

fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur



Titelbild: **Die Sonne ohne Flecken** war in den letzten beiden Jahren ein gewohnter Anblick, 2009 bot sich an 260 Tagen dieses Bild. Im Maunder-Minimum der Sonnenaktivität im 17. Jahrhundert gab es jedoch 70 Jahre lang fast keine Flecken zu beobachten – steht eine derartige Entwicklung wieder bevor? Die Aufnahme zeigt die Sonne im H α -Licht am 14. Mai 2008, gewonnen mit einem 60mm-Coronado-Filter bei 1900mm Brennweite und 1/25s Belichtung. *Erich Kopowski*

Liebe Leserinnen und Leser,

eine Sonne ohne Flecken – eine Horrorgeschichte für Amateurastronomen. Das außergewöhnlich lange und tiefe Minimum der Sonnenaktivität und Vorhersagen, dass es ab dem Jahr 2015 kaum mehr Flecken zu sehen geben könnte, wecken Assoziationen mit einer Zeit, in der die Sonnenaktivität tatsächlich praktisch zum Erliegen kam: dem Maunder-Minimum von 1645 bis 1715. In der Titelgeschichte dieses Heftes zeigen wir, was man heute über den Hintergrund dieses Phänomens weiß, und ob eine Wiederkehr wahrscheinlich ist (Seite 12).

Am 15. Januar fand die längste Sonnenfinsternis des 3. Jahrtausends statt – allerdings nur in einer ringförmigen Phase, da der Mond in Erdferne stehend die Sonnenscheibe nicht ganz bedecken konnte. Zahlreiche interstellarum-Leser hatten sich auf die Reise nach Indien gemacht und sich entweder auf der Zentrallinie oder am Rand des Finsternispfades postiert. Redakteur Daniel Fischer hat die schönsten Ergebnisse zusammengestellt und um eigene Erlebnisse ergänzt (Seite 34).

Aktuelle Aufnahmen von Sonne, Planeten und Kometen muss man im Internet mühselig zusammensuchen - oder man findet sie in den jeweiligen Rubriken in diesem Heft. Schneller und übersichtlicher sind jedoch die neuen Bildergalerien auf www.interstellarum.de: Hier sind alle Einsendungen an die Redaktion zusammengestellt. So lässt sich beispielsweise schön das Abschmelzen der Mars-Polkappen verfolgen. Der Clou: Jeder kann mitmachen und eigene Aufnahmen über die Uploadmasken unter dem Menüpunkt »Interaktiv« einsenden.

Geschockt nahm die deutsche und internationale Amateurszene im November 2009 den Tod eines der begabtesten astrofotografischen Talente zur Kenntnis. Im Alter von nur 26 Jahren verstarb Daniel Marquardt, Abonnent und Autor dieser Zeitschrift. Die Redaktion ehrt ihn in dieser Ausgabe mit dem Abdruck seiner schönsten Aufnahmen (Seite 28, 66, 71) und einem Nachruf (Seite 74).

Besinnliche Sternstunden wünscht,

Ihr

Ronald Stoyan



Der Jahrtausend-Feuerring

34



Zwei Jahre Ha-Relativzahl

40



In Form gebracht

52



Ultraleicht und superstabil

58

Hintergrund

- **Hauptartikel**
- 12 **Sonne ohne Flecken**
Das Maunder-Minimum und die Folgen
- 16 **Astro- Wissen: Welche Aktivitätszyklen hat die Sonne?**
- **Schlagzeilen**
- 8 **Das erste direkte Spektrum eines extrasolaren Planeten**
- 9 Nichts als Galaxien
Phobos und Deimos
Das Geheimnis von Epsilon Aurigae
- 10 **Raumfahrt aktuell: Marsrover Spirit wird zu fester Station**

Himmel

- **Ereignisse**
- 18 **Osterbesuch der inneren Planeten**
Merkur und Venus am Abendhimmel
- 19 Der Mond begegnet Venus am 16. Mai
Lyriden-Meteore am 22. April
Mars passiert M 44 am 17. April
- **Sonnensystem**
- 22 **Sonne aktuell: Neuer Zyklus gewinnt an Fahrt**
- 23 **Planeten aktuell: Mars glänzt**
- 24 **Kometen aktuell: Günstige Wiederkehr von 10P/Tempel**
- **Sternhimmel**
- 27 **Astronomie mit bloßem Auge: Alkor und Mizar**
- 27 **Astronomie mit dem Fernglas: R Leonis**
- 28 **Objekt der Saison: M 51**
- 29 **Objekt der Saison: M 101**
- 31 **Deep-Sky-Herausforderung: NGC 4676A/B**

Praxis

- **Sonne**
- 34 **Der Jahrtausend-Feuerring**
Rückblick auf die Finsternis vom 15.1.2010
- 38 **Feuerring über Indien**
Eine Reise zur Sonnenfinsternis am 15. Januar 2010
- 40 **Zwei Jahre Ha-Relativzahl**
Ein erster Rückblick
- **Mond**
- 44 **Zwei Täler und ein Meer**
Der Süd-Ost-Quadrant des Mondes

aktuell auf www.interstellarum.de



Das große Portal für Hobby-Astronomen

neu:

- Sonne aktuell
- Planeten aktuell
- Kometen aktuell



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

- 42 **Praxis-Wissen: Wie entsteht ein Regenbogen?**

Technik

- **Test**
- 48 **Das Universum in einer Hand**
Teil 1: iPhone-Anwendungen für Sonnen- und Planetenbeobachter
- **Selbstbau**
- 52 **In Form gebracht**
Herstellung optischer Komponenten für Teleskope
- 58 **Ultraleicht und superstabil**
Teleskope aus CFK selbst gebaut
- 56 **Technik-Wissen: Was passiert beim Stacken?**

Beobachtungen

- **Rückblick**
- 63 **Die partielle Silvester-Finsternis**
- **First Light**
- 64 **Mondfotos optimieren**
- **Objekte der Saison**
- 66 **M 87 / NGC 4435/8**
- **Galerie**
- 70 **Astrofotos unserer Leser**

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

Sonne ohne 12 Flecken

Das Maunder- Minimum und die Folgen

Service

■ Szene

72 **Kinder entdecken den Weltraum**

Tag der Astronomie an der Grundschule

74 **Daniel Marquardt (1983–2009)**

Termine für Sternfreunde: April bis Mai 2010

■ Rezensionen

76 **Via Nubila – Am Grund des Himmels**

A Spectroscopic Atlas of Bright Stars

■ Astromarkt

77 Kleinanzeigen

Das Universum in einer Hand: Teil 1: iPhone- Anwendungen für Sonnen- und Planetenbeobachter

48

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt für privaten Zwecke

- 1 fokussiert
- 2 Inhaltsverzeichnis
- 74 Leserhinweise
- 78 Vorschau, Impressum

Das erste direkte Spektrum eines extrasolaren Planeten

ESO/M. JANSON



Abb. 1: Der junge und helle Stern HR 8799 mit HR 8799c, einem seiner drei Planeten. Der Planet ist 38 Astronomische Einheiten (projiziert) entfernt und bei einer Wellenlänge von $4\mu\text{m}$ mehr als 8,5 Größenklassen schwächer.

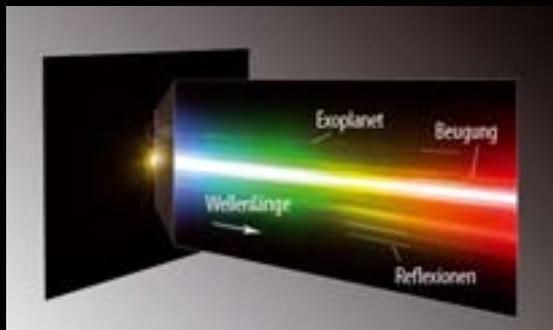


Abb. 2: Das Spektrum des Planeten HR 8799 ist neben dem hellen Spektrum seines Zentralgestirns kaum zu erkennen. Zudem wird die Abbildung von Reflexionen und Beugungsbildern gestört. Die Wellenlänge nimmt von links nach rechts zu.

Bei Beobachtungen des Dreifach-Planetsystems um den hellen, sehr jungen Stern HR 8799 im Sternbild Pegasus konnte erstmals direkt ein Spektrum eines extrasolaren Planeten aufgenommen werden. Bisher war die Bestimmung von Spektren nur indirekt möglich, nämlich in Systemen, in denen ein extrasolarer Planet von der Erde aus gesehen hinter seinen Zentralstern tritt. In einem solchen Fall lässt sich durch Vergleich der Spektren vor und nach Verschwinden des Planeten auf das allein vom Planeten stammende Licht schließen. Solche indirekten Bestimmungen sind nur mit Weltraumteleskopen möglich und gelingen nur dann, wenn die Umlaufbahn des Planeten relativ zur Blickrichtung der irdischen Beobachter günstig ausgerichtet ist – und das ist nur für sehr wenige extrasolare Planetensysteme der Fall. Zwar wurde bereits 2004 am VLT das Spektrum eines Objekts mit fünf Jupitermassen aufgenommen, das einen Braunen Zwerg umkreist, aber man geht davon aus, dass dieses Objektpaar, ähnlich wie ein Doppelstern, gemeinsam entstanden ist; demnach hat sich der Begleiter also nicht wie ein Planet aus einer das Zentralobjekt umgebenden Materiescheibe gebildet. Spektrale Informationen sind immens wichtig, da sie Rückschlüsse darüber erlauben, wie sich der Planet gebildet hat. Außerdem könnten sie dazu führen, Spuren von Leben auf fremden Planeten zu finden.

Der A5-Stern HR 8799 befindet sich in rund 130 Lichtjahren Entfernung und besitzt anderthalb Mal soviel Masse wie unsere

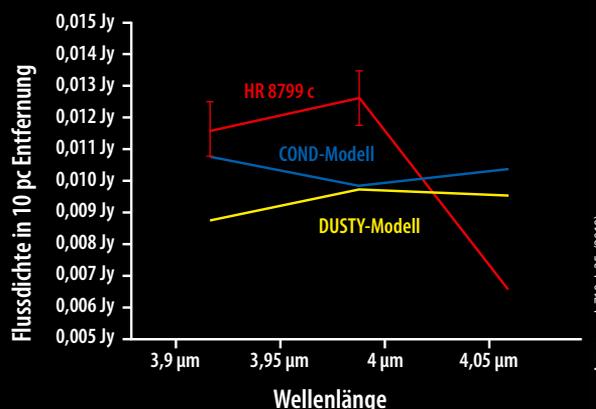
Abb. 3.: Vergleich zwischen dem (stark gebinnnten) Spektrum von HR 8799 und zwei Modellrechnungen. Das Modell DUSTY berücksichtigt bei der Berechnung Staub in der Planetenatmosphäre. Deutlich sind die Abweichungen beider Modellspektren zur Beobachtung zu erkennen.

Sonne. Im Jahr 2008 wurden dort drei Riesenplaneten nachgewiesen, einer mit der siebenfachen Jupitermasse und zwei mit der zehnfachen, wobei die Massenschätzungen der Planeten auf dem angenommenen Alter des Sterns von 60 Mio. Jahren beruhen. Die Planeten befinden sich in Entfernungen von 68 Astronomischen Einheiten (AE), 38AE und 24AE. Außerdem fand man bei Beobachtungen mit dem Weltraumteleskop Spitzer Infrarotstrahlung aus dem Bereich zwischen den inneren beiden Planeten sowie zwischen dem äußeren und mittleren Planeten, die als Gürtel kleinerer Objekte, ähnlich dem Asteroiden- und dem Kuipergürtel unseres Sonnensystems interpretiert wird.

Spektren wurden nur vom mittleren der drei Planeten HR 8799c aufgenommen, der rund zehn Mal soviel Masse wie Jupiter besitzt und eine Oberflächentemperatur von

rund 800°C aufweist. Fünf Stunden Belichtungszeit mit dem Infrarotinstrument NACO am VLT in einem Wellenlängenbereich von $3,88\mu\text{m}$ bis $4,10\mu\text{m}$ waren erforderlich, um das schwache Planetenspektrum aus dem viel helleren Licht des Zentralsterns in $1''$ Abstand herauszulösen. Dies entspricht in etwa der Beobachtung einer Kerze in zwei Kilometern Entfernung, die direkt neben einer 300-Watt-Lampe steht. Der Spalt des Spektrographen wurde parallel zur Verbindungsachse Stern-Planet orientiert, wodurch eine optimale Korrektur der Linien der Erdatmosphäre als auch der Effekte durch das Instrument gewährleistet wurde. Allerdings bedingt dies auch Geisterbilder durch Reflexionen im Instrument.

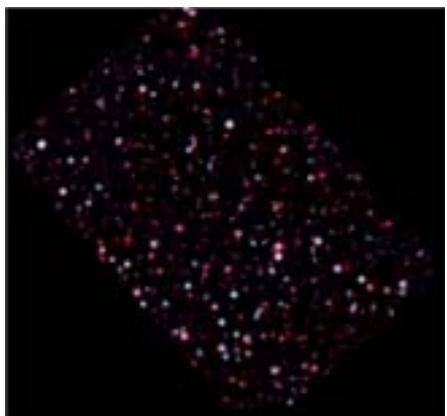
Während die mittlere Helligkeit des Spektrums von Modellrechnung gut wiedergegeben wird, gibt es deutliche Abweichungen beim Verlauf des Spektrums: So zeigen die Beobachtungen ein Intensitätsmaximum bei $4\mu\text{m}$, das Modellspektrum



NACH ASTROPHYS. J. 710, L 35, (2010)

hingegen verläuft im gesamten beobachteten Spektralbereich relativ flach. Diverse Linien im Spektrum können vom Modell ebenfalls nicht reproduziert werden. Eine mögliche Ursache für die Abweichungen könnte Staub in der Planetenatmosphäre sein, der im einfachen Modell nicht berücksichtigt wird. Allerdings haben auch komplexere Modelle mit Staub Probleme, das beobachtete Spektrum zu erklären. Offensichtlich muss der Staub und seine Eigenschaften genauer als bisher modelliert und evtl. auch Chemie im Nicht-Gleichgewichtsfall in Erwägung gezogen werden. Demnächst sollen auch die Spektren der beiden anderen Riesenplaneten gemessen werden, so dass dann zum ersten Mal Spektren von drei extrasolaren Planeten aus ein und demselben Planetensystem zur Verfügung stehen. [Astrophys. J. 710, L 35 (2010) ESO1002-Science Release]

Nichts als Galaxien



Das »GOODS-N«-Feld im Großen Wagen bei den Wellenlängen 100 und 160 Mikrometer. Galaxien bei hoher Rotverschiebung (also größeren kosmologischen Entfernungen) oder mit einem höheren Anteil an kaltem Staub sind rot dargestellt, nahe Galaxien erscheinen blau.

Mitte der 1990er Jahre entdeckten Wissenschaftler mit dem amerikanischen COBE-Satelliten ein schwaches Glimmen im fernen Infrarotbereich des elektromagnetischen Spektrums. Es erreicht die Erde aus allen Himmelsrichtungen mit derselben Intensität. Man konnte damals nur vermuten, dass es sich um die Strahlung vieler Galaxien des frühen Universums handelt, die etwa die gleiche Energiemenge im fernen Infrarot abgeben, wie man sie auch im sichtbaren Licht von ähnlich weit entfernten Sternsyste-

men empfängt. Bisher konnte man mit Hilfe von Satelliten-Observatorien – ferne Infrarotstrahlung wird von der Erdatmosphäre absorbiert – im kosmischen Hintergrund jedoch nur das ferne Infrarotlicht der hellsten Galaxien registrieren. Um Informationen über die schwächeren Objekte zu erhalten, musste man sich auf indirekte Nachweise durch Beobachtungen bei kürzeren Wellenlängen verlassen. Strahlung im fernen Infrarotlicht wird z.B. von kaltem Staub ausgestrahlt, der neu entstandene Sterne verdeckt. Das Satellitenobservatorium Herschel, das im Mai 2009 gestartet ist, wurde so konzipiert, dass es die Entstehung der Sterne durch die Epochen des Universums beobachten kann. Das Bordinstrument PACS macht detailreiche Bilder des Himmels bei Wellenlängen von 70µm bis 160µm, genau in jenem Bereich, in dem der kosmische Infrarothintergrund am hellsten strahlt. Deshalb wurde während insgesamt 30 Stunden im Oktober ein kleiner Himmelsausschnitt im Großen Wagen, etwa ein Viertel so groß wie die Fläche des Vollmonds, beobachtet. Schon mit diesen ersten Beobachtungen gelang es, etwa 60% des kosmischen Infrarothintergrunds in einzelne, gut nachgewiesene Quellen aufzulösen. Die Messungen sind indes nur ein Anfang: Mit noch empfindlicheren Beobachtungen kann man im Detail verstehen, in welcher Phase der Entwicklung des Alls sich diese Galaxien befinden und was ihre Eigenschaften sind. [MPG Pressemitteilung SP /2009 (271)]

Phobos und Deimos

Ein Beispiel für angewandte Himmelsmechanik stellt ein Bild der Marsmonde Phobos und Deimos dar, das der europäischen Raumsonde Mars Express am 5. November 2009 gelang. Darauf sind beide Monde gleichzeitig zu sehen, und zwar aus einer Entfernung von 11800km bzw. 26200km. Phobos, der den Mars in nur 7h 49min umrundet, ist rund 25km groß, Deimos nur etwa 15km. Möglich war diese Aufnahme mit dem Super Resolution Channel der vom DLR betriebenen, hochauflösenden Stereokamera HRSC (High Resolution Stereo Camera). Eine animierte Sequenz der Bilderserie von Phobos und Deimos ist auf der Internetseite des DLR zu finden (vgl. Surfipps). Die Aufnahmen unterstreichen zum einen, dass es mit den vorhandenen Bahnparametern von Raumsonde und beiden Marsmonden möglich ist, die anvisierten Objekte mit höchster Zielgenau-

igkeit anzupeilen. Zum anderen dienen die Bilddaten aber auch dem langfristigen Ziel, mit astrometrischen Messungen die bestehenden Orbitmodelle beider Monde zu überprüfen und zu verfeinern. [DLR]

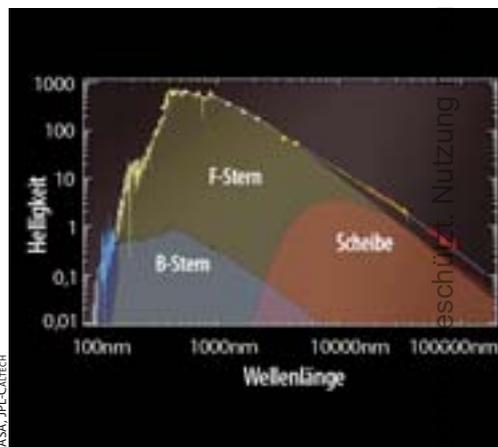


Die beiden Marsmonde Phobos und Deimos, aufgenommen mit der hochauflösenden Stereokamera HRSC auf Mars Express.

Das Geheimnis von Epsilon Aurigae

Rund alle 27 Jahre (9892 Tage) wird ε Aurigae von einem dunklen Begleiter bedeckt und die Helligkeit fällt um eine halbe Größenklasse (vgl. interstellarum 61). Die gesamte Verfinsternung dauert ziemlich genau zwei Jahre, wobei zwischen dem zweiten und dritten Kontakt 330 Tage vergehen. Seit 2009 findet eine Bedeckung statt, die noch bis 2011 andauern wird. Über die Natur des Systems gibt es verschiedene Theorien: Die eine geht von einem Überriesen aus, der von einem engen Doppelstern, der in einer riesigen Staubscheibe eingebettet ist, umkreist wird. In der anderen wird ein sterbender, wesentlich masseärmerer Stern von einem einzelnen Stern, der ebenfalls in eine Staubscheibe gehüllt ist, umkreist. Neue Beobachtungen mit dem Weltraumteleskop Spitzer zusammen mit älteren Beobachtungen aus dem ultravioletten, sichtbaren und infraroten Spektralbereich favorisieren eindeutig das zweite Modell. Dabei konnte nicht nur die Existenz der Staubscheibe bestätigt sondern auch ihre Größe zu vier Astronomischen

privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



MASA, JPL-Caltech

Spektrum von ε Aurigae vom UV- bis in den Infrarotbereich. Die gelb und orange dargestellten Datensätze sind die Spitzer-Beobachtungen, die die Lücke im Spektralbereich füllen und so die entscheidende Eingrenzung des Modells ermöglichen. In Blau dargestellt ist UV-Strahlung, die vom Begleiter, einem B-Stern kommt, und in hellgelb Strahlung von einem F-Stern. Die Staubscheibe leuchtet im infraroten Bereich und ist in orange dargestellt.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt.

Einheiten bestimmt werden. Unter der Annahme, dass die Staubteilchen in der Scheibe eher grobem Sand als feinem Staub ähneln war es möglich, das Spektrum von ϵ Aurigae vom UV- bis in den Infrarotbereich als Summe von drei Komponenten zu modellieren: einem F-Stern, der kein Überriese ist, einem einzelnen B-Stern und einer Staubscheibe, die den B-Stern umgibt. [JPL News & Features 2010-002]

Surftipps

JPL/NASA: www.jpl.nasa.gov
 Space Telescope Science Institute: www.stsci.edu
 ESO Presse Mitteilungen: www.eso.org/outreach/press-rel
 Max-Planck-Gesellschaft: www.mpg.de
 Animierte Sequenz der Marsmonde: www.dlr.de/DesktopDefault.aspx/tabid-11/129_read-21513/gallery-1/gallery_read-Image.8.12339

Raumfahrt aktuell Marsrover Spirit wird zu fester Station

Kurz nach dem sechsten Jahrestag seiner Landung auf dem Mars hat die NASA Ende Januar die Versuche aufgegeben, den Rover »Spirit« aus der Sandfalle zu befreien, in die er vor fast einem Jahr geraten ist. Obwohl es gerade an den Tagen vorher die größten Fortschritte gegeben hatte, schwand bei nahendem Winter das Sonnenlicht einfach zu schnell: Statt weiter gegen den feinen Sand anzukämpfen, sollte in den verbleibenden Wochen alles daran gesetzt werden, durch spezielle Radmanöver wenigstens die Solarzellen so weit wie möglich Richtung Sonne zu drehen. Auch im besten Fall war allerdings zu erwarten, dass ihre Leistung – die fast komplett in die Heizung der Roversysteme investiert wird – im März oder April so weit zurückgeht, dass Spirit dann bis zu einem halben Jahr lang kaum oder gar nicht mehr mit der Erde kommunizieren kann. Die Temperatur an Bord dürfte nachts bis auf -45°C sinken, wobei radioaktive Heizelemente eine Abkühlung bis auf Außentemperatur verhindern: Ein fabrikneuer Marsrover müsste das eigentlich aushalten, aber nach sechs Jahren auf dem Mars mit fortwährenden starken Temperaturschwankungen sieht das möglicherweise anders aus. Falls sich Spirit nach dem Winter aber wieder erholt, steht jedenfalls

Abb. 1: Verfahrene Situation: der Blick der Frontkamera von Spirit auf den weichen Sand und die halbversunkenen Räder am 23. Januar; zu dieser Zeit bewegte sich der Marsrover leicht rückwärts.



NASA/JPL-CATECH

schon ein ganz neues wissenschaftliches Programm für den dann stationären Lander bereit: Insbesondere soll seine Position im Raum sechs Monate lang penibel über die Laufzeit der Funksignale vermessen werden.

So lassen sich die Lage der Marsachse und vor allem ihre leichten Schwankungen bestimmen, woraus sich wiederum schließen lassen sollte, ob der Mars – wie allgemein erwartet – einen festen Kern besitzt oder aber doch einen flüssigen, der es trotzdem nicht schafft, ein permanentes Magnetfeld zu erzeugen. Ähnliche Messungen mit dem Mars Pathfinder legten bereits 1997 einen festen Kern nahe, aber erst die intensive Verfolgung Spirits über einen deutlich längeren Zeitraum verspricht eindeutige Erkenntnisse. Wenn der Rover schon einmal steht, kann er zugleich systematisch verfolgen, wie die Atmosphäre und Oberfläche miteinander wechselwirken und Veränderungen des Marsbodens mit der Zeit beobachten, auch mit seinem Mikroskop. Zum Glück ist Spirit sein »Unfall« in einer besonders interessanten Region widerfahren: Der helle Boden unter der trügerisch festen Kruste ist außerordentlich reich an Sulfaten, die einst von Fumarolen hinterlassen worden sein dürften. Auch wenn sich Spirit nicht mehr befreien kann: Gelegentlich ein wenig den Ort verlagern, um neue Bodenstellen in Reichweite zu bekommen, sollte er schon können. Auf große Fahrt wie sein unermüdlich über den Mars sausender Zwilling »Opportunity« wird er mit inzwischen nur noch vier funktionsfähigen Rädern – während die anderen zwei klemmen und sich nicht frei drehen können – auch dann kaum mehr gehen. Die Wandlung des beliebten Rovers in einen simplen Lander mag zwar noch schmerzen, aber ein Ende der Mission markiert sie noch lange nicht.

■ Daniel Fischer

Abb. 2: Die Landschaft rund um die »Unfallstelle« in einem Echtfarbenpanorama aus hunderten Bildern kurz nach dem Steckenbleiben – ganz vorne ist das helle Bodenmaterial zu erkennen, das Spirit zum Verhängnis wurde. ▼



NASA/JPL-CATECH/CORNELL UNIVERSITY

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

Sonne ohne Flecken

Das Maunder-Minimum und die Folgen

VON HANS ZEKL

Seit 2007 verharrt die Sonne in einem ungewöhnlich langen Sonnenfleckenminimum. Doch geschieht das nicht zum ersten Mal: Seit der Erfindung des Fernrohrs kam der Sonnenfleckenzyklus im 17. und 18. Jahrhundert im so genannten Maunder-Minimum für 70 Jahre schon einmal zum Erliegen. Parallel dazu kühlte sich das Klima deutlich ab, die Bewohner Europas und Nordamerikas bekamen es in der »kleinen Eiszeit« mit eiskalten Wintern zu tun. Steht uns erneut ein derartiges Minimum der Sonnenaktivität bevor?

Alles Leben auf der Erde hängt von der Sonne ab. Würde ihre Strahlung deutlich schwanken, wäre es möglicherweise zu kalt oder zu heiß für uns. Deutlich wird dies durch die jährlichen jahreszeitlichen Effekte. Im Winter, wenn unser Tagesgestirn in geringer Höhe über dem Horizont seine tägliche Bahn zieht, ist es kalt, während es im Sommer, wenn es hoch am Himmel steht, sehr warm werden kann. Zusätzlich wirken sich die unterschiedlichen Tageslängen im Sommer und Winter auf die tägliche Energiebilanz durch die Sonneneinstrahlung aus. Durch die niedrigere Sonnenhöhe um die Wintersonnenwende erreicht in Mitteleuropa zur Mittagszeit nur etwa 55% der sommerlichen Energie den Erdboden. Die Änderung des Abstands der Erde zur Sonne aufgrund der elliptischen Umlaufbahn sorgt für zusätzliche Energieschwankungen von etwas mehr als 3% gegenüber dem Mittelwert. Im Vergleich mit den jahreszeitlichen Variationen spielt dies somit nur eine untergeordnete Rolle.

Die Schwankungen der Sonnenstrahlung selbst sind minimal und weichen auch während eines Sonnenfleckenzyklus nur wenig vom Mittelwert, der so genannten Solarkonstante, ab, die somit keine wirkliche Konstante ist. Im Laufe des rund elfjährigen Sonnenfleckenzyklus ändert sich die abgestrahlte Energie der Sonne um rund 0,1%. Während eines Sonnenfleckenminimums erreicht die Solarkonstante ihren niedrigsten, im Maximum ihren höchsten Wert. Doch gerade dieser schwache Effekt sorgte für eine mehrere Jahrzehnte andauernde Abkühlung des Klimas.

Auf und ab

Das auffälligste Merkmal während eines im Mittel elf Jahre dauernden Aktivitätszyklus sind zahlreiche dunkle Flecken, mit denen die Sonnenoberfläche im Maximum bedeckt ist. In diesen Sonnenflecken (Abb. 3) liegt die Temperatur etwa 2000°C niedriger als in ihrer Umgebung. Ein an den Nachthimmel versetzter Sonnenfleck würde 100 Mal heller leuchten als der Vollmond, im Kontrast zur heißeren Umgebung auf der Sonne erscheint er dem Auge jedoch schwarz. Entdeckt wurde der Sonnenfleckenzyklus im Jahr 1843 von Samuel Heinrich Schwabe (1789–1875) und seitdem folgte eine Aktivitätsphase mehr oder weniger regelmäßig der nächsten – die Abstände der Maxima schwanken dabei zwischen 9 und 12,5 Jahren, wobei die Stärke der Maxima von Zyklus zu Zyklus unterschiedlich ausfällt. Gerade die letzten Maxima waren besonders stark ausgeprägt.

Erste Berichte aus Europa über Flecken auf der Sonne erschienen schon im 12. Jahrhundert, doch wurde ihre wahre Natur lange nicht erkannt. Es galt das Dogma von der makellosen Sonne. Deshalb mussten die Flecken etwas sein, das sich vor der Sonne vorbei schob: Planeten, dunkle Wolken oder anderes.

Erst mit der Erfindung des Fernrohrs begann die regelmäßige Beobachtung dieser Erscheinungen. Erste systematische Aufzeichnungen wurden 1610 und 1611 von Thomas Harriot (1560–1621) in England bzw. von Johann Fabricius (1587–1617) in Deutschland veröffentlicht. Doch

Abb. 1: Die Sonne ohne Flecken ist ein häufiger Anblick im Minimum der Sonnenaktivität, wie hier am 23. März 2009. Zwischen 1645 und 1715 waren jedoch 70 Jahre lang fast keine Sonnenflecken zu sehen. Wie ist dieses so genannte Maunder-Minimum zu erklären?

diskutierten die damaligen Wissenschaftler noch längere Zeit über die Natur der Flecken, obwohl schon Galileo Galilei (1564–1642) vermutete, dass es Strukturen auf der Sonnenoberfläche sein könnten. 1775 erkannte der dänische Astronom Christian Pedersen Horrebow (1718–1776), dass die Häufigkeit der Flecken eine gewisse Periodizität zeige.

Der solare Dynamo

Seit etwa hundert Jahren ist bekannt, dass die Sonnenflecken mit starken Magnetfeldern verbunden sind, deren Stärke zwischen 0,2 und 0,4 Tesla liegen [1] und damit etwa 1000 Mal stärker sind als das allgemeine Magnetfeld der Sonne. Vor etwa einem halben Jahrhundert wurde die Theorie des solaren Dynamos entwickelt [2, 3], die bis heute das Standardmodell darstellt: Dabei wird das Magnetfeld durch das Zusammenspiel von turbulenter Konvektion und differentielle Rotation erzeugt.

Streut man Eisenfeilspäne um einen Stabmagneten, ordnen sie sich entlang gekrümmter Linien an, die von einem Pol zum anderen verlaufen. Diese so genannten Magnetfeldlinien zeigen die Richtung, in der Magnetfeldkräfte wirken, und die

ERICH KOPROWSKI

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

Abb. 2: Im 17. Jahrhundert hatten die Menschen in Europa mit sehr kalten Wintern zu kämpfen. Nicht nur Ostsee und Bosphorus froren regelmäßig zu, auch größere Flüsse waren nicht mehr schiffbar. Das Bild zeigt Eis auf der Themse in London im Winter 1677.



Stärke des Feldes an: Je dichter sie beieinander liegen, umso stärker ist das Feld. Das allgemeine Magnetfeld der Sonne ist ein Dipolfeld wie das eines Stabmagneten. Durch die unterschiedliche Rotationsdauer der Sonne von 25,4 Tagen am Äquator und bis zu 36 Tagen an den Polen, wird das in Nord-Süd-Richtung ausgerichtete Magnetfeld – veranschaulicht durch in dieser Richtung verlaufende Feldlinien – aufgewickelt, wodurch sich die Energiedichte erhöht. Turbulente Konvektionsströmungen sorgen für ein Verdrillen der verbogenen magnetischen Feldlinien. Magnetischer Druck und Gasdruck können dann zu einem Auftrieb führen, der sie zur Oberfläche trägt. Schließlich durchbrechen die Feldlinien die Sonnenoberfläche und breiten sich nach oben bogenförmig aus. Ein Sonnenfleck wird sichtbar. Letztlich wird dadurch Rotationsenergie in Magnetfelder verwandelt.

Heinrich Schwabe veröffentlichte 1843 seine Beobachtungen, die besagten, dass die Häufigkeit der Sonnenflecken periodischen Schwankungen unterliegt. Etwa alle elf Jahre (die mittlere Zykluslänge beträgt 10,7 Jahre) wird ein Maximum der Häufigkeit der Sonnenflecken beobachtet. Zusammen mit diesem Zyklus polt sich das solare Magnetfeld alle elf Jahre um, so dass ein vollständiger Magnetfeldzyklus nach 22 Jahren durchlaufen ist. Die

Abb. 3: Hochaufgelöste Sonnenflecken am 15. Juli 2002. Deutlich erkennbar ist die von feinen Streifen durchsetzte Penumbra, die den schwarzen Kern, die Umbra, der Flecken umgibt. Das Bild wurde künstlich gelb eingefärbt.

genauen Ursachen dieser Umpolung sind noch nicht ganz verstanden, dürften aber damit zusammenhängen, dass sich während des Zyklus ein neues, entgegengesetzt gepoltes Magnetfeld aufbaut: In der Konvektionszone steigen Gasblasen auf, die das Magnetfeld mitnehmen. Da die Atome des Gases ihre Elektronen verloren haben und elektrisch geladen sind – man spricht von einem Plasma – sind Materie und Magnetfeld aneinander gekoppelt und können sich nicht unabhängig voneinan-

der bewegen. Zusammen mit dem bestehenden Feld an der Oberfläche bilden sich zunächst auf beiden Hemisphären lokale Magnetfelder gleicher Ausrichtung, deren Orientierung dem ursprünglichen allgemeinen Magnetfeld entgegengesetzt ist. Überlagert sich eine genügende Anzahl dieser lokalen Felder entsteht ein neues Dipolfeld.

Mit diesem Modell des solaren Dynamos lässt sich die Entwicklung des solaren Magnetfelds über einen Sonnenfleckenzy-

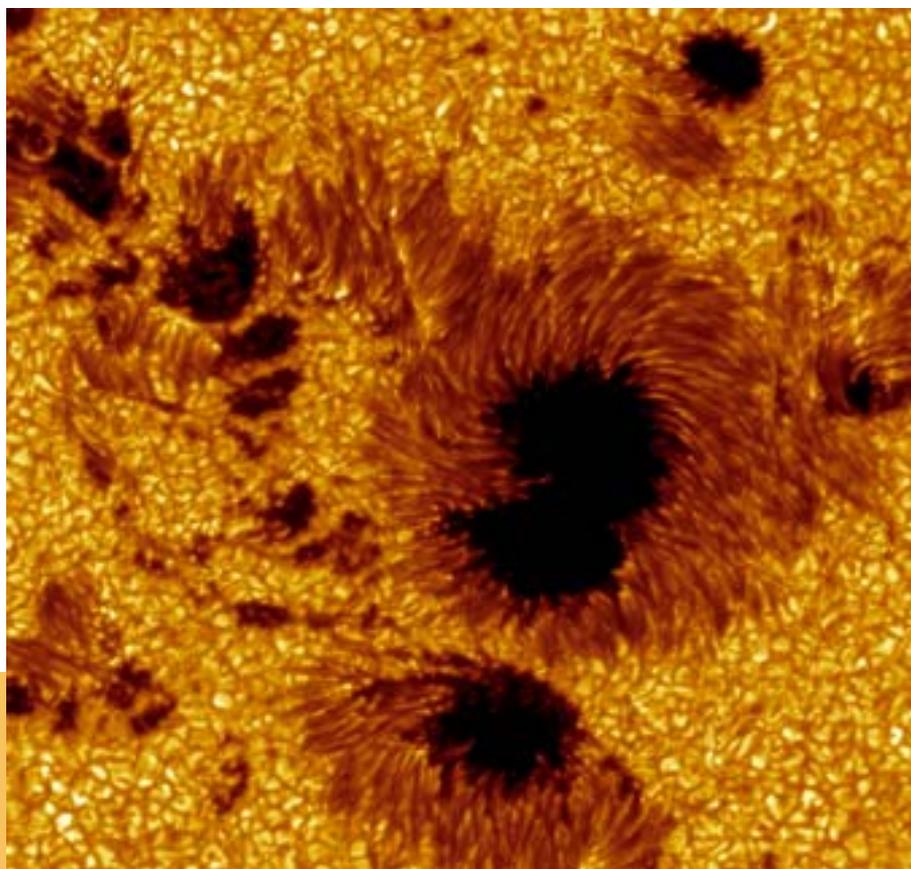
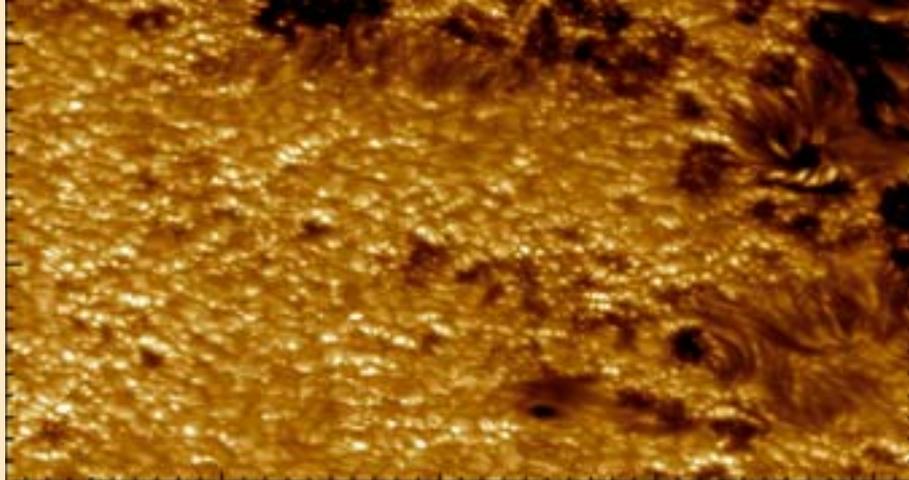


Abb. 4: Bild einer aktiven Region nahe dem Sonnenrand. Die Abstandsmarkierungen am Bildrand entsprechen 1000km auf der Sonne. Die kleinsten zu erkennenden Objekte sind etwa 70km groß. Die Granulation erscheint als wabenförmige Struktur. Durch eine spezielle Beobachtungstechnik ist die dreidimensionale Natur der Oberflächenstrukturen erkennbar.



SCHWEDISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

klus hinweg näherungsweise beschreiben. Doch noch sind viele Fragen offen.

Eine vollständige Theorie der Sonnenaktivität muss erklären, wieso die ersten Flecken eines neuen Zyklus etwa 40° zu beiden Seiten des Äquators erscheinen und zum Ende des Zyklus in der Nähe des Äquators. Unklar ist auch, was die Stärke eines Zyklus ausmacht. Wieso treten in manchen sehr viele und in andern deutlich weniger Flecken auf?

Auszeit der Sonne – Auszeit des Klimas

Auch wenn die Sonne im 17. und 18. Jahrhundert intensiver beobachtet worden wäre, hätte wahrscheinlich kein Forscher den Sonnenfleckenzyklus entdeckt, denn es gab nichts zu entdecken. Darauf stieß Ende des 19. Jahrhunderts der Engländer Edward Walter Maunder (1851–1928) am Royal Greenwich Observatory in London. Zu seinen Aufgabengebieten gehörte die fotografische Beobachtung und Ausmessung von Sonnenflecken. Bei der Durchsicht des Archivs des Observatoriums machte er eine merkwürdige Entdeckung. Zwischen 1645 und 1715 produzierte die Sonne so gut wie keine Flecken (Abb. 5). Ihm zu Ehren erhielt diese Periode seinen Namen, das Maunder-Minimum.

Was Maunder noch nicht wusste, war der Umstand, dass nicht nur die Sonnenaktivität in diesen 70 Jahren fast auf Null gesunken war, sondern dass auch die Temperatur auf der Erde in dieser Zeit zurückging und es zu einer »kleinen Eiszeit« kam. Etwa in der Mitte dieser Periode stießen die Alpengletscher weit vor. Zuvor landwirtschaftlich genutzte Flächen und ganze Dörfer verschwanden unter ihrem Eis. Durch kühle Sommer kam es zu Missernten, das arktische Eis stieß weit nach Süden vor und die berühmten niederländischen Kanäle, die Grachten, froren im Winter regelmäßig zu.

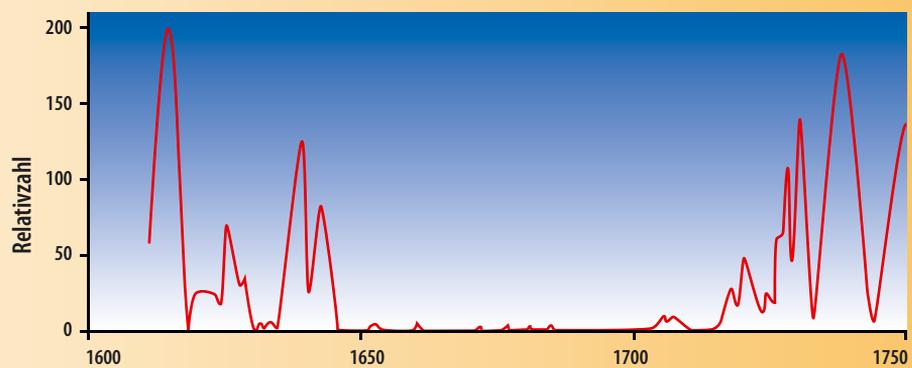
Doch wie konnte es sein, dass ein so geringer Effekt – niedrigere Sonnenaktivität – das Klima unseres Planeten derart stark beeinflusste, dass eiszeitähnliche Zustände entstehen konnten? Im Jahr 2001 veröffentlichte dazu ein Team amerikanischer Klimatologen um Drew T. Shindell vom NASA Goddard Institute for Space Studies and Center for Climate Systems Research an der Columbia University in New York ein Klimamodell [4], dass die globalen Temperaturverhältnisse widerspiegelte, wie sie aus Baumringen, Eisbohrkernen, Sedimenten in Küstengewässern und wenigen historischen Wetteraufzeichnungen bestimmt wurden. Danach war möglicherweise eine Änderung in der Dicke

der Ozonschicht für den Temperaturabfall verantwortlich.

Kleine Ursache – große Wirkung

Die Ozonschicht befindet sich in 15 bis 50 Kilometer über der Erdoberfläche. Der breiteren Öffentlichkeit wurde sie durch das Ozonloch bekannt, das seit einigen Jahren am Ende des Winters auf der Südhalbkugel über der Antarktis auftritt. Ozon ist ein Molekül, das aus drei Sauerstoffatomen besteht. Zu seiner Herstellung wird die Energie der ultravioletten Strahlung (UV) der Sonne als Energiequelle benötigt. Doch ist deren Intensität zu Zeiten eines Sonnenfleckenminimums am geringsten, so auch während des Maunder-Minimums. Im Endergebnis wird weniger Ozon produziert. Diese Änderung der Ozonschicht wirkte sich auf die Jetstreams in der Hochatmosphäre aus, in denen Windgeschwindigkeiten bis zu 540km/h auftreten. Jetstreams (deutsch: Strahlstrom) führen eine Wellenbewegung aus und steuern die Zugbahnen der Tiefdruckgebiete von Westen nach Osten. Gelegentlich wird im Wetterbericht darauf hingewiesen. Die Forscher um Shindell fanden heraus, dass während des Maunder-Minimums der Strahlstrom über dem Nordatlantik nach Süden gewandert sein musste.

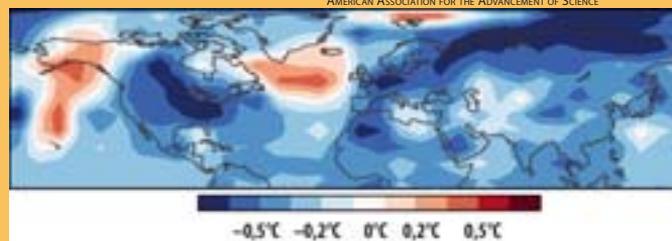
Abb. 5: Seit 1749 werden die monatlichen Mittelwerte der Sonnenaktivität aufgezeichnet. Beobachtungen davor wurden entsprechend umgerechnet. Neben dem elfjährigen Sonnenfleckenzyklus fällt der nahezu fleckenlose Zeitraum zwischen 1645 und 1715 auf, der heute als Maunder-Minimum bezeichnet wird.



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

R.A. RHOZE: Global Warming Art Project

Abb. 6: Abweichungen der Temperatur zwischen 1680, in der Mitte des Maunder-Minimums, und 1780, als sich die Sonnenaktivität wieder normalisiert hatte. Dunkelblaue Bereiche über Nordamerika und Eurasien zeigen an, wo sich die Erdoberfläche am stärksten abgekühlt hatte. Nur wenige Regionen waren wohl wärmer, Alaska und der nordöstliche Pazifik und das Seegebiet südlich von Grönland und um Island im Atlantik.



Gewöhnlich befindet sich bei Island ein Tiefdruckgebiet, das Islandtief, und bei den Azoren ein Hochdruckgebiet, das Azorenhoch. Der Luftdruckunterschied zwischen den beiden Systemen ist ein Maß für die Stärke dieser Anordnung. Ein hoher Wert, wie er gewöhnlich vorherrscht, führt üblicherweise zu einer starken Westdrift, die milde Luft nach Europa führt. Bei einem kleinen oder negativen Wert ist das Azorenhoch nur schwach ausgeprägt. Bei einem stark negativen Index tauschen Hoch und Tief ihre Plätze, das Hoch liegt dann über Island und über den Azoren herrscht niedriger Luftdruck. Dann verlagert sich die Westdrift weiter nach Süden und im Winter können kalte Luftmassen weit nach Süden vordringen. Das führt zu kalten Wintern. Das Klimamodell zeigt nun, dass diese Wetterlage während des Maunder-Minimums deutlich öfter auftrat und in einigen Teilen der Erde zu extremen Wintern führte (Abb. 6).

Vermutlich lieferte die Sonne während der »Kleinen Eiszeit« etwa ein viertel Prozent weniger Energie als üblich. Global gesehen sank die mittlere Temperatur auf der Erde um einige Zehntel Grad. Die fünf- bis zehnmals stärkere Abkühlung in einigen Teilen Europas und Nordamerikas wurden durch die Änderung der Höhenwinde in den Jetstreams und den damit ver-

änderten großräumigen Luftbewegungen hervorgerufen. Eine solche Wetterlage gab es Anfang 2010 ebenfalls und Kaltluft aus Nordosten führte zu einer längeren Frostperiode in Mitteleuropa.

Nachweis des Fehlens oder fehlen des Nachweises

Lange Zeit haben Kritiker gegen den Zusammenhang zwischen fehlender Sonnenaktivität und der »kleinen Eiszeit« angeführt, dass die Sonnenbeobachtungen sehr lückenhaft gewesen seien. Doch zeigte J. A. Eddy [5] im Jahr 1976, dass es in dieser Periode durchaus regelmäßige Beobachtungen gab. Zu den wichtigsten gehören die Aufzeichnungen aus den Jahren 1652 bis 1685 von Johannes Hevelius (1611–1687). In Paris beobachtete Jean-Felix Picard (1620–1682) unser Tagesgestirn systematisch an jedem klaren Tag von 1652 bis zu seinem Tod. Diese Arbeit setzte der französische Astronom Philippe de la Hire (1640–1718) bis zu seinem eigenen Ableben fort. In England verfolgte der Astronom John Flamsteed (1646–1719) zwischen 1676 bis 1699 die Aktivität der Sonne. Aus diesen und anderen Quellen fand schon früher der deutsche Astronom Friederich Wilhelm Gustav Spörer (1822–1895), dass zwischen 1672 und 1699 weni-

Surftipps

Aktuelle Sonnenaktivität: sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime-images.html

Helioseismologie: www.mps.mpg.de/homes/roth/helioseismologie1.html

Aktuelles Minimum: sidc.oma.be/news/118/minimum_eng.pdf

Global Oscillation Network Group: gong.nso.edu

ger als 50 Sonnenflecken zu sehen waren, während in normalen Zyklen in 30 Jahren 40000 bis 50000 Flecken beobachtet werden können.

Weitere Unterstützung für das Ausbleiben des Sonnenfleckenzyklus während des Maunder-Minimums findet sich durch die erhöhte ^{14}C -Produktion in dieser Zeit. Dieses radioaktive Isotop des Kohlenstoffs entsteht in der Hochatmosphäre durch die Wechselwirkung der kosmischen Höhenstrahlung mit den dort vorhanden Stickstoffatomen. Normaler Kohlenstoff (^{12}C) enthält in seinem Kern 6 Protonen und 6 Neutronen. Dagegen befinden sich in ^{14}C zwei Neutronen mehr. Während geringer Sonnenaktivität ist auch der Sonnenwind schwächer und kann das Sonnensystem schlechter gegen die energiereiche Strahlung aus dem All abschirmen, so dass mehr ^{14}C produziert wird. Diese radioaktive Variante des Kohlenstoff wird von Pflanzen aufgenommen und in das Gewebe eingebaut. In lebenden Pflanzen findet

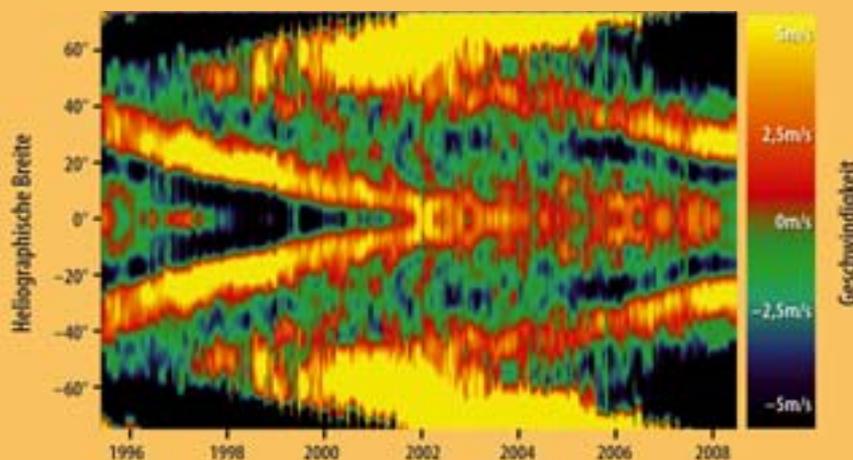


Abb. 7: Helioseismische Karte des Sonneninneren.

Die gebogenen rot-gelben Streifen zeigen die Lage der Strömungen innerhalb der Sonne in einer Tiefe von 7000km an. Die gelben Streifen auf der linken Seite zeigen die Strömung des alten Sonnenfleckenzyklus (Nr. 23), während rechts die Strömung des neuen Zyklus (Nr. 24) zu erkennen ist, die sich langsamer dem Äquator nähert. Wenn sie bei einer heliographischen Breite von 22° ankommen, tauchen die ersten Flecken eines neuen Zyklus auf.

ein ständiger Austausch von Kohlenstoff mit der Atmosphäre statt, wodurch sich in lebenden Organismen dasselbe Verteilungsverhältnis der Kohlenstoffisotope wie in der Atmosphäre einstellt. Nach dem Absterben der Organismen zerfällt ^{14}C mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren zu Stickstoff. So kann man aus gefällten Bäumen anhand deren Jahresringe auf die Häufigkeit von ^{14}C zu deren Lebenszeit und somit auf die damalige Sonnenaktivität schließen.

Droht eine neue »Kleine Eiszeit«?

Warum die Sonne in einen 70-jährigen Winterschlaf fiel, ist nicht klar. Im 17. Jahrhundert war die Beobachtungstechnik weit davon entfernt, die Daten zu ermitteln, um eine Erklärung für diese Phänomene zu liefern. Untersuchungen des ^{14}C -Gehalts zeigen, dass es immer wieder zu längeren inaktiven Phasen auf der Sonne kommt. Seit dem Frühjahr 2007 befindet sich die Sonne in einem langen Sonnenfleckenminimum. Im Jahr 2008 erschien auf ihrer Oberfläche an 266 Tagen kein einziger Sonnenfleck. 2009 zeigt sich nur ein zaghafter Aufwärtstrend, die Zahl der fleckenlosen Tage ging geringfügig auf 260 zurück. Insbesondere traten im Dezember mehrfach größere Fleckengruppen auf.

Dies passt zu Beobachtungen amerikanischer Wissenschaftler, dass sich während des gegenwärtigen Fleckenminimums Plasmaströmungen im Innern der Sonne langsamer vom Pol zum Äquator hin bewegten als üblich [6]. Rachel Howe und Frank Hill vom National Solar Observatory (NSO) in Tucson, Arizona, und ihre Kollegen schlossen dies aus der Analyse von Druckwellen, die die Sonne ständig durchlaufen. Ähnlich wie die Analyse irdischer Erdbebenwellen, erlaubt die Helioseismologie einen Blick in das Sonneninnere zu werfen. Im Rhythmus der Fleckenzyklen bilden sich nahe der Sonnenpole in Tiefen von mehreren tausend Kilometern Strömungen, die in etwa zwei Jahren um 10° in Richtung Äquator wandern. Wenn die Strömungen bei einer heliographischen Breite von 22° angekommen sind, erscheinen die ersten Sonnenflecken eines neuen Zyklus. Doch während des laufenden Minimums benötigten sie drei Jahre, um 10° in Richtung des Äquators zu wandern. Inzwischen haben sie den kritischen Bereich erreicht und Flecken des neuen Zyklus erscheinen (Abb. 7).

Auch wenn die Sonnenaktivität nun wieder ansteigt, bleibt es weiterhin eine spannende Frage, wie sich der neue Zyklus entwickeln wird und welche neuen Erkenntnisse sich aus dem sehr langen Sonnenfleckenminimum ergeben – ein neues Maunder-Minimum ist wohl nicht zu befürchten.

- [1] Banisch, J.: Die Sonne, Oculum-Verlag, Erlangen (2009)
- [2] Babcock, H.W.: The topology of the sun's magnetic field and the 22-year cycle, *Astrophys. J.* 133, 572 (1961)
- [3] Steenbeck, M. Krause, F.: Erklärung stellarer und planetarer Magnetfelder durch einen turbulenzbedingten Dynamomechanismus, *Z. Naturforschung* 21, 1285 (1966)
- [4] Shindell, D. T. et al.: Solar Forcing of Regional Climate Change During the Maunder Minimum, *Science* 294, 2149 (2001)
- [5] Eddy, J. A.: The Maunder Minimum, *Science* 192, 1189 (1976)
- [6] Phillips, T.: Mystery of the Missing Sunspots, Solved, NASA Feature 17.6.2009, science.nasa.gov/headlines/y2009/17jun_jetstream.htm

Welche Aktivitätszyklen hat die Sonne?

Als Aktivitätszyklen der Sonne bezeichnet man periodische Veränderungen in ihrem Verhalten. Am bekanntesten sind der elfjährige Zyklus der Sonnenflecken, der auch **Schwabe-Zyklus** genannt wird, und der 22-jährige Zyklus des solaren Magnetfeldes, der sog. **Hale-Zyklus**. Beide sind die einzigen Zyklen, die sich direkt in Beobachtungen nachweisen lassen. Der Nachweis anderer Zyklen geschieht indirekt, z.B. über den Nachweis periodischer Schwankungen der Häufigkeit des Kohlenstoff-Isotops ^{14}C in Baumringen oder Eisbohrkernen. ^{14}C wird in der oberen Atmosphäre produziert, wenn der Stickstoff der Atmosphäre mit kosmischer Strahlung bombardiert wird. Bei Zunahme der Sonnenaktivität nimmt auch der Sonnenwind zu, kosmische Strahlung wird abgeschirmt und weniger ^{14}C erzeugt. Während eines Sonnenfleckenmaximums ist die Häufigkeit von ^{14}C in der Atmosphäre also geringer als während eines Minimums.

Ein Einfluss der Sonneneinstrahlung auf das Erdklima wurde seit langem diskutiert und von vielen Wissenschaftlern abgelehnt, da die Schwankungen der gesamten Sonneneinstrahlung mit 0,1% über einen Schwabe-Zyklus gering sind – im UV-Bereich können die Schwankungen jedoch wesentlich größer sein. Dies ist wichtig, da die UV-Strahlung die Ozonproduktion beeinflusst, welche wiederum auf die Dynamik und den Energiehaushalt der oberen und mittleren Atmosphäre bis hin zu den konvektiven Strömungen der Hadley-Zellen einwirkt. Die globale Temperatur in der Troposphäre kann sich dadurch um $0,5^\circ$ bis 1° ändern [1].

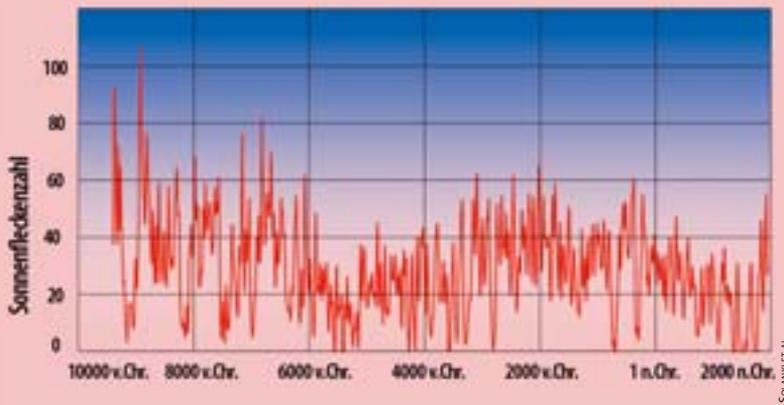
Während des Schwabe-Zyklus steigt die Anzahl der Sonnenflecken von einem Minimum zum Maximum an und fällt wieder ab. Gleichzeitig polt sich das solare Magnetfeld in diesem Zeitraum einmal um, so dass der Schwabe-Zyklus eigentlich nur ein Teil des Hale-Zyklus ist, den das Magnetfeld durchläuft, bis es wieder seine ursprüngliche Orientierung aufweist. Die Länge des Schwabe-Zyklus kann zwischen 9 und 14 Jahren variieren und beträgt im Mittel 10,7 Jahre.

Von den Zyklen, die länger als 22 Jahre andauern, ist der sog. **Glaisberg-Zyklus** der einzige, der mit dem 11-jährigen Sonnenflecken-Zyklus korreliert ist. In zahlreichen solar-terrestrischen und terrestrischen Klimaphänomenen findet man zusätzlich zum elfjährigen Schwabe-Zyklus eine etwa 90-jährige Periode; der Schwabe-Zyklus variiert sowohl in der Höhe als auch der Länge der Periode über diesen Zeitraum. In einer Studie, die sich auf atmosphärische ^{14}C -Häufigkeiten stützt und 11854 Jahre zurückreicht, wurde eine Periode von 87,8 Jahren in der ^{14}C -Häufigkeit mit einer Amplitude von ca. einem Promille gefunden. Außerdem ergibt die Analyse der Daten, dass eine weitere Periode mit einer Länge von etwa 2000 Jahren überlagert ist [2]. Dies könnte die Signatur des bereits früher postulierten **Hallstattzeit-Zyklus** sein, der ebenfalls solaren Ursprungs sein soll [1, 3]. Kürzlich wurde ein noch längerer Zyklus mit einer Dauer von 6000 Jahren gefunden [4].

Auch der **Suess-** oder **de Vries-Zyklus** mit einer Periode von ungefähr 205 Jahren zeichnet sich – wenn auch nicht so eindeutig wie der Schwabe-Zyklus – in ^{14}C -Daten aus Baumringen ab. Allerdings könnte er sowohl durch Variabilität in der Sonneneinstrahlung als auch im Klima verursacht sein. Der Nachweis in

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

von Peter und Susanne Friedrich



Mit Hilfe mathematischer Modelle rekonstruierte Sonnenfleckenanzahlen der letzten 11400 Jahre seit 1950 (jeweils über 10 Jahre gemittelt). Nach 1610 wird die über 100 Jahre gemittelte Anzahl der Sonnenflecken-
gruppen verwendet.

^{10}Be -Daten aus einem Eisbohrkern, der die letzte Eiszeit vor 25000 bis 50000 Jahren abdeckt, und die Modulation durch das Erdmagnetfeld legen jedoch nahe, dass der Suess-Zyklus solaren Ursprungs ist [5].

In Sedimenten im Nordatlantik-Gebiet und Eisbohrkernen von Grönland aus der Weichsel-Kaltzeit findet man Hinweise auf eine periodische Erwärmung um mehrere Grad innerhalb weniger Jahrzehnte, der eine kühle Periode über einen Zeitraum von einigen 100 Jahren folgt (sog. Dansgaard-Oeschger Ereignis). Etwa alle 1470 Jahre oder Vielfachen davon tritt dieses Phänomen auf. Es existieren verschiedene Hypothesen zur Ursache: Oszillationen im Klimasystem oder äußere Kräfte, wie z.B. Sonneneinstrahlung, obwohl für die Sonne kein entsprechender Aktivitätszyklus gefunden werden konnte. Nach Untersuchungen von Braun und Kollegen [6] könnten die Dansgaard-Oeschger Ereignisse über den Gleissberg- und den Suess-Zyklus doch mit der Sonneneinstrahlung zusammenhängen. Ihre gekoppelten Atmosphären-Ozean-Klimamodelle ergeben nämlich eine Periodizität von 1470 Jahren, wenn man in Abständen von 87 und 210 Jahren, was den Perioden des Gleissberg- und Suess-Zyklus entspricht, über die thermohaline Zirkulation (umgangssprachlich »globales Förderband« genannt) Frischwasserströmungen in den Nordatlantik forciert. Eine Theorie für den Zusammenhang von Sonneneinstrahlung und Ozeanströmung wird nicht entwickelt, jedoch könnten Variationen in der Sonneneinstrahlung Anomalien im Salzgehalt der Meeresströmungen auslösen.

Für die Sonnenforschung sind solche phänomenologischen Untersuchungen insofern wichtig, als jedes Modell zur Entstehung des solaren Magnetfeldes die verschiedenen Aktivitätszyklen befriedigend erklären muss.

- [1] U.S. Geological Services: The sun and climate, greenwood.cr.usgs.gov/pub/fact-sheets/fs-0095-00
- [2] Peristykh, A. N., Damon, P. E.: Persistence of the Gleissberg 88-year solar cycle over the last ~12,000 years: Evidence from cosmogenic isotopes, *Journal of Geophysical Research (Space Physics)* 108, 1003 (2003)
- [3] Vasiliev, S. S., Dergachev, V. A.: The ~2400-year cycle in atmospheric radiocarbon concentration: bispectrum of ^{14}C data over the last 8000 years, *Annales geophysicae* 20, 115 (2002)
- [4] Xapsos, M. A., Burke, E. A.: Evidence of 6000-year periodicity in reconstructed sunspot numbers, *Solar Physics* 257, 363 (2009)
- [5] Wagner et al.: Presence of the solar de Vries cycle (~205 years) during the last ice age, *Geophysical Research Letter* 28, 303 (2001)
- [6] Braun, H. et al.: Possible solar origin of the 1,470-year glacial climate cycle demonstrated in a coupled model, *Nature* 438, 308 (2005)
- [7] Solanki, S.K. et al.: Unusual activity of the sun during recent decades compared to the previous 11000 years, *Nature* 431, 1084 (2004)

Himmelsereignisse im April/Mai 2010

Osterbesuch der inneren Planeten

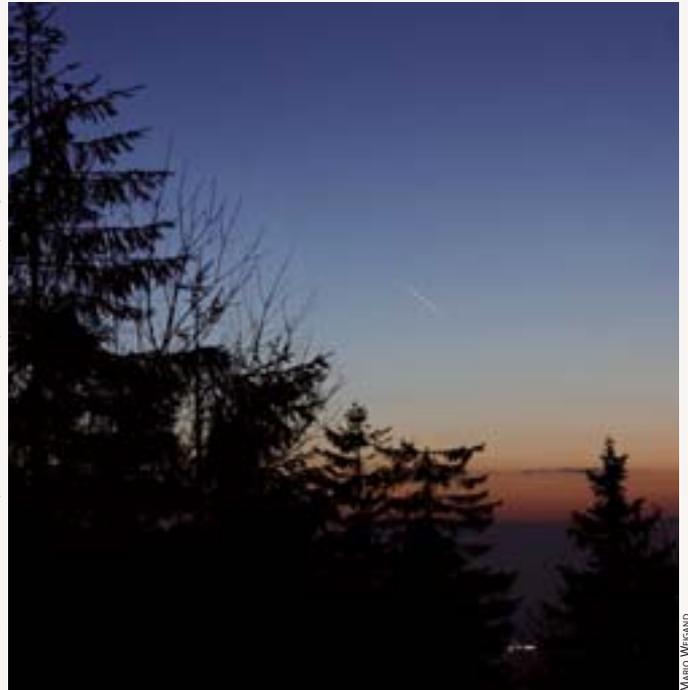
Merkur und Venus am Abendhimmel

Am Abendhimmel der Osterfeiertage leuchten tief im Westen zwei helle Gestirne: Merkur ist mit $-0^m,5$ schwächer als die etwas weiter links stehende Venus mit $-3^m,9$. Am 6.4., dem Dienstag nach Ostern, überholt Venus den Merkur und lässt ihn in der Folgezeit hinter sich.

Merkur ist zwischen dem 25.3. und 15.4. in seiner besten Abendsichtbarkeit für 2010 zu sehen. Am 9.4. erreicht er mit $19^\circ 21'$ seinen größten Winkelabstand von der Sonne, die größte östliche Elongation. Während dieser Zeit nimmt der Durchmesser des Planetenscheibchens zu, während die Helligkeit aufgrund der abnehmenden Phase sinkt. Die Dichotomie des Merkurscheibchens tritt bereits am 6.4. ein.

Venus steht erst am Beginn ihrer Sichtbarkeit. Sie wandert nach der Passage an Merkur weiter die Ekliptik entlang und begegnet am 25.4. den Plejaden. Ende Mai wird die abendliche Sichtbarkeitszeit dann den für 2010 maximalen Wert angenommen haben. Das Venusscheibchen ist nahezu voll beleuchtet und mit etwa $11''$ Durchmesser nicht viel größer als Merkur mit $6''$ bis $9''$.

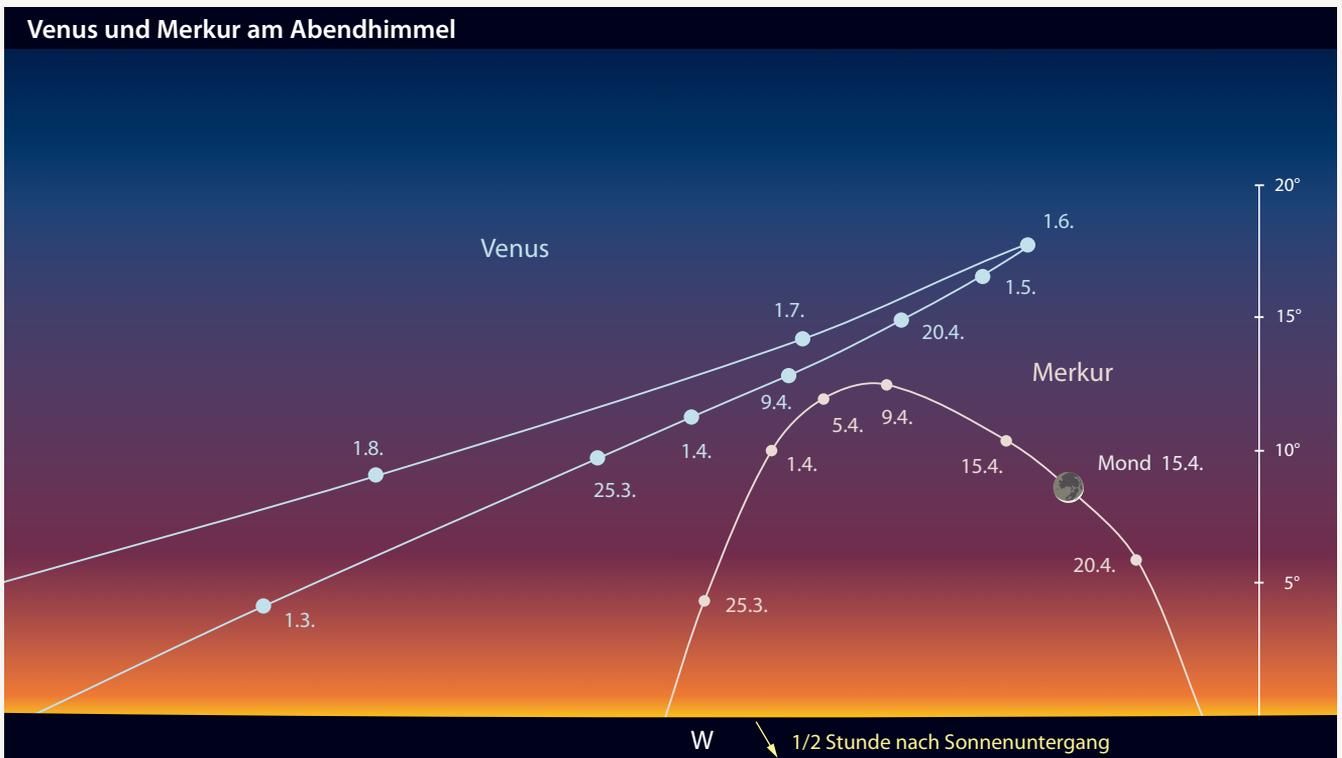
Am 15.4. gesellt sich die sehr schmale Mondsichel zu den beiden Planeten, sie steht abends ca. $2,5^\circ$ westlich von Merkur. Am nächsten Abend ist der Mond bereits etwas oberhalb der Venus zu finden.



MARIO WEGAND

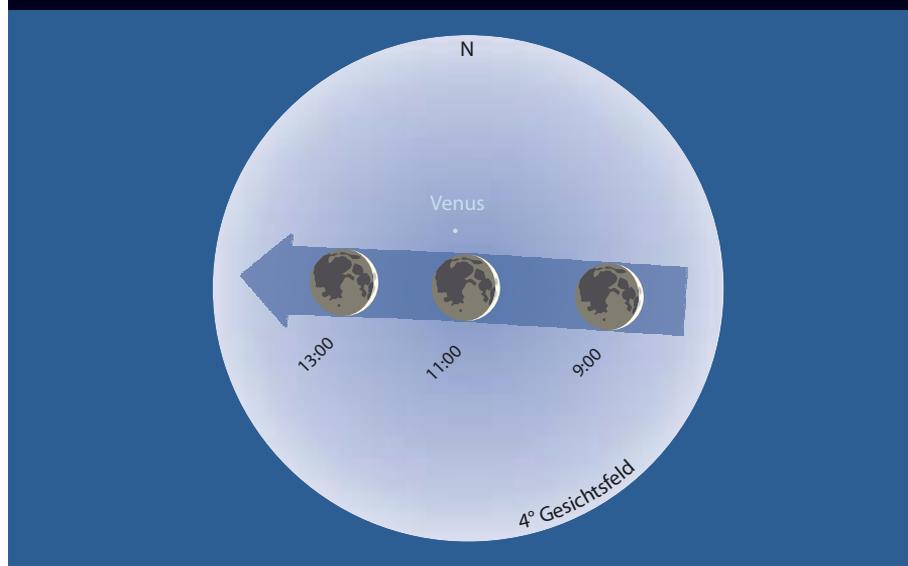
Merkur bewegt sich von Abend zu Abend deutlich am Himmel.

■ Ronald Stoyan



Der Mond begegnet Venus am 16. Mai

Mond und Venus am 16.5.2010



Der Taghimmel des 16.5. ist Schauplatz einer besonders engen Begegnung des Mondes mit dem hellsten Planeten. Die schmale Mondsichel verpasst gegen 11:30 MESZ die Venus nur um etwa 11' und geht knapp südlich am Planeten vorbei. Weiter südlich in Nordafrika wird die Venus vom Mond bedeckt.

Mit dem bloßen Auge wird das Ereignis nicht zu sehen sein, im Fernglas oder Teleskop

ergibt sich jedoch eine spannende Szenerie, ein besonderer astronomischer Sonntags-Frühscoppen. Die Sonne steht während des Schauspiels etwa 30° entfernt.

Bereits am Abend hat sich der Mond um mehr als 4° von der Venus entfernt. Der Planet misst an diesem Tag 12" im Durchmesser und ist zu 86% beleuchtet.

■ Ronald Stoyan

Astronomische Ereignisse im April/Mai 2010

4.4.	09:30:00 MESZ	Venus bei Merkur, Venus 3° südlich
6.4.	11:36:54 MESZ	Mond Letztes Viertel
9.4.	01:29:50 MESZ	Merkur in größter östlicher Elongation 19,4°
14.4.	14:28:59 MESZ	Neumond
17.4.	10:06:00 MESZ	Mars bei M 44, Mars 51' nördlich
19.4.	17:02:00 MESZ	Mond streift M 35, Mond südlich
21.4.	20:19:50 MESZ	Mond Erstes Viertel
22.4.	19:00:00 MESZ	Lyriden (LYR), Dauer: 16.4.–25.4., ZHR: 18
28.4.	14:18:32 MESZ	Vollmond
28.4.	18:43:42 MESZ	Merkur in Unterer Konjunktion
4.5.	06:21:52 MESZ	Pallas in Opposition
6.5.	06:14:59 MESZ	Mond Letztes Viertel
14.5.	03:04:28 MESZ	Neumond
16.5.	11:30:00 MESZ	Mond bei Venus, Mond 11' südlich
21.5.	01:42:44 MESZ	Mond Erstes Viertel
28.5.	01:07:23 MESZ	Vollmond

Zeiten bezogen auf die Mitte des deutschen Sprachraums (Nürnberg)

Lyriden-Meteore am 22. April

Nach einer längeren Phase mit wenig Meteoren in den ersten Monaten des Jahres bieten die Lyriden wieder eine merkbare Aktivität. Der Strom ist vom 16. bis 25. April präsent, das Maximum wird 2010 am 22. April um 19 Uhr MESZ erwartet, wobei dieser Zeitpunkt eher theoretisch ist – das beobachtete wahre Maximum variiert von Jahr zu Jahr, wie die Beobachtungsergebnisse der letzten Jahre

zeigt haben, und kann in diesem Jahr zwischen 11:00 und 22:30 MESZ eintreten. Dabei wird unter guten Beobachtungsbedingungen eine stündliche Meteorrate von 18 erwartet – allerdings liegen durchaus auch Raten bis zu 90 Meteoren pro Stunde im Bereich des Möglichen (wie 1982 in den USA beobachtet). Der Mond stört allerdings etwas bei den Beobachtungen – der zunehmende

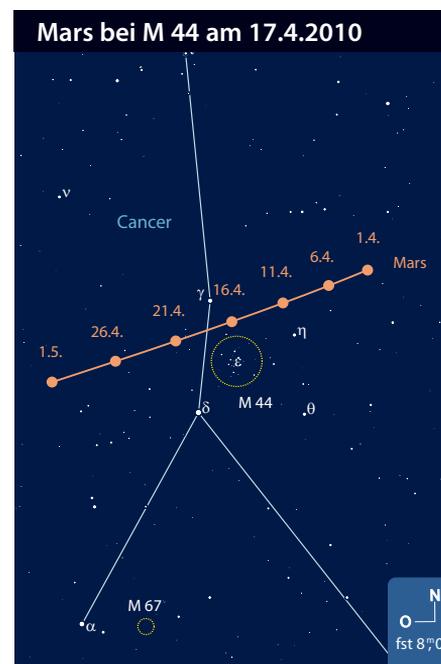
Halbmond steht am Abend des 22. April hoch am Himmel und geht erst am 23. mit Beginn der astronomischen Dämmerung unter.

■ André Knöfel

Mars passiert M 44 am 17. April

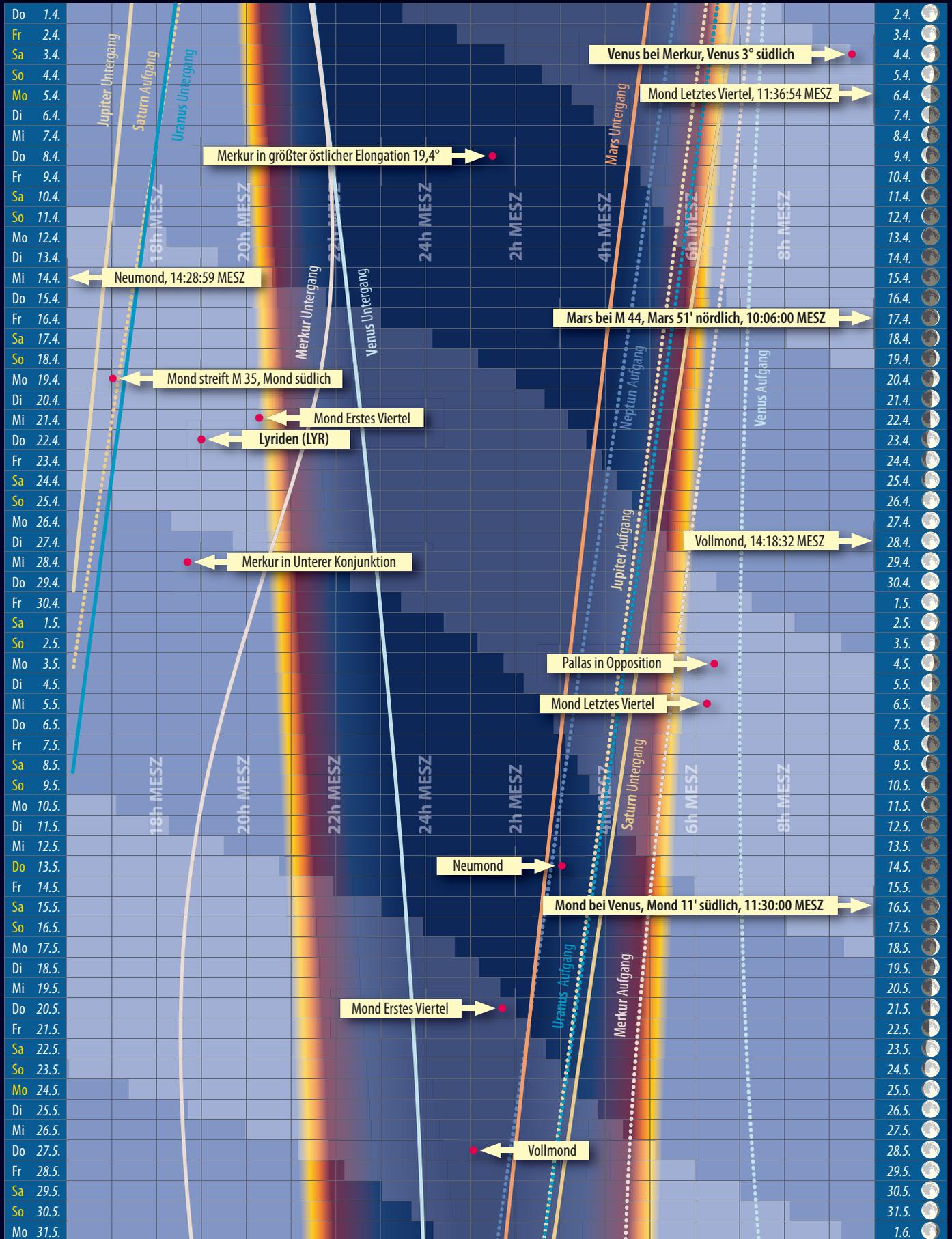
Der Rote Planet macht sich Mitte April ein zweites Mal in der aktuellen Sichtbarkeitsperiode daran, den Offenen Sternhaufen der Praesepe M 44 zu besuchen. Ende November 2009 war Mars direkt durch den Sternhaufen hindurch gelaufen, diesmal besteht ein Abstand von etwa 1° zum Zentrum von M 44. Mars ist bereits wieder rechtläufig auf der Ekliptik unterwegs und hat seine Oppositionsschleife schon abgeschlossen. Die Helligkeit des Roten Planeten geht von 0^m,2 Anfang April auf 1^m,1 bis Ende Mai zurück. Mit einem Durchmesser von 9" bis 6" sind auf dem Planeten bei gutem Seeing mit hohen Vergrößerungen im Teleskop durchaus noch Einzelheiten erkennbar (vgl. Planeten aktuell). Am auffälligsten erscheint die Phase, nur etwa 90% des Planetenscheibchens sind beleuchtet.

■ Ronald Stoyan

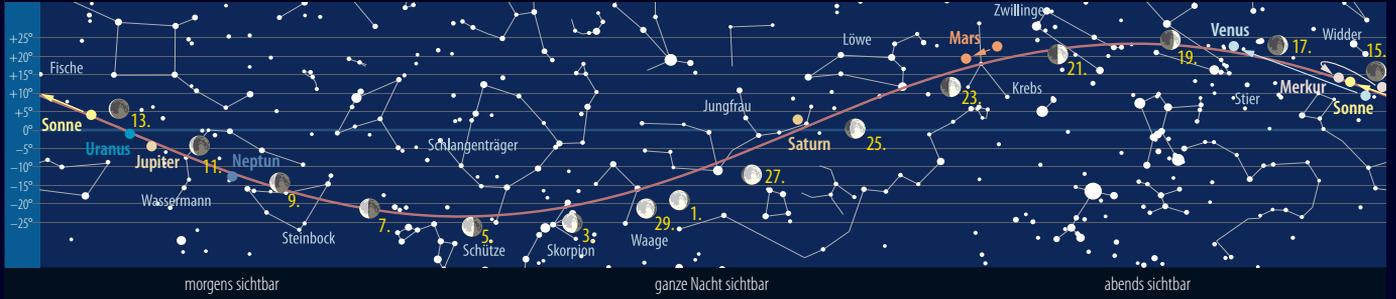


Das Sonnensystem im April/Mai 2010

Dämmerungsdiagramm im April/Mai 2010



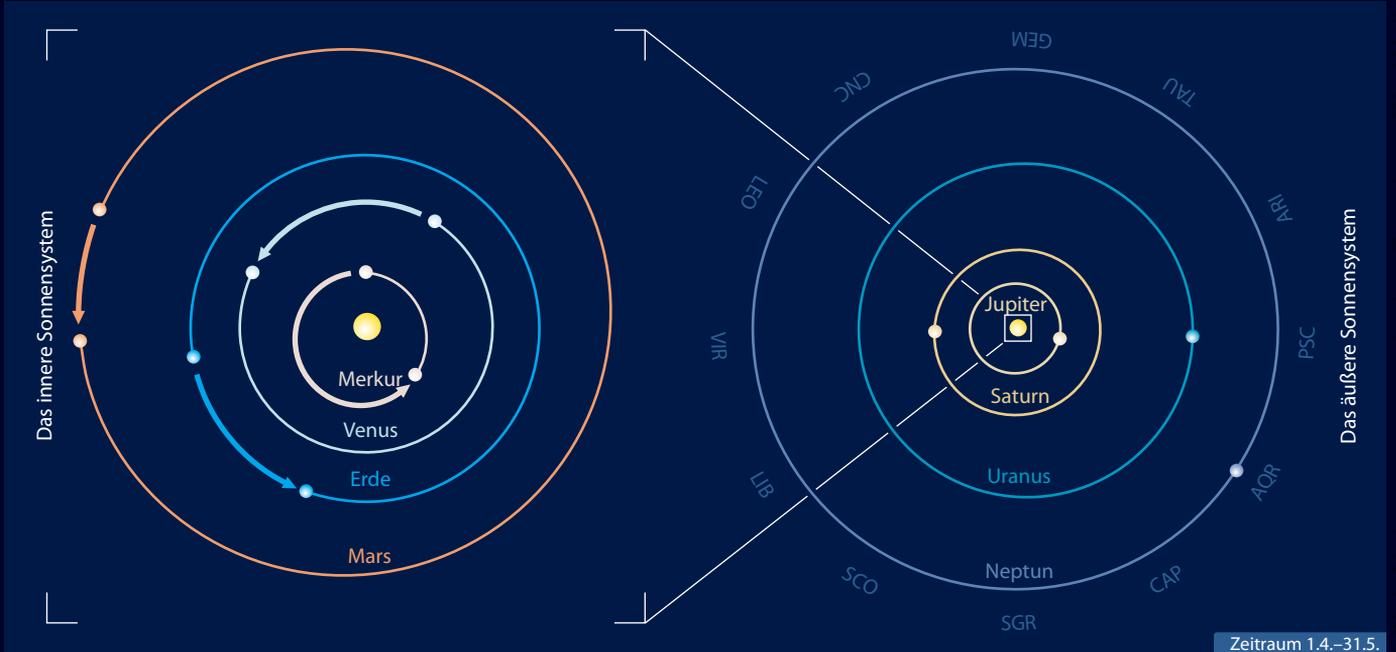
Der Lauf der Planeten im April 2010



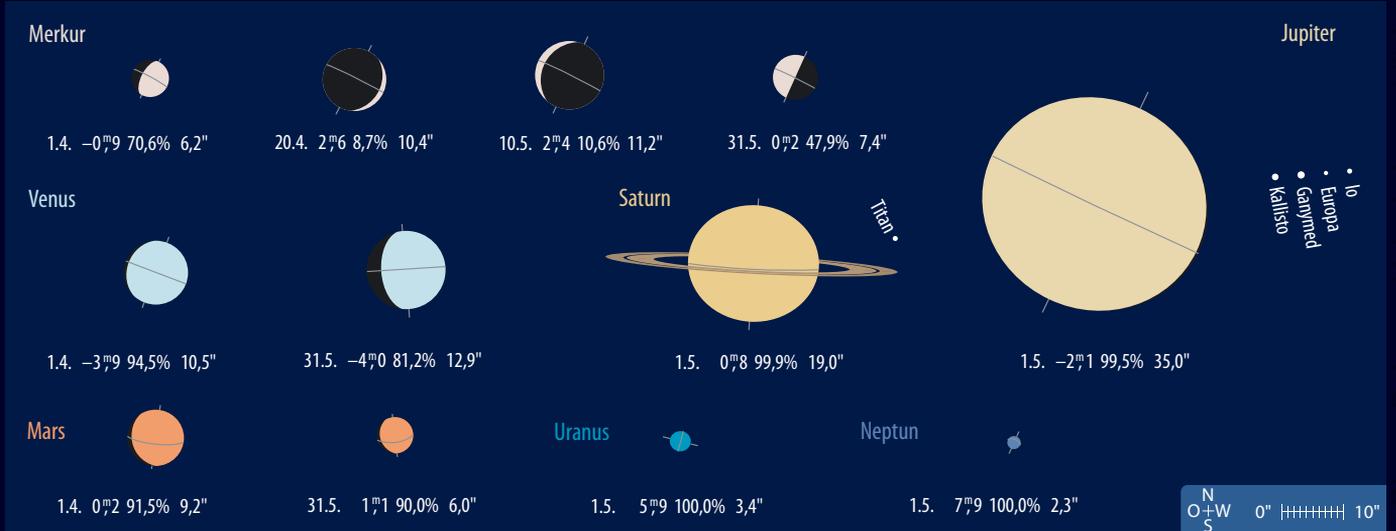
Der Lauf der Planeten im Mai 2010



Die Planeten auf ihren Bahnen im April/Mai 2010



Die Planeten im Fernrohr im April/Mai 2010



Sonne aktuell Neuer Zyklus gewinnt an Fahrt

Der Blick durch ein Fernrohr (mit Objektivfilter oder Herschelkeil) offenbart, was in der letzten Ausgabe schon angekündigt wurde: Die Sonnenaktivität steigt wieder an und hat insbesondere in den Monaten November und Dezember einige recht ansehnliche Aktivitätszentren hervorgebracht. Zur Überraschung aller erreichte eine Fleckengruppe kurz vor Weihnachten die zu diesem frühen Zeitpunkt im 24. Zyklus ungewöhnliche Waldmeierklasse F. Ob es sich dabei lediglich um einen Ausreißer oder um einen ersten Schritt in Richtung auf eine stürmische Entwicklung bis zum nächsten Maximum handelt, ist derzeit noch nicht abschätzbar. Es gab aber auch in früheren Zyklen schon frühzeitig hoch entwickelte E- und F-Gruppen, ohne dass diese die Anstiegsphase signifikant beeinflussten.

Viel wichtiger ist jetzt, dass die inaktiven Phasen der Sonne ab- und die Zahl der Aktivitätsgebiete insgesamt zunehmen, wengleich auch auf vorerst noch niedrigem Niveau. So fand das Sonnenobservatorium Kanzelhöhe im Dezember zeitweise bis zu vier Gruppen gleichzeitig, die allerdings alle den niedrigeren Waldmeierklassen A bis D angehörten. Die Parameter für die Bestimmung der Sonnenaktivität wie die Wolf'sche Fleckenrelativzahl gewichten die Gruppen unabhängig von der Zugehörigkeit zur Waldmeierklasse, wodurch eine scheinbare Schiefelage entsteht. Vier kleine Gruppen ergeben nach dieser Formel einen höheren Wert als eine einzelne, dafür aber höher entwickelte Gruppe mit mehr Einzel-

Abb. 1: Gesamtsonne in Ha, 15.12.2009, 12:39 MEZ, 4"-Refraktor bei 1400mm Brennweite, Coronado Solarmax 60 + 2020 Telezentrik, 0,2s. *Erich Kopowski*

flecken. Dieses wird erst durch die gleitenden Monatsmittel nivelliert, so dass sich erst später ein realistischeres Bild ergibt als an einzelnen Tagen mit hoher Aktivität.

Und noch ein Detail verdient Aufmerksamkeit: Alle neuen Fleckengruppen im Dezember und Anfang Januar gehören zum 24. Fleckenzklus, der somit langsam an Aktivität gewinnt. Während der zurückliegenden Carrington-Rotationen konzentrierten sich die wenigen sichtbaren Aktivitätsgebiete auf Zonen zwischen 200° und 300° Länge und etwa 10° Breite auf der Nord- und zwischen 180° und 250° Länge und 0° bis 50° Breite auf der Südhalbkugel der Sonne. Die Aktivitätsverteilung im beginnenden Zyklus ist zudem vollkommen asymmetrisch, was aber durchaus nicht untypisch ist. Mehr als 80% der in diesem Zeitraum aktiven Regionen verteilen sich auf weniger als ein Drittel des Sonnenumfangs. Dadurch bieten sie Einsichten in das derzeitige Modell des Sonnendynamos und die dahinter stehende Physik der magnetischen Flussströmungen im Innern der Sonne zu Beginn eines Zyklus. Möglicherweise ist dieser Vorgang auch nicht nur als eine bloße Zeitreihe zu verstehen, sondern steht mit räumlichen Veränderungen im Innern der Sonne in Zusammenhang.

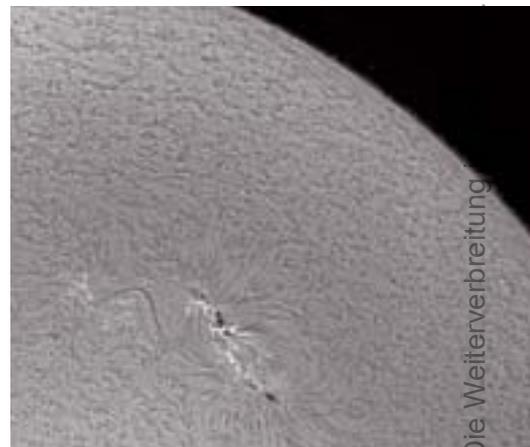


Abb. 2: CCD-Aufnahme, 17.12.2009, 14:15:40 MEZ, 2,4"-Refraktor bei 800mm, TIS DMK 31AF03, Ha-Filter. *Ralf Gerstheimer*

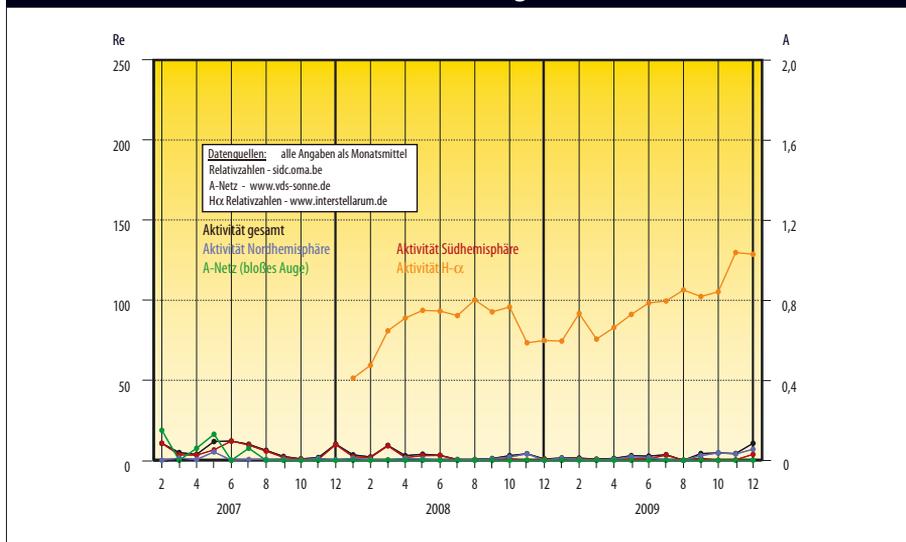
Dem Anschein nach ist die Sonnenaktivität seit Dezember 2008, dem bisher angenommenen Minimumsmonat, trotz der massiven Aktivitätseinbrüche in 2009 (hier gab es immerhin 260 Tage ohne Sonnenflecken gegenüber 266 im Jahr 2008) kontinuierlich angestiegen. Die Bestimmung des Minimumszeitpunktes ist aber noch nicht abgeschlossen, denn bei der A13-Mittelung, wie sie beispielsweise das Sunspot Influences Data Center in Brüssel verwendet, liegt der Betrachtungsmonat für die Auswertung der Daten in der Mitte des Zeitraumes. Es wird also noch ein wenig Zeit vergehen müssen, bis auch die schwachen Monate Juli und August in die Auswertung aufgenommen werden können und man ausreichend Sicherheit in den Daten erlangt, um wirklich definitive Aussagen machen zu können. Das gilt auch für die Prognosen für das kommende Maximum, das gegenwärtig für Mai 2013 erwartet wird.

■ Manfred Holl

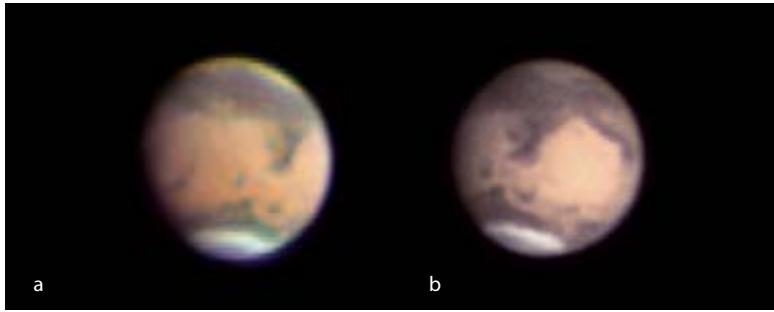
Surftipps

Aktuelles zur Sonne beim S.I.D.C.:
sidc.oma.be/news/
 Umfangreiche Einführung in die Sonnenbeobachtung:
www.sonneonline.org/einf/

Relativzahlen und Flecken mit bloßem Auge



Planeten aktuell Mars glänzt



▲ **Abb. 1: Mars zum Jahreswechsel 2009/2010.** Deutlich sind Strukturen in der Polkappe zu sehen. 10"-Cassegrain bei 7100mm, Basler scout scA640, R-RGB Komposit. *Torsten Edelmann*

a) CCD-Aufnahme, 3.12.2009, 5:30 MEZ
b) CCD-Aufnahme, 1.1.2010, 1:20 MEZ

Mars hat, wenn dieser Bericht erscheint, schon wieder einen kleineren Scheibchendurchmesser als 10", und damit ist die interessante Phase seiner Sichtbarkeit 2009/2010 bereits vorbei. Zum Zeitpunkt des Abfassens dieses Textes Ende Januar war jedoch gerade der Höhepunkt der Oppositionsperiode erreicht – Zeit für einen ersten Zwischenbericht.

Erste Aufnahmen von Ralf Gerstheimer zeigen Einzelheiten der Oberfläche bereits im Mai 2009 bei scheinbaren Durchmessern von kleiner als 5". In den folgenden Monaten lässt sich die meteorologische Entwicklung gut verfolgen:

- **Juni:** Die Südpolkappe ist noch deutlich, schmilzt aber beständig im Sommer auf der Südhemisphäre.
- **Juli:** Letzte Zeichen der Südpolkappe sind zu erkennen.
- **August:** Mehrere regionale Staubstürme bedecken Teile des Planeten, insbesondere Chryse und Tharsis.
- **September:** Noch liegt ein Wolkenschleier über der Nordpolkappe.
- **November:** Die Nordpolkappe macht sich frei von Wolken, die aber mit starken täglichen Änderungen noch vorhanden sind.
- **Dezember:** Die Nordpolkappe erscheint in voller Pracht und Größe. Ein dunkler, vorher nicht beobachteter Vorläufer der Rima Tenuis, der dunklen Teilung der Polkappe, erscheint. Diese Teilung wird eigentlich erst bei kleineren

Abb. 2: Mars zur Opposition. ► Spiralförmige Strukturen in der Nordpolkappe wurden bereits 1995 in der letzten vergleichbaren Oppositionsperiode beobachtet.

a) CCD-Aufnahme, 25.1.2010, 22:40 MEZ, 9,25"-SCT bei 6110mm, DMK 21AU04.AS. *Patrick Wiechmann*
b) CCD-Aufnahme, 30.1.2010, 23:06 MEZ, 20"-Newton bei 9800mm, DMK 21AU04.AS, IR-RGB-Filter. *Thomas Winterer*

Durchmessern der Polkappe sichtbar und war für März erwartet worden.

- **Januar 2010:** Die Teilung der Nordpolkappe entwickelt sich zu einer spiralförmigen Struktur, die als Rima Borealis bekannt ist. Orographische Wolken erscheinen über den großen Vulkanbergen auf dem Tharsis-Plateau. Das Hellas-Bassin ist deutlich hell zu sehen, weil die Wolkenschleier der Südpolhaube es bedecken.

Im Februar und März wird die Rima Borealis zu einer Abtrennung der drei Eisinseln Cecropia, Lemuria und Ierne führen. Im zentralen Rest der Polkappe ist ein Wiedererscheinen der Rima Tenuis zu erwarten. Darüber berichten wir in der nächsten Ausgabe – senden Sie uns Ihre Marsfotos (vgl. Surftipps). Dass sich Marsfotografie auch bei sehr kleinen Scheibchendurchmessern lohnen kann, demonstriert eindrucksvoll Abb. 3.

■ Ronald Stoyan

Ereignisse mit Saturnmond Rhea			
Datum	Ereignis	Beginn	Ende
14.4.	Schattendurchgang	20:52:19 MESZ	23:56:17 MESZ
	Durchgang	–	23:34:04 MESZ
2.5.	Durchgang	21:18:07 MESZ	01:03:00 MESZ (3.5.)
	Schattendurchgang	22:49:05 MESZ	01:43:38 MESZ (3.5.)
11.5.	Durchgang	22:02:46 MESZ	01:49:29 MESZ (12.5.)
	Schattendurchgang	23:47:55 MESZ	02:37:18 MESZ (12.5.)
20.5.	Durchgang	22:50:02 MESZ	02:37:42 MESZ (21.5.)
	Schattendurchgang	00:47:02 MESZ	–



▲ **Abb. 3: Mars-Gesamtkarte des Zeitraums vom 2. Juni bis 5. Juli 2009,** als das Planetenscheibchen nur knapp 5" groß erschien. 12,5"-Newton bei 13m Brennweite, TIS DMK21AF04. *Ralf Gerstheimer*

Surftipps

Aktuelle Marsbilder:

www.interstellarum.de/galerie-thumbnails.asp?Typ=Planeten

Einsenden von Planetenbildern:

www.interstellarum.de/aktuelleereignisse.asp

Mars-Sektion der ALPO:

www.alpo-astronomy.org/marsblog/

Japanische Marssektion:

www.hida.kyoto-u.ac.jp/~cmo/cmons/2009/f_image.html

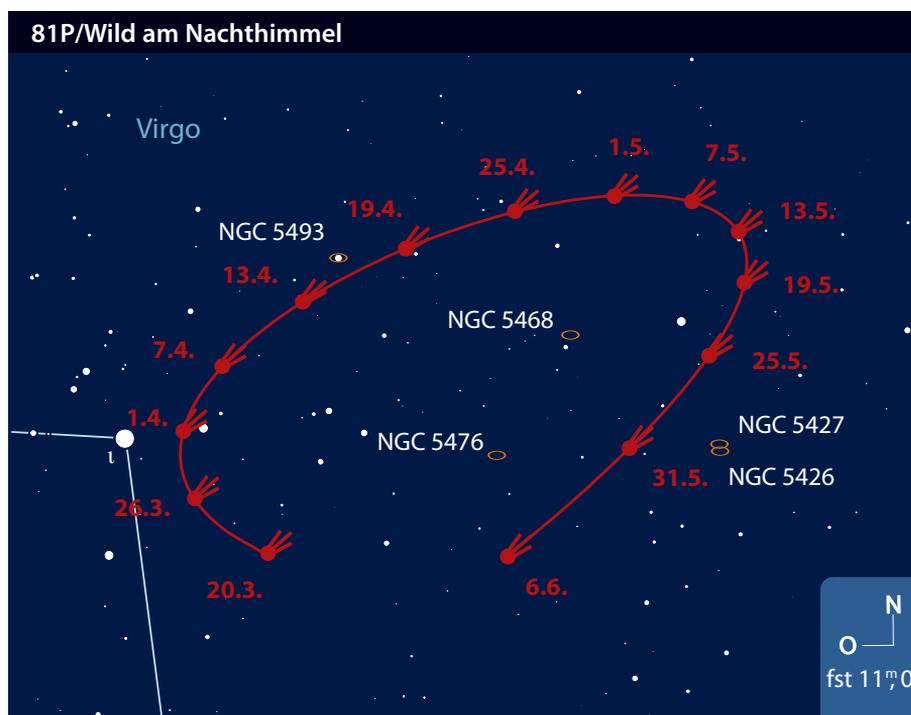
Ralf Gerstheimers Marsbilder:

www.sternwarte-habichtswald.de/astromania/galerie/mars/mars.html

Kometen aktuell Günstige Wiederkehr von 10P/Tempel

Am 4. Juli 1873 entdeckte der in Mailand tätige deutsche Astronom Wilhelm Tempel seinen zweiten Kometen. Wie bei seiner ersten Entdeckung sechs Jahre zuvor (9P/Tempel – bekannt durch die Deep Impact-Mission), handelte es sich um einen Schweifstern auf einer kurzperiodischen Bahn. **10P/Tempel** hat eine Umlaufzeit von nur 5,4 Jahren und es kommt in diesem Jahr bereits zur 21. beobachteten Wiederkehr dieses historischen Himmelskörpers. Nur die Kometen 2P/Encke und 7P/Pons-Winnecke wurden öfter beobachtet. In Sonnennähe kommt Komet Tempel diesmal am 4. Juli, exakt 137 Jahre nach seiner Entdeckung. Es ist dies eine günstig verlaufende Wiederkehr, denn der Abstand zwischen Perihel und Erdnähe beträgt nur etwas mehr als sieben Wochen. Im Juli und August könnte der Komet demnach eine maximale Helligkeit von etwa 8^m erreichen. Gegen Mitte April können auch Beobachter mit kleineren bis mittleren Instrumenten versuchen, 10P am Morgenhimmel aufzusuchen. Er befindet sich im Sternbild Steinbock nahe α Capricorni und steht ab etwa 3 Uhr MESZ ausreichend hoch am südöstlichen Himmel. Die Helligkeit sollte etwa 11^m betragen und wird rasch ansteigen. Anfang Mai wechselt Komet Tempel ins Sternbild Wassermann, er wandert zügig Richtung Osten und bleibt daher Objekt am Morgenhimmel. Bis Ende Mai könnte er bereits eine Helligkeit von 9^m erreicht haben, auf den Aufgang des Kometen muss man aber noch immer bis 2 Uhr am Morgen warten.

Eine weitere Entdeckung Rob McNaughts wird während der kommenden beiden Monate gut am nördlichen Himmel sichtbar: **C/2009 K5 (McNaught)**. Im April ist der Komet zunächst noch ein Objekt der zweiten Nachthälfte und durchläuft die Sommermilchstraße in den Sternbildern Füchsen und Schwan. Bedingt durch die um 104° geneigte Bahn zieht er rasch Richtung Norden. Nach der Erdnähe am 18. April wird er dann bereits zirkumpolar. Gegen Ende April erreicht der Schweifstern das Sternbild Cepheus. Die Helligkeit wird im Laufe des Monats von etwa 9^m auf 8^m ansteigen. In



der Nacht vom 30. April auf den 1. Mai gibt es eine enge Begegnung des Kometen mit NGC 7023. Den Mai verbringt der Komet im Sternbild Cepheus, wobei er am 18. seine maximale Deklination von $+83^\circ$ erreicht. Zum Monatsende gelangt C/2009 K5 in das Sternbild Camelopardalis, die Helligkeit könnte immer noch ca. 9^m betragen.

Am Abendhimmel kann in der ersten Aprilhälfte noch **C/2009 O2 (Catalina)** beobachtet werden. Er hat Erd- und Sonnennähe erst wenige Tage hinter sich und könnte jetzt noch etwa 9^m hell sein. Der Schweifstern durchwandert im Laufe des Monats die Sternbilder Perseus, Stier und Orion, zieht also rasch von Nordwesten nach Südwesten. Ab der Monatsmitte wird es zunehmend schwieriger, den inzwischen schon tief stehenden Kometen aufzufinden. Am Abend des 17. April wäre es dennoch einen Versuch wert, wenn Komet Catalina sich inmitten des 6^m hellen Sternhaufens NGC 1647 befinden wird.

81P/Wild kann jetzt unter besten Bedingungen die ganze Nacht über beobachtet werden. Am 5. April kommt der Komet in Erdnähe, um den 20. erreicht er seine Op-

positionsstellung. Die Helligkeit dürfte Anfang des Monats etwa 8^m betragen und nur langsam abnehmen. Zu finden ist 81P im Sternbild Jungfrau, unweit des Sternes ι Virginis, wo er in einer kleinen Schleife seine Bahn zieht. Im Mai geht die Helligkeit dann schon stetig zurück, Ende des Monats ist nur noch mit etwa 10^m zu rechnen.

Über aktuelle und überraschende Ereignisse am Kometen-Himmel werden Sie im interstellarum-Newsletter informiert.

■ Burkhard Leitner

Surftipps

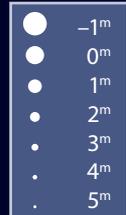
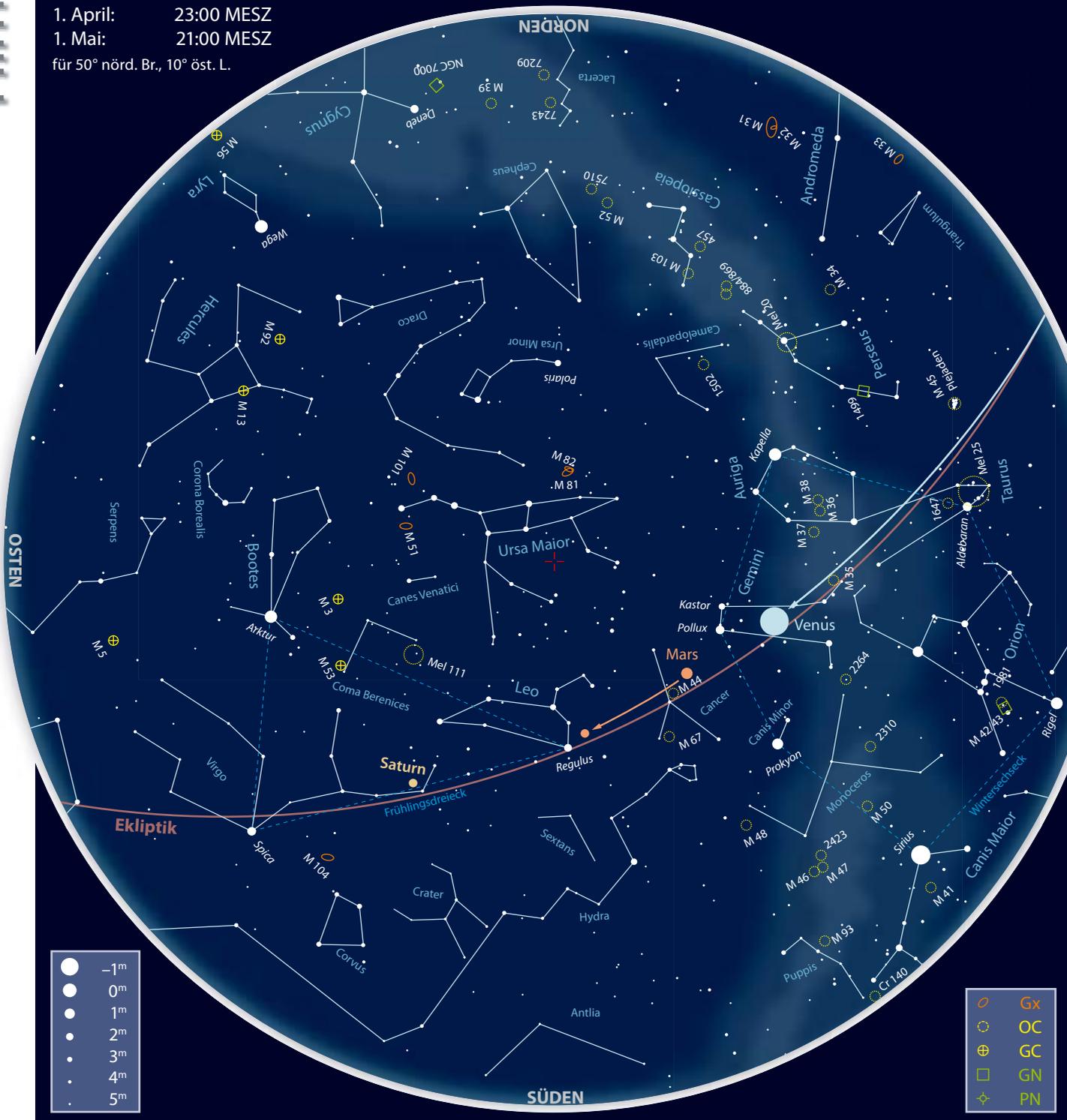
Monats- und Jahresübersichten, Aufsuchkarten, Bilder:
www.kometarium.com
 Aktuelle Neuigkeiten, Bilder, Beobachtungen: kometen.fg-vds.de
 Historisches zu 10P/Tempel: cometography.com/pcomets/010p.html
 interstellarum-Newsletter: www.oculum.de/interstellarum/newsletter.asp

Kometen im April/Mai

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erwartete Helligkeit
81P/Wild	6.1.1978	22.2.2010 (1,60AE)	5.4.2010 (0,67AE)	Dezember 2009 bis Juni 2010	9^m – 10^m
C/2009 O2 (Catalina)	25.8.2007	24.3.2010 (0,69AE)	26.3.2010 (0,81AE)	Februar bis April 2010	9^m – 10^m
C/2009 K5 (McNaught)	27.5.2009	30.4.2010 (1,42AE)	18.4.2010 (1,26AE)	März bis Juni 2010	8^m – 10^m
10P/Tempel	4.7.1873	4.7.2010 (1,42AE)	25.8.2010 (0,65AE)	April bis Oktober 2010	9^m – 11^m

Der Sternhimmel im April/Mai 2010

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



Beobachtungsempfehlungen für April/Mai									
Name	Empfehlung für	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Entfernung	DSRA/Uran.	
Alkor/Mizar	bloßes Auge	DS	13 ^h 25 ^m 13,5 ^s / 13 ^h 23 ^m 55,2 ^s	+54° 59' 16,7" / +54° 55' 25"	2 ^m 1/4, 0	11,8'	78Lj	5/48	
R Leo	Fernglas	Vr	9 ^h 47 ^m 33,5 ^s	+11° 25' 43,7"	6 ^m –10 ^m	–	330Lj	19/188	
M 51	Teleskop	Gx	13 ^h 29,9 ^m	+47° 11,7'	8 ^m 1	6,6' × 10,8'	26,8 Mio. Lj	5/76	
M 101	Teleskop	Gx	14 ^h 3,2 ^m	+54° 20,9'	7 ^m 4	28,3' × 28,5'	21,9 Mio. Lj	5/49	
NGC 4676A (IC 819)	Teleskop	Gx	12 ^h 46 ^m 10,1 ^s	+30° 43' 57"	13 ^m 5	1,4' × 0,6'	300 Mio. Lj	–/53	
NGC 4676B (IC 820)	Teleskop	Gx	12 ^h 46 ^m 11,2 ^s	+30° 43' 21"	13 ^m 8	2,2' × 0,8'	300 Mio. Lj	–/53	

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

Rund um den Großen Wagen

Astronomie mit bloßem Auge Alkor und Mizar

Wohl jedem an Astronomie interessierten Menschen ist die Geschichte vom »Augenprüfer«, dem Doppelstern Alkor und Mizar in der Deichsel des Großen Wagens, schon begegnet. Die Trennung der beiden Lichtpunkte gelingt jedoch den meisten von uns ohne Schwierigkeiten, stehen sie doch immerhin knapp 12' voneinander entfernt, über dreimal so weit wie die beiden Komponenten von ϵ Lyrae. Auch reicht die Helligkeit Alkors von 4^m selbst unter aufgehelltem Himmel zu einer Sichtung aus.

Alkor galt den Griechen als eine der sieben Plejaden, die hierher geflohen ist; nach einer indianischen Überlieferung handelt es sich um eine Mutter, die ihr Kind auf dem Rücken trägt. Die heute gebräuchlichen Namen leiten sich aus dem Arabischen ab und bedeuten soviel wie »Gürtel« (Mizar) und »Reiter« (Alkor).

Es wurde und wird immer wieder spekuliert: Ist Alkor in den letzten Jahrhunderten heller geworden und damit ein Veränderlicher? War der Abstand zu Mizar geringer? Da beide Vermutungen sich bisher nicht durch Fakten untermauern lassen, mag weiter spekuliert werden, dass die »Augenprüfung« für jeden Normalsichtigen problemlos verlief, aber Menschen mit Sehfehlern z.B. bei militärischen Musterungen scheiterten, zumal Brillen bis weit in die Neuzeit hinein unbekannt bzw. ein Luxusgegenstand waren.



Alkor und Mizar bilden das markante »Reiterlein« am Knick der Deichsel des Großen Wagens.

Interessant ist, dass aufgrund der günstigen Position in hoher Deklination sowie der Nähe zum Stern HD 116798, der mit Alkor und Mizar ein fast rechtwinkliges Dreieck bildet, schon Galilei sich an eine Messung der Parallaxe wagte, aber aufgrund der Unzulänglichkeit der damaligen Instrumente scheitern musste. Dieser dritte Stern wurde 1722 sogar für einen Planeten von Mizar gehalten, als der Gießener Professor Johann Georg Liebknecht eine Eigenbewegung zu erkennen glaubte. Er taufte den Stern nach seinem Landesherrn »Sidus Ludoviciana«.

Unbestritten ist, dass Alkor und Mizar Mitglieder der Ursa-Major-Bewegungsgruppe

sind. Zur Frage, ob es sich um ein physisches Doppelsternsystem handelt – immerhin sind die beiden Sterne rund ein Lichtjahr voneinander entfernt –, gab es aber immer wieder verschiedene Aussagen der Wissenschaft. Dem neuesten Stand der Forschung zufolge ist Alkor tatsächlich an Mizar gebunden. Letzterer besteht aus vier Komponenten, Alkor selbst besitzt ebenfalls einen schwachen Begleiter, so dass es sich insgesamt um ein Sechsfachsternsystem in 78 Lichtjahren Entfernung handelt.

■ Kay Hempel

Astronomie mit dem Fernglas R Leonis

Manche Sterne können ein ganzes Menschenleben verändern. So beobachtete der 18-jährige Leslie C. Peltier am 1. März 1918 mit seinem 2"-Messingrefraktor einen unscheinbaren Stern im Sternbild Löwe: den Veränderlichen R Leonis. Für Peltier war dies der Beginn seines leidenschaftlichen Studiums veränderlicher Sterne, welches in über 132000 Beobachtungen gipfelte. Bis zu seinem Tod im Jahre 1980 sendete er ohne Unterbrechung Monat für Monat seinen Bericht an die American Association

of Variable Star Observers (AAVSO). Darüber hinaus entdeckte er ein Dutzend Kometen und sechs Novae; mit diesem Lebenswerk zählt Peltier zu den berühmtesten Hobby-Astronomen Amerikas.

Erstmalig als veränderlicher Stern beschrieben wurde R Leo im Jahre 1782 von Robert Koch, einem deutschen Astronomen aus Danzig. Die Helligkeit des Sterns schwankt hauptsächlich in einem Bereich zwischen etwa 6^m und 10^m, die Periode beträgt durchschnittlich 312 Tage. Aufgrund

der physikalischen Eckdaten zählt R Leo zu den sog. Mira-Sternen, Rote Riesen mit langen Perioden zwischen 80 und 1000 Tagen. Bei diesen Pulsationsveränderlichen ändert sich die Helligkeit aufgrund von Schwankungen des Durchmessers und der Oberflächentemperatur und damit des Strahlungsstroms; sie dehnen sich aus und ziehen sich wieder zusammen – sie pulsieren. An einem wenig lichtverschmutzten Standort ist R Leo mit einem 10x50-Fernglas gerade so über eine gesamte Periode mit durch-



LAMBERT SPIX

R Leo im 10x50-Fernglas an einem dunklen Standort, Sehfeld etwa 6°.

schnittlicher Amplitude zu verfolgen. Die Grenzgröße eines solchen Fernglases beträgt dort, bei guter optischer Qualität und bei Verwendung eines Stativs, etwa 10^m.

Der Veränderliche ist denkbar einfach aufzufinden: Etwa 5° westlich von Regulus (α Leonis) findet man über einen Zwischenstopp bei ν Leonis die beiden 6^m,6 und 6^m,4 hellen Sterne 18 und 19 Leo. Nur wenig südlich von letzterem bildet R Leo ein kleines Dreieck mit zwei lichtschwachen Sternen von 9^m,1 und 9^m,8 Helligkeit. Der im Fernglas rot erscheinende R Leo bildet einen schönen Kontrast zum weißen 19 Leo und

gelblich leuchtenden 18 Leo. Die rötliche Färbung ist im Minimum am deutlichsten, währenddessen der Stern beinahe seine geringste Oberflächentemperatur aufweist. R Leo zeigt auch einen Blick in die Zukunft der Sonne, die sich in circa 5 Milliarden Jahren ebenfalls zu einem Roten Riesenstern aufblähen wird. Wer den Veränderlichen über einen längeren Zeitraum beobachten möchte, sollte die Helligkeit wöchentlich festhalten. Das Frühjahr 2010 ist ein guter Zeitpunkt für den Beginn, da sich der Stern im Minimum befindet; das nächste Maximum wird im Juli erwartet.

■ Lambert Spix

Objekt der Saison **M 51**

Von seiner auf dem Pariser Hôtel de Cluny gelegenen Dachsternwarte aus entdeckte Charles Messier am 13. Oktober 1773 ein Objekt, das selbst unter den vielen herausragenden Einträgen seines Katalogs eine Ausnahmestellung einnimmt: das Galaxienpaar M 51. Auch als Arp 85 sowie unter der Doppelbezeichnung NGC 5194/NGC 5195 bekannt, ist das Objekt gleichzeitig Inbegriff einer Spiralgalaxie und eines wechselwirkenden Systems und ein absoluter Leckerbissen für Astrofotografen und visuelle

Beobachter. Messier selbst ahnte jedoch noch nichts von dessen wahrer Schönheit und sah lediglich einen »sehr schwachen Nebel ohne Sterne«. Die von Messier bei seiner Erstbeobachtung offenbar noch übersehene schwächere Komponente NGC 5195 wurde 1775 von Johann Elert Bode sowie im März 1781 von seinem Mitbeobachter Pierre Méchain bemerkt und von Messier in Form einer Skizze festgehalten. M 51 ist somit das einzige Doppelobjekt des Messierkatalogs.

Sowohl Wilhelm als auch John Herschel sahen mit ihren weitaus größeren Instrumenten Strukturen in den schwachen Außenbereichen von NGC 5194, interpretierten diese allerdings nicht als Spiralarme, sondern als »nebligen Ring«. Die Entdeckung der Spiralstruktur bleibt somit William Parsons, dem 3. Earl of Rosse, vorbehalten, der M 51 erstmals 1845 mit seinem 72"-Reflektor beobachtete und das Gesehene in einer berühmten Zeichnung festhielt [1]. Die Frage ob der galaktischen oder extragalaktischen Natur dieses wie anderer Spiralnebel entzweite die astronomische Gemeinde hingegen noch bis in die 20er Jahre des vorigen Jahrhunderts: Zwar stellte bereits John Herschel die Vermutung an, dass es sich bei M 51 um einen der Milchstraße ähnlichen Sternenverbund handeln könnte; allerdings waren es erst die bahnbrechenden Arbeiten von Edwin Hubble und Vesto M. Slipher, die die Natur von M 51 als eigenständige Milchstraßensysteme zweifelsfrei nachwiesen [2, 3].

M 51 ist das prototypische Beispiel eines wechselwirkenden Galaxienpaares und die Dynamik der Wechselwirkung dank ausgefeilter Computermodelle mittlerweile recht gut verstanden. Die aktuellste, auf einem hydrodynamischen Modell basierende Arbeit [4] zeichnet den gravitativen Reigen der beiden Galaxien über einen Zeitraum von 400 Mio. Jahren nach und bietet interessante Ein-

Diese auf die kleinere der beiden M 51-Galaxien zentrierte Aufnahme zeigt die schwachen, durch Gezeitenwirkung entstandenen Ausläufer.



DANIEL MARQUARDT

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

blicke in die Vergangenheit und Zukunft des interagierenden Systems. Offenbar bewegt sich NGC 5195 auf einem stark zur Sichtlinie hin geneigten Orbit und befindet sich derzeit am Beginn des zweiten Umlaufs um seinen massereichen Partner NGC 5194. Die beiden Galaxien nähern sich dabei immer mehr einander an und werden in einigen zehn Millionen Jahren vollständig miteinander verschmelzen. Zu den Simulationsergebnissen passt auch der Umstand, dass M 51 auffällig viele Sternhaufen im Altersbereich zwischen 100 und 250 Mio. Jahren enthält, was in etwa dem Zeitraum der ersten nahen Begegnung der beiden Galaxien entspricht [5]. Nicht zuletzt lassen sich anhand der Simulationen die Entstehung der markanten Spiralstruktur von NGC 5194 sowie etlicher morphologischer Besonderheiten, wie der abgeknickten Spiralarme sowie eines langen, im Radiolicht sichtbaren Gezeitschweifs, direkt auf die gravitative Wechselwirkung mit NGC 5195 zurückführen.

Die durch die Wechselwirkung stark erhöhte Sternentstehungsrate äußert sich in einer großen Anzahl leuchtstarker HII-Regionen, Assoziationen und Sternhaufen, aber auch durch eine erhöhte Rate von Supernovae: Immerhin drei dieser Sternexplosionen konnten in den vergangenen 65 Jahren in M 51 beobachtet werden. Die letzte davon wurde im Juni 2005 durch den Schweinfurter Amateurastronomen Wolfgang Kloehr auf fotografischem Wege entdeckt und dürfte beim Kollaps eines Sterns von neun Sonnenmassen entstanden sein [6]. Dank einer detaillierten Untersuchung dieser Supernova [7] konnte zudem die Entfernung von M 51 zu (23 ± 4) Mio. Lichtjahren bestimmt werden.

M 51 ist Schwerpunkt einer kleinen Galaxiengruppe, zu der auch die Spiralgalaxie M 63 sowie einige benachbarte Zwerggalaxien gehören. Die beiden Spiralen NGC 5023 und NGC 5229 hingegen, die früher ebenfalls zur Gruppe gerechnet wurden, könnten neueren Erkenntnissen zufolge Vordergrundobjekte sein [8].

NGC 5194 und NGC 5195 sind $8''{,}4$ bzw. $9''{,}5$ hell und damit schon mit kleinen und kleinsten Öffnungen erreichbar. Wie bei Galaxien generell der Fall empfiehlt sich zur Beobachtung ein möglichst dunkler und klarer Himmel, um die Detailwahrnehmung zu verbessern. Ein 10×50 -Feldstecher zeigt unter stadtnahen Bedingungen lediglich die hellere Komponente NGC 5194, unter einem guten Landhimmel hingegen bereits beide Galaxien als diffuse, $5'$ voneinander entfernte Nebelflecken. Im kleinen Fernrohr erscheint M 51 als hübscher Doppelnebel, gibt aber ansonsten noch wenig von seiner wahren Schönheit preis. Kontrovers diskutiert wird in der astronomischen Literatur die Frage, ab welcher Öffnung die Spiralstruktur von NGC 5194 gesehen werden kann: Während etwa in [9] $4''$ als unteres Limit für die Sichtbarkeit angegeben sind, sind laut [10] $8''$ zum sicheren Erkennen der Spiralarme notwendig. Mit jedem Zoll zusätzlicher Öffnung erschließen sich dem Beobachter weitere Nuancen dieses Galaxienpaares. In Teleskopen ab $14''$ erscheint die Spiralstruktur von NGC 5194 unter guten Bedingungen ähnlich beeindruckend gezeichnet wie auf einer Fotografie. Zudem zeigen sich in den Spiralarmen mehrere der hellen Assoziationen und HII-Regionen als diffuse Aufhellungen. Der kleinere Partner NGC 5195 steht dazu in reizvollem Kontrast

und erscheint als deutlich asymmetrischer Nebelfleck mit zigarrenförmigem Balken und hellem Zentrum. Astrofotografen finden in M 51 ein reichhaltiges Betätigungsfeld, das von Übersichtsaufnahmen bis zum Nachweis der schwachen Gezeitenarme des Galaxienpaares reicht. Zudem zeigt die Erfolgsgeschichte von Wolfgang Kloehr [11], dass sich eine systematische fotografische Überwachung von M 51 durchaus lohnen kann.

■ Matthias Kronberger

- [1] Stoyan, R.: Atlas der Messier-Objekte, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
- [2] Hubble, E. P.: Extragalactic nebulae, *Astrophys. J.* 64, 321 (1926)
- [3] Strömberg, G.: Analysis of radial velocities of globular clusters and non-galactic nebulae, *Astrophys. J.* 61, 353 (1925)
- [4] Dobbs, C. L. et al.: Simulations of the grand design spiral M 51: a case study for analysing tidally induced spiral structures, arXiv:0912.1201v1 (2009)
- [5] Hwang, N., Lee, M. G.: Vestige of the star cluster burst in M 51, *Astrophys. J.* 709, 411 (2010)
- [6] Takats, K., Vinko, J.: Distance estimate and progenitor characteristics of SN 2005cs in M 51, *MNRAS* 372, 1735 (2006)
- [7] Pastorello, A. et al.: SN 2005cs in M 51 – II. Complete evolution in the optical and the near-infrared, *MNRAS* 394, 2266 (2009)
- [8] Kennicutt, R. C. et al.: An H α imaging survey of galaxies in the local 11 Mpc volume, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 178, 247 (2008)
- [9] Frommert, H., Kronberg, C.: Messier 51, seds.org/messier/m/m051.html
- [10] Stoyan, R. C.: Hubbles tiefe Blicke, M 51, *interstellarum* 45, 47 (2006)
- [11] Hassforther, B.: Veränderlicher aktuell: Die Supernova SN2005cs in M 51, *interstellarum* 42, 19 (2005)

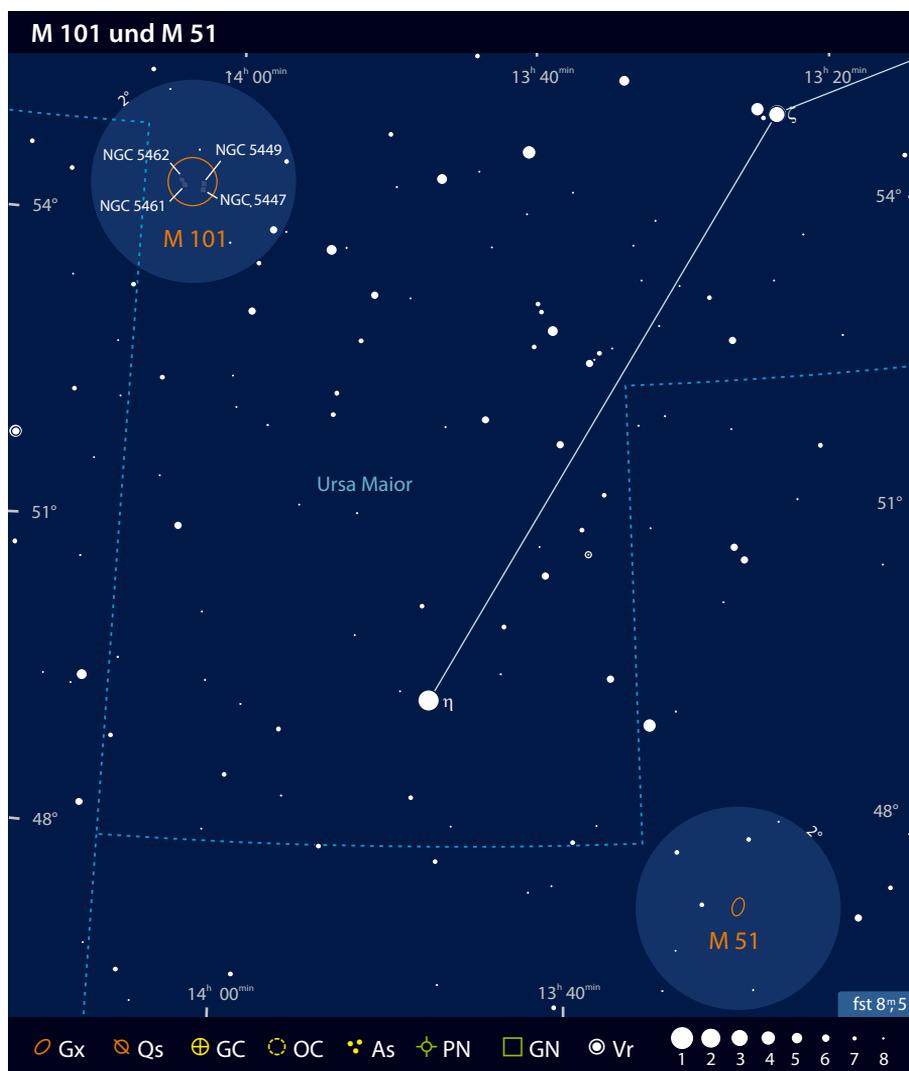
Objekt der Saison M 101

Das Universum verändert – von unvorstellbaren Kräften angetrieben – ständig sein Gesicht. Nur aufgrund der immensen Entfernungen und Dimensionen erscheinen uns Sternkonstellationen, Galaxien und Nebel nahezu unveränderlich. Doch bei einigen Objekten können selbst Momentaufnahmen wie Fotografien die Dynamik nachvollziehbar darstellen – so auch bei M 101. Wie sprühende Funken erscheinen die mit HII-Regionen reich besetzten Spiralarme und so trägt die Galaxie zu Recht den Beinamen »Feuerrad«.

Die großartige Spirale von M 101 wird von zahlreichen Sternassoziationen und HII-Regionen nachgezeichnet.



BERNHARD HUBEL



M 101 wurde am 27.3.1781 von Pierre Méchain entdeckt und zählt zu den letzten Ergänzungen des historischen Messier-Katalogs. Méchain beschreibt seine Entdeckung als sehr schwach und recht groß. Sowohl W. Herschel als auch W. Smyth vermuteten, dass das geisterhafte Leuchten der Galaxie durch das Licht unzähliger, nicht auflösbarer Sterne verursacht wird. Wahrscheinlich dachten sie dabei aber eher an einen fernen Kugelsternhaufen als an eine eigene Milchstraße. Erst die Beobachtungen und Zeichnungen von Lord Rosse enthüllten auf spektakuläre Art und Weise die Spiralnatur [1]. Aus diesen historischen Beobachtungen resultiert auch die Vielzahl von NGC-Objekten, die sich auf der Fläche der Galaxie verteilen. Hierbei handelt es sich jedoch nicht etwa um Hintergrundgalaxien, sondern um Einzelobjekte in M 101. Die drei hellsten Sternentstehungsgebiete NGC 5447, 5461 und 5462 hatte W. Herschel bereits am 14.4.1789 gefunden. Weitere Entdeckungen gelangen B. Stoney mit dem 72"-Reflektor von Lord Rosse am 27.4.1851. Es handelte sich um die HII-Regionen bzw. Sternwolken NGC 5449, 5450, 5451, 5453, 5455 und 5458, wobei NGC 5450 lange Zeit als Fehlkatalogisierung galt. Die letzte Ent-

deckung NGC 5471 gelang dem exzellenten Beobachter H. L. d'Arrest im Jahre 1864 mit nur 11" Öffnung [2].

M 101 bildet mit acht kleineren Galaxien (darunter NGC 5474 und NGC 5585) eine Galaxiengruppe, in der es in der Vergangenheit immer wieder zu engen Begegnungen und daraus resultierender Sternentstehung kam. Aufgrund der relativen Nähe von M 101 können bereits eine Vielzahl von Cepheiden innerhalb der Galaxie beobachtet werden. Mit Hilfe dieser »Standardkerzen« kann die Entfernung der Galaxie relativ genau bestimmt werden. Die ersten Messungen mit dem Hubble Space Telescope ergaben 1996 einen Wert von 24,1 Millionen Lichtjahren [3]. Die überarbeiteten Ergebnisse wurden 2001 durch Freedman et al. [4] veröffentlicht und weisen den heute akzeptierten Wert von 21,9 Millionen Lichtjahren aus. Daraus ergibt sich eine gewaltige Größe der Galaxie, welche die der Milchstraße um fast das Doppelte übertrifft. Für Supernovajäger erwies sich M 101 in der Vergangenheit als fruchtbarer Boden und so wurden bereits drei Erscheinungen dokumentiert. SN1909A wurde von Max Wolf entdeckt und erreichte eine Helligkeit von 12^m1 . Sie war zugleich erst

die siebte Supernova, die außerhalb unserer Milchstraße beobachtet wurde. Im September 1951 erreichte die SN1951H nur eine Helligkeit von 17^m5 . Dagegen überstrahlte die SN1970G im Juli 1970 mit 11^m5 die beiden vorherigen Ereignisse.

Visuell ist M 101 wohl das schwächste Objekt des Messier-Katalogs, das theoretisch noch dem freien Auge zugänglich ist [5]. In der Praxis gibt es jedoch kaum glaubwürdige Berichte, denn die Anforderungen an ein solches Experiment sind immens und erfordern z.B. eine deutliche Sichtbarkeit von M 81 mit bloßem Auge. Ein kleines Fernglas macht M 101 ohne Schwierigkeiten als blasse Nebelscheibe im Sternfeld erkennbar. In einem 2,5"-Teleskop überrascht die Galaxie durch ihre imposante Größe. Sie weist jedoch eine Flächenhelligkeit von nur $14^m8/\square'$ auf, weshalb für sämtliche Detailbeobachtungen ein dunkler Himmelshintergrund erforderlich ist. Dann sind bereits mit 5" und mittleren Vergrößerungen Ansätze der Spiralarme sowie die hellsten HII-Regionen erkennbar. Mit 12,5" erschließt sich die Windung der Spiralarme im Uhrzeigersinn schon nach kurzer Beobachtungszeit. Ein heller Stern knapp nördlich des Galaxienzentrums hilft bei der Orientierung. Direkt östlich von ihm befindet sich der deutlichste Spiralarm. Ein zweiter Arm beginnt direkt im Hintergrund des hellen Sterns und windet sich um das Zentrum herum Richtung Südwesten. Der dritte Arm ist schwach und wird eher durch die beiden flächigen HII-Regionen NGC 5461 und NGC 5462 definiert. Im Westen – deutlich abgesetzt von der Galaxie – findet sich mit NGC 5447/5450 ein weiteres deutliches Sternentstehungsgebiet. Etwas nördlich davon ist mit indirektem Sehen auch NGC 5449 erkennbar. Mit noch größeren Optiken und viel Geduld lassen sich über 20 Einzelobjekte innerhalb der Galaxie identifizieren [6].

■ Matthias Juchert

- [1] Stoyan, R.: Atlas der Messier-Objekte, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
- [2] Steinicke, W.: Historic NGC, www.klima-luft.de/steinicke/ngcic/Historic_NGC.zip (2009)
- [3] Kelson, D. D. et al.: The Extragalactic Distance Scale Key Project. III. The Discovery of Cepheids and a New Distance to M 101 Using the Hubble Space Telescope, *Astrophys. J.* 463, 26 (1996)
- [4] Freedman, W. L. et al.: Final Results from the Hubble Space Telescope Key Project to Measure the Hubble Constant, *Astrophys. J.* 553, 47 (2001)
- [5] Juchert, M.: Messier-Objekte mit freiem Auge, www.serifone.de/messierne.htm (2009)
- [6] Domenico, A., Stoyan, R.: Im Bann des Feuerrades – M 101 visuell, *interstellarum* 10, 32 (1997)

Deep-Sky-Herausforderung NGC 4676A/B

Das Frühjahr ist die Saison der Galaxien. Am nördlichen Rand von Coma Berenices befindet sich unweit der vielen, für das Sternbild so typischen prachtvollen Galaxien ein ungewöhnliches Paar mit klingendem Namen: NGC 4676A/B ist bekannter unter der Bezeichnung »Mäuse« oder »The Mice«.

Bereits Wilhelm Herschel beschrieb das Objekt im März 1785 mit seinem 18,7"-Reflektor als sehr schwach und ausgedehnt [1]. Rudolf Spitaler sah 1892 am 27"-Refraktor der Wiener Sternwarte zwei Einzelobjekte und katalogisierte dies im Index Catalogue unter zwei zusätzlichen separaten Einträgen IC 819 und IC 820. Aufsehen erregte das Paar jedoch erst 1958 durch Aufnahmen des Palomar Observatory Sky Survey (POSS) [2]. Bereits zu diesem Zeitpunkt erhielt das Objekt seinen Spitznamen. Kurz darauf wurden erste spektroskopische Untersuchungen vorgenommen, die die Natur der »Schwänze« erklären sollten [3, 4]. Diese zeigten einen gravitativen Zusammenhang beider Galaxien auf und ließen bereits eine Kollision als mögliche Ursache des besonderen Aussehens vermuten. Dies veranlasste schließlich auch Halton Arp, das Paar in seine illustre Sammlung von »ungewöhnlichen Galaxien« aufzunehmen [5]. Erste modellhafte Simulationen einer möglichen Kollision, noch gänzlich ohne Unterstützung eines heute so selbstverständlichen Großrechners, zeigten bereits recht exakt den Verlauf des gewaltigen Zusammenstoßes, der vor etwa 150 Mio. Jahren stattgefunden hat [6]. Sehr anschauliche Filmsequenzen zeigen uns heute die Vergangenheit und Zukunft der »Mäuse« [7]. Demzufolge kollidieren und durchkreuzen sich beide Galaxien in der Zukunft noch mehrere Male und tauschen dabei gigantische Mengen an Materie untereinander aus. Beendet wird der kosmische Tanz in rund 400 Mio. Jahren, wenn von dem so spektakulären Paar nur noch eine elliptische Galaxie überlebt.

Neben der so spannenden morphologischen Entwicklung des Paares stand vor allen Dingen die Sternentstehung im Brennpunkt der Wissenschaft. Wie es die tiefe Aufnahme der 2002 neu installierten ACS (Advanced Camera for Surveys) Kamera des Hubble Space Telescope so eindrucksvoll zeigte, bestehen gerade die Gezeitenschweife aus jungen blauen Sternen, die in vielen Sternhaufen angeordnet zu sein scheinen [8]. Aktuelle Untersuchungen bestätigen dies und datieren die Entstehung der jungen Sternhaufen zeitgleich mit dem ersten Kontakt beider

Galaxien bzw. der Ausbildung der Gezeitenschweife [9].

Visuell liegen beide Galaxien bereits in Reichweite der heute weit verbreiteten Öffnungen von 8" bis 10". Sie stehen jedoch in einem sternleeren Gebiet, was die Suche erschwert. Dazu kommen noch die geringen Ausdehnungen der Galaxienkörper selbst von nur 1,4' × 0,6' (NGC 4674A) bzw. 2,2' × 0,8' (NGC 45674B). Für das Aufsuchen ist daher eine genaue Karte oder ein Ausdruck eines gängigen Sternkartenprogramms zwingend erforderlich. Hat man die beiden 14^m-Galaxien gefunden, sind die unterschiedlichen Elongationen problemlos zu erkennen. Die wirkliche Herausforderung liegt jedoch in der Wahrnehmung der beiden Gezeitenschweife. Der hellste von beiden reicht ausgehend von NGC 4676A etwa 1,4' in exakt nördliche Richtung. Beste Bedingungen bei Transparenz und Seeing ermöglichen es, den Ansatz dieser Struktur mit 16"-Teleskopen wahrzunehmen. Um den nördlichen Gezeitenschweif als solches indirekt sicher wahrzunehmen sind jedoch 20" Öffnung und Vergrößerungen über 200× notwendig. Die Beobachter Vincent Le Guern (30"), David Tosteson (25") und Barbara Wilson (20") bestätigen ebenfalls die visuelle Sichtbarkeit des Schweifes. Setzt man noch größere Öffnungen ein, verwandelt sich das Objekt zu einem der interessantesten am ganzen Himmel. Ein 24"-Teleskop zeigt den nördlichen Gezeitenschweif hell und direkt und lässt sogar den hellen Knoten von NGC 4676B visuell erreichen. Eine Beobachtung des deutlich schwächeren südlichen Gezeitenschweifes gelang dem Autor auch mit großer Öffnung unter besten Bedingungen nicht. Der amerikanische Beobachter James Anderson konnte diesen andeutungsweise mit dem 82"-Spiegel der McDonald-Sternwarte auf dem Mt. Locke (Texas) unter hervorragenden Bedingungen sehen. Mit Amateuren zugänglichen Instrumenten bleibt dieser also visuell unsichtbar und den tiefen Belichtungen der Fotografen vorbehalten.

■ Uwe Glahn

- [1] The NGC/IC Project: www.ngcicproject.org
- [2] Vorontsov-Vel'yaminov, B. A.: The Interaction of Galaxies and the Nature of Their Arms, Spanning Filaments and Tails. *The Morphology of Galaxies*. V., *Astronomicheskii Zhurnal* 35, 858 (1958)
- [3] Burbidge, E. M., Burbidge, G. R.: Some Interconnected Multiple Extragalactic Nebulae., *Astrophys. J.* 130, 23 (1959)



Abb. 1: Zwei kosmische Mäuse: Bei ihrer Begegnung vor 150 Mio. Jahren wurden ungeheure Mengen Materie aus den Galaxien herausgeschleudert und sammelten sich in zwei sog. Gezeitenschwänzen, die den Galaxien ihren Spitznamen eintrugen. 12,5" Newton f/5,1, ST-10XME, 11×600s (L), 12×600s (R), 10×600s (G), 8×600s (B), Binning 1×1.



Abb. 2: Visuell sind Details in den »Mäusen« auch mit großen Öffnungen eine Herausforderung. Zeichnung, 24"-Newton, 315×, fst 6^m/7, Seeing II.

- [4] Burbidge, E. M., Burbidge, G. R.: NGC 4676, a Peculiar System in the Coma Cluster of Galaxies., *Astrophys. J.* 133, 726 (1961)
- [5] Arp, H.: *Atlas of Peculiar Galaxies*, *Astrophys. J. Suppl.* 14, 1 (1966)
- [6] Toomre, A., Toomre, J.: Galactic Bridges and Tails, *Astrophys. J.* 178, 623 (1972)
- [7] Hibbard, J.: Observations and Simulation of N4676 (»The mice« = Arp242 = UGC 7938/9), www.cv.nrao.edu/~jhibbard/n4676/n4676.html
- [8] Benítez, N, et al.: Faint Galaxies in Deep Advanced Camera for Surveys Observations, *Astrophys. J. Supp.* 150, 1 (2004)
- [9] Chien, L. H. et al.: Multiobject Spectroscopy of Young Star Clusters in NGC 4676, *Astrophys. J.* 660, 105 (2007)

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

Der Jahrtausend- Feuerring

Rückblick auf die Finsternis vom 15.1.2010

VON DANIEL FISCHER



Abb. 1: Ringförmige Sonnenfinsternisse zeigen anschaulich, dass der scheinbare Durchmesser des Mondes schwankt – während noch im Juli 2009 ein besonders nahe der Erde stehender Mond die Sonne für mehr als 6 Minuten bedeckte, konnte der in Erdferne stehende Mond am 15.1.2010 die Sonne bei Weitem nicht ganz bedecken. Übrig blieb ein beeindruckender Feuerring, der teilweise mehr als elf Minuten lang zu beobachten war. Digitalfoto, 4"-Maksutov bei 1000mm, Canon EOS 450D, ISO 100, 1/125min. *Florenz Sasse*

Die ringförmige Sonnenfinsternis mit dem dicksten Ring des gesamten dritten Jahrtausends lockte auch aus Mitteleuropa etliche Amateurastronomen zum indischen Ozean, wo die Sonne zur Ringphase am höchsten stand. Viele verteilten sich auf die Inseln der Malediven in der Nähe des Punktes der größten Finsternis mit über elf Minuten Ringphase, andere positionierten sich in Südindien (vgl. Beitrag auf S. 38).

Für die nach Indien gereisten Finsternisjäger fiel die Wahl zwischen der Südspitze des Subkontinents, wo noch über zehn Minuten Ringphase erreicht wurden, oder dem Nordrand der Annularitätszone. Dort war der Ring zwar nur Sekunden bis Minuten geschlossen, dafür verlangsamte sich aber das Perlschnurphänomen dramatisch, das mehr und mehr Astrofotografen für das interessanteste Ereignis einer ringförmigen Sonnenfinsternis halten. Kurz bevor sich der Sonnenring schloss, tauchten bereits Lichtperlen oder -bogenstücke (»Baily's Beads«) zwischen den zusammenlaufenden Hörnerspitzen der Sonnensichel auf, und mit energischen Fototricks – lange Belichtung durch Sonnenfilter oder Abnehmen desselben – wurde auch die Chromosphäre dazwischen sichtbar.

Dies im Bild festzuhalten, ist zu einem neuen »Extremsport« der Astrofotografen geworden. Auch eine Expedition erfahrener Astrofotografen aus Neu Delhi war mit großen Teleskopen nach Varkala im Bundesstaat

Kerala an den Rand der Zone gereist, der bei perfekten Wetterbedingungen herausragende Bilder gelangen. In Indien werden Finsternisse stets von allerlei abergläubischen Vorstellungen begleitet, etwa dass man während dieser Zeit nichts essen dürfe und schwangere Frauen verstecken müsse. In Kerala hielt diesmal eine große Kampagne der Regierung und einer neu gegründeten Amateurastronomenvereinigung energisch dagegen und veranstaltete öffentliche Beobachtungen mit Tausenden von Teilnehmern, Schülern vor allem, die wiederum ihre Eltern unterrichten sollten. Berichte erfolgreicher Beobachtungen des »Feuerrings des Jahrtausends« liegen aus dem gesamten Annularitätsstreifen vor: Von Uganda, wo die Finsternis am frühen Morgen zu sehen war, über Kenia (mit gemischtem Wolkenbild) bis nach Birma und China, wo der Sonnenring kurz vor Sonnenuntergang tief in der Winterluft hing – zum Teil über denselben Städten, die ein halbes Jahr zuvor die längste totale Sonnenfinsternis des Jahrhunderts erlebt hatten.

Abb. 2: Die Sonne zu 40% bedeckt, fotografiert im H α -Licht. Brennweite 800mm, 1/160s. *Stefan Meyer*



Abb. 3: Zwischen den Hörnerspitzen der Sonne spannt sich vor dem 2. Kontakt ein Bogenstück der Chromosphäre, sichtbar gemacht trotz ND3-Sonnenfilters dank langer Belichtung im indischen Varkala. 80/480-Refraktor, Herschel-Prisma. *Tobias Kampschulte*



Abb. 4: Perlschnur kurz vor dem zweiten Kontakt im indischen Varkala: Sonnenlicht fällt bereits durch zahlreiche Mondtäler. 80/480-Refraktor, Herschel-Prisma, ND3-Filter. *Tobias Kampschulte*



Abb. 5: Der Ring schließt sich über der Malediven-Insel Ellaidhoo und ist trotz Wolken klar zu erkennen. Digitalfoto, 80/900-Refraktor, Canon EOS 450D, ISO 100, 1/4000s. *Stephan Heinsius*



Abb. 6: Die größte Ringphase im indischen Varkala, wenige Kilometer südlich des Nordrandes der Annularitätszone: Der Feuerring ist zwar geschlossen aber an der dünnsten Stelle nur einige Bogensekunden breit. 80/480-Refraktor, Herschel-Prisma.
Tobias Kampschulte



Abb. 7: Die Lücken zwischen Palmblättern bilden eine multiple Lochkamera, die den Sonnenring über dem indischen Varkala auf den Boden projiziert. Da der Ring hier am Rand der Annularitätszone an der dünnsten Stelle nie dicker als ein paar Bogensekunden wurde, erscheint er mit dieser Technik nicht ganz komplett. *Susanne Hüttemeister*



Abb. 8: Wolken können auch von Vorteil sein – für Aufnahmen wie diese während der Ringphase auf der Malediven-Insel Ellaidhoo, die keinen Filter mehr erforderten: »Wie ein goldenes Juwel stand der Jahrtausendring zwischen den Palmen! Welch eine tropische Schönheit.« *Stephan Heinsius*



Abb. 9: Dritter Kontakt in Kanyakumari an der Südspitze Indiens. Durch die dünne Bewölkung durchschimmernder Feuerring. 300mm-Teleobjektiv. *Ullrich Dittler*



Abb. 10: Ringförmige Sonnenfinsternis einmal ganz anders: ohne jeden Filter mit 1/1000 Sekunde und f/10 mit einer Russentonne (Maksutov-Teleobjektiv mit 1m Brennweite) auf 200-ISO-Film belichtet. Nach dem Aufbrechen des Rings spannt sich ein Bogen Chromosphäre zwischen den Hörnerspitzen, garniert mit letzten Lichtperlen. *Daniel Fischer*



Abb. 11: Nicht nur die Chromosphäre, auch die innere Sonnenkorona – silhouettiert durch den Rand des Neumonds – war in Varkala dank klaren Himmels noch Minuten nach dem 3. Kontakt trotz des extrem dicken photosphärischen Restrings auf der gegenüberliegenden Seite nachzuweisen. *Tobias Kampschulte*

Feuerring über Indien

Eine Reise zur Sonnenfinsternis am 15. Januar 2010

VON ULLRICH UND MARTINA DITTLER

Die längste Sonnenfinsternis des 21. Jahrhunderts fand am 15.1.2010 über Afrika, Indien und China statt. Der von einigen internationalen Sonnenfinsternis-Beobachtern gewählte Beobachtungsort Kanyakumari an der Südspitze Indiens erwies sich als sehr gute Wahl: Die einzelnen Phasen der ringförmigen Sonnenfinsternis, bei der 85% der Sonnenscheibe vom Mond verdeckt wurden, konnten trotz zeitweise durchziehender lockerer Bewölkung sehr gut beobachtet werden.



Abb. 1: Die sich ändernde Beleuchtungssituation während der ringförmigen Sonnenfinsternis vom 15.1.2010. Hierzu wurde regelmäßig ein Foto des Hafens von Kanyakumari mit den vor der Küste liegenden Monumenten angefertigt. In der Fotomontage, die pro Streifen die Beleuchtungssituation im Abstand von je 30 Minuten zeigt, ist die sich ändernde Helligkeit deutlich zu erkennen.

Indien ist das Land der Kontraste: Reichtum und Lebensfreude – Armut und Chaos. Die bunte Vielfalt an Eindrücken macht eine Indienreise unvergesslich.

Der Beobachtungsort Kanyakumari (Koordinaten 8° 2' 57" Nord, 77° 19' 50" Ost), an der Südspitze Indiens gelegen, ist ein bedeutendes hinduistisches Pilgerziel. Die Stadt bot sich nicht nur wegen ihrer geographischen Lage an der Zentrallinie als Beobachtungsort der Finsternis an, sondern auch wegen der historischen Bedeutung: Kanyakumari markiert den Zusammenfluss des Indischen Ozeans, des Arabischen Meers und des Golfs von Bengalen. Wenige hundert Meter vor der Küste im Meer liegt die indische Pilgerstätte Sri Pada Pari, ein Felsen, auf dem der Sage

nach die Göttin Kumari ihren Fußabdruck hinterlassen hat. Direkt daneben erhebt sich auf einem anderen Felsen die 40,5 Meter hohe Statue des tamilischen Heiligen Thiruvalluvar. Diese beiden Monumente im Meer boten am 15.1.2010 eine wundervolle Kulisse für die längste ringförmige Sonnenfinsternis des Jahrtausends, die über Afrika, Indien und China stattfand (vgl. interstellarum 66).

Wetterglück

Für Kanyakumari wurde auf der Basis von Wetteraufzeichnungen eine Sichtbarkeit von 72% prognostiziert, bei einem hohen Sonnenstand zum Zeitpunkt der Totalität. Und tatsächlich konnten die einzelnen Pha-

sen der ringförmigen Sonnenfinsternis trotz zeitweise durchziehender leichter Bewölkung sehr gut beobachtet werden. Die partielle Phase der Finsternis, die mit dem 1. Kontakt um 11:06 Uhr bei einer Sonnenhöhe von 54,4° über dem Horizont begann, war beim Durchzug leichter Bewölkung in weiten Teilen uneingeschränkt zu beobachten. Als besonders ästhetisch erwies sich mit zunehmender Verfinsterung auch die Sonnenfleckengruppe AR 11040 (die größte seit 2006), die am 15. Januar am östlichen Rand der Sonne noch sichtbar war und gut beobachtet werden konnte. Während der am Beobachtungsort immerhin noch zehn Minuten und acht Sekunden dauernden ringförmigen Phase zwischen 13:10 und 13:20 Uhr zogen

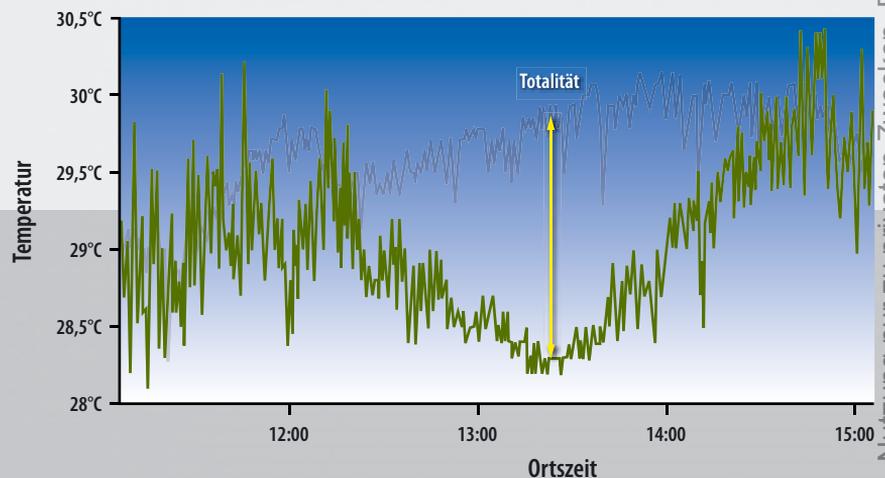


▲ **Abb. 2: Sequenz der Finsternis zwischen dem 1. und 4. Kontakt.** Deutlich ist zu sehen, wie der Sonnenfleck AR 11040 vom Mond verdeckt wird. Digitalfoto, 90/1000mm-Maksutov.

► **Abb. 3: Die Aufnahmeanordnung mit DSLR und 90mm-Maksutov auf EQ2-Montierung.** Die Wasserflaschen sind als Gegengewicht eingesetzt. Auf dem Teleskop ist ein Lux-Meter installiert, um die Veränderungen der Beleuchtung zu dokumentieren (a). Mit einem WeatherTracker wurden Temperaturdaten aufgezeichnet (b).



► **Abb. 4. Die Temperatur während der Finsternis am 15.1.2010.** Der Vergleich mit den Daten des Vortags zur gleichen Zeit (graue Linie) zeigt, dass die Temperatur während der Totalität um ca. 1,5° hinter dem zu erwartenden Wert zurückbleibt.



vor der ca. 59° hoch stehenden Sonne einige größere Wolken vorbei, die auch den Blick auf den leuchtenden Sonnenring beim 3. Kontakt einschränkten; dies gab der Szenerie jedoch gleichzeitig eine dramatische Note. Dank des vom Meer her kontinuierlich wehenden Windes wurden die Wolken bis zum 4. Kontakt und dem Ende der Sonnenfinsternis um 15:05 Uhr aufgelöst bzw. weitergetrieben, so dass der größte Teil der zweiten partiellen Phase wieder vor einem weitestgehend wolkenlosen Himmel stattfand.

Temperaturmessung

Während der gesamten rund vierstündigen Sonnenfinsternis wurden auch alle

20 Sekunden Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windstärke gemessen, wie bei meteorologischen Messungen üblich, in einer Höhe von zwei Metern und zudem 20 Zentimeter über dem Boden. Die Lufttemperatur sank zwischen dem 1. Kontakt um 11:06 Uhr und 2. Kontakt um 13:10 Uhr von 29°C auf 28,5°C, während die Sonnenhöhe in der gleichen Zeit von 54° auf 59° über dem Horizont anstieg. Dem mit steigender Sonnenhöhe zu erwartenden Temperaturanstieg stand also eine etwa gleich große Temperaturminderung durch die Verfinsterung der Sonne (und die zeitweise durchziehende Bewölkung) gegenüber. Während der ringförmigen Phase zwischen 13:10 und 13:20 Uhr sank die Lufttemperatur auf etwa 28,3°C, zum 4. Kontakt

um 15:05 Uhr stieg sie wieder auf 29,7°C an, während gleichzeitig die Sonnenscheibe zunehmend wieder vom Mond freigegeben wurde und die Sonne von 58° auf 47° über dem Horizont sank.

Den während der Finsternis gemessenen Daten wurden die Daten des gleichen Zeitraums vom Vortag gegenübergestellt; so zeigt sich der Temperaturverlauf, der ohne Verfinsterung zu erwarten gewesen wäre. Es wird deutlich, dass die während der Totalität gemessene Temperatur rund 1,7° unter der zu erwartenden Temperatur lag. Der in der Literatur immer wieder erwähnte Temperaturabfall während einer Sonnenfinsternis konnte also auch bei der ringförmigen Finsternis beobachtet und dokumentiert werden.

Zwei Jahre H α -Relativzahl

Ein erster Rückblick

VON MICHAEL DELFS, MARTIN HÖRENZ UND ARNO HESSE

Seit einigen Jahren sind für den Amateur erschwingliche H α -Sonnenteleskope auf dem Markt. In erster Linie ist hier das PST (Personal Solar Telescope) der Firma Coronado zu nennen, mit dem bereits für einige hundert Euro alle Erscheinungen der Chromosphäre relativ problemlos erfasst werden können – auch wenn die Auflösung und die Halbwertsbreite begrenzt sind. Auf dieses kleine Gerät abgestimmt hat interstellarum im Jahr 2008 ein Programm für Beobachter der H α -Sonne ins Leben gerufen: die H α -Relativzahl.

Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit wurden in der Vergangenheit Beobachtungen im H α -Bereich von Amateuren nicht systematisch ausgewertet. Es existieren zwar verschiedene Maßzahlen, wie z.B. die Protuberanzenrelativzahl [1], jedoch erfassen diese nur eine Art der Erscheinungen, zurückgehend auf die früher üblichen Protuberanzenansätze, mit denen die Sonnenoberfläche nicht beobachtet werden konnte. Mit der Verbreitung der neuen preiswerten Oberflächenfilter war die Zeit reif für ein neues Sonnenbeobachtungsprogramm.

Die H α -Relativzahl

Eine Maßzahl, die bereits mit kleinen Instrumenten wie dem PST bestimmt werden kann und darüber hinaus alle wichtigen Erscheinungen – Protuberanzen, Filamente und Chromosphärische Fackeln (Plages) – berücksichtigt, wurde in interstellarum von Peter Völker vorgestellt [2]. Er schlägt vor, alle Aktivitätszentren, gleich ob aus Protuberanzen, Filamenten oder Fackeln bestehend, die auch als Herde (h) bezeichnet werden, unabhängig von den auftretenden Einzelscheinungen zu zählen und abschließend mit 10 zu multiplizieren. Es ergibt sich somit eine einfache Formel für die H α -Relativzahl (vgl. Kasten):

$$R_{H\alpha} = 10 \cdot h$$

Die Beobachtungsergebnisse werden seit Anfang 2008 auf der Webseite www.interstellarum.de gesammelt. Bereits im ersten Jahr der Datensammlung konnten über 1000 Beobachtungen vermerkt werden.

Starke Streuung

Die Praxis des Programms hat jedoch aufgezeigt, dass die Ergebnisse bereits für einen einzelnen Tag sehr stark schwanken, obwohl das Beobachtungsprogramm ausschließlich an Amateure gerichtet ist, die mit einem PST beobachten. Mit dem Aufkommen weiterer H α -Teleskope, z. B. der Firma Lunt Solar Systems, die ebenfalls kompakte Instrumente mit Öffnungen z.B. von 35mm und 60mm anbietet, sowie vielen Selbstbauten unter Verwendung von PST-Komponenten entstand außerdem der Wunsch, das Programm für andere Instrumente zu öffnen.

Das Problem der durch verschiedene Instrumente auftretenden Streuung der H α -Relativzahlen zeigte sich auch bei einem »Praxistest« auf der Tagung der Fachgruppe Sonne 2009 (Abb. 2). Ein PST (40mm Öffnung) wurde dazu einem H α -Filter von Lunt mit 90mm Öffnung gegenüber gestellt. Fast alle Tagungsteilnehmer zeichneten die Sonne im PST und bestimmten zu Vergleichszwecken die H α -Relativzahl. Manche taten dies danach auch mit dem größeren Lunt-Teleskop. Dabei zeigte sich, dass die Bestimmung der H α -Relativzahl von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird, so sind beispielsweise das inhomogene Bild des PST, das Protuberanzen bzw. Oberfläche nicht überall gleich gut zeigt, oder die Verkippung des Filters per Stellschraube, die entweder die Randerscheinungen oder die Oberflächendetails hervortreten bzw. verschwinden lässt, störend. Auch machten sich die Stabilität der Montierung und die Luftunruhe störend bemerkbar. Die Erfahrung des Beobachters

Abb. 1: Auch im Minimum der Sonnenaktivität lohnt sich die H α -Beobachtung, denn fast immer sind wenigstens einige kleinere Aktivitätsgebiete vorhanden, wie am 31.1.2010.

und die Benutzung eines lichtundurchlässigen Tuches über dem Kopf beim Blick in das Okular, um das störende Sonnenlicht der Umgebung vom H α -Bild im Auge abzuhalten und so den Kontrast stark zu erhöhen, taten ihr Übriges. Auftretende Cirruswolken oder dünne Bewölkung minderten den Kontrast und sorgten für geringere Werte als bei klarem Himmel. Wegen der wenigen Aktivitätsgebiete auf der Oberfläche überwogen die Protuberanzen zahlenmäßig und beeinflussten die Streuung der Werte – und zwar bei beiden Instrumenten.

Eine Möglichkeit, diese Streuung zu kompensieren stellt die Einführung eines Korrekturfaktors für die H α -Relativzahl dar, wie dieser auch bei der Bestimmung der herkömmlichen Relativzahl für Beobachtungen im Weißlicht verwendet wird.

Auswertung

Der Versuch einer Auswertung wurde erstmals nach dem »Praxistest« durch Andreas Bulling präsentiert. Er zeigte, dass im Gegensatz zum Beginn des Relativzahlnetzes der Fachgruppe Sonne für Weißlicht-Beobachtungen (1977) kein einzelner Beobachter notwendig ist, auf den alle weiteren Beobachtungen bezogen werden, wenn für ein erstes Auswertintervall ein iteratives Verfahren zur Bestimmung der persön-

MARIO WEIGAND

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

Bestimmung der H α -Relativzahl

1. Schritt

Für die H α -Relativzahl werden die dunklen Filamente und die hellen Fackeln (Plages) vor der Sonnenscheibe sowie die hellen Protuberanzen am Sonnenrand berücksichtigt. Nicht gezählt werden Sonnenflecken, einzelne Spikulen und einzelne Verdickungen in der H α -Granulation!

2. Schritt

Machen Sie sich die Lage des Sonnenäquators klar. Schalten Sie dazu die Nachführung des Teleskops aus. Die Lage des Äquators ist je nach Jahreszeit verschieden, eine Ansicht der Sonnenscheibe mit Äquator können Sie mit einem Jahrbuch ermitteln.

3. Schritt

Zählen Sie die Aktivitätsherde. Mehrere Filamente, Plages und Protuberanzen in unmittelbarer Nähe, insbesondere wenn sie parallel oder leicht geneigt zum Äquator angeordnet sind, werden als ein Herd gezählt. Als Einzelherd gilt ebenfalls eine einzelne Protuberanz bzw. Filament oder Plage.

den. Die Abdeckung beträgt damit mehr als 80%. Die besten Resultate wurden dabei aufgrund der längeren Sonnenscheindauer im Sommerhalbjahr erzielt. So war z. B. vom 17.3. bis zum 5.8.2008 kein Fehltag zu verzeichnen (142 Tage), während im Februar 2009 nur 15 von 28 möglichen Tagen (54%) abgedeckt werden konnten. Dieser Wert wird nur von den 13 Beobachtungen im Januar 2008 unterschritten. Die Daten aus diesem Zeitraum sind von den Autoren rückwirkend aus vorhandenen Zeichnungen der Sonne bestimmt worden, da die Veröffentlichung zur H α -Relativzahl erst im April 2008 erfolgte [2].

Die Sonnenaktivität ist im Licht der H α -Linie im Gegensatz zum Weißlicht deutlicher ausgeprägt. So konnten im genannten Zeitraum bei jeder Einzelbeobachtung mindestens ein Aktivitätszentrum registriert werden. Das »Auf und Ab« der Weißlicht-Relativzahlen fällt im H α -Bereich offensichtlich deutlich geringer aus, wenn die Monatsmittel betrachtet werden. Aber auch bei der H α -Relativzahl sind Schwankungen erkennbar. Auffällig

Mittel der Korrekturfaktoren des vorhergehenden Zeitraumes und des aktuellen errechnet:

$$k_{\text{neu}} = 0,5 \cdot (k_{\text{alt}} + k_{\text{aktuell}})$$

Das gleiche Verfahren wurde auch für das 1. Halbjahr 2009 verwendet und stellt die Basis für zukünftige Auswertungen dar.

Ergebnisse

Die Monatsmittel und die Anzahl der Beobachtungen sind in der Abb. 3 dargestellt. Aus den 1588 eingesandten Beobachtungen konnte an 453 von 547 möglichen Tagen eine H α -Relativzahl ermittelt wer-

Wie entsteht ein Regenbogen?

Es kann sich wohl niemand dem Reiz entziehen, welchen der Anblick eines Regenbogens bietet. Neben dem Farbenspiel sieht man zahlreiche weitere Effekte. Ein Regenbogen entsteht durch Sonnenlicht – in seltenen Fällen auch durch Mondlicht – welches in Regentropfen eintritt, dort gebrochen und in seine Spektralfarben zerlegt wird. Das gebrochene Licht fällt auf die Tropfen-Innenwand, wird reflektiert und tritt unter erneuter Brechung in einer anderen Richtung wieder aus dem Tropfen aus. Die Farbanteile, die ein Be-

trachter sieht, stammen aus unterschiedlichen Tropfen von verschiedenen Stellen des Himmels. Genau genommen sehen zwei Beobachter niemals denselben Regenbogen: Einen Meter weiter links stehend sieht man Licht aus den Regentropfen, die sich am Himmel ebenfalls einen Meter weiter links befinden.

Das Zentrum des Bogens liegt stets genau der Sonne gegenüber. Er bildet einen Kreis mit 40° Innen- und 42° Außenradius – sein Radius entspricht also etwa der Ausdehnung zweier gespreizter

Hände nebeneinander. Da das Sonnenlicht auf einen Wasservorhang scheinen muss, ist der Regenbogen normalerweise nicht unterhalb des Horizontes zu sehen. Dies bedeutet, dass die Sonne theoretisch nicht höher als 42° stehen darf, damit man dieses Phänomen überhaupt wahrnehmen kann. Deshalb sieht man Regenbögen meist morgens oder abends. Abendliche Erscheinungen sind übrigens häufiger, da gegen Abend die Regenwahrscheinlichkeit steigt. Die Farben im Regenbogen sind nach Wellenlängen geordnet: Innen Violett und Blau, gefolgt von Blau, Grün, Gelb über Orange zu Rot, welches ganz außen liegt.

Je niedriger die Sonne am Himmel steht, umso höher und prächtiger ist der Regenbogen. Bei sehr tief stehender Sonne verschwinden die violetten, blauen und schließlich auch grünen Anteile, da das Licht der Sonne zunehmend rötter wird und diese Anteile kaum noch enthält.

Einige Lichtstrahlen treten an einem Punkt in den Tropfen ein, der eine zweimalige Reflexion im Inneren zulässt. Durch diese Strahlen bildet sich ein zweiter, schwächerer Bogen mit 50° Innen- bzw. 54° Außenradius. Dessen Spektralfarben sind umgekehrt angeordnet, die roten An-

Abb. 1: Sechs Regenbögen über Norwegen: Zwischen Primär- und Sekundärbogen ist ein dritter, kurzer Bogen zu sehen. Dieser rührt von Licht her, welches zuerst vom See reflektiert wurde. Alle drei Bögen werden vom See gespiegelt, so dass insgesamt sechs Stück im Bild zu sehen sind.



Foto: O. Nordvik / NASA

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

ist eine scheinbare Korrelation der Anzahl der Beobachtungstage und der Aktivität (vgl. Abb. 3). Ob diese durch die geringe Kulminationshöhe der Sonne in den Wintermonaten erklärt werden kann oder ob hier ein Zusammenhang mit einer kürzeren Aktivitätsperiode der Sonne (vgl. [3]) gefunden werden kann, muss im Moment Gegenstand folgender Auswertungen bleiben.

Jeder kann mitmachen

In jedem Fall bleibt es spannend – das Einsenden der Beobachtungen lohnt sich nach wie vor! Das Projekt der H α -Relativzahl bietet neue Möglichkeiten, Untersuchungen zur Sonnenaktivität durchzuführen und mit anderen Indizes zu vergleichen. Besonders interessant wird es, wenn in vielleicht zwei Jahren ein erster sinnvoller Vergleich mit der Weißlicht-Relativzahl erfolgen kann – dann sollte sich die Sonnenaktivität auf einem höheren Niveau wiederfinden, so dass auch kurzfristige Effekte und Schwankungen besser miteinander verglichen werden können!

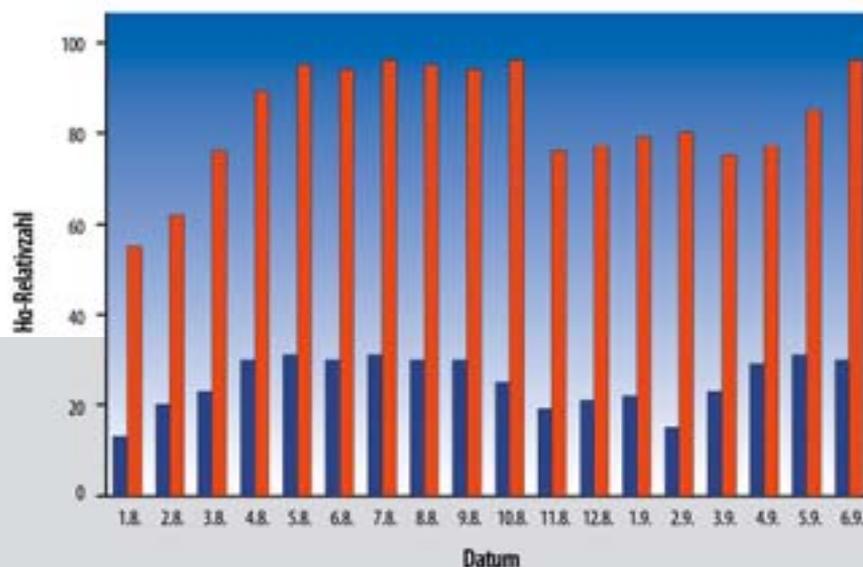


Abb. 3: H α -Relativzahlen im Zeitraum Januar 2008 bis Juni 2009 (Rot: Monatsmittel; Blau: Anzahl der Beobachtungen)

- [1] Reinsch, K. et al.: Die Sonne beobachten; Sterne und Weltraum, Hühig, Heidelberg (1999)
 [2] Völker, P.: Die H α -Relativzahl; interstellarum 57, 36 (2008)

- [3] Hörenz, M.: Ein einjähriger Sonnenfleckenzyklus? SONNE 110, 34 (2004)

teile liegen innen. Dieser Sekundärbogen ist viel seltener zu sehen. Es lohnt sich jedoch, gezielt danach Ausschau zu halten.

Die Himmelhelligkeit innerhalb des Bogens ist deutlich höher als außerhalb. Dieser Effekt ist recht unbekannt, aber ziemlich auffällig. Das Licht im Inneren entstammt Tropfendurchläufen, deren Farben sich überlagern und wieder weiß ergeben. Für den Sekundärbogen mit seinen umgekehrten Farben geschieht dies auch, allerdings außerhalb des Bogens. Deshalb erscheint der Himmel zwischen den Bögen auffällig dunkel. Dieser Bereich wurde erstmals durch Alexander von Aphrodisias beschrieben und wird deshalb »Alexanders dunkles Band« genannt.

Von hohen Gebäuden aus kann man auch unterhalb des Horizontes auf einen Wasservorhang blicken. Der Regenbogen erscheint dann auch unter der Horizontlinie und kann somit mehr als einen Halbkreis umfassen. Ein vollständiger Kreis kann von Flugzeugen aus ge-

sehen werden: Genau im Zentrum des Regenbogens befindet sich der Schatten des Flugzeugs.

Regenbögen entstehen an Wassertropfen und Licht jeder Herkunft. Auch mit einem Gartenschlauch kann man feinen sprühenden Wassernebel erzeugen und sieht in ihm einen Regenbogen. Obwohl diese Tropfen sehr nahe sind, erscheint der Bogen immer als unendlich weit entfernt. Auch der Mond ist in der Lage, einen Bogen zu bilden. Unsere Augen sind aber zu unempfindlich für die schwachen Farbeindrücke, so dass man dieses Phänomen als einfarbig beobachtet.

Alle Erscheinungen lassen sich recht einfach fotografieren. Sehr nützlich ist ein möglichst starkes Weitwinkelobjektiv, damit große Teile des Bogens in das Bild passen. Man sollte die Kamera auf unendlich stellen, kann aber die Kamera-Automatik für die Belichtung benutzen. Zusätzliche Aufnahmen mit gezielter Unterbelichtung erhöhen die Ausbeute an ästhetisch ansprechenden Bildern.

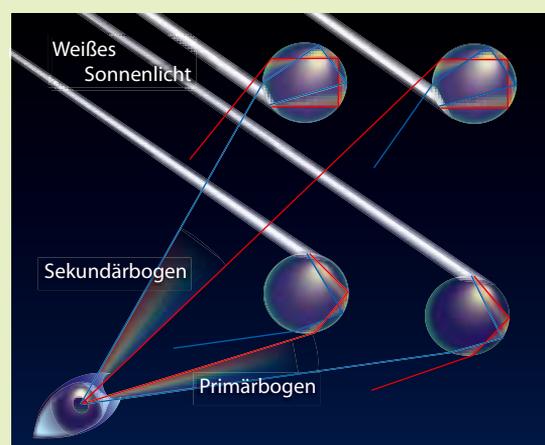


Abb. 2: Brechung und Reflexion der Lichtstrahlen in Wassertropfen, wodurch der Primär- und Sekundärbogen sowie die Farbverteilung in ihnen entstehen.

Surftipps

Fachgruppe Atmosphärische Erscheinungen:

www.meteoros.de

Atmosphärische Phänomene:

www.schremmer.de/Atmosphäre/atmosphäre.html

Zwei Täler und ein Meer

Der Süd-Ost-Quadrant des Mondes

VON WILFRIED TOST



Abb. 1: Der Südost-Quadrant des Mondes wird dominiert von großen Kratern und zwei auffälligen Tälern. Markiert sind die Stationen des Mondspaziergangs.

THILO SCHRAMM

Südlich des Mare Fecunditatis und Mare Nectaris bis zum Mondrand finden sich keine großen Ebenen mehr, sondern dieses Gebiet ist mit Kratern geradezu gesättigt. In dieser Region sollte man unbedingt eine gute Mondkarte oder eine aufbereitete Übersichtsaufnahme konsultieren. Das einzige Mare (Mare Australe) werden wir zum Abschluss des Mondspazierganges kennen lernen.

Abb. 2: Der große Krater Petavius ist durch seine vom Zentralberg zum Rand verlaufende Rille ein besonders attraktives Ziel.



MARE WEGANO

Die Sichtbarkeitsperiode für die Objekte bei diesem Mondspaziergang beginnt kurz nach Neumond und endet in den Tagen nach Vollmond. Die Hänge der teilweise tiefen Krater und der beiden großen Täler im Südosten des Mondes sind besonders gut bei niedrigem Sonnenstand zu erkennen. Ideal hierfür sind ca. drei Tage und vier bis fünf Tage nach Neumond sowie der 17 Tage alte Mond (kurz nach der vollen Phase). Auch bei hohem Sonnenstand gibt es schöne Ansichten!

Petavius

Am südöstlichen Rand des Mare Fecunditatis befindet sich eines der beliebtesten Objekte der Mondbeobachter: **Petavius** ist ein riesiges Ringgebirge von 188km Durchmesser und besitzt einen riesigen Zentralberg sowie eine auffällige Rille, die vom Zentrum in gerader Linie bis an den Kraterand reicht. Der Zentralberg erreicht nach aktuellen Messungen bis zu 5000m Höhe. Auf Aufnahmen bei flach einfallender Sonne kann man feststellen, dass die Spitze des Zentralberges über den Kraterand hinaus ragt, denn diese wird selbst dann beleuchtet, wenn der gesamte Boden von Petavius im Dunklen liegt. Einige Zeit vorher kann man am Abendterminator

einen stetig wachsenden und breiten Schatten auf dem gegenüberliegenden Ostwall ausmachen. Die Gesamttiefe bzw. Gesamthöhe von Petavius beträgt 4900m.

Die **Rille im Petavius**, die nach Südwesten zeigt, ist ungewöhnlich breit und gerade. Sie wurde bereits 1788 von Schröter in einem 2ⁿ-Refraktor entdeckt. Es gibt immer noch keine befriedigende Theorie, wie sie wohl entstanden sein mag. Im Norden befinden sich auf dem Kraterboden dunkle pyroklastische Ablagerungen, die aber meist nur schlecht im Teleskop zu sehen sind; hier muss man ggf. eine fotografische Aufnahme bemühen. Unmittelbar am Westrand von Petavius liegt das auffällige Ringgebirge **Wrottesley** (57km). Es hat den Wall seines größeren Nachbarn an dieser Stelle leicht verändert und überprägt, was bei lokalem Sonnenuntergang im Mondalter von etwa 17 Tagen deutlicher zu erkennen ist als bei Sonnenaufgang. Auch Petavius ist drei Tage nach Vollmond besonders plastisch zu erkennen. Wie so häufig, gibt es auch an dieser Stelle auf dem Mond ein Merkmal, welches nur in einer kurzen Zeitspanne durch einen günstigen Schattenwurf sichtbar wird. Nördlich von Wrottesley wird ein kleines »x« sichtbar, welches von vielen Fotos bekannt ist, aber in keinem der alten gezeichneten Mondatlan-

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken

Ebbe und Flut

Drei Dinge sind erforderlich für Ebbe und Flut:

1. Ein globaler flüssiger Ozean um einen der beiden Körper.
2. Ein ausreichend großer zweiter Körper (Mond), um einen Gezeitenberg zu erzeugen.
3. Eine nicht gebundene Rotation für den Körper mit dem flüssigen Ozean.

Dann wird sich der Körper mit der in den Gezeitenberg gezwungenen Flüssig-

keit durch diese Flüssigkeit drehen und dadurch einen Wechsel von niedrigem und hohem Flüssigkeitsstand verursachen. Den Wechsel von Hochwasser zu Niedrigwasser nennen wir Ebbe, den Wechsel von Niedrigwasser zu Hochwasser nennen wir Flut.

Die Erde kennt Ebbe und Flut, weil sie einen Wasserozean besitzt, der durch die Gezeitenwirkung des (großen) Mondes zwei »Berge« und »Täler« ausprägt und sich die Erde beständig durch diesen hindurch dreht.

Selbst unter der Annahme Mars und Pluto besäßen einen flüssigen Ozean, würden keine Gezeiten entstehen: Mars dreht sich zwar, seine kleinen Monde können aber keinen wesentlichen Gezeitenberg ausbilden. Pluto besäße wegen seines Mondes Charon zwar einen Gezeitenberg, aber er befindet sich in gebundener Rotation mit Charon und dreht sich somit nicht durch diesen Flüssigkeitsberg hindurch.

ten (Mädler, Goodacre, Neison, Fauth, ...) enthalten ist.

Zwei Täler

Von Petavius aus soll ein kurzer Abstecher genau zum Mondrand gewagt werden. Die hier liegende Wallebene **Humboldt** ist meist nur schwer auszumachen. Sie hat eine Ausdehnung von 207km, liegt aber so ungünstig am Rand, dass sie nur erkennbar ist, weil sie einen hellen Boden besitzt, der in einer dunkleren Umgebung liegt.

Westlich von Petavius finden wir zwei geradlinige Strukturen, die senkrecht zum Nectaris-Becken verlaufen. Sie rechtfertigen einen langen und intensiven Blick. Das erste und weniger auffällige dieser beiden Täler beginnt eine Kraterbreite westlich von Petavius und ist nach dem dort liegenden Krater **Snellius** benannt, durch den hindurch sie verläuft: **Vallis Snellius** besitzt eine Länge von 592km und ist weniger ein ausgeprägtes Tal als vielmehr eine stark verwitterte Einsenkung, in der viele Sekundärkrater aus der Entstehung des Nectaris-Beckens liegen. Die beste Sichtbarkeit hat man bei niedrigem Sonnenstand, bevorzugt einige Tage nach Vollmond. Die recht kleinen Sekundärkrater sind besser zu erkennen, wenn man auf einem Foto den Kontrast extrem verstärkt. Auf Höhenkarten ist die Vertiefung deutlich zu erkennen, aber im Teleskop ist dies längst nicht so einfach zu sehen. Doch aufgrund der ausgeprägten Fähigkeit zur Mustererkennung kann unser Auge und Hirn das Tal auch bei schwierigen Beleuchtungsbedingungen noch ausmachen.

Eine Kraterlänge entfernt in Richtung Südwest befindet sich der nur unwesentlich kleinere **Stevinus** (74km), der ein Zwilling von Snellius sein könnte. Allerdings besitzt er einen schönen Zentralberg von 2400m Höhe, der bei Snellius nicht vorhanden ist.

Mondformationen im Südost-Quadrant

Name	Typ	Breite	Länge	Colongitude	Größe/Länge	Höhe	Rükl
Mare Australe	Meer	-52,0°	95,0°	*	319000km ²		76
Petavius	Ringgebirge	-25,1°	60,4°	296°-303°	188km	4900m	59
Rimae Petavius	Rillen	-25,9°	58,9°	300°-302°	80km		59
Wrottesley	Krater	-23,9°	56,8°	303°	57km	3420m	59
Humboldt	Wallebene	-27,2°	80,9°	*	207km	4550m	60
Snellius	Krater	-29,3°	55,7°	303°-306°	83km	3820m	59
Vallis Snellius	Tal	-31,1°	56,0°	296°-313°	592km		59
Stevinus	Krater	-32,5°	54,2°	305°-307°	74km	3700m	69
Furnerius	Wallebene	-36,3°	60,4°	297°-302°	125km	4430m	69
Rheita	Krater	-37,1°	47,2°	312°-314°	70km	3640m	68
Vallis Rheita	Tal	-42°	51°	311°-315°	445km	2570m	68
Young	Krater	-41,5°	50,9°	309°-310°	72km	3650m	68

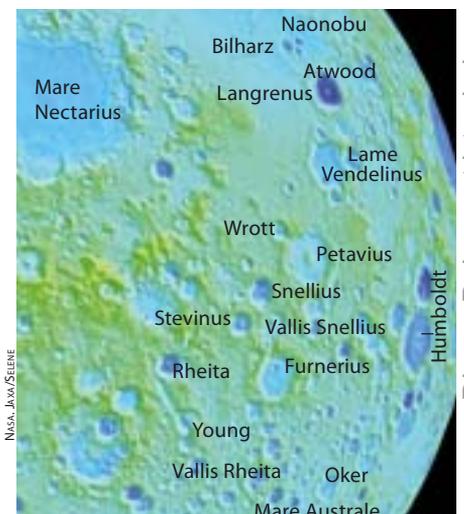
* Librationsgebiet

Stevinus und Stevinus A sind die Ausgangspunkte für ein helles Strahlensystem, das um Vollmond deutlich hervortritt. Dadurch wird die Sichtbarkeit in dieser Gegend deutlich erschwert, zumal dann kaum noch Schatten auftreten und der Helligkeitskontrast ungünstig ist. Südlich von Stevinus liegt noch der mit 125km gut doppelt so große **Furnerius** mit dem 22km messenden inneren Krater Furnerius B. Dieser runde Fleck auf dem mit großen dunklen Gebieten überzogenen Kraterboden zieht die Aufmerksamkeit des Beobachters sofort auf sich. In seiner Mitte befindet sich ein kleiner Zentralberg, aber es ist eine große Herausforderung, ihn zu erkennen. Unübersehbar ist jedoch der langgezogene schmale Schatten seines westlichen Kraterandes wenige Tage nach Vollmond, wodurch Furnerius ausgesprochen plastisch erscheint.

Abb. 3: Die Höhenkarte der japanischen Mondsonde Kaguya zeigt die Landschaft südlich des Mare Nectaris.

Vallis Rheita

Das berühmte **Vallis Rheita** ist auf gar keinen Fall zu übersehen. Der 70km große Krater **Rheita** am nördlichen Ende hat dem Rheita-Tal seinen Namen gegeben. Dieses Tal ist wesentlich einfacher und deutlicher zu erkennen als das Vallis Snellius. Es sieht aus wie eine breite Schramme, die senkrecht vom Nectaris-Becken hinweg verläuft. Ihre



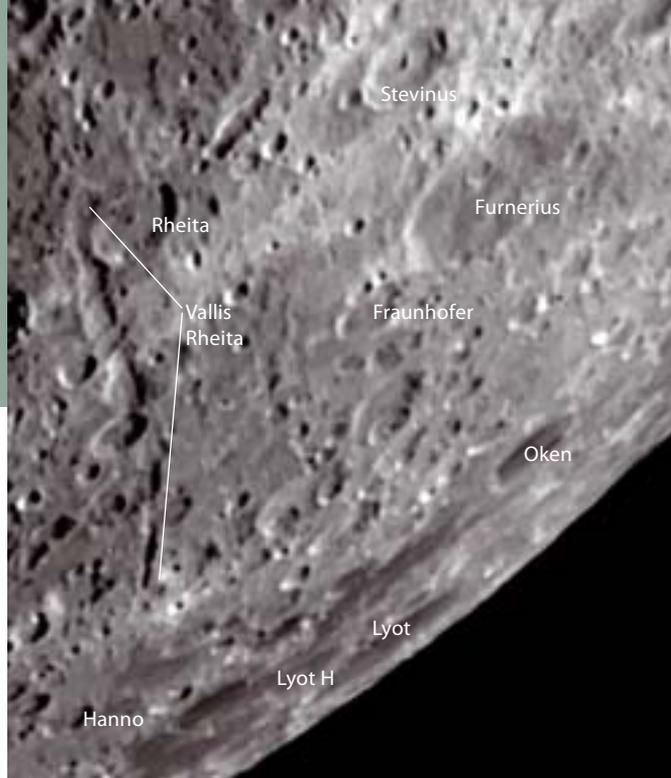


Abb. 4: Das Mare Australe liegt direkt am Rand der von der Erde aus einsehbaren Mondhälfte und ist deshalb nur schwer zu beobachten.

Herkunft ist offensichtlich mit dessen Entstehung verknüpft. Die 445km lange und im Mittel um 2500m tiefe Riefe berührt mehrere Krater. Der größte und augenfälligste von ihnen ist wohl der 72km große **Young**, der eine lichte Höhe von 3650m erreicht. Er ist leicht von den anderen Kratern zu unterscheiden, da sich in seinem Inneren der 13km große Young A befindet, der mit 2570m recht tief ist und deshalb bei fast jedem Sonnenstand einen Schatten wirft.

Mare Australe

Folgt man dem Vallis Rheita bis zum Mondrand, so trifft man hier auf das einzige Mare im Südosten des Mondes. Am besten erkennt man es 4 bis 5 Tage nach Neumond. Von der Erde aus betrachtet liegt es unmittelbar am Mondrand und ist durch die perspektivische Verzerrung nur als schmale Fläche zu erkennen. Das Mare erstreckt sich bis auf die Rückseite, ist aber dort auch nicht wesentlich eindrucksvoller, vor allem, weil es nicht als gleichförmiges dunkles Gebiet, wie die anderen Maria der Vorderseite, sondern eher wie ein grober Flickenteppich erscheint. Von der Fläche her ist es vergleichbar mit dem Mare Fecunditatis, das zur selben Zeit wesentlich deutlicher sichtbar ist. Das **Mare Australe** liegt zwar in einer ungünstigen Randlage, ist jedoch nicht unbedingt schwierig zu beobachten. Auf seiner Grundfläche befinden sich mehrere runde Krater, die als dunkle Flecken erscheinen und unterschieden werden können. Die genaue Identifizierung dieser Objekte ist jedoch schwierig und eine gute Karte ist dringend angeraten. Von Ost nach West versuche man die Krater Oken, Lyot, Lyot H und Brisbane Z zu finden – durchaus eine kleine Herausforderung.

[1] Jaumann, R., Köhler, U.: Der Mond: Entstehung – Erforschung – Raumfahrt, Fackelträger-Verlag, Köln (2009)

Surftipps

Höhendaten von Kaguya:

wms.selene.jaxa.jp/3dmoon_e/index_e.html

Mondzeichnungen verschiedener Beobachter:

www.asod.info/?cat=9

Das Universum in einer Hand

Teil 1: iPhone-Anwendungen für Sonnen- und Planetenbeobachter

VON ULLRICH DITTLER

Die Zeiten als Mobiltelefone nur telefonieren konnten, sind schon lange vorbei: Handys haben sich zwischenzeitlich zu echten »Fototelefoninternetallesverbindern« entwickelt. Aber nicht nur als Kommunikationsinstrumente fungieren so genannte »Smartphones«, sondern zunehmend auch als Kleincomputer, für die es zahlreiche Anwendungen gibt. Einige dieser Anwendungen sind auch für Astroamateure sehr interessant; in diesem ersten Teil geht es um Anwendungen für Sonnen- und Planetenbeobachter.

Die technischen Entwicklungen und die Geschwindigkeit, mit der sich Mobiltelefone zu einem Massenmedium entwickelt haben, sind enorm: Was in den 1990er Jahren als unhandliches Statussymbol für einen Manager begann, ist heute unter dem neudeutschen Namen »Smartphone« als »Schweizer Messer der Kommunikationselektronik« in vielen Schul- und Aktentaschen

zu Hause. Das derzeitige Vorzeige-Gerät in dem stark umkämpften Markt ist zweifellos das iPhone von Apple. Alleine für dieses Gerät gab es zum Jahreswechsel nach Brancheninformation rund 120000 verschiedene Anwendungen – so genannte Applications, kurz »Apps«. Diese Programme erfreuen sich steigender Beliebtheit: Seit der Einführung des Apps-Store im Sommer 2008 wurden weltweit mehr

als 2,5 Millionen Dateien heruntergeladen. Den Download koordiniert (und verrechnet) Apple über seine Software iTunes. iTunes gliedert dabei das unüberschaubare Angebot in zwanzig verschiedenen Kategorien (von »Bildung« bis »Wirtschaft«) und ermöglicht zudem eine gezielte Suche nach Themen. Der Download der teilweise kostenpflichtigen Programme auf das angeschlossene iPhone oder einen ange-

Abb. 1: Astronomische Anwendungen auf dem Handy sind mehr als eine Spielerei – will man zum Beispiel wissen, ob es sich lohnt die Sonne zu beobachten. Besitzer des iPhone von Apple können aus einer ganzen Reihe von Anwendungen für ihr Gerät wählen.



geschlossenen iPod touch geschieht dann innerhalb weniger Minuten.

RealSun

Für Amateurastronomen, die die Sonne im H α - oder Kalzium-Licht beobachten wollen – aber auch für Sonnenfleckenbeobachter – kann das kleine Programm »RealSun« (von Karim Dhanani) eine große Hilfe sein. Das Programm stellt Bilder des gemeinsam von ESA und NASA betriebenen SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) auf dem iPhone oder iPod touch dar: Neben vier Bildern des EIT (Extreme ultraviolet Imaging Telescope), die mit unterschiedlichen Parametern gewonnen werden (30,4nm (rot dargestellt), 28,4nm (gelb), 19,5nm (grün) und 17,1nm (blau)) stehen auch Kontinuum- und Magnetogramm-Bilder des MDI (Michelson Doppler Imager) und die LASCO-C2- und -C3-Bilder des Large Angel Spectrometric Coronagraph zur Verfügung. Erfreulich ist, dass die Bilder ohne Zeitverzögerung direkt von der entsprechenden offiziellen Homepage zur Verfügung stehen und in einer Auflösung von immerhin 1024×1024 Pixel auf das iPhone übertragen werden – so dass durch Vergrößerung auch zahlreiche Details in den Aufnahmen sichtbar werden, die in der Übersichtsdarstellung auf dem kleinen iPhone-Display (320×480 Pixel) sonst nicht erkennbar sind. Der Anwender kann die Reihenfolge der Darstellung der einzelnen Abbildungen nach Belieben konfigurieren – so dass der engagierte H α -Beobachter beispielsweise direkt nach dem Starten des Programms auf einen Blick sieht, ob es sich lohnt sein PST aufzubauen.

Solar Monitor

Auch die Anwendung Solar Monitor stellt die aktuellen SOHO-Bilder zur Verfügung – darüber hinaus bietet das von Thomas Ebbert liebevoll gestaltete Programm jedoch noch zahlreiche weitere Informationen. Es versteht sich als mobiles Sonnenobservatorium und ist in vier verschiedene Bereiche aufgeteilt: Monitor, Teleskop, Vorhersage und Diagramme. »Monitor« bietet nicht nur Zugriff auf die aktuellen SOHO-/EIT-Bilder, sondern zudem auf die Statusanzeige der aktuellen solaren Röntgenstrahlung, die Statusanzeige der Erdmagnetfeld-Schwankungen, Weltraumwetter-Warnungen, die Sonnenwindgeschwindigkeit, die Röntgenstrahlung, ein aktuelles Mauna Loa-Bild, den planetaren K-Index sowie Daten des Boul-

der NOAA Magnetometer vom NOAA Space Environment Center. Die jeweiligen Grafiken und Bilder können ebenfalls bis zur vollen Auflösung von 1024×1024 Pixel vergrößert werden – darüber hinaus ist eine Funktion zum lokalen Abspeichern der Bilder auf dem iPhone implementiert.

Im Bereich »Teleskop« ist der Blick durch ein Teleskop auf die Sonne simuliert, wobei der Anwender wählen kann, ob er das aktuelle Kontinuum- oder Magnetogramm-Bild des MDI oder das LASCO-C2- bzw. LASCO-C3-Bild sehen möchte. Die in diesem Bereich ebenfalls angebotene grafische Darstellung der Polarlicht-Aktivitäten ist zwar aufschlussreich, aber im Bereich »Teleskop« nur bedingt passend untergebracht.

Unter »Vorhersage« sind die Vorhersagen des Weltraum-Wetters und der geophysikalischen Aktivitäten zusammengefasst, sowie die prognostizierten und die tatsächlich gemessenen planetaren Kp-Indizes im Vergleich grafisch dargestellt. Die grafische Darstellung aktueller Messwerte (Röntgenstrahlung, Magnetometer, Elektronenfluss etc.) setzt sich auch im Bereich »Diagramme« fort und ist dort ebenfalls durch den Anwender individuell bearbeitbar. Recht hilfreich – und daher erwähnenswert – ist die ergänzende textliche Beschreibung der gezeigten Daten und Informationen, die dem Anwender deren Interpretation erleichtern.

StarQuake

Weniger Informationen zum aktuellen Zustand und Anblick der Sonne, als vielmehr detaillierte und beeindruckende Zeitraffervideos von Aktivitäten der Sonne sind die Inhalte des Programms »StarQuake«. Die Anwendung vereint vierzehn rund 30- bis 90-sekündige Videos, die von der offiziellen NASA-Website stammen: Die Zeitraffer von Eruptionen im H α -Licht, von der Entwicklung von Sonnenflecken, der Drehung der Sonne, des Venustransits etc. sind hierbei erfreulicherweise durch informative und erklärende Texte ergänzt. Eine Besonderheit der Anwendung besteht darin, dass insgesamt fünf der Videos für

die stereoskopische Betrachtung mit einer Rot-Grün-Brille aufbereitet wurden und so auch einen räumlichen Eindruck der gezeigten Ereignisse ermöglichen. Die Zugriffsmöglichkeit auf die aktuellen SOHO/EIT-Bilder rundet diese informative Anwendung ab.

Total Solar Eclipses

Erstaunlich viele Anwendungen gibt es auch zum Thema Sonnenfinsternisse; diese sind jedoch auf ganz unterschiedlichem inhaltlichen Niveau und mit unterschiedlicher Zielsetzung entwickelt: Eine echte Hilfe für alle Interessierten ist »Total Solar Eclipses« von Pietro Massimino. Das Programm beinhaltet alle 287 totalen und ringförmigen Sonnenfinsternisse zwischen 1900 und 2100 (zudem sind in der aktuellen Version die Mondfinsternisse zwischen 1999 und 2030 mit zentralen Daten – Beginn, Dauer und Ende der Finsternis, Anteil der bedeckten Fläche des Mondes etc. – enthalten). Die Darstellung der einzelnen Sonnenfinsternisse in Total Solar Eclipses ist erfreulich umfangreich und informativ, aber auch sehr anschaulich aufbereitet: Zu jeder Finsternis sind nicht nur die notwendigen Zeit- und Verlaufsangaben sowie die geographischen Angaben enthalten, sondern ergänzend hierzu ist auch eine Animation beinhaltet, die den Verlauf der Finsternis zeigt. Die dieser Animation zugrunde liegende geographische Position kann dabei vom Betrachter verändert werden. Außerdem kann der jeweilige Finsternispfad auf GoogleEarth-Karten dargestellt werden, so dass sich für Finsternistouristen

Abb. 2: Die Sonne lässt sich mobil überwachen mit den Programmen »RealSun« (a) und »Solar Monitor« (b).



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

schnell die Frage klärt, welche Länder ggf. als Reiseziele in Betracht kommen.

Solar Eclipse

Es gibt auch negative Beispiele von Anwendungen, die ihr Geld nicht wert sind: »Solar Eclipse« (iMobilepedia) enthält neben einem einzigen (!) Bild einer totalen Sonnenfinsternis (leider ohne jegliche Informationen zu Aufnahmedatum, -ort und Bildautor) nur kurze Textfragmente, die von der engl. Wikipedia-Seite zu Sonnenfinsternissen herunterkopiert wurden, ohne dass sich Dominic Pezzuto, der Anbieter dieser Anwendung, lange mit einer angemessenen Formatierung des Textes aufgehalten hätte. Ein Blick auf die Wikipeidiaseite offenbart auch, dass auch das verwendete Bild von dort stammt (es handelt sich um ein in Frankreich gewonnenes Foto der Sonnenfinsternis vom 11.8.1999). Solar Eclipse (iMobilepedia) ist eine liebevolle Zusammenstellung von Textteilen, die ihr Geld nicht wert ist.

Eclipse 722

»Eclipse 722« von Cliff Liu kann man nicht vorwerfen zu wenig Bild-/Videomaterial zu verwenden; ganz im Gegenteil: Die Anwendung überfrachtet das iPhone mit unglaublichen 130MB Videodaten. Es handelt sich dabei um fünf Bilder und zwei Videosequenzen der Finsternis vom 22.7.2009, die in Wuhan entstanden sind. Die erste Videosequenz zeigt (in den relevanten Bildteilen meist überbelichtet) die Wolken um die Sonne herum, die zweite Videosequenz zeigt einen Blick aus einem Hochhaus heraus auf eine Straßenschlucht und dokumentiert die sich ändernden

Lichtverhältnisse. Bedauerlich ist dabei, dass der Autor den Bildern keine einzige Zeile erklärenden Text spendiert hat (auch Aufnahmeort und -zeit erfährt der interessierte Anwender nicht in der Anwendung, sondern nur auf der Website des Autors). Erschreckend ist aber vor allem die Bildqualität der Aufnahmen: Fehlerhafte Belichtungseinstellungen und permanente Wackler machen die zehn- bzw. zwölf-minütigen Videos völlig unansehnlich.

SolarEclipseSoft

Die dritte Anwendung im Bunde der nicht empfehlenswerten Programme zu Sonnenfinsternissen ist »SolarEclipseSoft«. Die Anwendung enthält nichts anderes als 36 verschiedene Bilder unterschiedlicher Sonnenfinsternisse. Die Bilder (die teilweise von erschreckend schlechter Qualität sind) sind aus dem Internet zusammenkopiert und werden ohne jede Erklärung (Aufnahmedatum, Aufnahmeort, Bildautor etc.) zum Durchblättern angeboten.

Fazit: Es ist nicht immer leicht, die Juwelen im reichhaltigen Angebot zu finden. Solche Juwelen gibt es aber auch für Planetenbeobachter:

The Solar System

»The Solar System« bietet einen grafisch sehr ansprechend aufbereiteten und animierten Überblick über die Planeten des Sonnensystems. Nicht nur die Eigenschaften (Größe, Entfernung von Sonne und Erde, chemische Zusammensetzung etc.) der einzelnen Planeten sowie deren Monde werden vorgestellt, sondern – und dies stellt einen informativen Mehrwert dar – auch die verschiedenen Weltraum-

missionen, die mit der Erkundung des jeweiligen Planeten betraut waren und sind. Erfreulich umfangreich ist hierbei die Sammlung der Bilder der Planetenmonde und der Sonden; die jeweilige textliche Beschreibung ist jedoch leider sehr knapp geraten. Dass vom Programm aus direkt die entsprechenden Webseiten der NASA und die Fotosammlung des Jet Propulsion Laboratory (JPL) ebenso aufgerufen werden können wie die passenden Wikipedia-Seiten sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

PlanetFacts, Planeten und Planet

Die Programme »PlanetFacts«, »Planeten« und »Planet« verfolgen jeweils einen ähnlichen Ansatz und bieten grundlegende Informationen zu den Objekten unseres Sonnensystems. PlanetFacts bietet darüber hinaus zwei hübsche grafische Darstellungen der Größenverhältnisse und der Verhältnisse der Abstände zwischen den Planeten. Planeten hingegen stellt die Sichtbarkeit der einzelnen Planeten anschaulich dar und erlaubt es die Planeten zu rotieren, so dass man sie von allen Seiten betrachten kann. Die ähnlich benannte Anwendung Planet hingegen zeigt den Lauf der Planeten um die Sonne in einer Animation an, und lässt den Anwender hierzu jeden beliebigen Zeitpunkt wählen.

Atlanten für Mars und Venus

Während die genannten Programme für Planetenbeobachter vor allem Überblickswissen und nette Animationen zu den Planeten des Sonnensystems bereithalten, gibt es für Venus und Mars auch einzelne Anwendungen, die nur jeweils einen Pla-

Abb. 3: »StarQuake« (a) bietet beeindruckende Filme der Sonnenaktivität, während man mit »Total Solar Eclipses« (b) Sonnenfinsternisse simulieren kann.

Abb. 4: Hauptsächlich Sammlungen von Finsternisfotos unterschiedlicher Qualität bieten »Solar Eclipse« (a), »Eclipse 722« (b) und »SolarEclipseSoft« (c).



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



Abb. 5: Mit der Anwendung »The Solar System« kann man die Bewegungen der Planeten auf dem iPhone nachvollziehen.

neten behandeln und dabei mit teilweise beeindruckenden Informationen und Abbildungen aufwarten. »Venus Atlas« von Julian James stellt in einem dreidimensionalen Globus die verborgene Oberfläche der Venus dar. Der Anwender kann den Planeten nicht nur beliebig drehen und vergrößern, sondern sich auch das Koordinatensystem und die Beschriftung der einzelnen Formationen anzeigen lassen. Hilfreich für eine detaillierte Auseinandersetzung mit den über 2000 verzeichneten Oberflächenformationen der Venus ist die Suchfunktion, die auch eine Sortierung und Gruppierung aller Objekte enthält. Da die Oberfläche der Venus bedingt durch die dicke Wolkenschicht nicht sichtbar ist, ist die ergänzende Ansicht der aktuellen Phasengestalt des Planeten eine sinnvolle Hilfe für Beobachter.

Von Julian James ist zudem unter dem Namen »Mars Atlas« eine gleichartige – und ebenfalls empfehlenswerte – Anwendung für den Roten Planeten erhältlich. Und auch die Anwendung »Mars Globe« von Michael Howard stellt dem Anwender einen 3D-Globus des Planeten Mars mit mehr als 1500 verzeichneten Oberflächen-

Astronomie-Anwendungen für das Apple iPhone			
Programm	Ergänzende Website zum Programm	Preis	Größe
RealSun	–	2,39€	0,7MB
Solar Monitor	www.solarmonitor.eu	2,39€	1,3MB
Total Solar Eclipses	www.newty.it/TotalSolarEclipses/index.html	1,59€	7,6MB
StarQuake	www.magnificentlibrary.com/apps.html	0,79€	80MB
Solar Eclipse von iMobilepedia	www.binarymoustache.com/apps.html, Link: iMobilepedia	0,79€	0,6MB
Eclipse722	www.cliffliu.com/iPhone/Eclipse_722.html	2,39€	130MB
SolarEclipseSoft	–	0,79€	5MB
The Solar System	orb11.com/software/au	1,59€	5,4MB
PlanetFacts	ineedcoffeetocode.com/planetfacts.html, Website stellt die erweiterte (und kostenpflichtige) »Plus-Version« vor	kostenlos	4,5MB
Planeten	–	0,79€	0,3MB
Venus Atlas	www.horshamonline.com/venusatlas	2,39€	7,8MB
Mars Atlas	www.horshamonline.com/marsatlas	4,99€	7,1MB
Mars Globe	midnightmartian.com/MarsGlobe	2,39€	114MB
Mars Envi	www.we-envision.com/Page.asp?NavID=106	0,79€	3MB
Eclipse Clock	–	1,59€	0,7MB

strukturen zur Verfügung, zu denen der Anwender sich ergänzende Informationen als Text abrufen kann. In den genannten Programmen findet der Anwender zahlreiche Informationen und Darstellungen, die bis vor kurzer Zeit nur Experten zugänglich waren!

Wer weniger an detaillierten Informationen und mehr an beeindruckenden Fotos des Planeten Mars interessiert ist, für den ist die Anwendung »Mars Envi« einen Blick wert: Das Programm beinhaltet tausende von Fotos, die im Rahmen der verschiedenen Mars-Missionen entstanden sind. Die Fotos sind nach den einzelnen Missionen sortiert und können als selbstablaufende Fotoshows präsentiert werden.

Der positive Eindruck der umfangreichen Bildersammlung wird durch die fehlenden textlichen Erklärungen und durch die teilweise unverständlich langen Ladezeiten der einzelnen Bilder getrübt.

Fazit

Die Anzahl der Anwendungen, die inzwischen für das iPhone entwickelt wurden, ist beeindruckend – und es sind auch einige nützliche und hilfreiche Programme für Amateurastronomen darunter. Die Anwendung, die ich in den letzten Wochen am häufigsten auf meinem iPhone aufgerufen habe, war jedoch Eclipse Clock; eine zugegeben für Amateure nur begrenzt hilfreiche Anwendung. Eclipse Clock ist im Grunde nichts anderes als eine Uhr, die die aktuelle Uhrzeit als totale Sonnenfinsternis darstellt – eine ästhetisch sehr schöne Anwendung, die sicherlich unter den Sonnenbeobachtern einige Freunde gewinnen wird.

Im nächsten Teil: Anwendungen für Mondbeobachter und elektronische Sternkarten

Abb. 6: Kartendaten der inneren Planeten liefern »Venus Atlas« (a), »Mars Atlas« (b) und »Mars Globe«.

Abb. 7: Eine nette Spielerei ist »Eclipse Clock«, eine simple Uhr mit Finsternismotiv.



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

In Form gebracht

Herstellung optischer Komponenten für Teleskope

VON CHRISTOPH GERHARD UND STEPHANIE WIENECKE

Im April 1990 wurde das Hubble Space Telescope nach langjähriger Entwicklungs- und Bauzeit in die Erdumlaufbahn gebracht. Jedoch schon bald stellte sich heraus, dass die Abbildungsqualität dieses Teleskops nicht den Berechnungen und Theoriewerten entsprach. Der Grund dafür war eine Abweichung der Krümmung des Hauptspiegels um $2,5\mu\text{m}$. Erst drei Jahre später und unter erheblichem finanziellen Mehraufwand konnte dieser durch eine Messungengenauigkeit bei der Fertigung verursachte Fehler mithilfe der COSTAR-Korrekturoptik behoben werden.



Abb. 1: Ob groß oder klein – jede Linse ist ein Präzisionswerkstück.

Anhand dieses Beispiels wird die Notwendigkeit der Einhaltung vorgegebener Toleranzen, Spezifikationen und Messroutinen bei der Fertigung optischer Komponenten deutlich. Am Anfang der Entstehung eines optischen Systems wie beispielsweise eines astronomischen Teleskops stehen dessen Entwicklung und Berechnung mittels Simulationsprogrammen [1]. Wichtige Parameter wie Lichtstärke, Abbildungsleistung, Vergrößerung und die Auslegung der optischen und mechanischen Komponenten werden hierbei ermittelt und festgelegt. In diesem Zuge wird auch der Einfluss von Fertigungstoleranzen auf die spätere Leistung des optischen Systems berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Vorarbeit ist eine Fertigungszeichnung, nach welcher die einzelnen Komponenten hergestellt, geprüft und gegebenenfalls montiert werden.

Aus eckig wird rund: Rohteilfertigung

Das Rohmaterial optischer Komponenten, hochwertiges und hochreines Glas wird von den Glasherstellern meist in Block- oder Barrenform geliefert. Diese Glasblöcke werden in der feinoptischen Vorfertigung durch das Verfahren des Trennschleifens in Platten geschnitten. Das hierbei verwendete Werkzeug ist mit einer Tischkreissäge vergleichbar, das Sägeblatt ist jedoch mit einer Beschichtung aus Diamantkörnern in einer Kunststoff- oder Buntmetallbindung versehen. Die Schnittkante muss bei der Bearbeitung mit einem Schmiermittel, einer Emulsion aus Öl und Wasser gekühlt werden. Dieses Kühlschmiermittel hat zudem die Aufgabe, den bei der Bearbeitung anfallenden Glasstaub abzutransportieren.

Aus den so gewonnenen Glasplatten werden anschließend Quader, deren Kantenmaß in etwa dem Außendurchmesser der zu fertigenden Linse entspricht, geschnitten. Diese Quader werden nun mit so genannten Grobkitten, zumeist Mischungen aus Wachs, Kolophonium und Harzen, zu Stapeln verkittet. Danach folgt das Rundschleifen. Dieser Fertigungsschritt gleicht dem mechanischen Drehen oder dem Drehseln bei der Holzbearbeitung. Die rechteckigen Stapel werden –wieder unter Zuhilfenahme eines Diamantwerkzeuges und der Zufuhr von Kühlschmiermittel – zu runden Stäben geschliffen. Nach dem Lösen des Kittes erhält man durch das Rundschleifen somit runde Glasplatten, die eigentlichen Rohlinge von Linsen und Rundspiegeln.

Von grob zu fein: Schleifen

Die durch das Rundschleifen gefertigten Rohlinge, Glasplatten mit zwei parallelen Planflächen erhalten durch das Formschleifen ihre gekrümmte sphärische Oberfläche. Dazu werden die Rohlinge in einem Werkstückträger per mechanischem Druck (bei Spannzangen), pneumatischem Unterdruck (bei Vakuumfuttern) oder durch Grobkitt befestigt. Nun folgt das Vorschleifen mittels eines Ring-, bzw. Topfschleifwerkzeugs. Dieses besteht aus einem offenen Zylinder mit einer Diamantschneidkante und wird unter einem bestimmten Win-

kel auf den Glasrohling angesetzt. Durch Vorschub und Rotation von Schleifwerkzeug und Werkstück wird so, wie in Abb. 2 dargestellt, unter Zufuhr von Kühlschmiermittel die sphärische Oberfläche der Linse an den Rohling geschliffen. Auf dieses Vorschleifen folgt anschließend ein weiterer Schleifvorgang, das Feinschleifen. Die hierbei verwendeten Schleifwerkzeuge weisen eine verringerte Diamantkorngröße auf, um die Rauheit der Linsenoberfläche zu reduzieren und polierfähig zu machen. Zudem werden bei diesem Arbeitsschritt vollflächig auf der Linsenoberfläche aufliegende Werkzeuge, so genannte »Schalen« verwendet, welche in einer Schwenkbewegung (Oszillation) auf der Werkstückoberfläche geführt werden, wie Abb. 3 verdeutlicht. Diese Werkzeuge können mit Schleifpellets besetzt oder mit einer Diamantbindung versehen sein. Durch die vollflächige Auflage haben Erschütterungen, hervorgerufen etwa durch Schwingungen der Schleifmaschine, einen geringeren Einfluss auf die Qualität der Oberflächenform als beim Vorschleifen mittels Topfschleifwerkzeugen. Durch die manuelle oder maschinelle Steuerung der Rotationsgeschwindigkeiten von Werkzeug und Werkstück, den Ausschlag der Schwenkbewegung, der Bearbeitungsdauer sowie des Bearbeitungsdrucks wird bei diesem Arbeitsschritt die polierfähige Oberflächenform und -rauheit erreicht. Dazu kann auch ein anderes Schleifverfahren, das Läppen, angewendet werden. Hierbei kommt ein vollflächiges Werkzeug aus Gusseisen zum Einsatz. Der eigentliche Materialabtrag wird, wie in Abb. 4 dargestellt, durch das Läppmittel, einer Mischung aus Wasser und Schleifkörnern, meist Korund, erreicht [2]. Das Läppen, per Definition Schleifen mit ungebundenem Korn, findet besonders bei der Herstellung hochpräziser Optikoberflächen Verwendung.

Für den richtigen Durchblick: Polieren

Durch das Feinschleifen erhält eine optische Komponente sei-



ne polierfähige Oberflächenform und -rauheit. Der darauf folgende Fertigungsschritt, das Polieren, gleicht in seinen Grundzügen dem Läppen. Als Poliermittel kommen dabei Oxide, beispielsweise Eisenoxid oder Titanoxid, mit unterschiedlichen Korngrößen zum Einsatz, welche mit Wasser und gegebenenfalls weiteren Zusätzen zu einer dünnflüssigen Paste angerührt werden (s. Abb. 5) [2]. Das Polierwerkzeug besteht aus einem Grundkörper, auf dem der so genannte Poliermittelträger aufgebracht wird. Dabei handelt es sich in der Regel um eine Polyurethan- oder Polyethylenfolie [3]. Für höchste Qualitätsansprüche wird der Poliermittelträger aus Pech, meist einer Mischung aus Kolophonium und Bitumen, angefertigt. Polierpeche stellen die klassischen Poliermittelträger dar und werden seit vielen Jahrzehnten in der Feinoptikfertigung verwendet. Beim Polierprozess wird die Rauheit der Glasoberfläche durch Materialabtrag, Materialverschiebung und weitere chemische und mechanische Vorgänge bis auf wenige Nanometer oder – in Abhängigkeit des verwendeten Poliermittels – sogar Bruchteile von Nanometern reduziert, die Oberfläche wird somit durchpoliert. Zudem wird bei diesem Prozess der Radius der sphärischen Linsenoberfläche, wie beim Läppen oder Feinschleifen, durch die Steuerung der Rotationsgeschwindigkeiten, des Oszillationsausschlags, der Bearbeitungsdauer und des Bearbeitungsdrucks auf seine endgültige Sollform innerhalb der vorgegebenen Toleranzen gebracht. Dabei ist darüber hinaus darauf zu achten, dass die Linsenoberfläche

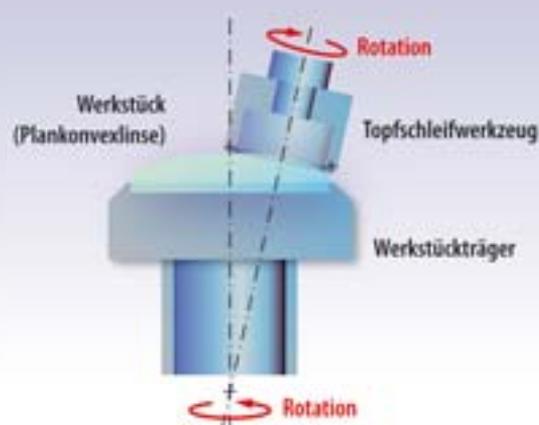


Abb. 2: Beim Vorschleifen wird durch Vorschub und Rotation von Schleifwerkzeug und Werkstück unter Zufuhr von Kühlschmiermittel die sphärische Oberfläche der Linse an den Rohling geschliffen (links). Rechts ist der schematische Aufbau eines Ring-, bzw. Topfschleifwerkzeugs skizziert. Entscheidend für den Radius der Linsenoberfläche ist der Winkel zwischen Werkzeug- und Werkstückachse (gestrichelte Linie).

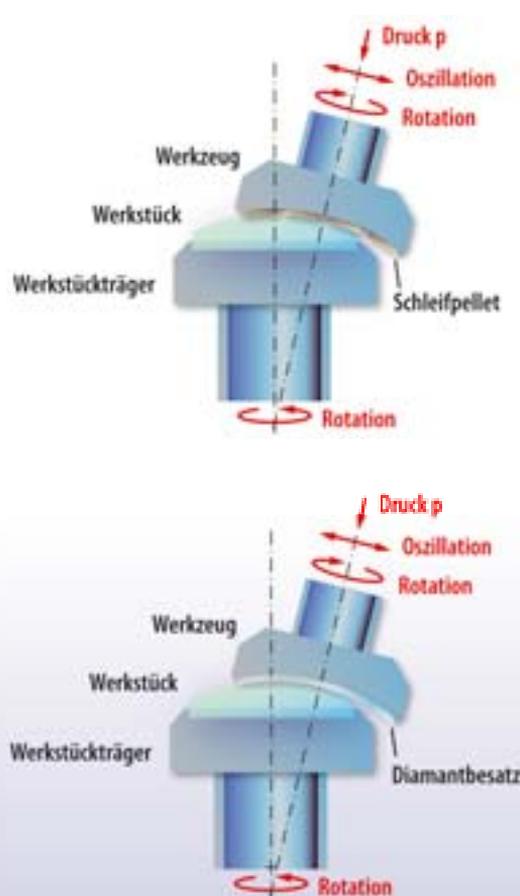


Abb. 3: Feinschleifen einer Plankonvexlinse mittels Schleifwerkzeugen mit Diamantpellets (oben) oder vollflächig beschichtetem Diamantwerkzeug (unten).

Linsen selbst schleifen und polieren

Um leistungsstärkere Teleskope entwickeln und fertigen zu können, erlernte Galilei seinerzeit eigens das Schleifen und Polieren optischer Komponenten. Für Versuche zur Eigenfertigung empfiehlt es sich, eine bereits verrundete, dicke Glasplatte im Fachhandel, etwa bei einem Glaser oder Glaskontor zu erwerben, da das Runds Schleifen mit handelsüblichen Mitteln nur sehr schwer zu bewerkstelligen ist. Zudem ist dieser Fertigungsschritt aufgrund der hohen benötigten Umdrehungsgeschwindigkeiten des Werkzeugs mit Gefahren, etwa durch sich lösende Glassplitter verbunden. Bei der Auswahl des Rohlings sollte das Verhältnis dessen Durchmessers und Dicke zum geplanten Sollradius der optischen Oberfläche berücksichtigt und vorab berechnet werden.

Zum Vor- und Feinschleifen im Eigenbauversuch eignet sich die Verwendung unterschiedlich gekörnten Schleifpapiers. Mit einer sehr groben Körnung beginnend kann so der Oberflächenradius sukzessive an den Rohling angeschliffen werden. Dabei ist auf eine stetige und ausreichende Schmierung mit Wasser und etwas Öl zu achten, welche den Schleifvorgang beschleunigt und eine höhere Qualität der geschliffenen Oberfläche zur Folge hat. Der Glasrohling kann wie auch in der industriellen Handfertigung mit Siegelack auf einem Holzstab fixiert werden. Dabei ist besonders vorsichtig vorzugehen, da der heiße Siegelack einerseits Verletzungsgefahren birgt und andererseits den Glasrohling zum Platzen bringen kann. Mithilfe eines solchen Holzstabs lässt sich die Linse nun im Schleif- und später im Polierwerkzeug führen.

Als Werkzeuggrundkörper kann eine sphärisch ausgehöhlte Holz- oder Metallschale dienen, in die kleine Abschnitte des jeweiligen Schleifpapiers ähnlich der in Abb. 3 erläuterten Pellets eingeklebt

werden. Dabei sollte das Verhältnis der mit Schleifpapier bedeckten Werkzeugfläche zu der freien Fläche etwa 3 zu 1 betragen. Das Schleifen mit grober Körnung (z.B. 90er-Schleifpapier) sollte so lange erfolgen, bis die gesamte Oberfläche des Rohlings einen geschliffenen Radius aufweist. Es empfiehlt sich, zur Erlangung erster Ergebnisse einen sehr flachen Radius zu wählen, da die gesamte sphärische Linsenoberfläche in diesem Fall schneller angeschliffen werden kann. Ausgehend von einer planen Rohlingsoberfläche ist hierbei im Vergleich zu einem sehr stark gekrümmten Radius zu einem sehr stark gekrümmten Radius weniger Materialabtrag nötig. Nichtsdestotrotz erfordern das Vor- und Feinschleifen von Glas viel Geduld und Ausdauer. Auch sollte für erste Versuche ein konvexer Linsenradius gewählt werden. Da ein konvexer Radius mit einem konkaven Hohlwerkzeug geschliffen wird, erleichtert die Randaufklage des Werkzeugs auf dem Rand des Rohlings diesen Fertigungsschritt erheblich. Für den letzten Schleifschritt eignet sich ein Nassschleifpapier mit einer sehr feinen Körnung (z.B. 4000er Schleifpapier), um eine sehr geringe Oberflächenrauheit zu erreichen. Dadurch wird der nachfolgende Polierprozess erheblich erleichtert und verkürzt. Während aller Phasen des Schleifens ist aufgrund der Verletzungsgefahr mit besonderer Vorsicht vorzugehen, da hierbei kleine Glassplitter und scharfe Kanten entstehen können.

Das Polieren stellt den komplexesten Schritt der Feinoptikfertigung dar und erfordert wie das Vor- und Feinschleifen ein hohes Maß an Geduld und Ausdauer. Dennoch lassen sich mit einfachen Mitteln auch hierbei Erfolge erzielen. Um die matte, geschliffene Linsenoberfläche im Selbstbauversuch zu polieren, kann, wie im vorangegangenen Kapitel erläutert, auf einen Werkzeuggrundkörper aus Holz oder Metall zurückgegriffen werden. Anstelle der vorab beschriebenen Schleifpapierabschnitte wird beim Polieren jedoch

ein feines Medium als Poliermittelträger benötigt. Dazu eignet sich besonders Filz, welches auch in der industriellen Feinoptikfertigung in Einzelfällen Verwendung findet. Als Poliermittel können für erste Versuche im Eigenbau Politur für Autolack oder Reiniger für Glaskeramikkochfelder zum Einsatz kommen. Bessere Ergebnisse werden allerdings mit im Fachhandel erhältlichen Poliermitteln erzielt, welche mit Wasser zu einer dünnflüssigen Paste angerührt werden. Diese Paste kann mit einem Pinsel auf die Linsenoberfläche aufgetragen werden. Beim Polierprozess sind hohe Drücke erforderlich, daher ist das durch den Druck verdrängte Poliermittel stetig zu ersetzen.

Der Poliermittelfilm zwischen Glas und Filz sollte nicht zu dick sein, da ansonsten aufgrund des Gleiteffektes, in etwa vergleichbar mit Aquaplaning, durch den fehlenden Kontakt des Werkzeugs zum Werkstück nur ein geringer Materialabtrag erfolgt. Wird hingegen zu wenig Poliermittel verwendet, kann die Reibung zwischen Glas und Filz Kratzer auf der Glasoberfläche verursachen. Wie das Runds Schleifen ist das Zentrieren im Eigenbau ohne die dafür erforderlichen Maschinen und Werkzeuge nahezu nicht zu bewerkstelligen. Für eine im Eigenbau hergestellte Optik kann der Zentrierfehler jedoch durch deren Justage in einer Halterung bei der Montage ausgeglichen werden. Auch der Amateur kann seine Teleskopoptik selbst prüfen. Dazu wurde zu Beginn der 1970er Jahre von Karl-Ludwig Bath ein kostengünstiges Interferometer vorgestellt, welches mit einfachen Mitteln im Eigenbau realisiert werden kann [4] (vgl. Surftipps).

Die Beschichtung einer optischen Oberfläche mit einer metallischen Spiegelschicht wird von zahlreichen Herstellern optischer Komponenten als kostengünstige Dienstleistung angeboten, da es sich hierbei um Standardschichten handelt (vgl. Surftipps).

nach dem Polieren keine Defekte wie Kratzer oder Löcher aufweist. Diese drei Parameter, die Qualität der Politur, die Oberflächenform (=Passe) und die Sauberkeit müssen daher stetig überprüft und gemessen werden. Dabei erfolgt die Prüfung der Polierqualität und der Sauberkeit meist visuell, die Passe hingegen wird unter Zuhilfenahme von so genannten Probegläsern oder mittels Interferometern kontrolliert.

Der letzte Schliff: Zentrieren

Nach Vorschleifen, Feinschleifen und Polieren weisen optische Linsen fertigungsbedingt Abweichungen der mechanischen Achse ihres Randzylinders zur optischen Achse auf. Dieser Winkelfehler würde in einem gefassten optischen System wie einem Teleskop zu erheblichen Abbildungsfehlern führen. Daher folgt auf

das Polieren das Zentrieren. In diesem Fertigungsschritt wird eine Linse entlang ihrer optischen Achse, welche durch die Scheitelpunkte ihrer Krümmungsradien verläuft, justiert und fixiert. Anschließend wird der Randzylinder beigeschliffen. Das Justieren kann auf mehrere Arten erfolgen. Am gebräuchlichsten ist neben der Technik des Laserzentrierens (Ausrichten der optischen Achse einer Linse mittels Laser-

strahlung) das in Abb. 6 dargestellte Glockenspann-Zentrieren. Hierbei wird die mit Öl benetzte Linse zwischen zwei Zylinderschneiden gespannt. Durch den Spanndruck erfolgt eine automatische Ausrichtung der optischen Achse entlang der Drehachse der Zentriermaschine. Durch das anschließende Schleifen des Randzylinders können Zentriergenauigkeiten von einigen Winkelminuten, in manchen Fällen sogar Winkelsekunden erreicht werden.

Soll-Ist-Vergleich: das Messen

Das klassische Messmittel zur Prüfung der Oberflächenform optischer Komponenten ist das Probeglas. Hierbei handelt es sich um einen Glaskörper, dessen Oberfläche nahezu der mathematisch idealen Form, bei einer sphärischen Linse also der Kugelform, mit dem erforderlichen Sollradius entspricht. Wird ein solches Probeglas auf die zu prüfende Linsenoberfläche gelegt, so kommt es in dem entstehenden Luftspalt zwischen Probeglas und Prüfling zu Interferenzen. Dabei überlagern sich die in diesem Luftspalt durch Lichteinstrahlung und Reflexion aufeinander treffenden Lichtwellen, das Resultat sind farbige Streifen oder Ringe. Diese nach dem britischen Physiker benannten Newton-Ringe lassen Rückschlüsse auf Formtreue und Oberflächenfehler des Prüflings zu. Eine Gefahr bei diesem Prüfverfahren liegt in der möglichen Beschädigung von Probeglas und Prüfling, da zwischen beiden Flächen ein physischer Kontakt besteht. Nicht zuletzt aus diesem Grund werden in der modernen Feinoptikfertigung rechnergestützte Interferometer eingesetzt, welche zwar auf dem gleichen physikalischen Effekt der Überlagerung von Lichtwellen und deren Auslöschung und Verstärkung beruhen, aber berührungslos arbeiten.

Spezifiziert werden die Toleranzen optischer Komponenten gemäß DIN ISO 10110. In dieser Norm sind auch die Materialqualitäten der verwendeten optischen Gläser wie Einschlüsse, Blasen, Schlieren etc. angegeben. Die aus fertigungstechnologischer Sicht wichtigsten Toleranzangaben werden durch die Zeichnungskennziffern 3/, 4/ und 5/

Abb. 4: Ein weiteres Schleifverfahren ist das Läppen, das Schleifen mit ungebundenem Korn. Das Läppmittel, eine Mischung aus Wasser und Schleifkörnern, meist Korund, sorgt dabei für den Materialabtrag. Die schrittweise Verwendung unterschiedlich feiner Korundkörnungen sorgt für einen hochwertigen Feinschliff.

dargestellt. Kennziffer 3 beschreibt dabei die maximal zulässige Abweichung des Prüflings von der mathematisch idealen Form, angegeben in Newton-Ringen und gemessen in Bezug auf eine Prüfwellenlänge. Dieser Wert wird auch als Passe bezeichnet. Die Kennziffer 4 spezifiziert den maximal zulässigen Zentrierfehler, also den maximalen Winkelfehler zwischen der optischen Achse und der mechanischen Achse des Randzylinders des jeweiligen optischen Bauteils. Die maximale Anzahl und Größe der Oberflächenfehler in mm^2 wird durch die Kennziffer 5 angegeben. Des Weiteren werden in Fertigungszeichnungen zulässige Oberflächenrauigkeiten, Poliergüten, Beschichtungen und Prüflflächen spezifiziert. Erst wenn diese Vielzahl eng definierter Toleranzen erfüllt ist, werden optische Komponenten zur Beschichtung und anschließenden Montage zu Gesamtsystemen weitergegeben.

Veredelt: optische Beschichtungen

Moderne optische Elemente sind in der Regel mit einer optischen Beschichtung, einer so genannten Vergütung, versehen. Dabei kann es sich u.a. um Antireflexschichten (Entspiegelungen), Polarisationschichten, Strahlteilerschichten oder Spiegelschichten handeln. Beim Beschichtungsvorgang wird das Beschichtungsmaterial wie beispielsweise Aluminium, Silber oder Magnesiumfluorid in Vakuumkammern verdampft. Dieser Materialdampf setzt sich dann auf der Oberfläche des zu beschichtenden optischen Bauteils ab und bildet eine dünne Schicht, deren Dicke für die Funktion ausschlaggebend ist und meist einige hundert Nanometer beträgt.

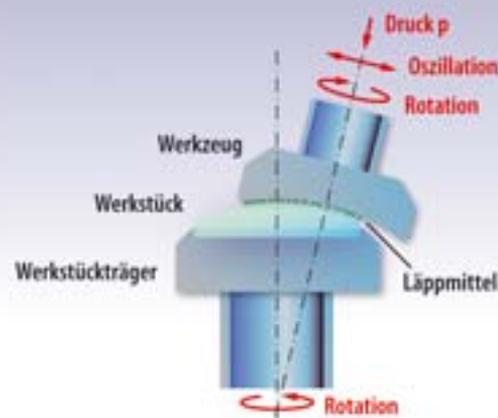


Abb. 5: Polieren mehrerer konvexer Linsen auf einem Träger. Als Poliermitteln werden Oxide (z.B. Eisenoxid oder Titanoxid) mit unterschiedlichen Korngrößen, die mit Wasser und gegebenenfalls weiteren Zusätzen zu einer dünnflüssigen Paste angerührt werden, verwendet.

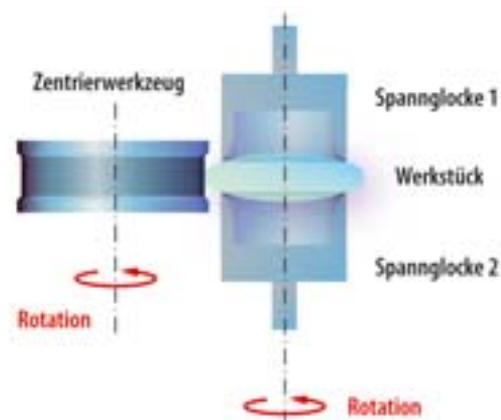


Abb. 6: Beim Glockenspann-Zentrieren werden durch paralleles Schleifen zur optischen Achse die mechanische und die optische Achse einer Linse in Übereinstimmung gebracht.

Zusammenfassung

Zurzeit hängen ca. 16% der Arbeitsplätze des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland von den optischen Technologien ab. Feinoptische Komponenten ermöglichen ein weites Spektrum von Anwendungen, von handelsüblichen CD-Spielern über Kameras bis hin zu hochwertigen Systemen wie astronomischen Teleskopen hoher Qualität. Neueste Methoden wie etwa das Laserpolieren werden in Kombination mit herkömmlichen Fertigungsmethoden in Zukunft neue Möglichkeiten und Entwicklungen aus einem der wichtigsten Werkstoffe unserer Zeit erschließen: Glas. Doch trotz voranschreitender Weiterentwicklung der Fertigungstechnologien erfordert die Fertigung präziser feinoptischer Komponenten nach wie vor ein hohes Maß an handwerklicher Erfahrung, Übung und Fingerspitzengefühl. So teilte die Bundesregierung im Winter 2007 auf ihrer Internetpräsenz zum Thema optische Technologien mit, jeder würde vermuten, »diese Genauigkeit sei nur noch durch höchst präzise Maschinen prüfbar und erreichbar. Tatsächlich sind die erfahrenen Fachkräfte aber nicht zu ersetzen.«

- [1] Thöniß, T. et.al.: Optical System Design – Software Tools Cover Envelope, Calculations to the Final Engineering Drawings, Optik & Photonik 2, 30 (2009)
- [2] Pforte, H.: Der Optiker, Verlag Dr. Max Gehlen, Bad Homburg vor der Höhe (1993)
- [3] Bliedner, J., Gräfe, G.: Optiktechnologie, Carl Hanser Verlag, München (2008)
- [4] Bath, K.-L.: Ein einfaches Interferometer zur Prüfung astronomischer Optik, SuW 6, 177 (1973)

Die Autoren danken der Firma DD-Optik GmbH in Kirchdorf sowie der Linos Photonics GmbH & Co. KG in Göttingen für die freundliche Unterstützung durch das zur Verfügung gestellte Bildmaterial.

Surftipps

Abbildungen zur Feinoptikfertigung:
www.dd-optik.de/produktion/seite95.html
 Software zum Design optischer Systeme: www.winlens.de und www.opticalsoftware.net
 Interferometeraufbau nach Bath: www.astrohome.info/Interferometer.htm
 Beschichtung optischer Komponenten: www.linos.de

Was passiert beim Stacken?

Durch Überlagerung mehrerer Einzelaufnahmen, auch »Stacking« genannt, wird das Signal-Rausch-Verhältnis digitaler Fotos verbessert (vgl. interstellarum 68). Dazu gibt es verschiedene mathematische Methoden, um aus vorliegenden Einzelaufnahmen ein Endergebnis zu ermitteln. Sie werden auch in Free-ware-Programmen wie »DeepSkyStacker«, »RegiStax« oder »Fitswork« angeboten. Nach der passgenauen Ausrichtung der Einzelaufnahmen wird die gewählte Methode auf jeden einzelnen »Pixelstapel« des Bildes angewandt. Die wichtigsten Verfahren sind:

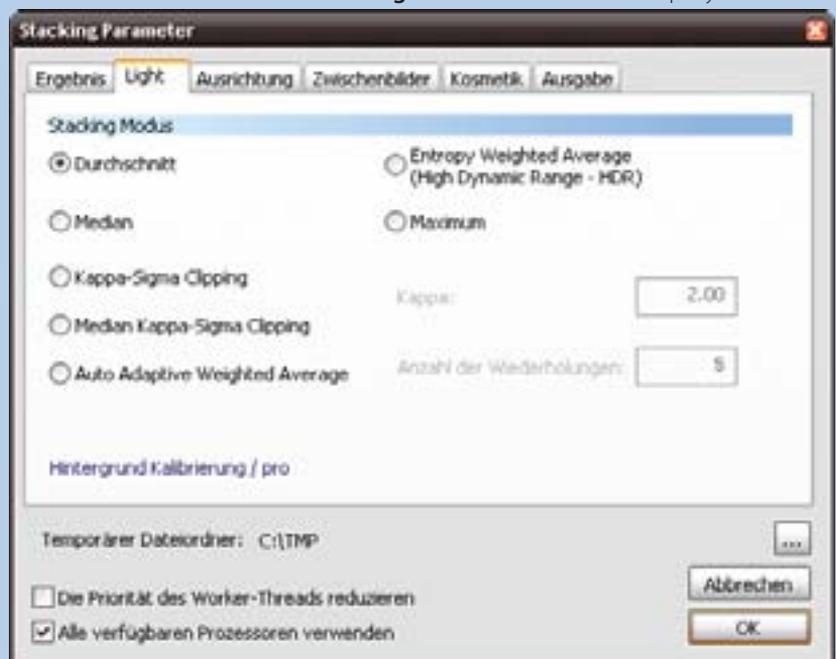
Durchschnitt: An jeder Bildposition wird aus den jeweiligen Pixeln der Einzelbilder der arithmetische Durchschnittswert errechnet. Mathematisch bedeutet das, dass die Summe der Einzelwerte durch die Anzahl der Werte geteilt wird.

Median: Aus den Pixelwerten wird abwechselnd der jeweils niedrigste und höchste Wert gestrichen, bis nur noch ein einziger Wert übrig ist, der Zentralwert. Im Gegensatz zum Durchschnittswert wirkt sich ein »Ausreißer« in der Wertereihe weniger stark oder gar nicht auf das Resultat aus. Solche Ausreißer können z.B. durch den Kalibrierungsprozess nicht beseitigte heiße und kalte Pixel oder Flugzeug- bzw. Satellitenspuren auf Einzelbildern sein.

Kappa-Sigma Clipping: Mit dieser raffinierten Technik werden zufällig stark abweichende Einzelwerte innerhalb einer Wertereihe besonders wirksam eliminiert. Dabei handelt es sich um ein in der beschreibenden Statistik geläufiges Verfahren zur Bildung eines »bereinigten« Durchschnittswerts. Im Gegensatz zur rein arithmetischen Durchschnittsbildung einer Wertereihe wird beim Kappa-Sigma-Clipping ein vom gewählten Kappa abhängiger Anteil an Ausreißern einer Wertereihe, also wieder die jeweils höchsten und niedrigsten Werte, gestrichen und bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt. Diese Art der Mittelwertbildung wird mehrmals durchgeführt. Das statistische Rauschen wird mit dieser Methode nicht ganz so effektiv gemindert wie bei der Bildung des mathematischen Durchschnitts, dafür verschwinden Artefakte. Außerdem muss für dieses Verfahren eine größere Anzahl von Bildern vorhanden sein. Die Werte für »Kappa« liegen in der Regel bei 1–3, wobei bei kleineren Kappawerten mehr Pixel ausgesondert werden.

Um die Charakteristika der drei Methoden zu untersuchen, habe ich einen Test mit vier Aufnahmen von NGC 1777 durchgeführt. In zwei der Aufnahmen zeichnete ich Linien (künstliche Flugzeugspuren) ein, eine weiße und eine rote, die sich

Abb. 1: Die verschiedenen Stacking-Modi der Software »DeepSkyStacker«.



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

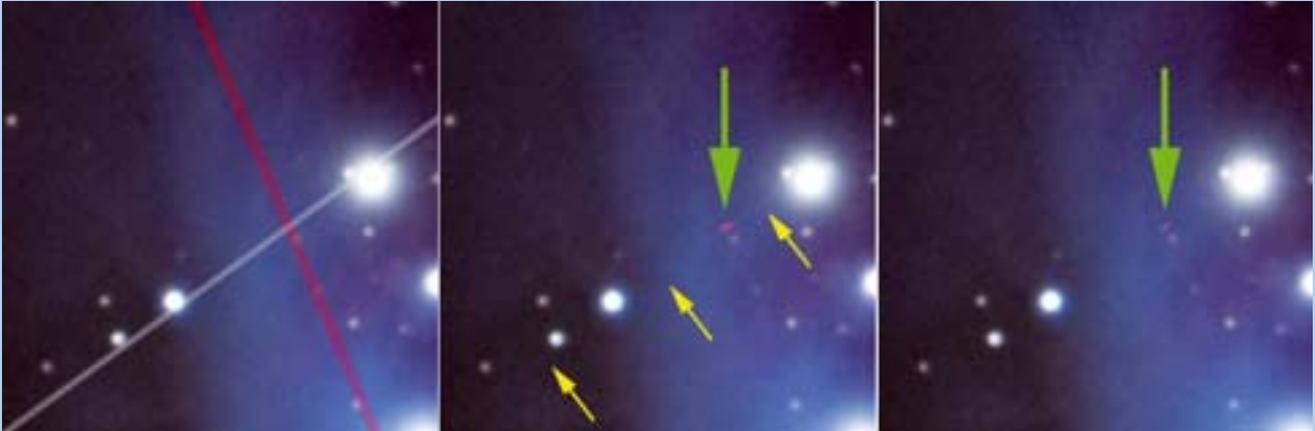


Abb. 2: Stacking-Ergebnis von vier Einzelaufnahmen. In eine der Aufnahmen wurde eine weiße Linie mit drei Pixeln Breite eingezeichnet, in eine andere eine rote Linie, fünf Pixel breit. Damit wurden zwei sich kreuzende Flugzeugspuren simuliert. Links: Modus Durchschnitt. Deutlich sind die beiden Flugzeugspuren zu sehen. Mitte: Modus Median. Die gelben Pfeile deuten auf winzige Reste der weißen Fliegerspur, während der grüne Pfeil auf das Artefakt im Kreuzungsbereich zeigt. Rechts: Modus Kappa-Sigma-Clipping (Kappa=1, 5 Iterationen). Die Flugzeugspuren sind vollständig verschwunden, nur der Kreuzungspunkt zeigt noch einen Artefakt (grüner Pfeil).

kreuzen, was die Stacking-Verfahren auf eine harte Probe stellt.

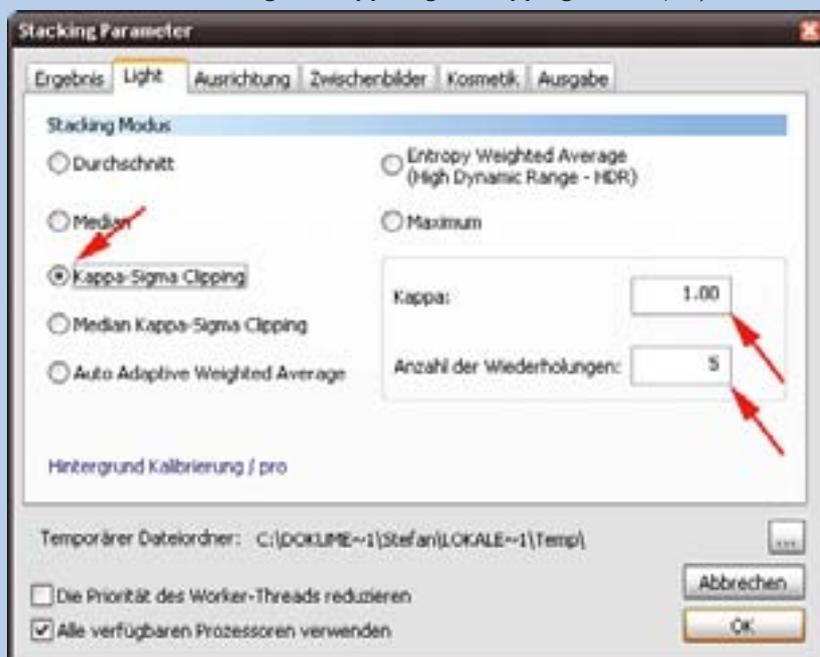
Abbildung 2 zeigt die Resultate. Ganz links das Resultat der Durchschnitts-Berechnung. Wie zu erwarten war, fließen ausnahmslos alle Werte in die Durchschnittsbildung ein, so dass die Flieger Spuren sehr deutlich sichtbar bleiben. Das ist auch der Tatsache geschuldet, dass nur vier Einzelaufnahmen Verwendung fanden. Bei einer größeren Anzahl von Bildern würden die Spuren schwächer werden, ohne jedoch vollständig zu verschwinden. Bei der Median-Stackingmethode sind die

Flugzeugspuren weitgehend eliminiert (Mitte). Nur bei genauem Hinsehen können noch schwache Überbleibsel davon erkannt werden. Auffällig ist vor allem ein deutlicher Fehler an der Stelle, an der sich die beiden Spuren kreuzen. Auch bei dieser Methode hätte eine größere Zahl von Einzelbildern zu einem verbesserten Ergebnis geführt. Das rechte Bild verdeutlicht die Leistungsfähigkeit des Kappa-Sigma-Clippings. Von den Fliegerspuren blieben keine erkennbaren Reste mehr, lediglich an der Kreuzungsstelle ist noch ein winziger Bildfehler verblieben.

Auch das Signal-Rausch-Verhältnis habe ich verglichen. Am besten schneidet die Methode »Durchschnitt« ab. Verglichen dazu verschlechtert sich das Signal-Rausch-Verhältnis bei »Median« um etwa zehn, beim »Kappa-Sigma-Clipping« gar um runde 40%. Diese Werte hängen jedoch von der Anzahl der Einzelbilder und der Parametrisierung beim Kappa-Sigma-Clipping ab.

Bei »sauberen«, weitgehend störungsfreien Einzelbildern liefert »Durchschnitt« das beste, weil rauschärmste Ergebnis. Dabei ist die Methode am wenigsten rechenintensiv, was bei vielen und pixelreichen Bildern von Belang sein kann. Je mehr Bilder zum Stacken zur Verfügung stehen und je mehr diese von Bildstörungen betroffen sind, desto eher wird sich die Methode »Median« oder im Extremfall sogar »Kappa-Sigma-Clipping« anbieten. Mit großem Rechenaufwand können dadurch Artefakte wirkungsvoll bekämpft werden, auch wenn das durch ein etwas höheres Rauschniveau erkauft werden muss.

Abb. 3: Parametrisierung des Kappa-Sigma-Clippings im DeepSkyStacker.



Surftipps

DeepSkyStacker: deepskystacker.free.fr/german/index.html

Registax: www.astronomie.be/registax/

Fitswork: freenet-homepage.de/JDierks/softw.htm

Ultraleicht und superstabil

Teleskope aus CFK selbst gebaut

VON ERNST SCHÖBERL

Die Vorzüge von CFK, einem mit Carbonfaser verstärkten Kunststoff, wie geringes Gewicht, hohe Steifigkeit und fast keine Wärmedehnung machen ihn zum idealen Teleskopwerkstoff. Bei der Konstruktion und dem Bau gilt es, seine Vorzüge geschickt einzusetzen und dabei einige Besonderheiten zu beachten. Unter Anleitung eines in der Verarbeitung damit Vertrauten ist es selbst handwerklich weniger Geübten möglich, professionelle Ergebnisse zu erreichen.

CFK als Teleskopwerkstoff

Bei mit Carbonfasern verstärkten Kunststoffen werden meistens Faserbündel, Gelege oder Gewebe mit einem aushärtenden Matrixkunststoff, meistens Epoxidharz, in Formwerkzeugen, über Kernen oder Schablonen zu Halbzeugen oder Bauteilen geformt und ausgehärtet. Die Vorteile wie hohe Steifigkeit und Festigkeit bei geringem Gewicht und minimaler Wärmedehnung werden in der Raumfahrt und dem deutschen

Segelflugzeugbau schon seit über 30 Jahren genutzt. Der Autor wollte seine Erfahrungen in Berechnung, Konstruktion und dem Bau ultraleichter CFK-Strukturen auch im Teleskopbau nutzen und baute damit schon vor über sechs Jahren seine ersten Teleskope, einen kleinen 3"-Sonnenrefraktor und einen 15"-Dobson. Weitere Teleskope folgten bald (Abb. 1). Inzwischen nutzen auch kommerzi-

elle Teleskopbauer die Vorzüge von CFK und verwenden es insbesondere für Geräte für die Astrofotografie. Selbst Großteleskope für die Forschung baut man inzwischen damit. So haben die MAGIC-Čerenkov-Teleskope mit 17m Spiegeldurchmesser nur 60t bewegte Masse. Und der Gitterrohrtube des von der ESO geplanten größten Teleskopes der Welt E-ELT mit 42m Spiegeldurchmesser

Abb. 1: Vier vom Autor gebaute Teleskope in ultraleichter CFK-Bauweise: 10"-Reisedobson, 15"-Dobson, 10"-Tubusteleskop auf Goto-Montierung und 78mm-Ha-Sonnenrefraktor.



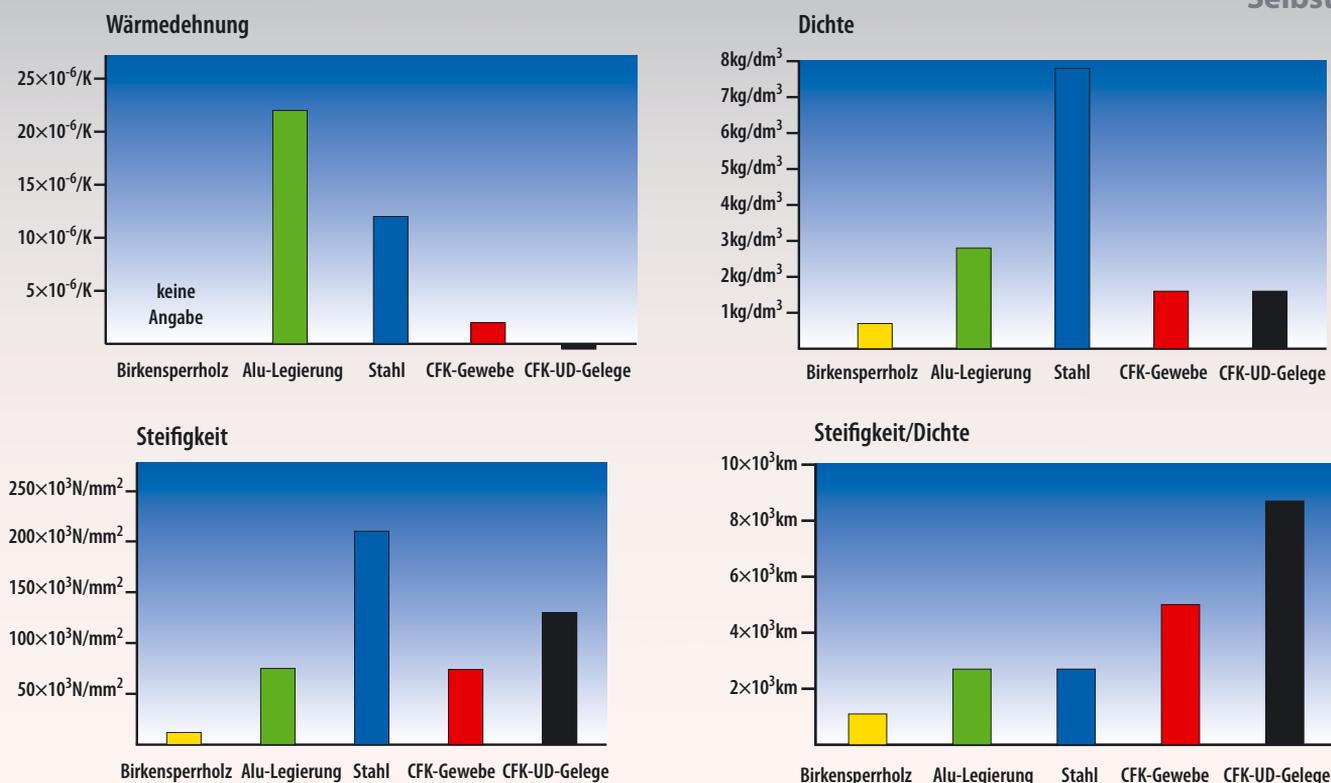


Abb. 2: Die Kennwerte von CFK im Vergleich mit anderen im Teleskopbau verwendeten Materialien.

ist eigentlich nur in CFK-Bauweise gewichtsmäßig einigermaßen leicht zu realisieren.

Materialeigenschaften

Von den Vorzügen von CFK, nämlich hohe Steifigkeit und Festigkeit, geringes Gewicht, minimale Wärmedehnung und gute Korrosionsbeständigkeit, sind im Teleskopbau nur das Gewicht, die Steifigkeit und Wärmedehnung wichtig (Abb. 2). Das Gewicht wird als Dichte in kg/dm^3 angegeben, die Steifigkeit als Zugspannung in N/mm^2 , bei der sich ein Probestab elastisch auf die doppelte Länge dehnen würde. Technische Werkstoffe brechen allerdings häufig schon bei 1% Dehnung. Hohe Werte ergeben eine steife Konstruktion. Wie leicht man eine Konstruktion bauen kann, gibt das Verhältnis von Steifigkeit zu Gewicht an. Der Wert stellt dar, bei welcher Länge sich ein Probestab unter konstanter Schwerkraft der Erde an der Einspannstelle auf das Dop-

pelte ausdehnen würde. Die Wärmeausdehnung spielt bei der Astrofotografie eine große Rolle. Aluminium hat leider die größte Wärmedehnung, bei CFK ist sie vernachlässigbar klein. Mit Hochmodul- oder Ultra-Hochmodulfasern erreicht man noch höhere Bauteilsteifigkeiten. Die Verarbeitung ist allerdings etwas anspruchsvoller.

Carbon-Rohmaterialien und Halbzeuge aus CFK

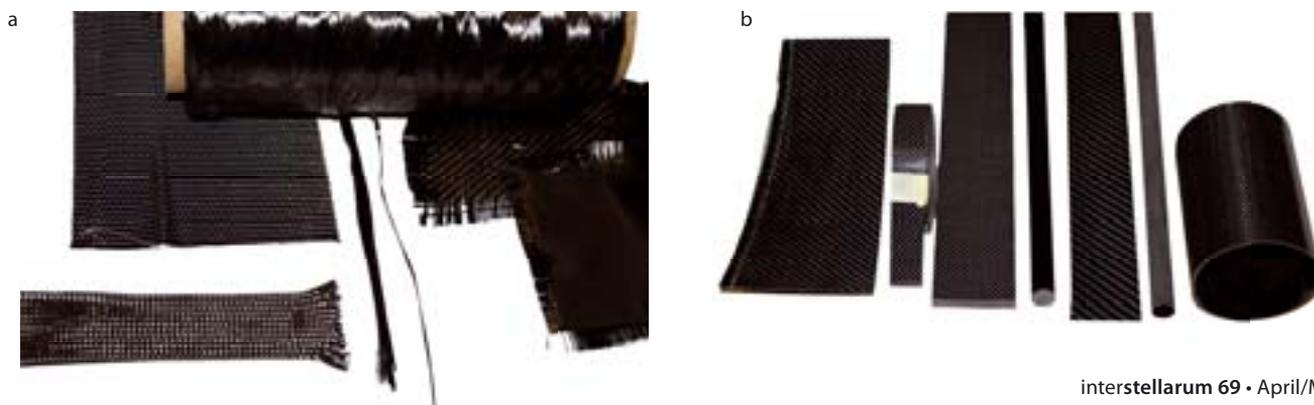
Rohmaterialien wie Faserbündel, Streifen, Gelege, Gewebe und Schläuche sowie Halbzeuge wie Lamine, Platten, Sandwichplatten, Stäbe, Rohre und Profile (Abb. 3) sind im Fachhandel erhältlich. Leichte, 20mm dicke Platten mit einer Dichte von nur $0,15kg/dm^3$ bei hoher Steifigkeit erhält man mit Rohacell 71-Kern und drei Lagen CFK beidseitig (Abb. 4). Eine Steifigkeit wie Multiplex-Sperrholz erreicht man mit Platten mit Balsaholzkern und beidseitig drei Lagen CFK. Bei vier oder

fünf Lagen nimmt die Steifigkeit entsprechend zu. Die Dichte von 20mm-Platten mit Balsakern liegt bei $0,30kg/dm^3$.

Verarbeitung von CFK

An die Verarbeitung von Rohmaterialien über Kernen oder in Formen sollten sich nur wirklich Geübte machen. Sehr bewährt haben sich dabei die luftfahrtzugelassenen Harzsysteme wie das Harz L20 mit dem langsamen Härter VE3261, die etwa eine Stunde Verarbeitungszeit haben. Die Aushärtung und das Tempern sollten in einem Wärmeschrank bei ca. $45^\circ C$ etwa 24 Stunden dauern. Weiterarbeiten kann man schon nach ca. acht Stunden. Die Bearbeitung von CFK wie das Drehen, Bohren und Schleifen ist sogar einfacher als bei Alu-Legierungen. Besonders gut lassen sich CFK-Platten und Sandwichplatten auf Kreissägen trennen. Wegen der großen Härte der Carbonfasern nutzen sich aber selbst HSS-Werkzeuge

Abb. 3: Carbonfaser-Rohmaterial (Gewebeschlauch, Gewebeband, Faserbündel und Gewebe) und CFK-Halbzeuge (Lamine, Plattenstreifen, Rundstab, Rohr, Winkelprofil und Rohre).



Arbeitsschutz beachten!

Beim Drehen und Schleifen sind ein Mundschutz und eine gute Absaugung, mindestens mit einem Werkstattsauger nötig, denn die nur 6µm dünnen Faserstückchen können bis in die Lunge gelangen. Das ist auch bei der Holzbearbeitung zu empfehlen. Harze und Kleber können Allergien auslösen. Deshalb muss man stets Gummihandschuhe tragen und den Arbeitsplatz gut belüften. Zum Schutz der Hände sollte man bei der mechanischen Bearbeitung stabilere gummierte Handschuhe tragen, die es im Handwerker-Fachhandel gibt, denn die kleinen Fasersplitter können tief in die Haut eindringen und sind nur schwer zu entfernen.



Bei der Arbeit mit CFK sind Mundschutz und ein Werkstattsauger Pflicht, damit die nur 6µm dünnen Faserstückchen nicht in die Lunge gelangen.

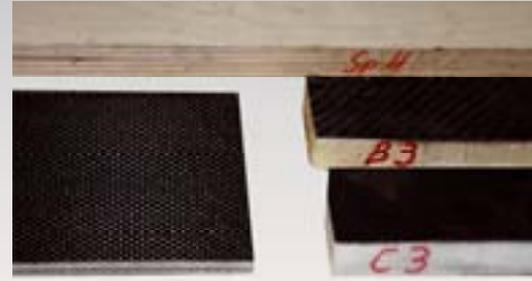


Abb. 4: Materialien für den Teleskopbau:

CFK-Sandwich 8mm dick (unten links), Birken-Multiplex-Sperrholz (oben), CFK-Sandwich mit Balsaholzkern und mit Rohacell-Kern (rechts), alle 20mm dick.



Abb. 5: CFK- und Sandwichbauteile, die hochpräzise auf einer CNC-Maschine gefräst wurden.

unter Anleitung z.B. eines im Faserverbundbau geübten Modellfliegers mit gutem Erfolg möglich. So ein Teleskop ist nicht nur gut anzusehen, sondern man kann auch sehr gut durchsehen. Und mit so einem Eigenbau bei dunklem Himmel und gutem Seeing nach rascher Auskühlung schneller beobachten oder fotografieren zu können, macht doppelt Freude und führt wegen der geringen Wärmedehnung leichter zu guten Ergebnissen.

rasch ab und müssen häufig nachgeschliffen werden. Drehen lässt es sich nur mit Hartmetall- oder Keramik-Schneidwerkzeugen und die Hartmetall-Kreissäge muss immer gut scharf sein. Einlagige Lamine schneiden man am besten mit einem Tapeziermesser zu und bis zu dreilagige mit einer Blechschere. Rohre schleift man ab, da sie beim Sägen ausfransen und einreißen. Die besten Klebungen erreicht man mit UHU plus endfest 300, der umso fester wird, je wärmer er aushärtet. Leider wird er dabei wie das Harz umso dünnflüssiger und läuft schnell aus der Klebefuge. Harz und Kleber werden optisch schön schwarz wie CFK, wenn man ihnen gut 1% schwarze Farbpaste zumischt. Einfachere Bauteile, stellt man leicht selbst her. Bauteile die man hochpräzise haben will, kann man sich von Carbonwerken aus massiven oder Sandwichplatten auf CNC-Maschinen fräsen lassen (Abb. 5). So erreicht man die Präzision und das Aussehen sehr guter Serienprodukte. Die Verbindungselemente fertigt man bevorzugt aus einer gut spanenden Alulegierung auf der Drehbank oder man lässt sie in einer Mechanikerwerkstatt drehen. Sie sollten schwarz eloxiert

werden, denn die isolierende Eloxalschicht schützt vor Korrosion bei Berührungstelen mit CFK, gibt eine gute Klebehaftung, reflektiert nicht und verleiht dem Teleskop ein professionelles Aussehen. Bei anderen Metallen wie Stahl oder Messing schützt eine isolierende Zwischenschicht aus dünnem Glasgewebe vor Korrosion.

Der Bau von Tubusteleskopen

Der Bau kompletter präziser Gitterrohrteleskope in CFK ist nur Geübten zu empfehlen. An den Bau von Teleskoptuben können sich auch weniger Geübte oder motivierte Anfänger unter Anleitung eines Geübten machen (Abb. 6). Ein sehr steifer CFK-Sandwichtubus für einen 10"-Spiegel wiegt bei 1,25m Länge und 11mm Wanddicke gerade 3kg. So bringt z.B. der gesamte Teleskoptubus mit großem Fangspiegel, Sucher, Befestigungsschellen mit Schiene und Sauglüfter mit Batterien nur knapp 8kg auf die Waage und das bei einem sehr steifen CFK-Sandwichtubus, der justierstabil und fast wärmedehnungsfrei ist und schnell das thermische Gleichgewicht erreicht. Der Bau eines CFK-Teleskopes ist selbst nur mittelmäßig handwerklich Geübten

Abb. 6: Ein selbst hergestelltes

10"-Newtonteleskop f/4,0-
Tubus und Rohrschellen sind aus CFK gefertigt.



Surftipps

Europäische Südsternwarte:

www.eso.org/public/astronomy/teles-instr/e-elt.html

SGL Group: www.sglgroup.com

R&G Faserverbundwerkstoffe:
www.r-g.de

Carbonwerke Weißgerber:
www.carbon-werke.de



Abb. 1: Verlauf der Finsternis in Griechenland. Die einzelnen Bilder wurden im Abstand von einer halben Stunde gewonnen und zum Gesamtbild kombiniert. 6,2"-Refraktor bei 1200mm, Canon EOS 5D, UV/IR-Sperrfilter, ISO 100, 9x1/320s. *Anthony Ayiomamitis*

Die partielle Silvester-Finsternis

Am Silvesterabend war es vor den irdischen Feuerwerken zu einem Lichtspiel des Mondes gekommen. Die partielle Mondfinsternis konnte jedoch nur von wenigen Lesern verfolgt werden.



Abb. 2: Die partielle Mondfinsternis bei Neumünster (Schleswig-Holstein) um 20:20 Uhr MEZ; 600mm-Teleobjektiv, Canon EOS 40D, 1/100s bei ISO 400. *Marco Ludwig*

Abb. 3: Die partielle Mondfinsternis in Pörnbach bei Pfaffenhofen an der Ilm (Oberbayern); 100/1000mm-Maksutov-Teleobjektiv ohne Nachführung, Canon EOS 5D Mark II. *Peter und Susanne Friedrich*

- a) 20:02 Uhr MEZ, 1/200s bei ISO 400
- b) 20:26 Uhr MEZ, 1/60s bei ISO 400
- c) 20:30 Uhr MEZ, 1/200s bei ISO 400
- d) 20:37 Uhr MEZ, 1/30s bei ISO 200



a



b



c



d

First Light

Mondfotos optimieren

VON STEFAN SEIP



Abb. 1: Eingesandte Originalaufnahme von Herrn Schneider.

Thomas Schneider hat uns sein zweites Astrofoto zugeschickt: eine Aufnahme des zunehmenden Halbmondes (Abb. 1). Es entstand am 11. Mai 2008 in afokaler Technik, d.h. es wurde eine Digitalkamera mit Objektiv hinter einem Okular positioniert. Konkret wurde ein Refraktor mit 150mm Öffnung und eine Kamera vom Typ Panasonic Lumix DMC-FZ20 verwendet. Die Aufnahme entstand bei ISO 80. Die Panasonic Lumix DMC-FZ20 gehört in die Gruppe der so genannten »Bridgekameras«, die eine Stellung zwischen den Kompakt- und Spiegelreflexkameras einnehmen. Technisch gesehen sind das Kameras, die durchaus die Technik einer Spiegelreflexkamera enthalten, jedoch nicht als Systemkameras konzipiert sind, daher ist das Objektiv nicht abnehmbar. Ihre Bildsensoren sind etwas größer als die von Kompaktkameras,

erreichen aber in keinem Fall das Niveau der echten Spiegelreflexmodelle.

Es ist erstaunlich, wie viele Dinge Herr Schneider bei seiner Aufnahme richtig gemacht hat, wenn man berücksichtigt, dass es sich um seinen zweiten Versuch handelt! Da ist zunächst die Schärfe zu nennen. Das Bild ist optimal fokussiert, was am besten mit der bei Bridgekameras üblichen Live-View-Funktion auf dem LCD-Display gelingt. Weiterhin fällt auf, dass die optimale Belichtung exakt getroffen wurde, was ein Blick auf das Histogramm (Abb. 2) verrät: Es ist in Photoshop mit dem Befehl »Bild/Anpassungen/Tonwertkorrektur...« (Tastenschlüssel Strg+L) generiert und reicht so weit nach rechts wie möglich, ohne jedoch an der rechten Seite anzuschlagen. Die Einstellung des niedrigen ISO-Wertes 80 deutet darauf hin, dass Herr Schneider in dem Bewusstsein

handelte, dass Kompakt- und Bridgekameras bei hohen ISO-Werten ein deutlich sichtbares Bildrauschen zeigen, was der geringen Sensorgröße geschuldet ist und den Bildeindruck beeinträchtigen würde.

Obwohl das Foto hinsichtlich der genannten Aspekte als gelungen zu bezeichnen ist, ist es meine Aufgabe, nach Potenzial für Verbesserungen Ausschau zu halten. Zunächst möchte ich den Blick auf die Abbildungsgröße des Mondes richten. Die verwendete Kamera liefert Bilddateien mit fünf Megapixeln (2560×1920 Pixel). Der Durchmesser des Mondglobus beträgt aber nur rund 810 Pixel, so dass große Teile des Bildes aus schwarzem Himmel bestehen und unnötigerweise die Dateigröße aufblähen. Eine Lösung des Problems besteht darin, das Bild zu beschneiden. In Photoshop wählen Sie dazu das »Auswahl-Rechteck-Werkzeug« (Tastenschlüssel Umschalt+M, falls nötig mehrfach, bis das Rechteck und nicht die Ellipse selektiert ist), ziehen mit der Maus einen Rahmen auf, der die zukünftigen Grenzen des Bildes repräsentiert, und wählen anschließend den Befehl »Bild/Freistellen«.

- **Tipp 1:** Wenn Sie während der Rahmenerzeugung die Umschalt-Taste gedrückt halten, entsteht ein exaktes Quadrat.
- **Tipp 2:** Ist der Auswahlrahmen fertig gestellt, aber noch nicht an der gewünschten Position, können Sie ihn mit der Maus verschieben.

Statt das Bild zu beschneiden, könnten Sie beim nächsten Mal alternativ versuchen, den Mond größer abzubilden, denn das Auflösungsvermögen des Refraktors ist bei Weitem noch nicht ausgereizt. Dazu verwenden Sie einfach ein Okular mit kürzerer Brennweite. Oder Sie zoomen das Kameraobjektiv weiter in Richtung »Tele«. Nicht verschwiegen werden darf, dass dadurch die Fokussie-

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



Abb. 2: Das Histogramm der Mondaufnahme bestätigt die exakte Belichtung.

Um den hohen Himmelsanteil auszuklamern, zeigt das Histogramm nur die Daten im Bereich des Mondes.



Abb. 3: Dieser Ausschnitt aus dem Foto in hoher Vergrößerung und nach Anhebung des Kontrastes zeigt einige Artefakte in Form senkrechter und waagerechter Striche.



Abb. 4: Das Histogramm wurde in die drei Farbkanäle rot, grün und blau zerlegt. Der leichte Farbstich des Fotos zum Roten hin wird sichtbar.

Die Belichtung schwieriger und die Belichtungszeit länger wird, was unter Umständen durch einen etwas höheren ISO-Wert auszugleichen ist. Auch die Verwacklungsgefahr steigt an, weil die »effektive Brennweite« anwächst, der Bildwinkel demzufolge enger wird. Setzt die verwendete Ausrüstung dabei Grenzen, ist



Abb. 5: Beschnittenes, gespiegeltes und farbkorrigiertes Endergebnis.

freilich eine kleinere, aber scharfe Abbildung gegenüber einer großen, verwackelten Darstellung zu bevorzugen.

Dem aufmerksamen Mondbeobachter wird nicht entgangen sein, dass die Originalaufnahme seitenverkehrt ist. Vermutlich wurde beim Fotografieren ein Zenitprisma verwendet. Generell würde ich jedes optische Element im Strahlengang, welches verzichtbar ist, aus Qualitätsgründen weglassen, also ohne Zenitprisma fotografieren. Bei Refraktoren kann dadurch allerdings eine extrem unbequeme Arbeitshaltung resultieren. Wie auch immer: Durch den Photoshop-Befehl »Bild/Arbeitsfläche drehen/Arbeitsfläche horizontal spiegeln« ist diese Kleinigkeit bei Bedarf schnell behoben.

Als nächstes möchte ich einen kleinen Bildausschnitt im Bereich des Mare Tranquillitatis bei hoher Vergrößerung begutachten (Abb. 3). Hier zeigen sich Bildartefakte in Form senkrechter und waagerechter Linien. Möglicherweise

sind sie durch die Bildkompression entstanden, wie sie bei der Speicherung im JPG-Format auftreten können. Stellen Sie für Aufnahmen dieser Art an der Kamera immer die bestmögliche Bildqualität mit der geringsten Kompression ein. Falls verfügbar, ist das RAW-, oder – wie im Fall der Panasonic Lumix DMC-FZ20 – das völlig verlustfreie TIFF-Format die richtige Wahl.

Zum Abschluss noch eine kritische Beurteilung der Farbgebung: Der visuelle Eindruck zeigt einen leichten Rotstich, der durch den Vergleich der Histogramme für die Farbkanäle rot, grün und blau bestätigt wird (Abb. 4): Der rote Datenberg ist deutlich weiter rechts angeordnet als der grüne und der blaue. Ohne hier über die wahre Farbe des Mondes zu spekulieren, wird eine ziemlich ausgeglichene Farbbalance in Photoshop durch den Befehl »Bild/Anpassungen/Auto-Farbe« (Tastenschlüssel Umschalt+Strg+B) erreicht (Abb. 5).

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

Objekte der Saison

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

Die Objekte der Saison der nächsten 6 Ausgaben

Ausgabe	Name	Sternbild	R.A.	Dekl.	Einsendeschluss
Nr. 70, Jun./Jul. 2010	M 16	Ser	18 ^h 18,8 ^{min}	-13° 47'	20.3.2010
	M 17	Sgr	18 ^h 20,8 ^{min}	-16° 11'	
Nr. 71, Aug./Sep. 2010	NGC 6940	Vul	20 ^h 34,6 ^{min}	+28° 18'	20.5.2010
	NGC 6992-5	Cyg	20 ^h 57,0 ^{min}	+31° 30'	
Nr. 72, Okt./Nov. 2010	NGC 869	Per	02 ^h 19,0 ^{min}	+57° 09'	20.7.2010
	NGC 884	Per	02 ^h 22,4 ^{min}	+57° 07'	
Nr. 73, Dez./Jan. 2011	IC 2118	Eri	05 ^h 06,4 ^{min}	-07° 16'	20.9.2010
	M 78	Ori	05 ^h 46,7 ^{min}	+00° 05'	
Nr. 74, Feb./Mär. 2011	M 93	Pup	07 ^h 44,6 ^{min}	-23° 52'	20.11.2010
	NGC 2440	Pup	07 ^h 41,8 ^{min}	-18° 13'	
Nr. 75, Mai/Jun. 2011	M 51	CVn	13 ^h 29,9 ^{min}	+47° 12'	20.1.2011
	M 101	UMa	14 ^h 03,2 ^{min}	+54° 21'	

M 87



Der Virgohaufen mit M 87 und dem Paar NGC 4435/8. CCD-Aufnahme, 4,1"-Refraktor, SBIG STL-11000M, LRGB-Komposit.
Daniel Marquardt



CCD-Aufnahme, 8"-Cassegrain bei 1260mm, SBIG ST-2000XM, 36×10min (L), 22×5min (R), 15×5min (G), 14×5min (B). Rechts: Ausschnittsvergrößerung mit entsprechender Kontrasterhöhung des Jets in M 87.
Jürgen Stein



CCD-Aufnahme, 16"-Hypergraph bei 3200mm, STL-6303, 9×20min (L), 3×7,5min (R), 3×7,5min (G), 3×15min (B), Astronomik IIc-Filter. *Bernd Flach-Wilken*



M 87

8x30-Fernglas: fst 6^{m+}; die Galaxie ist problemlos als kleine, flächige Aufhellung knapp unterhalb eines 8^m6-Sterns zu sehen.

Uwe Glahn

10x50-Fernglas: fst 6^m0; kleiner Nebel, deutlich flächig, etwas zentral verdichtet. *Wolfgang Vollmann*

10x50-Fernglas: Bortle 3; rundlich, heller Kern. 10x. *Uwe Pilz*

16x70-Fernglas: fst 6^m0; heller kleiner Nebel, ca. 3' Durchmesser. Erscheint rund und deutlich zentral verdichtet. Erscheint etwas heller und ist leichter zu sehen als M 84 und M 86. *Wolfgang Vollmann*

76/700-Newton: fst 5^m0; M 87 ist als kleiner und runder Nebelfleck unmittelbar neben einem Stern direkt sichtbar. 35x. *Frank Lange*

120/600-Refraktor: Bortle 4; visueller Durchmesser 4', leicht oval N-S. Helligkeitszunahme zur Mitte, kleiner scheibenförmiger Nukleus. 60x. *Uwe Pilz*

20x125-Fernglas: fst 6^{m+}; helle, 2:3 SO-NW elongierte Galaxie. Zur Mitte hin heller werdend. Begleiter NGC 4478 8,5' SW. *Uwe Glahn*

254/1140-Newton: fst 6^m7; sehr helle, runde Galaxie mit einem extrem hellen, stellaren Kern als auffälligstem Merkmal. Der Jet bleibt allerdings auch bei hohen Vergrößerungen unsichtbar. 45x-235x.

Matthias Kronberger

317/1500-Newton: fst 5^m6; M 87 ist sehr hell, als großer relativ strukturloser runder Nebel, mit deutlich hellerer, flächiger Zentralregion sichtbar. Ein stellarer Kern in der Zentralregion selbst, konnte nicht gesehen werden. Der Jet ist ebenfalls, definitiv nicht sichtbar. Südwestlich sind die beiden hellen Begleiter NGC 4476 und 4478, direkt als etwas kleinere Nebelflecken zu erkennen, wobei NGC 4478 oval erscheint, und der etwas schwächere NGC 4476 eine fast runde Form aufweist. 170x. *Klaus Wenzel*

320/1440-Newton: Bortle 3; schwach elliptisch (NNO-SSW), bemerkenswerter Helligkeitsanstieg zur Mitte, sehr heller nichtstellarer Zentralbereich; 144x. *Uwe Pilz*

406/1828-Newton: fst 6^{m+}; große und helle Galaxie. Leicht SO-NW elongiert. Bei hoher Vergrößerung sind die engen Begleiter PGC 139919 (1,8' SW) und PGC 41342 (2,5' SW) problemlos indirekt als kleine flächige Aufhellungen zu sehen. Jedoch offenbart sich der berühmte Jet auch nach mehrmaligen Versuchen mit Vergrößerungen von bis zu 900x nicht. *Uwe Glahn*

NGC 4435/8

10x50-Fernglas: Bortle 3; die Galaxien können nicht getrennt werden und sind als Ganzes nur indirekt wahrnehmbar. *Uwe Pilz*

16x70-Fernglas: fst 6^m0; beide Galaxien NGC 4435/8 erst nur indirekt, später auch direkt sichtbar. Zwei fast gleich helle, winzige Nebel, die nahe beieinander stehen. *Michael Zschech*

105/445-Newton: fst 5^m5; das enge Paar ist als zwei gleich helle, runde, fast gleichförmig helle Nebelchen zu sehen. 19x, 30x.

Wolfgang Vollmann

120/600-Refraktor: Bortle 4; NGC 4438: visuelle Größe 4'x2' NNO-SSW, scheibenförmiger Nukleus. NGC 4435: visueller Durchmesser, 1,5' rund, sehr heller stellarer Nukleus. 60x.

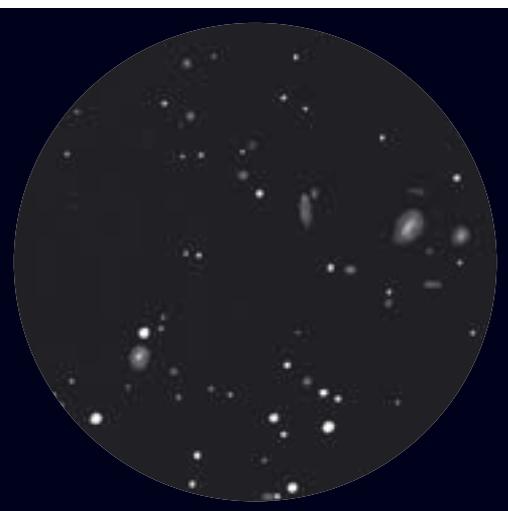
Uwe Pilz

20x125-Fernglas: fst 6^{m+}; NGC 4438 und NGC 4435 als Paar auffällig und nur 4' voneinander entfernt. NGC 4438 zeigt sich als 2:1 NO-SW elongierte Fläche ohne nennenswerte Aufhellung zur Mitte. Bei der deutlich kleineren und etwas schwächeren NGC 4435 kann bei 20-facher Vergrößerung gerade noch eine 1:2 N-S Elongation wahrgenommen werden, jedoch ebenfalls auch ohne Aufhellung zur Mitte hin. *Uwe Glahn*

150/900-Newton: fst 5^m8; NGC 4435 ist trotz schwacher Vergrößerung, direkt, einfach als runder diffuser Nebel unmittelbar nördlich von NGC 4438 sichtbar. NGC 4438 ist ebenfalls direkt, als ovaler diffuser Nebel sichtbar. 45x. *Klaus Wenzel*

254/1140-Newton: fst 6^m7; ein hübsches Galaxienpaar! NGC 4435 erscheint diffus und deutlich elliptisch, offenbart ansonsten aber keine weiteren auffallenden Details. Weniger regelmäßig zeigt sich hingegen der etwas schwächere Partner NGC 4438, insbesondere da der SW-Teil der Galaxie deutlich verbreitert erscheint. 45x-235x. *Matthias Kronberger*

320/1440-Newton: Bortle 3-4; NGC 4435 ist länglich 2:3 und hat eine auffällige stellare Kondensation. NGC 4438 ist etwa doppelt so groß und zeigt bei indirektem Sehen einen helleren, abgesetzten Kernbereich. Ihre stellare Kondensation ist etwas schwerer erkennbar als bei NGC 4435. Beide Galaxien sind NNO-SSW ausgerichtet. 120x. *Uwe Pilz*



Zentralbereich des Virgohaufens. Zeichnung, 25x125-Fernglas. *Uwe Glahn*



M 87. Zeichnung, 317/1500-Newton, 170x, fst 5^m6. *Klaus Wenzel*



NGC 4435/8. Zeichnung, 342/1695-Newton, 188x, fst 6^m1. *Hubert Schupke*

NGC 4435/8



CCD-Aufnahme, 16"-Hypergraph bei 3200mm, STL-6303, 8×20min (L), 3×10min (R), 3×10min (G), 3×20min (B), Astronomik Ilc-Filter. *Bernd Flach-Wilken*



Digitalfoto, 8"-Newton bei 920mm, Canon 40D (modifiziert), ISO 800, 7×10min. *Siegfried Kohlert*

Astrofotos unserer Leser



M 35 mit NGC 2158. CCD-Aufnahme, 12"-Astrograph bei f/3,62, SBIG STL-11000M, 30min (je RGB). *Gerald Rhemann*



◀ **Der Reflexionsnebel vdB 152.** CCD-Aufnahme, 10"-Newton bei 1200mm, ST-2000XM, 16×10min (L), 9×10min (R), 6×10min (G), 8×10min (B), Astronomik LRGB-Filter, ohne Binning. *Jürgen Stein*

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



Die Plejaden. CCD-Aufnahme, 4,1"-Refraktor und der SBIG STL-11000XM-Kamera. *Daniel Marquardt*



Die Nebelregion IC 1805. Digitalfoto, ▶
4"-Refraktor bei 540mm, Canon 5D Mark II,
ISO 1600, 40x6min. *Björn Gludau*

Kinder entdecken den Weltraum

Tag der Astronomie an der Grundschule

VON CHRISTINE BEYER

Der 24. April wurde zum Astronomie-Tag 2010 ausgerufen. Was passiert, wenn man Veranstaltungen nicht für erwachsene Sternfreunde konzipiert, sondern die zukünftige Generation von Sternfreunden anspricht? Mutige Amateurastronomen wagten in der »Woche der Schulastronomie« im November 2009 den Gang in die Grundschulen und hatten ein umfangreiches Programm für die Kinder zusammengestellt: Experimentier-Stationen wurden ausgewählt und aufbereitet, Computer-Simulationen erprobt, Materialien für das Basteln und die Tombola beschafft und Ablaufpläne sowie Gruppeneinteilungen für den ungewöhnlichen Vormittag ohne Schulgang entwickelt.



Abb. 1: Astronomie hat auch in der Grundschule ihre Berechtigung – wenn mutige Amateurastronomen sie dorthin tragen.

Mit fünf Planeten unterwegs zu fünf Versuchsstationen

Zu Beginn des Projekttages an der Grundschule Dörnberg zogen die Kinder ein Los für die Tombola und wurden in fünf jahrgangsgemischte Gruppen eingeteilt: Als »Saturnd«, »Sonne«, »Jupiter«, »Mars« und »Erde« suchten die Kinder die fünf Stationen auf.

An zwei Stationen führten die Kinder Experimente mit Licht aus: Mit einem Spektroskop wurde Licht in seine Farben zerlegt und so das Farbspektrum des Regenbogens entdeckt. Überraschend für die Kinder war die

Entdeckung, dass unterschiedliche Lichtquellen auch ein unterschiedliches Farbspektrum aufwiesen. Bei der anderen Station hingegen ging es um die Ausbreitung von Licht: Die Kinder beobachteten unter anderem, dass Licht auch »Kurven machen« kann.

Begeistert lenkten die kleinen Weltraumforscher in der Mehrzweckhalle ein mit Helium gefülltes Raumschiff. Fingerspitzengefühl und genaues Augenmaß waren auch am Computersimulator gefordert: Hier konnten die Kinder eine Raumfähre an der internationalen Raumstation ISS andocken lassen. Die Vergrößerungswirkung von Wasser

entdeckten die Kinder, indem sie aus Pappe, Frischhaltefolie und einem Tropfen Wasser so genannte Wasserlupen herstellten. Mit Hilfe dieser Lupen war auch die Schrift auf Briefmarken zu lesen. Für jede bearbeitete Station bekamen die Kinder einen Stern auf ihre Laufkarte, auf der dann am Ende des Vormittages die Umrisse des Großen Wagens zu erkennen waren.

Der Astro-Führerschein

Für die Kinder war die Beschäftigung mit dem Weltall nicht auf diesen einen Vormittag begrenzt: Im Vorfeld erwarben sie einen »Astro-Führerschein«. Dazu beantworteten die Kinder während einer Schulwoche jeden Tag eine Quiz-Frage aus dem Bereich Astronomie: Welches ist der nächstgelegene Stern zur Erde? Wie viele Farben hat der Regenbogen? Wo gibt es »Protuberanzen«? Welcher Planet wird auch »Roter Planet« genannt? Wie viele Sternbilder gibt es? Was ist ein Schweifstern? Was ist der »Morgenstern« und was ist der »Abendstern«?

Durch die vielen großen und kleinen Preise der Tombola, wie Bastelbögen, Bücher, Buttons und dem Teleskop als Hauptpreis können sich die Kinder weiterhin mit der Astronomie auseinander setzen.

Der Astronomietag aus pädagogischer Sicht

Mit dem Themenbereich Astronomie wurde für den Projekttag ein recht außer-

Astronomie in der Schule – ein Erfahrungsbericht

Am 12.11.2009 wurden in der Grundschule Westkilver (Kreis Herford, NRW) zwei Stunden Astro-Unterricht gehalten. Insgesamt nahmen 32 Schülerinnen und Schüler der Klassen 4a und 4b mit einer Lehrerin daran teil. Wichtig war es, dass die Kinder aktiv in den Unterricht mit einbezogen wurden. So konnten sie das Prinzip eines einfachen Linsenfernrohres mit einer Objektivlinse und einer Lupe selbst ausprobieren.

Für die Erklärung unseres Sonnensystems zauberte ich ein Modell aus einem Karton. Die Sonne bestand aus Papier und hatte einem Durchmesser von 1,40m. Die Planeten wurden durch verschiedene große Bälle, Murmeln und Stecknadelköpfe im Maßstab 1:1 Million dargestellt. Zuerst wurde die Sonne ausgerollt. Danach konnten sich die Kinder aus dem Karton von den Bällen, Mur-

meln usw. etwas herausnehmen. Als dann gefragt wurde, wer denn meint die Erde in der Hand zu halten, waren die Kinder überrascht, dass die Erde einer Murmel mit 12mm Durchmesser entspricht.

Weiter ging es mit Erklärungen zur Himmelsmechanik, Sternkarten früher-heute, drehbaren Sternkarten und deren Benutzung. Zur Auflockerung wurden mit einem Beamer Astrofotos und Grafiken auf eine Leinwand projiziert. Nach etwas mehr als einer Stunde endete der »theoretische« Teil. Es folgte eine zehninminütige Pause, in deren Anschluss einige Kapitel aus der DVD »Eyes in the sky« gezeigt wurden. Der Film kam sehr gut an, die Kinder waren vor allem von den Bildern beeindruckt.

Erfreut war ich über das bereits vorhandene Wissen in dieser Altersstufe. Da wurde manch kluge Frage gestellt und viele meiner Fragen wurden richtig beantwor-

tet. Wenn dieses Wissen und Interesse in die richtigen Bahnen gelenkt wird, dann ist das erfolgreiche Nachwuchsgewinnung und -förderung. Denn: Die kleinen neugierigen Sterngucker von heute sind die Amateur-Astronomen und manchmal auch die Astrophysiker von Morgen.

■ Carsten Debbe



gewöhnliches und für Grundschulkindern gleichermaßen schwieriges Thema gewählt: Das Vorwissen der Kinder ist meist gering, konkrete Handlungsmöglichkeiten scheinen auf den ersten Blick kaum gegeben. So bestanden auch bei den Pädagogen zunächst Zweifel, ob und in welcher Form ausgewählte Aspekte dieses komplexen Themenfeldes mit Kindern erarbeitet werden können. Diese Zweifel verschwanden jedoch im Rahmen der gemeinsamen Vorbereitung rasch und machten Interesse für die Astronomie Platz. Während dieser Phase ist es unerlässlich, im Vorfeld ausgewählte Experimente selbst auszuprobieren und auf Basis der eigenen Erfahrungen zu entscheiden, ob der gewählte Versuch zu den jeweiligen schulischen Rahmenbedingungen passt, wirklich problemlos durchführbar ist und den Kindern Handlungsmöglichkeiten sowie Erkenntnisgewinn bietet.

Auf diese Weise gelang es dem Kollegium gemeinsam mit der Autorin, den Kindern ein vielfältiges Spektrum anzubieten. Auch die ESA und das DLR haben die Schule sehr großzügig unterstützt. Ein derartiges Vorgehen bei der Umsetzung einer Projektidee bedeutet einen hohen Planungs- und Vorbereitungsaufwand für einen eher kurzen Unterrichtszeitraum von etwa fünf Schulstunden.

Fazit

Der große Anklang, den der »Astro-Tag« fand, sowie die Zufriedenheit aller Beteiligten sprechen für die gute inhaltliche und organisatorische Vorbereitung des Projekttages. Es ist folglich möglich, Teilaspekte der Astronomie mit Grundschulkindern handelnd zu erarbeiten: Unerlässlich ist dabei, das Thema didaktisch zu reduzieren und dadurch für die Kinder greifbar bzw. erfahrbar zu machen.

Abb. 3: Andockmanöver mit dem Raumflugsimulator Orbiter: Während sich die Piloten im virtuellen Raumgleiter der Internationalen Raumstation näherten, konnten die übrigen Schüler den Anflug auf einer Leinwand mitverfolgen. ▶



Abb. 2: Beim Blick durch das Spektroskop konnten die Kinder einen »künstlichen Regenbogen« studieren und verschiedene Lichtquellen miteinander vergleichen.



Daniel Marquardt (1983–2009)

Ein sonniger Spätsommernachmittag; ein meerblauer Dodge »Caliber«, Highway No. 1, Kalifornien. Ein hastiger Blick auf die Uhr, der Gedanke noch rechtzeitig auf die diesjährige AIC zu kommen. Am Steuer: Daniel Marquardt mit seinem »I love AIC«-T-Shirt, der gerade am Strand war, die Sonne zu genießen und darüber beinahe seinen Stargast-Auftritt bei der Astro Imaging Conference verpasst hätte. Denn dorthin ist Daniel eingeladen, den erstmals verliehenen »Plejaden«-Nachwuchs-Astrofoto-

grafen-Preis entgegen zu nehmen. So hätte Daniel den Spätsommer 2009 am liebsten verbracht, denn in den sonnigen Westen der USA hat es ihn so sehr gezogen. Im sonnigen Juni 1983 geboren, ist er immer ein Kind des Lichts gewesen – auch als er sich seinen Wunsch, die Astrofotografie zum Beruf zu machen, erfüllt hat und 2007 in die Schweiz gezogen ist, um als Filialleiter eines renommierten Astrohändlers zu arbeiten.

Pionierarbeit auf europäischem Boden hat er geleistet, als er sich zusammen mit

Freunden einen weiteren Kindheitstraum erfüllt hatte: »Remote Observatory in the Southern Alps« – seine ferngesteuerte Sternwarte in Südfrankreich wurde 2008 in Betrieb genommen, und gleich mit dem ersten Bild (also dem berühmten »First light«) gelang weltweite Anerkennung durch ein Astrofoto des Tages der NASA.

Diese steile Astrofotografenkarriere, zu der auch geladene Vorträge in der USA, Schweiz, Deutschland und Österreich zählten, war unaufhaltsam. Daniel war immer und überall gerne gesehen. Trotz der Erfolge in so jungen Jahren, blieb er immer seiner Linie der Bescheidenheit, Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft treu. Seine Visionen verlor er nie aus den Augen. Auch dann nicht, als sich die jahrelange Darmkrankheit in ihm zur Bösartigkeit entwickelte. Was Daniel in Südfrankreich initiierte, fiel auf fruchtbaren Boden: Vier Sternwarten sind es nun. Und als er schon permanent im Krankenhaus war, half er seinen Freunden via Skype beim »trouble-shooting« mit unermüdlicher Kraft. Noch einmal stellte sich ein NASA-APOD ein, australische Kollegen ehrten ihn durch eine Benennung eines Kleinplaneten, und ihm wurde der Nachwuchs-Preis in den USA verliehen. All dies durfte Daniel noch erleben, bevor er am 22. November 2009 sein irdisches Dasein beenden musste.

■ Dietmar Hager



Termine für Sternfreunde April–Mai 2010

Fachtagung / Workshop

- 7** 24.4.: 35. Würzburger Frühjahrstagung, Großer Hörsaal des Physiologischen Instituts, Röntgenring 9, 97070 Würzburg, Hörsaalengang: Franz-Lehar-Straße über Koellikerstraße
 ⓘ Frank Fleischmann, Sternwarte Feuerstein e.V., Sternwarte 1, 91320 Ebermannstadt info@sfeu.ebermannstadt.de, www.sfeu.ebermannstadt.de/sfeu/aft

- 10** 7.–9.5.: 17. Tagung Astrospektroskopie für Amateure, Hotel Sonnenblick bei Bebra/Hessen
 ⓘ ASPA-Aktive Spektroskopie in der Astronomie, Ernst Pollmann, Emil-Nolde-Str. 12, 51375 Leverkusen, 0214/91829, ernst-pollmann@t-online.de, www.astrospectroscopy.de.

- 12** 8.5.: Veränderlichenbeobachter-Treffen, Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha/Sachsen, Töpelstr. 43
 ⓘ Werner Braune, Münchener Str. 26-27, 10825 Berlin, 030/7848453, zentrale@bav-astro.de, www.bav-astro.de

- 17** 14.–16.5.: 17. Tagung der Fachgruppe CCD-Technik, Sternwarte Kirchheim/Thüringen ⓘ Dennis Möller, Kellerberggasse 9/C22, A-1230 Wien, dennis.moeller@chello.at, Jürgen Schulz, juergen.schulz.kirchheim@t-online.de, ccd.istcool.de

- 19** 21.5.–25.5.: 29. Planeten- und Kometentagung, Bruder-Klaus-Heim, 86450 Violau
 ⓘ Wolfgang Meyer, Martinstr. 1, 12167 Berlin, www.planetentagung.de

- 22** 29.5.: H-alpha-Treff Rüsselsheim (HaTR), Vereinsgelände Am Schnepferberg 65468 Rüsselsheim ⓘ Dietmar Sellner, 06147/936310, d.sellner@t-online.de, www.sternfreunde-ruesselsheim.de

- 20** 29.5. 33. Sonne-Tagung, gemeinsam mit dem ATT in Essen ⓘ Gesamtschule Bockmühle, Ohmstr. 32, 45143 Essen, sonnentagung2010@arcor.de, www.sonnetagung.de

Messe

- 21** 29.5.: 26. ATT, Gesamtschule Bockmühle, Ohmstr. 32, Essen ⓘ Walther-Hohmann-Sternwarte Essen e.V., Wallneyer Str. 159, 45133 Essen, att@walther-hohmann-sternwarte.de, www.sternwarte-essen.de

Beobachtungstreffen

- 1** 8.–11.4.: 9. Sternfreundetreffen im Harz (SFTH), Waldgasthof »Zum alten Forsthaus«, Todtenrode bei Altenbrak ⓘ Astronomische Gesellschaft Magdeburg e.V. c/o Daniel Arndt, z.Hd. Jens Briesemeister, An der Lake 48a, 39114 Magdeburg, info@astronomie-magdeburg.de, www.astronomie-magdeburg.de/sfth.htm

- 2** 9.–11.4.: Frühjahrs Teleskoptreffen Vogelsberg (TTV), Sternenwelt Vogelsberg e.V., 36325 Feldatal ⓘ Christina Marx, 06402/809573, info@sternenwelt-vogelsberg.de, www.sternenwelt-vogelsberg.de

- 3** 16.–18.4.: 4. Taubensuhler Astronomische Nächte (ehemals SATT), Naturpark Pfälzer Wald
 ⓘ www.sternwarte-bellheim.de/termine.html

- 4** 16.–18.4.: 8. Aschberger Frühjahrs-Teleskoptreffen (AFT), Aschberg bei Ascheffel
 ⓘ Armin Quante, Wiesenredder 5, 24340 Eckenförde, 04351/475830, aft2008@aft-info.de, www.aft-info.de

- 5** 16.–18.4.: WAA Easter Starparty 2010, Gasthof Postl bei Maiersdorf, Naturpark Hohe Wand ⓘ Wiener Astronomische Arbeitsgemeinschaft, Fraungrubergasse 3/1/7, A-1120 Wien, 0043/664/2561221, www.waa.at/kontakt/anmeldung.php

- 8** 6.–9.5.: 3. Esener Spechtel-Tage (EST), Astronomie-Freunde Esens, Folstenhausener Str.15, 26427 Stedesdorf ⓘ 04971/949076, astrofreunde.esens@ewetel.net, www.astronomiefreunde-esens.info

- 9** 7.–9.5.: 7. Chiemgauer Astronomie-Tage (CHAT), Jugendcampingplatz am Venusberg in Chieming ⓘ Johann Wiesholler, Oberhochstätter Str. 3, 83339 Chieming, Tel. 0160/94668715, Fax 08664/929583, www.jugendzeltplatz-chieming.de/, tipidorf@jugendzeltplatz-chieming.de

- 11** 8.5.: 13. Südbrandenburger Sternfreundetreffen (SBST), Rückersdorf ⓘ Sven Zelasek, Möllendorferstr.42, 03238 Tanneberg, 03531/706661, kontakt@sbst.info, www.sbst.info

- 13** 10.–16.5.: Astrocamping Vogelsberg, Sternenwelt Vogelsberg e.V., 36325 Feldatal
 ⓘ Christina Marx, 06402/809573, info@sternenwelt-vogelsberg.de, www.sternenwelt-vogelsberg.de

- 14** 12.–16.5. 19. Internationales Teleskoptreffen Vogelsberg (ITV), Campingpark Am Gederener See, 63688 Gedern ⓘ Intercon-Spacetec GmbH, 0821/414081, info@teleskoptreffen.de, www.teleskoptreffen.de

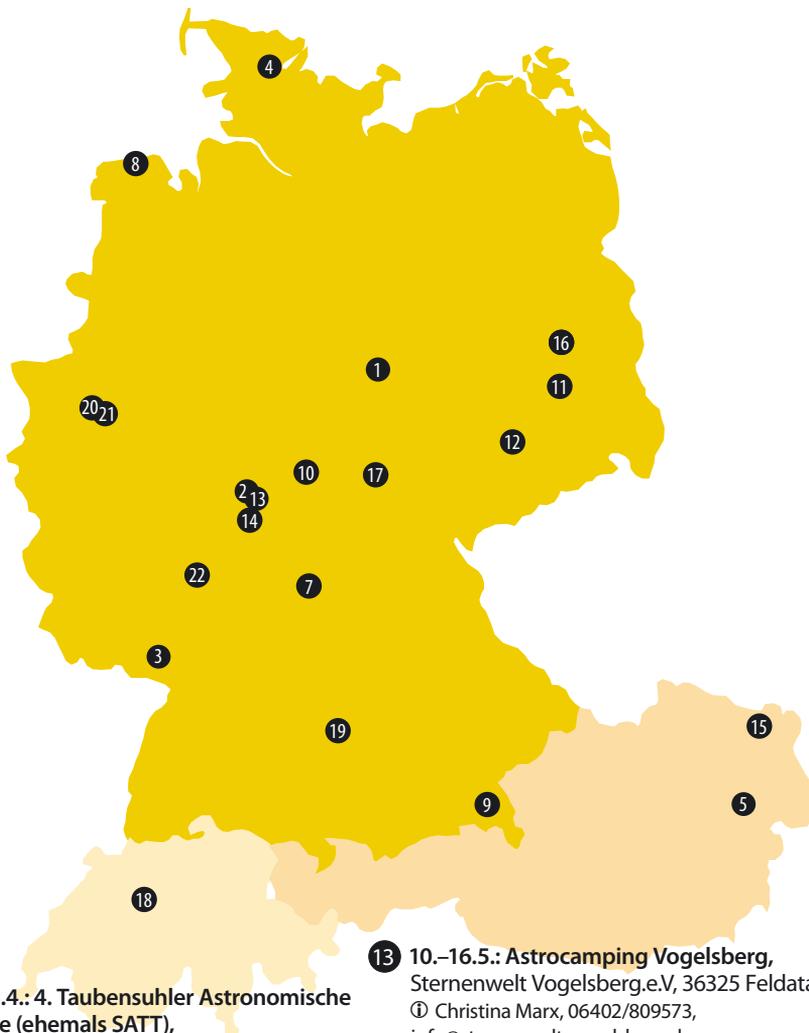
- 15** 12.–16.5. WAA-Teleskoptreffen, Oberleiser Berg, Österreich ⓘ Wiener Astronomische Arbeitsgemeinschaft, Fraungrubergasse 3/1/7, A-1120 Wien, 0043/664/2561221, www.waa.at, www.waa.at/beob/plz/leb.html

- 16** 13.–16.5.: 10. Teleskop Treffen Johannismühle (TTJ), Gelände des Wildparks Johannismühle bei Baruth/Brandenburg
 ⓘ Uwe Banisch, Tel.: 033704/97017, info@teleskoptreffen.com, www.teleskoptreffen.com

- 18** 14.–16.5.: Frühjahrs-Teleskoptreffen (FTT), Ahornhöhe im Emmental, Schweiz
 ⓘ Bernd Nies, Säntisstrasse 25, CH-8640 Rapperswil, 0041/79/6478711, bernd@nies.ch, www.teleskoptreffen.ch/ftt/index.de.php

Sonstiges

- 6** 24.4.: 8. Astronomietag
 Veranstaltungen in zahlreichen Sternwarten und Vereinen
 ⓘ www.astronomietag.de



Via Nubila - am Grund des Himmels

Er war der letzte Profiastronom, der ausschließlich visuell beobachtete – trotzdem oder gerade deshalb ist Johann Georg Hagen (1847–1930) heute fast vergessen. 1906 als Leiter der päpstlichen Sternwarte Specola Vaticana nach Rom berufen, begann er eine visuelle Durchmusterung des NGC, um einheitliche Größen- und Helligkeitsangaben der dort katalogisierten Nebelobjekte zu erhalten. Während der Arbeiten an diesem immensen Werk, ausgeführt mit dem 16"-Refraktor am Rande der Großstadt, fiel ihm auf, dass der

Himmel in der Umgebung der NGC-Nebel scheinbar von dunklen Wolken überzogen zu sein schien, die sich vor allem weitab der Milchstraße ballten.

Arndt Latußeck zeichnet in diesem Buch, das seine Dissertationsschrift im Fach Wissenschaftsgeschichte darstellt, Leben und Wirken dieses Eigenbrötlers nach. Fast romanhaft schildert er die Obsession des Jesuitenpaters mit den »Kosmischen Wolken«, denen er im hohen Alter von fast 80 Jahren eine neue, noch umfangreichere visuelle Durchmusterung widmete. Bereits Zeitgenossen entlarvten Hagens Entdeckungen als von unterschiedlicher Sternsdichte verursachte physiologische Fehlbeobachtungen, was Hagen jedoch ebenso wie die

Unfotografierbarkeit der Wolken zeitlessly ignorierte: »Was man sehen kann, daran kann man nicht zweifeln« – Parallelen zur Kritiklosigkeit heutiger visueller Beobachter drängen sich auf.

Latußeck zeigt mit der einer Doktorarbeit angemessenen Tiefgründigkeit, aber immer auch lesbar bleibend, die Versuche Hagens, Akzeptanz für seine Beobachtungen und die mit ihnen verknüpften absurden kosmologischen Schlussfolgerungen zu finden, und die damit verbundenen Verstrickungen in der professionellen Astronomie Deutschlands, Englands und Amerikas der Zwischenkriegszeit. Es ergibt sich das Bild eines über alle Zweifel erhabenen, im 19. Jahrhundert zurückgebliebenen Anachronisten, der die Reputation der visuellen Beobachtung in der Fachastronomie endgültig zu Grabe trug – Latußecks Buch ist gerade deshalb für jeden modernen visuellen Beobachter eine Lektüre von besonderer Brisanz.

■ Ronald Stoyan



Arndt Latußeck: Via Nubila – Am Grund des Himmels, Tredition-Verlag, Hamburg 2009, ISBN 978-3868504729, 577 S., 59,00€

A Spectroscopic Atlas of Bright Stars

Die Spektroskopie führt in der Amateurastronomie immer noch ein Schattendasein. Einige wenige Amateure betreiben wissenschaftliche Untersuchungen auf sehr hohem Niveau, doch die breite Masse der Sternfreunde ignoriert die Identifizierung von Absorptions- oder Emissionslinien trotz erschwinglicher Technik – dabei gibt es kaum eine Beobachtungsdisziplin, die im wahren Wortsinn derart viel Farbe in unser ansonsten meist schwarz-weißes Hobby bringt.

Entsprechend wenig Literatur gibt es, in deutscher Sprache fehlt sie bis auf Zeitschriftenartikel ganz. Doch für die vorliegende Neuerscheinung des englischen Springer-Ablegers benötigt man kaum Sprachkenntnisse. Jack Martin hat aus dem Weichbild der Riesenstadt London einen Atlas der Spektren von 73 hellen Sternen am



Jack Martin: A Spectroscopic Atlas of Bright Stars, Springer-Verlag, London 2009, ISBN 978-1-4419-0705-9, 205 S., 22,39€

Nordhimmel erstellt. Jedes Spektrum gibt den visuellen Spektralbereich zwischen 350nm und 620nm wieder und identifiziert die wichtigsten Linien, die man auch visuell mit einem kleinen Teleskop und Blazegitter sehen kann. Als Aufnahmeinstrument diente ein 12"-Dobson, als Aufnahmemedium jedoch etwas anachronistisch anmutender Schwarz-Weiß-Negativfilm. Moderne Astrofotografen sollten dieses Büchlein als Motivationshilfe für eigene, aufnahmetechnisch aktualisierte digitale Projekte verwenden.

■ Ronald Stoyan

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 (Doppeltstern), 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.)

Demnächst in interstellarum

Themenheft Astro-Reisen

Astro-Farmen in Namibia

Das trockene Land im Süden Afrikas ist das Traumziel mittel-europäischer Amateurastronomen. Wir zeigen die vier wichtigsten Astrofarmen im Vergleich und stellen Ausrüstung und Kosten direkt gegenüber.



ROUF SCHEFFER

Die besten Beobachtungsplätze der Alpen

Kristallklarer Himmel unter eisbedeckten Bergen - direkt vor unserer Haustür liegen spektakuläre und dunkle Beobachtungsplätze. Ein erfahrener Beobachter stellt die besten vor.



UWE GLAHN

Astro-Exkursionen in alle Welt

Unsere Autoren berichten von den astronomischen Reisezielen USA, Chile und China und zeigen Beobachtungsmöglichkeiten in Chile, La Palma, Teneriffa und Marokko.

Das Themenheft Astro-Reisen ist ab 16.4.2010 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	61	Beyersdörfer GmbH	U3	Optical Vision	33
ASA Astrosysteme GmbH	25	euro EMC GmbH	47	Sahara Sky	77
AstroInfo	46	Farm Tivoli	77	Sattleggers Alpenhof	77
Astrocom	32	Fujinon Europe	4	Teleskop-Service	62
Astrolumina	47	Gerd Neumann	47	Teleskop & Sternwarten	62
Astromann.de	47	Intercon Spacetec	5	Zentrum	62
Astronomie.de	17	Kiripotib Astrofarm	77	Vixen Europe	80
Astro-Shop	U2	Kosmos-Verlag	25	Wissenschaft Online	11
Astrotreff	47	Meade Instruments	U4	Wolfgang Lille	77
ATT Essen	74	nimax GmbH	6/7		
Berlebach Stativtechnik	77	Oculum-Verlag	79		

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

Bezug: Jahresbezugspreise 2010 inkl. Zustellung frei Haus: 54,90 € (D), 59,90 € (A, CH), 59,90 € (Ausland), erscheint zweimonatlich Anfang Feb., Apr., Jun., Aug., Okt., Dez., 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

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), Thomas Rattei (Rezensionen), 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, Michael Hoppe, Bernhard Hubl, Michael Jäger, Wolfgang Kloehr, Bernd Koch, Siegfried Kohlert, Erich Kopowski, Walter Koprolin, Bernd Liebscher, Norbert Mrozek, Gerald Rhemann, Johannes Schedler, Rainer Sparenberg, Sebastian Voltmer, Mario Weigand, Volker Wendel, Dieter Willasch, Peter Wienerroither, Thomas Winterer

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

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

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

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

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

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

Geschäftliche Anzeigen: es gilt Preisliste Nr. 11 vom 1.11.2009
 Britta Friedsam, Anzeigenleitung, Fax: 09131/978596,
 E-Mail: werbung@interstellarum.de

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

