

fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur



Titelbild: **Der zunehmende Mond mit »Goldenem Henkel«**, aufgenommen als verstärktes Falschfarbenbild, das die geologischen Unterschiede der Mondoberfläche hervorhebt. Die Wasservorkommen, die am Südpol des Mondes gefunden wurden, sind so allerdings nicht zu erkennen. Bei dieser Aufnahme vom 6.1.2009 wurden für die Farbkanäle Rot, Grün und Blau jeweils 15 Bilder gemittelt. 4,1"-Refraktor bei 670mm, SBIG STL-11000M-Kamera. *Mario Weigand*

Liebe Leserinnen und Leser,

alles blickt auf Jupiter in diesen Tagen. Der Riesenplanet zeigt seit einem Jahr ein ungewohntes Gesicht mit nur einem der beiden dunklen Äquatorialbänder. Das südliche Band hat hellen Wolken Platz gemacht (Seite 23). Diese werden wieder dem gewohnten Aussehen weichen, doch wann? Einiges spricht dafür, dass dieses »Revival« kurz bevor steht, es kann aber auch noch länger dauern, bis Jupiter sein gewohntes Gesicht zurück erhält. Mein Tipp: Auch in kleinen Fernrohren ist dieser spektakuläre Prozess zu beobachten – richten Sie Ihr Teleskop auf Jupiter (Seite 40).

Am 15. Oktober startete unser neues Teleskop-Vergleichsportal www.fernrohrfinder.de mit 37000 Seitenaufrufen am ersten Wochenende. Viele Besucher halten sich aber noch mit Erfahrungsberichten zu den in der Datenbank erfassten ca. 1500 Teleskopen, Montierungen und Okularen zurück. Nutzen Sie diese Möglichkeit, Ihre Meinung mit anderen Sternfreunden zu teilen, und registrieren Sie sich für fernrohrfinder.de – kostenlos.

666 Einsendungen erhielten wir zum Jubiläums-Gewinnspiel des Oculum-Verlags aus der letzten Ausgabe. Wir danken allen Einsendern für ihre Teilnahme!

Die Auslosung am 3. November ergab folgende Gewinner:

1. Preis: Meade LT 6"-ACF mit Goto-Montierung:

Peter Burkhardt, 91541 Rothenburg

2. Preis: Lacerta M-GEN Autoguider mit Off-Axis-Guider und

Koma-Korrektor: *Dieter Dunkelburg, 35683 Dillenburg*

3. Preis: Astro-Professional ED 66 Carbon-Refraktor:

Michael Schnur, 55425 Waldalgesheim

Herzlichen Glückwunsch zu diesen vorweihnachtlichen Bescherungen!

Besinnliche winterliche Sternstunden und ein gutes Astro-Jahr 2011 wünscht Ihr

Ihr

Ronald Stoyan



Wann kommt das Revival?

40



Gezeichnet: Mars

42



Zwei ungleiche Brüder

56



Photonenjagd ohne Ballast

61

Hintergrund

Hauptartikel

12 **Unser Mond ist »feucht« geworden**

Die Wasser-Reservoirs auf dem Erdbegleiter

16 **Astro-Wissen: Wie ist der Mond entstanden?**

Schlagzeilen

8 **Schwergewichte unter den Sternen**

9 **Fünf auf einen Streich**

Wie kommt das Wasser in interstellare Wolken und Kometen?

10 **Raumfahrt aktuell: Neue Art des kosmischen Antriebs**

Himmel

Ereignisse

18 **Winter-Finsternisse**

Die partielle Sonnenfinsternis am 4.1.2011

19 **Totale Mondfinsternis am 21. Dezember**

Quadrantiden-Meteore am 4. Januar

Nahe Begegnung von Jupiter und Uranus am 4.1.2011

Sonnensystem

22 **Sonne aktuell: Es geht aufwärts**

23 **Planeten aktuell: Wann kommt das SEB-Revival?**

24 **Kometen aktuell: Abschied von 103P/Hartley**

Sternhimmel

27 **Astronomie mit bloßem Auge: θ Tauri**

Astronomie mit dem Fernglas: Collinder 463

28 **Objekt der Saison: NGC 1977**

29 **Objekt der Saison: Sharpless 276**

30 **Deep-Sky Herausforderung: IC 349 – Barnards Merope Nebel**

Praxis

Mond

34 **Ein Becken mit vier Ecken**

Buchten, Dome und Rücken im Mare Tranquillitatis

Planeten

38 **Das Roma-Ereignis:**

Als ein Asteroid einen 2^m-Stern bedeckte

40 **Warten auf die Wiederkehr**

Jupiter vor dem SEB-Revival

42 **Gezeichnet: Mars**

Eine visuelle Annäherung an die Marsopposition 2009/2010

aktuell auf www.interstellarum.de

Aktuelle Aufnahmen unserer Leser

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

NEU: Online-OdS

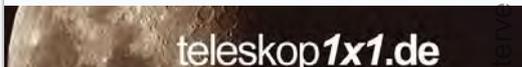
- www.interstellarum.de/ods-galerie.asp



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

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

Die interstellarum Einsteigerseiten:



Das große Teleskop-Portal von interstellarum:



Datenbank aus fast 1500 Produkten:

- 479 Komplettgeräte
- 293 Tuben mit Optik
- 92 Montierungen
- 519 Okulare

44 **Praxis-Wissen: Wie kann man Winkel am Himmel bestimmen?**

Technik

Test

48 **Klein aber fein**

Sechs kleine Refraktoren im Vergleich

56 **Zwei ungleiche Brüder**

Die beiden Standalone-Guider SynGuider von Synta und SG-4 von SBIG im Praxistest

Selbstbau

61 **Photonenjagd ohne Ballast**

Eine selbst gebaute Stand-Alone CCD-Kamera

64 **Technik-Wissen: Warum RAW statt JPG?**

Beobachtungen

Rückblick

69 **Unterschiedliche Horizonte**

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



Unser Mond ist »feucht« geworden

Die Wasser- Reservoirs auf dem Erdbegleiter

- **First Light**
- 70 Die Andromeda-Galaxie unter der Lupe
- **Objekte der Saison**
- 72 IC 2118/M 78
- **Galerie**
- 76 Astrofotos unserer Leser

Service

- **Rezensionen**
- 80 Zauber der Sterne
- **Astromarkt**
- 80 Kleinanzeigen

Leserhinweise

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

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

Koordinaten: äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0

Helligkeiten: sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit

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

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

- 1 fokussiert
- 2 Inhaltsverzeichnis, Leserhinweise
- 82 Vorschau, Impressum

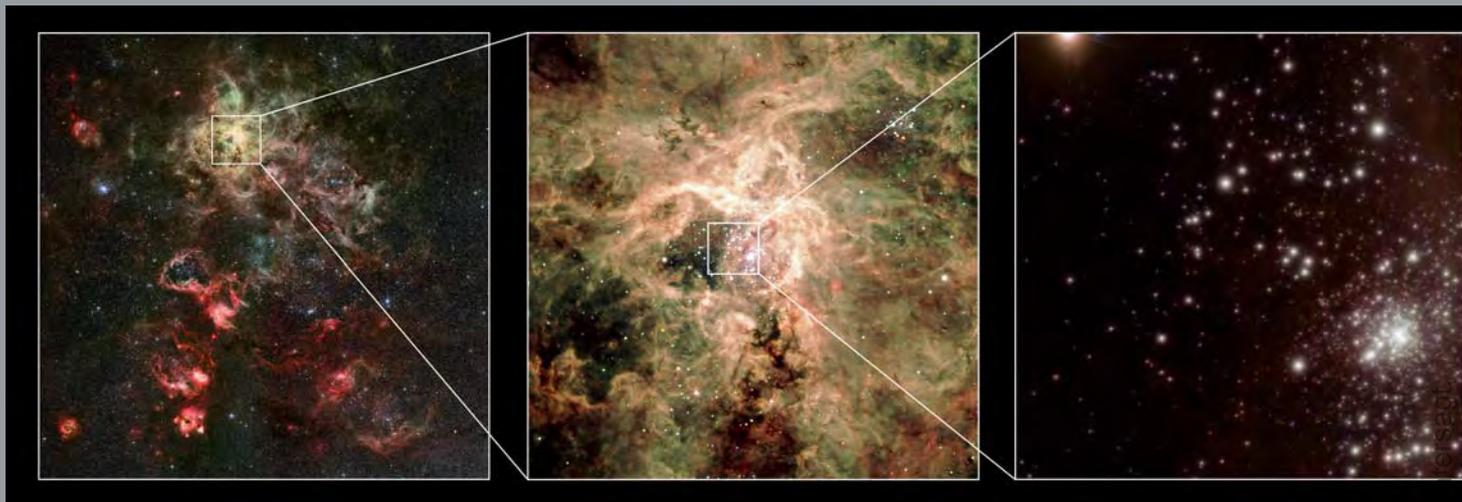
Test: Klein aber fein

Sechs kleine Refraktoren im Vergleich



Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken

Schwergewichte unter den Sternen



ESO, P. CROWTHER, C. J. EVANS

Abb.1: Der Tarantelnebel in der Großen Magellanschen Wolke, links und in der Mitte im visuellen Bereich mit dem 2,2m-Teleskop der MPG/ESO und dem VLT aufgenommen. Das rechte Bild zeigt den Sternhaufen rechts unten im nahen Infrarot.

Im letzten Jahrzehnt setzte sich unter Astronomen die Meinung durch, dass es für die Masse eines Sterns eine Obergrenze von etwa 150 Sonnenmassen gebe. Sollten dennoch massereichere Sterne existieren, dann könnte man sie allenfalls in den jüngsten und massereichsten kompakten Sternhaufen finden. Räumlich aufgelöste Untersuchungen sind jedoch auf die Galaxis und ihre Begleitgalaxien beschränkt, wo solche Haufen allerdings rar sind. NGC 3603 (vgl. interstellarum 72) in 22000Lj Entfernung im Sternbild Schiffskiel und RMC 136a (oft abgekürzt als R136, vgl. interstellarum 71) im Tarantelnebel in der Großen Magellanschen Wolke in 165000Lj Entfernung sind solche kompakten Sternhaufen aus jungen massereichen und heißen Sternen. Mit Hilfe des Very Large Telescope (VLT) der ESO ist es erstmals geglückt, in den Zentren dieser Sternhaufen die einzelnen Sterne zu unterscheiden und getrennt voneinander im nahen Infrarot zu beobachten. Ergänzt wurden diese Beobachtungen durch Archivspektren im infraroten sowie ultravioletten und optischen Spektralbereich des VLT bzw. des Weltraumteleskops Hubble. Untersucht wurden die hellsten Sterne der beiden Sternhaufen, darunter auch der Stern R136a1 im

R136-Haufen, der in den 1980er Jahren noch mit mehreren 1000 Sonnenmassen für den schwersten Stern gehalten wurde, bis man nachweisen konnte, dass es sich nicht um einen Einzelstern sondern einen dichten Sternhaufen handelt.

Es ist nicht trivial, die Masse eines Einzelsterns durch Vergleich eines beobachteten Spektrums mit einem Modellspektrum zu bestimmen. Die Modellspektren müssen dazu die physikalischen Bedingungen wie Temperatur, Dichte, Elementzusammensetzung und Absorptionsverhalten der Elemente genau repräsentieren, damit sich Parameter wie Leuchtkraft, Temperatur und Masse sicher bestimmen lassen. Bei massereichen Sternen kommt erschwerend hinzu, dass sie über einen enorm starken Sternwind verfügen, der die Linien im Spektrum beeinflusst und berücksichtigt werden muss.

In NGC 3603 konnten die Massen von zwei Sternen in einem Doppelsternsystem aus ihrer Umlaufbewegung jedoch direkt bestimmt werden. So konnten die Modelle überprüft werden, mit denen die Massen der anderen Sterne abgeschätzt wurden. Ihre heutigen Massen betragen etwa 120 und 90 Sonnenmassen, während sie bei ihrer Entstehung mit etwa 150 und 110 Sonnenmassen deutlich massereicher gewesen sein müssen. Innerhalb von 1,5 Millionen Jahren – älter sind die beiden Sterne noch nicht – haben sie einen beträchtlichen Anteil ihrer Masse durch Sternwind verloren. Zwei weitere Sterne in NGC 3603 mit heute 132

Sonnenmassen (ursprünglich etwa 170 Sonnenmassen) und 113 Sonnenmassen (140 Sonnenmassen) überschreiten ebenfalls 100 Sonnenmassen.

Die vier untersuchten Sterne im zweiten untersuchten Sternhaufen, R136, liegen nahe bei oder deutlich über 150 Sonnenmassen. Der Stern R136a1 ist immer noch der massereichste und leuchtkräftigste bisher bekannte Stern überhaupt. Er hat etwa die 265-fache Masse der Sonne, bei seiner Entstehung dürften es bis zu 320 Sonnenmassen gewesen sein, und seine Leuchtkraft übertrifft die der Sonne um das Zehnmillionenfache. Der etwas über eine Million Jahre alte Stern hat bereits gut 50 Sonnenmassen in die Umgebung abgeblasen. Zusammen mit den anderen drei Sternen ist er für fast die Hälfte der abströmenden Sternwinde und der abgestrahlten Energie des gesamten Sternhaufens verantwortlich, der insgesamt aus etwa 100000 Sternen besteht. Allein R136a1 regt seine Umgebung mehr als 50 Mal so stark zum Leuchten an wie der junge Sternhaufen im Orionnebel. Aufgrund ihrer kurzen Lebensdauer und der starken Sternwinde ist es nicht einfach, nachzuvollziehen, wie sich massereiche Sterne überhaupt bilden. Extremfälle wie R136a1 machen es nicht leichter: Entweder sind sie tatsächlich in dieser Größe entstanden oder sie haben sich aus mehreren kleinen Sternen gebildet. [ESO Pressemitteilung eso1030; arXiv:1007.3284v1]



ESO, P. CROWTHER, C. J. EVANS

Abb. 2: Detailaufnahme des Sternhaufens R136a im nahen infraroten Spektralbereich. In der Mitte befindet sich R136a1, der massereichste und leuchtkräftigste Stern, der zurzeit bekannt ist.

Surftipps

Vorhang auf für junge Sterne: www.eso.org/public/germany/news/eso1005

Enzyklopädie extrasolarer Planeten: www.exoplanet.eu

Fünf auf einen Streich

Nach einer sechsjährigen Studie des sonnenähnlichen Sterns HD 10180, der sich in einer Entfernung von 127 Lichtjahren im Sternbild Hydrus (Kleine Wasserschlange) befindet, konnte ein Planetensystem nachgewiesen werden, das aus mindestens fünf Planeten besteht. Außerdem gibt es Hinweise auf zwei weitere Planeten. Mithilfe von insgesamt 190 einzelnen Messungen konnten die winzigen Wackel-Bewegungen des Sterns nachgewiesen werden, die von den komplexen Anziehungskräften der Planeten verursacht werden. Die fünf stärksten Signaturen entsprechen Planeten mit Massen zwischen 13 und 25 Erdmassen, also ähnlich der Masse des Neptun. Diese Planeten befinden sich in Entfernungen zum Stern, die zwischen dem 0,06- und dem 1,4-fachen des Abstands Erde-Sonne liegen. Ihre Umlaufzeiten betragen zwischen 6 und 600 Tagen. Ein weiterer, saturnähnlicher Planet mit mindestens 65 Erdmassen könnte den Stern weiter außen mit einer Umlaufzeit von 2200 Tagen umkreisen, während ein weiterer Kandidat nur 1,4 Erdmassen besitzt und in nur etwa drei Millionen Kilometern Abstand in 1,18 Tagen HD 10180 umläuft. Letzteres Objekt bewirkt eine nur schwer nachweisbare Bewegung des Zentralgestirns. Wenn sie sich jedoch bestätigt, wäre der Planet ein weiteres Beispiel für einen heißen Gesteinsplaneten wie CoRoT-7b (vgl. interstellarum 67).



Das Planetensystem um HD 10180 gesehen, vom dritten Planeten HD 10180d, dessen Masse vergleichbar der des Neptun ist. Die zwei inneren Planeten sind als Silhouetten vor der Sternscheibe, die äußeren zwei Planeten vor dem Sternhintergrund zu sehen (künstlerische Darstellung).

Das neu entdeckte Planetensystem um HD 10180 ist, verglichen mit unserem Sonnensystem, in seinen innersten Bereichen mit seinen mindestens fünf neptunartigen Planeten deutlich dichter bevölkert. Außerdem sind diese Planeten viel massereicher und es gibt wahrscheinlich keinen großen Gasriesen wie Jupiter. Alle Planeten scheinen zudem nahezu kreisförmige Umlaufbahnen zu haben. Sollten sich die sieben Planeten bestätigen, würde HD 10180 den bisherigen Rekordhalter 55 Cancri mit fünf Planeten, von denen zwei große Gasriesen sind, ablösen.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Untersuchung dieser Planetensysteme ist, dass es eine Beziehung zwischen der Gesamtmasse des Planetensystems und der Masse und der chemischen Zusammensetzung des Muttersterns gibt. Alle massereichen Planetensysteme befinden sich bei massereichen und metallreichen Sternen, während die vier »leichtesten« Planetensysteme bei masseärmeren und metallarmen Sternen gefunden wurden. [ESO Pressemitteilung eso1035]

Wie kommt das Wasser in interstellare Wolken und Kometen?

In Kometen und interstellaren Wolken ist der Ausgangsstoff des Wassers das positiv geladene Hydronium H_3O^+ . Dieses Ion lässt sich von der Erde aus mit Teleskopen nachweisen. In kosmischen Wolken gibt es auch freie Elektronen (negative Ladung), so dass es häufig zu Zusammenstößen zwischen Elektronen und Hydroniumionen kommt. Damit wandelt sich das Hydronium zum neutralen, aber instabilen Molekül H_3O um. Beim Zerfall des H_3O -Moleküls entsteht entweder Wasser plus ein Wasserstoffatom oder OH plus ein Wasserstoffmolekül oder plus zwei Wasserstoffatome. In einem Teilchenbeschleuniger wurde der Vorgang nachgestellt, indem man Hydroniumionen gemeinsam mit Elektronen durch den Ring leitete. In etwa einem von sechs Zerfällen entstand dabei Wasser, wodurch die Elektronenanlagerung an Hydroniumionen der wichtigste Wasserproduzent in interstellaren Wolken und Kometen sein könnte. [MPG Presseinformation SP 2010 (205)]

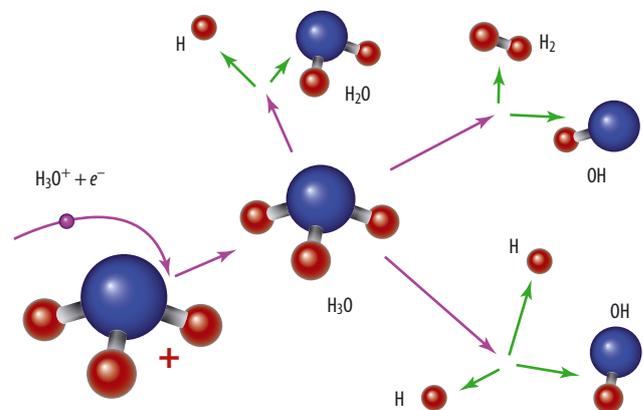


Abb.: Ein Hydroniumion fängt ein Elektron ein und kann dann in verschiedene Bruchstücke zersplittern. Ein Bruchstück ist Wasser (H_2O).

Raumfahrt aktuell

Neue Art des kosmischen Antriebs

Die Kraft beträgt nur ein Millinewton, aber sie ist der Beweis: Der Strahlungsdruck des Sonnenlichts kann die Bahn einer Raumsonde gezielt verändern, wenn man ihm ein reflektierendes Segel entgegen hält! Anfang Juli konnte die japanische Weltraumagentur JAXA den Erfolg verkünden, nach Messungen an ihrem kleinen IKAROS, der Richtung Venus unterwegs ist (siehe interstellarum 71) und der Bedeutung des Akronyms – Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun – nun alle Ehre macht. Alles entscheidend bei dieser seit vielen Jahrzehnten diskutierten aber bis jetzt nie erfolgreich im Weltraum getesteten Antriebsart ist das Verhältnis der Gesamtmasse von Nutzlast und Sonnensegel zur Segelfläche: Mit 10 bis 20g/m² wären schon eine Menge sinnvolle Manöver und interessante interplanetare Bahnen möglich. Mit 1,5kg/m² ist der kleine IKAROS noch weit davon entfernt, und das gilt auch für die drei weiteren bereits finanzierten Segler-Demonstratoren Nanosail D, Lightsail und CubeSail mit 300, 140 und 120g/m², die schon diesen November bzw. Mitte und Ende kommenden Jahres starten sollen. Die Werkstoffe für extrem dünne und tausende Quadratmeter große Segel sind durchaus schon vorhanden, aber viel geforscht wird noch an der Technologie, sie elegant in kleinen Kapseln zu verstauen und dann in der Schwerelosigkeit zuverlässig zu entfalten und stabil zu halten.

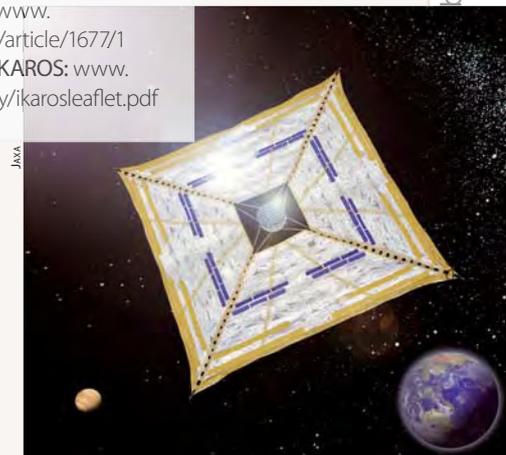
Weltraumbehörden wie die ESA und die NASA (und in Deutschland das DLR), die in der Vergangenheit schon in Prototypen für Tests am Boden investiert haben, denken heute über konkrete Schritte mit größeren Segeln im Weltraum nach, und die Sonnensegel-Gemeinde hat auf einer Tagung im Juli in New York sogar eine gemeinsame Deklaration herausgegeben und die Technologie im Lichte der IKAROS-Erfolge für »gangbar für Anwendungen in der Raumfahrt« deklariert. Von denen es viele gäbe: Im September wurde auf einer Tagung europäischer Planetenforscher in Rom beispielsweise angeregt, mit Sonnenseglern große Datenmengen von Sonden bei Jupiter oder Saturn zur Erde zu schaffen, indem Schwärme solcher »Data-Clipper« zwischen den Planeten hin und her pendeln und erst in der Nähe der Erde mit hoher Rate senden. Der nächste Sonnensegler »Nanosail D«, der bereits in Alaska auf den Start seiner Minotaur-Rakete wartet, ist freilich erst einmal ein viel bescheideneres Experiment und wird in seiner niedrigen Erdumlaufbahn vermutlich nicht einmal eine eindeutige Wirkung des Strahlungsdrucks erfahren. Dafür wird der Minisatellit aber eine ganz andere Entfaltungstechnik für sein 10m²-Segel demonstrieren als IKAROS und insbesondere auch, wie man einen Erdsatelliten mit seiner Hilfe am Luftwiderstand besonders schnell versenken kann: Das »D« steht nämlich für De-orbit.

■ Daniel Fischer

Surftipps

Bericht aus New York: www.thespacereview.com/article/1677/1
 Infoblatt der JAXA zu IKAROS: www.jspec.jaxa.jp/e/activity/ikarosleaflet.pdf

IKAROS mit aufgespannten Sonnensegeln mit integrierten Solarzellen (künstl. Darstellung).



UNSER MOND ist »feucht« geworden

Die Wasser-Reservoirs auf dem Erdbegleiter

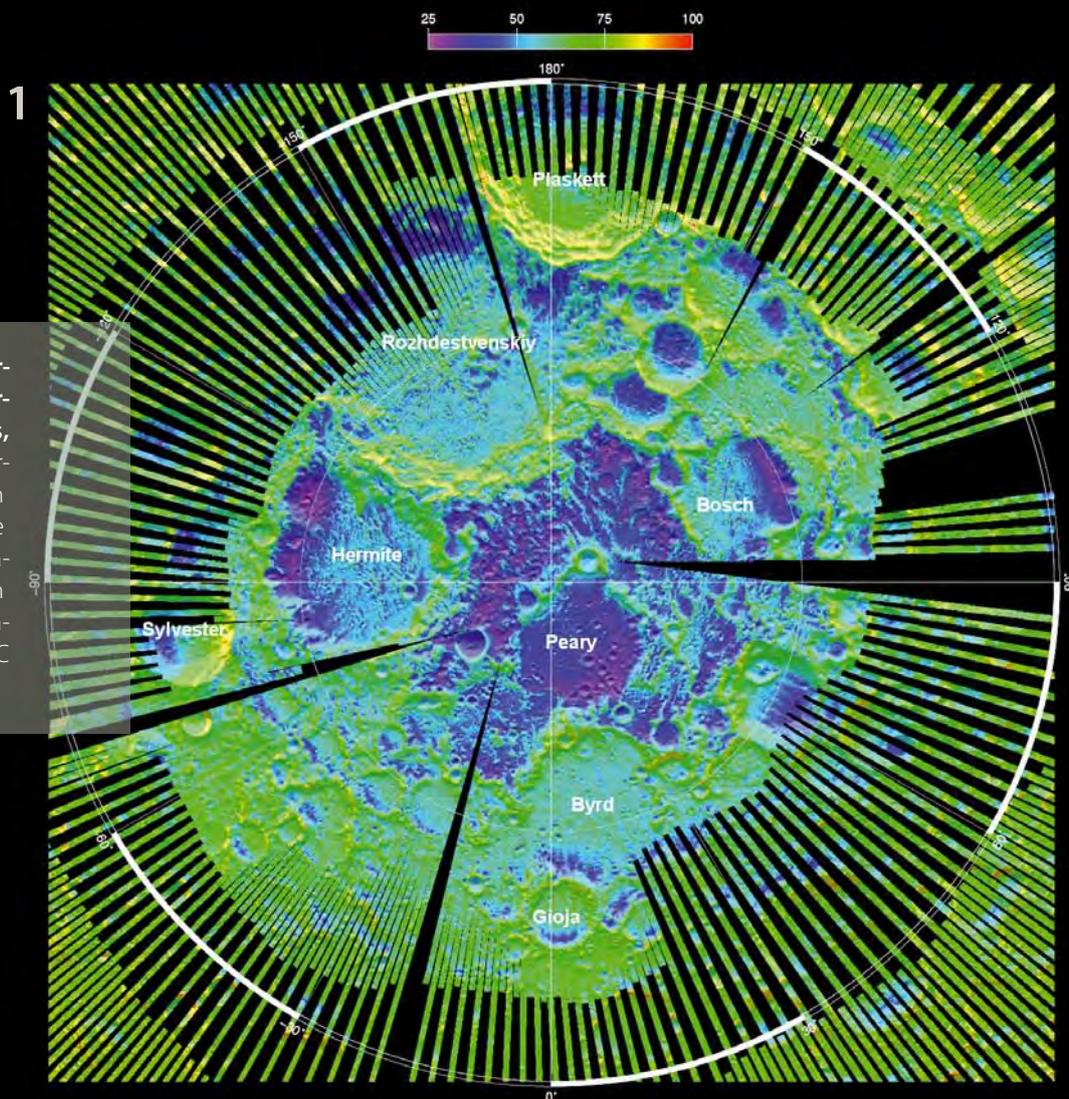


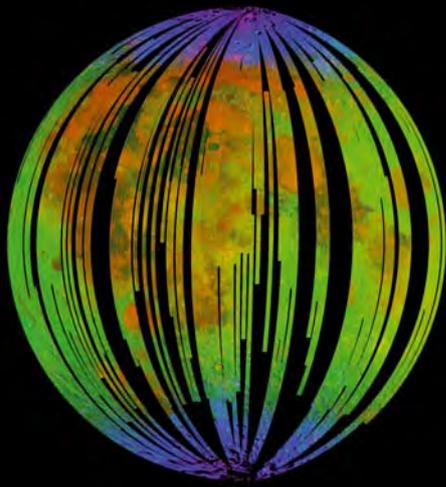
Abb. 1: Temperaturkarte der Nordpolarregion des Mondes, erstellt vom Diviner-Instrument auf dem Lunar Reconnaissance Orbiter: Die blauen Kraterböden haben zum Teil nur eine Temperatur von 25K = -248°C Temperatur.

NASA, GSFC, UCLA

VON DANIEL FISCHER

Auf keinen Himmelskörper im Sonnensystem scheint der Begriff »staubtrocken« so gut zu passen wie auf unseren Mond, doch dieses Bild – verfestigt noch durch das vor 40 Jahren geborgene Mondgestein – ist in jüngster Zeit ins Wanken geraten. Aus drei Zonen des Erdbegleiters gibt es heute mehr oder weniger überzeugende Belege für überraschend große Wassermengen, natürlich nicht flüssig, aber angelagert ans Mondgestein oder gar in Gestalt größerer Vorräte aus ziemlich reinem Wassereis.

2



◀ **Abb. 2: Mineralogische Mondkarte des M³-Instruments auf Chandrayaan I**, wegen des verfrühten Endes der Mission leider lückenhaft: In Blau erscheinen Spuren von Wasser und Hydroxyl, die zu den Polen hin zunehmen, andere Farben codieren weitere Chemie.

3

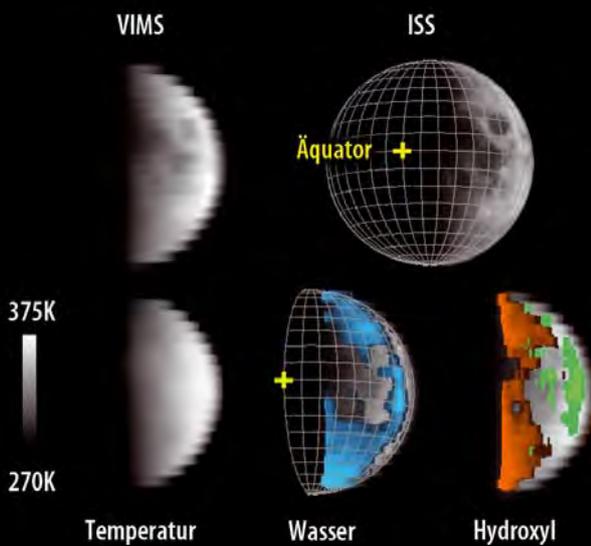


Abb. 3: Cassini-Messungen vom 19. August 1999, in denen erst zehn Jahre später die Signatur von Wasser auf der Mondoberfläche entdeckt wurde: Das VIMS-Instrument nahm gleichzeitig grobe Bilder in zahlreichen engen Spektralbändern auf, aus denen sich Karten der Wasser- und Hydroxyl-Verteilung erstellen ließen. Oben rechts derselbe Anblick im sichtbaren Licht von Cassinis Kamera.

4

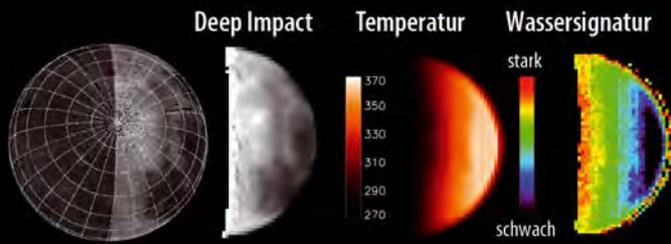


Abb. 4: So sah die Sonde Deep Impact den Mond (links ein entsprechend gedrehtes Mosaik des Clementine-Orbiters) am 9. Juni 2009: Aus dieser Perspektive erkennt man, dass die Wassermenge auf der Mondoberfläche praktisch nur von der aktuellen Temperatur abhängt.

Wasser im Mondinneren?

Die größte – und jüngste – Kontroverse betrifft das Innere des Mondes und vor allem seinen Mantel, von dem dank Impakten auch einiges Gestein auf der Oberfläche liegt oder gar als Meteorit zur Erde gelangt ist. Vor zwei Jahren sorgte ein verblüffender Anteil flüchtiger Verbindungen von Kohlendioxid, Wasser sowie Fluor, Schwefel und Chlor in Glaskügelchen vulkanischen Ursprungs für

Aufsehen. Allein das Wasser machte fast ein Promille des Glases aus: Wie konnte das sein, wo doch der Mond aus der heißen Trümmerwolke nach einem Rieseneinschlag auf der Erde – so die weithin akzeptierte Sichtweise – entstand (vgl. Astro-Wissen, S. 16)? Dabei müsste ihm eigentlich alles Flüchtige ausgetrieben worden sein. Und dieses Jahr schien das Mondinnere gar noch »feuchter« zu werden: In Apatit-Kristallen, passenderweise aus dem dunklen Basalt der Mond-»Meere«, wurde sogar ein noch höherer Wasseranteil aufgespürt. Die Konzentrationen flüchtiger Elemente waren kaum von denen in irdischem Vulkangestein zu unterscheiden. Doch dann der Dämpfer: Im Mondgestein schwankt das Isotopenverhältnis von Chlor-35 und Chlor-37 sehr stark, während es in irdischem Basalt nahezu konstant ist. Und dafür sorgt hier Wasser, mit dem erschweren Entweichen des schwereren Isotops kommt es zu einem weitgehenden Ausgleich – und dieser Mechanismus fehlt dem Mond offenbar völlig, womit sein Inneres extrem trocken sein muss. Die einander widersprechenden Befunde lassen sich vielleicht durch starke lokale Unterschiede erklären, und die Untersuchung von noch viel mehr Mondgestein aus unterschiedlichen Quellen mag in Zukunft ein schlüssiges Gesamtbild liefern.

Hydrologische Zyklen auf dem Mond

Das nächste Wasserreservoir des Mondes ist da schon unumstrittener, allerdings auch minimal, doch dafür erstreckt es sich über weite Bereiche der Mondoberfläche. Gleich drei Raumsonden haben es entdeckt, zu unterschiedlichen Zeitpunkten und zunächst übersehen, aber vergangenes Jahr wurden die Funde schließlich gemeinsam präsentiert. Infrarotinstrumente auf der Sonde Cassini, die 1999 auf dem Weg zum Saturn am Erde-Mond-System vorbei kam, auf dem Kometen-Crasher Deep Impact, der 2009 den Mond zur Eichung nutzte, und auf dem indischen Mondorbiter Chandrayaan I hatten auf der Tagseite immer dasselbe gesehen: Absorption bei einer Wellenlänge von 2,8µm bis 3,0µm, die klar auf adsorbiertes Wasser und sein Abbauprodukt Hydroxyl (OH) hinweist. Dabei waren die Cassini- und Deep Impact-Forscher erst durch die Chandrayaan-Daten auf das Phänomen aufmerksam geworden, das ihnen selbst entgangen war. Unter Adsorption versteht man die Anreicherung von Stoffen an der Oberfläche eines Festkörpers (im Gegensatz zur Absorption, bei der die Stoffe in sein Inneres eindringen): Nur durch die Anlagerung an – unbekannte – Mineralien können sich die Wassermoleküle im Sonnenlicht behaupten, was freiem Eis nicht gelänge. Dabei liegt der Wasseranteil des Mondbodens nach den Cassini-Spektren zwischen 10ppm und 1000ppm (Teilen pro Million), hier und da sogar noch darüber.

Und diese »Hydratation« des Mondbodens verändert sich, wie Deep Impact während seiner eine Woche dauernden Beobachtungen feststellte: Mit dem Mondmorgen verschwand das Wasser,

NASA, JPL-Caltech, University of Maryland; ISRO, NASA, JPL-Caltech, Brown Univ., USGS ISRO, NASA, JPL-Caltech, Brown Univ., USGS

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

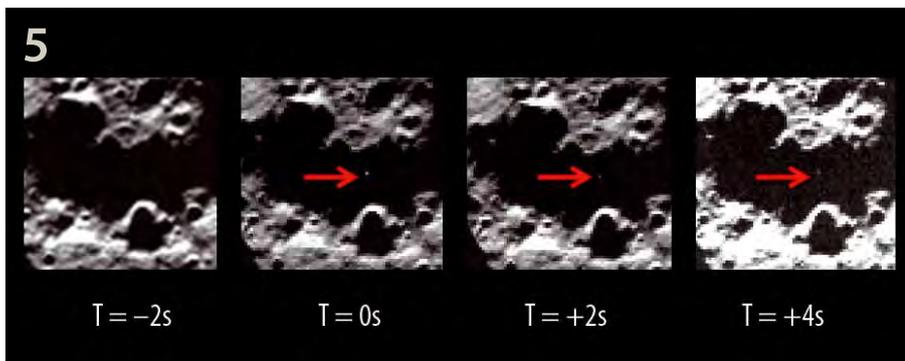


Abb. 5: Der Impaktblitz der Centaur-Oberstufe des Lunar Reconnaissance Orbiter, gesehen von der Infrarotkamera MIR1 auf der LCROSS-Sonde aus 600km Entfernung.

mit dem Abend kam es zurück, vermutlich als direkte Antwort auf die Sonneneinstrahlung. Das bedeutete aber auch, dass es eine ständig vorhandene Quelle geben muss, und da bietet sich der Sonnenwind an. Doch der Detailprozess, der hier abläuft, ist noch lange nicht aufgeklärt. Eine Idee basiert auf einer Wechselwirkung von Protonen – also Wasserstoff-Kernen – des Sonnenwinds mit Sauerstoff im Regolith des Mondbodens: Sie wird unterstützt durch Messungen eines weiteren Instruments auf Chandrayaan I, dem Sub-keV Atom Reflecting Analyzer (SARA). Nur jedes fünfte Proton bleibt nicht im Boden stecken, sondern wird reflektiert, fängt sich ein Elektron ein und wird zu einem Wasserstoffatom, das den Mond wieder verlässt – und dann von SARA registriert werden kann. Nach späteren Berechnungen scheint aber der Sonnenwind, jedenfalls in seinem normalen Zustand, nicht genügend Protonen anzuliefern, um die gemessenen Wasser- und Hydroxylmengen zu erklären. Damit sind andere Quellen wieder im Rennen: Wassermoleküle, die von Mikrometeoriten und gelegentlich auch ausgewachsenen Kometen stammen, die auf dem Mond einschlagen (aber auch das scheint nicht zu reichen) – oder der Wasserdampf stammt aus dem Mondinneren. Auch scheinen sich auf der Oberfläche des Regoliths komplizierte chemische Prozesse abzuspielen, die die Wassermoleküle besser als erwartet festhalten.

Die unstrittige Entdeckung des erstaunlichen Wasserfilms auf der Mondoberfläche ist wie so viele in der Wissenschaft alles andere als geradlinig verlaufen: Nicht nur wurde die eigentlich ziemlich auffällige Spektralsignatur des Wassers im nahen Infraroten so lange übersehen – es gibt auch einen direkteren Nachweis von Wasserdampf über der Mondoberfläche, der noch vor den 2009 veröffentlichten Spektraldaten gelang. Doch Gutachter zweier bedeutender Zeit-

schriften schmetterten den entsprechenden Artikel jedes Mal ab, der erst im Frühjahr 2010 in einer dritten erschien: Abermals stammten die Daten von der indischen Chandrayaan-Mission, diesmal jedoch von einem Detektor auf einer kleinen Kapsel, die am 14. November 2008 vom Orbiter zur Oberfläche gestürzt war und dabei Messdaten sammeln konnte. So auch der Chandra Altitudinal Composition Explorer (CHACE): Wasserdampf wie auch organische Verbindungen konnte das in Indien gebaute Instrument eindeutig vor dem Aufschlag registrieren, in einer Menge, die zu den Fernerkundungsdaten passt. Die späte Veröffentlichung des CHACE-Artikels hat in Indien zu einigem Unmut geführt, war man doch eigentlich der erste gewesen, der Wasser auf dem Mond nachgewiesen hatte. Dass das Infrarot-Spektrometer, das heute als der Entdecker geführt wird, auf dem Chandrayaan-Orbiter saß, tröstet da wenig: Dieses M³ genannte – und erstmals am 22. November 2008, also nach den Messungen von CHACE, eingeschaltete – Instrument stammte nämlich aus den USA. Dies ist vielleicht mit ein Grund, weshalb beim zweiten indischen Mondorbiter 2013 nur einheimische Instrumente an Bord dürfen: Darunter ist auch ein verbesserter Nachfolger von CHACE, der die dünne Gas-Exosphäre des Mondes noch eingehender erkunden soll.

Die Mondpole als eisige Fallen

Während der Wassergehalt des Mondinneren strittig bleibt und die geringen Mengen adsorbierten Wassers auf der Oberfläche bzw. in der Exosphäre darüber noch Rätsel aufgeben, haben die Pole des Mondes Wassereis in erstaunlichem Umfang zu bieten: Darüber war schon Jahrzehnte spekuliert worden, aber die versuchten Nachweise widersprachen sich – bis zu jenem 9. Oktober 2009, als das LCROSS-Experiment der

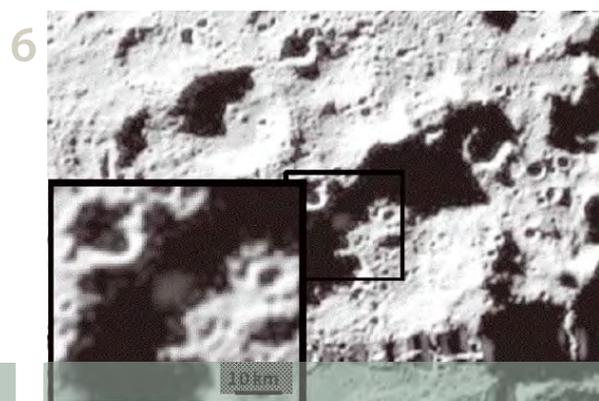


Abb. 6: Die Ejektawolke nach dem Einschlag der Centaur in den Mondkrater Cabeus: Erst nach viel Bildverarbeitung wurde sie auf Bildern einer optischen Kamera auf der LCROSS-Sonde sichtbar.

NASA sozusagen mit Gewalt eine überaus eindeutige Antwort lieferte (vgl. Schlagzeilen, interstellarum 68). Der im selben Jahr gestartete große Lunar Reconnaissance Orbiter brauchte nicht den ganzen Schub der Startrakete, und so durfte noch eine zweite kleinere Sonde mitfliegen: Die Wahl unter mehreren originellen Vorschlägen fiel auf den Lunar Crater Observation and Sensing Satellite. Die massereiche Oberstufe, die LRO wie LCROSS Richtung Mond geschickt hatte, ließ man in einen schattigen Krater nahe des Südpols stürzen, dicht gefolgt von einer kleinen Sonde, die den Einschlag und seine Folgen aus der Nähe beobachten konnte, bevor sie vier Minuten später ebenfalls aufschlug. Zwar waren auch zahlreiche Teleskope auf der Erde und im Orbit auf den Krater Cabeus gerichtet, doch sie konnten nur wenig ausrichten: Hohe Kraterwände nahmen ihnen weitgehend die Sicht. Eigentlich war das anders geplant gewesen, aber die NASA hatte kurzfristig den Zielkrater geändert: In Cabeus und nicht dem benachbarten und besser einsehbaren Cabeus A war die Wasserstoffkonzentration wesentlich höher, die einst der Mondorbiter Lunar Prospector gemessen hatte. Und das interpretierte man als Zeichen für mehr Wassereis auf dem Kraterboden.

Ob diese Überlegung richtig war, erschloss sich zunächst nicht: Nicht nur konnten die irdischen Beobachter wie befürchtet keine eindeutigen Effekte des Einschlags sehen – auch die Kameras auf der LCROSS-Sonde selbst registrierten nur einen schwachen thermischen Blitz und eine so schwach ausgeprägte Ejektawolke, dass beide in der viel beachteten Live-TV-Übertragung gar nicht zu sehen waren. Doch in den Tagen und Wochen danach wurde klar, wie ertragreich dieser künstliche Asteroideneinschlag gewesen war. Auch ein Jahr danach

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

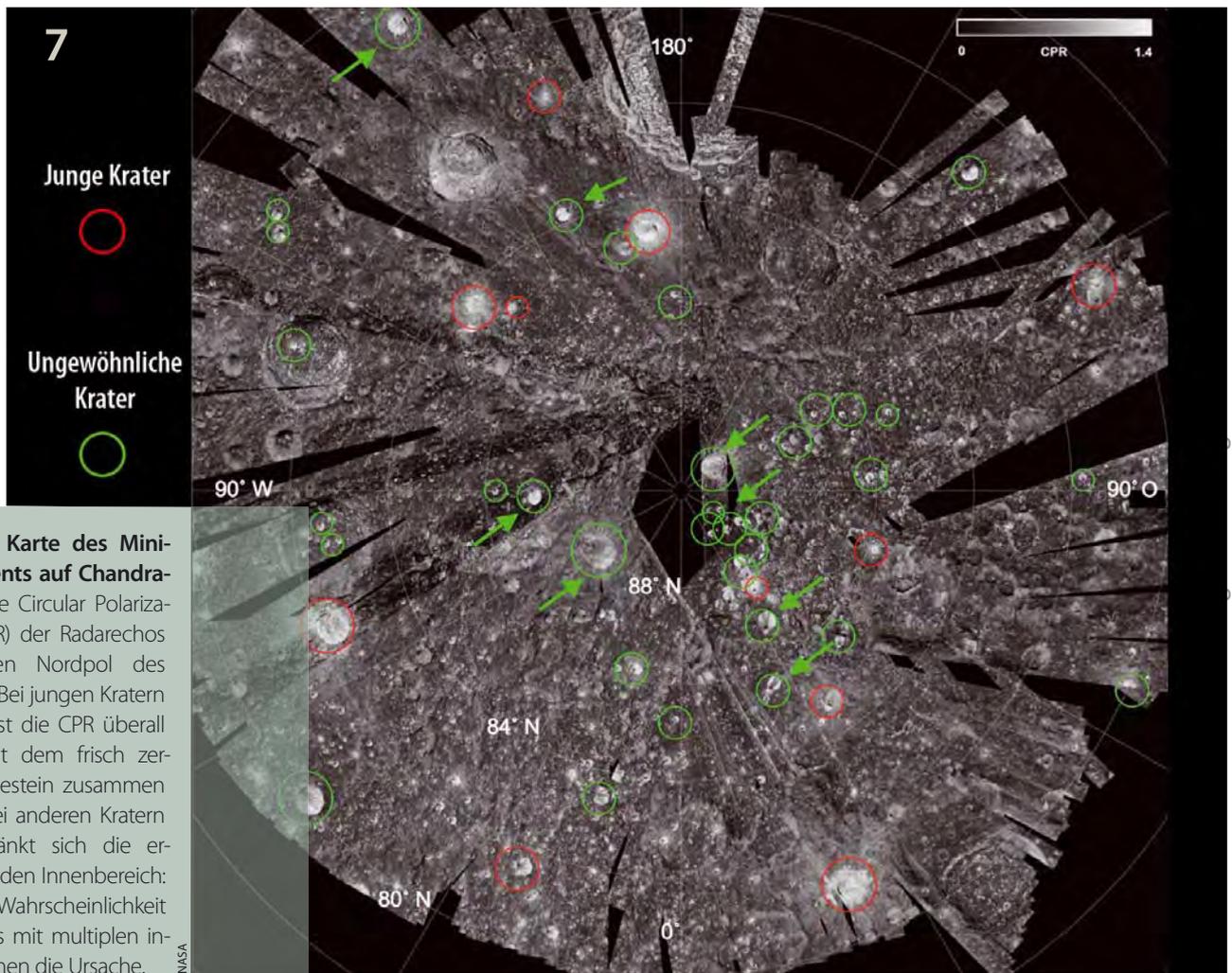


Abb. 7: Eine Karte des Mini-SAR-Instruments auf Chandrayaan I, das die Circular Polarization Ratio (CPR) der Radarechos rund um den Nordpol des Mondes zeigt. Bei jungen Kratern (rot markiert) ist die CPR überall hoch, was mit dem frisch zertürmerten Gestein zusammenhängt, aber bei anderen Kratern (grün) beschränkt sich die erhöhte CPR auf den Innenbereich: Hier ist aller Wahrscheinlichkeit nach Wassereis mit multiplen inneren Reflexionen die Ursache.

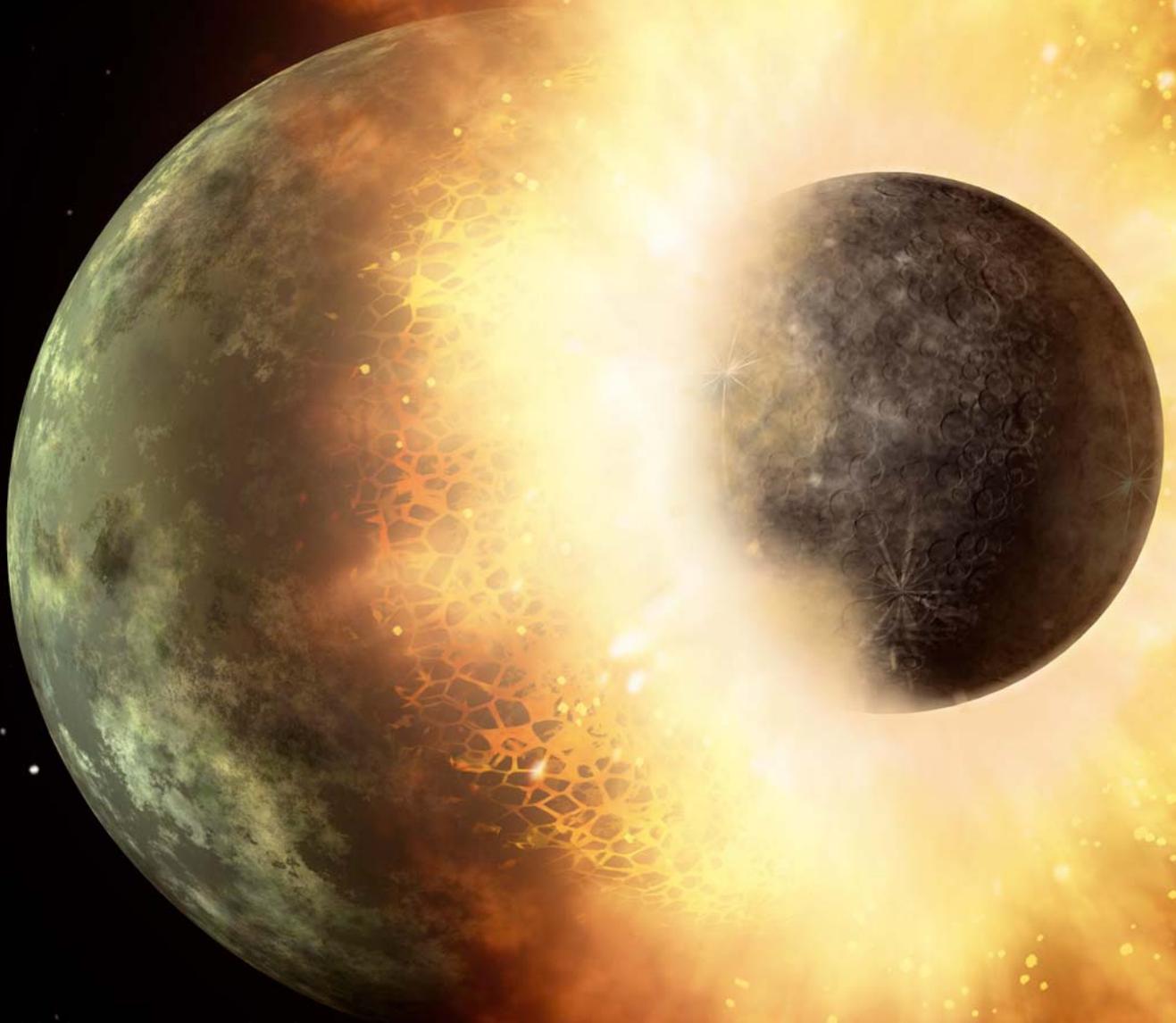
sind zwar nur ein paar Facetten bekannt geworden, aber die sind eindeutig: In der 10km bis 12km breiten Wolke steckten ungefähr 150kg Wasser! Für ein Nahinfrarot-Spektrometer hatte es sich durch markante Absorptionen direkt bemerkbar gemacht, während ein UV- und visuelles Spektrometer Emission von Hydroxyl sah: Das produziert die Sonnenstrahlung rasch aus Wassermolekülen. Die 150kg sind dabei nur eine Untergrenze der Wassermenge in der Ejektawolke, aber schon dieser Wert – der einem Anteil von rund 6 Gewichtsprozent am Boden entspricht – lässt sich unmöglich allein durch adsorbierte Moleküle erklären. Es muss also richtiges Eis im Boden des Kraters Cabeus gewesen sein, nicht unbedingt ein gefrorener See sondern eher Eiskörnchen, in den Boden gemischt. Und der Boden ist hier tatsächlich im Schnitt feuchter als die trockensten Wüsten der Erde, die Atacama zum Beispiel. In welcher Form das Mondeis genau vorliegt und wo es hergekommen ist, das wird vielleicht die Auswertung der Daten aller LCROSS-Instrumente zusammen zeigen können, die leider auch ein Jahr nach dem Einschlag noch aussteht.

Auf diversen Pressekonferenzen und Videokonferenzen für Mondfans haben die LCROSS-Forscher immerhin verraten, dass neben dem Wasserdampf (der immerhin hoch genug stieg, um auch von irdischen Teleskopen erfasst zu werden) und echten Eissplintern sowie Hydroxyl (das entgegen dem ersten Eindruck auch vom Hubble Space Telescope nachgewiesen wurde) auch eine Menge anderer flüchtiger Moleküle in der Ejektawolke steckten. Ihre Zusammensetzung passt durchaus zu der von Kometen und damit zur führenden Hypothese für den Ursprung des Cabeus-Eises: Nach Einschlägen wirken die extrem kalten Kraterböden, auf die nie Sonne fällt und die teilweise nur eine Temperatur von 25K haben, wie perfekte Kältefallen für das verdampfte Kometeneis, aber eben auch für andere Quellen, die sich hier gemischt zu haben scheinen. Kandidaten sind neben dem Sonnenwind sogar interstellare Molekülwolken, denen die Sonne vor Jahrmillionen begegnet sein könnte. Derartige Details kennt man natürlich nur von Cabeus, aber dass das polare Krateris des Mondes weit verbreitet ist, steht auch schon fest: Abermals war es ein amerikanisches

Instrument auf Indiens Chandrayaan I, das hier einen Durchbruch brachte. Die Radaranlage Mini-SAR erhielt aus rund 40 permanent schattigen Kratern in der Nähe des Nordpols Echos mit speziellen Polarisationseigenschaften, die praktisch nur durch vielfache innere Reflexionen in Eis erklärt werden können. Hochgerechnet existieren 600 Mio. Tonnen davon, im Einklang mit den alten Wasserstoffmessungen des Lunar Prospector, die somit tatsächlich – neben immer kontrovers diskutierten frühen Radarexperimenten – die ersten Hinweise auf bedeutende Wasservorräte auf dem Mond gegeben haben. Diese können vielleicht eines Tages während längerer Aufenthalte von Astronauten ausgenutzt werden, und das sogar abseits der eisigen Pole: Modellrechnungen zufolge kann auch ein paar Dezimeter unter sonnenbeschienenem Mondboden Eis überdauern.

Surftipp

LCROSS-Informationen:
www.nasa.gov/lcross



So ungefähr könnte es ausgesehen haben, als ein marsgroßer Himmelskörper vor über 4 Mrd. Jahren die Proto-Erde traf. Aus den Trümmern im Erdorbit verdichtete sich der Mond.

NASA, JPL-CALTECH

Wie ist der Mond entstanden?

Seit dem 19. Jahrhundert, aber auch schon früher, wurden verschiedene Theorien zur Entstehung des Erde-Mond-Systems entwickelt. Man spricht von der Entstehung des Erde-Mond-Systems, weil abgesehen von Pluto und Charon nirgends im Sonnensystem ein Mond eine ähnliche Größe im Vergleich zum umkreisten Planeten aufweist. Alle Modelle zur Entstehung des Erde-Mond-Systems müssen sich daran messen lassen, wie gut sie die heute bekannten Daten über Mond und Erde, insbesondere Gesamtmasse und -drehimpuls sowie Zusammensetzung, wiedergeben. Bisher gibt es jedoch noch keines, das alle Fakten erklärt.

Die großen Theorien

Zu den bekanntesten Theorien zählt die Abspaltungstheorie, bei der sich aus der noch heißen, flüssigen, schnell rotierenden Erde ein Teil abschnürte, der den Erdmond bildete. Gegen diese Theorie spricht die kurze Rotationszeit der frühen Erde von 2,5h, die notwendig gewesen wäre, um den heutigen Gesamtdrehimpuls des Erde-Mond-Systems zu erklären, und für die es keine Hinweise gibt.

Ebenfalls bekannt ist die Einfangtheorie. Nach ihrer Entstehung Erde und Mond unabhängig voneinander und erst bei einer engen

Begegnung der beiden wurde der Mond von der Erde eingefangen. Die Einfangtheorie kann zwar den Drehimpuls des Erde-Mond-Systems und die Dichteunterschiede, aber nicht die Ähnlichkeiten im Isotopenverhältnis von Erde und Mond, wie sie aus den Gesteinsproben der Apollo-Missionen bestimmt wurden, erklären.

Als dritte »große« Theorie geht die Schwesterplanet-Theorie davon aus, dass Erde und Mond gleichzeitig und nahe beieinander entstanden sind. Allerdings kann nicht erklärt werden, warum sich Dichte und Anteil von leichtflüchtigen Elementen sowie von Eisen bei Erde und Mond stark unterscheiden.

1975 wurde schließlich von W. K. Hartmann und D. R. Davis die heute favorisierte Kollisionstheorie veröffentlicht [1], die als einzige wesentliche Fakten des Erde-Mond-Systems richtig beschreiben kann.

Geburt in einer Katastrophe

Hartmann und Davis beschäftigten sich in ihrer Arbeit mit der Größenverteilung von Körpern, die aufgrund von Massenakkretion in der Frühphase des Planetensystems entstanden, sowie den Wahrscheinlichkeiten von Kollisionen unter ihnen. Sie kamen u.a. zu dem Ergebnis, dass in der Umgebung eines erdgroßen Objektes genügend weitere größere Körper entstehen, so dass es innerhalb von 1–100 Mio. Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von gut 10% zu einer Kollision oder zu einem Einfang kommt. Im Einzelnen wird die Wahrscheinlichkeit für einen Zusammenstoß von der Relativgeschwindigkeit der Körper bestimmt. Somit kann man zwanglos erklären, warum die Mondsysteme, sofern überhaupt vorhanden, bei anderen Planeten so verschiedenen sind – ein Punkt, den die Abspaltungstheorie nicht erklären kann.

Demnach könnte innerhalb der ersten 10 bis 100 Millionen Jahre der Entstehungsgeschichte der Erde ein etwa 2400km durchmessender Körper mit der Proto-Erde kollidierte sein. Aber auch ein etwa 6000km messender, also etwa marsgroßer Körper, wird nicht ausgeschlossen. Wenn man annimmt, dass sich zu diesem Zeitpunkt bereits ein Eisenkern in der Erde ausgebildet hatte, sollte das Auswurfmaterial arm an Eisenverbindungen sein – wie es tatsächlich beim Mond beobachtet wird. Die Energie, die bei einer solchen Kollision freigesetzt wird, ist in der Lage eine erhebliche Menge Material auf Fluchtgeschwindigkeit zu beschleunigen und in eine Umlaufbahn zu befördern. So kann sich in einer Erdumlaufbahn das heiße Auswurfmaterial, aus dem leicht flüchtige Elemente entweichen, gesammelt und schließlich den Mond geformt haben.

Nach neueren Rechnungen [2] hätte der Impaktor – in manchen Veröffentlichungen Theia genannt – gut ein Zehntel der Erdmasse besessen, was der Masse des Mars entspricht, und sich der Erde mit einer Relativgeschwindigkeit von etwa 10km/s genähert. Die Kollision wäre dann streifend unter einem Winkel von 42° bis 50° erfolgt, wobei 0° einen Frontalzusammenstoß bedeuten würde. Etwa 1,5–2 Mondmassen an Materie wären dabei in eine Umlaufbahn um die Erde befördert worden, wobei etwa 70% vom Impaktor selbst stammten. Die

ausgeworfene Materie würde sich dabei größtenteils zu einer Scheibe formen, die sowohl geschmolzene als auch gasförmige Komponenten enthielte. Etwa in einem Abstand von sechs Erdradien würde sich die Materie sammeln, aus der sich der Mond dann verdichtete. Dieser Prozess soll innerhalb von einigen hundert oder einigen tausend Jahren, also recht schnell, abgelaufen sein. Materie weiter innen, darunter auch der Kern des Impaktors, dürfte teilweise erneut mit der Erde kollidiert sein. Ein weiteres Ergebnis dieser Studie ist, dass Zusammenstöße zwischen etwa gleichgroßen Objekten mit niedrigen Geschwindigkeiten und Kollisionswinkeln über 30° relativ häufig sein sollten. Man vermutet sogar, dass die Infrarotstrahlung, die man um einige junge Sterne gefunden hat, von durch Kollisionen von Planetesimalen frei gesetzter Materie stammt [3–5]. Auch für die Entstehung des Pluto-Charon-Systems glaubt man ein ähnliches Szenario wie für die des Erde-Mond-Systems annehmen zu können [6].

Wichtiges Indiz der Kollisionstheorie ist u.a. die Ähnlichkeit der Häufigkeitsmuster siderophiler Elemente (schwere Übergangsmetalle mit Affinität zu Bindungen mit Eisen) im Erdmantel und im Mondgestein. Man kann nämlich zeigen, dass die Häufigkeitsmuster siderophiler Elemente von den Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Druck abhängen, unter denen sie sich bilden. Die Häufigkeitsmuster im Erdmantel sind durch komplexe Prozesse bei der Trennung des Metallkerns der Erde entstanden und unterscheiden sich z.B. deutlich von denen des Mars. Es wird daher als unwahrscheinlich angesehen, dass ein ähnliches Muster bei der unter ganz anderen Bedingungen abgelaufenen Bildung des Mondkerns, der nur 2% der Mondmasse ausmacht, entstanden ist [7].

Ungeklärte Fragen

Trotz überzeugender Argumente, die für die Kollisionstheorie sprechen, gibt es Beobachtungen, die mit ihr nicht oder nur schwer erklärt werden können. Proben der Mondoberfläche enthalten nämlich mehr Eisenoxid als man im Erdmantel findet; demnach dürfte der Mond nur zu einem geringen Teil aus Erdmantelmaterie bestehen [8]. Häufigkeiten einiger Silikate im Erdmantel verglichen mit denen der Erde insgesamt liefern keinerlei Hinweise darauf, dass die Erde jemals einen Magmaozean besaß. Die Energie der Kollision sollte nämlich zu Aufschmelzungsprozessen und in deren Folge zu Differenziation, was

die Häufigkeiten verändert, geführt haben [9]. Auch die Verhältnisse bzw. Häufigkeiten einiger flüchtiger Elemente, insbesondere von Alkalimetallen, auf dem Mond entsprechen nicht den Erwartungen [9]. Das Verhältnis lunarer Sauerstoffsotope hingegen ist identisch mit dem der Erde. Dies ist ungewöhnlich, da sich das Sauerstoffsotopenverhältnis der Erde ansonsten deutlich von dem anderer Planeten, z.B. Mars, unterscheidet, lässt sich aber erklären, wenn man annimmt, dass der Impaktor im selben Abstand zur Sonne entstanden ist wie die Erde und deshalb ein identisches Mischungsverhältnis aufwies. Gleichzeitig bedeutet es jedoch, dass Abweichungen bei den Häufigkeiten der Isotope auf dem Mond nicht durch Meteoriteneinschläge verursacht sein können [10]. Auch die »großen« Wassermengen, die man auf dem Mond gefunden haben will (s. Titelgeschichte) passen nicht recht ins Bild, wenn man bedenkt, dass der Mond aufgrund seiner Entstehungsgeschichte arm an flüchtigen Elementen sein sollte.

- [1] Hartmann, W. K., Davis, D. R.: Satellite-sized planetesimals and lunar origin, *Icarus* 24, 504 (1975)
- [2] Canup, R. M.: Simulations of a late lunar-forming impact, *Icarus* 168, 433 (2004)
- [3] Lisse, C. M. et al.: Abundant Circumstellar Silica Dust and SiO Gas Created by a Giant Hypervelocity Collision in the ~12 Myr HD172555 System, *Astrophys. J.* 701, 2019 (2009)
- [4] Rhee, J. H., Song, I., Zuckerman, B. (2007): Warm dust in the terrestrial planet zone of a sun-like Pleiad: collisions between planetary embryos?, *Astrophys. J.* 675, 777 (2007)
- [5] Song, I. et al.: Extreme collisions between planetesimals as the origin of warm dust around a Sun-like star, *Nature* 436, 363 (2005)
- [6] McKinnon, W. B.: On the origin of the Pluto-Charon binary, *Astrophys. J. Letters* 344, 41 (1989)
- [7] Ringwood, A. E.: Terrestrial origin of the moon, *Nature* 322, 323 (1986)
- [8] Taylor, S. R. (1997): The Bulk Composition of the Moon, *Lunar and Planetary Science XXVIII* (1997), www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc97/pdf/1070.PDF
- [9] Jones, J. H.: Tests of the Giant Impact Hypothesis, *Lunar and Planetary Science, Origin of the Earth and Moon Conference*, (1998), www.lpi.usra.edu/meetings/origin98/pdf/4045.pdf.
- [10] Wiechert, U. et al.: Oxygen Isotopes and the Moon-Forming Giant Impact, *Science* 294, 345 (2001)

Surftipp

Wie entstand der Mond?:

www.br-online.de/br-alpha/alpha-centauri/alpha-centauri-mond-1999-ID1209389830481.xml

Himmelsereignisse im Dezember/Januar 2011

Winter-Finsternisse

Die partielle Sonnenfinsternis am 4.1.2011

Die erste Sonnenfinsternis im Jahr 2011 ereignet sich bereits in den Vormittagsstunden des 4.1.2011. In weiten Teilen Europas, Nordafrikas und Zentralasiens ist diese partielle Finsternis zu sehen. Sie ist die 14. der Saros-Serie 151, die erst im Jahr 1776 begann. Jeweils zu Beginn einer Serie treten nur partielle Sonnenfinsternisse auf, bis der Mondschatten die Erde voll trifft. Noch vier weitere partielle Finsternisse werden bis 2083 folgen, bis am 28.2.2101 ein Reigen ringförmiger Finsternisse folgt, der am 5.5.2209 durch die erste ringförmig-totale Sonnenfinsternis der Serie beendet wird. Nach 1280 Jahren wird am 1.10.3056 die Serie mit einer partiellen Finsternis in der Antarktis enden.

Im deutschsprachigen Raum erreicht die partielle Sonnenfinsternis am 4.1. einen Bedeckungsgrad von ca. 70% – 80%. Fast überall hat die Verfinsternung bei Sonnenaufgang schon begonnen, nur ganz im Osten von Österreich ist die Sonne bereits aufgegangen. Allerdings steht sie in Wien bei Sonnenaufgang auch nur 2° über dem Horizont, so dass eine gute Horizontsicht nach Südosten für die Beobachtung ein Muss ist. Der Mond schiebt sich von oben rechts kommend über die Sonne, während sie allmählich an Höhe gewinnt. Gegen 9:20 Uhr erreicht die Finsternis ihr Maximum, wobei die Sonne je nach Beobachtungsort 6°–11° hoch im Südosten steht. Gegen 10:45 Uhr ist die Finsternis zu Ende. Die übrigen drei partiellen Sonnenfinsternisse im Jahr 2011 sind von Europa aus nicht zu beobachten.



■ Peter Friedrich

Kontaktzeiten für Städte im deutschsprachigen Raum¹

Ort	Sonnenaufgang / Beginn	Mitte	Ende	maximaler Bedeckungsgrad
Aachen	8:41 MEZ / 8:00 MEZ	9:16 MEZ	10:39 MEZ	69%
Basel	8:21 MEZ / 7:56 MEZ	9:13 MEZ	10:37 MEZ	66%
Berlin	8:20 MEZ / 8:08 MEZ	9:27 MEZ	10:52 MEZ	74%
Bern	8:19 MEZ / 7:55 MEZ	9:12 MEZ	10:36 MEZ	65%
Bonn	8:37 MEZ / 8:01 MEZ	9:17 MEZ	10:40 MEZ	70%
Bremen	8:42 MEZ / 8:06 MEZ	9:23 MEZ	10:46 MEZ	73%
Dortmund	8:39 MEZ / 8:02 MEZ	9:19 MEZ	10:42 MEZ	71%
Dresden	8:12 MEZ / 8:05 MEZ	9:25 MEZ	10:52 MEZ	73%
Duisburg	8:41 MEZ / 8:02 MEZ	9:18 MEZ	10:41 MEZ	70%
Düsseldorf	8:40 MEZ / 8:01 MEZ	9:17 MEZ	10:41 MEZ	70%

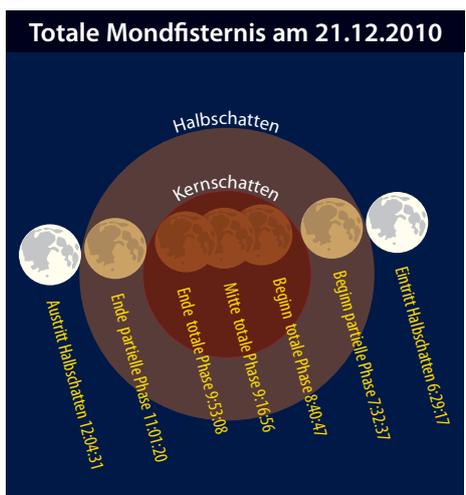
¹ F. Espenak: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/JSEX/JSEX-index.html>; M. Dings

Ort	Sonnenaufgang / Beginn	Mitte	Ende	maximaler Bedeckungsgrad
Frankfurt (Main)	8:27 MEZ / 8:01 MEZ	9:18 MEZ	10:42 MEZ	70%
Hamburg	8:40 MEZ / 8:07 MEZ	9:25 MEZ	10:48 MEZ	74%
Hannover	8:34 MEZ / 8:05 MEZ	9:22 MEZ	10:47 MEZ	73%
Köln	8:38 MEZ / 8:01 MEZ	9:17 MEZ	10:41 MEZ	70%
Leipzig	8:18 MEZ / 8:05 MEZ	9:24 MEZ	10:50 MEZ	73%
Mannheim	8:25 MEZ / 8:00 MEZ	9:17 MEZ	10:41 MEZ	69%
München	8:07 MEZ / 7:59 MEZ	9:18 MEZ	10:45 MEZ	69%
Nürnberg	8:15 MEZ / 8:01 MEZ	9:20 MEZ	10:45 MEZ	70%
Stuttgart	8:19 MEZ / 7:59 MEZ	9:16 MEZ	10:41 MEZ	69%
Wien	7:49 MEZ / 8:03 MEZ	9:25 MEZ	10:53 MEZ	71%
Zürich	8:16 MEZ / 7:57 MEZ	9:13 MEZ	10:38 MEZ	67%

Totale Mondfinsternis am 21. Dezember

In den Morgenstunden des 21.12. ereignet sich die einzige totale Mondfinsternis des Jahres 2010. Nur der Beginn ist im deutschsprachigen Raum zu sehen – je weiter westlich und nördlich man sich befindet umso besser. So geht der Mond in Wien wenige Minuten nach Eintritt in den Kernschatten unter, während man in Hamburg und Bonn den größten Teil der partiellen Phase beobachten kann. In Flensburg ist es sogar möglich, bei guter Horizontsicht den total verfinsterten Mond untergehen zu sehen. In ihrer ganzen Länge kann die Finsternis in Europa allerdings nur nördlich des Polarkreises verfolgt werden.

■ Peter Friedrich

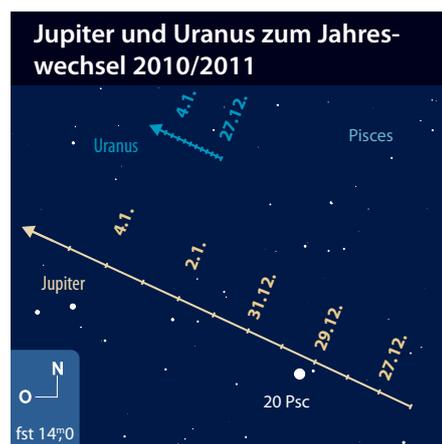


Quadrantiden-Meteore am 4. Januar

Die Quadrantiden sind ein Strom, der mit einer stündlichen Rate von 100 Meteoren im Maximum zu den aktivsten im Jahresverlauf zählt. Allerdings sind die Beobachtungsbedingungen in unserer Region nur etwa alle vier Jahre brauchbar, denn dann fallen der kurze Aktivitätszeitraum bzw. das Maximum des Stromes und ein höherer Stand des Radianten über dem Horizont zusammen. Nur bei dieser Konstellation ist die Aktivität des Stromes gut zu beobachten. Wenn dann auch noch der Mond den Himmel nicht erhellt, haben wir es mit sehr seltenen, optimalen Bedingungen zu tun. So sind es diesmal die europäischen Beobachter, die sich auf das Maximum des Stromes, der nach dem nicht mehr existenten Sternbild Mauerqua-

drant (Quadrans Muralis) benannt wurde und dessen Radiant sich im heutigen nördlichen Teil des Sternbildes Bootes befindet, freuen können. Ursprungsobjekt ist mit großer Wahrscheinlichkeit der Asteroid 2003 EH₁, vermutlich ein alter, ausgeaster Komet, dessen Überreste man nun als Sternschnuppen am Himmel sehen kann. Das kurze Maximum der Quadrantiden wird am 4.1.2011 um ca. 2:00 MEZ erwartet. Der Radiant wird zu diesem Zeitpunkt etwa 35° über dem östlichen Horizont stehen. Da sich der Mond in der Nähe der Sonne befindet, stört das Licht unseres kosmischen Nachbarn bei der Beobachtung nicht.

■ André Knöfel



Nahe Begegnung von Jupiter und Uranus am 4.1.2011

Der Jahreswechsel zeigt uns am Abendhimmel eine nahe Begegnung der beiden äußeren Planeten Jupiter und Uranus. Jupiter mit einer Helligkeit von -2^m3 ist immer noch das hellste Objekt am Abendhimmel und kann leicht über dem südwestlichen Horizont aufgefunden werden. Dabei bewegt er sich am Himmel Richtung Osten und überholt dabei südlich den mit 5^m9

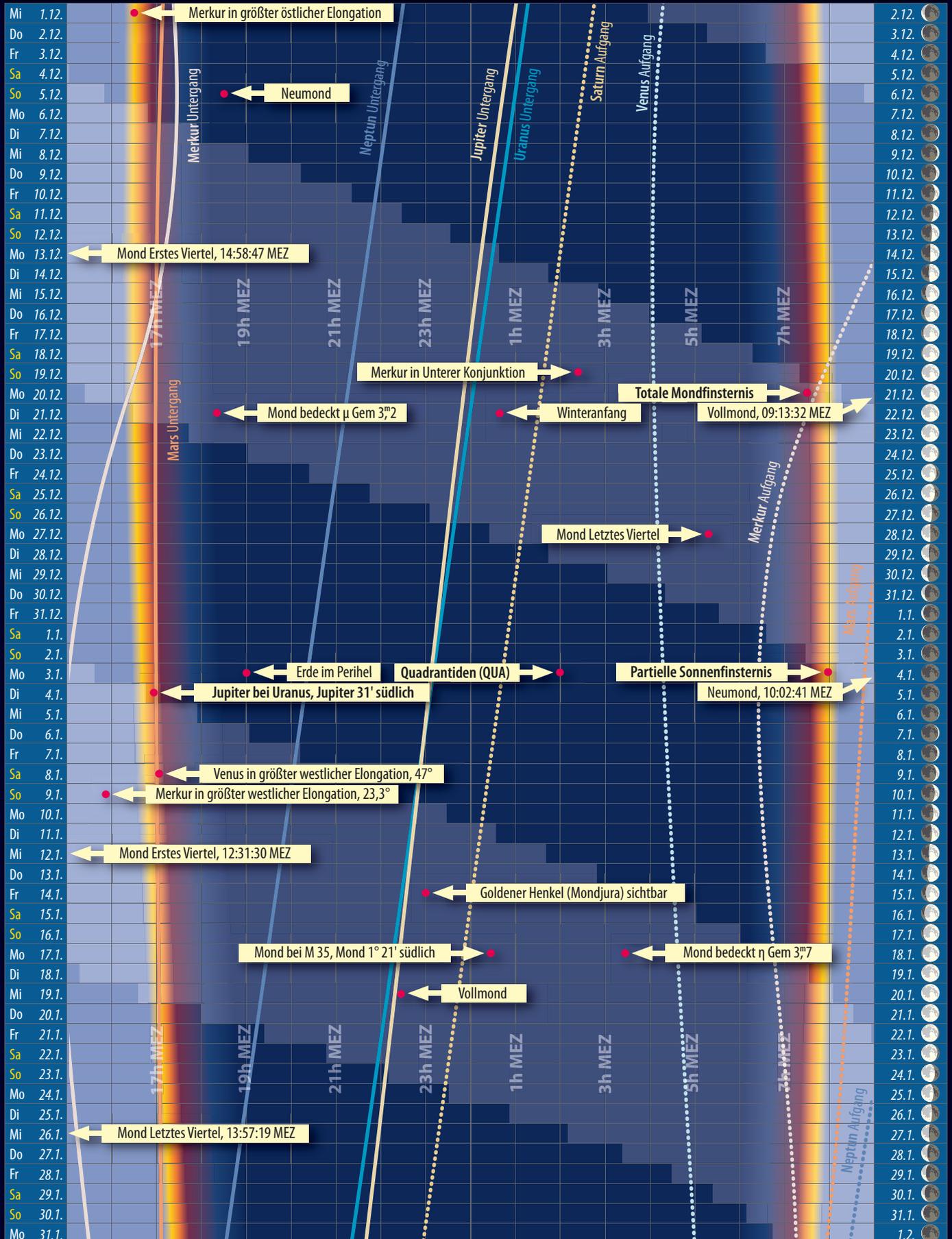
Astronomische Ereignisse im Dezember 2010/Januar 2011		
1.12.	16:25:53 MEZ	Merkur in größter östlicher Elongation
5.12.	18:35:47 MEZ	Neumond
13.12.	14:58:47 MEZ	Mond Erstes Viertel
20.12.	02:23:07 MEZ	Merkur in Unterer Konjunktion
21.12.	07:33:38 MEZ	Totale Mondfinsternis
21.12.	09:13:32 MEZ	Vollmond
21.12.	18:16:43 MEZ	Mond bedeckt μ Gem 3 ^m 2
22.12.	00:38:32 MEZ	Winteranfang
28.12.	05:18:31 MEZ	Mond Letztes Viertel
3.1.	19:01:14	Erde im Perihel
4.1.	02:00:00 MEZ	Quadrantiden (QUA), Dauer: 1.1.–5.1., ZHR: 100
4.1.	08:01:00 MEZ	partielle Sonnenfinsternis
4.1.	10:02:41 MEZ	Neumond
4.1.	16:54:00 MEZ	Jupiter bei Uranus, Jupiter 31' südlich
8.1.	17:02:09 MEZ	Venus in größter westlicher Elongation, 47°
9.1.	15:48:51 MEZ	Merkur in größter westlicher Elongation, 23,3°
12.1.	12:31:30 MEZ	Mond Erstes Viertel
14.1.	23:00:00 MEZ	Goldener Henkel (Mondjura) sichtbar
18.1.	00:24:00 MEZ	Mond bei M 35, Mond 1° 21' südlich
18.1.	03:21:15 MEZ	Mond bedeckt η Gem 3 ^m 7
19.1.	22:21:29 MEZ	Vollmond
26.1.	13:57:19 MEZ	Mond Letztes Viertel

Zeiten bezogen auf die Mitte des deutschen Sprachraums (Nürnberg)

■ André Knöfel

Das Sonnensystem im Dezember/Januar 2011

Dämmerungsdiagramm im Dezember/Januar 2011



Der Lauf der Planeten im Dezember 2010



morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

abends sichtbar

Der Lauf der Planeten im Januar 2011

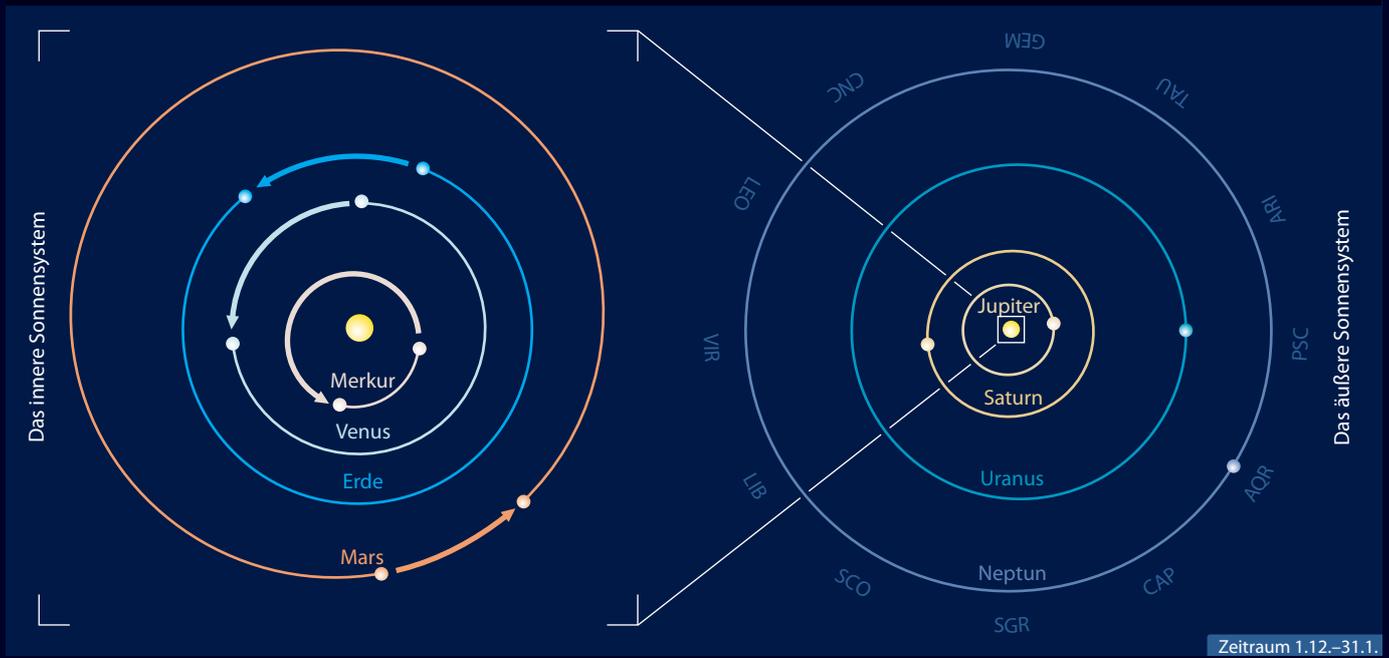


morgens sichtbar

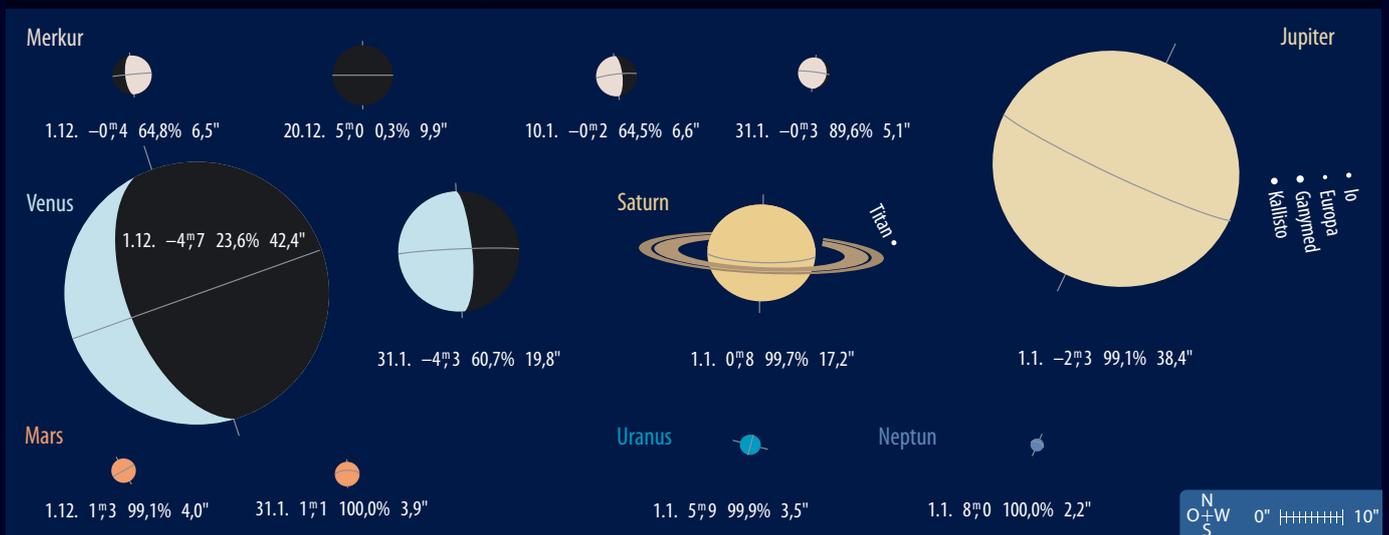
ganze Nacht sichtbar

abends sichtbar

Die Planeten auf ihren Bahnen im Dezember/Januar 2011



Die Planeten im Fernrohr im Dezember/Januar 2011



Sonne aktuell Es geht aufwärts

Abb. 1: Sonnenfleck NOAA 1084 bei gutem Seeing am 2.7.2010 um 13:04 MESZ, CCD-Aufnahme, 12,5"-Newton bei 8600mm, TIS DMK21AF04, Baader-Astro-Solar-Folie, UV-IR-Cut-Filter. *Ralf Gerstheimer*

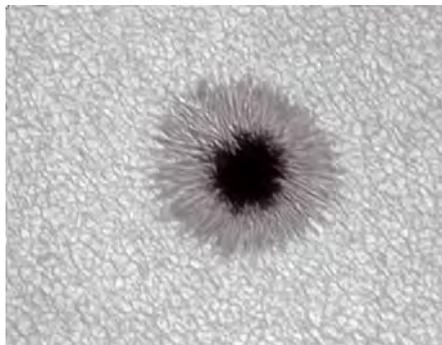


Abb. 2: Sonne in Ha am 31.7.2010 um 18:43 MESZ mit aktiven Regionen NOAA AR 11092 und 11089. CCD-Aufnahme (Komposit), 4"-Refraktor bei 700mm und Ha PST, DMK 31AU03.AS, D-ERF Energieschutzfilter, BF15-Filter. *Jörg Kopplin* ▶



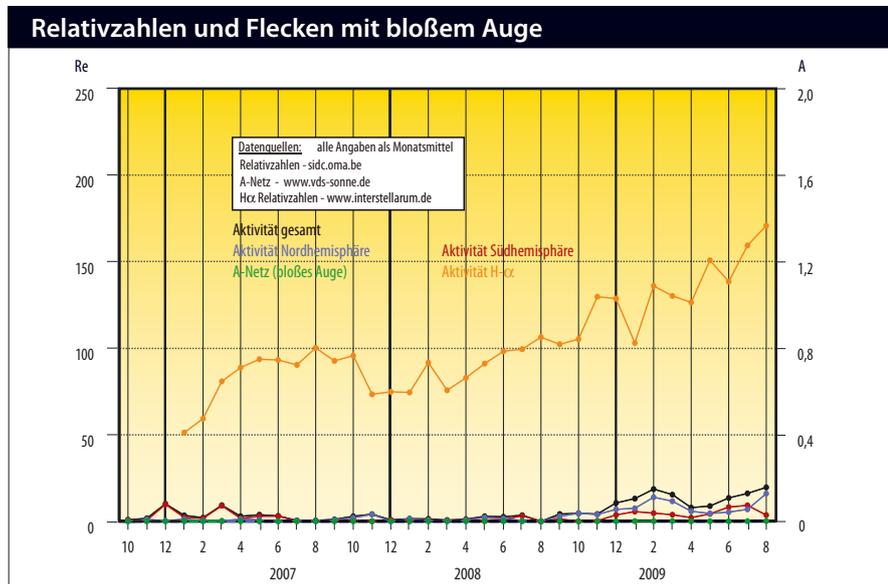
Die Sonnenaktivität hat sich in den letzten Wochen eher zögerlich entwickelt, im September aber einen großen Aufschwung genommen. Auffälligstes Merkmal: Nach dem Aktivitätseinbruch im April stieg die Aktivität zwar moderat an, eine größere Anzahl höher entwickelter Fleckengruppen der Waldmeierklassen C, D und E blieb aber zunächst aus und die höheren Relativzahlen kamen hauptsächlich durch eine Vielzahl an kleinen A- und B-Gruppen zustande.

Im Juli konnten insgesamt neun Fleckengruppen auf der Sonne verfolgt werden, von denen lediglich zwei einen höheren Entwicklungsstand erreichten. Eine dieser beiden Gruppen war am 21. erschienen und schaffte immerhin aufgrund ihrer Ausdehnung und Komplexität die Waldmeierklasse E. Sie wurde um den 24. Juli von einigen Beobachtern mit Hilfe etwa von Sonnenfinsternisbrillen oder Schweißergläsern, bei Sonnenauf- oder untergang auch mit bloßem Auge gesehen. Damit wurde sie bis dahin zur größten Fleckengruppen des laufenden Zyklus.

Im August kamen die Fleckengruppen, acht an der Zahl, über die Klasse C nicht hinaus, neben ein paar H- und J-Gruppen waren es vor allem wieder A- und B-Flecken, die die Szenerie belebten. In kleineren Fernrohren war es manchmal sehr schwierig, diese sich nahe an der Auflösungsgrenze befindenden Gruppen überhaupt auszumachen. In den ersten Tagen des Monats konnten dann für mehrere Tage vier Fleckengruppen gleichzeitig beobachtet werden, was schon ein kleines Novum im bisherigen Zyklusverlauf darstellt. Vom 21. bis 23. war die Sonne dann wieder fleckenfrei, danach zog einsam eine H-Gruppe über die Sonne, die in den letzten Tagen des Monats von einer kleinen C-Gruppe begleitet wurde, die sich aber nur langsam entwickelte.

Seit Anfang September können auch wieder vermehrt Fleckengruppen der mittleren Klassen und sogar erste echte E- und möglicherweise auch F-Gruppen beobachtet werden. Dahinter steht jedoch ein Fragezeichen, weil die Klassifikation der verschiedenen Institute hier sehr unterschiedlich ausfällt.

Die in der letzten Ausgabe von interstellarum veröffentlichte Prognose für das nächste Sonnenfleckennmaximum hat sich bis Anfang September nicht verändert, was auf eine gewisse Stabilität in der Abschätzung der Sonnenaktivität der nächsten Jahre hindeutet. Das hiernach im Frühsommer 2013 zu erwartende Maximum dürfte aber zu den neun schwächsten jemals gemessenen gehören und das niedrigste seit 1928 sein, was so gar nicht zu den Weltuntergangsszenarien für 2012 passt. Gleichwohl ist in dieser Zeit selbstredend mit Flares auch der höchsten Klasse X zu rechnen. Deren Zahl dürfte aber eher gering sein und zu den schon aus der Vergangenheit bekannten Effekten wie Störungen im Kurzwellenfunk, in den weltweiten Handnetzen und Ausfällen von Satelliten (der Absturz der Raumstation SKLYLAB im Jahre 1979 war eine Folge der damals erhöhten Sonnenaktivität, die die Ionosphäre ausdehnen ließ, an deren Teilchen sich dann die Station rieb, abgebremst wurde und deshalb an Umlaufhöhe verlor) führen. Grund zur Panik besteht aber nicht. Der größte Sonnensturm der letzten zehn Jahre im November 2003 hat auch nicht zur Vernichtung der Erde geführt, sondern, neben einigen technischen Problemen, zu bis in südliche Breiten sichtbare Polarlichter. Diese werden auch bei einem schwachen Maximum bei uns zu sehen sein, wenngleich auch nicht mit der Intensität vergangener Jahrzehnte.



Surftipps

Sonnenbeobachtung für Amateure von Wolfgang Strickling:
www.strickling.net/sonneanf.htm

Sonnenbeobachtung von Andreas Murner:
www.sonnenbeobachtung.de

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

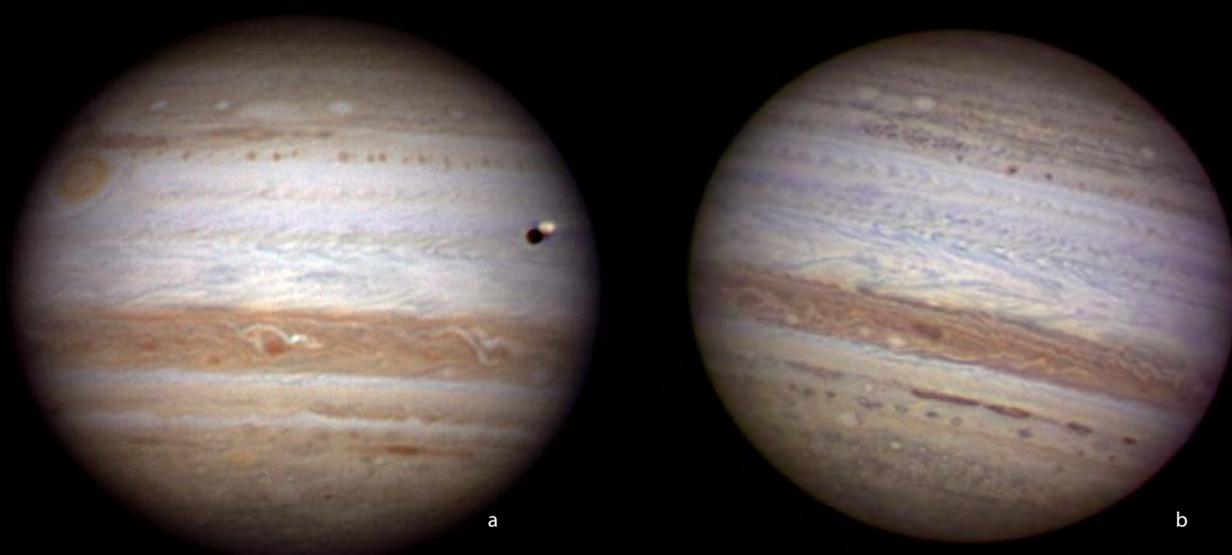


Abb. 1: Jupiter in voller Pracht am 19. (a) und 20.9.2010 (b). Christopher Go, Damian Peach

Planeten aktuell Wann kommt das SEB-Revival?

Jupiter dominiert den Abendhimmel, und die Planetenbeobachter blicken voller Spannung auf den Riesenplaneten: Wann beginnt das SEB-Revival? Bis zum Redaktionsschluss dieses Heftes war kein Anzeichen eines Ausbruchs zu erkennen, doch kann es täglich dazu kommen. Da das Verblasen des Bandes genau ein Jahr zurückliegt, besteht nach den Erfahrungen mit vergangenen Ereignissen im Dezember und Januar eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass es zum Ausbruch des Revivals kommt (vgl. ausführlichen Beitrag S. 40). Im interstellarum-Newsletter unterrichten wir Sie, sobald etwas passiert.

Auch abseits vom SEB zeigt der Riesenplanet derzeit viel Aktivität. Der Vorübergang

des derzeit orange eingefärbten, aber eigentlich aufgrund seiner Morphologie weißen Ovals BA am Großen Roten Fleck Ende August wurde vielfach dokumentiert. Das STB, in dem das Oval liegt, setzte das im letzten Heft berichtete Wiedererscheinen fort und ist inzwischen wieder fast ganz hergestellt. Der GRF liegt derzeit bei 155° Länge im System II.

Besonders breit ist das verbliebene nördliche der beiden Äquatorbänder: Es durchläuft gerade eine besonders weit nach Norden ausgedehnte Phase seines rhythmischen Ausdehnens und Zurückziehens. Dadurch sind die dunkelbraunen Barren, die sonst an seinem Nordrand liegen, derzeit in das Band eingebettet und schwer beobacht-

bar. Dagegen zeigen sich eine Reihe von weißen Ovalen am Nordrand (»Potholes«, die sonst schwer beobachtbar in der hellen Nordtropischen Zone liegen und dort kaum zu beobachten sind.

Wenn Sie ein Teleskop besitzen: Beobachten Sie Jupiter – es lohnt sich!

■ Ronald Stoyan

Surftipps

Aktuelle Planetenaufnahmen:

www.planetenaktuell.de

Aktuelle GRF-Position:

jupos.privat.t-online.de/rGrs.htm

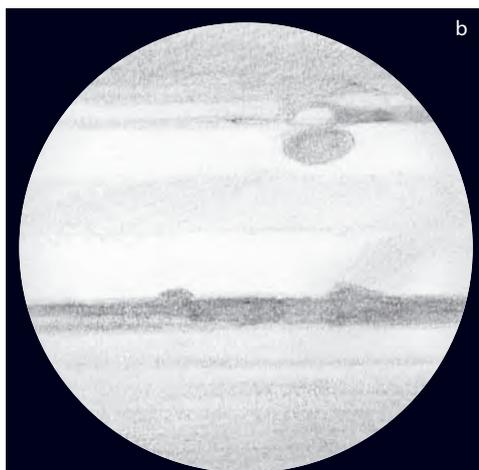
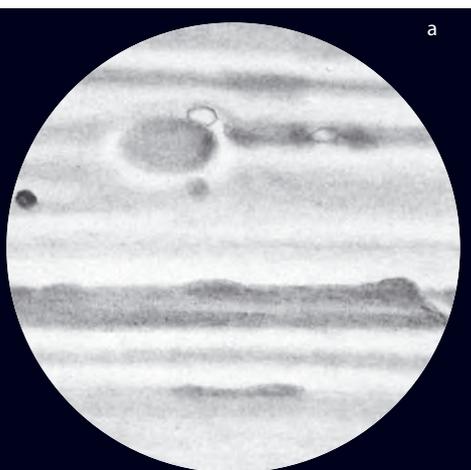
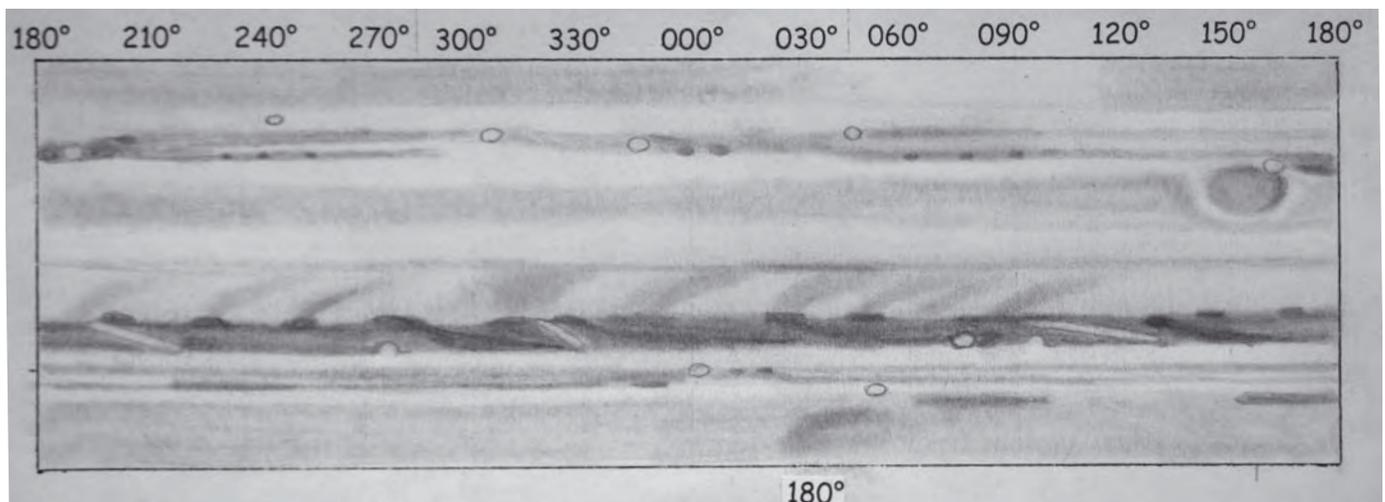


Abb. 2: Gesamtkarte der Jupiteratmosphäre vom 17. bis 22.8.2010. 10"-Newton, 240x. Christian Harder

Abb. 3: GRF und WOS-BA vor (a) und nach (b) der Passage.

a) 17.8.2010, 10"-Newton, 240x. Christian Harder

b) 31.8.2010, 4,7"-Refraktor, 170x. Ronald Stoyan



Abb. 1: 103P/Hartley am 8.9.2010 um 23:21 MESZ. Digitalfoto, 3,5"-Refraktor bei 500mm, Canon 450D, ISO 1600, 15x5min. *Norbert Mrozek*



Abb. 2: 103P/Hartley am 20.9.2010 um 3:57 MESZ, CCD-Aufnahme, 10"-Newton bei 950mm, Sigma 6303, 1x210s (R), 1x270s (G), 1x270s (B). *Michael Jäger*

Kometen aktuell Abschied von 103P/Hartley

Nachdem 103P/Hartley den ganzen Herbst über den Kometen-Himmel dominiert hat, heißt es nun wieder langsam Abschied nehmen. Unter wesentlich ungünstigeren Bedingungen wird er dann im Jahre 2017 wiederkehren. Er bleibt aber voraussichtlich der einzige Komet, der in den kommenden beiden Monaten eine größere Helligkeit als 12^m0 erreicht und damit auch für Besitzer kleinerer und mittlerer Teleskope erreichbar ist.

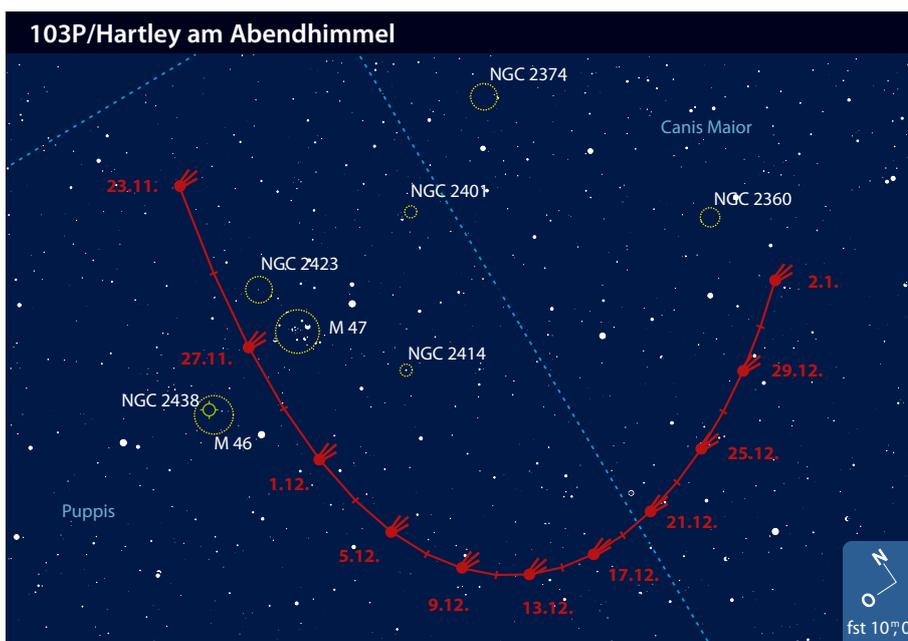
Anfang Dezember ist der Komet immer noch die ganze Nacht über gut zu beobachten. Er steht nahe der Sternhaufen M 46 und M 47, zwischen denen er in der Nacht vom 27. auf 28. November hindurch

gewandert ist. Sein Lauf durch die Wintermilchstraße Richtung Süden verlangsamt sich nun zusehends. Mehr als einen Monat nach der Erdnähe ist er inzwischen wieder 0,3AE von uns entfernt. Der Schweifstern steht nicht mehr so hoch am Himmel, als Anhaltspunkt kann Sirius dienen, der nur einige Grade westlich steht. 103P wandert durch das Sternbild Achterdeck und erreicht am 18.12. seine südlichste Deklination. Die Helligkeitsentwicklung lag nach den Beobachtungen im Spätsommer etwas hinter den Erwartungen zurück, aktuell könnte er daher nur noch etwa 9^m0 hell sein. Da der Komet eine große, aber lichtschwache, äußere Koma besitzt, ist das Beobachten unter dunklem Himmel ohne störendes Mondlicht besonders zu empfehlen. Dazu eignet sich auf Grund des Mondlaufes vorwiegend die erste Monatshälfte, sowohl im Dezember als auch im Januar. Anfang des neuen Jahres ist

der Komet im Sternbild Großer Hund zu finden und zieht jetzt in nördlicher Richtung unweit am Hauptstern Sirius vorüber. Die Helligkeit dürfte nun schon auf 10^m0 oder schwächer zurück gegangen sein und diese Wiederkehr, die unter optimalen Voraussetzungen stattfand, neigt sich dem Ende zu.

Noch eine kurze Vorschau auf die Kometen des Jahres 2011: Eine der zahlreichen Entdeckungen des Siding Spring Observatoriums in Australien verspricht ganz besonders interessant zu werden. **C/2009 P1 (Garradd)** könnte von Juni 2011 bis Mai 2012 heller als 10^m0 werden und dabei von Februar bis April 2012 zirkumpolar bleiben. Sein Perihel erreicht dieser außergewöhnliche Komet am 24. Dezember 2011 und die maximale Helligkeit wird im Februar 2012 zwischen 5^m0 und 7^m0 betragen. Gespannt wird auch die Wiederkehr von **P/2006 T1 (Levy)** im kommenden Herbst und Winter erwartet, wobei eine Helligkeitsprognose schwierig ist, da der Entdeckung im Jahre 2006 ein Helligkeitsausbruch vorangegangen sein dürfte.

■ Burkhard Leitner



Surftipps

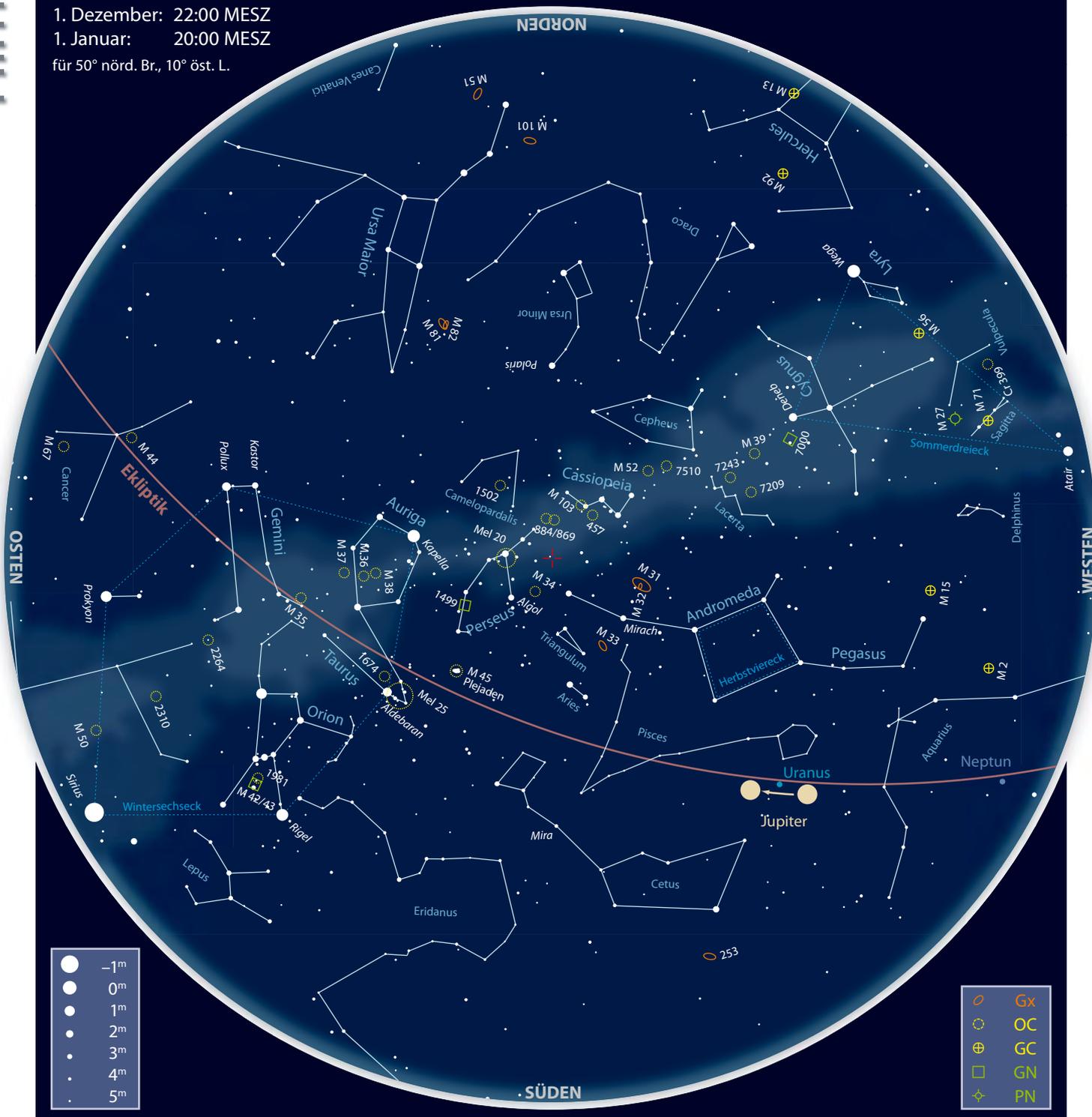
Monats- und Jahresübersichten, Aufsuchkarten, Bilder:
www.kometarium.com
 Aktuelle Kometenfotos:
www.kometenaktuell.de
 Fotos, Links und Infos zu 103P/Hartley:
www.kometen.info/103p.htm
 interstellarum-Newsletter:
www.oculum.de/interstellarum/newsletter.asp

Kometen im Dezember 2010/Januar 2011

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erwartete Helligkeit
103P/Hartley	15.3.1986	28.10.2010 (1,06AE)	21.10.2010 (0,12AE)	August 2010 bis Februar 2011	8 ^m bis 11 ^m

Der Sternhimmel im Dezember/Januar 2011

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



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

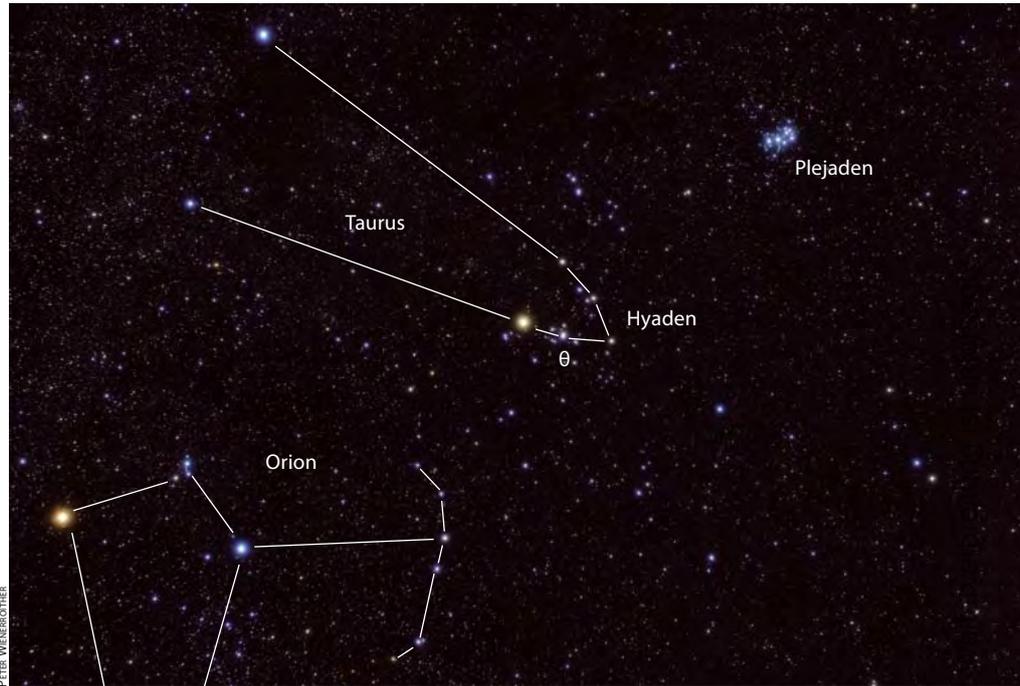
Beobachtungsempfehlungen für Dezember/Januar

Name	Empfehlung für	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Entfernung	DSRA/Uran.
$\theta^{1/2}$ Tauri	bloßes Auge	DS	4 ^h 28,6 ^{min} /4 ^h 28,7 ^{min}	+15° 57,7' / +15° 52,3'	3 ^m 84/3 ^m 35–3 ^m 42	5,6'	155Lj	9/178
Cr 463	Fernglas	OC	1 ^h 48,4 ^{min}	+71° 57'	5 ^m 7	36'	2000Lj	–/17
NGC 1977	Teleskop	GN	5 ^h 35,4 ^{min}	–4° 48'		5'×23'	1270Lj	17/225
Barnards Loop	bloßes Auge	GN	5 ^h 31 ^{min}	–4° 54'		1200'	1400–1600Lj	17/226
IC 349, (Barnards Meropenebel)	Teleskop	GN	3 ^h 46,3 ^{min}	+23° 56,4'	13 ^m	26"×26"	440Lj	–/132

Unbekanntes am Winterhimmel

Astronomie mit bloßem Auge θ Tauri

Die Beobachtung von Doppelsternen gilt gemeinhin als Domäne hochwertiger Refraktoren, für gering vergrößernde Ferngläser oder gar das freie Auge finden sich nur wenige Listen mit möglichen Objekten in Literatur und Internet. Hinzu kommt, dass man mit einer zusätzlichen Optik Augenfehler oft gut korrigieren kann, während ohne diese Hilfsmittel z.B. die oft unentdeckte Nachtmyopie (vgl. interstellarum 57, S. 53f.) jede Freude am Entdecken verderben kann. Auch deshalb sind Doppelsternempfehlungen für das bloße Auge immer mit einer gewissen Vorsicht zu genießen. So konnten nach Bitte des Autors während einer gemeinsamen Beobachtungsnacht mehrere Beobachter θ Tauri nicht zweifelsfrei trennen, während das u.a. einem Neuling ohne Probleme gelang. Dabei gilt die scheinbare Entfernung der beiden Komponenten von 337" als durchaus »bequem«, verglichen mit den 209" Entfernung der beiden – von einigen Amateurastronomen freizügig aufgelösten – Hauptkomponenten von ϵ Lyrae oder der oft zitierten Grenze von 180" für die Auflösbarkeit mit dem bloßen Auge. Wohlgedenkt gilt auch hier, dass es sich um etwa gleich helle Komponenten handeln sollte und auch das Seeing stimmen muss, wengleich es nicht ganz so sehr ins Gewicht fällt wie bei hohen Vergrößerungen.



Die Hyaden liegen zwischen Plejaden und Orion im zentralen Teil des Sternbilds Stier. Das Paar θ Tauri steht im südlichen Bereich des Haufens.

θ Tauri ist der hellste Stern der etwa 155Lj von uns entfernten Hyaden und befindet sich knapp 2° südöstlich des hellen »Vordergrundsterns« Aldebaran, dessen Licht nur etwa 65 Jahre zur Erde braucht. θ^1 , die nördlichere der beiden sichtbaren Komponenten, gehört zum Spektraltyp K0, ist 3^m84 hell und trägt auch den Namen Phaeo. Die mit 3^m35 bis 3^m42 variable und damit etwas hellere südliche Komponente θ^2 oder Phaesula gehört zum Spektraltyp A7. Beide Sterne besitzen mindestens einen sehr engen Begleiter, so dass man es zumindest mit einem Vierfachstern-

system zu tun hat! Wer allerdings hofft, dass Veränderungen zwischen den Komponenten oder gar ein gesamter Umlauf verfolgbar wären, der muss enttäuscht werden: Zwischen 1800 und 2002 änderten sich der Positionswinkel der Komponenten des Doppelsterns lediglich von 346° auf 348° sowie die Distanz zueinander von 340" auf 336,7", so dass es noch einige Jahrtausende dauern wird, bis auch freizügig Veränderungen bemerkt werden könnten.

■ Kay Hempel

Astronomie mit dem Fernglas Collinder 463

Das Sternbild Kassiopeia ist dicht besetzt mit einer Vielzahl Offener Sternhaufen u.a. aus dem Messier-, NGC-, und Stock-Katalog. Im Schatten der zu Recht viel besuchten Himmelsregion findet sich ein weiterer Offener Sternhaufen, der nicht weniger Beachtung verdient: Collinder 463 (Cr 463) aus dem Katalog des schwedischen Astronomen Per Arne Collinder. Etwas abseits vom »Himmels-W« gelegen, wird Cr 463 von vielen Beobachtern übersehen, zumal der Offene Sternhaufen in den meisten Beobachtungsführern gar nicht erst verzeichnet ist. Dabei ist Cr 463 mit einer Helligkeit von 5^m7 im Prinzip recht

Cr 463 im bildstabilisierten 15x50-Fernglas, Sehfeld etwa 4,5°.



auffällig und kann an einem dunklen Standort mit dem bloßen Auge erkannt werden. Die Sternansammlung befindet sich in einer Entfernung von ca. 2000 Lichtjahren am Rand des Orion-Arms unserer Milchstraße. Ihr Alter wird auf 150 bis 300 Millionen Jahre geschätzt.

Das Auffinden gestaltet sich einfach, da Cr 463 inmitten eines parallelogrammförmigen Sternmusters liegt, das sich aus den Sternen 40, 42, 48 und 50 Cas formiert. Auf gut einem Drittel der Strecke ϵ Cas und Polaris gelegen sind diese vier Sterne mit vi-

suellen Helligkeiten zwischen 4^m0 und 5^m3 ebenfalls mit dem bloßen Auge erkennbar und passen dabei idealerweise allesamt in das Sehfeld eines typischen 10x50-Fernglases. Auf einem Feld von ca. 40' werden unter einem dunklen Vororhimmel etwa zwei Dutzend Sterne erkennbar, einige an der Wahrnehmungsgrenze. Auffallend ist die Halbkreisform des Sternhaufens: Die einzelnen Sterne erscheinen in einem breiten Bogen angeordnet, dessen Form bei indirektem Sehen deutlicher hervortritt. Zum genaueren Studium des Sternhaufens ist

der Einsatz eines Stativs sinnvoll, da Sterne, die nur indirekt gesehen werden können oder sogar aufgrund des unruhigen Bildes bei der freihändigen Beobachtung unsichtbar bleiben, nun sicher gehalten werden können. Darüber hinaus lädt das attraktive Umfeld des Sternhaufens und der Sternhaufen selber geradezu zum Zeichnen ein. Wagen Sie einen Versuch – interstellarum freut sich auf Ihre Ergebnisse.

■ Lambert Spix



Objekt der Saison NGC 1977

Gebiet um den Reflexions- und Emissionsnebel NGC 1977. Die drei Sterne nahe dem Zentrum sind 45 Ori, HD 37058 und 42 Ori, die helleren Gebiete um die Sterne rechts oberhalb davon sind NGC 1975 und NGC 1973 (von links nach rechts).

als auch Reflexionsanteile, wobei letztere hauptsächlich von der inneren Wand der Höhlung stammen und im visuellen Bereich deutlich dominieren.

Von den weit über tausend jungen stellaren Objekten, die bislang in diesem Himmelsareal entdeckt werden konnten, sind etwas mehr als 170 direkt mit NGC 1977 assoziiert. Sie bilden gemeinsam mit den erwähnten B-Sternen einen lockeren, visuell allerdings unauffälligen Sternhaufen in knapp 1270Lj Entfernung. Dem geringen Alter der hier beheimateten Sterne entsprechend finden sich dabei auch eine Vielzahl von Gasflüssen und Herbig-Haro Objekten. Die prominentesten dieser Objekte sind dabei der bipolare Nebel HH 294 knapp 15' südlich von 42 Ori, sowie der Gasbogen HH 45 unmittelbar südlich von HD 37058. Unklar ist allerdings, ob die Häufung an Sternen in NGC 1977 ein kinematisch eigenständiges Objekt bezeichnet oder lediglich eine Substruktur des sehr dichten und massereichen Trapezhaufens im Orionnebel darstellt, dessen Zentrum sich nur etwa 10Lj vom Reflexionsnebel entfernt befindet [1].

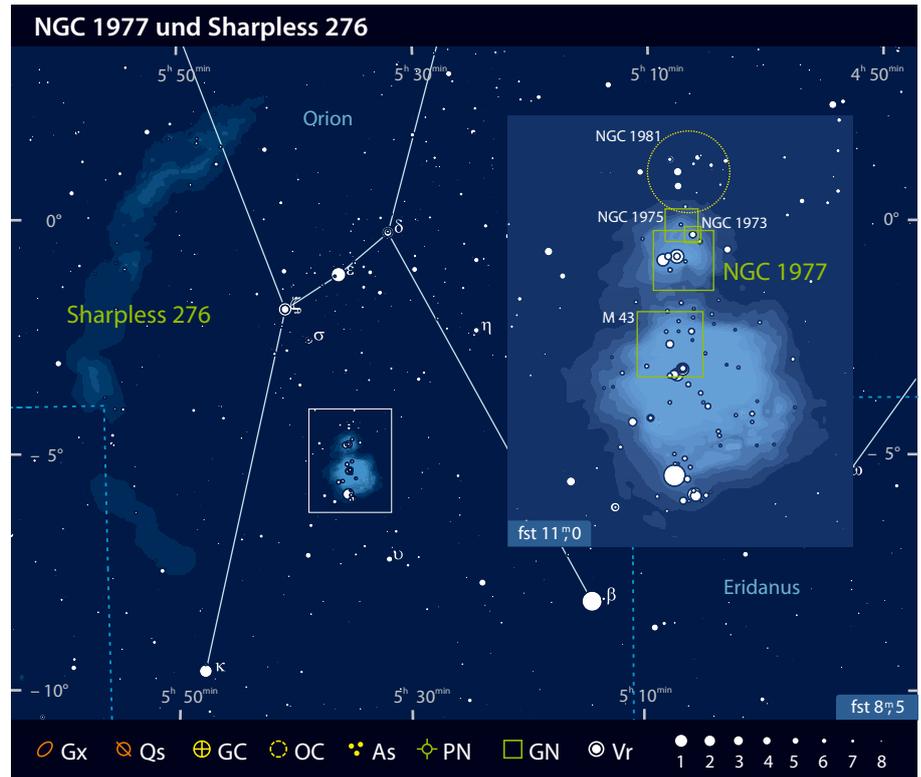
NGC 1977 gehört neben M 78 zu den einfachsten visuell erreichbaren Reflexionsnebeln, fristet aber aufgrund seiner prominenten Nachbarschaft oft zu Unrecht ein Schattendasein. Tatsächlich ist der Nebel kein schwieriges Beobachtungsziel für

Das Schwert des Orion kennzeichnet eine der dynamischsten und abwechslungsreichsten Regionen in der näheren galaktischen Umgebung unseres Sonnensystems. Ausgelöst durch den Strahlungsdruck der heißen, jungen Sterne der Orion OB Assoziation (und wohl auch der einen oder anderen Supernova), entsteht in den hier beheimateten Staubwolken eine Vielzahl junger Sterne, die nun ihrerseits ihre nähere Umgebung nachhaltig zu formen beginnen. Besonders viele dieser jungen Sonnen lassen sich dabei entlang eines integralförmigen, knapp 40Lj langen Filaments aus interstellarer Materie nachweisen, das zum ausgedehnten Dunkelnebelkomplex der Orion A-Molekülwolke gehört. Der Großteil der Objekte ist dabei noch in ihren Kokon aus Gas und Staub eingebettet und deshalb lediglich im Infrarotbereich nachweisbar; an einigen Stellen haben sich die Nebelschleier jedoch bereits weit genug gelichtet, um uns einen direkten Einblick in die Dynamik der Sternentstehung zu ermöglichen.

Neben dem Orionnebel M 42 – dem prominentesten Glanzlicht der Region – bietet uns diese Möglichkeit vor allem der am nördlichen Ende des Filaments gelegene NGC 1977. Seine Existenz verdankt der im Jahr 1786 von Wilhelm Herschel entdeckte Nebel hauptsächlich dem B1 V Stern 42 Ori, dessen intensive UV-Strahlung die umgebende interstellare Wolke langsam erodiert [1]. Tatsächlich zeigen Aufnahmen des Spitzer-Teleskops im langwelligen Spektralbereich, dass 42 Ori gemeinsam mit einigen weiteren Sternen vom Spektraltyp B bereits eine Höhlung in den Gas- und Staubmassen von NGC 1977 geschaffen hat, die mit niedrig angeregtem Plasma gefüllt ist und im Optischen gut anhand der Verteilung der H α -Emission nachvollzogen werden kann [2]. Allerdings ist keiner der eingebetteten Sterne heiß genug, um – so wie im Orionnebel – die Nebelmaterie vollständig zu ionisieren; dementsprechend enthält das von NGC 1977 ausgesandte Licht sowohl Emissions-

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

kleine und mittlere Öffnungen und unter guten Bedingungen bereits mit einem handelsüblichen Fernglas erreichbar. Speziell reizvoll sind dabei insbesondere auch Weitfeldbeobachtungen, die den Nebelhauch südlich und nördlich von M 42 sowie dem lockeren Sternhaufen NGC 1981 flankiert zeigen. Das Aufsuchen gestaltet sich aufgrund der Nähe zu M 42 sowie der beiden enthaltenen 5^m-Sterne 42 Ori und 45 Ori ausgesprochen einfach, allerdings hängt eine erfolgreiche Sichtung stark von der vorherrschenden Himmelsgüte ab. Unter einem guten Landhimmel lassen sich erste Anzeichen der Nebelschwaden bereits mit einem 10×50-Fernglas erkennen. Mehr Details gibt der Nebel bei Beobachtungen mit kleinen und mittleren Teleskopen preis: Mit 4" ist NGC 1977 bei mittleren Vergrößerungen gut als länglicher Nebelstreif auszumachen, der das aus 42 Ori, HD 37058 und dem Vordergrundstern 45 Ori bestehende Dreieck komplett einhüllt und sich fast bis zu einem unmittelbar westlich gelegenen 6^m-Stern erstreckt. Südwestlich von 42 Ori macht sich bei genauerer Betrachtung eine kleine, im Vordergrund gelegene Dunkelwolke als dreieckförmige Einkerbung des Nebelstreifs bemerkbar. Nordwestlich von 42 Ori lassen sich um die Sterne HD 36958 und HD 294262 zwei weitere schwache Kondensationen erkennen, die erstmals von Heinrich Louis d'Arrest beschrieben wurden und die Katalogbezeichnungen NGC 1973 und NGC 1975 tra-



gen. Mit 10" und mehr Öffnung gehört der Nebel unter guten äußeren Bedingungen zu den attraktivsten Zielen des Winterhimmels und offenbart dabei eine Vielzahl von Helligkeitsnuancen auf einem Feld von beinahe 20'. Geübte Beobachter mögen sich zudem an den nördlich von 42 Ori gelegenen Dunkelgebieten versuchen, deren charakteristische Form entfernt an einen Hürdenläufer erinnert und dem Nebel im

anglo-amerikanischen Jargon den Namen »Running Man Nebula« eingebracht hat.

■ Matthias Kronberger

- [1] Peterson, D. E., Megeath, S. T.: The Orion Molecular Cloud 2/3 and NGC 1977 region, in Handbook of Star Forming Regions Vol. I, Astron. Soc. Pac. (2008)
- [2] Kutner, M. L., Evans, N. J., Tucker, K. D.: A dense molecular cloud in the OMC-1/OMC-2 region, *Astrophys. J.* 209, 452 (1976)

Objekt der Saison Sharpless 276

Bei der Deep-Sky-Beobachtung besteht generell eine massive Diskrepanz zwischen der scheinbaren und tatsächlichen Ausdehnung eines Objekts. Selbst gigantische Galaxien erscheinen uns aufgrund der enormen Entfernung nur als kleine Nebelflecke mit wenigen Bogenminuten Ausdehnung, die zu ihrer Beobachtung ein lichtstarkes Teleskop und entsprechende Vergrößerungen erfordern. Es existiert jedoch auch eine kleine Auswahl von Beobachtungszielen, deren Kombination aus Entfernung und Ausdehnung uns die Dimensionen des Universums eindrücklich vor Augen führt. Dazu gehört auch der Nebel Sharpless 276 – besser bekannt als Barnards Loop – der große Teile des Sternbildes Orion bedeckt und in seiner Gesamtheit nur mit dem bloßen Auge erfassbar ist.

Die Entdeckungsgeschichte von Sharpless 276 führt zurück in das Jahr 1786. Bei der Durchmusterung der Sternfelder im Orion fiel W. Herschel am 1. Februar 1786 ein ausgedehnter und extrem schwacher Nebel auf. Ganz sicher war sich Herschel seiner Sache nicht und so setzte er die Untersuchung der Region noch in drei weiteren Februar-Nächten fort [1]. Doch immer wieder schien sich seine Vermutung zu bestätigen. Das Dunkel des Nachthimmels erscheint in dieser Region immer wieder von »milchigem Nebel« durchsetzt.

Der Erste, der das gesamte Ausmaß des Nebels erkannte, war wohl W. H. Pickering, der den Nebel 1889 fotografisch entdeckte. In [2] ist eine Aufnahme Pickerings vom 14. Januar 1890 abgebildet, die trotz ausgeprägter Bildfeldrotation den östlichen und südlichen Bogen des Nebels erkennen

lässt. Die heutige Namensgebung erklärt sich aus der unabhängigen Wiederentdeckung des Nebels durch E. E. Barnard im Jahre 1884. Barnard hatte einen »bemerkenswerten« Nebelbogen auf seinen Aufnahmen der Orion-Region entdeckt. Noch während der Arbeit an seiner Publikation bemerkte Barnard Pickerings Beobachtungen und referenzierte sie in seiner Veröffentlichung [3].

Aus astrophysikalischer Sicht handelt es sich bei Barnards Loop um den ionisierten Anteil einer großen interstellaren Molekülwolke. Der gesamte Komplex befindet sich in etwa 1400–1600 Lichtjahren Entfernung und schließt auch andere Objekte wie M 42, M 78 oder NGC 2024 mit ein. Barnards Loop erstreckt sich als unvollständiger, elliptischer Ring in einem Abstand von durchschnittlich 13° um das Zentrum der Orion



BERND LIESCHER

Barnards Loop zieht sich als großer Bogen in Form eines C über den gesamten südöstlichen Teil des Sternbilds Orion.

sich der Nebel schwächer werdend über κ Orionis bis hin zu β Orionis (Rigel). Bei der Beobachtung mit einem Fernglas oder Teleskop kann man generell nur einen Teil des Nebels überblicken. In einem 8"-Teleskop erscheint Barnards Loop bei 50 \times und dem Einsatz eines Schmalbandfilters als geisterhaftes Nebelband. Für eine Steigerung der Wahrnehmung empfiehlt sich das »field-sweeping«, mit dem man den Nebel über mehrere Gesichtsfelder verfolgen kann. Im Gegensatz zur visuellen Beobachtung ist Barnards Loop für Astrofotografen ein relativ einfaches Objekt, das sich bereits auf einer Strichspuraufnahme mit wenigen Minuten Belichtung abbilden lässt.

■ Matthias Juchert

OB1-Assoziation – einer Ansammlung junger, leuchtkräftiger Sterne in den zentralen Bereichen des Sternbildes Orion [4]. Die Entstehungsgeschichte des Nebels ist bis heute Gegenstand von Untersuchungen. Einige Autoren halten es für wahrscheinlich, dass das Auftreten mehrerer Supernovae in den letzten vier Millionen Jahren die Bewegung der Gasmassen ausgelöst hat. Laut Brown et. al [5] hat aber insbesondere der Strahlungsdruck der eingebetteten Sternentstehungsgebiete das interstellare Medium in diesem Bereich geformt.

Der gewaltige Nebelbogen von Barnards Loop kann bereits mit bloßem Auge beobachtet werden. Dies setzt jedoch neben der Anwendung der richtigen Beobachtungstechniken vor allem sehr gute Beobachtungsbedingungen voraus. In den allermeisten Fällen gelingt eine Beobachtung nur mit einem Filter vor dem bloßen Auge. Für ein klassisches H β -Objekt empfehlen sich dementsprechend Schmalbandfilter oder H β -Filter [6]. Der hellste Bereich des Bogens befindet sich einige Grad nordöstlich der Gürtelsterne des Orion. Von hier aus zieht

- [1] Herschel, W.: Catalogue of a Second Thousand of New Nebulae and Clusters of Stars, Phil. Trans. 79, 212 (1789)
- [2] Clarke, A. M.: Problems in Astrophysics, A. & C. Black, London (1903)
- [3] Barnard, E. E.: The great photographic nebula of Orion, encircling the belt and theta nebula, Popular Astronomy 2, 151 (1894)
- [4] Cowie, L. L., Songaila, A., York, D. G.: Orion's Cloak – A rapidly expanding shell of gas centered on the Orion OB1 association, Astrophys. J. 230, 469 (1979)
- [5] Brown, A. G. A. et al.: The Orion OB1 association. I: Stellar content, Astron. Astrophys. 289, 101 (1994)
- [6] Juchert, M.: Astronomie mit dem bloßen Auge: Barnards Loop, interstellarum 49, 18 (2007)

Deep-Sky-Herausforderung IC 349 – Barnards Merope-Nebel

Die bereits mit Ferngläsern zu beobachtenden großen Plejadennebel sind besonders um den 4^m2 hellen Stern Merope (23 Tau) bekannt und visuell zugänglich. Doch in direkter Nachbarschaft des großen und prominenten Reflexionsnebels NGC 1435, bei Amateuren unter den beiden Namen Tempel oder auch Merope-Nebel bekannt, verbirgt sich ein weiteres Reflexionsnebelfragment – Barnards Merope-Nebel.

Am 14. November 1890, gut 31 Jahre nachdem Tempel den großen Reflexionsnebel um Merope visuell entdeckt hatte, schwenkte Edward Emerson Barnard den großen 36" Lick-Refraktor systematisch durch die Plejaden. Unter Einsatz von hohen Vergrößerungen bis

zu 1500 \times fand er 36" südlich von Merope einen winzigen, noch nicht katalogisierten Nebelfleck [1]. Nachbeobachtungen mit einer Drahtblende im Okular ließen sogar eine Beobachtung mit 12" Öffnung zu. Ein neues Objekt wurde gefunden und nach seinem Entdecker »Barnards Merope-Nebel« getauft. Später wurde der Nebel unter der Bezeichnung IC 349 im Index Catalogue aufgenommen.

Bereits Burnham [2] vermutete kurz nach der Entdeckung die Zugehörigkeit des kleinen Nebels zum Stern Merope und den Plejaden. Die Bestätigung dieser Vermutung fand aber erst gute 100 Jahre später mittels exakter Spektraluntersuchung [3] statt. Herbig zeigte auf, dass sich der kleine Nebel sogar auf den

Stern zu bewegt und dessen Strahlungsdruck unterliegt. Ein Meilenstein bei der Untersuchung von IC 349 brachte das enorm hoch aufgelöste Bild der neuen Kamera des Hubble Space Teleskop (HST) im Jahre 1999. Darauf zu sehen ist die unterschiedliche Farbgebung des Nebels und schmale Filamente in Richtung Merope. Herbig [4] untersuchte erneut die Dynamik des Nebels und veröffentlichte spektakuläre Ergebnisse. Demnach gehört IC 349 zu einer größeren Gaswolke im Bereich der Plejaden. Der nur 0,06Lj von Merope entfernte Nebel bewegt sich wie bereits von ihm veröffentlicht auf den Stern zu. Der um einen Faktor fünf höhere Strahlungsdruck auf leichte Staubpartikel bremst diese massiv ab und



Abb. 1: Wegen seiner Nähe zum 4^m-Stern Merope ist Barnards Meropenebel sehr schwer zu fotografieren.

VOLKER WENDEL, JOSEF POPPEL, STEFAN BINNEWIES



UWE GLAHN

Abb. 2: Zeichnung, 16"-Newton; 600x; fst 6^m8; Seeing II.

hinterlässt eine unterschiedliche Staubverteilung innerhalb des Nebels. Die vom HST aufgenommenen Verbindungsstrahlen bestehen also aus massereicheren Staubpartikeln. Die neuesten Untersuchungen im infraroten (IR) Spektralbereich [5] geben zwar eine exaktere Verteilung der großen Molekülwolken um die Plejaden, Barnards Meropenebel selbst ist jedoch im IR nicht nachzuweisen, eine Folge der Staubverteilung des Nebels.

Die visuelle Beobachtung stellt besondere Anforderungen an die Teleskop- und Beobachtungstechnik. Die Schwierigkeit liegt in der Nähe des hellen Sterns Merope begründet, der den Nebel um ein Vielfaches überstrahlt. Unsaubere optische Flächen, Reflexe und Streulicht im Okular, sowie hohe Luftfeuchtigkeit beeinträchtigen die Beobachtung negativ. Merope muss zwingend aus dem Gesichtsfeld des Okulars gehalten werden. Hohe Vergrößerungen und damit zusammenhängend kleine Gesichtsfelder vereinfachen die Be-

obachtung. Besser, aber nicht unbedingt notwendig ist eine Blende im Okular, die bis in die Mitte des Gesichtsfeldes reicht. Bei Newton-Teleskopen ist darauf zu achten, dass keine aus den Fangspiegelstreben resultierenden Strahlen (Spikes) nach Süden und somit in Richtung Nebel zeigen. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, kann die Suche nach dem Nebel beginnen. Nach Barnards Eindrücken der Entdeckung und Berichten von verschiedenen amerikanischen Amateuren sind erfolgreiche Beobachtungen wiederholt mit 12" – 13" erfolgt und geben Hoffnung, dass dies auch mit noch kleineren Öffnungen möglich ist. Andreas Alzner berichtete von einer positiven Beobachtung mit 14" [6]. Der Autor selbst beobachtete mit 16" Öffnung und konnte dies mehrfach wiederholen. Eine Steigerung der Öffnung von 20" auf 24" brachte eine geringfügig bessere und einfachere Wahrnehmung des Nebels. Hilfreich für die Suche sind zwei 15^m Sterne 1,8' südlich von Merope. Auf der Linie zwischen Merope und dem östlicheren Stern auf einem Viertel der Strecke von Merope aus befindet sich dann IC 349. Bei hoher Vergrößerung ist dieser als leicht länglicher, relativ flächenheller Fleck indirekt zu beobachten. Strukturen innerhalb des Nebels bleiben jedoch verborgen.

Fotografisch liegen ähnliche Schwierigkeiten wie bei der visuellen Beobachtung vor. Doch aktuelle Ergebnisse zeigen erstaunliche Details und lassen die Wahrnehmung von Strukturen innerhalb des Nebels in den Bereich des Möglichen rücken.

■ Uwe Glahn

- [1] Barnard, E. E.: On the Nebulosity of the Pleiades and on a New Meropenebel, *Astron. Nachr.* 126, 293 (1891)
- [2] Burnham, S. W.: Measures of Barnard's new Meropenebel, *Astron. Nachr.* 129, 17 (1892)
- [3] Herbig, G. H.: IC 349 – Barnard's Meropenebel, *JRASC* 89, 133 (1995)
- [4] Herbig, G. H.; Simon, T.: Barnard's Meropenebel Revisited: New Observational Results, *Astron. J.* 121, 3138 (2001)
- [5] Stauffer, J. R. et al.: Near- and Mid-Infrared Photometry of the Pleiades and a New List of Substellar Candidate Members, *Astrophys. J. Suppl.* 172, 663 (2007)
- [6] Alzner, A.: Visuelle Beobachtungen der Plejadennebel, *interstellarum* 9, 26 (1996)

Surftipps

Hubble-Bild von Barnards Meropenebel (1999): heritage.stsci.edu/2000/36/index.html

Abb. 1: Das Mare Tranquillitatis ist eine der auffälligsten dunklen Lavaebenen des Mondes. Die beste Beobachtungszeit ist um das Erste Viertel.

G. SCHMANN

Ein Becken mit vier Ecken

Buchten, Dome und Rücken im Mare Tranquillitatis

VON WILFRIED TOST

Das Mare Tranquillitatis besitzt auf allen Seiten einen Übergang zu den angrenzenden Maria und vier größere Buchten: Sinus Amoris, Asperitatis, Concordiae und Honoris. Diese etwa halbkreisförmigen Buchten erweitern das runde Zentrum des Mare an gegenüber liegenden Ecken, wodurch es eher quadratisch als kreisrund erscheint. Ab einem Mondalter von vier Tagen bis kurz nach Vollmond lässt es sich beobachten.

Mare Serenitatis

Sinus Amoris
MaraldiProclus
Mare Fecunditatis
Palus Somni

Sinus Honoris

Plinius

Jansen

Ross

Maclear

Cauchy

Mare Tranquillitatis

Sinus Concordia

Arago

Ritter
Sabine
Rimae Hypatia

Sinus Asperitatis

Mare Nectaris

Torricelli

Das Meer der Ruhe

Das **Mare Tranquillitatis** (Meer der Ruhe) liegt in der Mitte der zunehmenden Mondhälfte und die ersten Sonnenstrahlen erreichen es bei einem Mondalter von vier Tagen; drei Tage später ist es vollständig beleuchtet. Ab vier Tage nach Vollmond verschwindet das Mare wieder im Dunkel der Mondnacht.

Von dem stilisierten »Männchen« der Ostseite bildet das Mare Tranquillitatis den Bauch, während das Mare Serenitatis den Kopf und das Mare Nectaris und Fecunditatis die beiden Beine darstellen. Mit 421000km² ist Tranquillitatis das größte Mare auf der östlichen Seite des Mondes.

Schon der Blick durch einen Feldstecher zeigt eine erste Überraschung: Ähnlich wie die Milchstraße am Himmel verläuft etwas nördlich der Mitte ein helles schemenhaftes Band über die dunkle Oberfläche. Das Band verläuft in Richtung Nordosten und überquert dabei als Anhaltspunkt die Krater Arago und Vitruvius. Am Teleskop erkennt man im gesamten Mare großflächige Gebiete mit unterschiedlicher Grautönung. Mit ein wenig Bildverarbeitung kann man diesen sogar ganz ansehnliche Farben entlocken. Ein Vergleich mit den umgebenden Maria zeigt, dass diese generell eine deutlich hellere Oberfläche aufweisen als das Mare Tranquillitatis, welches durch dunkle Lava charakterisiert ist. Die Regionen unterschiedlicher Färbung deuten auf zeitlich getrennte Phasen von Lavaförderung hin. Die verschiedenen Basalte unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung und enthalten in großen Bereichen mehr als sechs Gewichtsprozent TiO₂, deutlich mehr als in anderen Maria.

Das Mare Tranquillitatis enthält nur wenige große Krater. Der größte ist der 43km durchmessende **Plinius** im Norden. Weitere sieben Krater von mehr als 20km Durchmesser sind allesamt entlang des westlichen Randes entstanden. Erst auf den zweiten Blick fallen die vielen kleinen Krater ins Auge, die häufig nur als heller Fleck auf dem dunklen Boden zu erkennen sind. Diese sind auch um Vollmond herum sichtbar. Der Mondspaziergang beginnt im Nordosten und setzt sich im Uhrzeigersinn fort.

Sinus Amoris

Der **Sinus Amoris** (Bucht der Liebe) liegt im Nordosten des Mare Tranquillitatis und hat einen Durchmesser von 130km. Im Norden schließt sich ein mit vielen Kratern übersätes Hochland an. **Maraldi** erscheint als großer runder dunkler Fleck, ist aber ein überfluteter Krater mit 40km Durchmesser. Die hier ausgetretene Lava ist von ein-

Mondkrater für lebende Personen

Die IAU benennt Mondkrater nur nach Wissenschaftlern, die seit mindestens drei Jahren verstorben sind. Ausnahmen von der Bedingung »verstorben« gab es bisher nur in den Jahren 1935, 1970 und 1973.

- 1935 wurden Namen für zwölf lebende Kartographen vergeben: Andel, Blagg, Brown, Darney, Delmotte, Fauth, Goodacre, Lamèch, Müller, Neison, Proctor und Wilkins.
- 1970 wurden zwölf lebende Astronauten geehrt: Anders, Borman, Lovell (Apollo 8) und Aldrin, Armstrong, Collins (Apollo 11) sowie die sechs Kosmonauten Feoktistov, Leonov, Nikolaev (†), Shatalov, Tereshkova und Titov (†).
- 1973 wurden letztmals drei Krater nach lebenden amerikanischen Wissenschaftlern benannt (Abbot, Brackett und Carmichael).

Mit Ausnahme von zehn Astronauten sind alle aufgeführten Personen inzwischen verstorben.

heitlicher und deutlich dunklerer Zusammensetzung als der Rest des Sinus Amoris. Besonders südlich von Maraldi finden sich weitere überflutete Krater, von denen nur noch Bruchstücke der einstigen Ränder vorhanden sind.

Palus Somni

Am östlichen Rand des Mare Tranquillitatis und südlich des Sinus Amoris liegt der **Palus Somni** (Sumpf des Schlafes). Seine Fläche von 17500km² entspricht etwa der Größe von Thüringen. Der »Sumpf« hat eine deutlich andere (und hellere) Textur und vermittelt den Eindruck, das gesamte Gebiet sei nachträglich auf die Mare-Ebene aufgebracht

worden. Dies ist jedoch eine Täuschung – tatsächlich handelt es sich hier um ein älteres und höher gelegenes Gelände, das von den dunklen Lavamassen nicht überdeckt werden konnte. Spektrale Messungen zeigen, dass der Palus aus anorthositischem Hochlandgestein besteht, während es im Westen von Titan reichem Basalt bedeckt ist. Im Übergang zum Mare Crisium ist der helle Strahlenkrater **Proclus** entstanden, eine der hellsten Stellen auf dem gesamten Mond. Der Einschlag erfolgte unter einem sehr flachen Winkel aus Richtung Westen und hat deshalb sämtliches Auswurfmaterial in Flugrichtung ausgeworfen und den Palus Somni dabei verschont. Dieser hat dadurch seine ursprüngliche Oberfläche und Albedo beibehalten.

Abb. 2: Das Mare Tranquillitatis mit verschiedenen hellen Oberflächeneinheiten. Die dunkle Lava liegt auf einem etwa 1000m höheren Niveau als die Oberfläche des Mare Serenitatis am oberen Bildrand. Größere Krater sind nur am westlichen Rand zu finden. Im Norden und Süden sind die Krater fast vollständig überflutet

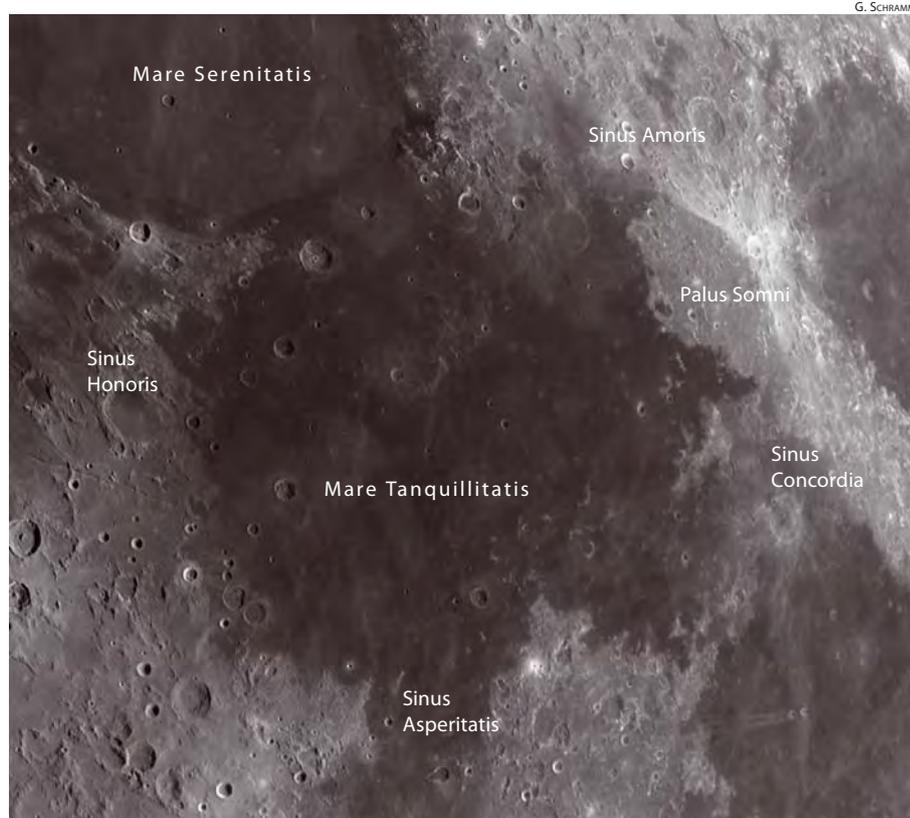




Abb. 5: Das Kraterpaar Ritter und Sabine liegt am südlichen Rand des Mare Tranquillitatis.

MARCO WIEGAND

▲ **Abb. 4: Arago (26km) liegt mittig am Terminator.** Oberhalb davon der Dom Arago Alpha und zur linken Arago Beta im flachen Licht der Sonne. Beide sind nur um 300m hoch. Rechts von Arago zeigt sich eine Ansammlung von niedrigen Runzelrücken, wobei eine kreisförmige Erhebung die Silhouette des 75km großen Lamont bildet.

Ziele im und um das Mare Tranquillitatis							
Name	Typ	Breite	Länge	Colongitude	Größe/Länge	Höhe	Rükl
Mare Tranquillitatis	Meer	+8,5°	+31°	315°–345°	421000km ²		36
Sinus Amoris	Bucht	+19,0°	+38,0°	320°–324°	250km		25
Sinus Asperitatis	Bucht	–6,0°	+25,0°	330°–338°	206km		46
Sinus Concordiae	Bucht	+11,0°	+43,0°	316°–320°	142km		37
Sinus Honoris	Bucht	+12,0°	+18,0°	341°–344°	109km		35
Palus Somni	Sumpf	+14,1°	+45,0°	314°–318°	143km	2980m	37
Rupes Cauchy	Furche	+9,0°	+37,0°	320°–324°	120km		36
Rima Cauchy	Rille	+10,0°	+39,0°	320°–325°	140km		36
Rimae Maclear	Rillengruppe	+13,0°	+20,0°	340°–341°	110km		35
Rimae Sosigenes	Rillengruppe	+7,0°	+19,0°	341°–342°	190km		35
Arago	Krater	+6,2°	+21,4°	339°	26km	2680m	35
Cauchy	Krater	+9,6°	+38,6°	322,5°	12km	2610m	36
Jansen	Krater	+13,5°	+28,7°	332°	23km	620m	36
Maclear	Krater	+10,5°	+20,1°	340°	20km	610m	35
Maraldi	Krater	+19,4°	+34,9°	326°	39km	1500m	25
Plinius	Krater	+15,4°	+23,7°	337°	43km	3070m	24
Proclus	Krater	+16,1°	+46,8°	313,5°	28km	2400m	26
Ritter	Krater	+2,0°	+19,2°	341°	31km	1300m	35
Ross	Krater	+11,7°	+21,7°	339°	24km	1840m	35
Sabine	Krater	+1,4°	+20,1°	340°	30km	1400m	35
Torricelli	Krater	–4,6°	+28,5°	332°	23km	2570m	47

Sinus Concordiae

Die Region südlich des Palus Somni ist der **Sinus Concordiae** (Bucht der Eintracht) mit 142km Größe. Auffällig ist erneut die dunkle Färbung des Bodens. Hier beginnt eine 140km lange doppelte Bruchzone. Die im Norden liegende Rima Cauchy wird zwar als Rille bezeichnet, ist aber ein steiler Graben, in welchem der Boden abgesackt ist. Die im Süden liegende Rupes Cauchy (120km) ist eine klassische Bruchzone, die eine kleine Rille aufweist. Die beiden Rillen bzw. Brüche verlaufen in Richtung des Mare Serenitatis und schließen links und

rechts den 12,4km großen Krater **Cauchy** ein, nach dem sie benannt sind. Dieser gehört bereits zu den größeren Kratern auf dieser Seite des Mare Tranquillitatis. In seiner Nähe befinden sich mindestens sieben Dome, die auf ehemalige vulkanische Aktivität schließen lassen, doch sie sind sehr schwierig zu erkennen, selbst bei günstigem und niedrigem Sonnenstand. Etwas südlich befinden sich Reste von mehreren zerstörten und überfluteten Kratern. Die gesamte Gegend ist von einer nur relativ dünnen Schicht Basalt überzogen, die einen erhöhten Sockel des Beckens bedeckt. Ausgehend von der Tiefe einzelner Krater

kann man ableiten, dass die Mächtigkeit der Lavaschicht im östlichen Teil des Mare Tranquillitatis um 600m beträgt und damit deutlich geringer ist als auf der westlichen Seite, wo sie 1250m erreicht.

Sinus Asperitatis

Im Übergang zum Mare Nectaris befindet sich der **Sinus Asperitatis** (Bucht der Rauheit) mit einem Durchmesser von 206km. Auffällig ist der Krater **Torricelli**, der entfernt an eine Birne oder Avocado erinnert. Der bauchige Anteil liegt im Osten und das schmale Ende ist genau Richtung Westen gerichtet. Bei einem Durchmesser von 23km sind Details im Kraterand nur schwierig auszumachen, zumal die West-Ost-Ausrichtung nur wenig Schatten auf dem Kraterand zulässt. Noch vor wenigen Jahren wurde heftig darüber diskutiert, ob im letzten Jahrhundert ein Hangrutsch in der Mitte der Südseite das Aussehen des 2,6km tiefen Torricelli verändert haben könnte. Bei Betrachtung der diversen alten und neuen Fotografien scheint dieser Verdacht nur auf die schwierigen Beobachtungsbedingungen zurück zu gehen, Aufnahmen aus dem Mondorbit deuten jedenfalls nicht auf kürzlich entstandene Geröllhalden hin.

Sinus Honoris

Im Nordwesten des Mare Tranquillitatis findet sich mit dem **Sinus Honoris** eine weitere Bucht (Bucht der Ehre). Sie hat einen Durchmesser von 109km und wird im Westen von anfangs 1300m hohen Bergen begrenzt, die bis zum Rand des Mare Imbrium auf mehr als 4000m ansteigen. Der Boden der westlichen Hälfte der Bucht erinnert an grobe Dünen, während die andere Hälfte glatt und eben ist. Hier endet die Bucht an der **Rimae Maclear**. Diese besteht aus zwei parallel in Nord-Süd-Richtung

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

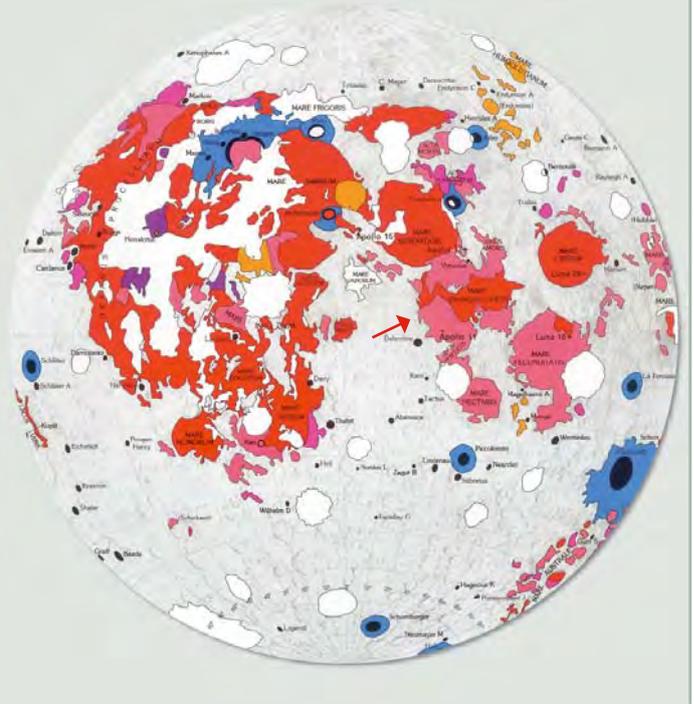
Basalte im Mare Tranquillitatis

Das Tranquillitatis-Becken ist sehr alt. Altersbestimmungen über Kraterzählungen sind hier nur bedingt verwertbar, weil die Auswurfdecken der benachbarten jüngeren Becken (Serenitatis, Nectaris, Crisium) die gesamte Oberfläche vollständig überdeckt haben. Plastische Ausgleichsbewegungen (viskose Relaxation) haben zudem versucht, die beim Impakt gebildeten Oberflächenstrukturen und Schwerkrafthanomalien auszugleichen. Eine Voraussetzung dafür ist eine so genannte »duktile Lithosphäre«, die auf solche älteren Becken beschränkt ist, denn diese kam nur in der Frühphase der lunaren Evolution vor, als der Magmazoos sich abzukühlen begann.

Drei Basaltprovinzen teilen das Mare in drei etwa gleich breite Streifen, die gürtelartig von Westen nach Osten verlaufen. Das mittlere Band ist jünger als die beiden anderen. Die an der Nahtstelle von drei geologisch unterschiedlichen Gegenden gesammelten Proben an der Landestelle von Apollo 11 zeigen ein Alter zwischen 3,66 und 3,85 Milliarden Jahren.

Nachdem das Becken noch vor Beginn des Basaltvulkanismus mit Auswurfmassen der benachbarten Becken gefüllt wurde, erzeugten einzelne Eruptionen von im Schnitt 125km³ Volumen typischerweise Lavateppiche von etwa 6m Höhe und 100km × 200km Ausdehnung. Die Gesamtmächtigkeit der von geschätzten 3000 Eruptionen erzeugten Basaltdecke ist jedoch nicht sehr groß. Sie erreicht im Westen eine Tiefe von maximal 1250m und im Osten ca. 700m. Die Albedo der Basalte variiert zwischen 0,079 und 0,096.

Nach dem letzten beckenbildenden **Impakt**, der das Mare Orientale erzeugte, folgte der Mare-Vulkanismus, der zunächst das alte Tranquillitatis-Becken (rosa) flutete. Zum Ende der Ära überprägte jüngere Lava dessen mittleren Gürtel und weite andere Gebiete auf dem Mond (rot).



verlaufenden Rillen von 110km Länge, die jedoch nur bei besonders starker Vergrößerung sichtbar werden. Wenn man nicht explizit nach ihnen sucht, dann wird man sie nicht sehen. Auf älteren Karten von vor 1964 findet sich noch die Bezeichnung »Ross-Rille« und »Sosigenes-Rille«. Danach vergab die IAU die neuen Namen »Rima Maclear I« sowie »Rima Maclear II« für den nördlichen Teil der Rima Sosigenes.

Benannt sind die Rimae nach dem 20km großen Krater **Maclear**, der weitgehend überflutet ist und dadurch wie ein flacher Tümpel erscheint. Sein Boden liegt etwa auf derselben Höhe wie das umgebende Mare und die Ränder ragen nur etwa 600m über die Ebene hinaus. Maclear unterscheidet sich damit deutlich von dem etwa 30km nord-östlich gelegenen Krater **Ross** (24km), der mit 1840m die dreifache Tiefe besitzt und ein deutliches Loch in der Oberfläche bildet. Im Inneren ist ein Zentralkegel zu sehen. Ross wird an Größe nur von Plinius übertroffen, der 43km Durchmesser und nach neuesten Rechnungen eine Tiefe von 3070m aufweist. Auf seinem Boden sieht man zur Abwechslung keinen Berg, sondern zwei eng beieinander liegende Krater. Bei flachem Sonnenstand wird am Schattenwurf eindeutig ersichtlich, dass es sich hier um zwei Vertiefungen handelt.

Die geradlinig verlaufenden Rimae Maclear sind ein Anzeichen dafür, dass das

Zentrum des Mare durch das Gewicht der schweren Lavamassen absinkt. Dabei bilden sich zwangsläufig Bruchkanten an den Rändern. Man findet diese tektonischen Merkmale an der Peripherie aller Maria.

Krater

Besonderes Augenmerk sollte man dem auffälligen Kraterpaar **Ritter** (31km) und **Sabine** (30km) schenken, die in der Nähe der Apollo-11-Landestelle liegen. Beide besitzen einen unebenen Kraterboden und Sabine zeigt um den zunehmenden Halbmond herum ein lachendes Gesicht wie ein Smiley. Nach Norden und Osten erstrecken sich auch in dieser Randregion viele geradlinige und oftmals parallele Bruchlinien.

100km nördlich davon lenkt **Arago** den Blick auf sich. Der Krater hat einen Durchmesser von 26km bei einer Tiefe von 2680m und einen unebenen Boden mit einem kleinen Zentralkegel. Die Terrassen sind allerdings nur bei starker Vergrößerung zu erkennen. Dann sieht man auch eine kleine Ausbuchtung am westlichen Kraterand. Was Arago so interessant macht, ist seine unmittelbare Umgebung. Nördlich und westlich befindet sich eine raue Oberfläche mit vulkanischen Domen und mehreren Meeresrücken, die bei einem Mondalter von ca. sechs Tagen mit

flachem Sonneneinfall besonders deutlich zu sehen ist. Die Dome **Arago α** und **Arago β** sind zwar nur etwa 100m hoch bei einer Basislänge von 20km, aber sie sind bei flachem Sonnenstand gut zu sehen. Dazu gesellen sich südlich von Arago noch Runzelrücken und der 75km große Geisterkrater **Lamont**.

Der letzte Blick soll dem Krater **Jansen** gelten. Dieser befindet sich etwas nördlich der Mitte des Mare. Zunächst ist er schwierig zu finden. Als überfluteter Krater von 620m Tiefe bei 23km Durchmesser erscheint er als kreisrunder und besonders dunkler Fleck auf der ebenfalls dunklen Oberfläche. Unmittelbar südlich davon verläuft das aufgeraute und etwas hellere schemenhafte Band durch das Mare Tranquillitatis. Nur eine Kraterbreite weit im Süden beginnt eine leicht erhöhte Struktur, die deutlich das Aussehen eines Schwertes besitzt. Hier scheint Merlins Schwert direkt in der Mitte des größten Mare auf der östlichen Mondseite zu stecken.

Surftipps

Mondfotos von Harald Paleske:

www.unigraph.de

Rolf Hempel auf DLR-Blog: s.dlr.de/622m

Mond- und Planetenfotografie von Wes

Higgins: higginsandsons.com/astro/

Das Roma-EREIGNIS:

Als ein Asteroid einen 2^m-Stern bedeckte

VON DANIEL FISCHER

Das Ausnahmereignis

Ein Riesenstern mit 2^m,7, der hoch am Himmel steht, ein knapp 50km großer Asteroid, der davor tritt, eine Schattenspur, die mitten durch Europa zieht, und in der entscheidenden Nacht auch noch weithin gutes Wetter: Was in der Nacht vom 8. zum 9. Juli zusammentraf, wiederholt sich nur in vielen Jahrzehnten Abstand. Entsprechend groß war das Interesse an der Bedeckung von Yed Prior (δ Ophiuchi) durch (472) Roma gewesen, und allein bis Ende August haben 217 detaillierte Berichte Eric Frappa im virtuellen »Hauptquartier« der europäischen Spezialisten für Sternbedeckungen (vgl. Surfipps) erreicht. Davon waren 58 positiv, zeigten also ein mehr oder weniger tiefes Absinken der Sternhelligkeit, als der 13^m,5 schwache Kleinplanet ganz oder teilweise vor das ausgedehnte Sternscheibchen trat. Allein 133 Berichte kamen aus Deutschland, davon waren 31 positiv, teilte der deutsche Datensammler Oliver Klös von der IOTA-ES (International Occultation Timing Association – European Section) mit. Damit waren in Deutschland bei sehr gutem Wetter die meisten Beobachter am Start, die eine Meldung abgegeben haben, gefolgt von Belgien mit 31 Berichten (15 positiv). Aus Frankreich kamen 12 und die Niederlande, Spanien und Portugal meldeten jeweils zehn Berichte. Ein Bericht ist aus Luxemburg bzw. Finnland. Zwei kommen aus Schweden. Selbst Beobachter weit außerhalb des Pfads unterstützten die Kampagne: Fünf Berichte kommen aus Italien und zwei aus der Schweiz. Von den 217 eingereichten Beobachtungen sind nur 99 auf klassischem visuellem Weg erzielt worden, alle anderen basieren auf Videokameras, CCD-Kameras oder Webcams.

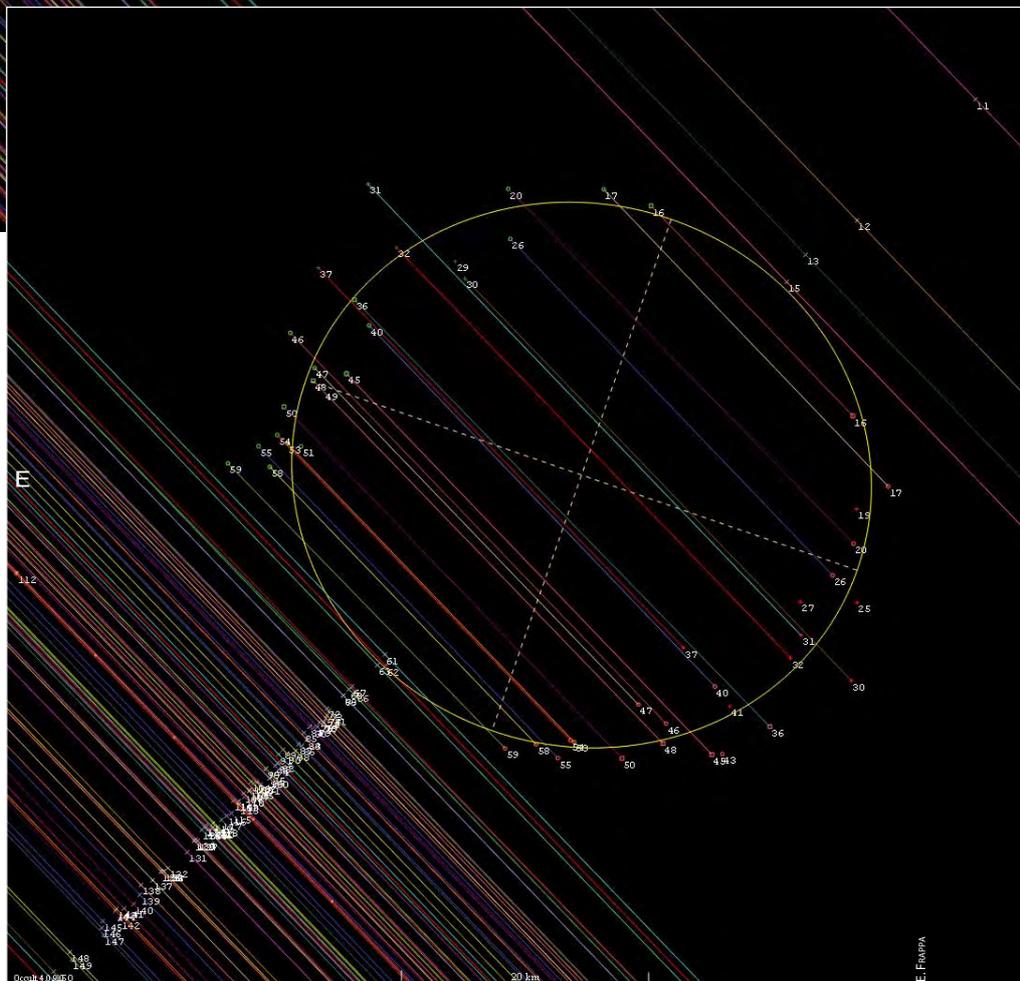


Abb. 1: Vorläufige Auswertung der Bedeckung von δ Oph durch Roma, zwei Monate danach: Die positiven Beobachtungen sind als Sehnen dargestellt, die die Gestalt des Asteroiden andeuten (gelbe Linie); durchgezogene Linien sind negative Beobachtungen. Sie zeigen, dass der Großteil der Beobachter die Bedeckung um weniger als einen Roma-Durchmesser verpasste. Da der bedeckte Stern ein Drittel des Winkeldurchmessers des Asteroiden hatte, kann diese Auswertung, die einen punktförmigen Stern annimmt, nur einen ersten Anhalt bieten.

Erste Ergebnisse

Trotz dieser Datenmenge, wie sie in Europa nur sehr selten zusammenkommt, zumal bei einem eher kleinen Asteroiden, ist die Freude unter den Beobachtern wie Auswertern nicht ungetrübt. Nur 21 der positiven Beobachtungen sind nämlich Videoaufzeichnungen, aus denen sich meist auch eine detaillierte Lichtkurve ableiten lässt – und diese ist diesmal unverzichtbar, weil der Kleinplanet mit 0,035" nur dreimal so groß war wie das Stern-

scheibchen mit 0,012". Bedeckungsanfang und -ende sind daher keine scharfen Kanten sondern sanfte Flanken, wobei der Abfall zu Beginn stets langsamer verlief als der Anstieg am Ende: eine Folge der Elliptizität Romas, die etwa 47km \times 44km misst, in Kombination mit dem beachtlichen Durchmesser des Sterns, der auch noch eine Randverdunklung zeigen dürfte. Die Analyse der Daten, die bei Redaktionsschluss noch in vollem Gange war, muss versuchen, für die Helligkeitsverteilung auf dem Sternscheibchen und die Gestalt des

Surftipps

Alle Beobachtungen: European Asteroidal Occultation Results 2010: www.euraster.net/results/2010/index.html#0708-472

Bau eines akustischen Zeitzeichenempfängers: www.farago.de/grazings/index.htm

Formulare für Beobachtungsberichte: www.iota-es.de/roma2010/Beobachtungsmeldung.txt

Kleinplaneten gleichzeitig eine – möglichst eindeutige – Lösung zu finden, und dazu sind die detaillierten Lichtkurven besonders wichtig. Dass nur 18% der Videobeobachter einen Erfolg verbuchen konnten, aber 37% der visuellen Beobachter, hat einen triftigen Grund: Die technisch durchweg gut bestückten Bedeckungsspezialisten, von denen manche gar aus dem Ausland – USA inklusive – angereist waren, hatten sich mit Bedacht innerhalb jener Zone aufgestellt, wo nach der Vorausberechnung die Bedeckungswahrscheinlichkeit am größten war, während die visuellen »Gelegenheitsbeobachter« eher zuhause geblieben waren.

Und dann das: Der Pfad verschob sich nach Norden um 38km in der Himmelsebene. Auf dem Boden entsprach dies 42km, also fast einem ganzen Roma-Durchmesser! Wie konnte das passieren, wo im Vorfeld unter den Spezialisten über den Pfadverlauf intensiver diskutiert worden war als über je einen zuvor? Pfade verschieben sich fast immer, das ist ein ganz normaler Vorgang, den regelmäßige Beobachter von Sternbedeckungen zur Genüge kennen. In diesem Fall hatte die allererste Pfadprognose – anhand allein des Sternkatalogs FK6 – fast genau den tatsächlichen Verlauf getroffen, war dann aber im Lauf der Diskussion nach Osten »verrutscht«: Zwei führende Sternkataloge, der FK6 und HIP2, widersprachen sich nämlich eklatant, was die Position und Eigenbewegung Yed Priors am Himmel betraf, und die Lösung, auf die man sich nach ausgiebiger Abwägung geeinigt hatte, war nicht die beste. Eine wesentliche Ursache dürfte die große Helligkeit

Wie beobachtet man eine Sternbedeckung durch einen Asteroiden?

Bei einer Sternbedeckung durch einen Asteroiden haben Amateurastronomen die seltene Gelegenheit, mit einfacher Ausrüstung wissenschaftlich wertvolle und gefragte Beobachtungsergebnisse zu ermitteln. Neben den möglichst präzisen Zeiten von Bedeckungsanfang und -ende werden lediglich die Koordinaten des Beobachtungsortes, die man sich aus einer Karte von Google Earth oder mittels GPS besorgen kann, benötigt.

Im einfachsten Fall kann man die Bedeckung visuell beobachten. Man nimmt das Alarmsignal eines Funkweckers mitsamt Kommentaren (»Weg!« und »Da!«) auf Tonband, Diktaphon, MP3-Player o. Ä. auf. Wenn man ein entsprechendes Radio hat und einen Zeitzeichensender gut empfangen kann, kann man auch dieses aufzeichnen. Die Aufnahme wird dann später am PC mit einer Audiosoftware ausgewertet.

Wesentlich präziser und verlässlicher ist eine Videoaufzeichnung mit Digicam, Webcam oder einer Videokamera. Damit lässt sich problemlos eine Genauigkeit von 1/10s oder besser erzielen. Man startet die Videoaufzeichnung ca. fünf Minuten vor der vorausgerechneten Bedeckung und beendet die Aufnahme fünf Minuten danach. So hat man die Gelegenheit, einen eventuellen Mond des Kleinplaneten nachzuweisen, was bereits vereinzelt passiert ist! Wie bei der visuellen Methode lässt man 2–3 Minuten vor der Bedeckung den Alarm eines Funkweckers beginnen. Den Alarm stellt man mit der Schlummerfunktion (Snooze) aus, dann geht er nach genau 5 Minuten wieder an. Somit hat man zwei Zeitmarken auf dem Video, anhand derer man hinterher das Bedeckungsereignis zeitlich genau festlegen kann.

Da Funkwecker ihre Zeit nicht ständig mit dem Funksignal synchronisieren, sollte man die Synchronisation durch kurzes Herausnehmen der Batterie etwa 30 Minuten vor der Bedeckung erzwingen. Ebenso sollte man im Vorfeld versuchen, die fast immer vorkommende Verzögerung des Weckeralarms zu bestimmen. Wer solche Probleme vermeiden möchte, schraubt sich aus einem Funkuhrempfänger und einem Piezosummer für wenig Geld einen Sekundenpieper zusammen (s. Surftipps).

Den Beobachtungsbericht – Formulare sind bei der IOTA-ES erhältlich (s. Surftipps) – sollte man zur Auswertung schließlich an die Planoccult-Mailingliste oder an Eric Frappa (s. Surftipps) schicken.

■ Wolfgang Strickling

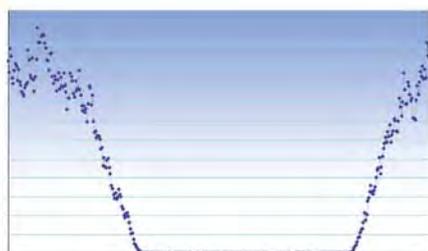
des Sterns sein, die der Astrometrie – in Bezug auf zahlreiche viel schwächere Umgebungssterne – nicht eben zuträglich ist. Dank der Beobachtungen der Bedeckung

durch Roma ist nun zumindest der Ort von δ Ophiuchi am Himmel schlagartig um Größenordnungen besser bekannt.

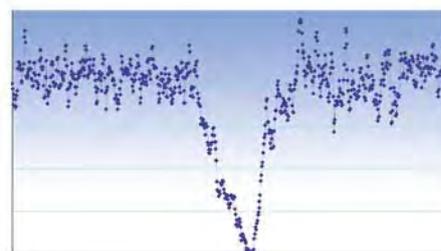
Abb. 2: Lichtkurven der Bedeckung von Wolfgang Strickling (a, $7^{\circ} 10' 40,6''$ Ost, $51^{\circ} 44' 37,5''$ Nord), Michael Kunze (b, $6^{\circ} 27' 52,4''$ Ost, $51^{\circ} 28' 52,8''$ Nord), Rainer Sparenberg (c, $6^{\circ} 27' 52,4''$ Ost, $51^{\circ} 28' 52,8''$ Nord). Bei a) fand die Bedeckung partiell statt, die Sternhelligkeit sank hier für 3,7s nur um 2^m . Bei b), wo eine totale Bedeckung eintrat, konnte innerhalb der Bedeckungsdauer von 4,7s ein Abfall von 0,7s und ein Anstieg von 0,4s registriert werden. Bei c) war der Stern nur 0,3s lang total bedeckt, eine der kürzesten Totalitäten, die aufgezeichnet wurden. Insgesamt dauerte die Bedeckung 3,1s.



a)



b)



d)

Warten auf die Wiederkehr

Jupiter vor dem SEB-Revival

THOMAS UND CLAUDIA WINTERER

VON RONALD STOYAN

Normalerweise sind zwei dunkle Äquatorbänder das herausragende Kennzeichen von Jupiters Wolkenoberfläche. Doch schon zum Ende der letzten Beobachtungsperiode im Dezember 2009 verblasste das Südliche Äquatorialband (SEB) und war seit den ersten Sichtungen des Riesenplaneten im April dieses Jahres gar nicht mehr zu sehen. Nun warten die Planetenbeobachter auf das Wiederenstehen des Bandes – das so genannte SEB-Revival.

Das Verschwinden (»Fading«) des SEB ist keine singuläre Erscheinung. Immer wieder kommt es zu diesem ungewöhnlichen Gesicht Jupiters, zuletzt 1989 und 1993. Jedes Mal wird diese schwache Periode abgelöst durch ein schnelles Wiederenstehen (»Revival«) des Bandes. Dieses kann auch schon auftreten, bevor es ganz verblasst ist, wie es beim letzten Revival 2007 der Fall war. Ein Revival führt zu einem jedes Mal ähnlichen Verlauf der Ereignisse, der auch im aktuellen Fall wieder erwartet wird. Es ist die vielleicht spektakulärste atmosphärische Entwicklung im Sonnensystem, die Amateurbeobachter verfolgen können.

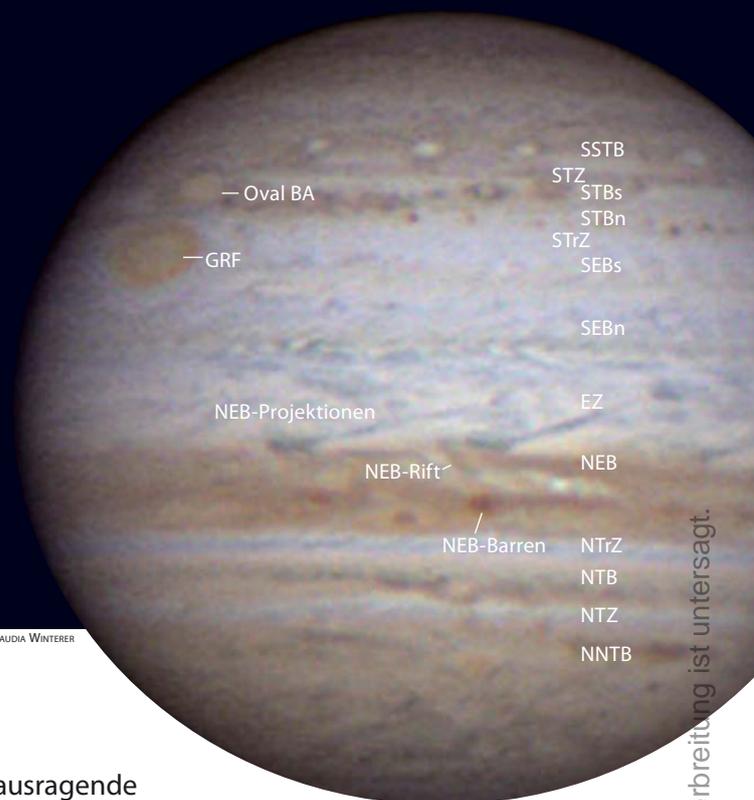
Der Ablauf

15 SEB-Revivals wurden seit 1919 beobachtet [1]. Oft folgen die Ereignisse in dreijährigem Abstand, der aber nicht durchgängig eingehalten wird. So gab es zwei Ereignisse 1990 und 1993, dann folgte eine längere Pause. Das letzte Revival fand 2007 statt, so dass der Zeitpunkt im Jahr 2010 in das beobachtete Muster fällt.

Die Ereignisse beginnen zunächst mit einem langsamen Abschwächen des SEB. Bei manchen Fadings ist nur die südliche Bandkomponente betroffen. Im aktuellen Fall ist auch der nördliche Bandteil verschwunden, sehr helle blauweiße Wolken verdecken das sonst dunkelrotbraune Band. Mit dem Verblasen des SEB einher geht ein Erstarren des Großen Roten Flecks (GRF), der an Farbe und Intensität gewinnt und besser zu beobachten ist, da er nun rundum von hellen Wolken umgeben ist. Das Verschwinden des SEB dauert meistens für mindestens ein Jahr an.

Der Beginn des Revivals erfolgt plötzlich mit dem Auftreten eines sehr hellen Flecks in der Mitte des ehemaligen SEB. Wann und wo dieser auftritt ist nicht vorherzusagen. Innerhalb weniger Stunden werden von dieser Quelle aus dunkle Flecken »emittiert«, die von den Jetstreams an den Rändern des SEB mitgerissen werden. Am Nordrand des SEB reißt der SEBn-Jetstream die Flecken in Richtung kleinerer Längen. Am Südrand des SEB wandern die Flecken dagegen mit dem SEBs-Jetstream in Richtung größerer Längen. Auf diese

Abb. 1: Jupiter mit nur einem Äquatorialband ist ein ungewöhnlicher Anblick. Das schnelle Wiederscheinen des südlichen Bandes steht möglicherweise unmittelbar bevor



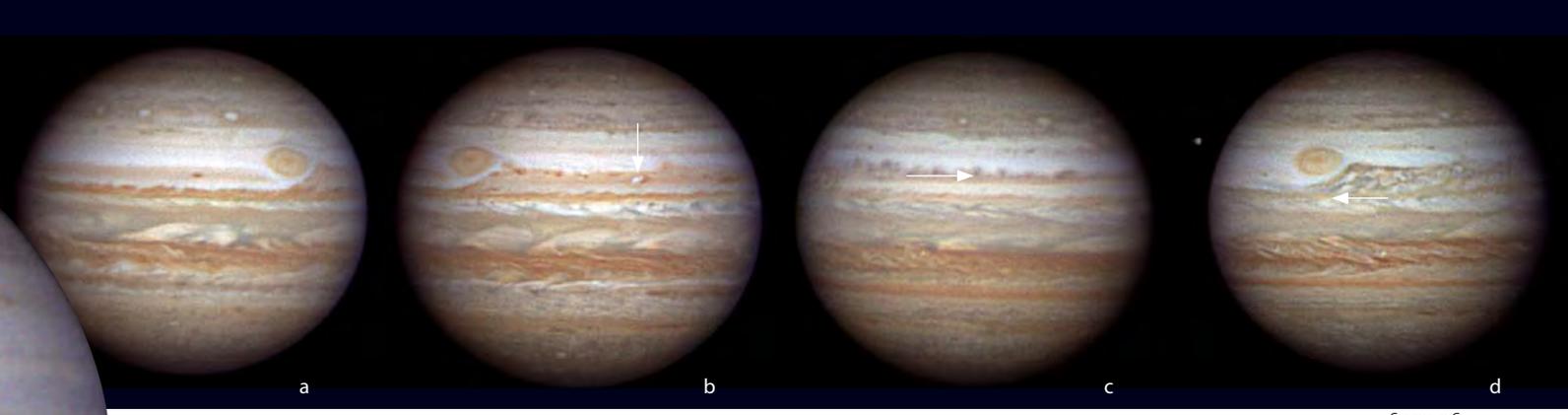
Weise entsteht das SEB durch zwei entgegen gesetzt laufende Fleckenketten innerhalb weniger Wochen neu. Schließlich füllt noch eine zentrale Komponente den Raum zwischen beiden Fleckenreihen dunkel ein.

Die Flecken des SEB-Revivals sind sehr dunkel, bläulich, und erscheinen oft in Ketten mit ca. 20° gegenseitigem Abstand. Der GRF bildet oft ein Hindernis für die Südkomponente des Ausbruchs, die Flecken bleiben hier »hängen« und stauen sich. Wird der GRF von den Revival-Flecken umrundet, schwächt er sich ab.

Rückblick in die 1990er Jahre

Vielen Jupiterbeobachtern noch gut in Erinnerung sind die Ereignisse vor 20 Jahren. 1989 war es im Juli zum kompletten Verschwinden des SEB gekommen. Das Revival fand im August 1990 allerdings zu einem ungünstigen Zeitpunkt statt, da Jupiter nahe der Sonne stand und kaum zu beobachten war. Als er am Morgenhimmel auftauchte, war der Ausbruch bereits geschehen. Er hatte von zwei nacheinander ausbrechenden Quellen seinen Ausgang genommen.

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



CHRISTOPHER GO

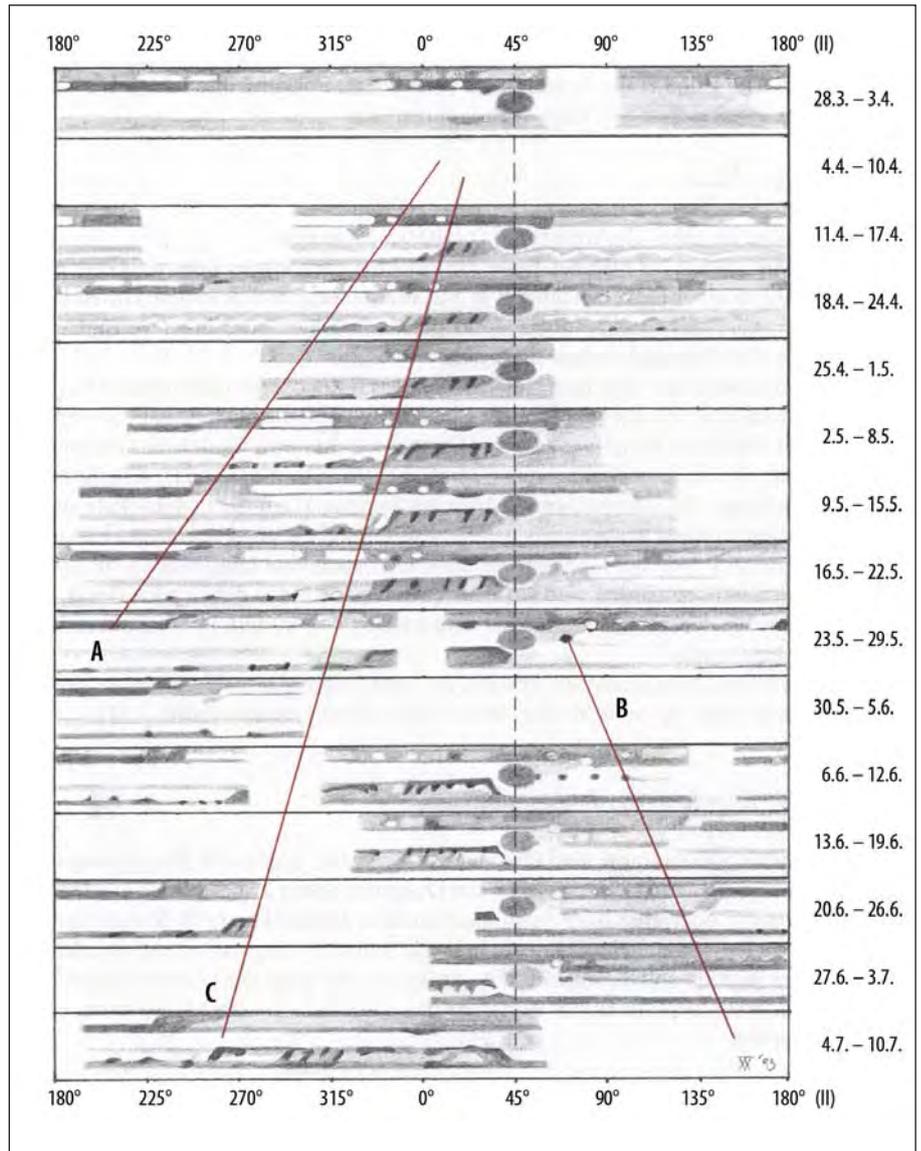
Abb. 2: Das letzte SEB-Revival fand 2007 statt. Obwohl das SEB im Mai noch nicht ganz verschwunden war (a), tauchte am 17.5. ein heller Fleck auf (b), von dem ausgehend sich die südliche (c) und nördliche (d) Bandkomponente wieder neu bildete.

1993 war das Revival besser zu beobachten. Bis zum Mai 1992 war das SEB abermals ganz verschwunden, Anfang 1993 zeigte sich der Riesenplanet mit nur noch einem Hauptband. Am 8.4. begann das Revival direkt 20° in Rotationsrichtung vor dem GRF zur besten Beobachtungszeit. Dunkelblaue Flecke »sprudelten« aus der Quelle hervor. Die Nordkomponente bildete täglich neue Flecken und war nach zwei Monaten vollständig wiederhergestellt. Die südliche Komponente wurde dagegen über einen Monat vom GRF aufgehalten. Dabei kam es zu sehr chaotischen Fleckenbildungen und einer Überraschung am 23.5.: Direkt in Rotationsrichtung hinter dem GRF hatte sich ein blauschwarzer kreisrunder Fleck, zum Verwechseln ähnlich einem Mondschaten, herausgebildet, in dessen Folge die Wiederentstehung des SEB neu begann.

Was passiert 2011?

Beim letzten Ausbruch 2007 war das SEB noch nicht ganz verschwunden gewesen. Am 17.5. kündigte jedoch ein weißer Fleck im noch teilweise erhaltenen Band das Revival an, das wie 1990 seinen Ursprung in zwei Quellen nahm. 2010 dagegen ist das SEB wieder vollständig verschwunden. Es deutet deshalb vieles darauf hin, dass ein besonders eindrucksvolles Revival bevorsteht.

Aus der Erfahrung mit bisher beobachteten Revivals ist ein Ausbruch im Dezember oder Januar, also etwa ein Jahr nach Verblässen des SEB am wahrscheinlichsten. Das Verblässen kann aber durchaus länger andauern, oder der Revival-Zeitpunkt früher eintreten. Untrügliches Anzeichen dafür ist ein kurzzeitig zu beobachtender heller Fleck in der richtigen Breitenlage bzw. dunkelblaue, schnell veränderliche Flecken am Nord- und Südrand des SEB. Amateurbeobachter sind angehalten, den Riesenplaneten möglichst lückenlos zu überwachen, um den Aus-



RONALD STOYAN

Abb. 3: Den Ablauf eines SEB-Revivals kann man an diesem Entwicklungsdiagramm aus dem Jahr 1993 gut erkennen. A markiert die Front der prograden SEBn-Flecke, B die der retrograden SEBs-Komponente, die durch den GRF aufgehalten wird. C ist die zentrale, langsamere prograde zentrale Komponente. Der Ausbruch selbst am 8.4. konnte nicht beobachtet werden.

bruch dieses großartigen Ereignisses nicht zu verpassen.

[2] Stoyan, R.: Planeten aktuell: Jupiter verändert sein Gesicht, interstellarum 53, 27 (2007)

[1] Rogers, J.: The Giant Planet Jupiter, Cambridge University Press, Cambridge (1993)



Abb. 1: Sich dem Roten Planeten zeichnerisch zu nähern gewinnt wieder an Popularität. Im Winter 2009/2010 widmeten sich viele Sternfreunde dieser spannenden Aufgabe.

GEZEICHNET:
mars

Eine visuelle Annäherung an die Marsopposition 2009/2010

VON MICHAEL KIESSLING UND LAMBERT SPIX

Am 29.1.2010 stand Mars in Opposition zur Erde, bereits am 27.1. hatte er mit 14,1" seinen größten scheinbaren Durchmesser. Die Opposition fand in Aphelnähe statt, die Entfernung zur Erde betrug dabei über 99 Millionen Kilometer. Im Vergleich zur »Jahrhundertopposition« 2003 bot der Mars deshalb nur gut ein Drittel der Scheibchenfläche der damaligen Opposition in Perihelnähe mit etwas über 55 Millionen Kilometer Entfernung. Dafür erreichte er im Sternbild Krebs mit etwa 60° eine für die Beobachtung sehr günstige Höhe über dem Horizont. Der Nordpol des Mars war der Erde zugeneigt, so dass Frühling und Sommer auf der Nordhalbkugel zu verfolgen waren.

Visuelle Beobachtungen 2009/2010

Es wurden über 70 Zeichnungen von zehn verschiedenen Beobachtern gesammelt und einer groben Auswertung unterzogen. Die meisten Beobachtungen

erfolgten zwischen der 4. und 11. Kalenderwoche 2010, die ersten Beobachtungen stammen aus der 50. Woche 2009, die letzte aus der 18. Woche 2010. Es wurden Teleskope mit Öffnungen von 2" bis 10" eingesetzt. Die meisten Zeichnungen wurden mit Bleistift in schwarz-weiß er-

Abb. 2: 30.1.2010, 20:45 MEZ, 6"-Maksutov, 200x/250x. Prominente nördliche Polkappe, am Westrand nahe Syrtis Maior eine ausgedehnte fast weiße Aufhellung sichtbar, im Hellblaufilter deutlicher, Hellas als Aufhellung wahrnehmbar. *Lambert Spix*

Abb. 3: 1.2.2010, 23:05 MEZ, 7,7"-Newton, 267x. Mittig ist die Gabelbucht (Meridiani Sinus) sichtbar, zudem wurden im Blaufilter drei helle Dunst-Gebiete erkannt. *Christian Harder*

Abb. 4: 3.2.2010, 18:55 MEZ, 4"-Refraktor, 217x. Deutliche Nordpolkappe ohne weitere Struktur, Polsaum mit Ausbuchtung nach Süden, Syrtis Maior sehr prominent, nordöstlich davon eine Aufhellung zum Rand. *Paul Hombach*

Abb. 5: 5.2.2010, 23:05 MEZ, 10"-Newton, 305x. Links mittig Syrtis Maior, rechts zum Rand hin die Gabelbucht (Meridiani Sinus), erneut waren helle Dunstgebiete sichtbar. *Christian Harder*

Abb. 6: 8.2.2010, 20:10 MEZ, 4"-Refraktor, 217x. Blasse Gegend nördlich des Mare Cimmerium, Nordpolkappe sehr deutlich, erneut Ausbuchtung am nördlichen Polsaum, zwei Aufhellungen im Nordosten. *Paul Hombach*

Abb. 7: 8.2.2010, 23:00 MEZ, 6"-Maksutov, 200x/250x. Nördliche Polkappe klein aber hell, südliche Polkappe schwach sichtbar, Polsaum mit Utopia, fast zentral Syrtis Maior. *Lambert Spix*

Abb. 8: 18.2.2010, 21:45 MEZ, 6"-Maksutov, 187x/300x. Die Nordpolkappe war sehr prominent, der Polsaum deutlich. Letzterer zeigte deutliche Schattierungen. Das Mare Sirenum war auch kein schwieriges Ziel. Die anderen Schattierungen waren nur nach angestrengtem Beobachten zu erkennen. Auf der p-Seite war möglicherweise ein Wolkenband zu sehen. *Uwe Pilz*

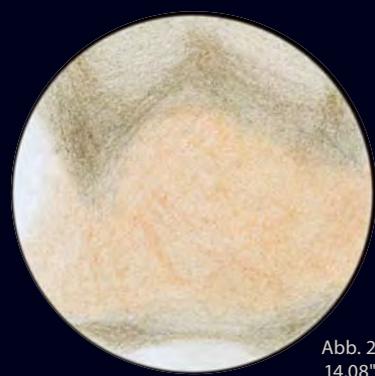


Abb. 2
14,08"

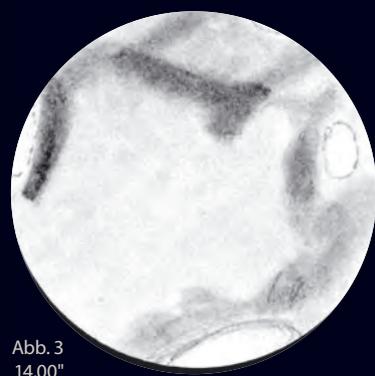


Abb. 3
14,00"

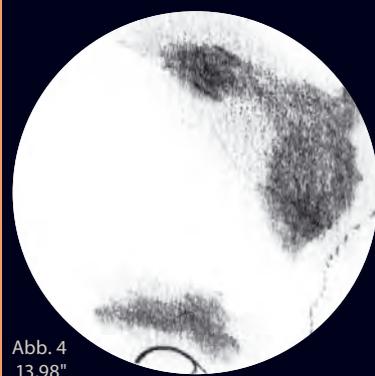


Abb. 4
13,98"

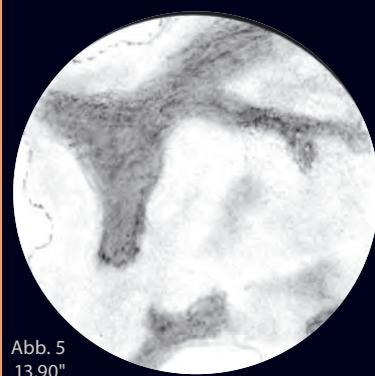


Abb. 5
13,90"



Abb. 6
13,76"

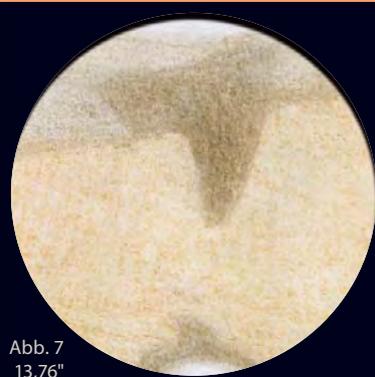


Abb. 7
13,76"



Abb. 8
13,04"

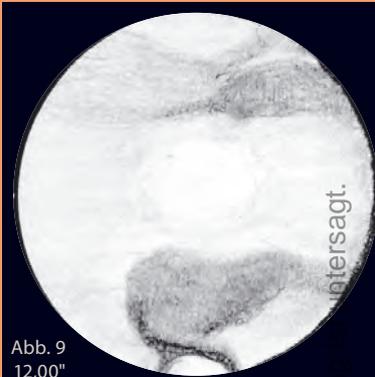


Abb. 9
12,00"

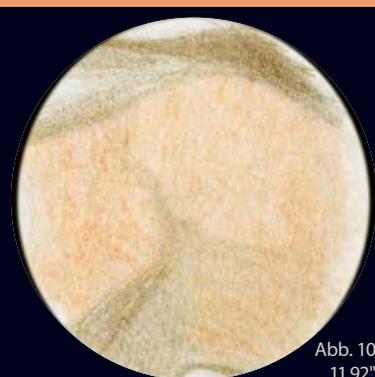


Abb. 10
11,92"

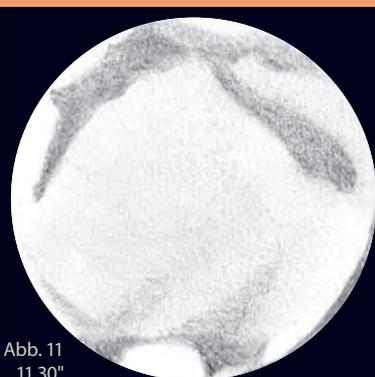


Abb. 11
11,30"

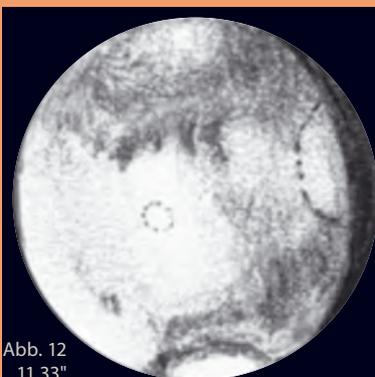


Abb. 12
11,33"

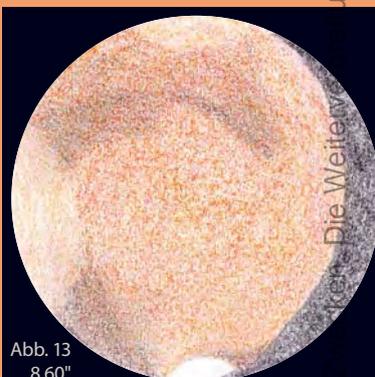


Abb. 13
8,60"

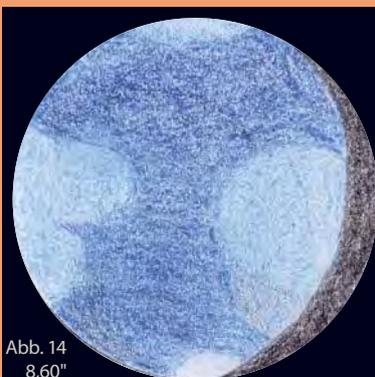


Abb. 14
8,60"

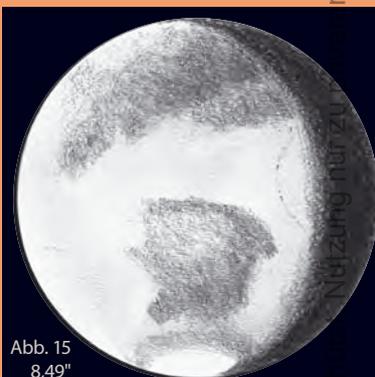


Abb. 15
8,49"

Abb. 9: 1.3.2010, 19:25 MEZ, 4"-Refraktor, 180x. Mare Acidalium und Lacus Niliacus als zusammenhängende Region gesehen, recht deutlich Chryse. Im Süden dann das Mare Erythraeum. *Cai-Uso Wohler*

Abb. 10: 2.3.2010, 21:00 MEZ, 6"-Maksutov, 200x/250x. Am Westrand zwei kleinere Aufhellungen, mit Hellblaufilter deutlicher, etwa mittig keilförmige Albedostruktur an der Wahrnehmungsgrenze, Albedostrukturen im Süden auffällig in der Helligkeit strukturiert. *Lambert Spix*

Abb. 11: 8.3.2010, 19:15 MEZ, 5"-Refraktor, 260x. Bei mäßigem Seeing verschwindet am p-Rand Syrtis Maior, während sich Sinus Sabaeus und die Gabelbucht (Meridiani Sinus) zum f-Rand strecken. Die zwei Zipfel des Meridiani Sinus sind angedeutet. An Syrtis Maior ist der Moeris Lacus angedeutet. Ausgeprägte Polkappe, aber auch der Südpol ist deutlich aufgehellt. *Michael Kießling*

Abb. 12: 8.3.2010, 21:35 MEZ, 8"-Maksutov, 527x. Nördliche Polkappe, Mare Acidalium im Norden; Lacus Niliacus rechts in der Mitte, Morgendunst am Ostrand (gestrichelt), Chryse hell in der Mitte (gestrichelt), Gabelbucht (Meridiani Sinus), westlich davon Margaritifera Sinus und im Süden als Aufhellung das Mare Erythraeum, am Westrand wegdrehend noch Syrtis Maior. *Michael Korff-Karlewski*

Abb. 13: 8.4.2010, 22:40 MESZ, 5"-Refraktor, 277x. Die dunkle Struktur im Norden ist das Mare Acidalium, im Süden sieht man das Mare Erythraeum und den Solis Lacus. *Michael Kießling*

Abb. 14: 8.4.2010, 22:40 MESZ, 5"-Refraktor, 277x. Ansicht wie Abb. 13, jedoch mit Blaufilter. Aufhellungen am p- und f-Rand, außerdem eine dunklere Struktur im Bereich Arcadia. *Michael Kießling*

Abb. 15: 10.4.2010, 21:38 MESZ, 8"-Maksutov, 442x. Nördliche Polkappe, Mare Acidalium, Lacus Niliacus, Chryse, Margaritifera Sinus, Aurorae Sinus, Mare Erythraeum und Argyre ganz im Süden; im Blaufilter waren leichte Aufhellungen am Ostrand zusehen (gestrichelt). *Michael Korff-Karlewski*

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt

Was kann man auf dem Mars sehen?

Polkappen: Die Polkappen fallen in der Regel zuerst auf. Diese schneeweißen Eisflächen zeigen im Verlauf der Jahreszeiten des Mars deutliche Veränderungen. Am besten beobachten kann man das Abschmelzen der Polkappen während des Marsfrühlings. Dabei kann es zu Verformungen des Randes kommen, Teile der Polkappe können isoliert werden, gelegentlich treten Teilungen des sichtbaren Teils der Polkappe auf.

Albedostrukturen: Die Albedostrukturen sind vergleichbar mit den Meeren und Gebirgen des Mondes, also Landschaften mit unterschiedlicher Helligkeit und Färbung. Meistens erscheinen sie in einem mehr oder weniger dunklen Braunton im Gegensatz zur hellen rötlich-orangen Marsoberfläche. Einige Areale können jedoch auch heller als diese erscheinen. Die Strukturen sind überwiegend stabil, Veränderungen sind visuell nur selten zu erfassen. Markante Albedostrukturen, die auch bei schlechteren Bedingungen oder in kleineren Teleskopen in ihren Umrissen sichtbar werden, sind z.B. Syrtis Maior, erkennbar als dreieckige dunkle Struktur mit nach Norden ausgerichteter Spitze. Die Gebiete Arabia und Margaritifer Sinus erscheinen am Südrand als lang gestrecktes dunkles Band in Ost-West-Richtung. Arcadia und Chryse ragen vom nördlichen Polsaum als dunkle Region in südliche Richtung. Schwieriger zu erkennen ist die kleine Region Utopia als dunkle Ausbuchtung am nördlichen Polsaum und das hell erscheinende Gebiet Hellas, südlich von Syrtis Maior.

Wolkenscheinungen: Interessante Beobachtungsobjekte sind die Wolken des Mars. Mit dem Abschmelzen einer Polkappe im Marsfrühling gelangen Wasser und Kohlendioxid, die vorher als Eis am Boden gebunden waren, in die Atmosphäre. Bei günstigen Temperaturen und bei bestimmten Landschaftsformationen wie z.B. Tälern und Vulkanen, bilden sich weiß erscheinende Wolken, welche mit dem Mars mitrotieren. Zu den lokalen weißen Veränderungen zählen auch die Reifbildungen am Terminator, die im Gegensatz zu den Wolken nicht mit dem Planeten rotieren. Schließlich gibt es die dunklen oder gelben Wolken: Staubwolken, die stationär oder wandernd das Aussehen der Albedostrukturen verändern können. Ihre Größen reichen von gerade sichtbaren Flecken bis hin zum globalen Staubsturm.

Filterbeobachtungen: Besonders im Zusammenhang mit der Marsbeobachtung werden immer wieder Farbfilter genannt. Visuell werden vorwiegend Blaufilter zur besseren Darstellung der weißen Wolken und Orangefilter zur Hervorhebung der Albedostrukturen sowie der gelben Wolken verwendet. Die jeweilige Filterwirkung bewirkt das Hervorheben eines bestimmten Marsdetails, während eine andere Oberflächenstruktur abgeschwächt erscheint. Eine gute Übersicht der Filterwirkungen ist in [1, 2] enthalten.

stellt, einige wenige in Farbe mit Buntstift oder als Illustration am Computer. Viele Beobachter benutzen Blau- und/oder Orangefilter. Das relativ kleine Marsscheibchen bot dem visuellen Beobachter kaum Gelegenheit zum Studium filigraner Oberflächendetails. So zeigen die meisten Zeichnungen die bekannten Albedostrukturen in ihren Umrissen (s. Kasten). Lediglich an der Nordpolkappe konnten zeitweise kleinere Details wahrgenommen werden. Praktisch alle Beobachter konnten helle Wolken sowie Reifbildungen am Terminator sehen. Eine Auswahl von Zeichnungen soll zeigen, was in der Marssaison 2009/10 visuell möglich war. Leider war das irdische Wetter wochenlang so schlecht, dass brauchbare Beobachtungen erst ab Anfang Februar 2010 möglich wurden.

Ausblick

Bei der kommenden Opposition 2012 wird mit maximal 13,9" ein noch etwas geringerer Durchmesser erreicht. Die darauf folgenden Marsoppositionen bieten zwar wieder ein etwas größeres Marsscheibchen, allerdings bei abnehmender Höhe über dem Horizont. Sicher werden aber die Zeichner wieder versuchen, bei jeder Opposition das maximale Mögliche aus ihren Teleskopen zu holen, denn die visuelle Beobachtung des Mars bleibt die intensivste Annäherung an den Roten Planeten.

- [1] Roth, G. D.: Planeten beobachten, Verlag Sterne und Weltraum, München (1998)
- [2] Stoyan, R.: Mars, Unser Wissen vom Roten Planeten, Oculum-Verlag, Erlangen (2003)

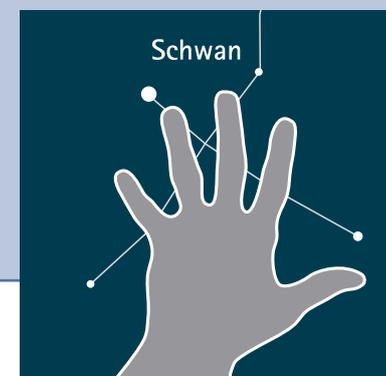
Wie kann man Winkel am Himmel bestimmen?

Um einen unbekannt Ort am Himmel aufzusuchen, muss man mit Winkeln arbeiten, denn »Entfernungen« am Himmelsgewölbe werden in Winkeln gemessen. Dabei ist es nützlich, zunächst eine Vorstellung von der Größe der Winkel zu haben. Im Gegensatz zu den Längengraden fehlt uns hierzu die Alltagserfahrung. In vielen Fällen ist es nicht notwendig oder möglich, Winkelabstände ganz genau zu messen. Eine Abschätzung ist oft völlig ausreichend. Je nach Größe der Winkel sind dafür unterschiedliche Methoden anzuwenden. Auf diese Weise kann man von vielen Dutzend Grad bis hin zu winzigen Abständen von unter einer Bogensekunde recht genaue Bestimmungen vornehmen.

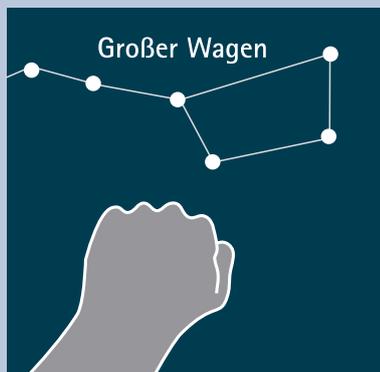
Große Winkel im Gradbereich

Zur Orientierung mit dem freien Auge genügen oft einfache Peilungen, um ein nicht sichtbares Objekt zu lokalisieren. Ein Beispiel ist das Aufsuchen von Planeten am Tage mit einem Fernglas, wenn der Winkelabstand zu Sonne oder Mond bekannt ist. Man muss herausfinden, auf welche Stelle des Himmels das Instrument zu richten ist. Wenn man sich die Lage der Sonnenbahn am Himmel vorstellt, genügt dazu der Winkelabstand zum hellen Gestirn. Diesen Abstand muss man am Himmel gedanklich »abtragen«, um zum Ziel zu gelangen. Am einfachsten gelingen solche Abschätzungen durch Winkelbestimmungen mit der ausgestreckten Hand. Das Verhältnis von Armlänge und Handgröße ist bei allen Menschen ungefähr gleich, so dass man mit guter Genauigkeit folgende Maße verwenden kann:

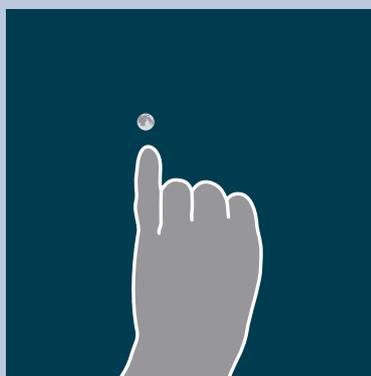
- Bei der gespreizten Hand beträgt der Abstand zwischen Spitze des Daumens und Spitze des kleinen Fingers etwa 20°. Wenn man beide Hände nebeneinander legt, kommt man auf 40°.



- Die Breite der Faust beträgt etwa 10° , was etwa der Kastengröße der Sternfigur Großer Wagen entspricht.



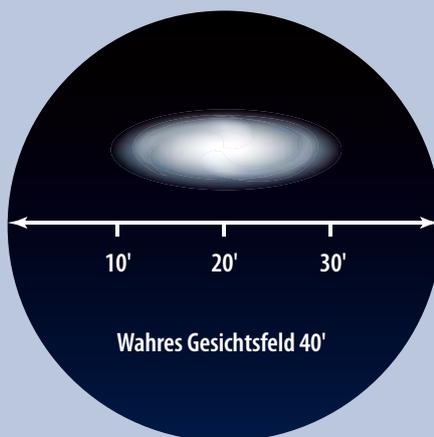
- Die Breite des Daumens ist etwa $2,5^\circ$, die des kleinen Fingers $1,5^\circ$. Letzteres entspricht dem dreifachen Vollmondurchmesser. Da man vom kleinen Finger auch Bruchteile schätzen kann, kommt man bis etwa $0,5^\circ$ hinunter.



Diese Maße können kombiniert werden. Beispiel: 5° sind entweder als halbe Faust oder durch zwei nebeneinander gehaltene Daumen zu bilden.

Winkel im Bereich von Bogenminuten

Beim Blick durch ein Fernrohr kann man bestenfalls einige wenige Grad überblicken, oft nur einen Teil eines Grades. Winkelgrößen in diesem Bereich benötigt man, um die visuelle Ausdehnung von Objekten angeben zu können, z.B. die sichtbare Länge einer Galaxie oder den Komadurchmesser eines Kometen. Um in diesem Bereich Winkeln zu bestimmen, haben sich zwei Methoden bewährt:



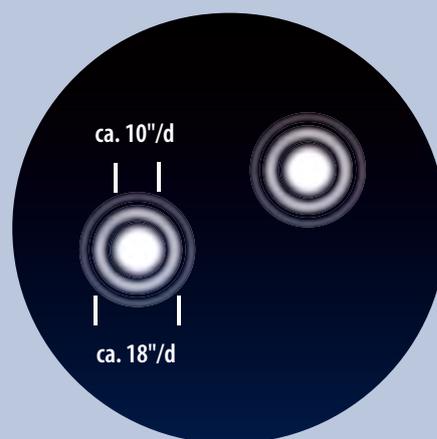
- Relativ große Objekte beurteilt man danach, welchen Anteil am Gesichtsfeld sie einnehmen. Später am Schreibtisch kann man das wahre Gesichtsfeld der Okular-Teleskop-Kombination ausrechnen und daraus den unbekannt Winkel bestimmen. Das wahre Gesichtsfeld – also der tatsächlich dargestellte Ausschnitt des Himmels – berechnet man aus dem scheinbaren Gesichtsfeld des Okulars dividiert durch die Vergrößerung. Das scheinbare Gesichtsfeld ist eine Okularlinsengröße und kann den Herstellerangaben entnommen werden.
- Wenn man am Fernrohr mit einer Sternkarte arbeitet, dann kann man einen Winkel auch mit dem Abstand zweier gut identifizierbarer Sterne vergleichen. Falls man Kartenausdrucke benutzt, ist es am besten, die Sterne während der Beobachtung in der Karte zu markieren. Den tatsächlichen Abstand der Sterne bestimmt man dann wieder am Schreibtisch. Für gedruckte Atlanten gibt es dazu eine Schablonen oder eine Legende. Noch einfacher geht es mit Planetariums- und Stern-



kartenprogrammen, die über eine Winkelmessfunktion verfügen.

Sehr kleine Winkel in der Nähe der Auflösungsgrenze des Instrumentes

Die Bestimmung sehr kleiner Winkel ist schwieriger und erfordert etwas Übung. Dennoch sind auch in diesem Bereich Abschätzungen möglich. Geeignet ist diese Methode vor allem für die Abstandsbestimmung enger Doppelsterne. Die Methode besteht darin, den zu messenden Abstand mit dem Durchmesser des ersten Beugungsringes oder der zentralen Beugungsscheibe zu vergleichen. Dazu muss die Luft so ruhig sein, dass man den Beugungsring sieht. Die Vergrößerung sollte hoch bis sehr hoch gewählt werden, etwa das 20-fache der Teleskopöffnung in Zentimetern. Der tatsächliche Durchmesser der zentralen Beugungsscheibe beträgt etwa $10''/d$, wobei d die Öffnung des Instrumentes in Zentimetern ist, der erste Beugungsring hat die Größe von $18''/d$. Ein Vierzöller (10cm) hat also Beugungsscheiben von etwa 1" Durchmesser. In einem solchen Instrument kann man mit viel Übung die Abstände von Doppelsterne bis hinunter zu diesem Wert bestimmen. Wilhelm Herschel benutzte dieses Verfahren mit Erfolg [1].



[1] Herschel, W.: Catalog of Double Stars, Philosophical transactions of the Royal society of London 75, 40 (1785)

Klein aber fein

Sechs kleine Refraktoren im Vergleich

VON RONALD STOYAN

Der Trend geht zum Zweitfernrohr: Vorbei die Zeiten, als Sternfreunde noch ein einziges »Arbeitsgerät« besaßen. Die moderne Freizeitgesellschaft fordert dem jeweiligen Zweck angepasste Speziallösungen – auch in der Amateurastronomie. Für den ultramobilen Sternfreund von heute, der auch im Fernurlaub auf sein Hobby nicht verzichten will, ohne das zulässige Fluggepäck zu überschreiten, bieten immer mehr Hersteller kleine feine Refraktoren an. Sechs davon mit Öffnungen zwischen 60mm und 72mm wurden in einem Test gegenüber gestellt.

Abb. 1: Sechs auf einen Streich: Kleine Reiseteleskope liegen im Trend, seit die Fertigung auch in China stattfindet. Von links nach rechts: Omegon 66ED, Takahashi FS60, Teleskop-Service IN ED70, William Megrez 72, Astro-Professional 66ED Carbon und Borg Mini ED60 (unten).



Vor 15 Jahren noch war die Wahl eines kleinen Refraktors für die Reise eine Qual: Preiswerte Instrumente waren herkömmliche Achromaten, wie das beliebte Multi 80S von Vixen, aber mit entsprechendem Farbfehler bei großen Öffnungsverhältnissen kaum zu gebrauchen. Gute kleine Apochromaten jedoch wie das

Televue Oracle oder das Takahashi FC60 kosteten gleich soviel wie ein 8"-Schmidt-Cassegrain.

Durch die Entwicklung der ED-Sondergläser und die Verlagerung der Produktion nach China hat sich dieser Markt in den vergangenen zehn Jahren entscheidend verändert. Heute gibt es neben den Premi-

um-Anbietern zu Premium-Kosten immer mehr Alternativen made in China, die ED-Leistung auch bezahlbar machen. Gerade in den letzten Monaten sind einige neue, besonders vielversprechende Teleskope erschienen – können Sie den hochpreisigen japanischen Konkurrenten das Wasser reichen?

interstellarum-Tests

Wirklich neutrale Aussagen über Teleskope und Zubehör – das wünschen sich viele Sternfreunde. Die vielfach veröffentlichten, fälschlicherweise als »Test« ausgegebenen Erfahrungsberichte in Zeitschriften und dem Internet sind nicht dazu geeignet. Oft hat man den Eindruck, dass Händlerinteressen die Artikel prägen.

interstellarum geht einen anderen Weg: In Zusammenarbeit mit den Herstellern und Händlern entstehen Tests, die eine Relativierung der Aussagen erlauben. Bewusst wird auf subjektive Wertungen verzichtet und dem Leser selbst die Möglichkeit gegeben, anhand der geschilderten Eigenschaften sich für eines der Produkte zu entscheiden.

Mehr über unsere Test-Grundsätze und bereits erschienene Berichte können Sie auf www.interstellarum.de nachlesen.

Testarrangement

Für diesen Produktvergleich wurden sechs laut Hersteller apochromatische Refraktoren zwischen 60mm und 72mm Öffnung und mit einem Öffnungsverhältnis von f/6 ausgewählt: Omegons 66ED und der ED66 Carbon von Astro-Professional, der IN ED70 von Teleskop-Service, der Megrez 72 von William Optics sowie der Borg Mini ED60 und Takahashis FS-60CB als Vertreter der hochpreisigen Sparte. Weitere hier nicht betrachtete Teleskope, gerade

im niedrigen Preissegment, sind weitgehend baugleich mit den betrachteten Instrumenten.

Über mehrere Nächte im Frühling und Sommer 2010 wurden die Refraktoren direkt nebeneinander visuell verglichen. Für die Tagbeobachtung wurde ein Baumwipfel in ca. 1km Entfernung mit und ohne Gegenlicht als Ziel ausgewählt. Bei der Nachtbeobachtung kamen die Teleskope an Mond, Venus, Jupiter, Saturn und Arktur zum Einsatz. Schließlich wurde die Weitfeld-Eignung an diversen Deep-Sky-Objekten des Sommerhimmels untersucht. Dieser Test beschränkt sich rein auf die visuelle Nutzung. Einige der Testgeräte sind erkennbar auch auf fotografische Leistung ausgelegt, diese wurde jedoch nicht untersucht.

Die optischen Tests wurden von Wolfgang Rohr durchgeführt. Dabei wurden die Teleskope auf der optischen Bank auf ihre Korrektur (sphärische Korrektur, Koma, Astigmatismus) und die Farbreinheit (Farblängsfehler) hin untersucht (vgl. Kasten). Die Strehl-Werte wurden dabei für die visuell entscheidende Farbe grün (546nm) ermittelt. Visuell wurde zudem das Beugungsbild im Sterntest geprüft und mit dem Ronchi-Okular von Gerd Neumann erfolgte eine Sichtprüfung der Bildfehler.

Mechanik

Omegon 66ED und Astro-Professional 66ED Carbon

Beide Teleskope weisen eine erstaunliche äußerliche Ähnlichkeit bis in Details auf, die heute bei vielen Import-Teleskopen zu beobachten ist. Einziger Unterschied ist der Carbon-Tubus des Geräts von Astro-Professional, der jedoch beim Gewicht nur einen minimalen Vorteil bringt.

Beide Teleskope sind ordentlich verarbeitet. Die Taukappe ist jeweils einschiebbar,

Was ist ein Apochromat?

Gerne verwenden Hersteller optischer Geräte die Bezeichnung apochromatisch als Werbeaussage, ohne dass sich dahinter eine allgemein akzeptierte feste Definition verbirgt. Doch es gibt Kriterien, mit denen man einen Achromaten von einem Halb-Apochromaten oder Voll-Apo unterscheiden kann. Bereits bei Dieter Lichtenknecker findet man einen Rest Chromasie-Wert und Uwe Laux bezieht sich auf eine von Zeiss stammende Quelle, die einen Wert aus Fokus, Öffnung, Abbezahl und Teildispersion berechnet. Nun hat man aber nicht immer die Glaskombination der Objektive, damit man beide Werte nachschlagen könnte. In der Regel kann man aber auf 0,01mm genau die Fokusedifferenzen mit engen Interferenzfiltern für die jeweiligen Wellenlängen ermitteln und daraus einen Differenzwert für die einzelnen Farben errechnen, wobei der Bezugspunkt die e-Linie (grün) bei 546,074 nm sein soll, weil sie nahe der nächtlichen Maximalempfindlichkeit des menschlichen Auges liegt.

Die Fokusedifferenzen werden in Bezug zur Schärfentiefe gesetzt, also dem Bereich um den Brennpunkt, in dem das Sternbild theoretisch kleiner als der Durchmesser des zentralen Beugungsscheibchens ist. Da dieser Wert von der Wellenlänge und dem Durchmesser abhängig ist, die Größe des Bereiches jedoch auch von der Brennweite abhängt, ergibt sich:

$$\text{Schärfentiefe} = 2 \times \text{Wellenlänge} \times (\text{Brennweite/Durchmesser})^2$$

Statt dem theoretischen Faktor 2,44 für den Durchmesser des Beugungsscheibchens verwendet man den praxisnäheren Faktor 2.

Über die Schärfentiefe als Maßeinheit wird der tatsächlich gemessene Farblängsfehler zur Hauptfarbe Grün ins Verhältnis gesetzt, wobei aus den Abständen von Rot und Blau das arithmetische Mittel genommen wird. Die dadurch entstehende Indexzahl ergibt eine verlässliche Zuordnung der einzelnen Refraktor-Systeme in Chromasiegrade:

- Vollapochromate liegen bei Chromasiegraden zwischen 0 und 1
- Halbapochromate liegen bei Chromasiegraden zwischen 1 und 2
- Achromate liegen bei Chromasiegraden größer als 2

das Rohr wird dadurch für den Transport sehr kompakt. Beide Teleskope besitzen ebenso den gleichen, breiten Crayford-Okularauszug mit Untersetzung und Skala. Beim Omegon-Modell ist er nur mit einem 1¼"-Okularanschluss versehen, der 2"-Anschluss des Astro-Professional-Geräts kann jedoch problemlos angeschraubt werden.

Der Okularauszug lässt sich bei beiden Teleskopen um 360° drehen, dies ist aber unpraktisch mit einem Klemmring ausge-

führt, der schwer ganz zu klemmen ist und etwas hakelig läuft. Auch die Okularauszüge laufen insgesamt mit leichter Unwucht, wie das bei den meisten preiswerten Teleskopen aus Fernost zu beobachten ist. Auch die Okularklemmung, obwohl vorbildlich mit Messingring ausgeführt, jedoch leider nur mit einer Schraube gesichert, klemmt des Öfteren.

In den Tuben beider Teleskope sind keine Blenden sichtbar, die Tubusinnenseite ist

Abb. 2: Klein und Schwarz präsentiert sich Omegons ED66.



Sechs kleine Refraktoren						
Modell	Omegon 66ED	Astro-Professional 66ED Carbon	Teleskop-Service IN ED70	William Optics Megrez 72	Borg Mini ED60	Takahashi FS-60CB
Öffnung	66mm	66mm	70mm	72mm	60mm	60mm
Brennweite	400mm	400mm	420mm	432mm	350mm	355mm
Öffnungsverhältnis	f/6	f/6	f/6	f/6	f/5,8	f/5,8
Transportlänge gesamt	316mm	316mm	295mm	295mm	316mm	314mm
Transportlänge längstes Einzelteil	316mm	316mm	295mm	295mm	105mm	195mm
Tubusdurchmesser (Taukappe)	70mm (85mm)	70mm (85mm)	80mm (92mm)	82mm (94mm)	57mm (68mm)	79mm
Gewicht	1830g	1745g	2080g	2350g	632g	975g
Okularanschluss	1¼"	2" + 1¼"	2" + 1¼"	2" + 1¼"	1¼"	2" oder 1¼"
Fokussierweg	61mm	61mm	80mm	80mm	10,5mm + 46mm	30mm
Stativanschluss	2× Fotogewinde, 15mm Abstand	2× Fotogewinde, 15mm Abstand	2× Fotogewinde, 15mm Abstand	2× Fotogewinde, 35mm Abstand	1× Fotogewinde	Rohrschelle, 1× Fotogewinde, 2× Bohrung 8mm
Lieferumfang	Koffer	Koffer	Tasche	–	–	–
Gewicht mit Koffer	3940g	3960g	3230g	–	–	–
Listenpreis	289€	479€	398€	529€	640€	759€

aber gezahnt ausgeführt. Beide Teleskope haben auf der Unterseite einen fest integrierten Stativadapter mit zwei Fotogewinden. Mit 45mm Breite passt er auch in die meisten Prismenschiene-Aufnahmen.

Sehr lobenswert bei beiden Teleskopen ist, dass der Transportkoffer mit Schaumstoff im Lieferumfang enthalten ist – alle Transportprobleme sind gelöst. Insgesamt kommt man auf 3,5kg zu tragendes Gewicht.

Teleskop-Service IN ED70

Teleskop-Service stattet sein ebenfalls in China produziertes Teleskop seit neuestem ebenfalls mit einem Carbon-Tubus aus. Auch die sonstige Ausführung erinnert

an die Teleskope von Omegeon und Astro-Professional: Taukappe, Okularauszug, Stativadapter sind identisch. Damit hat das TS-Teleskop auch ähnliche Probleme: Der Okularauszug läuft nicht rund, seine Drehfunktion ist ebenfalls hakelig, aber deutlich weniger stark als bei den 66mm-Modellen ausgeprägt.

Das Tubusinnere ist mit zwei Blenden ausgestattet. Sowohl 1¼"- als auch 2"-Okulare lassen sich anschließen. Teleskop-Service liefert das Teleskop in einem sehr angenehm handhabbaren und leichten Soft-Koffer, der sich mit einem mitgelieferten Trageriemen auch umhängen lässt. Das zu transportierende Gesamtgewicht

Abb. 3: Astro-Professionals 66ED Carbon lässt sich mit einem 60°-Prisma zur Naturbeobachtung umrüsten.

liegt somit trotz der größeren Öffnung unter dem der beiden 66mm-Teleskopen.

William Optics Megrez 72

Auch diese Optik, mit 72mm Durchmesser die größte im Feld, sieht ähnlich wie die anderen China-Teleskope aus, besitzt aber einen weißen, massiveren Tubus. Dies ergibt das größte Gewicht im Testfeld mit 2,4kg. Der Okularauszug, ebenfalls mit 1¼"- und 2"-Anschluss und der unvermeidlichen 1:10-Untersetzung, zeigt sowohl beim Ausziehen als auch bei der Rotation deutlich geringere Probleme als die kleineren China-Teleskope. Lediglich bei Zenitstand des Objekts ist die Benutzung problematisch.

Der wie beim TS-Teleskop sehr große Fokussierweg von 80mm lässt vielfältiges Zubehör zu, ebenso ist der Okularauszug rotierbar – problemlos. Auch die Okularklemmung gelingt mit zwei Schrauben besser als bei der Konkurrenz. Drei Blenden sind im Tubus verbaut. Die Stativaufnahme ist ähnlich wie bei den anderen Teleskopen realisiert, aber mit zwei weiter voneinander entfernten Gewindebohrungen. Leider wird kein Transportkoffer serienmäßig mitgeliefert. William Optics bietet aber passende Taschen an.

Borg Mini ED60

Der japanische Hersteller Borg verfolgt eine völlig andere Strategie als die chinesischen Hersteller: Die Transportfähigkeit wird mit einem modularen Aufbau erreicht. Das Mini-Borg-System, im Test mit einem 60/350mm-Objektiv, lässt sich komplett in Einzelteile zerlegen: Taukappe, Objektiv, Tubus, Stativadapter, Anschlussring und Okularauszug sind voneinander abschraubbar. Das Transportmaß wird damit auf unglaubliche 10cm Länge gedrückt: Kompakter geht es nicht! Auch das Gewicht ist rekordverdächtig: 632g wiegt das komplette Teleskop.

57mm Tubusdurchmesser haben die modularen Einzelkomponenten der Borg-Mini-Serie. Sie lassen sich wahlweise und je nach Bedarf kombinieren. So kann man statt dem 60mm-Objektiv auch einen 45/300-ED-Apochromaten oder 50/250- und 60/325-Achromate anschrauben. Auch okularseitig steht eine reiche Auswahl von mehreren Okularauszügen und Fotoadaptern zur Verfügung. Im Test verwendet wurde ein Helikalauszug, bei dem sich das Okular nicht mitdreht. Er ist mit einer Skala ausgestattet, besitzt aber nur 10,5mm Fokussierweg. Die grobe Fokuseinstellung wird deshalb bereits am



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

ausziehbaren mittleren Tubuselement vorgenommen.

Vier Blenden finden sich im weiß lackierten Tubus, der wie die anderen Elemente des Borg-Designs vorbildlich verarbeitet ist. Leider nur zusätzlich zu haben sind die passenden Transportkoffer – das Test-Teleskop kam ohne einen solchen.

Takahashi FS-60CB

Ein kompaktes kurzes Teleskoprohr verwendet Takahashi für seinen 60/355-Apochromaten, den kleinsten im Programm dieses führenden Refraktor-Herstellers. Das Teleskop wiegt weniger als 1kg, wirkt aber robuster als das Borg-Teleskop. Leider ist die Taukappe nur abschraubbar, aber nicht einschiebbar. Das minimale Transportmaß ist damit auf 19cm Länge reduziert – Takahashis Baby lässt sich überall hin mitnehmen.

Die Mechanik macht den Unterschied: Der Okularauszug nach dem Zahn & Trieb-Prinzip läuft exzellent und sehr stabil ohne jedes Ruckeln. Leider steht nur ein kurzer Fokussierweg von 30mm zur Verfügung, der Rest muss mit optionalen Adaptern voreingestellt werden. In der Grundausstattung muss man wählen zwischen den Okularanschlüssen mit 2" oder 1 1/4" – denn auch dafür werden verschiedene Adapterlösungen benötigt.

Takahashis Teleskop besitzt keine Blenden im Tubus. Auf der Oberseite findet sich aber eine Anschlussmöglichkeit für einen Sucher – wegen der sehr kurzen Brennweite wird dieses Zubehör aber kaum benötigt.

Nicht im Lieferumfang der Grundausstattung enthalten ist die Rohrschelle, die aufgrund des fehlenden Anschlusses am Teleskoprohr zwingend erforderlich ist. Für 119€ bekommt man eine 48mm breite Schelle mit Fotogewinde und zwei Bohrungen in 35mm Abstand an der Basis, auf der Oberseite ist ein Fotogewinde für Piggyback-Fotografie angebracht. Für das Takahashi-Teleskop gibt es kein passendes Transportbehältnis – schade!

Optik

Der Test auf der optischen Bank zeigt: Durchweg handelt es sich nicht um vollapochromatische Objektive. Dies ist bei dem schnellen Öffnungsverhältnis von f/6 auch nicht anders zu erwarten. Farbfehler werden somit zwar weitgehend

Abb. 4: Glänzt ebenfalls im Carbon-Look:
IN ED70 von Teleskop-Service.



Abb. 5: Sammelt mit 72mm Öffnung schon viel Licht, ist aber auch schwerer als die Konkurrenz: William Optics' Megrez 72.



Abb. 6: An Leichtigkeit und Transportabilität nicht zu über-
bieten: Borg Mini ED60.



Abb. 7: Ein kleines Traumteleskop ist Takahashis FS-60.
Hier überzeugt vor allem die solide Mechanik.



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



Abb. 8: Zwillinge bis auf den 2"-Anschluss: die 66EDs von Astro-Professional (links) und Omegon (rechts).



Abb. 9: Die Stativ-Aufnahme beim Omegon-Teleskop ist bei den anderen in China gefertigten Geräten nahezu identisch ausgeführt.

Die Teleskope in der Praxis

Omegon 66ED

- + sehr geringer Preis
- + Transportkoffer im Lieferumfang
- Okularauszug läuft unrund
- kein 2"-Anschluss

Astro-Professional 66ED Carbon

- + 2"-Anschluss
- + Transportkoffer im Lieferumfang
- Okularauszug läuft unrund
- relativ hoher Preis

Teleskop-Service IN ED70

- + Transportkoffer im Lieferumfang
- + geringer Preis
- Okularauszug läuft unrund
- deutlicher Farbfehler

William Optics Megrez 72

- + gute Verarbeitung
- + große Öffnung
- + geringer Farbfehler mit Glasweg
- relativ großes Gewicht
- kein Transportkoffer im Lieferumfang
- relativ hoher Preis

Borg Mini ED60

- + extrem geringes Transportmaß
- + extreme geringes Gewicht
- + Vielseitigkeit der Anwendungen
- + geringer Farbfehler
- nur 1¼" im Lieferumfang
- kein Transportkoffer im Lieferumfang
- hoher Preis

Takahashi FS-60CB

- + robuste feinfühligte Mechanik
- + geringes Gewicht
- + geringer Farbfehler mit Glasweg
- Rohrschelle nicht im Lieferumfang
- kein Transportkoffer im Lieferumfang
- hoher Preis

vermieden, aber nicht ganz ausgeschlossen. Ebenfalls zu konstatieren ist: Die Qualitätsunterschiede zwischen den preiswerteren China- und teuren Japan-Optiken sind gering.

Die beste Farbkorrektur im Testfeld zeigt das Borg-Teleskop. Hier liegt lediglich der Brennpunkt für Rot deutlich abseits der anderen Farben. Die Objektive von William Optics und Takahashi funktionieren mit zusätzlichem Glasweg von 50mm am besten, wie er in der Realität durch die Verwendung von Zenitprismen auch vorkommt. Bei beiden Teleskopen zeigt ebenfalls der Fokus für Rot die größten Abweichungen von der Bezugsfarbe Grün. Nahezu identisch sind die Objektive der Fernrohre von Omegon und Astro-Professional, was den schon gehegten Verdacht nahe legt, dass es sich bis auf Details um baugleiche Fernrohre handelt. Mit einem Chromasiegrad von 2,5 handelt es sich um sehr gute ED-Achromate mit guter Farbkorrektur. Dies gilt ähnlich für das Gerät von Teleskop-Service, das aber die größte Fokusdifferenz bei Blau aufweist.

Die Strehl-Werte zwischen 0,94 und 0,99 im grünen Licht zeigen, dass es sich durchweg um erstklassige Optiken handelt – egal wo sie gefertigt sind. Die Unterschiede sind mit dem bloßen Auge nicht zu sehen, erst ab einem Wert von ca. 0,8 Strehl können visuelle Beobachter Bildfehler ausmachen.

Alle Teleskope zeigen darüber hinaus eine deutliche Vignettierung außerhalb der optischen Achse. Für die fotografische Nutzung empfiehlt es sich daher, passend gerechnete Korrektoren zu verwenden – hier liefern Borg, Takahashi und Teleskop-Service entsprechendes Zubehör. Bei den japanischen Herstellern verkürzen oder verlängern die Korrektoren gleichzeitig die Brennweite (Borg 264mm Brennweite, Takahashi 374mm oder 255mm), bei Teleskop-Service ist mit dem TS Flattener eine Lö-

sung ohne einen Verlängerungs- oder Verkürzungsfaktor erhältlich.

In der Praxis

Bei der Beobachtung von Mond und Planeten sind alle Teleskope nahezu ebenbürtig. Unterschiede zwischen made in China und made in Japan sind nicht auszumachen. Vergrößerungen von über 100× sind bei allen Fernrohren möglich und erlauben die Detailbeobachtung von feinen Kraterstrukturen auf dem Mond, den Mondschaten auf Jupiter und Saturns Cassini-Teilung.

Das beste Bild an Mond und Planeten zeigt der Megrez 72 von William Optics aufgrund seiner Öffnung, gefolgt von den Teleskopen von Takahashi und Borg. Die Teleskope von Omegon und Astro-Professional liegen jedoch nahezu gleichauf, minimale Unterschiede sind erst nach längerer Beobachtung zu erkennen. Lediglich das Teleskop von TS leidet unter einem Blausaum um helle Objekte ab einer Vergrößerung von etwa 40×, vergleichbar etwa mit einem Zeiss C-Objektiv. Bei den anderen Teleskopen sind leichte Blau- und Violett säume an hellen Objekten zwar merklich, aber nicht störend. Ähnlich zeigt sich das Bild bei der Tagbeobachtung: Auch unter schwierigen Lichtverhältnissen und Vergrößerungen um 50× konnten alle Teleskope überzeugen.

Beim Sternetest sind die Ergebnisse ähnlich: Fast alle Teleskope zeigen eine ideale Beugungsfigur von Arktur, lediglich beim Rohr von Teleskop-Service ist eine leicht unschärfere Zeichnung zu konstatieren.

Der Takahashi FS-60 liefert mit 2"-Zubehör das mit unglaublichen 7,5° größte potentielle Feld aller Teleskope – allerdings bei einer Fernglas-Vergrößerung von nur 9×. Auf 6,5° kommt der 66ED von Astro-Professional, 6° sind mit dem IN ED70 von Teleskop-Service und dem Megrez 72 von William Optics zu überblicken. Beim 66ED von Omegon ist das maximale Feld aufgrund des fehlenden 2"-Anschlus-

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

Optische Labortests

Die Tests wurden mit einem Bath-Interferometer in Autokollimation durchgeführt. Dabei wurden die Optiken am künstlichen Stern dem Ronchi-, Foucault- und Phasenkontrast-Test unterzogen. Die interferometrische Untersuchung fand mit engbandigen Filtern für die Fraunhofer-Linien F (blau, 486nm), e (grün, 546nm), d (gelb,

587nm) und C (rot, 656nm) statt. Zusätzlich wurde bei 510nm gemessen, also der Wellenlänge, bei der das nachsehende Auge am empfindlichsten ist.

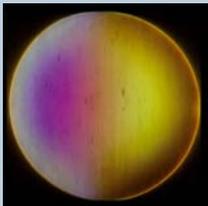
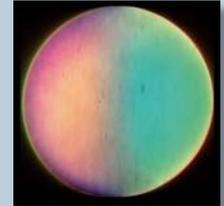
Die Strehl-Werte sind für die Hauptfarbe grün gegeben. Für die Ermittlung des Farbfehlers wird über die Schärfentiefe als Maßeinheit der Farbblängsfehler relativ zur Hauptfarbe Grün gemessen,

wobei aus den Indexzahlen von Rot und Blau das arithmetische Mittel genommen wird. Die dadurch entstehende Indexzahl ergibt eine verlässliche Zuordnung der einzelnen Refraktor-Systeme in Chromasiegrade (vgl. Kasten). Für einige Optiken wurde ein geringerer Chromasiegrad mit einem Glasweg von 50mm ermittelt, wie er etwa einem 2"-Zenitprisma entspricht.



Omegon 66ED	
Wellenlänge	Fokusedifferenz (bezogen auf e)
486nm	-24µm
510nm	-31µm
546nm	-
587nm	+63µm
656nm	+184µm
Strehlwert	0,99
Chromasiegrad	2,6

Astro-Professional 66ED Carbon	
Wellenlänge	Fokusedifferenz (bezogen auf e)
486nm	-18µm
510nm	-25µm
546nm	-
587nm	+67µm
656nm	+185µm
Strehlwert	0,96
Chromasiegrad	2,5



Teleskop-Service IN ED70	
Wellenlänge	Fokusedifferenz (bezogen auf e)
486nm	+116µm
510nm	+50µm
546nm	-
587nm	0µm
656nm	+67µm
Strehlwert	0,94
Chromasiegrad	2,5

Borg Mini ED60	
Wellenlänge	Fokusedifferenz (bezogen auf e)
486nm	-10µm
510nm	-10µm
546nm	-
587nm	+36µm
656nm	+114µm
Strehlwert	0,99
Chromasiegrad	1,7



William Optics Megrez 72		
Wellenlänge	Fokusedifferenz (bezogen auf e)	mit Glasweg
486nm	-31µm	+31µm
510nm	-33µm	+2µm
546nm	-	0µm
587nm	+66µm	+13µm
656nm	+197µm	+98µm
Strehlwert	0,98	
Chromasiegrad	2,9	1,6

Takahashi FS-60CB		
Wellenlänge	Fokusedifferenz (bezogen auf e)	mit Glasweg
486nm	-10µm	+48µm
510nm	-27µm	+14µm
546nm	-	0µm
587nm	+57µm	+14µm
656nm	+173µm	+84µm
Strehlwert	0,99	
Chromasiegrad	2,4	1,7



ses auf 4,5° reduziert. Auch mit dem Borg Mini 60ED sind die Möglichkeiten eingeschränkt, ein 2"-Anschluss ist aber prinzipiell möglich.

Unbedingt sollte man vor dem Kauf testen, ob eine vorhandene 2"-Kombination von Okular und Prisma auch fokussiert werden kann. So kommt man mit dem

2"-Zenitprisma von William beim Astro-Professional- und Omegon-Teleskop nicht in den Brennpunkt. Für Erdbeobachtungen bietet Astro-Professional ein

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



Abb. 10: Das Borg-Konzept: modularer Aufbau und extreme Zerlegbarkeit.

60°-Prisma an, das anstatt der Okularaufnahme an den Okularauszug geschraubt wird. Dies macht das Teleskop jedoch sehr hecklastig. Verwendung im Geradesicht-Modus ohne jedes Prisma ist bei keinem der Teleskope möglich.

Fazit

Alle sechs Teleskope versprechen viel Spaß, egal ob auf Reisen oder bei einer

Wolkenlückenbeobachtung. Dafür muss man nicht tief in die Tasche greifen: Made in China bedeutet bei kleinen Refraktoren heute keinen Unterschied mehr zu den etablierten japanischen Herstellern – auch wenn es sich eigentlich um gute Achromate handelt. Differenzen gibt es aber bei der mechanischen Ausführung: Während Borg das Gewicht konsequent minimiert und auf alle Mätzchen verzichtet, vergeben die größeren Okularauszüge der China-

Teleskope diese Chance. Takahashi setzt dagegen auf einen Mittelweg, ohne an der Qualität zu sparen.

Omegons 66ED ist ein wahres Schnäppchen, wenn man auf 2"-Anwendung verzichten will. Astro-Professional bietet nicht nur diese, sondern auch einen modernen Carbon-Tubus. Dieser ist ebenfalls beim sehr preiswerten Teleskop-Service-Modell vorhanden, leider verbunden mit Kompromissen bei der Optik. Williams Teleskop profitiert deutlich von seiner größeren Öffnung, während Borg in Sachen Vielseitigkeit und Transportabilität nicht zu schlagen ist. Takahashi schließlich bietet gewohnte erstklassige Qualität, wenn man das dazu nötige Geld ausgeben will.

Die Teleskope wurden zur Verfügung gestellt von Astrocom, Gräfelfing, Astro-Professional, Saarbrücken, Astroshop, Landsberg, Astro-Optik Kohler, Luzern und Teleskop-Service, Putzbrunn.

Zwei ungleiche Brüder

Die beiden Standalone-Guider SynGuider von Synta und SG-4 von SBIG im Praxistest

VON ULLRICH DITTLER



Eine exakte Nachführung während der Belichtung ist eine der Grundvoraussetzungen für erfolgreiche Astrofotografie. So genannte Standalone-Guider bieten an, diese Aufgabe ohne großen technischen Aufwand zu übernehmen. Wir haben die beiden Standalone-Guider SynGuider von Synta/Sky-Watcher und SG-4 von SBIG getestet.

Astrofotografie wird immer populärer: Während noch vor wenigen Jahren beeindruckende Astrofotos nur mit gekühlten Astrokameras angefertigt werden konnten, ermöglicht die technische Entwicklung im Bereich der digitalen Spiegelreflexkameras (DSLR) zunehmend mehr Amateuren einen preiswerten Zugang zur Astrofotografie. Die Leistungsfähigkeit aktueller DSLR reicht in Verbindung mit den Möglichkeiten der digitalen Bildverarbeitung aus, um heute mit einer mittleren Amateurausstattung Bilder zu gewinnen, die noch vor wenigen Jahrzehnten nur den professionellen Observatorien vorbehalten waren. Die aktuellen digitalen Aufnahmechips stellen aber auch neue Anforderungen an die weiteren optischen und mechanischen Komponenten des Astrofotografen: Das ausgeleuchtete Bildfeld des verwendeten

Teleskops muss zur verwendeten Chipgröße passen – einige Amateuerteleskope kommen bereits bei den ca. 23mm × 15mm großen Detektoren der meisten DSLR-Kameras schon an ihre Grenzen, wie unschöne Sternabbildungen in den Bildecken zeigen. Und auch die Montierung und deren Nachführung müssen über längere Zeit exakt die Erddrehung ausgleichen, um punktförmige Sternabbildungen zu ermöglichen.

Warum Guiding-Kameras?

In der Regel ist die mechanische Qualität der im Amateurbereich verwendeten Montierungen jedoch nicht ausreichend, um die Aufgabe der exakten Nachführung unkontrolliert der Montierung überlassen zu können; parallel zum Aufnahmechip ist ein zweiter Chip notwendig, der die Nach-

führung kontrolliert und korrigiert. Während einige gekühlte Astro-CCD-Kameras für diesen Zweck einen zweiten Chip als »Guiding-Chip« in das Gehäuse des Aufnahme-Chips integriert haben (Dual-Chip-Kameras), ist bei der Astrofotografie mit DSLR in der Regel die Verwendung einer zweiten Kamera – die als Guiding-Kamera fungiert – notwendig. Viele handelsübliche CCD- oder CMOS-Kameras – beispielsweise einige Webcams, aber auch die weit verbreiteten Kameras von The Imaging Source oder die Lumenera-Kameras – lassen sich mit entsprechender (teilweise kostenfreier) Software zum Nachführen verwenden. Der Nachteil dieser preiswerten Lösungen besteht darin, dass diese Guiding-Lösungen in der Regel einen PC benötigen, der dann zusätzlich zur Aufnahme-Kamera im Feld betrieben und mit Strom versorgt werden

Abb. 1: Spielen in verschiedenen preislichen Klassen: die Standalone-Guider SynGuider von Synta und der SG-4 von SBIG.

Abb. 2: Der SynGuider (unten) verfügt auf der Rückseite über vier Schnittstellen (v.re.n.li.: Stromanschluss, ST4-/Guider-Anschluss, Anschluss für PC (RS232), Anschluss Handsteuerbox), der SG-4 (rechts) über einen verschraubten Stromanschluss, den Guideranschluss, einen Ein-/Auswechsler, eine Status-LED, einen Port zum Anschluss einer externen LED, zwei RS232-Schnittstellen und einen Ein-/Austaster für das Guiding.



muss. Elegantere Lösungen sind so genannte Standalone-Guider, d.h. kleine Guiding-Kameras, die ohne PC auskommen und selbst die gewonnenen Bildinformationen in Guiding-Befehle für die Montierung umrechnen: Den ersten Standalone-Guider für Amateure führte das US-amerikanische Unternehmen SBIG vor mehr als 20 Jahren ein – die legendäre ST-4. Der Rest der Geschichte ist schnell erzählt: Die ST-4 entwickelte sich innerhalb kurzer Zeit zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel für Astrofotografen, später wurde sie – um auf die technischen Entwicklungen im Bereich der CCD-Entwicklung Rücksicht zu nehmen – durch das Modell ST-V abgelöst (das bis 2006 erhältlich war).

Das Konzept eines Standalone-Guiders ist so simpel wie hilfreich: Ein parallel zur Aufnahmeoptik befestigtes Leitrohr nimmt den Standalone-Guider auf, der über die ST4-kompatible Schnittstelle mit der Montierung verbunden wird. Der Guider fotografiert in kurzen Abständen einen kleinen Himmelsausschnitt und bestimmt die Position eines bestimmten Sterns (Leitstern); aus dem Unterschied zwischen Soll- und Ist-Position errechnet der Standalone-Guider die notwendigen Korrekturbefehle für beide Achsen und gibt die entsprechenden Steuerimpulse an die Montierung weiter. Alternativ zum Leitrohr kann ein Standalone-Guider natürlich auch über einen Off-Axis-Guider mit dem Strahlengang der Aufnahmeoptik verbunden werden. Dieser leitet einen kleinen Teil des Lichts aus dem Strahlengang der Aufnahmeoptik über ein Prisma im rechten Winkel zum Standalone-Guider, der anhand eines Sterns im abgelenkten Bildausschnitt nachführt. Beim Einsatz eines Off-Axis-Guiders kann auf ein zusätzliches Leitrohr verzichtet werden, so wird die Montierung weniger belastet und bietet dem Wind im Feld weniger Angriffsfläche.

Testarrangement

Während SBIG lange Zeit der einzige Anbieter eines Standalone-Guiders war, ist in den letzten Monaten reichlich Bewegung in den Markt dieser hilfreichen Produkte gekommen: Unter dem Namen SmartGuider SG1 (vgl. interstellarum 58) und SG2 hat die italienische Firma LVI zwei Standalone-Guider im Programm (die sich in Ausstattung und Funktionsumfang unterscheiden). Ein anderer Standalone-Guider kommt aus Ungarn und ist inzwischen ebenfalls auf dem heimischen Markt zu haben: der Lacerta M-GEN. Erst vor kurzer Zeit brachte zudem die bekannte chinesische Firma Synta einen Standalone-Guider unter dem Namen SynGuider auf den Markt – ein Produkt, das vor allem durch seinen überraschend günstigen Preis Aufsehen erregte – und dann gibt es aus dem Hause SBIG einen Nachfolger zur legendären ST-4: Der aktuelle Standalone-Guider des US-Herstellers hört auf den Namen SG-4.

Der mit einem Listenpreis von rund 280€ recht günstige SynGuider von Synta bietet Autoguiding ohne Computer, ebenso wie der mit einem Listenpreis von rund 1000€ recht teure SG-4 von SBIG – die beiden Guider sollten in diesem Test zeigen, ob sie ihr Geld wert sind.

Die beiden Guider wurden in mehreren Nächten an unterschiedlichen Geräten getestet: an einem Takahashi FS60 (60/355mm), das als Leitrohr für ein Takahashi FS102 (102/820mm) diente, sowie an einem Celestron C6 (127/1250mm), das als Leitrohr für Aufnahmen mit einer parallel auf einer Stahlsäule positionierten Losmandy-Montierung (GM-8 mit GeminiGoto) diente.

Vor den nächtlichen Einsätzen wurden die beiden Guider aber zunächst an einem künstlichen Stern und mittels der Soft-

ware SWMT (Schlechtwettermontierungstester, Version 1,3) von Klaus Weyer in Betrieb genommen.

Lieferumfang

Die Lieferung des SynGuider besteht aus dem rund 11cm × 8cm × 3cm großen Kamerakopf, einer Batterietasche (ohne Batterien) zur Stromversorgung des SynGuider, einer Handsteuerbox (»Hand-Pad« genannt) sowie einem Guiderkabel (mit RJ-45-Steckern) und einem Kabel für den seriellen PC-Port. Eine englischsprachige 15-seitige Anleitung liegt dem Guider ebenso bei wie ein Par-Focal-Ring, um die beste Fokusposition an einem vorhandenen Okular markieren zu können. Bei der Betrachtung des Kamerakopfes – dessen Vorderseite aus Metall und dessen Rückseite aus Kunststoff besteht – fällt zunächst das rund 2,5cm × 3,7cm große Monochrom-Display auf der Rückseite auf. Weiterhin verfügt der Kamerakopf

Die Autoguider in der Praxis

Der SBIG SG-4 in der Praxis:

- + einfache 1-Tasten-Bedienung
- + subpixelgenaue Nachführung
- + bietet exaktes Guiding bei kurzen und langen Brennweiten
- hoher Anschaffungspreis

Der SynGuider in der Praxis:

- + bietet gutes Guiding bei kurzen Brennweiten
- + geringer Anschaffungspreis
- nur pixelgenaue Nachführung
- keine akustische Meldung bei Guidingfehlern



Abb. 3: Der SynGuider verfügt im Gegensatz zum SG-4 über ein etwa 2,5cm x 3,7cm großes Monochrom-Display auf der Rückseite zur Kontrolle der Nachführung. Das rechte Bild zeigt den Monitor bei Nacht mit Fadenkreuz und eingestelltem Leitstern.

über vier Schnittstellen, die zwar nicht beschriftet sind, deren Funktion sich jedoch aus der Anleitung ergibt. Die fehlende Beschriftung ist zwar unschön, die Gefahr falscher Anschlüsse ist jedoch gering, da die Buchsen alle unterschiedliche Größen aufweisen. Als Chip findet im SynGuider ein Sony-Chip vom Typ ICX404AL Verwendung. Die Größe des Chips beträgt 5,59mm x 4,68mm (dies ergibt eine Diagonale von 7,29mm), die Größe der auf dem Chip angeordneten 510x492 Pixel beträgt daher 9,6µm x 7,5µm. Dem Guider liegt ein 1¼"-Adapter bei, der in das M42-Gewinde des Kamerakopfes geschraubt werden kann.

Die Lieferung des SG-4 von SBIG umfasst neben dem rund 11cm x 9cm x 7cm großen (und rund 580g schweren) Kamerakopf ein Netzteil, ein serielles RS232-Kabel zum Anschluss des Guiders an einen Computer (dieser Anschluss ist notwendig, um den Guider vor der ersten Inbetriebnahme zu fokussieren). Eine Treiber-/Software-CD und eine gedruckte 32-seitige Anleitung komplettieren die Lieferung. Bereits beim Auspacken des SG-4 fällt auf, dass zum Betreiben des Guiders keine zusätzliche Handsteuerbox erforderlich ist; die gesamte Steuerelektronik ist im Kamerakopf integriert. Im Inneren des SG-4 arbeitet ein Kodak-Chip des Typs KAI-0340S. Dieser Interline-Chip verfügt über eine Auflösung von 640x480 Pixel bei einer Pixelgröße von 7,4µm, so dass sich bei einer aktiven Bildfläche von 4,74mm x 3,55mm eine Bilddiagonale von 5,92mm für den Chip ergibt. Die höchste Quanteneffizienz erreicht dieser Chip mit etwa 55% bei einer Wellenlänge von rund 500nm. Der SG-4 verfügt – auch dies ist ein Unterschied zum SynGuider – über einen mechanischen Verschluss. Das mechanisch sauber verarbeitete Metallgehäuse des Guiders hat auf seiner Rückseite neben einem (verschraubten!) Stromanschluss und dem notwendigen Guideranschluss zudem einen Ein-/Auswechsler,

eine Status-LED, einen Port zum Anschluss einer externen LED, zwei RS232-Schnittstellen und einen Taster zum Ein- und Ausschalten des Guidings.

Inbetriebnahme der Guider

Die Inbetriebnahme des SynGuider beginnt mit der Suche nach geeigneten Batterien: Das beiliegende Powerpack verlangt nach vier D-Zellen. Sinnvoll wäre es sicherlich, den SynGuider gemeinsam mit einem passenden Netzteil auszuliefern oder zumindest mit der üblichen (Zigarettenanzünder-)Anschlussmöglichkeit an die von vielen Astrofotografen verwendeten PowerPacks. Auch der Anschluss an die meist vorhandene 12 Volt-Ausgangsbuchse der Montierung wäre eine bessere Möglichkeit als ein eigenständiger Batteriepack. An einem hellen Stern ist der SynGuider zunächst zu fokussieren und zu kalibrieren: Nach dem Einstecken der Stromversorgung zeigt der Bildschirm im »Preview Mode« das noch nicht exakt fokussierte Sternbild. Während über die »+«- und »-«-Tasten der Handsteuerbox die Belichtungszeit bis zu 4s variiert und über das »Noise«-Menü das Hintergrundrauschen reduziert werden kann, kann der Stern fokussiert und zentriert werden. Für die spätere Nutzung ist es hilfreich, sich nach dem ersten Fokussieren mit dem beiliegenden Ring ein zum SynGuider par-fokales Okular (am besten gleich ein Fadenkreuzokular!) entsprechend zu markieren. Beim Anschluss des SynGuiders ist darauf zu achten, dass der Guider parallel (bzw. senkrecht) zu den Bewegungen der Achsen der Montierung ausgerichtet ist – dies lässt sich bei Bewegung der Achsen durch Beobachtung des Sternabbildes auf dem Display leicht kontrollieren.

Um den SynGuider zu nutzen, ist es – laut Handbuch – empfohlen, nach dem Anfahren eines jeden zu fotografierenden Objektes eine neue Kalibrierung durchzuführen, dies umfasst folgende Schritte:

- 1) Leitstern mit dem par-fokalen Okular finden, 2) Leitstern auf dem Display des SynGuider zentrieren, 3) Optimale Belichtungszeit für den Leitstern einstellen, 4) über das »Lock«-Menü den Stern als Leitstern markieren, 5) über den Guiding-Mode eine Kalibrierung des Guiders starten, die damit endet, dass der SynGuider das Autoguiding startet.

Die Inbetriebnahme des SG-4 von SBIG gestaltet sich etwas anders: Der SG-4 ist als Guider konzipiert, der stets an ein Leitrohr adaptiert bleibt; der Einsatz eines par-fokalen Okulars zur Leitsternsuche und -zentrierung im nächtlichen Einsatz kann so entfallen. Es ist jedoch zunächst notwendig, den Guider mit einem Computer zu verbinden, um die Guiding-Optik zu fokussieren. Der SG-4 kann hierzu mit dem beiliegenden RS232-Kabel mit dem PC verbunden werden. Die mitgelieferte Software zeigt dann das Kamerabild auf dem Notebook-Display an (Abb. 6), so dass das Sternbild dort exakt fokussiert werden kann. Anschließend noch auf »calibrate guider« klicken und der Guider sucht sich im Aufnahme-feld durch selbständige Verwendung unterschiedlicher Belichtungszeiten (0,12s, 1s, 2,5s, 6,24s sowie 10s) einen Stern und bewegt die X- und Y-Achse der Montierung zur Berechnung der Guiding-Parameter. Bei einem »Trockendurchlauf« am künstlichen Stern dauerte dieser Kalibrationsprozess nur rund 45s.

Auch der SynGuider wurde zuerst am künstlichen Stern verwendet: Dieser wurde mit einem Fadenkreuzokular zentriert, anschließend konnte das Okular durch den SynGuider ersetzt werden. Die Belichtungszeit wurde anschließend solange manuell variiert, bis der künstliche Stern auf dem Display des SynGuider gut zu erkennen war. Der Erfolg der Fokussierung wird über den angezeigten Wert der fokussierten Sternhelligkeit (BRI) angezeigt. Nach dem Fokussieren kann der Kalibrationsprozess durch Auswahl des Menüeintrags »Guide - AutoCal« gestartet werden; am künstlichen Stern dauerte dieser Prozess ebenfalls nur knapp 60s – hatte aber den großen Vorteil, dass die Bewegungen des Sterns auf dem Display am Guider mitverfolgt werden konnten.

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

Die Software Schlechtwettermontierungstester (SWMT) von K. Weyer simuliert auf einem PC-Monitor den Verlauf eines Sterns, so dass sich die Software auch sehr gut eignet, um vorab die Arbeit der Guider an einer kurzbrennweitigen Optik an diesem PC-generierten Stern zu beurteilen. Beide Guider führten am künstlichen Stern über 15min gut nach – wobei der von SBIG über eine grüne LED die einwandfreie Funktion signalisiert und eine rote LED sowie ein akustisches Signal auf fehlerhaftes Guiding hinweist (beispielsweise weil der Leitstern verdeckt wird). Der Funktionsstatus des Synta-Guiders kann an dessen Bildschirm abgelesen werden, eine akustische Fehlermeldung gibt es nicht.

Die Guider im nächtlichen Einsatz

Im nächtlichen Einsatz sollten sich beide Guider zunächst am Nachführteleskop mit 355mm Brennweite bewähren. Der SynGuider wurde hierzu an das Teleskop angeschlossen und die oben genannten fünf Schritte (Leitsternsuche mit Okular, Leitstern auf dem SynGuider zentrieren, Belichtungszeit für den Leitstern anpassen, Stern als Leitstern festlegen und Kalibration mit

Autoguiding starten) ausgeführt. Das Guiding am kurzen Leitrohr gestaltete sich unproblematisch, wie ein regelmäßiger Blick auf das Display des SynGuider zeigte, das den Anwender stets auch über die Abweichung in Rektaszension und Deklination informiert. Da der SynGuider ggf. auftretende Fehler im Guiding jedoch nicht akustisch signalisiert, ist dieser kontrollierende Blick auf den Bildschirm regelmäßig nötig, um derartige Fehler nicht erst auf den Aufnahmen zu entdecken. Im geschilderten Testaufbau traten jedoch keine Fehler auf, der SynGuider führte den ausgewählten Leitstern auf dem angezeigten Fadenkreuz des Displays nach.

Der Einsatz des SG-4 am Leitrohr gestaltete sich etwas anders: Nach dem Anfahren des zu fotografierenden Objektes wird durch längeres Drücken des On/Off-Knopfes der Kalibrationsprozess am Stern gestartet, anschließend muss nur noch der »Guide on/off«-Schalter am SG-4 gedrückt werden, um das Guiding zu starten. Das war es auch schon – Auswahl eines Leitsterns, Steuerung der Belichtungszeit etc. übernimmt der SG-4 selbständig. Gibt es Probleme beim Guiding, so ertönt zusätzlich das angesprochene akustische Signal; ein regelmäßiger Kontrollblick zum Guider

ist daher nicht notwendig. Die gewohnte Möglichkeit, die Position des Sterns auf dem Chip während des Guidings zu verfolgen, gibt es jedoch nicht. Am Ergebnis zeigte sich jedoch schnell, dass eine solche Rückmeldung für den Astrofotografen auch nicht notwendig ist: Der SG-4 hat den Guiding-Prozess in diesem Testaufbau tadellos im Griff.

Der Vergleich der mit den unterschiedlichen Guidern nachgeführten Aufnahmen machte jedoch einen wesentlichen Unterschied der Guider deutlich: Während die Guider am kurzbrennweitigen Teleskop (355mm Brennweite) nachführten, wurden am parallel montierten langbrennweitigen Teleskop mit 820mm Brennweite mit einer DSLR Aufnahmen gemacht. Während die mit dem SG-4 nachgeführten Aufnahmen runde Sternabbildungen zeigen, sind die Sternabbildungen auf den mit dem SynGuider nachgeführten Abbildungen nicht ganz fehlerfrei. Eine mögliche Erklärung kann darin liegen, dass der SG-4 mit Subpixel-Genauigkeit nachführt, während der SynGuider nur Pixel-genau nachführt. Zudem sind die quadratischen Pixel des SG-4 etwas kleiner als die rechteckigen Pixel des SynGuider. Diese beiden Faktoren sind wohl



Technische Daten der Standalone-Guider

	SBIG SG-4	SynGuider
Chip	Kodak Kai 0340S	Sony ICX404AL
Auflösung	640 × 480 Pixel (307200 Pixel)	510 × 492 Pixel (250920 Pixel)
Chipdiagonale	5,92mm	7,29mm
max. Quanteneffizienz	55% bei ca. 500nm	nicht bekannt
Mechanischer Shutter	ja	nein
Maximale Belichtungszeit	10s	4s

◀ Abb. 4: Der SynGuider im Praxiseinsatz am kurzbrennweitigen Nachführteleskop.

▼ Abb. 5: Der SG-4 am langbrennweitigen SG-Teleskop.



Abb. 6: Software des SG-4; zu sehen ist die Fokussierung auf einen künstlichen Stern.

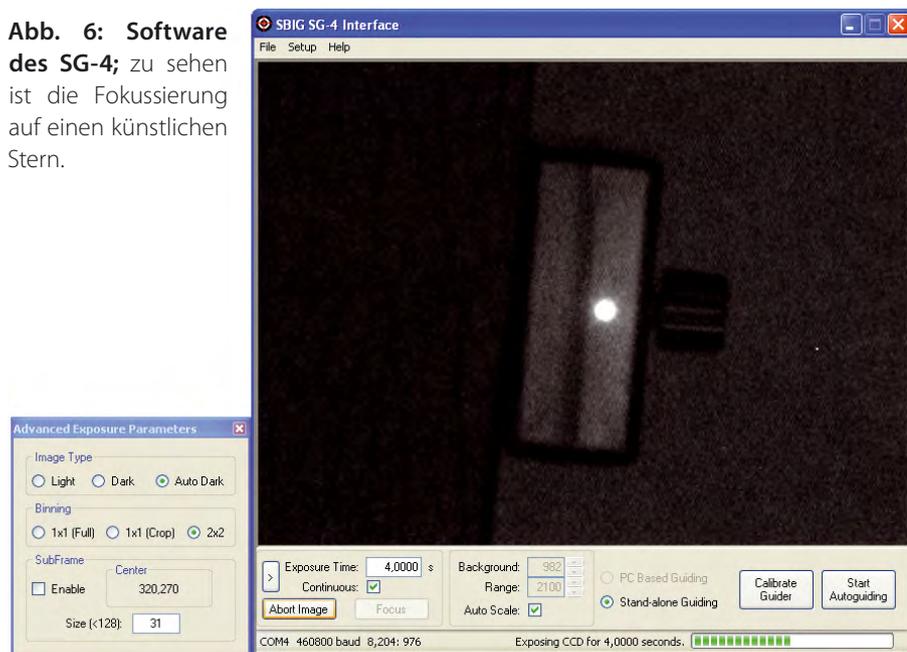


Abb. 7: Aufnahme mit 820mm Brennweite. Die Nachföhrbrennweite betrug 355mm und man erkennt deutlich die leicht eiförmigen Sterne in der linken Aufnahme, die mit dem SynGuider nachgeföhrt wurde. Die Sterne in der rechten Aufnahme, nachgeföhrt mit dem SG-4, sind kreisrunde Scheibchen.

für die unterschiedliche Nachföhrgenauigkeit der beiden Guider verantwortlich.

Synta empfiehlt in diesem Zusammenhang den SynGuider für den Einsatz an Guiding-Teleskopen mit kurzer Brennweite (laut Anleitung zwischen 400mm und 1200mm). Zudem wird von einigen Händlern für den SynGuider ein Verhältnis der Aufnahmezur Nachföhrbrennweite von 1:2 genannt, d.h. die Brennweite des Nachföhr-Teleskops soll doppelt so groß sein, wie die Brennweite der Aufnahmeoptik. Aus diesen beiden Aussagen ergibt sich, dass der SynGuider für die Nachföhrung von Aufnahmen mit 200mm bis zu 600mm Brennweite gedacht ist.

Beide Guider wurden auch zur Nachföhrung an einem Teleskop mit 1250mm Brennweite herangezogen, das parallel zu einer kürzer-brennweitigen Aufnahmeoptik montiert war. Es zeigte sich auch hierbei, dass die Bedienung des SynGuider mit den fünf Schritten (Leitsternzentrierung mit dem

par-fokalen Okular, Austausch des Okulars gegen den SynGuider, Guidestern markieren, Kalibration und Guiding starten) aufwändiger bzw. umständlicher ist, als die 1-Knopf-Bedienung des SG-4. Dennoch verrichten beide Guider ihre Aufgabe auch bei der längeren Nachföhrbrennweite fehlerfrei und führen nach, ohne den Leitstern zu verlieren. Qualitative Unterschiede in der Nachföhrung konnten bei den Aufnahmen, die mit dem parallel montierten Takahashi FS-60 gewonnen wurden, nicht festgestellt werden. Dies wäre – da die Brennweite des Leitrohrs ca. das Dreifache der Aufnahmebrennweite betrug – auch sehr erstaunlich gewesen.

Fazit

Die beiden Guider sind zwei unterschiedliche Brüder: Der SynGuider von Synta findet seinen Einsatzbereich, be-

dingt durch die Pixelgröße und die Notwendigkeit längerer Brennweiten der Leitrohre (Stichwort: Verhältnis 1:2), vor allem bei Aufnahmen mit kurzen bis mittleren Brennweiten. Dort tut er meist, was er verspricht und steuert selbständig die Nachföhrung des Teleskops. Der SynGuider kann im Bereich der einfachen Bedienbarkeit (Stichwort: parallele Ausrichtung zu den Montierungsachsen notwendig, fünf Schritte zum Starten des Guiding notwendig) und der Genauigkeit des Guiding (Stichwort: fehlende Subpixel-Genauigkeit) noch optimiert werden. Auch eine Ergänzung um ein par-fokales Okular und ein Anschlusskabel an eine mobile Stromversorgung (Stichwort: Powerbank) wären sinnvolle und hilfreiche Ergänzungen. Preislich ist der SynGuider jedoch ungeschlagen!

Der SG-4 von SBIG ist etwas für Menschen, die sich das Leben einfach machen wollen und einen zuverlässigen Guider wünschen, um sich in unseren wenigen klaren Nächten mit den Himmelsobjekten befassen zu können – und nicht mit der Technik des Guiders. Die solide mechanische Verarbeitung, das zuverlässige und subpixelgenaue Guiding im Bereich der kurzen aber auch der langen Brennweite, sowie die einfache Bedienung machen den SG-4 (wenn er dauerhaft parallel zur Aufnahmeoptik montiert bleiben kann) zu einer einfachen und wertvollen Hilfe für Astrofotografen. Auch beim SG-4 wäre ein Anschlusskabel für eine mobile Stromversorgung im Feld hilfreich. Der SG-4 ist hochpreisig, dennoch ist er mit seiner exakten und fehlerfreien Arbeitsweise und einfachen 1-Knopf-Bedienung seinen Preis wert.

Gemeinsam ist beiden Guidern, dass sie für den Einsatz an einem Leitrohr konzipiert wurden. Ein Einsatz an einem Off-Axis-Guider erscheint zwar zunächst möglich, wird aber in vielen Fällen sicherlich an der bauartbedingten Größe der Kameraköpfe und der schwierigen Fokussierung an einem Off-Axis-Guider scheitern.

Surftipp

Homepage des Autors:
www.sternenstaub-observatorium.de

Der SynGuider wurde freundlicherweise von der Fa. Teleskop-Service (Putzbrunn) zur Verfügung gestellt.

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

PHOTONENJAGD OHNE BALLAST

Eine selbst gebaute Stand-Alone CCD-Kamera

VON MARTIN RAABE

Anscheinend unvereinbar stehen sich auf der einen Seite digitale Spiegelreflexkameras mit unkomplizierter Handhabung, auf der anderen Seite astronomische CCD-Kameras mit überlegener Signalqualität, zum Betrieb jedoch angewiesen auf einen PC oder Laptop, gegenüber. Aber warum gibt es keine Kamera, die die Vorteile aus beiden Welten vereint? In einem Selbstbauprojekt wurde versucht, diese Brücke zu schlagen.

Abb. 1: Das Herzstück der CCD-Kamera: der CCD-Sensor von Sony in der Kühlkammer. Der vordere Teil des Kameragehäuses mit dem integrierten Filterwechsler ist entfernt.



Entscheidend für die Qualität einer langbelichteten Deep-Sky-Aufnahme ist das Signal-zu-Rauschverhältnis der dunklen Bildteile. Dieses bestimmt in welchem Maß schwache Details mittels Bildbearbeitung aus den Daten herausgearbeitet werden können, ohne dass das Bild durch das Rauschen unansehnlich wird. Außer der Helligkeit des Himmelshintergrundes und der Lichtstärke der Aufnahmeoptik sowie der Quanteneffizienz des Bildsensors ist auch das im Sensor und der Kameraelektronik entstehende Rauschen für das Signal-zu-Rauschverhältnis wesentlich. Durch Kühlung des Bildsensors kann das Dunkelstromrauschen und je nach Sensortechnologie auch das Ausleserauschen stark reduziert werden. Eine Kühlung ist deshalb für leistungsfähige Kameras unverzichtbar, entsprechend ist sie fester Bestandteil nahezu jeder astronomischen CCD-Kamera.

Abb. 2: Die Kamera mit der schwenkbaren Display- und Bedieneinheit

an der Rückseite. Oben wird die Speicherkarte eingesteckt, unten sieht man die passive Kühleinheit.



Die digitale Spiegelreflexkamera überzeugt durch ihre einfache Bedienung, die unmittelbare Bildanzeige auf dem integrierten Monitor, und natürlich dem direkten Speichern der Bilddaten auf einer Speicherkarte, ohne dass dazu ein PC erforderlich ist.

Für das beschriebene Selbstbauprojekt lagen die Zielvorgaben deshalb auf der Hand: Ein hochempfindlicher und rauscharmer CCD-Sensor, ausgestattet mit einer geregelten Kühlung, ein eingebauter Monitor zum Aufsuchen und Fokussieren des Objekts und eine integrierte Speicherkarten-Schnittstelle. Die Kamera sollte außerdem in der Lage sein, automatisch Aufnahmereihen durchzuführen. Ein motorisiertes Filterrad ermöglicht das auch bei Farb- bzw. Schmalbandaufnahmen.

Bildsensor und Kühlung

In astronomischen Anwendungen hat sich der CCD-Sensor ICX285 von Sony bestens bewährt. Er hat 1392×1040 Bildpixel, angeordnet in einem Raster von 6,45µm. Die Bilddiagonale beträgt somit ca. 11mm. Für diese Kamera wird die monochrome Ausführung des Chips verwendet.

Der Sensor ist in der Kühlkammer montiert, deren vorderen Abschluss ein breitbandig durchlässiges und mehrfach entspiegeltes Fenster bildet. Hinter dem Sensor befindet sich das Peltier-Element zur thermoelektrischen Kühlung. Über den so genannten Kühlfinger wird Wärmeleistung vom Sensor wegtransportiert und zusammen mit der für

Material und Kosten

CCD-Chip Sony ICX285	480€
Kühlung mit Kühlkammer und Fenster	ca. 150€
Elektronik mit Leiterplatten und Display	ca. 350€
Mechanik und sonstiges Material	ca. 100€

den Wärmetransport entgegen dem Temperaturgefälle erforderlichen zugeführten elektrischen Leistung nach hinten an den Kühlkörper abgeben.

Das Peltier-Element wird über einen Schaltregler betrieben, der die Kamera-Versorgungsspannung von 12V mit hohem Wirkungsgrad auf einen Wert von ca. 0,8–2,4V umsetzt. Zur exakten Regelung der CCD-Temperatur befindet sich ein Thermofühler am Kühlfinger. Ein Regelalgorithmus in der Software stellt durch Variation der elektrischen Leistung, die dem Peltier-Element zugeführt wird, die exakte Einhaltung der vorgewählten Chiptemperatur sicher. Dabei wird eine maximale Temperaturdifferenz von ca. 31° zur ruhenden Umgebungsluft erreicht. Beim Betrieb im Freien bei leichtem Wind lassen sich ca. 35° erzielen. Der Regelalgorithmus verhindert schnelle Temperaturwechsel, um eine Beschädigung des CCD-Chips durch thermische Spannungen auszuschließen. So wird vor dem Abschalten der Kamera eine langsame Aufwärmphase über mehrere Minuten durchlaufen.

Der ICX285 ist ein so genannter »Inline Transfer Sensor«, bei dem sich zwischen den lichtempfindlichen Integrationspixeln separate, nicht lichtempfindliche Pixel zum

Transportieren der in den Integrationspixeln gesammelten Ladung bis zum Ausleseverstärker befinden. Dadurch können solche Sensoren ohne einen mechanischen Verschluss betrieben werden. Die Transferpixel haben jedoch einen wesentlich größeren Leckstrom als die Integrationspixel und generieren infolge dessen ein erhebliches Rauschen, das beim Auslesen des Bildes zum Rauschen des Ausleseverstärkers hinzukommt. Glücklicherweise ist eine Kühlung hier genauso wirksam wie bei der Reduzierung des Dunkelstromrauschens der Integrationspixel.

Intelligenz an Bord

Die Elektronik der Kamera wurde vollständig neu entwickelt und für die konkreten Anforderungen optimiert. Das Bildsignal vom CCD-Sensor wird über einen Videoverstärker auf die Correlated-Double-Sampling-Schaltung gegeben, die bestimmte Rauschanteile des Ausleseverstärkers des CCD-Sensors eliminiert. Die Ausleserate beträgt 1 Million Pixel pro Sekunde. Die Quantisierung des analogen Signals auf digitale Werte erfolgt mit einer Auflösung von 16 Bit. Die digitalen Daten werden dann zunächst in einem

RAM zwischengespeichert. Das ist erforderlich, da das Auslesen des CCD-Sensors ohne jegliche Unterbrechung oder Verzögerung völlig gleichmäßig erfolgen muss, um keine Störungen im Bild entstehen zu lassen. Aus dem RAM werden die Daten dann sofort auf einem Display dargestellt. Das OLED-Display, aufgebaut aus organischen Leuchtdioden, hat eine Auflösung von 320×240 Pixeln bei einer Diagonale von 2,8 Zoll. OLED-Displays vereinen einige für diese Anwendung interessante Eigenschaften: Bei überwiegend dunklem Bildinhalt benötigen sie nur sehr wenig Strom, schwarze Flächen sind unter jedem Betrachtungswinkel völlig schwarz, und das Display arbeitet auch bei sehr tiefen Außentemperaturen ohne erkennbare Trägheit.

Anschließend werden die Bilddaten auf einer Compact-Flash-Karte gespeichert. Dabei arbeitet die Kamera mit dem üblichen FAT16-File-System, so dass die Bilder später mit einem einfachen Kartenleser am PC eingelesen werden können. Das Datenformat entspricht dem FITS-Standard. Außer den eigentlichen Bilddaten protokolliert die Kamera auch Informationen wie die Belichtungszeit, den verwendeten Filter und die Temperatur des CCD-Chips in der FITS-Datei.

Für das Auslesen eines Vollbildes, die Anzeige auf dem Display und das Speichern auf der Karte werden insgesamt ca. zwei Sekunden benötigt.

Die gesamten Abläufe der Kamera werden von einem Mikrocontroller und der entsprechenden Software, erstellt in den Programmiersprachen C und Assembler, gesteuert.

Abb. 3: Die äußere Form der Kamera wird vom runden Filterrad-Gehäuse bestimmt. Adapter auf der Vorderseite ermöglichen den Anschluss an ein T2-Gewinde oder ein KB-Bajonett.

Abb. 4: Das integrierte Filterrad kann mit bis zu acht 1/4"-Filtern bestückt werden. Die aktuelle Filterbestückung kann eingegeben werden, so dass im Betrieb und auch im Informationsfeld der FITS-Datei die Filter mit ihrem Namen bezeichnet werden.

Abb. 5: Im Inneren verbirgt sich die Elektronik, die für die konkreten Anforderungen optimiert wurde. Im Vordergrund ist das OLED-Display und oben links auf der Platine die Speicherkarte zu sehen.



Der CCD-Sensor benötigt zum Auslesen der Bilddaten mehrere verschiedene Taktsignale, die in einer ganz bestimmten Sequenz mit den richtigen Spannungspegeln erzeugt werden müssen. Die dazu erforderlichen Logikzustände werden mittels schneller Assembler-Routinen per Software erzeugt und von passenden Hardware-Treiberbausteinen auf die richtigen Pegel umgesetzt. Zur schnellen Datenübertragung zwischen Analog-Digitalwandler, RAM und Speicherkarte wurde eine spezielle Logikschaltung entworfen.

Die Elektronik basiert überwiegend auf modernen Bauteilen in SMD-Technologie. Eine besondere Herausforderung bestand darin, die Bauteilanordnung und die Leiterbahnführung so zu realisieren, dass die internen Störquellen, das sind insbesondere der Spannungswandler für das Peltier-Element und der Bereich der schnellen Digital-signale, den empfindlichen analogen Schaltungsteil der Bildsignalverarbeitung nicht beeinflussen.

Ergonomische Bedienung

Die Kamera verfügt über verschiedene Betriebsarten: kontinuierliches Belichten und Anzeigen der vollen Sensorfläche zum Aufsuchen eines Objekts, schnelles periodisches Aufnehmen und Anzeigen mit wählbarer Vergrößerung zum Fokussieren sowie die eigentlichen Aufnahmemodi. Dabei wird unterschieden zwischen manuell gestarteten Einzelaufnahmen und dem Abarbeiten einer von zehn programmierbaren Aufnahmesequenzen. Hierbei können individuell Belichtungszeit (0,001s–1800s), Bildanzahl und Filtereinstellung vorgegeben werden. Zum Beispiel LRGB-Aufnahmereihen werden somit völlig eigenständig von der Kamera durchgeführt. Das Erstellen von Dunkelbildern gestaltet sich dank der geregelten Kühlung und des generell niedrigen Dunkelstromrauschens dieses CCD-Sensors sehr einfach und erfolgt unabhängig von den Aufnahmen, um keine Beobachtungs- bzw. Integrationszeit zu verlieren. Die Bildgröße kann auf 640×480 Pixel verringert werden, was für Aufnahmereihen von Planeten sinnvoll ist. Auf eine 2GB-Speicherkarte passen ca. 700 Vollbilder oder 3300 Bilder mit reduzierter Auflösung. Neben den Aufnahmefunktionen gibt es eine Rückschaufunktion für bereits auf der Speicherkarte befindliche Bilder.

Die Bedienung der Kamera erfolgt über Tasten neben dem Display, geführt durch ein Menüsystem. In jeder Aufnahmebetriebsart kann über Tastendruck unmittelbar die Belichtungszeit geändert oder das motorisch betriebene Filterrad in eine

Abb. 6: Die Kamera mit ausgeschwenktem Display betriebsbereit am Teleskop.

neue Position gefahren werden. Das Filterrad bietet Platz für acht Filter der Größe 1¼". Der Antrieb erfolgt über einen kleinen Schrittmotor und wird durch einen induktiven Referenzsensor kontrolliert. Die aktuelle Filterbestückung wird der Kamera über ein Menü bekannt gemacht, so dass im Betrieb und auch im Informationsfeld der FITS-Datei die Filter nicht einfach mit einer Nummer, sondern direkt mit ihrer Charakteristik bezeichnet werden (R, G, B, Ha etc.).

Die Schnittstellen zur Außenwelt

Die äußere Form der Kamera wird bestimmt vom runden Filterrad-Gehäuse sowie dem daran angesetzten Elektronik-Gehäuse. An der Vorderseite des Filtergehäuses befindet sich die Anschlussmöglichkeit für das übliche T2-Gewinde, alternativ kann ein Bajonettring zum Anschluss von KB-Objektiven montiert werden.

Der rückwärtige Bereich wird bestimmt von der schwenkbaren Display- und Bedieneinheit sowie dem darunter liegenden passiven Kühlkörper. An der Unterseite der Kamera befindet sich ein 1/4"-Stativgewinde.

Die Kamera wird mit einer Gleichspannung von ca. 12V versorgt. Bei voller Kühlleistung beträgt die Stromaufnahme ca. 0,75A, ohne Kühlung ca. 0,2A. Ein Akkubetrieb ist somit gut möglich, so dass auch von Seiten der Stromversorgung dem mobilen Einsatz nichts entgegensteht.

Erste Erfahrungen

Bei der ersten Inbetriebnahme einer CCD-Kamera gilt das größte Interesse kontrastverstärkten Bias- und Dunkelbildern, da sich hier Störungen z.B. durch die digitalen Signale oder die Stromversorgungsschaltungen zeigen. Diese waren glücklicherweise nicht zu beobachten. Eine zunächst vorliegende Ungleichmäßigkeit am Bildrand konnte durch eine kleine Schaltungsänderung beseitigt werden.

Völlig problemlos arbeitet die Kühlung. Es traten bisher weder Kondensation noch Eisbildung auf dem CCD-Chip oder dem Kühlkammer-Fenster auf, obwohl weder ein Trockenmittel noch eine besondere Gasfüllung verwendet wird.

Abbildung 7 zeigt eine der ersten Testaufnahmen, die mit der Kamera gewonnen wurden. Die drei Rohbilder wurden nach der Überlagerung lediglich in der Helligkeit skaliert.



Abb. 7: M 31, 135mm-Teleobjektiv bei Blende 5,6, Belichtungszeit 3×8min, L-Filter. Lufttemperatur: 14°, Chiptemperatur: –15°.



Abb. 8: M 42, Apochromat 80/480mm bei f/4,8, LRGB-Ha-Aufnahme, gesamte Belichtungszeit 60min.

Ein Beispiel für eine vollautomatisch erstellte Aufnahmereihe mit Breit- und Schmalbandfiltern und unterschiedlichen Belichtungszeiten ist in Abb. 8 zu sehen. In Kombination mit einem ebenfalls selbst gebauten Stand-Alone Autoguider war für die 60 Aufnahmen keinerlei manueller Eingriff erforderlich.

Surftipps

Homepage des Autors: www.astroselbstbau.homepage.t-online.de

Warum RAW statt JPG?

In wechselndem Kontext ist die Empfehlung zu vernehmen, man möge Astrofotos im so genannten »RAW-Format« und nicht als JPG-Datei aufnehmen. Dies soll durch diesen Beitrag untermauert werden. Während das JPG-Format (auch JPEG) ein weitgehend universelles und genormtes Dateiformat für digitale Bilder ist, kann der Begriff »RAW« am besten mit »roh« übersetzt werden.

RAW heißt erstens: unbearbeitet

RAW-Dateien sind also »Rohdaten«, die nach dem Auslesen des Sensors im Anschluss an die Belichtung vorliegen und die gespeichert werden, ohne dass die Firmware der Kamera daran bedeutende Änderungen vornimmt. Jedes Kameramodell speichert ihre RAW-Daten in einem proprietären Format, die erst zu einem Bild »entwickelt« werden müssen. Ein von der Kamera produziertes JPG-Bild stellt in vielerlei Hinsicht eine Interpretation, Manipulation und drastische Reduktion dieser Rohdaten dar. Die Umwandlung der Rohdaten zum JPG in der Kamera bedeutet, dass hinsichtlich Farbgebung, Kontrast, Schärfe und Tonwertumfang nicht mehr umkehrbare Prozesse ablaufen. Das JPG-Bild als Endprodukt dieser Prozesse ist wiederum nur noch in sehr begrenztem Maß für Weiterverarbeitungen zu gebrauchen, was für die Alltagsfotografie ausreichend sein mag, in der Astrofotografie tatsächlich aber in eine Sackgasse führt (vgl. Abb. 1 und 2).

RAW heißt zweitens: verlustfreie Kompression der Daten

Das RAW-Format bietet als weiteren Vorteil eine völlig verlustfreie Kompression der Bilddaten. Man erkennt es daran, dass nicht alle RAW-Dateien einer Kamera die gleiche Größe auf dem Datenträger belegen, sondern eine – je nach abgebildetem Motiv – wechselnde. Das JPG-Format hingegen wendet eine datenverlustbehaftete (=irreversible) Kompression an, die auf unbearbeiteten JPG-Bildern zwar praktisch unsichtbar bleibt, aber eine schlechte Voraussetzung für eine Bildverarbeitung ist.

RAW heißt drittens: mehr Bit pro Pixel

Ein Foto im RAW-Format enthält deutlich mehr Informationen als eine JPG-Datei, da mehr »Bit pro Pixel« abgespeichert werden. Dies bedeutet, dass mehr Abstufungen an unterscheidbaren Farb- und Helligkeitswerten im Bild existieren. Während das JPG-Format stets auf acht Bit pro Pixel und Farbkanal beschränkt ist, speichern moderne Digitalkameras im RAW-Format 12 oder gar 14 Bit pro Pixel und Farbkanal. In konkreten Zahlen ausgedrückt, besteht ein Pixel einer JPG-Datei aus:

8 Bit pro Pixel und Farbkanal: $2^8=256$, d.h. 256 verschiedene Rot-, Grün- und Blauwerte.

Durch die drei Farbkanäle kann jeder Pixel $256^3\approx 16,8$ Millionen verschiedene Farbwerte annehmen.

Diese Fülle an Farben reicht für praktisch alle Darstellungs- und Wiedergabeoptionen auf Monitoren oder Druckern aus, noch mehr Abstufungen würde das menschliche Auge ohnehin nicht differenzieren können. Astrofotos sind in der Regel jedoch ohne Maßnahmen der Bildverarbeitung nicht brauchbar. Bildverarbeitung wiederum bedeutet eine Reduktion, Streckung und/oder Stauchung von Farb- und Helligkeitswerten. Sollen massive Eingriffe dieser Art ohne eine sichtbare Einschränkung der Tonwerte bleiben, müssen zu Beginn mehr Farb- bzw. Helligkeitswerte vorhanden sein. Rechnet man das für eine Kamera, die 12 Bit pro Pixel und Farbkanal im RAW-Format speichert, durch, ergibt sich folgendes:

12 Bit pro Pixel und Farbkanal: $2^{12}=4096$ (4096 verschiedene Rot-, Grün- und Blauwerte)

Drei Farbkanäle: $4096^3\approx 69$ Milliarden verschiedene Farbwerte pro Pixel

Bei 14 Bit pro Pixel ergibt sich ein nochmals deutlich größerer Spielraum.

RAW heißt viertens: größerer Dynamikumfang

Mit dem Dynamikumfang wird ausgedrückt, wie groß der Helligkeitsunterschied zwischen dunkelster und hellster Motivregion sein darf, um von der Kamera noch mit Zeichnung erfasst zu



Abb. 1: Ein Digitalfoto, das durch Veränderung der Gradation kräftig nachbearbeitet wurde. Links diente als Ausgangsbild ein Bild im JPG-, rechts eines im RAW-Format. Das JPG-Bild vertrug die Nachbearbeitung nicht, unschöne »Tonwertabriss« treten auf.

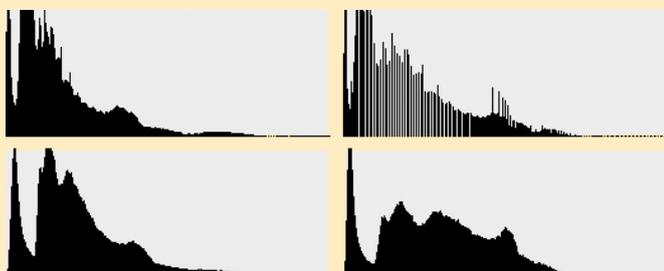


Abb. 2: Die zu Abb. 1 gehörenden Histogramme verdeutlichen die Situation: Die obere Reihe zeigt das JPG-Bild vor (links) und nach der Bildbearbeitung (rechts), die untere Reihe das Gleiche für die RAW-Datei. Bei der JPG-Datei treten durch die Bearbeitung deutliche Lücken im Histogramm auf, ein Hinweis darauf, dass nicht genügend Farbabstufungen zur Verfügung stehen, um auch nach der Bearbeitung einen harmonischen Farbverlauf im Himmel zu ermöglichen.

werden, ohne als tiefschwarze oder reinweiße Fläche zu erscheinen (vgl. Technikwissen, interstellarum 72). Für astronomische Motive ist das besonders wichtig, weil viele über einen erheblich größeren Dynamikbereich verfügen als ein Standardmotiv. Dateien im RAW-Format können in aller Regel mit einem größeren Dynamikumfang aufwarten als JPG-Dateien. Das hat primär nichts mit der geschilderten »Bittiefe« zu tun, sondern mit dem kamerainternen Tonwert-Mapping, d.h. der Zuordnung der aus

dem Sensor ausgelesenen Werte zu korrespondierenden Bildhelligkeiten. Man könnte auch von »Gradationskurven« sprechen, die in der Kamera abgelegt sind und bei JPG-Dateien eher dafür Sorge tragen, dass Standardmotive aus der Kamera bereits verwertbar sind, während beim RAW-Bild immer eine »Entwicklung« vorgeschaltet wird, bei der über die Gradation zu entscheiden ist.

RAW heißt fünftens: verbesserte Farbsynthese

Die Pixel des Sensors in der Kamera sind mit unterschiedlichen Farbfiltern versehen, um ein Farbfoto entstehen zu lassen. Von jeweils vier Pixeln sind zwei mit einem Grün-, die anderen mit je einem Rot- und Blaufilter ausgestattet. Aufgrund der Helligkeitswerte, die die einzelnen Pixel aufzeichnen, lässt sich die Farbe des Motivs ableiten. Das ausgelesene Foto im RAW-Format ist streng genommen noch ein Schwarzweiß-Bild, aus dem das farbige Ergebnis erst durch einen sehr komplexen Prozess errechnet werden muss, denn das entstehende Farbbild soll die gleiche Pixelanzahl haben wie der Sensor. Für einen Pixel, der beispielsweise mit einem Blaufilter versehen ist, muss der Rot- und Grünanteil aus den umliegenden Pixeln durch Interpolation bestimmt werden. Bewältigt wird diese Aufgabe von einer Software, die sich »RAW-Konverter« nennt. Verschiedene RAW-Konverter liefern durchaus unterschiedliche Ergebnisse und mit zukünftigen Versionen können unter Umständen weitere Verbesserungen möglich werden, während beim JPG-Format die Farbsynthese unumkehrbar in der Kamera vorgenommen wird.

Unterschiedliche Horizonte

▲ **Abb. 1: Perseiden und M 101 am 13.8.2010.** Digitalfoto, 85mm-Objektiv, Canon EOS 30D, ISO 1000, 7×8s. *Sebastian Voltmer*

Abb. 2: Abendstimmung mit Mond und Venus am 11.9.2010. Digitalfoto, 20:20 MESZ, 300mm-Teleobjektiv, Canon EOS 40D. *Thomas Winterer* ▶



Abb. 3: Venus und Kölner Dom am 30.7.2010. Digitalfoto, 22:11 MESZ, 9,8mm-Objektiv bei f/6,3, Panasonic Lumix DMG-FZ18, ISO 100, 6s. *Marius Bruer*

First Light

Die Andromeda-Galaxie unter der Lupe

VON STEFAN SEIP

Becheiden bezeichnet Herr Leszek Przybysz die eingesandte Aufnahme (Abb. 1) als sein erstes gelungenes Bild. Gleichzeitig räumt er ein, mit der Bildverarbeitung noch auf Kriegsfuß zu stehen, aber ohne dabei konkret zu werden. Seine Aufnahme zeigt die Andromeda-Galaxie und wurde mit einem 4,5"-Refraktor bei 805mm Brennweite gewonnen (Öffnungsverhältnis 1:7). Als Kamera kam eine Astro-CCD-Kamera von Typ ALccd6c zum Einsatz, die einen Farb-CCD-Sensor enthält. Dadurch wird die Notwendigkeit eines separaten Filterrads mit RGB-Farbfiltren umgangen. Herr Przybysz belichtete zehn mal zehn Minuten und verarbeitete die Aufnahmen danach mit den Programmen »AstroArt« und »Photoshop«.

Das Ergebnis betrachte ich grundsätzlich als gelungen. Auch der kritische Blick bei hoher Zoom-Stufe zeigt lehrbuchmäßige, punktförmige Sterne (Abb. 1), der Lohn für eine perfekte Nachführung und Nachführkontrolle. Auch der Bildaufbau spricht mich an. Der Mut, ein Objekt auch einmal zu beschneiden, nicht formatfüllend abzubilden, wird belohnt durch eine große Fülle an sichtbaren Details. Die bildwirksame, diagonale Längsachse der Galaxie ergibt sich bei M 31 automatisch, wenn die Kamera am äquatorialen Koordinatensystem des Himmels ausgerichtet wird, was bei »wissenschaftlichen« Aufnahmen zu empfehlen ist. Die Aufnahme von Herr Przybysz ist etwa 12° gegen das Koordinatennetz gedreht, was kein Problem ist, wenn ein »Pretty Picture« das Ziel ist.

Nicht ganz einverstanden bin ich mit der Farbgebung, die bei den »One-Shot-Color-CCD-Kameras« wie der ALccd6c in der Tat nicht immer unproblematisch ist. »Geschmackssache«, könnte man sagen, doch ich möchte versuchen, die Aussagen über die Farbgebung zu objektivieren. Dazu öffnet man die Aufnahme z.B. in Adobe Photoshop (Version CS4/5), blendet – falls notwendig – das Histogramm der Auf-



nahme ein (Befehl »Fenster/Histogramm«) und klickt in das rechte obere Eck der Histogramm-Palette. Aus dem Kontextmenü wählt man den Eintrag »Alle Kanäle in Ansicht«, aus dem Drop-Down-Menü »Kanäle« den Eintrag »Farben«. Danach erhält man die in Abb. 2 gezeigte Ansicht. Daraus abzulesen ist eine Verschiebung der Farbbalance in Richtung blau: Gegenüber den Histogrammen für rot und grün ist das blaue eindeutig nach rechts versetzt. Von links »gelesen« beginnt die Flanke des Datenbergs später, wodurch ein Blaustich auch im Bereich des Himmelshintergrunds dokumentiert wird, und zwar unabhängig von persönlichen Vorlieben oder Monitor-einstellungen.

Auch ausgewählte Regionen des Bildes lassen sich bezüglich ihrer Farbe auf diese Weise untersuchen. Das möchte ich an einem Bereich nahe des Zentrums der Galaxie demonstrieren. In Photoshop ist das »Auswahlrechteckwerkzeug« (Tastenschlüssel M) zu wählen, um danach mit der Maus eine Box an der entsprechenden Stelle aufzuziehen. Die Histogramm-Palette zeigt anschließend nur noch die Daten der selektierten Region an (Abb. 3). Auch dabei wird die überproportionale Präsenz von blau sichtbar, wenn man die horizontale Position des Ausschlags für blau mit den beiden anderen Farbkanälen vergleicht. Genauer betrachtet wurde al-

Abb. 1: Die von Herr Przybysz eingesandte Aufnahme zeigt eine scharfe, detailreiche Abbildung der Andromeda-Galaxie (M 31) mit den beiden Begleitgalaxien (M 32 und M 110). Selbst bei hoher Vergrößerung (Pfeil) sind die Sterne perfekt rund (Inset).

Abb. 2: Detaillierte Ansicht der Histogramme aller Farbkanäle in Adobe Photoshop (Version CS4/5). Die Pfeile weisen auf die Stellen hin, wo die Histogramm-Ansicht konfiguriert werden kann.

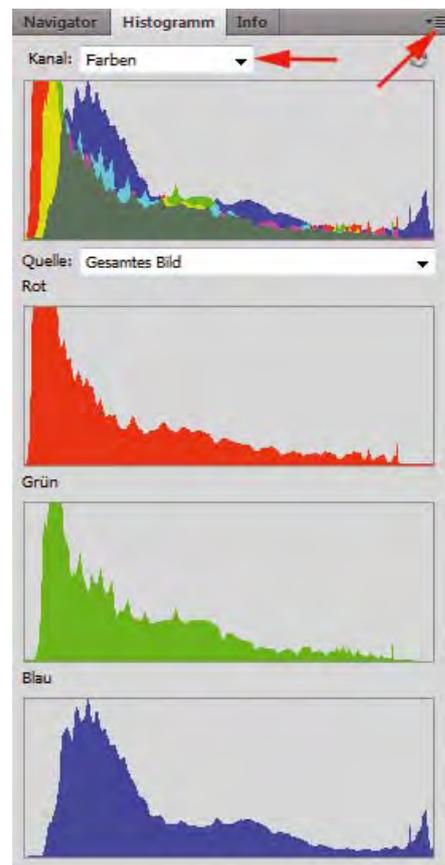
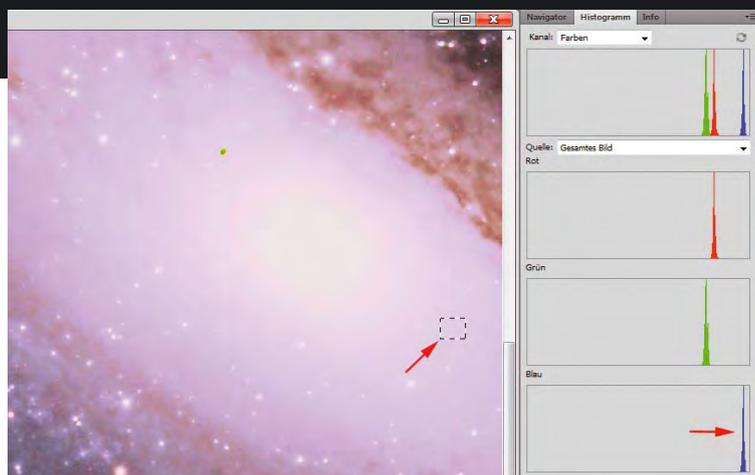


Abb. 3: Wird mit dem Auswahlrechteckwerkzeug (Pfeil), zeigen die Histogramme nur noch die Daten dieses Bereiches an.



lerdings durch das beschriebene Verfahren in Photoshop nur festgestellt, dass diese Region des Bildes zur Farbe Blau tendiert. Die schwierige Frage, ob es sich dabei um einen Farbstich handelt oder die Galaxie tatsächlich diese Färbung aufweist, ist damit noch nicht beantwortet. Die Diskussion, welche Farben Galaxien tatsächlich haben, wurde und wird an vielen Orten lebhaft geführt und soll bzw. kann hier nicht entschieden werden. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass im Zentrum einer solchen Galaxie eher kühlere Sterne zu finden sind, deren Farbe ins Rötliche tendieren müsste, während in den peripheren Spiralarmen junge und heiße Sterne dominieren, die bläulich leuchten. Da mir die Rohdaten nicht zur Verfügung standen, habe ich die Farbbalance nachträglich mit dem vorliegenden Bild im JPG-Format durchgeführt, was natürlich nur als Notlösung anzusehen ist. Mit dem Photoshop-Befehl »Bild/Korrekturen/Variationen« wurden die Farben Gelb und Magenta in kleinen Schritten verstärkt und danach die Gradationskurve für den Blaukanal (Befehl »Bild/Korrekturen/Gradationskurven...«) angepasst. Ohne Frage ist diese Vorgehensweise keine wissenschaftlich korrekte und diente nur dazu, die bei der Farbsynthese offenbar aufgetretenen Probleme zu lösen.

Anschließend wurde das Foto bei einer »100%-Ansicht«, in der ein Pixel des

Abb. 6: Ergebnis nach Durchführung aller im Text erwähnten Maßnahmen.

Fotos einem Monitorpixel entspricht, inspiert. In Photoshop dient zu diesem sogenannten Pixelpeeping der Befehl »Ansicht/Tatsächliche Pixel« (Tastenschlüssel Strg+I). Aufgefallen sind dabei einige fehlerhafte Pixelgruppen, die in grüner Farbe erscheinen und dadurch auch unzweifelhaft als Artefakt zu erkennen sind (Abb. 4). Mit dem Kopierstempel-Werkzeug (Tastenschlüssel S) von Photoshop können solche Bereiche, die trotz sorgfältigster Bildkalibrierung hin und wieder auftreten, leicht repariert werden. Man stellt die Größe des Stempels so ein, dass er ein wenig größer ist als der zu reparierende Bereich und legt die »Härte« mit 0% fest, dadurch bekommt der Stempel einen weichen Rand. Nun wird mit der

Abb. 4: Die grüne, fehlerhafte Pixelgruppe wird repariert, indem das Kopierstempel-Werkzeug benutzt wird. An einer fehlerlosen Stelle wird das Stempelkissen definiert (mit Pfeil gekennzeichnete Stempelspitze) und dann auf die betreffende Stelle kopiert. Links ist die fehlerhafte Stelle noch zu sehen, rechts der gleiche Bildausschnitt nach dem kosmetischen Eingriff. ▼

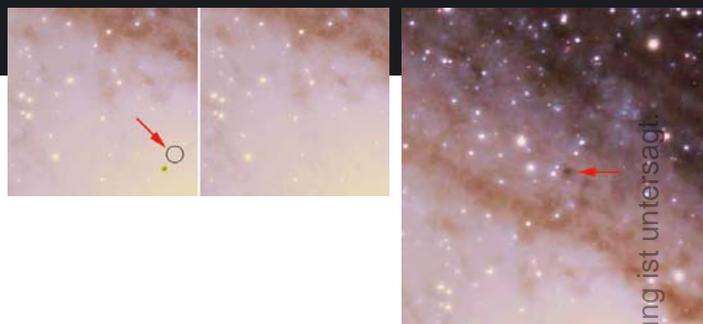


Abb. 5: Eine scharf begrenzte Dunkelwolke (Pfeil) innerhalb von M 31, die nicht mit einem Artefakt verwechselt werden darf. ▲

gedrückten Alt-Taste auf einen Bereich geklickt, der an die fehlerhafte Stelle kopiert werden soll. Dann lässt man die Alt-Taste los und klickt auf die betreffende Stelle. Dabei muss höchste Vorsicht das oberste Gebot sein, um keine Sterne zu duplizieren! Bei dem vorliegenden Foto im Format 2992×1988 Pixel kann diese Retusche eine Menge Arbeit sein, aber sie lohnt sich bei einem so eindrucksvollen Bild in jedem Fall. Wie behutsam beim »Stempeln« vorgegangen werden muss, zeigt Abb. 5. Darauf zu sehen ist eine rundliche, ziemlich scharf begrenzte Staubwolke innerhalb der Andromeda-Galaxie. Sie kann leicht mit einem Bildfehler verwechselt werden und würde dann dem Stempelwerkzeug zum Opfer fallen.



Leser beobachten

NEU

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

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

Die Objekte der Saison der nächsten 6 Ausgaben

Ausgabe	Name	Sternbild	R.A.	Dekl.	Einsendeschluss
Vorstellung: Nr. 68	M 93	Pup	07 ^h 44,6 ^{min}	-23° 52'	20.11.2010
Ergebnisse: Nr. 74	NGC 2440	Pup	07 ^h 41,8 ^{min}	-18° 13'	
Vorstellung: Nr. 69	M 51	CVn	13 ^h 29,9 ^{min}	+47° 12'	20.1.2011
Ergebnisse: Nr. 75	M 101	UMa	14 ^h 03,2 ^{min}	+54° 21'	
Vorstellung: Nr. 70	M 4	Sco	16 ^h 23,4 ^{min}	-26° 32'	20.3.2011
Ergebnisse: Nr. 76	NGC 6369	Oph	17 ^h 29,3 ^{min}	-23° 45'	
Vorstellung: Nr. 71	M 15	Peg	21 ^h 30,0 ^{min}	+12° 10'	20.5.2011
Ergebnisse: Nr. 77	M 11	Sct	18 ^h 51,1 ^{min}	-06° 16'	
Vorstellung: Nr. 72	NGC 7331	Peg	22 ^h 37,1 ^{min}	+34° 25'	20.7.2011
Ergebnisse: Nr. 78	NGC 7318AB	Peg	22 ^h 36,0 ^{min}	+33° 58'	
Vorstellung: S. 28	NGC 1977	Ori	05 ^h 35,4 ^{min}	-04° 48'	20.9.2011
Ergebnisse: Nr.79	Sharpless 276	Ori	05 ^h 31 ^{min}	-04° 54'	

IC 2118



CCD-Aufnahme, 4"-Refraktor bei 600mm, ST-2000XM, 10×5min (L), 9×5min (R), 61×5min (B).
Sebastian Voltmer



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

IC 2118 (Hexenkopfnebel)

15x70-Fernglas: Bortle 2; sehr schwacher, von ONO nach WSW verlaufender Nebelhauch von etwa 30' x 15' Ausdehnung. Dieser Nebelstreifen liegt 1° östlich von ψ Eridani, und war indirekt gerade eben wahrnehmbar. Die auf Fotos sichtbaren weiter nördlich und südlich liegenden Nebelbereiche waren nicht erfassbar. *Uwe Pilz*

16x70-Fernglas: fst 6^m5; bei durchschnittlichem Himmel auf 1000m Seehöhe: Es ist kaum etwas vom Nebel zu sehen. Ich erkenne eine sehr schwache Aufhellung in der Region östlich von ψ Eridani und südlich davon. Nördlich davon sehe ich nichts. *Wolfgang Vollmann*

16x70-Fernglas: fst 7^m0; bei Nebel im Tal, der das Licht schluckt, Beobachtung über der Nebeldecke (Inversionswetterlage) auf 1000m Seehöhe, ein prachtvoller Sternhimmel: Der Himmel kommt an die Beobachtung in den Hochalpen fernab der Lichtverschmutzung heran. Der Nebel ist sehr zart sichtbar, östlich von ψ Eri, südöstlich und nordöstlich davon. Ein UHC Filter hinter das Okular gehalten hilft ein wenig – die westliche Nebelkante Richtung ψ Eri wird dann deutlicher erkennbar. Der Nebel ist auch ohne Filter definitiv erkennbar, ein schwaches längliches Nebelband, länglich Nord-Süd, vielleicht 2°–3° lang und 1° breit. Eine Form kann ich nicht erkennen, auch nicht eine Begrenzung gegen den Himmelshintergrund, daher sehe ich auch keine Struk-

turierung wie bei den Fotos des Objekts. Der Nebel ist visuell äußerst schwierig! *Wolfgang Vollmann*

254/1270-Newton: fst 6^m0; gerade noch ein etwas helleres Gebiet (sehr groß) mit »Field Sweeping« indirekt erkennbar. 49x. *Hans-Georg Purucker*

381/1600-Newton: fst 6^m3; sehr schwaches, ausgedehntes Nebelfeld westlich von Rigel. Am deutlichsten definiert erscheinen die Nebelschwaden an der Nordost-Spitze sowie im Bereich des »Mundes« und der »Nasenspitze« des Hexenkopfes. Alle anderen Nebelteile können höchstens erahnt werden. 62x. *Matthias Kronberger*



Zeichnung, 20x125-Fernglas: fst 6^m+. *Uwe Glahn* ▲

Digitalfoto, 200mm-Teleobjektiv f/4, STL-11000, 7x10min (Ha), 6x10min (je GB). *Rudolf Dobesberger*



CCD-Aufnahme, 24"-Hypergraph bei 4940mm, STL-11000M, 7×5min (L), 4×5min (je RGB), ferngesteuerte Belichtung, Capella-Observatorium auf der Insel Kreta. *Stefan Binnewies, Makis Palaiologou, Josef Pöpsel*

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

◀ **CCD-Aufnahme**, 4,5"-Newton bei 440mm, SBIG ST-2000XM, 32×8min (L), 10×8min (R), 8×8min (je GB), SBIG LRGB-Filter. *Michael Deger*

M 78

10×50-Fernglas: Bortle 3; der Nebel ist ein leichtes Objekt für das Fernglas. Allerdings ist er verhältnismäßig klein, so dass keine Einzelheiten erkannt werden konnten. *Uwe Pilz*

16×70-Fernglas: fst 5^m7; kleiner Nebelfleck, der sofort auffällt. Form kann nicht sicher erfasst werden. *Michael Zschech*

16×70-Fernglas: fst 6^m5; ein kleiner recht heller Nebelfleck, eher rund, ein Stern ist darin erkennbar, ein zweiter Stern ist angedeutet. *Wolfgang Vollmann*

70/700-Refraktor: fst 5^m0; bei leicht aufgehelltem Himmel war der Reflexionsnebel als schwacher Fleck direkt zu sehen. Im Nebel, aber mehr zum Rand hin, liegen zwei auffällige Sterne. 28x. *Frank Lange*

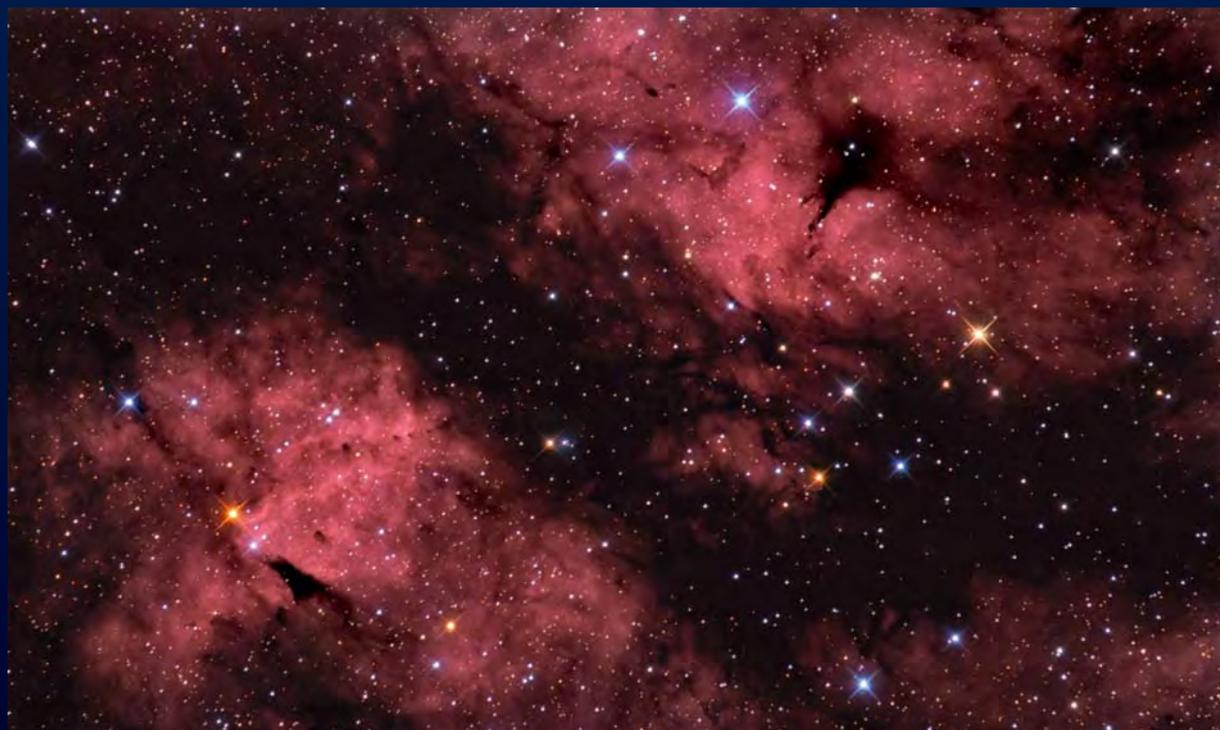
200/1250-Newton: fst 5^m9; fast kreisrunder Nebel. Im Nordwesten deutlich heller, mit scharf begrenztem Rand. Sonst schwächer, diffus in den Hintergrund auslaufend. Im Nebel zwei helle Sterne am hellen Rand und ein schwacher Stern gegenüber am schwachen Rand sichtbar. 120x. *Michael Zschech*

320/1440-Newton: Bortle 3; bei aufmerksamer Beobachtung offenbart M 78 eine Reihe von Einzelheiten. Der hellste Nebelteil befindet sich in der Nähe der beiden eingebetteten Sterne. Die Nordkante ist stärker begrenzt als der faserig auslaufende südliche Teil. Von Süden ragt die Zunge eines Dunkelnebels in das Leuchten. Der nahegelegene NGC 2071 ist bei indirektem Sehen nicht sonderlich schwierig. 144x. *Uwe Pilz*

◀ **Digitalfoto**, 8"-Newton bei 920mm, Canon 40D (modifiziert), ISO 800, 29×5min, 29×10min. *Siegfried Kohlert*

Astrofotos unserer Leser

NGC 7023, Offener Sternhaufen, Reflexions- und Dunkelnebel im Sternbild Kepheus. CCD-Aufnahme, 4"-Refraktor; bei 700mm, ALccd 6c, 42×10min. Die Aufnahme erfolgte über zwei Nächte. *Werner Pribil*



IC 1318, Digitalfoto, 8"-Newton bei 920mm, Canon 40D (modifiziert), ISO 800, 26×10min, 11×10min IDAS LPS, 30×20min (H α -7nm-Filter). *Siegfried Kohlert*

IC 5146, Kokonnebel mit Dunkelnebel B 168 im Schwan. CCD-Aufnahme, 3,5"-Refraktor bei 400mm, ALccd 6c, 14×10min. *Manfred Wasshuber*



Abell 72, Planetarischer Nebel im Delfin. CCD-Aufnahme, 4,5"-Refraktor bei 800mm, ATIK 314L, 7×20min (L), 10×5min (je RB), 5×30min ([OIII]), Baader LRGB, H α -, OIII-Filter. Die Aufnahme erfolgte über vier Nächte. *Markus Noller*

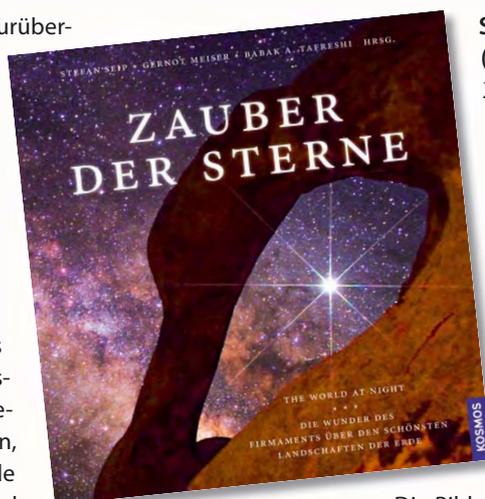


Hantelnebel M 27. CCD-Aufnahme, 16"-Refraktor bei 406mm, ATIK 4000, 32×300s (H α -7nm-Filter). *Stefan Schimpf*

Zauber der Sterne

Astrofotos als grenz- und kulturüberschreitende Brücke: Dies ist das Ziel von »The World At Night«, einem Zusammenschluss von 30 internationalen Astrofotografen um den Iraner Babak Amin Tafreshi. Dem Ziel »One People, One Sky« näher bringt der beeindruckende Bildband »Zauber der Sterne« aus dem Fundus der »TWAN«-Astrofotografie.

Eine Inszenierung des Themas Himmel und Erde wird in 133 erstklassig reproduzierten Aufnahmen zelebriert: Immer ist ein Horizont zu sehen, der den Bezug zum Lebensraum Erde darstellt. Darüber funkeln Sterne und Planeten, dreht sich die Milchstraße, gehen Mond und Sonne auf und unter. Strichspuren ziehen um Nord- oder Südpol, Sternbilder steigen empor und Polarlichter verzaubern den Himmel. Die Grenze zwischen Dokumentation und Kunst verwischt. Die Bilder schweben im Reichtum der himmlischen Landschaften, wie unter dem echten Sternhimmel lehnt man zurück und genießt. Die Wiedergabe der Aufnahmen ist erstklassig.



Stefan Seip, Gernot Meiser, Babk A. Tafreshi (Hrsg.): Zauber der Sterne, Kosmos-Verlag 2010, ISBN 978-3-440-12425-3, 49,90€

Beeindruckend sind die Wüstenszenen aus allen Erdteilen – ähnlich im Motiv, aber unterschiedlich der Hintergrund: Von Mount Rushmore mit den Köpfen der amerikanischen Präsidenten bis hin zu Moscheen im Iran reicht die Palette. Dem interkulturellen Anspruch wird auch die Gliederung nach Kontinenten gerecht – nicht nur eine Reise an den Himmel, sondern auch um die Welt wird hier unternommen.

Die Bildunterschriften sind knapp, im Anhang wird ausführlicher erklärt, was die Abbildungen jeweils zeigen. Astrofotografen werden vermissen, dass keine Hinweise gegeben werden, wie die Bilder entstanden sind – einziges Manko in einem sonst wunderschönen Buch.

■ Ronald Stoyan

Demnächst in interstellarum

interstellarum 74

Korona-Komposite

Die Beobachtung und Fotografie der schwachen Korona-Strukturen ist die Königsdisziplin der Finsternisfotografie. Mit entsprechender Bildbearbeitung lassen sich erstaunliche Ergebnisse erzeugen – wir zeigen wie.



THOMAS BÄBER

Dobson-Test

Dobsons per Hand »schubsen« - das war einmal. Moderne Geräte besitzen digitale Anzeigen, Nachführungen und sogar Goto-Funktionalität. Im interstellarum-Produktvergleich testen wir drei aktuelle Modelle.



MARKUS LANGLOTZ

CCD made in China

Nicht nur Teleskope, sondern auch Kameras werden vermehrt im Reich der Mitte hergestellt. Wir stellen die Kameras der Fa. QHYCCD vor, deren bekanntestes Modell bei uns unter der Bezeichnung ALC-cd6c erhältlich ist.



MAFRED WASSHUBER

Heft 74 ist ab 21.1.2011 im Zeitschriftenhandel erhältlich!

Aktuelle Berichte, Meldungen aus der Forschung und Neuigkeiten aus der Astroszene erhalten Sie alle 14 Tage im kostenlosen interstellarum-Newsletter.

Inserenten dieser Ausgabe

APM Telescopes	68	Farm Tivoli	81	Sahara Sky	81
ASA Astro Systeme GmbH	65	Gerd Neumann jr.	68	Sattleggers Alpenhof	81
Alpine Astroville	81	Intercon Spacotec	5	Teleskop-Service	4
AstroInfo	10	Kiripotib Astrofarm	81	Teleskop & Sternwarten	
Astrocom	32	Kosmos-Verlag	54	Zentrum	46/47
Astrolumina	68	Meade Instruments	U4	Vixen Europe	84
Astromann.de	80	nimax GmbH	6/7	Wissenschaft Online	11
Astronomie.de	31	Oculum-Verlag	68/69/83	Wolfgang Lille	81
Astro-Shop	U2	Optical Vision	25/33		
Astrotreff	80	Orion Telescopes & Binoculars			
Berlebach Stativtechnik	81		78/79		
Beyersdörfer GmbH	U3	Pentaflex	55		

Impressum

www.interstellarum.de | ISSN: 0946-9915

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

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 2010 inkl. Zustellung frei Haus: 54,90 € (D), 59,90 € (A, CH), 59,90 € (Ausland), erscheint zweimonatlich Anfang Jan., Mär., Mai, Juli., Sept., Nov., zusätzlich 2 Hefte interstellarum »Thema«



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

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

Grafik und Layout: Frank Haller, Diana Hoh

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

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

Astrofotografie: Siegfried Bergthal, Stefan Binnewies, Michael Deger, Ullrich Dittler, Torsten Edelmann, Bernd Flach-Wilken, Ralf Gerstheimer, Michael Hoppe, Bernhard Hubl, Michael Jäger, Wolfgang Kloehr, Bernd Koch, Siegfried Kohlert, Erich Kopowski, Walter Koprolin, Bernd Lieb-scher, Norbert Mrozek, Gerald Rhemann, Johannes Schedler, Rainer Sparenberg, Sebastian Voltmer, Manfred Washhuber, 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 sinnestellend 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. 12 vom 1.11.2010
 Britta Gehle, Anzeigenleitung, Fax: 09131/978596,
 E-Mail: werbung@interstellarum.de

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

