögliche Kühlung – aber leider auch durch hohe Anschaffungspreise – aus. Die Kameras der »MicroLine«-Serie hingegen sind in einem mittleren Preissegment angesiedelt und bieten dem Interessenten zahlreiche verschiedene Aufnahmechips – von 515×515 Pixeln bis 4096×4096 Pixeln

– zur Wahl: Zwischen 18 verschiedenen Interline-Chips sowie beachtlichen 14 Front Illuminated- und 23 Back-Illuminated-Aufnahmechips kann man hier wählen.

Ebenfalls sehr umfangreich ist das Angebot an Filterrädern von FLI: Neben drei Hochgeschwindigkeits-Filterrädern bietet das Unternehmen elf verschiedene Filterräder für die Astrofotografie, die jeweils eine unterschiedliche Anzahl von Filtern (von fünf Filtern beim Modell CFW-1-5 bis maximal 20 Filtern beim Modell CFW-3-20) tragen und dabei auch unterschiedliche Filtergrößen (bis zu quadratischen Filtern mit einer Größe von 65mm × 65mm beim Modell CFW-9-5) aufnehmen können.

Für diesen Beitrag wurde uns eine FLI MicroLine ML8300 (monochrome) mit 45mm-Verschluss (alternativ sind auch Kameramodelle mit 42mm-Verschluss erhältlich) zusammen mit einem FLI Filterrad CFW-5-7 zur Verfügung gestellt.

Die Kamera

Die MicroLine ML8300 offenbart sich bereits auf den ersten Blick als typischer Vertreter der MicroLine-Serie: Mit ihrem 9,5cm × 9,5cm × 12cm großen schwarzen Metallgehäuse wiegt die Kamera rund 1300g. Auf der Gehäuserückseite finden sich ein Anschluss für die Stromversorgung (12V), ein USB-Anschluss (USB 2.0) und eine AUX-Buchse. Die Wangen der Kamera sind durch einen Ventilator (Durchmesser 60mm) sowie durch Lüftungsschlitze auf der gegenüberliegenden Seite geprägt. An zwei Seiten verfügt die Kamera zudem über Stativgewinde (beispielsweise für die Verwendung mit Fotoobjektiven). Insgesamt macht das Äußere der Kamera einen hochwertigen Eindruck und ist exzellent verarbeitet.

Im Inneren der Kamera arbeitet die monochrome Version des KAF-8300 von Kodak. Dieser Chip ist in mehreren

U. DITTLER



▲ Abb. 2: Das Filterrad CFW-5-7 kann sieben 2"-Filter aufnehmen.

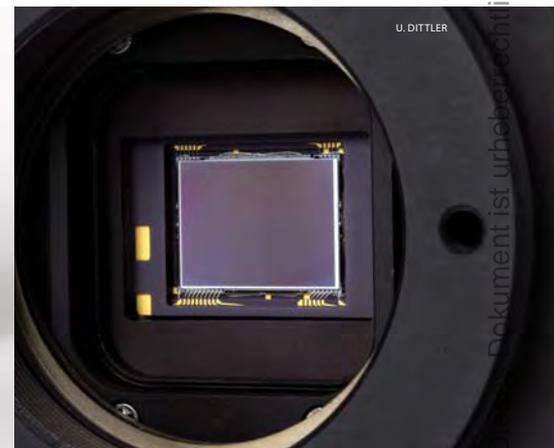
Astrokameras verschiedener Hersteller verbaut (so haben auch SBIG, Atik, QSI, QHXCCD, Moravian Instruments, Starlight Instruments etc. jeweils Kameras mit diesem Chip) – und unter Astrofotografen recht beliebt und erfolgreich.

Der Kodak KAF-8300-Chip verfügt über 3326×2504 Pixel, die bei einer Pixelgröße von 5,4µm einen Aufnahmesensor mit Kantenlängen von 17,9mm × 13,5mm ergeben; die Diagonale des Chips beträgt damit 22,5mm (das so genannte »Four Thirds Format«). Verschiedene Ausgestaltungen des monochromen Chips sind bei Kodak erhältlich: mit oder ohne Mikrolinsen (zur Erhöhung der Quanteneffizienz) ebenso wie Bauweisen mit oder ohne Glasabdeckung über der Sensorfläche. In den MicroLine ML8300 finden Chips mit Microlinsen Verwendung, die wahlweise mit oder ohne

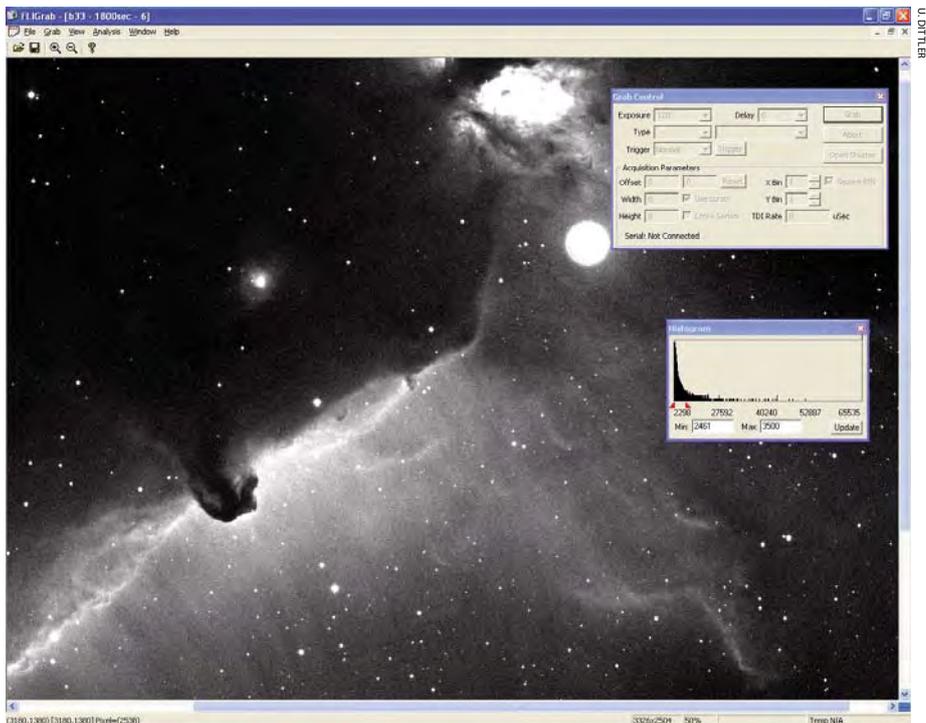
Coverslip bestellt werden können. In der Ausstattung, die uns für diesen Beitrag zur Verfügung stand (d.h. mit Mikrolinsen, aber ohne Glasplatte), wird eine Quanteneffizienz von 60% bei 550nm erreicht, im Bereich von 656nm – d.h. im Bereich der für die Deep-Sky-Fotografie so relevanten H- α -Emissionslinie – liegt die Empfindlichkeit des Chips noch bei 45% – 49%.

In den Dokumenten des Herstellers ist zu lesen, dass die MicroLine-Kameras mittels des integrierten Peltier-Elements bis zu beachtlichen 60°C unter die Umgebungstemperatur gekühlt werden können – und dies nicht in einem lange andauernden stufenweise stattfindenden Abkühlungsprozess, sondern innerhalb von nur fünf Minuten. Während der nächtlichen Belichtung soll – so die Informationen aus den Produktbeschreibungen – die

▼ Abb. 3: Das Gehäuse der MicroLine ML8300 mit dem Verschluss (links), dem Kühlelement (Mitte) und dem KAF-8300-Chip (rechts).



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



◀ Abb. 4: Die Software FLIGrab mit dem Fenster zur Steuerung der Belichtungszeit und mit Histogramm.

gewählte Temperatur dann auf 0,1°C genau gehalten werden. Auch ein weiteres technisches Datum der Kamera ist vielversprechend: Der Download der 16-Bit-Bilder erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 8MHz (andere Hersteller laden Bilder mit weniger als 1 MHz von der Kamera auf den Steuerungsrechner).

Das Filtrerrad

Das für diesen Test zusammen mit der Kamera gelieferte Filtrerrad CFW-5-7 hat einen äußeren Durchmesser von rund 220mm (der Durchmesser an der Motorposition beträgt 245mm) bei einer Dicke von 20mm; an der Stelle des außenliegenden Motors ist das Filtrerrad 42mm dick. Teleskopseitig verfügt das Filtrerrad über einen 2"-Steckdapter (mit gefräster Nut) im Schraubgewinde, kameraseitig über eine 74mm große Öffnung, in der die MicroLine-Kamera mittels zweier Inbusschrauben ohne Spiel fixiert werden kann. Neben den beiden Lichtdurchlässen verfügt das Filtrerrad noch über einen Stromanschluss und eine USB-Buchse zum Anschluss an den Computer. Das Filtrerrad CFW-5-7 fasst sieben ungefasste Filter mit einem Durchmesser von 50,8mm, so dass auch die Abbildungen von lichtstarken Optiken ohne Vignettierung verbleiben. Die Filter werden im Filtrerrad von dünnen Gewindingen spannungsfrei gehalten. Ein außenliegender Motor steuert über die mitgelieferte Software FLIFilter die Positionen des Filtrerrads über einen Kettenantrieb. Insgesamt arbeitet das Filtrerrad zügig, Für eine komplette 360°-Drehung

benötigt das CFW-5-7 weniger als 4,5 Sekunden. Das CFW-5-7 wiegt bestückt ebenfalls rund 1300g.

Anschluss ans Teleskop

Bedingt durch die kompakte Bauweise und die mittlere Chipgröße empfiehlt sich die FLI MicroLine ML8300 für die Verwendung an Teleskopen mit kürzerer Brennweite, und an Teleskopen, deren korrigiertes Bildfeld weniger als das KB-Format umfasst. Die verwendete Chipgröße eignet sich auch gut zur Verwendung an 2"-Auszügen – das Gesamtgewicht von rund 2,6kg (Kamera und Filtrerrad) erfordert jedoch einen stabilen Auszug, der die Fokusposition beim Schwenk über den nächtlichen Himmel beibehält.

Durch die kompakte Bauweise sollte sich die Kamera auch als Detektor im Primärfokus eines Teleskops einsetzen lassen – dies konnte im Rahmen dieses Tests nicht überprüft werden.

Die FLI ML8300 wird zusammen mit der Software FLIGrab geliefert (aktuelle Version: 1.6.1). FLIGrab ist eine wenig komplexe Software, die jedoch die zentralen zur Astrofotografie notwendigen Funktionen der Kamera unterstützt: Die Steuerung der Kühlung der Kamera ist damit ebenso möglich wie die Erstellung von Einzelbildern oder Aufnahmeserien. Zur Bildanalyse steht in FLIGrab die Möglichkeit zur Anzeige eines Histogramms zur Verfügung und auch Dunkelbilder können in dieser Anwendung von den Aufnahmen subtrahiert werden – damit sind die Möglichkeiten der Software aber auch

fast schon ausgeschöpft. In der Regel wird der Anwender zur Steuerung der Kamera auf leistungsfähigere Programmpakete zurückgreifen – FLI bietet daher beispielsweise kostenlose Treiber für Maxim DL an.

Die mit dem Filtrerrad gelieferte Software FLIFilter ist ebenfalls recht überschaubar: Filtrerrad-spezifische Einstellungen sind nicht möglich, lediglich die Filterpositionen können mit dem Namen des entsprechenden Filters benannt werden. Auch hier empfiehlt sich der Betrieb des Filtrerrades aus einer vorhandenen und leistungsfähigeren Anwendung wie CCDSoft oder Maxim DL.

Die aktuelle Version des rund 2,5MB großen »FLI Software Installation Kit«, sowie ggf. benötigter Treiber für Maxim DL können auf der Internet-Seite des Herstellers (vgl. Surftipps) heruntergeladen werden. Das Installationspaket beinhaltet sowohl die Software FLIGrab zur Kamera-Steuerung als auch FLIFilter zur Steuerung des Filtrerrades.

Erste Inbetriebnahme

Die Erwartungen an die Kamera/Filtrerrad-Kombination sind vor dem ersten nächtlichen Einsatz hoch: Wenn die nächtliche Realität mit der Papierform der ML8300 übereinstimmt, sollte die Kamera, bedingt durch die kleinen Pixel und die große mögliche Chip-Kühlung, hochaufgelöste und rauscharme Bilder liefern – und das ohne eine lange vorbereitete Kühlung der Kamera. Mit Spannung wurde daher der erste wolkenlose Winterhimmel erwartet, unter dem der 8,3-Megapixel-Sensor seine Leistungsfähigkeit bei einem mittleren Gesichtsfeld, d.h. bei einer Brennweite von rund 600mm – 1000mm, beweisen kann.

Die Vorbereitung der ersten Beobachtungsnacht mit der FLI-Kamera/Filtrerrad-Kombination ist schnell erledigt: Nach dem Lösen von 10 Kreuzschlitzschrauben lässt sich ein Gehäuseteil des Filtrerrades entfernen, so dass die ungefassten Filter (50,8mm) eingesetzt und mit den Spannringen fixiert werden können. Nach dem Zusammenbau des Filtrerrades kann anschließend die MicroLine-Kamera in die entsprechende Öffnung des Filtrerrades eingesetzt und mit zwei Inbusschrauben ebenfalls fixiert werden. Die Adaption an das Teleskop – ein Apo-Refraktor mit Reducer 130/750mm f/5,8 – erfolgte über den 2"-Steckanschluss. Für einen dauerhaften

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



▲ Abb. 5: **Schwarz-Weiß-Resultate**, jeweils aufgenommen am 5,1"-Refraktor bei 750mm (f/5,8), 7nm-H α -Filter, 6 \times 30min. Pferdekopfnebel B 33/IC 434 (links), Nordamerikanebel NGC 7000 (rechts).

Betrieb empfiehlt sich auch hier sicherlich eine geschraubte Verbindung zwischen Teleskop und Kamera.

Zur Inbetriebnahme müssen nun nur noch Kamera und Filterrad mit Strom- und USB-Kabel versorgt werden; hierbei offenbart sich eine Schwäche: Das mitgelieferte Stromkabel der Kamera ist ungünstig aufgebaut, da das Kabel von der Kamera bis zum Netzteil nur rund 80cm lang ist, vom Netzteil zur Steckdose stehen dann 250cm Kabel zur Verfügung. In der Praxis sollte das rund 600g schwere Netzteil daher am Teleskop befestigt werden, da 90cm Kabellänge sonst bei vielen Installationen nicht ausreichen werden, um im Laufe der nächtlichen Schwenks Zugbelastungen an Kamera und Teleskop zu vermeiden.

Nächtliche Praxis

Das Sternbild Orion stand eindrucksvoll über dem Schwarzwald, als die klare Winternacht mit einer Temperatur um den Gefrierpunkt hereingebrochen war, so dass die MicroLine ML8300 zunächst am Pferdekopfnebel ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen sollte. In FLIGrab wurde daher die Chiptemperatur auf -10°C eingestellt, die Fokusfunktion ausgewählt und mit 3s-Aufnahmen am Stern Beteigeuze

der Fokus grob eingestellt, anschließend wurde der H α -Filter im Filterrad ausgewählt und die Schärfe optimiert. Dieser Vorgang dauerte nicht allzu lange und ein Blick auf die Chiptemperatur zeigte, dass dieser bereits bei der Solltemperatur angekommen war – bei nur 20% Leistung des Kühlsystems.

Zunächst wurde die Belichtungszeit der Kamera im Fokus-Modus auf 10s verlängert, um weitere Details zu sehen und anschließend die Chiptemperatur auf -50°C gesenkt. Der Blick war auf das Kamerabild gerichtet – immer auf der Suche nach ersten Hinweisen für Vereisungen auf dem Chip. Nach weniger als fünf Minuten war die Chiptemperatur von -50°C erreicht; ohne jedes Anzeichen von Vereisung. Die Kühlleistung wurde mit 94% – 97% angezeigt, so dass mit einer Senkung der Chiptemperatur um 50°C gegenüber der Umgebungstemperatur für diesen Chip die Grenze des Möglichen erreicht sein dürfte: ein beachtlicher Wert für eine luftgekühlte Amateurkamera! In den folgenden Stunden dieser Nacht konnten einige 30-minütige H α -Aufnahmen des Pferdekopfnebels gewonnen werden. Schon auf den Rohaufnahmen konnte eine detaillierte und kontrastreiche Darstellung bestaunt werden. Bereits in dieser ersten Nacht mit

der Kamera zeigte sich, wie umgänglich, gutmütig und einfach die Bedienung der Software und der Kamera ist: Sowohl die kontinuierliche Aufnahme der Focusbilder als auch deren Download gehen ohne große spürbare Verzögerungen vonstatten, so dass der Anwender beim Fokussieren nicht das Gefühl hat, auf die Kamera warten zu müssen. Die über FLIGrab automatisch angefertigten Aufnahmeserien arbeitete die Kamera ebenfalls selbständig und fehlerfrei ab. Der Download eines Bildes von der Kamera auf den angeschlossenen Rechner erfolgt in weniger als 2,5 Sekunden! In den folgenden Nächten entstanden zahlreiche weitere H α -, aber auch RGB-Aufnahmen am winterlichen Himmel mit der Kombination aus MicroLine ML8300 und CFW-5-7-Filterrad. Zu den Aufnahmen mit unterschiedlichen Belichtungszeiten wurden jeweils die passenden Dunkelbilder erstellt und bei der Verarbeitung der Bilder verwendet. Auf die Erstellung von Flats wurde jedoch bewusst verzichtet, um eine mögliche Vignettierung durch die rund 2,8cm vor dem Chip im Filterrad sitzenden Filter sichtbar zu machen (das verwendete Teleskop leuchtet ohne Vignettierung das doppelte Bildfeld aus); auch in diesem Punkt zeigt sich die Kamera-Filterkombination ohne Beanstandungen.



▲ Abb. 6: **RGB-Resultate**, jeweils aufgenommen am 5,1"-Refraktor bei 750mm (f/5,8). Bildverarbeitung: Bernd Flach-Wilken. Plejaden M 45 (links), 2×30min (je RG), 5×30min (B); NGC 1333 (rechts), 3×30min (je RGB).

Kritisch anzumerken ist, dass die Kamera keine LED-Statusanzeige besitzt, d.h. der Status der Kamera kann immer nur auf dem Computer abgelesen werden (ein zum Stromsparen während der Aufnahme abgeschaltetes Display verweigert dann die Info zum Kamerastatus). Auch ist die mitgelieferte Software nur begrenzt leistungsfähig (es empfiehlt sich der Einsatz einer

komplexeren Software eines Drittanbieters zur Steuerung von Kamera und Filterrad) und auch zum computergesteuerten Abarbeiten von komplexeren Aufnahmeserien, bei denen auch die Filterwechsel und Serien mit unterschiedlichen Belichtungsreihen computergesteuert erfolgen sollen, muss der Anwender auf Software von einem Drittanbieter zurückgreifen.

Fazit

Die MicroLine ML8300 ist eine sehr leistungsfähige und flexible CCD-Kamera, die eine mittlere Chipgröße zu einem angemessenen Preis bietet – und dabei auf einen vielfach bewährten Chip zurückgreift. Beeindruckend sind die enorme Kühlleistung der Kamera, die sich erwartungsgemäß sehr positiv auf das Rauschverhalten und damit die Bildqualität auswirkt, und die Schnelligkeit der Kamera, sowohl beim Download der Aufnahmen als auch beim Erreichen der Arbeitstemperatur.

Während die ML8300 ein recht kompaktes Design besitzt, sind zahlreiche FLI-Filterräder recht ausladend; andere Hersteller haben kompaktere Kameras mit integriertem Filterrad um den KAF-8300 entwickelt. Auch eine Veränderung des angesprochenen Stromkabels wäre geeignet, um die Arbeit mit der Kamera noch zu vereinfachen.

Insgesamt ist die ML8300 eine solide verarbeitete Kamera, die als leistungsfähiges und flexibles Werkzeug engagierte Amateurastronomen bei der fotografischen Reise in die Tiefen des Weltraums sehr gut unterstützen kann.

Die Kamera und das Filterrad wurden von Astrosysteme Austria (Neumarkt i. M.; Österreich) zur Verfügung gestellt.

Technische Daten der FLI ML8300-Kameras	
Chip	Kodak KAF-8300
Pixelanzahl	3326×2504
Pixelgröße	5,4µm × 5,4µm
Sensorgröße	17,96mm × 13,52mm
Quanteneffizienz (540nm)	MicroLine ML8300 ohne Coverglas: 60% MicroLine ML8300 mit Coverglas: 56%
Ausleserauschen	16e ⁻
Dunkelstrom	<200e ⁻ /s, Halbierung alle 5,8°C
Dynamikumfang	16 Bit
Anti-Blooming Gate	1000-fach
Interface	USB 2.0
Belichtungszeiten	ab 0,05s
Kühlung	Peltierkühlung, bis ca. 60°C unter Umgebungstemperatur
Teleskopanschluss	2"
Größe	9,5cm × 9,5cm × 12cm
Gewicht	1300g
Listenpreis	ML 8300: 3359€ CFW-5-7: 1540€

Surftipps

Homepage des Autors mit weiteren Aufnahmen:

www.sternenstaub-observatorium.de

Homepage des Herstellers:

www.flicamera.com

Eins, zwei, drei: GoTo

Die Himmelsmechanik einer GoTo-Montierung

VON PETER M. ODEN



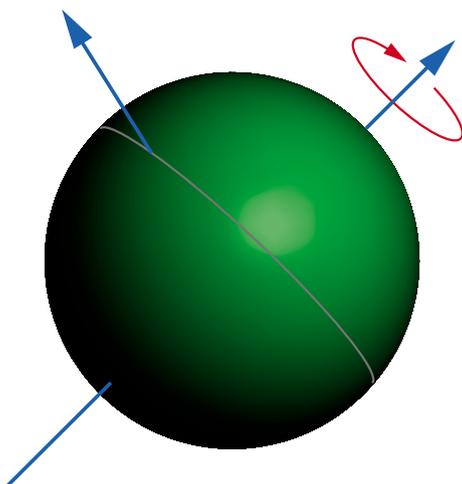
▲ Abb. 1: **GoTo-Montierungen** gibt es mittlerweile von vielen Herstellern und in verschiedenen Ausführungen. Die himmelsmechanischen Grundlagen, auf denen ihre Computer Berechnungen durchführen, sind jedoch weitgehend identisch.

Bei einer GoTo-Montierung geht es darum, die interne Beschreibung des Sternhimmels nach außen abzubilden – durch die Positionierung eines Teleskops auf ein gewünschtes Ziel oder die Abbildung auf einen Bildschirm (was sich in Zeiten von StarBook, iPhone oder iPad immer mehr vermischt). Dazu wird die Beschreibung des Sternhimmels mit geeigneten Transformationsmatrizen umgerechnet, abhängig von der Position des Beobachters und seinen Blickwinkeln. Wie gut dies gelingt und welche Probleme sich hierbei auftun, möchte dieser Beitrag erläutern.

Manche Dinge ändern sich nicht – auch vor hundert Jahren war eine gute Montierung schwer, robust und mechanisch möglichst exakt gearbeitet. Die Nachführung geschah allerdings manuell durch vorsichtiges Drehen an einem durch eine Welle mit dem Teleskop verbundenen Drehknopf. Vor fünfzig Jahren wurde der Einsatz kleiner Motoren zur automatischen Nachführung auch für Amateure üblich. Zuerst waren es Synchronmotoren,

die aus den 50Hz der Netzspannung mit geeigneter Umsetzung versuchten, genau die Drehrate des Himmels nachzubilden. Aufgrund der »krummen« Dauer eines Sterntages (23h 56min 4,091s), an dem sich die Nachführung mit ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit orientieren muss, war dies für eine längere Nachföhrdauer immer etwas problematisch. Später kamen hierfür quartzgesteuerte Motoren zum Einsatz, die das wesentlich genauer konnten.

Vor etwa dreißig Jahren kamen in den USA erste Nachrüstsätze auf den Markt, mit deren Hilfe man die aktuelle Position des Teleskops (Rektaszension und Deklination) digital anzeigen konnte. Im nächsten Schritt wurde es möglich, die Position eines Zielobjektes (ebenfalls in Rektaszension und Deklination) einzugeben und mit Hilfe von angezeigten Richtungspfeilen das Teleskop zum gewünschten Zielpunkt zu bewegen (beim Erreichen gingen



P. ODBEN, INTERSTELLARUM

▲ Abb. 2: Eine Kugel kann sich frei um eine Achse drehen, die an einer Stelle einsteicht und an exakt der gegenüberliegenden Stelle wieder herauskommt. Mit einer zweiten Nadel wird die Orientierung eindeutig festgelegt. Am Sternhimmel entspricht dies der Initialisierung mit zwei Sternen, die die Einstichpunkte der Achsen bestimmen.

die Symbole aus oder kehrten sich beim Überschreiten um). Von hier aus war es dann nur noch ein kleiner Schritt dahin, viele Zielobjekte bereits gespeichert vorzuhalten und das Anfahren durch Motoren ausführen zu lassen.

Früher wie heute wurde ein Teleskop je nach Einsatz mehr oder weniger präzise eingenordet. Anschließend wurden die Skalen der Rektaszensions- und der Deklinationsachse anhand eines bekannten Objektes justiert. Weitere Objekte konnten dann anhand ihrer bekannten oder aus Tabellen abgelesenen Rektaszensions- und Deklinationsdaten eingestellt werden. Auch wenn die meisten äquatorialen Montierungen diese Skalen heute noch haben, werden sie nur noch in den seltensten Fällen benutzt. Die nötige Justierung eines GoTo-Teleskops, damit der eingebaute Computer »weiß«, wie das Teleskop ausgerichtet ist, geschieht heute auf andere Art und Weise.

Anbieter

Auf dem Markt tummeln sich heute die unterschiedlichsten Anbieter für GoTo-Montierungen. Marken wie Bresser, Meade, Celestron, Vixen, 10Micron oder Sky-Watcher haben ein breites Spektrum unterschiedlichster Montierungen im Angebot. Es muss allerdings klar sein, dass eine GoTo-Elektronik Fehler oder Probleme der Montierung zwar abschwächen kann, aber dennoch ist eine Kette

nur so stark wie ihr schwächstes Glied. Eine GoTo-Montierung für 300€ inklusive Teleskop hat eben eher spielerischen Charakter, wohingegen eine Montierung für über 20000€ schon fast im Profiflaser spielt und mit hohen Positioniergeschwindigkeiten und einer Nachführgenauigkeit im Bereich 1" aufwartet. Und dennoch läuft im Kern bei beiden intern rechnerisch mehr oder weniger derselbe Prozess ab, denn beide stehen vor der Aufgabe, ein vom Anwender gewünschtes Objekt am Sternhimmel möglichst genau anzufahren und es auf möglichst lange Zeit nachzuführen. Aus diesem Grunde ist es äußerst wichtig, dass eine GoTo-Montierung ihre eigene Position zu jedem Zeitpunkt genau kennt.

Freiheitsgrade des Teleskops

Eine Person im Raum wird durch sechs so genannte Freiheitsgrade eindeutig beschrieben: die Position im Raum auf drei Achsen (üblicherweise als X, Y und Z bezeichnet) sowie drei Winkel, die ihre aktuelle Blickrichtung angeben (als Gieren, Nicken und Rollen bezeichnet). Glücklicherweise reduziert sich die Komplexität dieser Beschreibung für astronomische Zwecke deutlich, weil fast alle beobachteten Objekte »unendlich« weit weg sind. Hierbei spielt es also keine Rolle, ob sich die Position des Beobachters um einige hundert Kilometer verschiebt. Somit spielen ausschließlich noch die Winkel, unter denen die Beobachtung erfolgt, eine Rolle. Bei den inneren Objekten unseres Sonnensystems, speziell beim Mond, macht sich die Position des Teleskops auf der Erde dagegen schon sehr stark bemerkbar. Eine GoTo-Montierung muss also zunächst ihre eigene Aufstellung ermitteln.

Durch die Eingabe des Beobachtungsorts mittels Koordinaten, Auswahl aus einer Datenbankliste oder mittels eines GPS-Empfängers sowie der aktuellen Zeit ist bereits der aktuelle Standort auf der Erde gegeben. Die drei noch vorhandenen Freiheitsgrade (Drehwinkel um die X-, Y- und Z-Achse) erfordern drei Referenzwerte zu ihrer Bestimmung – man erinnere sich dazu an die drei Gleichungen für drei Unbekannte.

Jede GoTo-Montierung erfragt während der Initialisierungsphase nicht nur die exakte Zeit, sondern auch den geographischen Standort des Beobachters in Länge und Breite. Damit kann der in der Montierung oder im Controller eingebaute Rechner schon relativ genau bestimmen, wo am Himmel welche Sterne

oder Objekte aktuell zu sehen sind. Außerdem ist es meistens erforderlich, das Teleskop in eine definierte Ausgangsposition (so genannte Home-Position) zu versetzen. Hierbei wird zum Beispiel das Stativ der Montierung exakt nivelliert und die Montierung oder das Teleskop nach Norden ausgerichtet. Hierdurch werden die Freiheitsgrade (und damit die Zahl der zu bestimmenden Unbekannten) weiter reduziert.

Eine eventuell mögliche Erweiterung der Montierung durch ein GPS-Modul erübrigt die Eingabe der genauen Ortskoordinaten und die Nutzung eines elektronischen Kompasses bei einer Altazimut-Montierung erübrigt die Ausrichtung nach Norden.

Die genaue Methode ist je nach verwendeter Montierung und verwendetem Montierungstyp (parallaktisch oder azimutal) immer etwas unterschiedlich, aber im Handbuch genau beschrieben und sollte möglichst genau eingehalten werden. Genauigkeit an dieser Stelle verbessert deutlich die spätere Positioniergenauigkeit! Geräten wie dem SkyScout oder einem iPhone mit geeigneter App ist es mit den eingebauten Komponenten (GPS für Position, Gyro- und Magnetsensor für Himmelsrichtung und Winkel) bereits möglich, die einzelnen Sterne sofort auf wenige Grad genau anzuzeigen. Für astronomische Beobachtungen muss die Genauigkeit allerdings noch deutlich besser sein. Diese wird deshalb durch die nun folgende Initialisierung verfeinert.

Initialisierungs-Methoden

Die heute gängigen Verfahren unterscheiden zwischen Initialisierung mit einem Stern (1-Star-Alignment), mit zwei Sternen (2-Star-Alignment) oder mit drei Sternen (3-Star-Alignment), aber auch mit Sonne, Mond oder Planeten (Solar-Alignment) und mit frei wählbaren Sternen (z.B. »Sky-Align«).

Initialisierung mit einem Stern

Die Initialisierung mit einem Stern setzt eine möglichst gute Vorjustierung des Teleskops voraus. Das heißt, eine genaue Nivellierung für einen waagerechten Stand und eine Ausrichtung des Teleskops und der Montierung nach Norden (bei Teleskopen mit Altazimut-Montierung wird nur das Teleskop nach Norden ausgerichtet).

Anschließend wird ein vom Controller vorgegebener oder aus einer Liste

gewählter Stern automatisch angefahren. Die vorgegebenen Sterne sind übrigens immer die hellsten in ihrem Umfeld, so dass die Gefahr einer Verwechslung deutlich minimiert wird. Dieser Stern befindet sich je nach Genauigkeit der vorangegangenen Aufstellung nun mit wenigen Grad Abweichung in Blickrichtung des Teleskops und wird anschließend mit den Richtungstasten der Handsteuerung exakt angefahren und in der Bildmitte des Okulars platziert. Nach Bestätigung der Justierung durch den Beobachter ist das Teleskop ausgerichtet.

Zumindest in diesem Bereich des Himmels ist das Teleskop jetzt relativ genau justiert. 90° davon entfernt kann es immer noch zu sehr deutlichen Abweichungen kommen, die in der Größenordnung liegen, um die das Teleskop beim Initialisierungs-Stern nachjustiert werden musste. Aber für einen kurzen Beobachtungsabend, wo man nicht viel Zeit in die Vorbereitung investieren möchte, reicht dies durchaus aus. Auch wenn man sich einmal nur ein kleineres Himmelsareal vornehmen möchte, ist diese Methode

angemessen. Hat man zum Beispiel die Montierung anhand von Wega genau justiert, wird man M 57 auch nach der etwas ungenauen 1-Stern-Ausrichtung selbst in einem stark vergrößernden Okular sofort in der Bildmitte haben. Auch für einen längeren Spaziergang im Coma-Galaxienhaufen reicht diese Methode völlig aus.

Man stelle sich einen großen Ball vor, in dessen Mitte der Beobachter und auf dessen Oberfläche der Sternhimmel abgebildet ist. Steckt man nun eine lange Nadel quer durch diesen Ball, die an der

Rotationsmatrizen

Jede Verschiebung im Raum ist durch einen Verschiebungsvektor gekennzeichnet, der sich aus drei einzelnen Komponenten zusammensetzt, die die Verschiebung längs der drei Koordinatenachsen X, Y und Z beschreiben.

Jede Drehung im Raum ist durch eine Rotationsmatrix beschreibbar, die wiederum das zusammengesetzte Ergebnis aus drei einzelnen Rotationen um die Koordinatenachsen darstellt. Die Begriffe Gieren, Nicken und Rollen beschreiben dabei die einzelnen Drehrichtungen.

Die Drehung um die X-Achse (Gieren) um einen Winkel α wird durch die Matrix

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

beschrieben. Die Drehung um die Y-Achse (Nicken) um einen Winkel β wird durch die Matrix

$$\begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix}$$

beschrieben. Und die Drehung um die Z-Achse (Rollen) um einen Winkel γ wird durch die Matrix

$$\begin{pmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

beschrieben. Ein Punkt im Raum mit den Koordinaten (x,y,z) bekommt somit etwa nach einer Drehung um die X-Achse um den Winkel α den neuen Wert

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \cdot \cos \alpha + z \cdot \sin \alpha \\ -y \cdot \sin \alpha + z \cdot \cos \alpha \end{pmatrix}$$

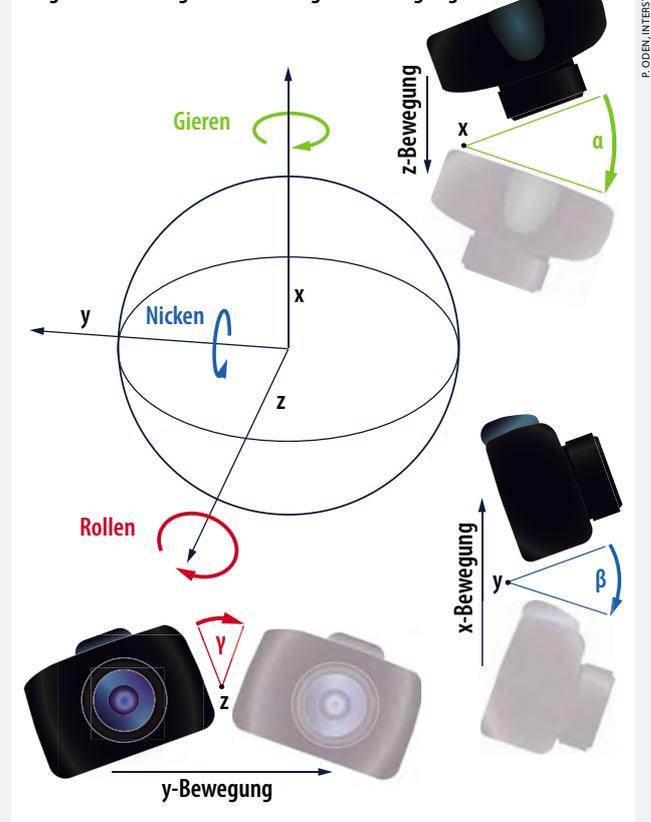
Die Gesamtdrehung im Raum wird durch das Produkt der drei einzelnen Rotationsmatrizen $M_x \cdot M_y \cdot M_z$ beschrieben, das wie folgt aussieht:

$$M_{\text{Gesamt}} = M_x \cdot M_y \cdot M_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} =$$

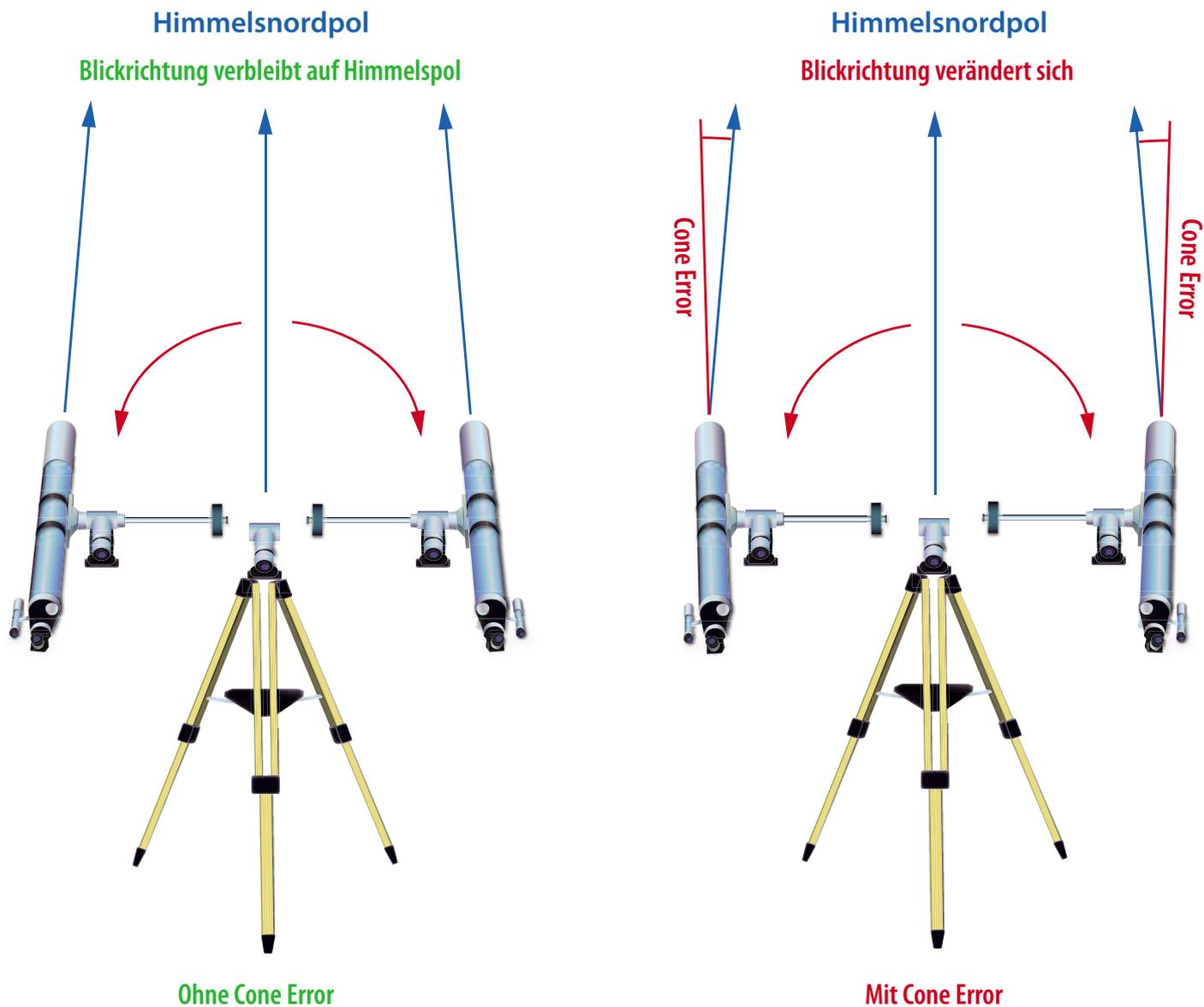
$$\begin{pmatrix} \cos \beta \cdot \cos \gamma & \cos \beta \cdot \sin \gamma & -\sin \beta \\ -\cos \alpha \cdot \sin \gamma + \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma & \cos \alpha \cdot \cos \gamma + \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma & \sin \alpha \cdot \cos \beta \\ \sin \alpha \cdot \sin \gamma + \sin \beta \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma & -\sin \alpha \cdot \cos \gamma + \sin \beta \cdot \cos \beta \cdot \sin \gamma & \cos \alpha \cdot \cos \beta \end{pmatrix}$$

Der Vollständigkeit halber soll noch erwähnt werden, dass je nach interner Darstellung ggf. auch noch eine Umrechnung von Raumkoordinaten (x,y,z) in Polarkoordinaten (φ, θ, r) erfolgen muss, was aber relativ einfach erfolgen kann. Der Vektor \vec{r} , der den Abstand vom Ursprung angibt, kann in diesem Fall auf 1 gesetzt werden.

Lagebeschreibungen für Drehung und Bewegung



▲ Eine Drehung im Raum wird durch drei einzelne Drehungen um die Koordinatenachsen X, Y und Z dargestellt. Dadurch entstehen sechs Freiheitsgrade für eine Person im Raum: je drei für die Position (X, Y und Z) und die Blickrichtung (Gieren, Nicken, Rollen).



▲ Abb. 3: **Der Cone Error entsteht**, wenn die optische Achse des Teleskops nicht exakt rechtwinklig zur Deklinationsachse der Montierung ausgerichtet ist, die wiederum rechtwinklig zur Rektaszensionsachse steht.

Stelle des beim 1-Stern-Alignment gewählten Sterns den Ball durchsticht und an exakt der gegenüberliegenden Stelle wieder herauskommt, so kann sich der Ball frei um diese lange Nadel drehen. Diese Drehachse ist aber nicht identisch mit der Achse, um die sich der Sternhimmel dreht. Daher kommen dann auch die Ungenauigkeiten der Ausrichtung, die in 90° Entfernung vom gewählten Stern am größten sind. Sucht man sich nun in diesem Bereich einen zweiten Stern, bringt ihn in genau die richtige Position und fixiert ihn dort mit einer zweiten Nadel, so sind auch alle anderen Sterne an ihrer richtigen Stelle!

Initialisierung mit zwei Sternen

Diese Methode ist identisch mit der Initialisierung mit einem Stern, nur dass nach dem ersten Stern das Teleskop auf

einen zweiten Stern gerichtet wird, der mit derselben Vorgehensweise exakt zentriert wird. Nach der Bestätigung ist das Teleskop schon sehr genau ausgerichtet, so dass man bei kleiner bis mittlerer Vergrößerung jedes gewünschte weitere Objekt normalerweise immer direkt im Blickfeld hat.

Sollte man den vorgeschlagenen Stern nicht wollen oder nutzen können und sich einen anderen Stern aus der Liste wählen wollen, so muss man darauf achten, dass dieser eine Mindestentfernung vom ersten Stern aufweist. Sinnvoll ist es, hierbei nicht unter 40° bis 50° zu bleiben. 90° ist optimal, alles, was größer ist, reduziert wieder die Genauigkeit.

Initialisierung mit drei Sternen

Bei dieser Methode dient der dritte Stern dazu, Fehler der Montierung (im

Wesentlichen den Cone Error) zu korrigieren. So liegen die ersten beiden Sterne immer auf derselben Seite des Himmels (und sollten es auch bei selbst gewählten Sternen tun) und der dritte auf der gegenüberliegenden Seite. Die Initialisierung mit drei Sternen ist das genaueste Verfahren und sollte – wenn möglich – immer gewählt werden, um eine größtmögliche Genauigkeit zu erreichen.

Initialisierung mit Sonne, Mond oder Planeten

Bei dieser Initialisierung handelt es sich um eine Möglichkeit, das Teleskop auch am Tag zu justieren. Es ist im Kern die Initialisierung mit einem Stern, nur dass hierbei Objekte des Taghimmels angefahren werden. Dies sind üblicherweise Sonne oder Mond. Ganz besondere Vorsicht ist hierbei immer bei Nutzung der Sonne als

Ziel geboten! Das Teleskop sollte mit einem Sonnenfilter versehen sein und das Sucherfernrohr abgedeckt sein.

Initialisierung mit frei wählbaren Sternen

Dies ist eine relativ neue Methode der Ausrichtung. Hierbei fährt der Anwender nacheinander manuell mit dem Teleskop zwei oder drei helle und beliebig frei gewählte Sterne des sichtbaren Nachthimmels an. Eine Kenntnis, um welche Sterne es sich handelt, ist hierbei nicht erforderlich! Der Controller des Teleskops kann danach im ersten Schritt sehr genau den Winkelabstand der beiden gewählten Objekte am Himmel errechnen. Anschließend kann er aufgrund der gespeicherten Daten in seiner Datenbank (er verwendet hierzu etwa die hundert hellsten Sterne, wovon aktuell am Nachthimmel rund fünfzig sichtbar sind, so dass sich etwas über 1000 Kombinationen ergeben) in fast allen Fällen feststellen, um welche gewählte Kombination es sich gehandelt hat. Mit diesen ermittelten Daten verfügt er

anschließend über die gleiche Ausgangsbasis wie oben bei der Initialisierung mit zwei Sternen beschrieben.

Cone Error

Das größte mechanische Problem bei einer äquatorialen Montierung für die exakte Berechnung der Sternpositionen ist der »cone error« oder »collimation error«. Leider gibt es hierfür keinen eindeutigen deutschen Begriff. Da der Begriff Kollimationsfehler missverständlich wäre (bereits belegt durch eine fehlerhafte teleskop-interne Justierung der optischen Achse), wird im Weiteren der englische Begriff verwendet.

Dieser Fehler entsteht, wenn die optische Achse des Teleskops nicht exakt rechtwinklig zur Deklinationsachse der Montierung ausgerichtet ist (die wiederum rechtwinklig zur Rektaszensionsachse steht). Bei einem exakt eingemontierten Teleskop, das genau auf den Himmelsnordpol (nicht zu verwechseln mit Polaris!) ausgerichtet und damit

genau parallel zur Rektaszensionsachse orientiert ist, sollte sich das Bildfeld während der Nachführung nicht verändern. Falls aber der genannte Cone Error vorliegt, lässt sich die Achse des Teleskops zwar weiterhin auf den Himmelsnordpol ausrichten, was aber gleichbedeutend damit ist, dass die nicht parallele Rektaszensionsachse nicht auf den Himmelsnordpol zeigt und damit die Drehung des Himmels nicht exakt ausgleichen kann. Der Ausgleich des Cone Errors erfolgt über Stellschrauben an der Prismenschiene. Diese Justierung muss üblicherweise nur einmal durchgeführt werden und ist in den Unterlagen des verwendeten Teleskops genau beschrieben.

Für den Controller ist es rechnerisch kein Problem, diesen Cone Error auszugleichen. Eigentlich reichen zwei Sterne für eine genaue Justierung aus. Um den Fehler des Cone Error auszugleichen, der gewissermaßen einen weiteren Freiheitsgrad darstellt, braucht man einen weiteren Stern zur Justierung an einer Stelle, wo der Cone Error möglichst groß wird. Deshalb

Praxistipps für GoTo-Montierungen

1. Je genauer die Vorjustierung der Montierung erfolgt, desto genauer ist die Positionierung im späteren Betrieb. Deshalb sollte man so genau wie möglich das Teleskop nivellieren, nach Norden oder horizontal ausrichten, die Polhöhe einstellen usw. Der Autor hat sich etwa auf seiner Terrasse eine Markierung angebracht, auf die ein Stativbein gestellt wird. Für die anderen beiden Stativbeine gibt es einen Notizzettel, auf dem je nach Montierung die einmal ermittelte Position der anderen Beine vermerkt ist (z.B. 8 Steine nach vorne, 3½ nach rechts). Dies ist für visuellen Betrieb völlig ausreichend.
2. Wird nur in einem begrenzten Bereich des Himmels beobachtet, so reicht die Ausrichtung mit einem Stern. Wird nur auf einer Seite des Himmels beobachtet, so reicht eine Ausrichtung mit zwei Sternen. Für wechselnde Beobachtung am ganzen Himmel ist immer die Ausrichtung mit drei Sternen vorzuziehen.
3. Werden die Sterne bei einer Ausrichtung mit drei Sternen selbst gewählt, so sollte man unbedingt darauf achten, dass die beiden ersten gewählten Sterne auf einer Seite des Himmels liegen und der dritte Stern auf der anderen. Wird dies nicht beachtet, kann es bei vorhandenem Cone Error zu einer Meldung wie »alignment not successful« kommen oder die Ausrichtung trotz dreier Sterne relativ ungenau sein!
4. Auch wenn eine GoTo-Montierung den Cone Error weitgehend wegrechnen kann, muss er für Astrofotografie vorher manuell beseitigt werden, da sich sonst immer eine Bildfeldrotation ergibt. Auch ein Autoguiding kann hier nicht helfen. Der Leitstern wird dann zwar punktförmig abgebildet, aber die Sterne werden zu Strichspuren verzogen, je weiter sie vom Leitstern entfernt sind.
5. Um den Vorbereitungsanstrengungen für eine schnelle oder kurze Beobachtung zu minimieren, greift der Autor gerne zu folgendem Trick: Voraussetzung ist bei einer äquatorialen Montierung im Vorfeld eine einmalige exakte Justierung der Polhöhenachse (was sowieso grundsätzlich gemacht werden sollte) und die exakte Nivellierung der Montierung (die meisten Montierungen haben dafür bereits eine Libelle eingebaut) beim Aufbau vor Ort. Anhand des Polarsterns wird das Stativ mit der Montierung grob nach Norden ausgerichtet hingestellt. Anschließend löst man die Rektaszensions- und Deklinations-Klemmung an der Montierung und startet eine Initialisierung mit einem oder zwei Sternen. Durch die gelösten Klemmen bewegt sich das Teleskop dabei nicht und man bestätigt den oder die Zielsterne sofort mit OK (auch wenn das Teleskop überhaupt nicht dorthin zeigt). Danach wählt man ein erstes markantes Wunschobjekt aus. Wieder bewegt sich das Teleskop trotz laufender Motoren dabei nicht mit. Erst nach Abschluss der Aktion wird das Teleskop manuell zum Zielobjekt bewegt und danach die Klemmung angezogen. Dieser Vorgang ist noch schneller als die Initialisierung mit einem Stern und reicht häufig vollkommen aus.
6. Die Nachführungsgenauigkeit einer Montierung steigt nicht durch die GoTo-Elektronik. Für die Astrofotografie ist zumindest im Bereich oberhalb einer Belichtungszeit von 30s immer noch exaktes Einnorden zur Vermeidung von Bildfeldrotation und manuelle Nachführung oder Autoguiding zur Vermeidung verzogener Sterne durch Getriebefehler der Montierung erforderlich.



R. GÖB

liegen beim Initialisieren mit drei Sternen die beiden ersten Sterne immer auf einer Seite des Himmels (z.B. westlich) und der dritte Stern auf der gegenüber liegenden Seite (also östlich).

Verbesserung der Genauigkeit

Häufig kommt es im Betrieb einer GoTo-Montierung nach einiger Zeit oder bei Wechsel des Himmelsareals zu zunehmenden Ungenauigkeiten. Zum Ausgleich dieser Ungenauigkeiten

◀ Abb. 4: Mit Stellschrauben an der Prismenschiene kann man die optische Achse des Fernrohrs rechtwinklig zur Deklinationsachse ausrichten und damit den Cone Error beseitigen.

Ist ein »Schutzfilter« vor dem Objektiv zu empfehlen?

Ällorten wird zeitgleich mit dem Kauf eines Objektivs zum Erwerb eines »Schutzfilters« geraten. Dieser soll in das Filtergewinde eingeschraubt werden und dort dauerhaft verbleiben, um die Frontlinse des Objektivs vor Verschmutzung und mechanischer Beschädigung zu bewahren. Heute sind es meist farblose UV-Sperrfilter, die zu diesem Zweck feilgeboten werden, nicht selten mit dem Hinweis, dass an Orten mit erhöhter Ultraviolett-Strahlung, etwa im Hochgebirge oder an Meeresküsten, ein drohender Blaustich und/oder Unschärfen durch den Filtereinsatz vermieden würden. Hin und wieder sind es auch so genannte Skylight-Filter, die aus den gleichen Gründen empfohlen werden, die jedoch eine leichte Rotfärbung aufweisen und eigentlich in die Gruppe der Konversionsfilter gehören. Für den Astrofotografen stellt sich die Frage, ob und gegebenenfalls welches Filter zu empfehlen ist.

Meine klare Antwort lautet: Grundsätzlich ohne jegliches Filter fotografieren! Filter gehören nur dann auf das Objektiv, wenn dessen spezielle Wirkung für eine bestimmte Aufnahme erwünscht wird oder erforderlich ist. Das gilt nicht nur für die Astrofotografie, sondern generell. Folgende Gründe lassen sich anführen:

Schutzwirkung zweifelhaft

Der beste und wirkungsvollste Schutz der Frontlinse ist der konsequente Gebrauch einer Störlichtblende (vgl. interstellarum 76). Mit »Schutzfilter« besteht die große Gefahr, dass seine Scherben die Frontlinse ruinieren, falls es zu einem heftigen Zusammenstoß mit einem harten Gegenstand kommen sollte. Übliche Verschmutzungen der Frontlinse lassen sich mühe- und schadlos sowie ohne großen Aufwand entfernen.

Potenzielle Autofokus-Probleme

Mir sind mehrere Fälle bekannt, bei denen Frontfilter mehr oder weniger stark ausgeprägte Fehlfunktionen des Autofokus-Systems

verursacht haben. Grund dafür ist eine leichte Keilform des Filters, also keine exakte Planparallelität der Ober- und Unterseite des Filters, was bei Produkten in Preislagen unterhalb von 50€ keine Ausnahme zu sein scheint.

UV-Sperrwirkung unnötig

Der vielfach zitierte Filternutzen, unerwünschtes UV-Licht zu eliminieren, ist obsolet. Die Vergütungstechnik aller modernen Objektive ist so beschaffen, dass auch ohne Filter praktisch keine störenden Einflüsse mehr zu befürchten sind, d.h. die UV-Sperrwirkung ist in den Objektiven sozusagen eingebaut.

Negativer Einfluss auf die Bildqualität

Die wohl wichtigste Betrachtung ist die, welchen Einfluss ein Filter auf die Abbildungsqualität hat. In aller Deutlichkeit muss betont werden, dass eine Verbesserung der Abbildungsgüte unter keinen Umständen zu erwarten sein kann! Somit bleibt also nur die Frage, inwieweit sich die Abbildung durch das Filter verschlechtert! Um eine Antwort zu finden, habe ich eine Testreihe mit einem 135mm-Teleobjektiv aufgenommen und den Mond als Motiv benutzt:

1. ohne Frontfilter
2. mit einem sehr hochwertigen Frontfilter (UV-Sperrfilter; Preiskategorie 100€)
3. mit einem preiswerten Frontfilter (UV-Sperrfilter; Preiskategorie 25€)

Einerseits interessierte mich die Bildschärfe in der Bildmitte und abseits davon in einer der Bildecken bei Offenblende ($f/2,0$) und 24mm \times 36mm großem Sensor. Für diese Aufnahmen belichtete ich den Mond »richtig«:

stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, so dass keine erneute Ausrichtung des Teleskops erforderlich ist. Nicht jede dieser Möglichkeiten ist bei jeder GoTo-Montierung gegeben, aber irgendeine Möglichkeit zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit im Betrieb bietet erfreulicherweise eigentlich jede GoTo-Montierung.

Bei der erneuten Initialisierung wird das Teleskop neu auf einen Stern justiert. Dieser Stern ersetzt dann einen der oder den bisherigen Ausrichtungsstern. Im Himmelsbereich um diesen Stern herum hat man anschließend eine erhöhte Genauigkeit zur Verfügung. Leider kann es sein, dass sich in anderen Bereichen des Himmels neue Fehler zu den vorhandenen Fehlern addieren, so dass der resultierende

Gesamtfehler dort größer wird als vor der Neuinitialisierung.

Die »Synchronisierungs«-Funktion funktioniert ähnlich, wobei die bisherigen Ausrichtungssterne nicht ersetzt werden. Mittels der Synchronisierung wird zusätzlich im Umfeld des neuen Sterns eine genauere Positionierung möglich, ohne dass sie sich an anderen Stellen verschlechtert. Der Einfluss der durch die Synchronisierung verursachten Korrektur wird also in zunehmendem Abstand von diesem Objekt immer schwächer.

Manche Montierungen bieten eine Synchronisierung mit mehreren Objekten. Damit wird nach einer ersten Ausrichtung am Abend mit all den möglichen kleinen Fehlern bei jeder Anwendung der Synchronisierung die Genauigkeit im

jeweiligen Bereich verbessert, so dass sich im Laufe der Nacht eine immer höhere Positioniergenauigkeit in immer größeren Teilen des Himmels ergibt.

Das »High Precision Pointing« (oder »Precise GoTo«) funktioniert ähnlich wie die Synchronisierung. Hier fährt das Teleskop allerdings selbständig oder halbautomatisch vor dem eigentlichen Zielobjekt ein anderes helleres im Umfeld an, das dann genau justiert wird, anschließend positioniert sich das Teleskop mit hoher Genauigkeit auf das Zielobjekt. Diese Funktion ist speziell für die Astrofotografie von Objekten, die visuell nicht sichtbar sind, geeignet. So kann man sicher sein, das Objekt dennoch in der Bildmitte zu haben.

von Stefan Seip

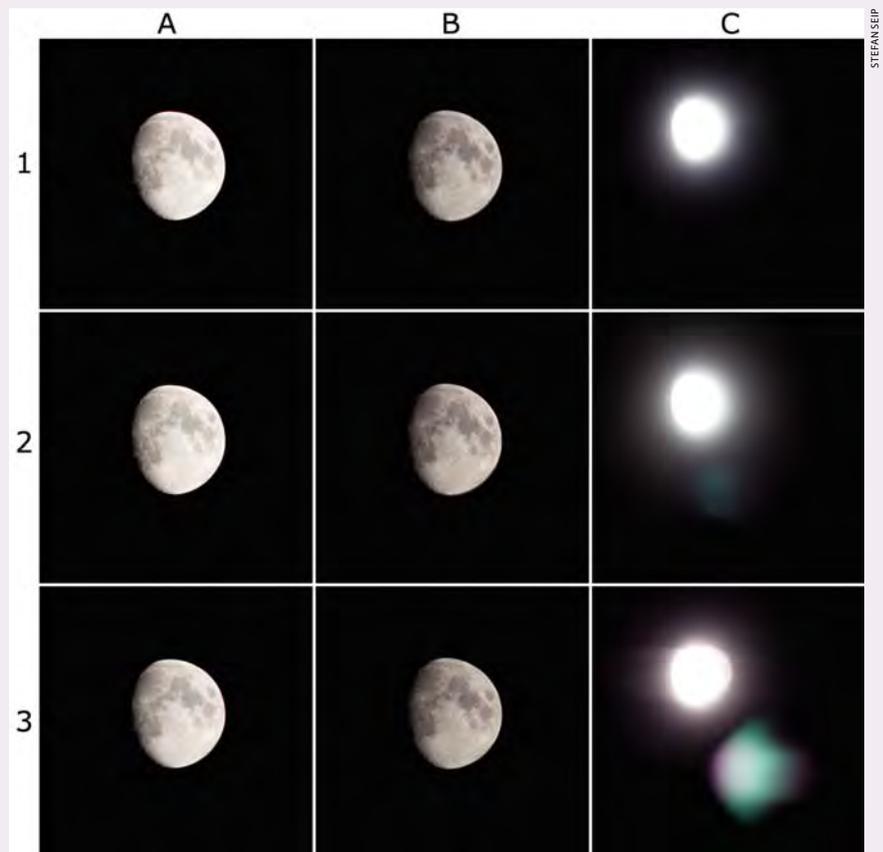
TECHNIKWISSEN

- a) Bildmitte
- b) Bildeck

Andererseits wollte ich wissen, ob die Filter zur Bildung von Geisterbildern führen, also zur Reflexbildung, was besonders in der Astrofotografie zu tückischen Artefakten führen kann (vgl. First Light in interstellarum 64). Dazu platzierte ich den Mond leicht abseits der Bildmitte und belichtete kräftig über.

- c) Überbelichtung nahe der Bildmitte

Die Ergebnisse zeigt die Abbildung. Zu erkennen ist, dass die Abbildungsleistung des Objektivs bei Offenblende zum Rand hin leicht abnimmt – ein zu erwartender Befund. Das hochwertige Filter hat in der Bildmitte keinen, im Bildeck allenfalls eine moderate Verschlechterung der Bildschärfe zur Folge. Das preiswerte Filter führt im gesamten Bildfeld zu einer massiven Verschlechterung der Abbildungsgüte. Die Belichtung der Spalten a und b war konstant. Dadurch wird der Randlichtabfall (Vignettierung) des Objektivs deutlich: Spalte b zeigt einen dunkleren Mond als Spalte a. Deutlich wird aber auch der Transmissionsverlust (ca. 0,5EV) des preiswerten Filters: In Zeile 3 ist der Mond dunkler als in Zeile 1 und 2. Spalte c zeigt ohne Filter keinerlei Geisterbilder, mit dem hochwertigen Filter eine leichte, mit dem preiswerten Filter eine verheerend zu nennende Neigung zu Reflexen.



▲ **Aufnahme des Mondes** ohne (Zeile 1) und mit hochwertigem (2) bzw. preisgünstigem (3) UV-Sperrfilter. Die Spalten zeigen den Mond jeweils richtig belichtet in der Bildmitte (A) und in der Bildecke (B) sowie kräftig überbelichtet (C).

Rotes Glühen vor Weihnachten

Am 10. Dezember 2011 konnte die totale Mondfinsternis meist nur in der abschließenden partiellen Phase verfolgt werden.



▲ Abb. 1: **Digitalfoto**, 10.12.2011, 16:47 MEZ, 2,8"-Refraktor bei 420mm, Canon EOS 40D, ISO 400, 1/2s, 1/8s, 1/60s. Komposit aus drei aufeinanderfolgenden Aufnahmen. *Jörg Kopplin*

◀ Abb. 2: **Partiell verfinsterter Mond über Hardegg (Niederösterreich)**. Digitalfoto, 10.12.2011, 16:42 MEZ, 150mm-Teleobjektiv bei f/8, Panasonic Lumix G2, ISO 200. *Thomas Rattei*

▼ Abb. 3: **Das vielbeachtete Verglühen der Sojus-Oberstufe über Mitteleuropa**. Beim Weihnachtsspaziergang entdeckte Marko Weber das Objekt als hellen Punkt mit Schweif. Im Laufe der nächsten 30 Sekunden fragmentierte es in viele kleinere Teile. Der Reflex unten stammt von einer Straßenlaterne. Digitalfoto, 24.12.2011, 17:26 MEZ, 50mm-Teleobjektiv bei f/1,8, Canon EOS 500D, ISO 1600. *Marko Weber*



HDRI – so kommt Dynamik ins Bild

VON STEFAN SEIP

K.-O. DETKENS

▲ Abb. 1: **Die eingesandte Aufnahme (Ausschnitt)** ist das Ergebnis der Berechnung durch die Software »DeepSkyStacker«, allerdings bereits auf 8 Bit Farbtiefe reduziert und dadurch nur noch bedingt als Basis für weitere Bearbeitungsschritte geeignet.

In der Fotobranche ist »HDRI«, die Abkürzung für High Dynamic Range Image, nach wie vor hoch im Kurs und wird als innovative Technik gefeiert. Damit umschrieben ist ein Verfahren, bei dem unterschiedlich belichtete Aufnahmen ein- und desselben Motivs zu einem Endprodukt verrechnet werden, um auf diese Weise den begrenzten Dynamikbereich einer Digitalkamera sprengen zu können. Anwendbar ist diese Technik nur bei mehr oder minder statischen Motiven, weil die Einzelaufnahmen nacheinander angefertigt werden müssen. Bei klassischen Alltagsmotiven kommen demzufolge bewegte Motive nicht in Frage. Bei der Astrofotografie hingegen spielt diese Einschränkung in aller Regel keine Rolle. Außerdem weisen viele Deep-Sky-Objekte einen enormen Dynamikumfang auf, also einen gewaltigen Helligkeits-Unterschied

zwischen hellsten und dunkelsten Regionen und sind damit prädestiniert für die HDRI-Technik. Der Dynamikumfang vieler Galaxien und mancher Nebel – allen voran der Orionnebel – ist so groß, dass kein chemischer Film und auch keine Digitalkamera dazu imstande sind, mit einer einzigen Belichtung die lichtschwächsten Regionen zu erfassen, ohne dass sich der helle Kern durch massive Überbelichtung in eine gleichmäßig weiße, strukturlose Fläche verwandelt. Wird kürzer belichtet, ist zwar der helle Kernbereich ohne Tadel, doch nun fehlen die lichtschwächeren Randbereiche.

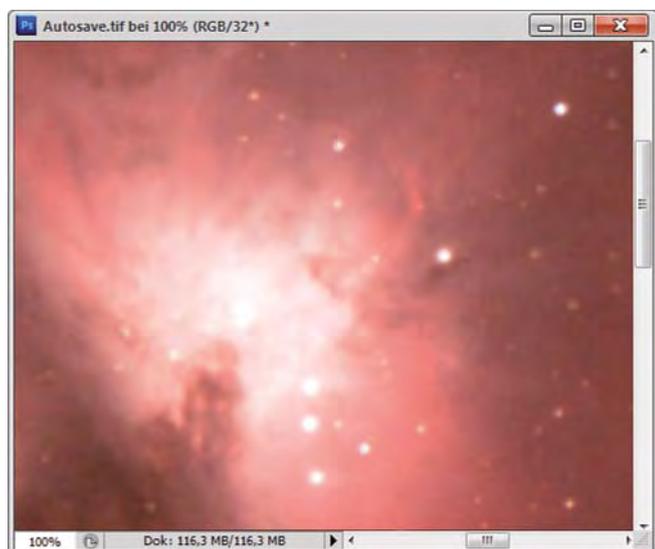
Der große Dynamikbereich des Orionnebels war auch Herrn Kai-Oliver Detkens bewusst, der das in Abb. 1 zu sehende Foto einsandte. Er fertigte nämlich eine Belichtungsreihe an, bestehend aus jeweils 10 Einzelaufnahmen mit 15s, 30s, 45s und 60s Belichtungszeit, also insgesamt 40 Bilder. Zum Einsatz kam eine Canon EOS 1000D bei ISO 800

◀ Abb. 2: **Die »32« in der Titelleiste** des Dateifensters (siehe Pfeil) von Photoshop weist darauf hin, dass ein High Dynamic Range Image vorliegt. Viele Bearbeitungsbefehle in Photoshop stehen erst zur Verfügung, nachdem die Farbtiefe auf 16 Bit reduziert wurde.

und ein Refraktor mit 70mm Öffnung und 420mm Brennweite, was einem Öffnungsverhältnis von 1:6 entspricht. Die Kamera war so eingestellt, dass nach jeder Aufnahme ein internes Dunkelbild erzeugt und bereits in der Kamera zum Zwecke der Rauschreduzierung abgezogen wurde. Zusätzlich entstanden eine Flat- und eine Bias-Aufnahme, bevor die gesamte Ausbeute im RAW-Format dem Programm »DeepSkyStacker« zur Verarbeitung übergeben wurde. Letzte Bearbeitungsschritte erfolgten mit Photoshop. Herr Detkens Frage bezieht sich auf das helle Zentrum des Nebels, das ihm immer noch zu hell und »ausgefressen« erscheint.

Bevor ich auf diesen Punkt eingehe, möchte ich noch einige allgemeine Anmerkungen loswerden, die die Aufnahmetechnik und die anschließende Verarbeitung betreffen, obwohl das Ergebnis von durchaus beeindruckender Natur ist.

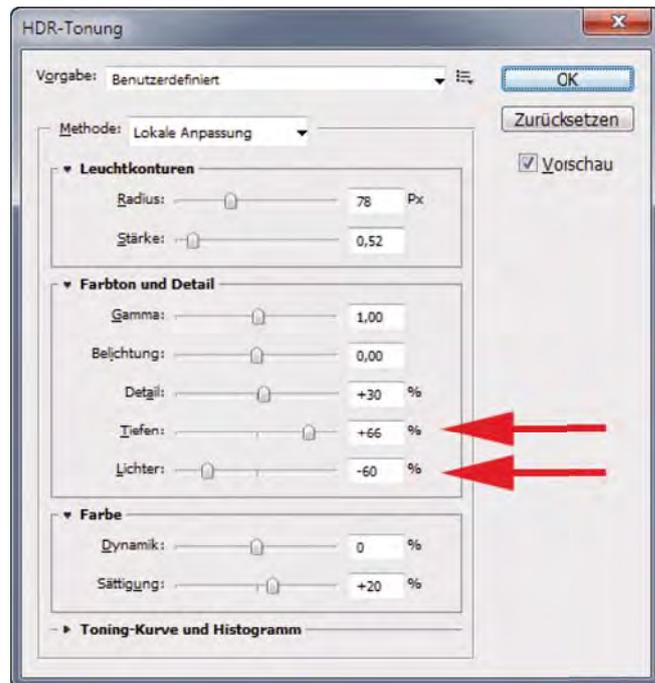
- **Belichtungsfächer:** Die Abstufung der gewählten Belichtungszeiten ist zu eng. Kürzeste und längste Belichtungszeit unterscheiden sich nur um den Faktor 4. Der Dynamikbereich der Kamera wird dadurch nur moderat erweitert. Beim Orionnebel lohnen sich weitaus größere Spreizungen bis etwa 1:50, d.h. die längste Belichtungszeit darf das Fünzigfache der kürzesten betragen! Die Abstufung darf sich dabei weiterhin auf etwa vier verschieden lange Belichtungszeiten verteilen, z.B. 10s, 60s, 240s und 600s.
- **Maximalbelichtungszeit:** Eine Minute als längste Belichtungszeit erscheint mir zu knapp, wenn auch ein höherer ISO-Wert (800) und ein »schnelles«



Öffnungsverhältnis (1:6) im Spiel waren. Um die schwächsten, peripheren Regionen zu erfassen, dürfen Einzelaufnahmen zehn Minuten lang belichtet werden. Begrenzt wird dies durch die vorherrschenden Beobachtungsverhältnisse, also die Qualität des Nachthimmels, und durch die Art und Präzision der Nachführung. Im vorliegenden Fall war die Aufnahmeoptik zwar auf einem 8"-SCT montiert, das als Leitfernrohr dienen kann, doch die Montierung war azimutal. Das bedeutet, dass die Maximalbelichtungszeit begrenzt ist, weil ansonsten eine Bildfeldrotation die Einzelbilder unbrauchbar macht.

- **Gesamtbelichtungszeit:** Addiert man die im Ganzen verwendete Belichtungszeit, kommt man auf 25 Minuten. Zur Verbesserung des Signal-Rauschverhältnisses dürfte diese Zeitspanne ruhig verdoppelt bis vervierfacht werden.
- **Hellfelddbilder (Flats):** Während Bias-Bilder durchaus entfallen können, wird mehr als ein einziges Hellfelddbild benötigt. Um einer Verschlechterung des Signal-Rauschverhältnisses vorzubeugen, schlage ich vor, zehn Hellfelddbilder für die Kalibrierung zu verwenden.
- **Externe Dunkelbilder:** Statt die Dunkelbilder in der Kamera zu erzeugen, schlage ich vor, separate Dunkelbilder aufzunehmen. Dadurch wird weniger Beobachtungszeit verbraucht, denn sie können auch im Anschluss an die Himmelsaufnahmen entstehen, wenn das Beobachtungsobjekt vielleicht schon eine tiefere Position am Firmament einnimmt. Pro verwendete Belichtungszeit sollten ca. zehn Dunkelbilder angefertigt werden.
- **Bildverarbeitung:** Mit diesem Kapitel nähern wir uns nun der eigentlichen Fragestellung, nämlich der Art und Weise, wie der enorme Dynamikumfang des Orionnebels auf jenes Maß komprimiert werden soll, welches einerseits von den benutzten Ausgabegeräten wie Monitoren und Druckern darstellbar ist, andererseits unseren ästhetischen Erwartungen gerecht wird. Ausgangspunkt ist das primäre Endprodukt der Berechnungen des DeekSkyStacker-Programms. In der Grundeinstellung speichert der DeekSkyStacker dieses unter dem Namen »Autosave.tif«. Für die Weiterverarbeitung dieser Datei im 32-Bit-Format empfehle ich Photoshop, nicht den DeepSkyStacker. Nach dem Öffnen

in Photoshop beweist ein Blick in die Titelleiste des Dateifeners (Abb. 2), dass man es mit einem Bild zu tun hat, dessen Farbtiefe 32 Bit beträgt, also 2^{32} (4,2 Milliarden) verschiedene Farbnancen pro Pixel und Farbkanal! Diese Zahl überfordert nicht nur die Ausgabegeräte, sondern auch unser Auge bei weitem. Daher muss eine solche HDR-Datei (High Dynamic Range) durch so genanntes »Tonemapping« auf ein darstellbares Maß reduziert werden – und zwar so, dass alle gewünschten Informationen auf einen Blick sichtbar sind. In Photoshop (Version CS5) lautet der dazu nötige Befehl »Bild/Modus/16-Bit-Kanal...«. Es erscheint das in Abbildung 3 dargestellte Dialogfeld. Um das helle Zentrum vor der Überbelichtung zu retten, wird der Regler »Lichter« nach links bewegt. Zudem sollen die lichtschwachen Außenregionen aufgehellt werden, was durch den Regler »Tiefen« geschieht, der nach rechts gezogen wird. Sehr feinfühlig kann auf diese Weise das Ziel erreicht werden, über das man allerdings nicht hinauschießen sollte, denn dann wirkt der ganze Nebel in allen Bereichen fast gleich hell und »flach«, was weit von den natürlichen Verhältnissen entfernt ist.



▲ Abb. 3: Photoshop-Dialogfeld »Bild/Modus/16-Bit-Kanal...«, in dem die Reduktion der HDR-Datei auf 16 Bit vorgenommen wird. Den Reglern »Lichter« und »Tiefen« (s. Pfeile) kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Da mir die 32-Bit-Datei von Herrn Detken nicht zur Verfügung steht, muss ich ihm die Neubearbeitung seines Bildes überlassen und mich mit kosmetischen Korrekturen des eingesandten Ergebnisses begnügen (Abb. 4). Um zu diesem Resultat zu kommen, bearbeitete ich die Gradationskurven, um die lichtschwachen Regionen aufzuhellen. Dies führte ich pro Farbkanal einzeln durch, um dem Farbstich des Himmelshintergrundes zu Leibe zu rücken, und schärfte anschließend die hellsten Regionen des Nebels nach. Eine Anhebung der Farbsättigung setzte den Schlusspunkt.

► Abb. 4: Aus dem 8-Bit-Foto erstelltes Resultat nach »kosmetischen« Korrekturen. Um das Zentrum vor Überbelichtung zu bewahren, muss allerdings eine Neuberechnung mit den Originaldaten erfolgen.



Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Leser beobachten

NEU

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

Beobachtungen einsenden:

www.interstellarum.de/ods.asp

Alle Ergebnisse:

www.interstellarum.de/ods-galerie.asp

Liste behandelter Objekte:

[www.interstellarum.de/ods.asp?](http://www.interstellarum.de/ods.asp?Anzahl=alle&Maske=1)

Anzahl=alle&Maske=1

Die Objekte der Saison der nächsten 6 Ausgaben

Ausgabe	Name	Sternbild	R.A.	Dekl.	Einsendeschluss
Vorstellung: Nr. 76 Ergebnisse: Nr. 82	M 80	Sco	16 ^h 17,0 ^{min}	-22° 59'	20.3.2012
	M 62	Oph	17 ^h 1,2 ^{min}	-30° 7'	
Vorstellung: Nr. 77 Ergebnisse: Nr. 83	NGC 6819	Cyg	19 ^h 41,3 ^{min}	+40° 11'	20.5.2012
	NGC 6791	Lyr	19 ^h 20,9 ^{min}	+37° 46'	
Vorstellung: Nr. 78 Ergebnisse: Nr. 84	NGC 663	Cas	1 ^h 46,0 ^{min}	+61° 15'	20.7.2012
	IC 1805	Cas	2 ^h 33,4 ^{min}	+61° 26'	
Vorstellung: Nr. 79 Ergebnisse: Nr. 85	M 45	Tau	3 ^h 47,0 ^{min}	+24° 7'	20.9.2012
	NGC 1333	Per	7 ^h 4,3 ^{min}	-19° 45'	
Vorstellung: Nr. 80 Ergebnisse: Nr. 86	M 48	Hya	8 ^h 13,7 ^{min}	-5° 45'	20.11.2012
	NGC 3242	Hya	10 ^h 24,8 ^{min}	-18° 38,5'	
Vorstellung: S. 28 Ergebnisse: Nr. 87	M 85	Com	12 ^h 25,4 ^{min}	+18° 11,4'	20.01.2013
	Abell 1656	Com	12 ^h 59,8 ^{min}	+27° 58,8'	

NGC 4485/4490



▲ **CCD-Aufnahme**, 10"-Newton bei 1260mm, Atik 16HR, 8x10min (L), 4x5min (je RGB), 2x10min (Ha), Astronomik-Filter. *Carsten Reese*

NGC 4485/4490

- **80/400-Refraktor:** fst 5^m2; die Galaxie NGC 4490 ist unter einem guten Vorstadthimmel recht schnell im Übersichtsokular (19mm) zu finden. Mit einem 11mm-Plössl (36x) war ein längliches Gebilde zu erkennen, welches nach längerem und indirektem Hinsehen einen helleren Innenbereich aufwies. Dieser konnte aber nur unsicher gehalten werden. Erst der Wechsel auf 6mm (67x) erlaubte nach einigem »Einsehen« die recht irreguläre, aber längliche Form zu erkennen. Die Galaxie NGC 4485 kam manchmal aus dem Dunkel hervor – verschwand aber wieder, so dass hier ehrlich gesagt, die Augen mehr sehen wollten, als wirklich da war. *Stefan Deichsel*
- **250/1250-Newton:** fst 6^m0; NGC 4485 erscheint als kleiner schwacher runder Nebelfleck direkt bei NGC 4490. Diese Galaxie ist dagegen deutlich heller und hat eine längliche Form. Der helle breite Zentralbereich ist leicht in Richtung NGC 4485 verschoben. 139x. *Frank Lange*
- **320/1440-Newton:** Bortle 2; NGC 4490 zeigt auf den ersten Blick die Zeichen der Wechselwirkung: Materieschweife in drei Richtungen, ein asymmetrischer und gegenüber der Hauptachse verdrehter Core. Das Sternentstehungsgebiet an der Nordkante äußert sich visuell in Form eines Dunkelstreifens. NGC 4485 zeigt eine ungewöhnliche, fast dreieckige Form und eine konkave Nordkante. 96x. *Uwe Pilz*
- **455/2068-Newton:** SQM-L 21^m3/□"; während der Begleiter NGC 4485 diffus erscheint, ist die Hauptgalaxie NGC 4490 deutlich fleckig in Halo und Kernregion. Ihre Südkante wirkt zerrupft, während die Galaxie nach Norden schärfer abgegrenzt ist. 230x. *Hubert Schupke*



▲ **CCD-Aufnahme**, 10"-SCT bei 1950mm, SXV-H9 (L) und QHY8 (RGB), 40×5min (L), 27×5min (je RGB). Belichtung in der Berliner Innenstadt. *Stefan Lilge*

▼ **CCD-Aufnahme**, 4"-Refraktor bei 530mm, QSI 583wsg, 20×10min (L), 12×10min (je RG), 15×10min (B), Astronomik-Filter. *Immo Gerber*



Ausschnittsvergrößerung 200%

NGC 4725



▲ **CCD-Aufnahme**, 24"-Hypergraph bei 4940mm, SBIG STX-16803, 8×15min (L), 4×15min (je RGB), Remote-Belichtung am Skinakas-Observatorium auf der Insel Kreta. *Stefan Binnewies, Josef Pöpsel*

▼ **Digitalfoto**, 10"-Newton bei 1200mm, Canon EOS 1000D, ISO 800, 80×5min. *Thomas Henne*

n Zwecken



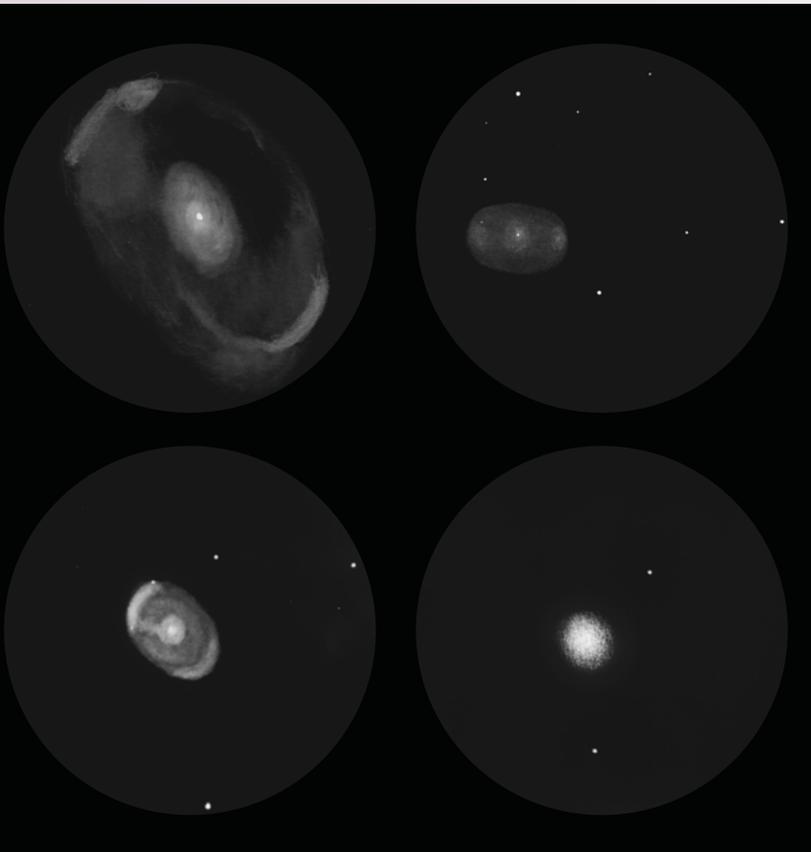


▲ **Digitalfoto**, 12"-Newton bei 1380mm, Canon EOS 350D (modifiziert), ISO 1600, 40×4min. *Ulf Manfred Schliemann*

▼ **Zeichnung**, 320/1440-Newton: Bortle 4; 96x. *Uwe Pilz* ▼ **Zeichnung**, 250/1250-Reflektor: fst 6^m1; 100x. *Martin Schoenball*

NGC 4725

- **110/660-Refraktor:** fst 5^m5; die Galaxie ist deutlich zu erkennen. Sie ist von der Gesamtform rund mit großem, hellem Kernbereich. Die Randbereiche werden, wie für Galaxien typisch, diffus. 55x. *Stefan Westphal*
- **200/1200-Newton:** fst 6^m5; bei 60× zeigt sich bereits ein auffällig großer, heller von Nordost nach Südwest elongierter Nebelfleck mit einer zentralen Aufhellung. Bei 133× zeigt sich im Zentrum ein heller nahezu stellarer Kern umgeben von einem großen flächigen und elongierten Nebel. Der Nebel wirkt sehr diffus und ist östlich etwas heller als westlich. Südlich und nördlich vom Zentrum sind auf der Längsachse mehrere Aufhellungen zu erkennen. *Constantin Lazzari*
- **250/1250-Reflektor:** fst 6^m1; helle große Galaxie, etwa 3:2 elongiert Nordost-Südwest, sehr heller nichtstellarer Kern, umgeben von einem sehr großen, schwachen Halo. Der Halo ist im Osten und Westen etwas strukturiert, Kern möglicherweise etwas nach Westen verschoben. 100x. *Martin Schoenball*
- **250/1250-Newton:** fst 5^m0; direkt sichtbar, eine rundliche Form erkannt. 42x. *Jörg Meyer*
- **320/1440-Newton:** Bortle 4; die Galaxie hat einen hellen Zentralbereich mit einem fast stellareren Kern. Die nördlichen und südlichen Teile der Spiralarme sind prominent und auf den ersten Blick sichtbar. Der nordwestliche Teil ist deutlich dunkler, hier bleibt bei indirektem Sehen nur der Spiralarm übrig. 96x. *Uwe Pilz*



▲ **Zeichnung**, 455/2068-Newton: SQM-L 21^m3/□"; 295x. *Hubert Schupke* ▲ **Zeichnung**, 110/660-Refraktor: fst 5^m5; 55x. *Stefan Westphal*

Astrofotos unserer Leser



▲ **vdB 141, Reflexionsnebel in Cepheus.**
Digitalfoto, 10"-Newton bei 1200mm, Canon
EOS 1000Da, ISO 200, 68x15min. *Thomas Henne*

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nicht für kommerzielle Zwecke. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

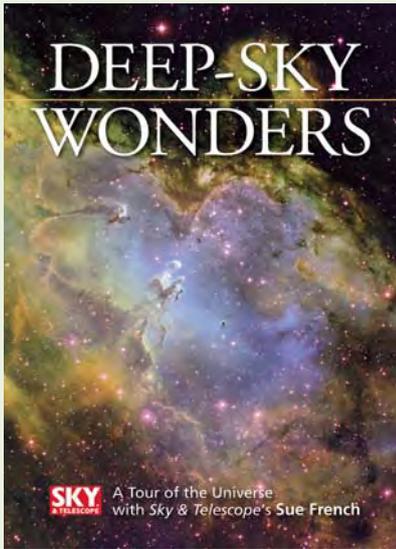


▲ **NGC 891, Galaxie in Andromeda.** Digitalfoto, 12"-Newton bei 1620mm, Canon EOS 1000Da, ISO 800, 26x8,5min, MGEN-Autoguider und Off Axis Guiding. *Ralf Thiele*

▼ **Dunkelnebel in Taurus.** Digitalfoto, 100mm-Teleobjektiv bei f/4,0, Canon EOS 350Da, ISO 400, 42x10min. *Bernhard Gotthardt*



Deep-Sky Wonders



Deep-Sky Wonders von Sue French hat einen prominenten Vorgänger gleichen Namens: Die »best of«-Sammlung aus Walter Scott Houstons Kolumnen, die dieser 47 Jahre lang bis zu seinem Tod 1993 in jeder Ausgabe von Sky & Telescope veröffentlichte. Diese Aufgabe hat mittlerweile Sue French übernommen, und so lag es nahe diese Idee aufzugreifen. 100 Touren – 23 für kleine Teleskope und 77 vom Fernglas bis zum 15-Zöller – werden nach Jahreszeiten und Monaten geordnet vorgestellt.

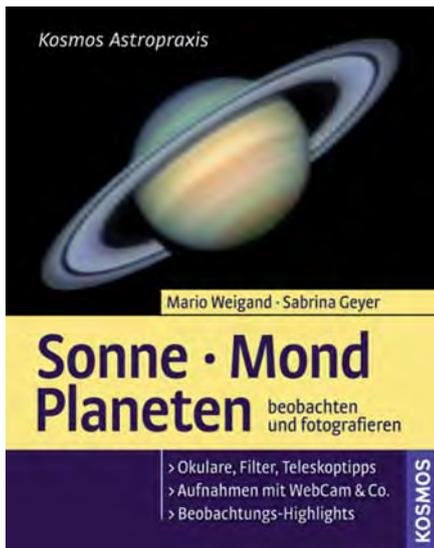
Blumige Titelüberschriften wie z.B. »Splashing Around the Dolphin« oder »The

12 Labors of Hercules« leiten die Touren ein, die jeweils ein leichtes Paradeobjekt für Anfänger und wenigstens eine Herausforderung enthalten. Eine Sternkarte und eine Tabelle mit den besprochenen Himmelsobjekten sind neben vielen Fotos – denen auch immer wieder Zeichnungen gegenübergestellt werden – in jeder Tour vorhanden. Die besprochenen Objekte, oft abseits ausgetretener Pfade, wecken sofort das Beobachterinteresse – neben praktischen Tipps kommen auch physikalische Daten nicht zu kurz. Das Buch ist somit eine Empfehlung für jeden Deep-Sky-Beobachter wert, allenfalls bei der Handlichkeit des Hardcover-Buchs mit einem Gewicht von fast 1,7kg muss man Abstriche machen.

◀ **Sue French: Deep-Sky Wonders: A Tour of the Universe with Sky and Telescope's Sue French**, Firefly Books Ltd., Richmond Hill Canada 2011, ISBN 978-1554077939, 320 S., ca. 30€

■ Hans-Georg Purucker

Sonne, Mond, Planeten



Literatur über Planetenbeobachtung ist rar gesät. Jahrzehntlang gab es in deutscher Sprache nur den Klassiker »Taschenbuch für Planetenbeobachter«, als »Planeten beobachten« 2002 zum letzten Mal aufgelegt. Der bereits 2010 erschienene Titel aus dem Kosmos-Verlag schließt diese Lücke.

interstellarum-Autor und Astrofotograf Mario Weigand, vielen Sternfreunden durch seine beeindruckenden Planetenfotos bekannt, und seine Lebensgefährtin Sabrina Geyer versuchen auf nur 144 Seiten, das Sonnensystem mit seinen Beobachtungsmöglichkeiten für Amateure vorzustellen. Die hauptsächliche

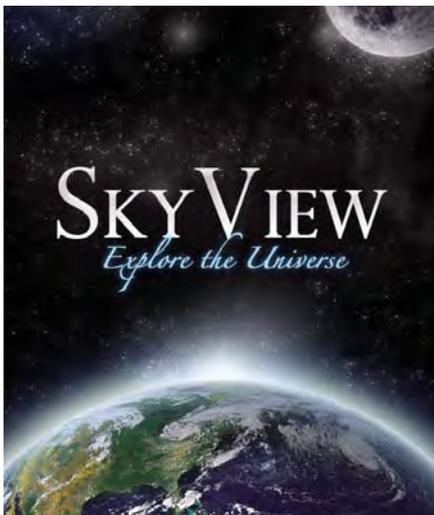
Aufmerksamkeit wird den Planeten gewidmet: Von Merkur bis Neptun zeigen anschaulich geschriebene Kapitel mit zahlreichen Bildbeispielen, was fotografisch mit Amateurlinienteleskopen möglich ist. Zwei knappe Kapitel zu Mond und Sonne schließen das Buch ab.

Die Stärke des Buches sind die konkreten Hinweise zu Filtern, Aufnahmetechniken und Bildbearbeitungsschritten. Diese Tipps richten sich vor allem an Fotografen. Visuelle Beobachter finden zwar textliche Hinweise, aber nur eine einzige Zeichnung. Die konsequente Ausrichtung auf die Fotografie macht jedoch gerade das Buch aus – wer sich mit Webcam oder Digitalkamera an Sonne, Mond, Planeten versuchen will, wird kaum eine bessere Informationsquelle finden.

◀ **Mario Weigand, Sabrina Geyer: Sonne, Mond, Planeten beobachten und fotografieren**, Kosmos-Verlag, Heidelberg 2010, ISBN 978-3-440-12439-0, 144 S., 14,95€

■ Ronald Stoyan

iPhone/iPad-App: SkyView



Das Angebot an digitalen Sternkarten für das iPhone nimmt stetig zu, die Qualität erfreulicherweise ebenfalls. SkyView verfolgt hierbei einen etwas anderen Ansatz als viele andere virtuelle Sternatlanten: Es verbindet konsequent das von der Smartphone-Kamera gewonnene Bild mit der berechneten Ansicht des Himmels. Der Anwender kann daher das iPhone gegen den nächtlichen Himmel halten und sieht auf dem Bildschirm die aktuelle fotografische Ansicht des Himmels, überlagert mit der für seinen Standort, die aktuelle Uhrzeit und die Blickrichtung berechneten Ansicht

der Sternkarte. Problemlos lassen sich durch diese kombinierte Ansicht von realem Himmelsanblick und berechneter Sternkarte zahlreiche Objekte des Himmels identifizieren. Aber nicht nur zum Identifizieren von Himmelsobjekten ist die App gut geeignet, sondern auch zum Aufsuchen von Objekten: In der Datenbank kann nach Planeten, Sternbildern aber auch nach hellen Sternen sowie nach diversen Satelliten gesucht werden. Die Position der Objekte wird dann am Himmel angezeigt und einige (kurze) Informationen zum Objekt sind abrufbar. Fazit: eine empfehlenswerte App, die die Konzepte von Celestrons SkyScout und Meades MySky auf das iPhone überträgt.

◀ **SkyView: Explore the Universe**, 16MB, Version 1.3, iOS4,2 oder höher für iPhone/iPad/iPad Touch, 1,59€

■ Ullrich Dittler

Termine

April–Mai 2012

Messe

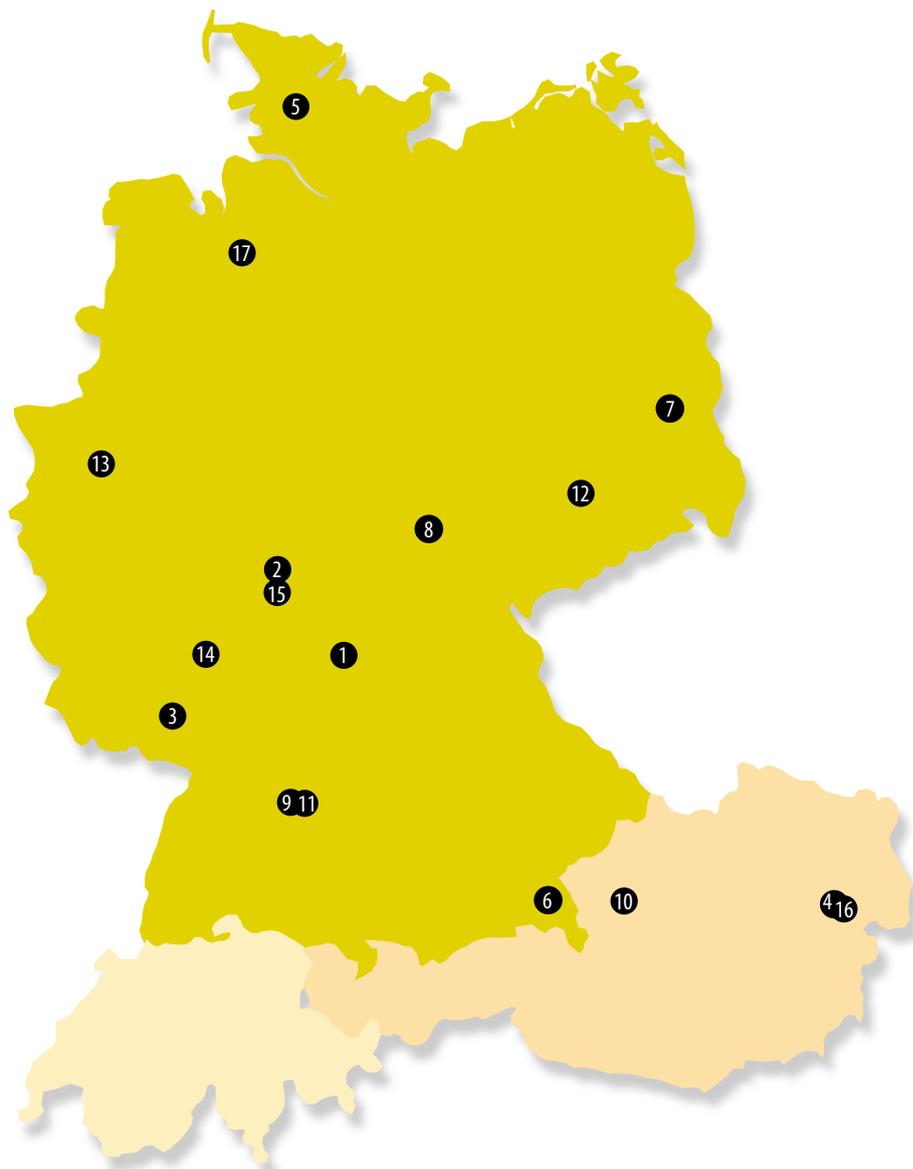
- 13** 5.5.: 28. ATT, Gesamtschule Bockmühle, Ohmstr. 32, 45143 Essen
 ⓘ Walther-Hohmann-Sternwarte Essen e.V., Wallneyer Str. 159, 45133 Essen, info@att-boerse.de, att-boerse.de

Fachtagung/Workshop

- 8** 27.–29.4.: 19. Tagung der VdS-Fachgruppe CCD-Technik, Sternwarte 99334 Kirchheim/Thüringen
 ⓘ Dennis Möller, Kellerberggasse 9/C22, A-1230 Wien, dennis.moeller@chello.at
 ⓘ Jürgen Schulz, juergen.schulz.kirchheim@t-online.de, ccd.istcool.de
- 10** 28.4.: 19. Astronomieworkshop des Astronomischen Arbeitskreises Salzkammergut, Seminarhotel Bramosen, A-4852 Weyregg am Attersee
 ⓘ Erwin Filimon, filimon@astronomie.at, astronomie.at
- 11** 4.–6.5.: ASpect 12 – Jahrestagung der VdS-Fachgruppe Spektroskopie, 73087 Bad Boll
 ⓘ Rainer Borchmann, rainer@borchmann.de, spektralklasse.de
- 12** 5.5.: BAV Veränderlichenbeobachter-Treffen, Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte, Töpelstr. 43, 04746 Hartha/Sachsen
 ⓘ Werner Braune, Münchener Str. 26-27, 10825 Berlin, 030/7848453, zentrale@bav-astro.de, bav-astro.de
- 14** 5.5.: H-alpha-Treff Rüsselsheim (HaTR), Vereinsgelände Am Schnepferberg, 65468 Rüsselsheim
 ⓘ Dietmar Sellner, 06147/936310, d.sellner@t-online.de, ruesselsheimer-sternefreunde.de
- 16** 16.–20.5. Frühjahrsworkshop der WAA, Gasthof Postl bei Maiersdorf, Naturpark Hohe Wand
 ⓘ Wiener Astronomische Arbeitsgemeinschaft, Fraungrubergasse 3/1/7, A-1120 Wien, 0043 664/2561221, waa.at/treff/esp.html
- 17** 17.–20.5. 35. Sonne-Tagung, Walter-Stein-Sternwarte, 28199 Bremen
 ⓘ Michael Delfs, Waldsassener Str.23, 12279 Berlin, sonnentagung2012@arcor.de, sonnentagung.de

Beobachtungstreffen

- 1** 13.–14.4.: 4. Volkacher Teleskoptreffen (VTT), Volkacher Kreuzberg - Panoraplattform
 ⓘ Forum Stellarum, forum-stellarum.de/showthread.php?tid=2136



- 2** 20.–22.4.: Frühjahrs Teleskoptreffen Vogelsberg (TTV), Sternenwelt Vogelsberg e.V. bei 36325 Stumpertenrod / Feldatal
 ⓘ Walter Gröning, 06637/96020 und 0176/62708984, astrophysik@t-online.de, sternenwelt-vogelsberg.de
- 3** 20.–22.4.: 6. Taubensuhler Astronomische Nächte (TAN), Taubensuhl nördlich 76848 Wilgartswiesen
 ⓘ Thomas Hars, t.hars@gmx.de, sternwarte-bellheim.de/index.php/tan
- 4** 20.–22.4.: WAA Easter Starparty 2012, Gasthof Postl bei Maiersdorf, Naturpark Hohe Wand
 ⓘ Wiener Astronomische Arbeitsgemeinschaft, Fraungrubergasse 3/1/7, A-1120 Wien, 0043 664/2561221, waa.at/treff/esp.html
- 5** 20.–22.4.: 1. Eider Teleskoptreffen (E.T.), Hohner Fähre, 24799 Friedrichsgraben
 ⓘ Holger Heß, 04339/279
 ⓘ Axel Herfurth, herfurth@foni.net, www.hohner-faehre.de
- 6** 20.–22.4.: 8. Chiemgauer Astronomie-Tage (CHAT), Jugendcampingplatz Venusberg 83339 Chieming
 ⓘ Johann Wiesholler, Oberhochstätter Str. 3, 83339 Chieming, Tel. 0160/94668715, Fax 08664/929583, www.jugendzeltplatz-chieming.de, tipidorf@jugendzeltplatz-chieming.de
- 7** 21.4.: 15. Südbrandenburger Sternfreundetreffen (SBST), 03096 Burg (Spreewald)
 ⓘ André Winzer, 03560/3759391, winzer_andre@freenet.de, südbrandenburger-sternefreunde.de/Dokumente/flyer.pdf
- 9** 28.4.: Astronomie-Live, Beobachtungstreffen bei Kirchheim/Teck
 ⓘ tecksky.de/beob.htm
- 15** 16.–20.5.: 21. Internationales Teleskoptreffen Vogelsberg (ITV), Campingpark Am Gederner See, 63688 Gedern
 ⓘ info@teleskoptreffen.de, teleskoptreffen.de

Sonstiges

- 28.4.: Landesweiter Astronomietag Österreich
 ⓘ Thomas Posch, thomas.posch@uni-vie.ac.at, astronomie2011.at

Demnächst in interstellarum

Themenheft Sonnenfinsternisse und Transite

Venustransit

Am 6. Juni besteht die letzte Chance, dieses Jahrhundertereignis zu beobachten. Wer nicht nur den Austritt der Venus vor der Sonne früh am Morgen sehen möchte, muss reisen – wir geben Tipps und Beobachtungshinweise.

Finsternisfotografie

Ob ringförmige oder totale Finsternis: Kompetente Fotografen geben ausführliche Tipps zu Standort, Instrument, Kamera und Bildbearbeitung, damit aus Ihren Finsternisbildern einmalige Erinnerungen werden.



MIRROSLAV DRUCKMÜLLER

Finsternisreisen

Expeditionen bis ans Ende der Welt unternehmen Sternfreunde, um eine totale Sonnenfinsternis zu erleben. Zwei Sternfreunde berichten über ihre Reisen in die hohe Arktis und zur Osterinsel.

Das Themenheft Sonnenfinsternisse und Transite ist ab 13.4.2012 im Zeitschriftenhandel erhältlich!

aktuell auf www.interstellarum.de

Aktuelle Aufnahmen unserer Leser

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

Objekte der Saison Online

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

Die interstellarum-Einsteigerseiten



Das große Teleskop-Portal von interstellarum



Datenbank mit über 1500 Produkten
472 Komplettgeräte, 345 Tuben mit Optik, 120 Montierungen, 576 Okulare

Der interstellarum-Newsletter

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

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

Impressum

www.interstellarum.de | ISSN: 0946-9915

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

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

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



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

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

Grafik und Layout: Frank Haller, Christian Protzel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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, CalSky
Koordinaten: äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0
Helligkeiten: sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit
Deep-Sky-Objekte: DS (Doppelstern), OC (Offener Sternhaufen), PN (Planetarischer Nebel), GN (Galaktischer Nebel), GC (Kugelsternhaufen), Gx (Galaxie), Qs (Quasar), As (Sternmuster)
Kartenverweise: Deep Sky Reiseatlas (DSRA), Uranometria 1. Auflage (Uran.), Fotografischer Mondatlas (FMA)