

# fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur



Shaun Amy, CSIRO Australia Telescope National Facility

**Titelbild: Die Radioastronomie steht an vorderster Front** bei der Suche nach außerirdischen Intelligenzen (SETI) – doch ob wir jemals ein extraterrestrisches Signal werden identifizieren können steht noch vollkommen in den Sternen. Im Bild ist die Parkes Dish in Australien zu sehen. Shaun Amy, CSIRO Australia Telescope National Facility

Liebe Leserinnen und Leser,

als **Amateurastronom** sind Sie sicher schon oft gefragt worden, ob es »die da draußen« gibt: extraterrestrische Zivilisationen. Soviel wissen Sie sicher – bisher ist kein belastbares Anzeichen für ihre Existenz bekannt. Doch was unternimmt die Wissenschaft, um Signalen aus dem All auf die Spur zu kommen? Gibt es überhaupt eine reelle Chance, Spuren außerirdischer Intelligenzen zu entdecken? Unser Autor Harald Lesch, den viele von Ihnen von seinen unnachahmlichen Astro-Lehrstunden im Fernsehen kennen werden, zeigt die Denkmuster der professionellen Forschung und beschreibt die neuen Anstrengungen, die derzeit unternommen werden, um doch einen Kontakt herzustellen – denn die ernsthafte Suche nach extraterrestrischer Intelligenz hat gerade erst begonnen (Seite 14).

**Zustimmung oder Kritik** – nach den Leserbriefen in den letzten Ausgaben wollten wir genauer wissen, was Sie vom neuen interstellarum-Konzept halten. Als wir deshalb eine Online-Leserumfrage auf [www.interstellarum.de](http://www.interstellarum.de) erstellten ahnten wir kaum, wie groß Ihre Resonanz sein würde: Die softwarebedingte Obergrenze der Teilnehmerzahl wurde innerhalb von nur zwei Wochen erreicht, insgesamt hat fast ein Fünftel der gesamten Leserschaft aus Abonnenten und Kioskäufern teilgenommen. Das wichtigste war für uns in der Redaktion die große Zustimmung zum neuen Konzept (68%), auch wenn wir diejenigen nicht außer acht lassen, die weiterhin Kritik üben. Was Sie uns außerdem über sich verraten haben, zeigen wir Ihnen auf Seite 6. In jedem Fall möchten wir uns bei Ihnen für die großartige Teilnahme bedanken – und schon jetzt ankündigen, zukünftig öfter auf Ihre Stimme zu hören.

**Freude herrscht in der Redaktion ebenfalls**, wenn wir von Ihnen aktuelle Bilder des Himmelsgeschehens erhalten – so wie in diesem Heft ab Seite 66. Bitte versorgen Sie uns auch weiterhin mit Ihren astronomischen Resultaten, auch wenn wir nicht alle Aufnahmen abdrucken können. Dies gilt auch für die Objekte der Saison, unserem seit 1994 in jedem Heft enthaltenen Leser-Beobachtungsprojekt. Gerade die warmen Sommernächte laden ein, die in den aktuellen Beobachtungsvorschlägen ab Seite 30 vorgestellten Ziele selbst zu beobachten und die Ergebnisse einzusenden – am einfachsten über unsere Upload-Hilfen auf [www.interstellarum.de](http://www.interstellarum.de). In der Tabelle auf Seite 69 sind darüber hinaus alle Ziele der Hefte dazwischen vorgestellt. Wir freuen uns über jeden neuen Teilnehmer!

Ihr

*Ronald Stoyan*



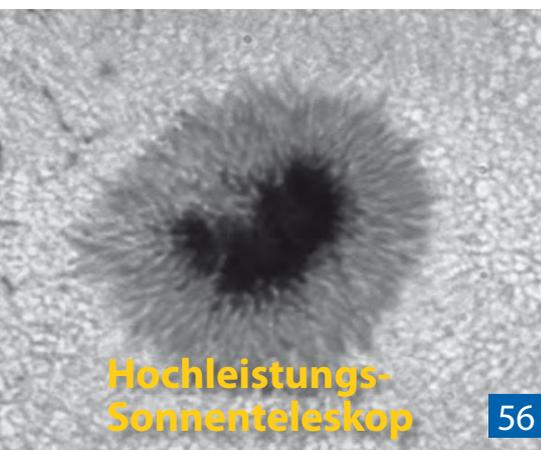
Im Reich der Rillen

39



Deep-Sky in Südafrika

46



Hochleistungs-Sonnenteleskop

56



Neue Kameras von SKYnyx

62

## Hintergrund

- **Hauptartikel**
- 14 **SETIs langer Weg zum First Contact**  
Die wissenschaftliche Suche nach außerirdischen Zivilisationen hat soeben erst begonnen
- 21 **Wieviele Zivilisationen existieren in der Milchstraße?**
- **Schlagzeilen**
- 10 **Wie misst man das Alter der Sterne?**
- 11 **Rätsel um Merkurs Magnetfeld gelöst**  
Mittelschweres schwarzes Loch in NGC 5408
- 12 **Raumfahrt aktuell: Exoerden in Reichweite**

## Himmel

- **Ereignisse**
- 22 **Perseidenmaximum am 13. August**  
Ausbruch der  $\alpha$ -Aurigenen am 1. September
- 22 **Venus in unterer Konjunktion**  
Uranus und Neptun in Opposition
- **Sonnensystem**
- 26 **Sonne aktuell: Wann beginnt der 24. Zyklus?**
- 27 **Planeten aktuell: Jupiter verändert sein Gesicht**  
**Kometen aktuell: LINEAR und LONEOS**
- **Sternhimmel**
- 31 **Astronomie mit bloßem Auge: Der Kleiderbügel**
- 32 **Astronomie mit dem Fernglas: Enckes Geburtstagsplanet**  
Objekt der Saison: NGC 7000
- 34 **Objekt der Saison: NGC 7293**
- 35 **Deep-Sky Herausforderung: Pegasus Dwarf**

## Praxis

- **Sonne**
- 36 **Finsternisfotografie der anderen Art**  
Das Flash-Spektrum der Sonnenfinsternis vom 29. März 2006
- **Mond**
- 39 **Im Reich der Rillen**  
Ein Spaziergang in der Mitte des Mondes
- **Deep-Sky**
- 43 **Barnards Pfeilstern**  
Ein kleiner Stern mit großer Eigenbewegung
- 46 **Abenteuer südlich des Wendekreises**  
Deep-Sky-Beobachtungsplätze in Südafrika
- 50 **Praxis-Wissen: Wie finde ich den Nordamerikanebel NGC 7000?**

## Technik

- **Produktvergleich**
- 51 **Alleskönner für Puristen**  
Drei Apochromatische Refraktoren im Vergleich
- **Selbstbau**
- 56 **Hochleistungs-Helioskop**  
Der Unigraph als Protuberanzteleskop
- **Astrofotografie**
- 62 **Webcam oder CCD-Kamera?**  
Die Astrokameras SKYnyx 2-0 und 2-2
- 65 **Technik-Wissen: Wie erhöht man Kontraste von Astrofotos?**
- **Produktspiegel**
- 55 **Die Großformat-CCDs kommen!**  
Televue: 100° Okulargesichtsfeld  
Hightech-Montierung: Astelco NTM-500  
Astrofoto-Nachführer: AstroTrac TT320  
Meade »mySky« kontert  
Celestron »Skyscout«

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



# SETI

## die Suche nach außerirdischer Intelligenz

14

Warum antwortet ET nicht? Wollen »sie« uns nicht hören - oder können sie es nicht? Vielleicht wirken unsere täglichen Nachrichten von Krieg und Gewalt abschreckend auf mögliche Besucher? Oder sind wir tatsächlich allein im All?

Härald Lesch, bekannt geworden durch seine Fernsehsendung »alpha centauri«, spürt in unnachahmlicher Art zusammen mit dem Wissenschaftsjournalisten Harald Zaun den Chancen nach, tatsächlich einen außerirdischen Kontakt herzustellen, und welche Anstrengungen und Überlegungen die Forschung derzeit unternimmt, um außerirdische Signale aufzufangen.

### Beobachtungen

- **Rückblick**
- 66 **Die Saturnbedeckung vom 22. Mai 2007**
- 68 Erstes Amateurfoto von Siemeis 159  
Lichtstrahl im Mondkrater Hesiodus am 25. Mai
- **Objekte der Saison**
- 69 **NGC 7009 / M 72**
- **Galerie**
- 72 **Astrofotos unserer Leser**

### Service

- **Szene**
- 74 Termine für Sternfreunde:  
August bis Oktober 2007
- 74 Astro-Messe rüstet auf
- **Rezensionen**
- 75 **Registax V4**  
Das Sonnensystem  
Spectroscopy
- **Astromarkt**
- 76 Astroschnäppchen
- 77 Kleinanzeigen

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

## Produktvergleich: Drei Apochromatische Refraktoren

51



unberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken.

# Leserumfrage 2007 – die Auswertung

Wir wollten mehr über Sie erfahren – und mit über 1000 Teilnehmern hat fast ein Fünftel der Leserschaft die 21 Fragen unserer Online-Leserumfrage beantwortet. Darunter sind die Abonnenten wie erwartet mit 67% Anteil überproportional beteiligt (Anteil an allen Lesern ca. 60%), aber auch 22% der Kioskäufer haben mitgemacht.

## 1. Die interstellarum-Leser

3% bezeichnen sich als »Lehnstuhl-Astronomen«, sind also nur an theoretischer Astronomie interessiert, 23% sind Einsteiger, und mit 68% die Mehrheit fortgeschrittene Amateure. 5% nennen sich Spezialisten in einem Teilgebiet der praktischen Astronomie. Eine deutliche Mehrheit der interstellarum-Leser hat mehr als 10 Jahre Hobby-Erfahrung, weniger als 3 Jahre sind knapp 20% dabei.

95% benutzen ein Teleskop und 81% ein Fernglas – beide Zahlen sind für eine Zeitschrift für praktische Astronomie kaum erstaunlich. Zu erwarten war auch, dass digitale Kameras der fotochemischen Konkurrenz bei weitem den Rang abgelaufen haben – 8:1 ist das Verhältnis derzeit. In der Rangfolge der digitalen Kameras liegen Webcams nur kurz hinter den Digitalen Spiegelreflexkameras, die heute fast jeder zweite interstellarum-Leser besitzt. Stattliche 21% verwenden CCD-Kameras.

Die meisten Leser besitzen 2 oder 3 Teleskope, 8% aber mehr als 5 – hochgerechnet befinden sich mehr als 13000 Teleskope in der gesamten Leserschaft, dazu noch einmal mindestens 4000 Ferngläser!

Teleskopöffnungen um 8" sind am häufigsten zu finden, 11% verfügen über größere Fernrohre mit mehr als 14" Durchmesser.

72% der Leser haben bis 1000 Euro pro Jahr für ihr Hobby zur Verfügung, 17% können jedoch bis 3000 Euro ausgeben und 250 Personen lassen mehr als 3000 Euro pro Jahr springen – auch bei den interstellarum-Lesern scheint die Schere zwischen

der Normalbevölkerung und einer Anzahl sehr vermöglicher Menschen aufzutreten. Insgesamt verfügt die interstellarum-Leserschaft über ein hochgerechnetes jährliches Kaufkraftpotential von mehr als vier Millionen Euro!

38% der Leser betreiben das Hobby allein, nur 33% sind in einem lokalen Verein organisiert. Etwas stärker als Vereine sind

Aktuelle Himmelsereignisse und Beobachtungsempfehlungen werden von jeweils über 80% der Leser als wichtigste Rubriken in interstellarum empfunden, noch vor den Produktvergleichen (77%). Tipps für Einsteiger (Wissens-Rubriken) begrüßen 42%, die Rubrik Raumfahrt aktuell nur 19%.

Erstaunlich ist, dass nur knapp mehr als die Hälfte das interstellarum-Jahrbuch kennen, sogar nur etwa ein Viertel die interstellarum-Begleiter (Teleskop 1x1, Mars, Finsternisse) und das CD-Archiv für vergangene Ausgaben – hier herrscht offenbar ein Informationsdefizit.

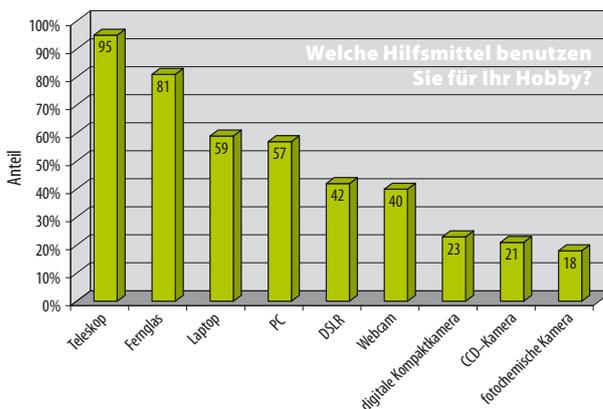
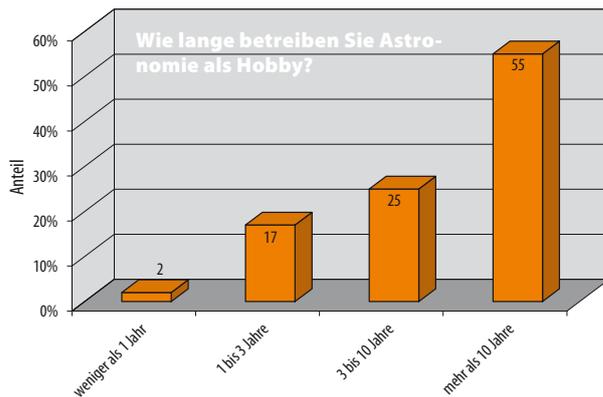
49% der Befragten lesen außer interstellarum noch Sterne und Weltraum, ca. ein Viertel erhalten das VdS-Journal. Bei einer ähnlichen Umfrage im Jahr 2002 waren noch 60% auch Leser von Sterne und Weltraum. 6% haben im Verlauf des letzten Jahres eine andere Zeitschrift gekündigt und lesen nur noch interstellarum, mehr als 30% lesen interstellarum als einzige Zeitschrift. 99 Personen gaben an zu überlegen, ob sie ein Abo abschließen – wir hoffen, dass dies zum jetzigen Zeitpunkt bereits geschehen ist.

## 3. Der Newsletter

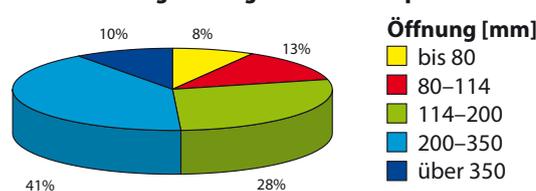
54% lesen ihn immer, 36% regelmäßig – mit 90% festen Lesern unter den Befragten besitzt der Newsletter eine außergewöhnlich hohe Akzeptanz. Auch Länge und Inhalt werden überwiegend positiv beurteilt. Der Newsletter wird als gute Ergänzung zum gedruckten Heft empfunden, 22% benötigen jedoch noch andere Quellen, um auf dem Laufenden zu bleiben. Zusatzangebote zum Newsletter wünschen sich viele Leser durchaus, die von der interstellarum-Redaktion zunächst angedachte Form eines Weblogs ist jedoch nur von 5% erwünscht.

Nach dem großen Erfolg sind zukünftig regelmäßig weitere Umfragen geplant – im Herbst wollen wir in Erfahrung bringen, was Sie zu Teleskopmarken und -modellen denken. Über den Newsletter und auf [www.interstellarum.de](http://www.interstellarum.de) erfahren Sie, wenn wir wieder Ihre Stimme hören wollen.

■ Ronald Stoyan



### Welche Öffnung hat Ihr größtes Teleskop?



die Internet-Foren frequentiert, 37% der interstellarum-Leser sind bei astronomie.de Mitglied, 25% bei astrotreff.de.

## 2. Das Heft

68% der Leser empfinden das neue interstellarum-Konzept seit Heft 50 als Verbesserung zum Zustand davor – diese positive Resonanz hatte sich die Redaktion erhofft. Eine Minderheit von 15% meint jedoch, interstellarum gleiche nun zu sehr anderen Zeitschriften – diese Haltung kommt auch in den kritischen Leserbriefen zutage.

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

## Leserbriefe zur Leserumfrage

Eine ständige Anpassung der Darstellung finde ich lästig. Immer wieder muss man sich als Dauerleser umstellen, zumal nichts wirklich besser wird. Mag sein, dass dadurch der eine oder andere Kunde neu gewonnen wird, aber als Stammkunde fühle ich mich da gegängelt.

Das Heft wird Sterne und Weltraum (SuW) immer ähnlicher. Mich interessieren irgendwelche exotischen Ergebnisse aus dem letzten Winkel des Kosmos nicht, insbesondere, wenn dabei ein Physikstudium hilfreich wäre. Das macht SuW so, weshalb ich sie nur noch in der Bibliothek mal einsehe. Für den aktiven Astronomie-Amateur ist das alles zu theoretisch. Ich kann für mich nur feststellen, dass mich da zunehmend Artikel in interstellarum langweilen, bislang lese ich das Heft aber noch von vorn bis hinten.

■ Reinhard Vollrath

Mir gefallen die Testberichte, welche auch gerne mal etwas ausführlicher gestaltet sein könnten; auch finde ich die Hinweise zu Beobachtungen und aktuellen Ereignissen recht interessant. Was mich absolut stört ist die »Astrofotografierelastigkeit« von interstellarum. Zählen Sie mal alle Astrofotografieseiten der letzten 3–4 Ausgaben, inkl. die Astrofotos am Ende, zusammen und stellen Sie sich vor, sie hätten mit Astrofotografie nichts am Hut – würden Sie Ihr Abo da nicht kündigen? Sky & Telescope, welches ich seit ca. 20 Jahren auch im Abo habe, ist hier deutlich ausgewogener.

■ Uwe Weigele

interstellarum ist mit Abstand meine Lieblingsastronomiezeitschrift, weil sie meinen Ansprüchen als Fernrohrnutzer (noch) am nächsten kommt. Sterne und Weltraum ist viel zu theoretisch und wohl eher was für Astrophysiker oder solche, die es werden wollen. Astronomie Heute ist zwar weniger abgehoben als SuW, macht mehr auf Raumfahrt und enthält kaum was für »Spechtler«.

Wenn ich ambitionierte oder halbprofessionelle Astronomie betreiben wollte, würde ich zu SuW greifen. Wenn ich Allgemeines über Raumfahrt und Astronomie lesen wollte, würde ich zu Astronomie Heute (AH) greifen. Nein – ich möchte einfache, aber praktische Kost für Hobby-Sterngucker. Die Kunst für interstellarum besteht meines Erachtens darin, nicht dem Höher,

Schneller, Weiter von AH und SuW zu erliegen, sondern sich an die eigenen Stärken/Wurzeln zu erinnern. Nicht in der Assimilation, sondern in der Differenzierung liegt der Erfolg.

■ Peter Ploss

### Bemerkung des Chefredakteurs

*Die drei abgedruckten Leserbriefe stehen exemplarisch für eine Reihe von Meinungen besonders langjähriger Abonnenten. Wir nehmen Ihre Kritik ernst, sehen uns aber zuallererst der Aufgabe verpflichtet, möglichst alle Hobby-Astronomen anzusprechen – die Mehrheit der Leserschaft besteht nicht mehr aus reinen Deep-Sky-Beobachtern, sondern einem bunten Mix aus Sternfreunden, die verschiedenen Teilbereichen frönen. Aus diesem Grund haben wir uns in den letzten Jahren bemüht, den Ruf als Zeitschrift für Spezialisten abzulegen.*

*Während vor 10 Jahren noch fast alle Leser auch Sterne und Weltraum abonniert hatten, ist dieser Anteil heute auf unter 50% gesunken. interstellarum muss und will deshalb ausreichend Information und Anregungen für diejenige wachsende Leserschaft bieten, die das Blatt als einzige Zeitschrift bezieht, auch wenn es sich um Randgebiete des Hobbys oder um die wichtigsten fachastronomischen Entdeckungen handelt.*

*Unser Ziel bleibt die reine Hobby-Zeitschrift, die »Pflichtlektüre für Amateurastronomen«. Die Redaktion hat keine Absichten, interstellarum zu einem populärwissenschaftlichen Magazin auszubauen – ebensowenig, wie als Spezialblatt für Besserverdienende zu gelten. Wir bemühen uns darum, den Spagat zwischen den vielen Interessen der Leser immer wieder neu zu schaffen und hoffen, dass alte und neue Abonnenten uns dies mit ihrer Treue danken.*

### Errata

#### interstellarum 51

Die Bezeichnungen der Mondkrater auf Seite 39, Abb. 3 ist fehlerhaft. Der als »Cook« markierte Krater ist tatsächlich Colombo, der als »Colombo« markierte Krater ist richtig Colombo A. Wir danken unserem Leser Andreas Hungenling für die Aufklärung.

Desweiteren sind bei der Abbildung von Konstantin von Poschinger auf Seite 69 falsche Daten angegeben. Tatsächlich wurde ein 160mm-Teleskop verwendet und 3×100s sowie 3×200s belichtet. Diesen Fehler entdeckte Hans Sklorz.

# Wie misst man das **Alter der Sterne?**

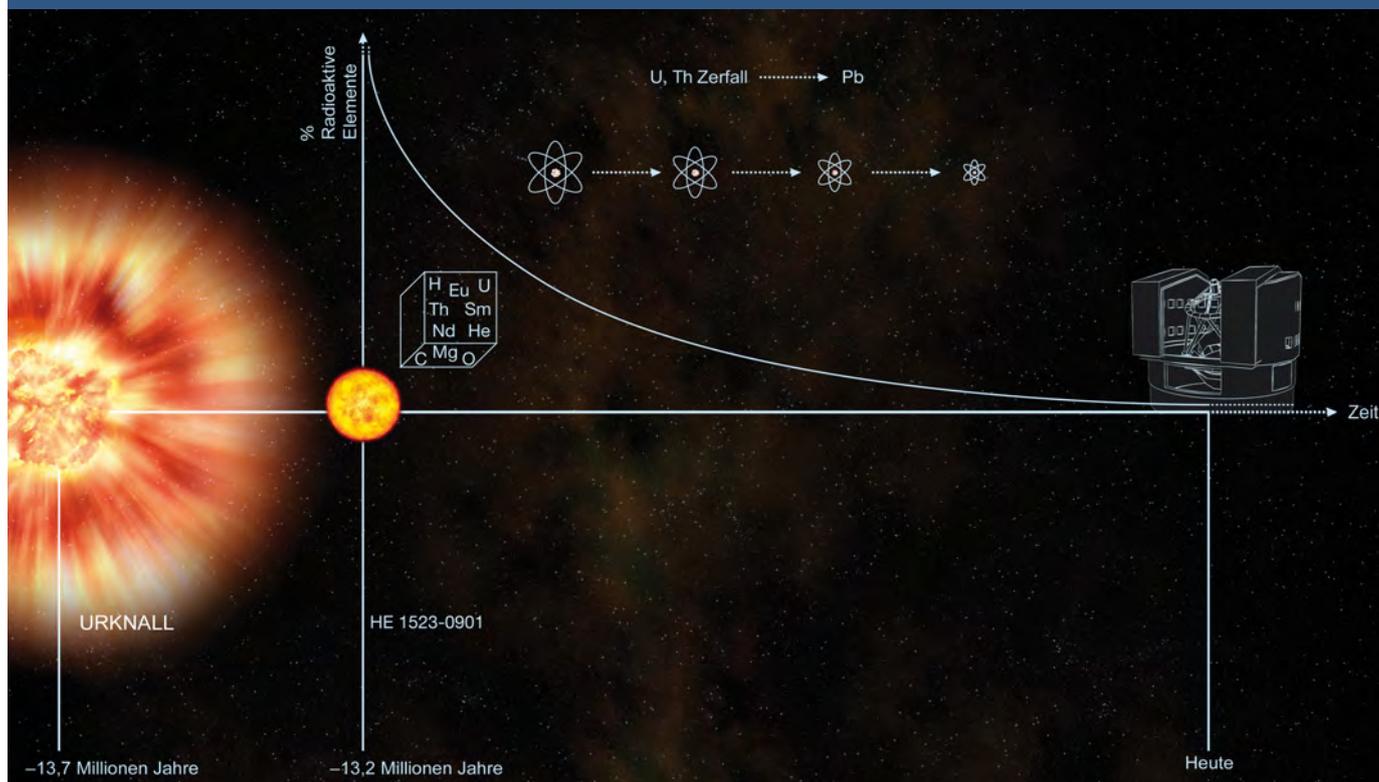


Abb. 1: **Abnahme der Häufigkeiten von Uran und Thorium** gemäß ihren Halbwertszeiten. Die Zerfallsreihe, bei der weitere radioaktive Elemente mit jedoch deutlich kürzeren Halbwertszeiten entstehen, endet mit dem stabilen Atomkern des Bleis (Pb).

Eine Gruppe von Wissenschaftlern hat einen Stern gefunden, der ihren Messungen nach 13,2 Milliarden Jahre alt sein soll. Er wäre damit fast so alt wie das Universum mit 13,7 Milliarden Jahren. Altersbestimmungen bei Sternen könnten das Alter des Universums bestätigen.

Die Methode der Astrophysiker das Alter eines Sterns zu bestimmen ähnelt der Methode wie Archäologen das Alter von Fossilien bestimmen: die Messung von Häufigkeiten radioaktiver Elemente. Dazu nimmt man an, dass der Stern bei seiner Entstehung eine bestimmte Menge an radioaktiven Elementen enthält, die im Laufe seiner Entwicklung entsprechend ihren Halbwertszeiten zerfallen, d.h. nach Ablauf der Halbwertszeit ist nur noch die Hälfte des ursprünglichen Materials vorhanden, nach Ablauf einer weiteren Halbwertszeit nur noch ein Viertel usw. Aus der Häufigkeit der Zerfallsprodukte relativ zum Ausgangselement kann dann bestimmt werden, wann der Zerfall begann. Meist wird aus dem Verhältnis der Häufigkeiten des radioaktiven Elementes Thorium zu dem stabilen Element Europium und theoretischen Annahmen zur Anfangskonzentration das

Alter bestimmt. Besser wäre ein Verhältnis von  $^{232}\text{Thorium}$  mit einer Halbwertszeit von 14 Milliarden Jahren und  $^{238}\text{Uran}$  mit einer Halbwertszeit von 4,5 Milliarden Jahren geeignet, da sie im Periodensystem eng beieinander liegen und so weniger anfällig für systematische Unsicherheiten sind, wie Änderungen der relativen Häufigkeiten durch verschiedene Zerfallsprozesse. Linien des Urans sind jedoch im optischen Spektralbereich schwach und schwer zu messen, da sie von Linien anderer Elemente beeinträchtigt werden.

Bei dem Stern HE 1523-0901, einem  $11^m$  hellen Riesen im Sternbild Waage,

ist es nun mit mehrstündigen Aufnahmen des Spektrums im nahen UV und visuellen Bereich gelungen, eine Linie des Urans zu messen. Ausschlaggebend dafür war, dass der Stern wenig Kohlenstoff und Stickstoff

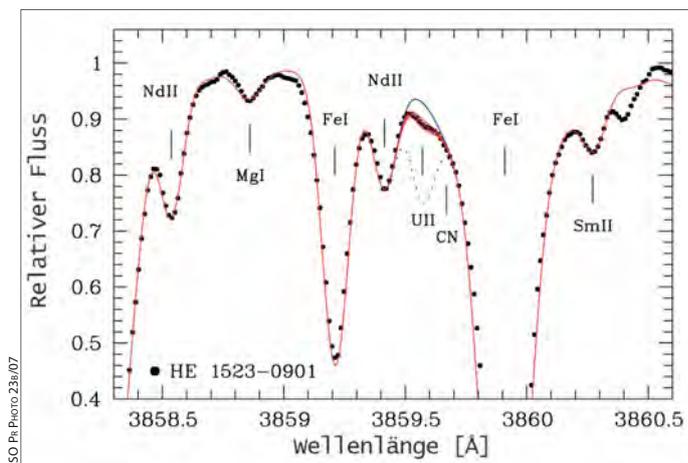


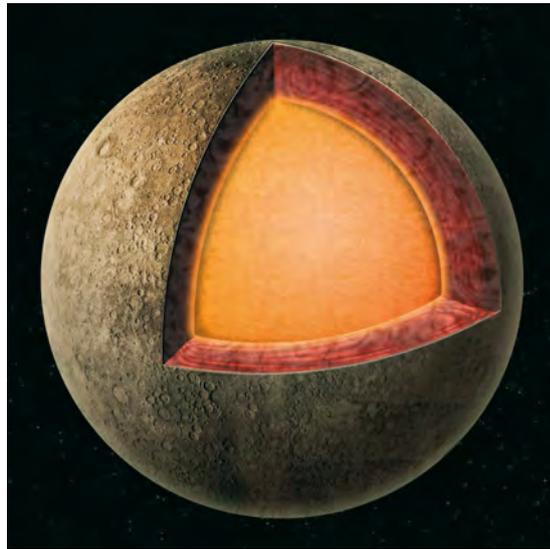
Abb. 2: **Spektrum von HE 1523-0901** im Bereich der Linie des ionisierten Urans (UII). Die roten Linien und die blaue gestrichelte zeigen Modellspektren mit verschiedenen Häufigkeiten von Uran. Die durchgezogene blaue Linie hingegen zeigt das Spektrum einer Modellatmosphäre, die kein Uran enthält. Deutlich ist an der Abweichung des beobachteten Spektrums zu dem Modellspektrum ohne Uran zu erkennen, dass Uran in der Sternatmosphäre vorkommt.

enthält, da die Uranlinie bei 385,9nm mit einer Linie von Zyan überlappt. Da neben dem Uran auch andere radioaktive Elemente im Spektrum nachgewiesen werden konnten, war es möglich, eine Altersbestimmung mit mehreren verschiedenen Elementen vorzunehmen. Als Mittelwert aus den Altersbestimmungen aller Elemente ergibt sich 13,2 Milliarden Jahre bei einem Fehler von  $\pm 2,7$  Milliarden Jahren. Der Fehler wird im Wesentlichen von den theoretischen Annahmen über die ursprünglichen Elementhäufigkeiten verursacht. Nimmt man nur den Mittelwert aus den Altersbestimmungen mit Uran, so ergibt sich ein Alter von 13,4 Milliarden Jahren mit einem geringeren Fehler von  $\pm 1,8$  Milliarden Jahren als Folge der kürzeren Halbwertszeit des Urans. [Frebel et al., *Astrophys. J.* 660, 117L (2007), ESO Science Release 23/07]

### Surftipps

CoRoT: [www.corot.de](http://www.corot.de)  
 JPL/NASA: [www.jpl.nasa.gov](http://www.jpl.nasa.gov)  
 Space Telescope Science Institute:  
[www.stsci.edu](http://www.stsci.edu)  
 Pressemitteilungen CNES: [www.cnes.fr/web/5891-corot-decouvresa-premiere-exoplanete-1php](http://www.cnes.fr/web/5891-corot-decouvresa-premiere-exoplanete-1php)

## Rätsel um Merkurs Magnetfeld gelöst



NICOLE RAGER FULLER, NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

**Innerer Aufbau Merkurs.** Der metallische Kern nimmt einen Großteil von Merkurs Innerem ein; er ist umgeben von einem Mantel aus Silikaten.

sich nur mit einem Kern oder einem äußeren Kernbereich aus geschmolzenem Material erklären, der anders als der feste äußere Mantel rotiert. Damit der Eisenkern über Milliarden Jahre hinweg geschmolzen bleibt, muss er Beimengungen von leichteren Elementen wie z.B. Schwefel enthalten, die die Schmelztemperatur erniedrigen. [JPL 2007-50]

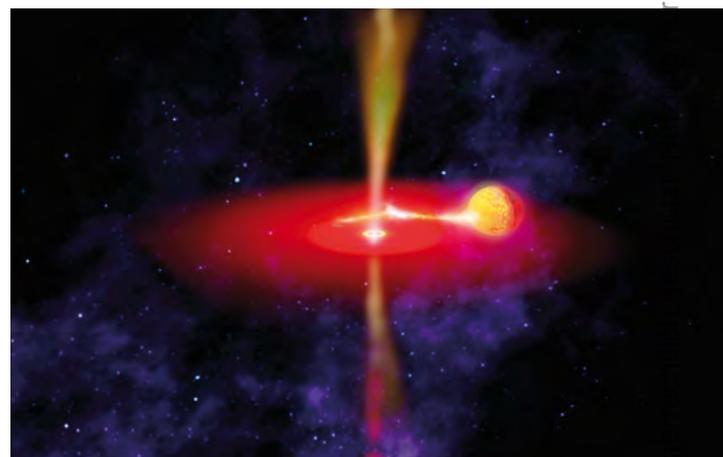
Seit der Entdeckung der Mariner 10-Sonde in den 1970er Jahren, dass Merkur ein wenn auch schwaches Magnetfeld (1/100 der Stärke des Erdmagnetfeldes) besitzt, haben Wissenschaftler versucht, dieses Phänomen zu erklären. Die Theorie der planetaren Magnetfelder geht von einem Kern aus geschmolzenem Material aus, den Merkur nicht haben dürfte. Als relativ kleiner Planet sollte er nach seiner Entstehung schnell abgekühlt sein und auch sein Kern aus Eisen, der von einem Mantel aus Silikaten umgeben ist, sollte schon vor langer Zeit erstarrt sein. Radaruntersuchungen über die letzten fünf Jahre, bei denen insgesamt 18 Mal Signale zum Merkur gesendet und 10 Minuten später die reflektierten Signale wieder aufgefangen wurden, haben Unregelmäßigkeiten in seiner Rotation ergeben. Diese lassen

## Mittelschweres Schwarzes Loch in NGC 5408

Eine Beobachtung der Galaxie NGC 5408 mit dem Röntgensatelliten XMM-Newton legt nahe, dass diese eines der kontrovers diskutierten mittelgroßen Schwarzen Löcher mit 2000 Sonnenmassen beherbergt. NGC 5408 ist eine kleine irreguläre Galaxie in 16 Millionen Lichtjahren Entfernung. XMM-Newton beobachtete die hellste Röntgenquelle in der Galaxie, die die Bezeichnung NGC 5408 X-1 trägt. Die Auswertung der Beobachtungsdaten ergab starke Schwankungen der Intensität der Röntgenstrahlung, zum Teil innerhalb von nur 10s. Neben unregelmäßigen Helligkeitsschwankungen wurden auch annähernd regelmäßige gefunden, sog. quasiperiodischen Oszillationen (QPO) mit Perioden von 50s und 68s. Diese sind ein deutlicher Hinweis auf die Existenz eines Schwarzen Lochs, das Materie über eine Akkretionsscheibe aufammelt; diese ist heiß und emittiert Röntgenstrahlung. Wird zu viel Materie aufgesammelt, kommt es zu Stauungen und zur Ausbildung eines heißen Gebiets, das verstärkte Röntgenstrahlung aussendet. Nach

den Berechnungen von Lev Titarchuk hängt der Abstand dieses heißen Gebietes nur von der Masse des Schwarzen Lochs ab. Er geht davon aus, dass Gas in dieser Zone sowohl in radialer Richtung als auch in vertikaler Richtung zur Scheibe (Relaxation) oszilliert und die Periode der Schwingung der der Rotation um das Schwarze Loch entspricht. Aus gemessener QPO und Akkretionsrate ergibt sich dann der Abstand des heißen Gebiets und schließlich die Masse des Schwarzen Lochs.

Dieselbe Methode wurde bereits erfolgreich bei dem Doppelstern Cygnus X-1 in unserer Galaxis angewandt. Übereinstimmend mit anderen Messmethoden wurde dort die Masse des unsichtbaren Begleiters



NASA

**Künstlerische Darstellung des Schwarzen Lochs** und seiner Umgebung; das Szenario zeigt wie Materie von einem Begleitstern akkretiert wird.

zu rund 9 Sonnenmassen bestimmt – damit war erwiesen, dass es sich bei ihm um ein Schwarzes Loch handelt. [ESA Space Science News; Strohmayer et al 2007, *Astrophys. J.* im Druck; Shaposhnikov & Titarchuk 2007, *Astrophys. J.* im Druck]

zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Dieses Dokument ist urhe

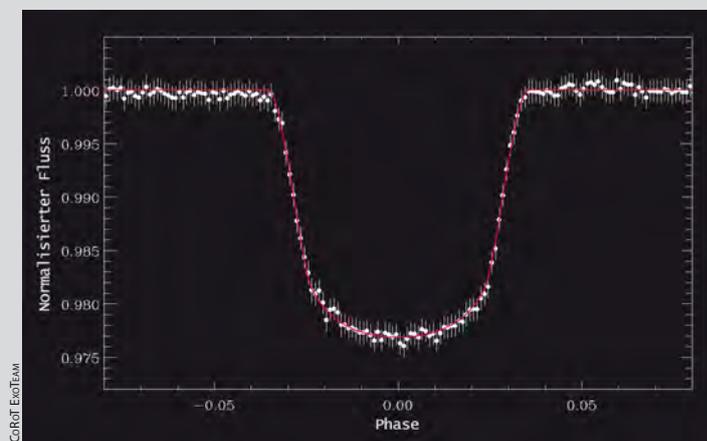
## Raumfahrt aktuell **Exoerden in Reichweite?**

Vor dem Start hatte man dem kleinen europäischen Astrometriesatelliten CoRoT lediglich die Entdeckung von Exoplaneten bis zwei Erdmassen hinab zugetraut (siehe Titelgeschichte interstellarum 52), doch er hat seine Erbauer schon nach ein paar Wochen Arbeit im Orbit eines Besseren belehrt. Die Helligkeitsmessungen mit seinen CCDs erweisen sich als – um einen enormen Faktor 10 bis 30! – präziser als nach Labortests zu erwarten war: Die Lichtkurven der tausenden im ersten Himmelsfeld überwachten Sterne sind von einer Rauschermut, wie man sie bei Teleskopen auf der Erde nicht kennt. Insbesondere einem ausgeklügelten Blendensystem, das den Einfall von Streulicht von der Sonne verhindert, wird dieser Erfolg zugeschrieben. CoRoT verspricht nicht nur erstklassige Asteroseismologie, also Erkenntnisse über Schwingungszustände ausgewählter Sterne und damit ihr Innenleben. Auch die Suche nach Durchgängen von Exoplaneten bei tausenden von Sternen wird dramatisch verbessert, und die erste Entdeckung ließ nicht lange auf sich warten. Zwar ist es nur ein »heißer Jupiter«, wie man viele kennt,

aber es ist die schiere Qualität der Daten, die zu Begeisterung unter den CoRoT-Forschern führt: Sie wissen, dass das Rauschen bei vollständiger Datenreduktion noch fünfmal geringer sein sollte. Und deswegen erscheint es plötzlich denkbar, dass nicht erst der NASA-Konkurrent Kepler, sondern schon CoRoT die erste Exoerde (wenn auch mit einer Umlaufzeit

von deutlich unter einem Jahr) entdecken können müsste!

Exoplanetenfunde mit der Transitmethode gelingen zwar auch immer wieder von der Erde aus, aber noch nie war eine Entdeckungslichtkurve auch nur annähernd so sauber gewesen. Freilich ist es allein anhand von Transitkurven unmöglich, die Masse des bedeckenden Körpers zu bestimmen: Planeten bis 0,8 Jupitermassen hinab, Braune Zwerge und massearme Sterne können alle genau denselben Durchmesser haben! Erst unterhalb von 0,8 Jupitermassen sind Modellen zufolge Planeten unverwechselbar klein. Deswegen muss jeder Stern, bei dem Co-



**CoRoTs erster Exoplanet!** Hier zieht – alle 1,5 Tage – ein Planet mit 1,3 Jupitermassen und 1,8 Jupiterdurchmessern vor seinem Stern her. Mehrere Durchgänge von Februar bis April 2007 wurden übereinander gelegt, und die Photometrie mit nur 0,03% Fehler ist erst vorläufig.

RoT vielversprechende Transits sieht, von der Erde aus präzise spektroskopiert werden: Erst der Radialgeschwindigkeitseffekt durch die Schwerkraft des Begleiters verrät eindeutig dessen Masse. Für diese Folgemessungen war eine ausgeklügelte Strategie entwickelt worden – aber als das internationale CoRoT-Team bei einem internen Workshop Mitte März in Paris

die ersten Kandidaten zu Gesicht bekam, wurden alle Pläne über Bord geworfen.

»Die Daten waren noch fast Rohdaten«, erinnert sich Eike Günther von der Sternwarte Tautenburg: »Normalerweise sieht man bei Rohdaten nicht viel. Wir waren daher total überwältigt, wie hervorragend die Qualität dieser Daten war. Alle waren begeistert und überwältigt. Die jahrelange Arbeit hatte sich gelohnt.«

Das Sternbild Einhorn, in dem CoRoT seine Messungen begonnen hatte, würde bald in der Abenddämmerung versinken: Rasch war der Entschluss gefasst, umgehend zwei europäische Teleskope der 2m-Klasse auf zwei Sterne mit besonders klaren Transits zu richten. Am 24. bzw. 26. März begannen der 1,93m-Spiegel des Observatoire de Haute Provence und das 2m-Universalteleskop in Tautenburg mit der Aufnahme von Spektren der schon ziemlich tief stehenden Sterne. Es reichte gerade noch: Der Tautenburger Kandidat erwies sich als M-Stern (was noch seltener als ein Exoplanet im Transit ist – man kennt nur 13 M-Begleiter, die einen anderen Stern verfinstern). Und der französische ging als CoRoT-Exo-1b in die Annalen ein, der erste Planetenfund des kleinen Satelliten.

»Das ist die Spitze der Spitze des Eisbergs«, glaubt der Planetentheoretiker Günther Wuchterl. Von CoRoT haben wir sicher nicht zum letzten Mal gehört, und schon jetzt zeichnet sich ab, dass der Satellit die Astronomie noch weit über die Planetenforschung und Asteroseismologie hinaus befruchtet wird: Zum Beispiel sieht er häufig charakteristische Helligkeitseinbrüche bei Sternen durch große Sternflecken. [CNES]

»Das ist die Spitze der Spitze des Eisbergs«, glaubt der Planetentheoretiker Günther Wuchterl. Von CoRoT haben wir sicher nicht zum letzten Mal gehört, und schon jetzt zeichnet sich ab, dass der Satellit die Astronomie noch weit über die Planetenforschung und Asteroseismologie hinaus befruchtet wird: Zum Beispiel sieht er häufig charakteristische Helligkeitseinbrüche bei Sternen durch große Sternflecken. [CNES]

■ Daniel Fischer



# SETIs langer Weg zum First Contact

## Die wissenschaftliche Suche nach außerirdischen Zivilisationen hat soeben erst begonnen

VON HARALD LESCH UND HARALD ZAUN

SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) ist heute als weltweit vernetztes Unternehmen zu einer festen Institution avanciert. Die Suche nach intelligenten Zivilisationen jenseits unseres Sonnensystems ist salonfähig geworden und hat gemessen an astronomischen Zeiträumen noch nicht einmal richtig begonnen. SETI befindet sich noch in der Lernphase und übt zugleich den Umbruch. Mögen sich die Skeptiker nach 47 Jahren bestätigt fühlen, da noch kein interplanetares Kosmogramm vorliegt – die Optimisten glauben immer noch, die Nase vorn zu haben. Denn die Zeit könnte ihr Verbündeter sein. Wenn denn überhaupt jemand da ist und sendet...

»Haben nicht alle Planeten gleichen Rang innerhalb des mächtigen Sonnenbereichs?... Welchen Unterschied will man zwischen der Sonne und den übrigen Sternen machen?... Gott hat viele Sonnensysteme mit Planeten erschaffen, die alle Leben mit Seele tragen können. Daher gibt es nicht nur eine Welt, eine Erde, eine Sonne, sondern so viele Welten, wie wir Sternenlichter sehen.« Als der italienische Dominikanermönch Giordano Bruno (1548–1600) diese aphoristischen Worte zu Papier brachte, zählte er zu den wenigen gebildeten Geistlichen seiner Zeit, die innerlich mit dem anthropozentrischen Weltbild des Mittelalters gebrochen hatten; er war historisch verbürgt der erste Mensch der Neuzeit, der die astronomische Stellung unseres Planeten im Universum durchschaute und öffentlich relativierte. Seine Überzeugung kostete ihn das Leben.

Bruno, »der unbekannte Revolutionär«, wie ihn Hoimar von Ditfurth einmal

nannte, für den der Mensch aufgrund der Unermesslichkeit des Universums einfach nicht die einzige intelligente Spezies im All sein konnte, wurde der Ketzerei angeklagt und starb auf dem Scheiterhaufen, obwohl schon Jahrhunderte vor ihm viele Autoren der Antike ähnliche Gedanken zu Papyrus gebracht hatten – wie beispielsweise der griechische Philosoph Metrodorus von Chios, der bereits 2000 Jahre zuvor diese Frage auf seine Weise plastisch umschrieb: »Es wäre seltsam, wenn auf einer großen Ebene nur eine Getreideähre wüchse, oder es nur eine einzige Welt im Unendlichen gäbe.«

### Irdischer und außerirdischer Informationsmüll

Ja, es muss viele bewohnte Welten im Unendlichen geben. Von dieser optimistischen Prämisse gehen zumindest die SETI-Forscher aus, die nunmehr seit 47 Jahren weltweit nach Radiosignalen und neu-

erdings auch Lichtblitzen außerirdischer Provenienz Ausschau halten. Doch seit der US-Radioastronom Frank Drake im Jahr 1960 diese Idee ins Leben rief, fischte kein SETI-Angler die lang ersehnte interplanetare Flaschenpost aus dem kosmischen Ozean.

Im Gegenteil, vorerst scheint das Rauschen der Hintergrundstrahlung, das Pulsieren der Neutronensterne und das Radioglimmen der Nebel- und Gaswolken nach wie vor das Einzige zu sein, was den »Äther« mit Leben erfüllt – abgesehen von einer Ausnahme: Denn den Informationsmüll unserer Zivilisation, der seit Anfang des letzten Jahrhunderts unüberhörbar peu à peu ins All wandert, könnten zumindest hoch stehende außerirdische Lebensformen, deren Heimatplanet in einer Entfernung von bis zu 100 Lichtjahren durchs All treibt, derweil aufgefangen haben.

Da diese Daten aber bekanntlich nicht gerade ein rosiges Psychogramm der Menschheit vermitteln, könnten die

◀ **Abb. 1: Faszinierend und farbenprächtig:** Das Weltall ist voller Überraschungen. Was noch fehlt ist der Nachweis, dass wir nicht die einzigen »intelligenten« Bewohner in diesem Universum sind. [Ignacio de la Cueva Torregrosa]

»Adressaten« beim Studieren der Radiosignale – so die Vermutung des verstorbenen großen deutschen SETI-Experten Sebastian von Hoerner (1919–2003) – einen galaktischen Kulturschock erleiden: »Würden sie uns allein an den Kriegs- und Terrorberichten der TV-Nachrichten messen, dürften wir uns über ihr Schweigen wohl kaum wundern.«

Was aber wäre, wenn außerirdische Zivilisationen selbst solchen Fernseh- und Radiomüll produzierten? Gäbe es für uns Erdlinge eine Möglichkeit, diesen zu empfangen? So theoretisch und fantastisch diese Frage auch anmutet – der Harvard-Professor und theoretische Astrophysiker Abraham Loeb sieht durchaus eine Chance, Fernsehsignale außerirdischer Herkunft aufzufangen. Was spräche denn dagegen, fragt sich Loeb, mithilfe von neuartigen Antennen, die eigentlich für die herkömmliche Radioastronomie konstruiert sind, nach Spuren von TV-Sendungen außerirdischer Kulturen zu suchen. »Durch einen glücklichen Zufall könnten wir genau jene Radiowellen auffangen, die eine Zivilisation ohne Absicht ins All ausgesendet hat«, erklärt Abraham Loeb, der bei alledem schon eine bestimmte Frequenz und ein bestimmtes Teleskop im Auge hat. Für eine solche Observation geradezu prädestiniert wäre Loeb's Ansicht nach das leistungsstarke Radioteleskop LOFAR, an dem europäische Ingenieure im Norden der Niederlande seit 2004 werkeln. Das kreisförmige Riesenauge, das sich über eine Fläche von 350km bis nach Deutschland ausstrecken soll, geht 2012 in Betrieb. Als revolutionäres Radioteleskop der nächsten Generation angekündigt, soll LOFAR später einmal aus 25000 einfachen Radiosensoren bestehen, die mit einem zentralen Supercomputer verbunden sind.

Angenommen, im Radiospektrum entdeckten Astronomen die Signatur einer extraterrestrischen Fernsehsendung, so könnte man, glauben Loeb und sein Harvard-Kollege Matias Zaldarriaga, auch die Doppler-Verschiebung des Signals messen, die beim Umlauf des fernen Exoplaneten um sein Heimatgestirn zum Tragen kommt. »Das würde uns dann ermöglichen, die Oberflächentemperatur des Planeten abzuschätzen und zu bestimmen, ob dort beispielsweise flüssiges Wasser vor-



Abb. 2: **350 Kilometer im Durchmesser** – das ist die geplante räumliche Ausdehnung der LOFAR-Antennenanlage in den Niederlanden und Norddeutschland.

handen sein könnte.« Mit dieser Methode könnten Forscher Loeb's und Zaldarriaga's Ansatz zufolge theoretisch problemlos nach fremden Radiosignalen in einem Umkreis von 1000 Lichtjahren suchen, funkten da nicht einige »hausgemachte« Signale dazwischen. Denn die größte Schwierigkeit wird wohl darin liegen, aus den zahlreichen irdischen Frequenzbereichen, die global genutzt werden, die lang ersehnte Alien-Botschaft herauszufiltern. »ET von der BBC zu unterscheiden, dürfte eine echte Herausforderung werden«, vermutet der bekannte Radioastronom und SETI-Forscher Seth Shostak nicht ohne Grund.

### Desillusionierende Fangquote

Noch aber gibt das Schweigen im kosmischen Äther, mit dem alle SETI-Forscher und die große Gemeinde der SETI@Home-User bislang vorlieb nehmen mussten, den Ton an. Dass sich bislang kein außerirdisches Strandgut ans Erdufer verirrt, dass die Fangquote der weltweit

verstreuten SETI-Fischer desillusionierend ist, pfeifen die kalifornischen Spatzen längst vom Dach des SETI-Hauptquartiers in Pasadena. Selbst das von SETI-Anhängern immer gern angeführte Wow-Signal, oft als SETI's einziger Treffer verklärt, erfüllte die strengen SETI-Vorgaben nicht. Dabei handelte es sich um ein am Big Ear Radio Observatory aufgefangenes einma-



Abb. 3: **Frank Drake** – der Mann, der 1960 mit dem Ozma-Projekt das SETI-Abenteuer initiierte.

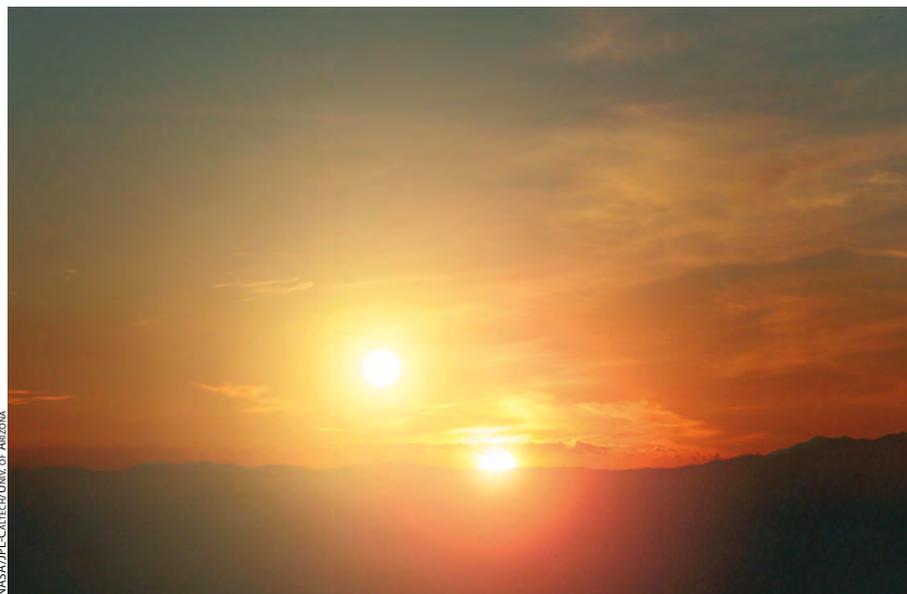


Abb. 4: **Computergenerierter Sonnenuntergang**, so wie er auf einem fernen Exoplaneten aussehen könnte. Auch in Doppelsternsystemen könnten technologisch hoch entwickelte Lebewesen eine Nische gefunden haben.

liges Signal nie da gewesener Stärke (siehe Kasten).

Das Wow-Signal wies weder ein erkennbares systematisches Informationsmuster auf, noch pulsierte es regelmäßig oder konnte auch von einer zweiten unabhängigen Antenne registriert werden. »Dieses Signal hat den Test, der vor Störsignalen schützen sollte, gar nicht erst bestanden, ist trotzdem zu einem Teil der SETI-Folklore geworden und hat damit eine Art kleine Heimindustrie hervorgebracht, die über 20 Jahre Bestand hat. Meiner Meinung nach war das für die Glaubwürdigkeit der SETI-Bestrebungen nicht förderlich«, gesteht die in Kalifornien immer noch nicht so richtig sesshaft gewordene Direktorin des SETI-Instituts, Jill Tarter. Schon seit etlichen Jahren bevorzugt die engagierte Astronomin die Einsamkeit und frequentiert lieber abgelegene Forschungsstationen mit leistungsstarken Radioteleskopen, um dort ihrem liebsten beruflichen Hobby

zu frönen. Gedanklich den Blick zu den Sternen gewandt, fokussieren sich ihre Augen auf die PC-Bildschirme, die die Daten sammeln und auswerten. Dabei registrierte Tarter bis dato nur Fehlalarme, meistens verursacht von Militärsatelliten oder natürlichen kosmischen »Geräuschen«. Von intelligenten Funksignalen nicht die Spur eines Bits.

### Alter Hut in der SETI-Forschung

Gewiss, die Wahrscheinlichkeit, dass wir sie verfehlen müssen, ist größer als selbst Pessimisten ahnen. Streng genommen spricht fast alles dagegen, dass wir irgendwelche Hochkulturen im All via Funksignal oder Laserblitz lokalisieren. Wer die Nadel im kosmischen Sternhaufen finden will, muss viel mehr Arbeit investieren als jener, der sie nur im irdischen Heuhaufen sucht.

Um überhaupt ein Signal von ET registrieren zu können, müssen die SETI-Radi-

astronomen einerseits nach Botschaften suchen, die von einer Kultur zur internen Kommunikation in den »Äther« geschickt werden. Andererseits nach solchen, die absichtlich an andere Zivilisationen (dieses Szenario wäre aber sehr unwahrscheinlich) gezielt in Sternhaufen oder auch ziellos in den interstellaren Raum hinausgestrahlt wurden, in der Hoffnung, irgendwann und irgendwo empfangen zu werden.

Dabei sind die Nachteile einer Kommunikation mit elektromagnetischer Strahlung, auf die SETI in erster Linie setzt, gravierend. Dass eine fremde Intelligenz, die weit ins All hinein senden will, starke Sender einsetzen und zugleich die gebündelte Botschaft mehrfach wiederholen und möglichst breit streuen muss, ist in der SETI-Forschung ein alter Hut, den sich keiner mehr aufsetzen möchte. Wer nicht zum rechten Zeitpunkt die interplanetare Flaschenpost auffischt, zieht leere Fangnetze ein, denn Funksignale warten nicht, sondern ziehen stetig weiter und verteilen sich mit zunehmender Distanz über einen immer größeren Radius im All. Was die Antenne als gebündelter, intensiver Strahl verlässt, kommt beim unbekanntem Adressaten als äußerst schwacher Impuls an.

### SETI-Optical

Mit diesem Problem hadern selbst die Protagonisten des SETI-Optical-Programms, die nach stark gebündelten Laserblitzen künstlichen Ursprungs Ausschau halten. Auch Lichtwellen werden über sehr große Entfernungen stark zerstreut. Dennoch könnte das alternative Laserverfahren alsbald zum zweiten Standbein der SETI-Forschung werden, da sich Informationen besonders gut in kurzwellige Laserimpulse hineinstauen lassen und stark gebündelte Laserstrahlen Dunkle Materie oder Nebel- und Gaswolken problemlos durchdringen.

Abb. 5: **Der Blick den Sternen bzw. dort vermuteten Exoplaneten zugewandt**, geht die Suche von SETI auf allen Ebenen weiter. Insbesondere Radioteleskope – wie hier die Anlage des Very Large Array – spielen dabei eine Rolle.



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

Dank hochempfindlicher Lichtdetektoren können SETI-Astronomen inzwischen schon extrasolare Lichtimpulse registrieren, die nur für eine milliardstel Sekunde aufblitzen. Besonders innovativ an den neuen Anlagen sind deren vergleichsweise geringe Fehlalarmquote: Fehlalarme, die früher an der Tagesordnung waren, ereignen sich statistisch gesehen fortan nur einmal im Jahr. Störquellen wie Sternenlicht oder kosmische Strahlung werden auf diese Weise herausgefiltert. Sollte also eine außerirdische Intelligenz einen Nanosekundenimpuls per Laser aussenden, würde dieser sogar 1000-mal heller als ihr Heimatstern »erstrahlen«.

### Kein Interesse an Radioastronomie

Radioastronomen hingegen kämpfen mit einer anderen Schwierigkeit. Sie ergibt sich aus der 21cm-Wasserstofflinie, auf die sich die meisten SETI-Projekte bis dato konzentrieren, da auf dieser Frequenz das im Universum am häufigsten vorkommende Element, der neutrale interstellare Wasserstoff, strahlt. So überrascht es nicht, dass der langwellige Bereich der Wasserstofflinie (1,42 Gigahertz) in SETI-Kreisen als kosmische Standardfrequenz schlechthin gilt, auf der außerirdische Intelligenzen senden könnten.

Aber völlig offen ist noch, ob Außerirdische diesen Frequenzbereich überhaupt »frequentieren«. Was wäre, wenn sie in Wellenlängenbereichen jenseits unserer Vorstellungskraft operierten? Und

was wäre, wenn intelligente Lebensformen auf anderen Planeten überhaupt keine Radioastronomie betreiben, sich mehr für den Mikrokosmos denn den Makrokosmos interessieren – oder schlichtweg kein Interesse an den Sternen haben, da sie tief im Erdboden leben oder als Meeresbewohner naturgemäß keinen Zugang zum Sternhimmel haben? Vielleicht vernebelt unsere anthropozentrische Hybris ja auch nur den Blick auf Lebensformen, die sich eines nichtbiologischen Daseins erfreuen und ein Leben jenseits der DNS und des reaktionsfreudigen Elements Kohlenstoff führen. Schließlich sehen und erkennen »Kohlenstoff-Chauvinisten« nur das, was sie erwarten.

### Durch Zeit und Raum für alle Zeit entzeit

Bei der Jagd nach der intelligenten Grußbotschaft aus einer anderen Welt ist stets zu berücksichtigen, dass ein außerirdisches Kosmogramm schon vor Millionen Jahren unseren Planeten passiert hat – oder erst in ferner Zukunft erreichen wird. Genauso gut könnte die im Wellenmeer dahintreibende extrasolare Flaschenpost schon angeschwemmt worden sein, ohne dass wir sie als solche wahrgenommen hätten. Und was wäre, wenn alle nur senden, aber keiner zuhört, oder alle nur zuhören, aber keiner sendet?

Das Hauptproblem dürfte die kurze Lebensspanne intelligenter Zivilisationen sein. Sollte sich die Urknall-Theorie als das richtige Modell erweisen – es ist trotz aller

## Das Wow!-Signal

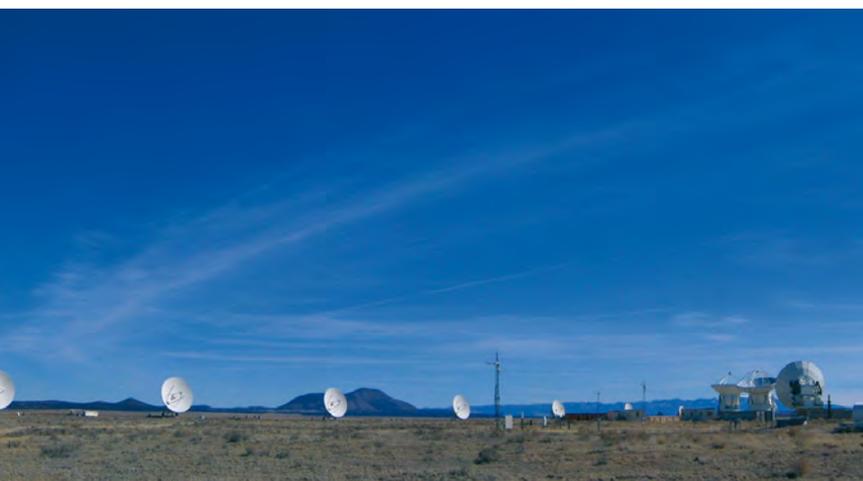
Es war am 15. August 1977, als Jerry Ehman, gerade gefeuerter Mitarbeiter an der Ohio State University, das Messprotokoll des Big Ear Radioteleskops bei Delaware im US-Bundesstaat Ohio betrachtete. Dort hatte es zum ersten Mal seit dem Beginn des SETI-Programms seit 1973 – und auch bis heute einmalig – ein verdächtiges Signal aus dem All gegeben. Es war so stark, dass der Detektor Mühe hatte korrekt zu messen. Ehman markierte die Stelle auf dem Ausdruck und schrieb »Wow!« daneben.

Jede Spalte auf diesem Papier gibt die empfangene Energie in einem Radiokanal an, und zwar in 12-Sekunden-Intervallen. Die registrierte Intensität wurde dabei alphanumerisch aufgezeichnet (0,1,2,...9, A, B,...). Das empfangene Signal bestand aus der Abfolge »6EQUJ5« und dauerte 72 Sekunden. Nach diesem Ereignis wurde das Teleskop einen Monat lang auf die verdächtige Stelle gerichtet – jedoch ohne Erfolg. Heute nimmt man an, dass es sich um von der Erde aus gesendeten und von Weltraumschrott reflektierten »Radiomüll« gehandelt hat.



## SETI@home

SETI@home steht für Search for extraterrestrial intelligence at home (englisch für »Suche nach außerirdischer Intelligenz von zu Hause aus«) und ist ein Projekt der Universität Berkeley, das sich seit 1999 mit der Suche nach außerirdischem intelligenten Leben befasst. Dazu wurde ein Radioteleskop, mit dem astronomische Beobachtungen durchgeführt werden, mit einem zusätzlichen Empfänger ausgerüstet. Während die wissenschaftliche Routinarbeit weitergeht, versuchen die SETI-Forscher parallel fremde Radiosignale aufzuspüren. Die anfallenden Datenmengen werden zu Hause auf den PCs der Teilnehmer aus aller Welt ausgewertet. Die dazu notwendige Software wird zur Verfügung gestellt. Angepasst an die jeweilige Rechnerleistung werden von SETI@home dann Arbeiten zugewiesen, die vom Teilnehmer durchgeführt werden, der wiederum seine Resultate zurückschickt.



NASA

eindrucksvollen Indizien tatsächlich immer noch anfechtbar –, beträgt das Alter dieses Universums gemäß den aktuellen Daten von WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), die die Temperaturverteilung der kosmischen Hintergrundstrahlung misst, 13,7 Milliarden Jahre.

In Anbetracht einer solch enormen Zeitspanne muss davon ausgegangen werden, dass hoch stehende Kulturen mit großer Wahrscheinlichkeit aneinander vorbeieexistieren. Denn gemessen am Alter des Weltalls sind selbst intelligente Außerirdische bestenfalls kosmische Eintagsfliegen. Bei alledem sind vernunftbegabte Kulturen infolge der homogenen und isotropen Struktur des Kosmos und der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit durch Zeit und Raum für alle Zeit entzweit. Keine guten Voraussetzungen für einen konstruktiven interplanetaren Datenaustausch.

### Die Scholle besser verlassen

Darüber hinaus erstrecken sich zwischen dem Absenden und Auffangen einer intergalaktischen Nachricht ungeheure Zeiträume. Während der Absender einer potentiellen Nachricht gerade den technischen Sprung ins All geschafft haben könnte, würde die Botschaft den unbekannt intergalaktischen Empfänger um Millionen Jahre zu früh erreichen, da seine Welt zu diesem Zeitpunkt gerade erst das Licht seines Muttersterns erblickt hat. Das Kosmogramm einer längst untergegangenen Kultur verlöre sich im »Äther« für alle Ewigkeit...

Die Gesetze der kosmischen Evolution erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass auch hoch stehende Kulturen, die ihre Raumfahrt und Technologie vernachlässigt und nicht konsequent zu Zwecken der kosmischen Kolonisation oder Suche nach Lebensformen im All genutzt haben, irgendwann einmal das Zeitliche segnen müssten. Sterne sterben und mit ihnen all jene Kulturen, die ihre planetare Scholle nicht verlassen konnten oder wollten.

Aber was ist mit jenen Intelligenzen, die sich absolut der Raumfahrt verschrie-

ben und »inzwischen« konsequenterweise einen Teilbereich ihrer Galaxie besiedelt haben? Sind solche Großkulturen nicht dafür prädestiniert, mit gezielten Funk- oder Lichtsignalen auf sich aufmerksam zu machen? Wenn ja, warum haben wir noch nichts von ihnen gehört? Haben sie vielleicht schon zur Genüge interplanetare



Abb. 6: Mit dem »Optical SETI Telescope« des Oak Ridge Observatoriums in Harvard, Massachusetts suchen die SETI-Anhänger gezielt nach Laserblitzen ferner Zivilisationen.

Verbündete? Oder bauen sie schlichtweg keine Radioteleskope, weil sie eine völlig andere, weitaus effizientere Technik nutzen, die wir noch nicht kennen bzw. als solche erkennen?

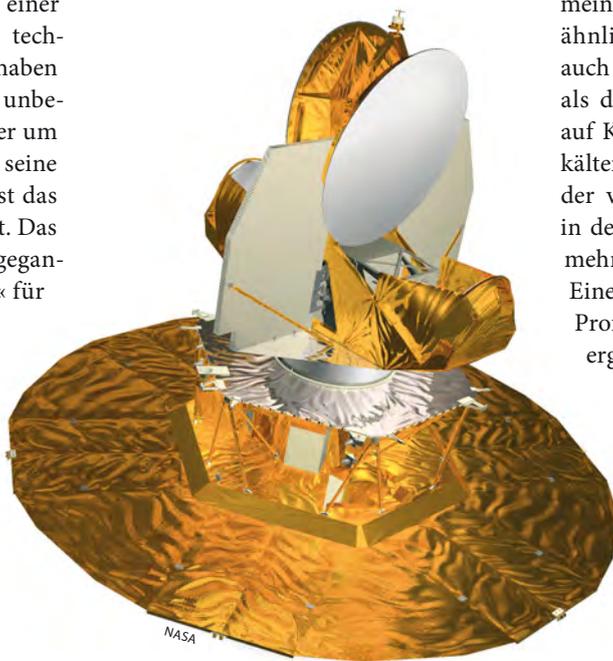


Abb. 7: Die Raumsonde WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), die die Temperaturverteilung der kosmischen Hintergrundstrahlung misst.

### Wahl des Sterns von Relevanz

Neben der Wahl der »richtigen« Frequenzen muss zu guter Letzt vor allem die Suchstrategie mit der des anvisierten Zielgebietes und Zielsterns korrespondieren. Alle Puzzlestücke müssen ineinander greifen, damit sich überhaupt ein Gesamtbild verdichten kann. Ein ebenso wichtiges Steinchen in dem Mosaik ist die Frage, welcher Sternentyp der bislang bekannten sieben Spektraltypen O, B, A, F, G, K, M just die notwendigen Charakteristika aufweist, die für die Ausbildung von Planeten mit biologischem Leben essentiell sind. Was für eine Kategorie von Sonnen begünstigt die Entstehung erdähnlicher Planeten? »Die klassischen SETI-Programme beschränkten sich traditionsgemäß auf Sterne, die unserer Sonne sehr ähnlich sind«, gesteht Jill Tarter. »Die Erde ist der einzige Planet, von dem wir genau

wissen, dass sich auf seiner Oberfläche Leben entwickelt und eine Technologie herangebildet hat, welche über interstellare Distanzen nachweisbar ist.«

Kein Wunder also, dass die SETI-Gemeinde ein besonderes Faible für sonnenähnliche Sterne vom Typ G hat, bisweilen auch F-Sterne anvisiert, die etwas heißer als die Sonne sind, und sogar ein Auge auf K-Sterne geworfen hat, die ein wenig kälter sind. Dadurch wuchs der Katalog der von SETI observierten Sterne allein in der Milchstraße auf sage und schreibe mehr als 250000 an – Tendenz steigend. Eine Klasse von Sternen, die dem SETI-Profil bislang nicht gerecht wurde und ergo in den Denkmodellen der Exobiologen und SETI-Forscher überhaupt keine Rolle spielte, sind Braune Zwerge. Sie entstehen wie alle Sterne als Folge des gravitativen Kollapses interstellarer Wolken, erreichen jedoch nicht die Masse und den Druck, um die Kerntemperatur von mindestens drei Millionen Kelvin zu erreichen, die nötig ist, um eine klassische solare Kernfusion in Gang zu setzen.

## M-Zwergsterne – neue SETI-Liebhaber

Spekulationen und Mutmaßungen, Fragen über Fragen – und trotzdem könnte die lang ersehnte kosmische Flaschenpost schon morgen bei uns eintrudeln, sofern SETI eine längst fällige kleinere Zäsur einleitet und das Suchprofil um einen Faktor ergänzt, den M-Zwergstern-Faktor: Nach der Entdeckung mehrerer Exoplaneten um M-Zwergsterne, die Astronomen auch gemeinhin als Rote Zwerge bezeichnen, gewinnt die Frage an Aktualität, ob stellare Körper dieser Machart zugleich die Sonnen bewohnter Planeten sein könnten. Just diesen am häufigsten vorkommenden Sternentyp im Universum, der schätzungsweise 70 Prozent aller Sterne in der Milchstraße stellt, haben Bioastronomen und SETI-Wissenschaftler bislang stark vernachlässigt.

Da M-Zwergsterne sehr licht- und massenarm sowie langlebig sind, schenken SETI-Forscher und Astrobiologen solchen Objekten in der Vergangenheit nur wenig Beachtung, zumal diese primär infrarotes Licht emittieren, somit also als potentielle Muttergestirne bewohnbarer Welten ausscheiden. Auf einem Planeten, der einen Roten Zwerg umkreist, wäre eine Photosynthese wie auf der Erde nicht möglich, da sein Muttergestirn in diesem Bereich des Spektrums höchst spärlich emittiert. Nicht zuletzt aufgrund ihrer hohen Abgabe an energiereicher Strahlung gelten M-Zwergsterne als äußerst lebensfeindlich. Gäbe es eine Rangliste für die im Produzieren von Sonnenflares effektivsten Sterne, gebührte dieser stellaren Klasse fraglos der Spitzenplatz. Einen Topwert erreicht insbesondere die von solchen Gebilden emittierte UV-B- und Röntgenstrahlung. Biologisches Leben hätte hier kaum eine Überlebenschance. Das Strahlenbombardement würde die Entfaltung von komplexen DNS-Molekülen glattweg verhindern.

## ATA soll Rote Zwerge mit Aliens finden

Um in der Nähe von Zwergsternen erdähnliche Planeten zu lokalisieren, benötigen Astronomen eine sehr leistungsstarke und sensible Antennenkonstellation: eine wie das in Nevada ansässige Allen Telescope Array (ATA), das ab 2009 in Betrieb gehen soll.

Das ATA besteht aus kleinen Radioteleskopen, die jeweils nur sechs Meter groß sind. 350 davon sollen in Form eines Gitters eingesetzt und dem Prinzip der Interferometrie folgend im Verbund zusammengeschaltet werden. Dabei richtet sich interessanterweise das Augenmerk der SETI-Forscher nicht generell auf Sterne, sondern ganz gezielt auf Planeten, wie Tarter verdeutlicht. »Es ist nicht der Stern, der mich interessiert. Es sind die Signaturen, die von hoch entwickelten Technologien stammen könnten, deren Planeten um Sterne kreisen. Solange ich weiß, dass wir die korrekte Richtung anvisieren, brauche ich den Stern nicht zu sehen. Ja, ich brauche noch nicht einmal den Planeten zu sehen. Mache ich aber ein künstliches Radiosignal aus – Bingo!, – habe ich eine bewohnte Welt gefunden!«

Ergo hat bei den Astrobiologen und SETI-Wissenschaftlern ein radikales Umdenken eingesetzt, das neue Energien und neuen Optimismus freisetzt. Der M-Zwerg-Option könnte zumindest im Rahmen der klassischen SETI-Suchstrategien die Zukunft gehören. Derweil sind etliche Bioastronomen davon überzeugt, dass Planeten, die um M-Zwergsterne bzw. Rote Zwergsterne treiben, durchaus Horte des Lebens sein könnten. Es könnten viele bewohnbare Planeten um Rote Zwerge kreisen, auf denen hoch entwickelte Zivilisationen existieren. Computersimulationen sprechen dafür. Denn ungeachtet aller astralen Defizite könnten bestimmte M-Zwergsterne Planeten durchaus mit aus-



Abb. 8: **Jill Tarter**, die Direktorin des SETI-Instituts.

reichend Licht und Wärme versorgen und auf diese Weise die Entwicklung von biologischem Leben dergestalt fördern, dass sich auf ihren planetaren Begleitern sogar hoch entwickelte Zivilisationen mit Radiotechnologie herangebildet haben könnten. Voraussetzung hierfür wäre allerdings ein ausreichender Abstand des Exoplaneten zu seinem Muttergestirn und das dortige Vorhandensein einer stark abschirmenden Atmosphäre, die der heimischen intensiven UV- und Röntgenstrahlung Paroli böte. Ein anderer wichtiger Aspekt, der bislang stets übersehen wurde, hängt mit der Lebensdauer und den »besten Jahren« von M-Zwergen zusammen. Fakt ist: Rote Zwerge werden alt, sehr alt. Wegen ihres niedrigen Energieverbrauchs leuchten diese kosmischen Dauerbrenner fast eine Ewigkeit. Kosmologen attestieren ihnen ein Alter, das – je nach Masse – zwischen 50 Milliarden und 50 Billionen Jahren liegen könnte. Das sind selbst für langlebige außerirdische Intelligenzen unermesslich große Zeiträume. Und für uns umso mehr. So gesehen können sich die SETI-Forscher für wahr in Geduld üben. Die Zeit arbeitet für sie.

### Surftipps

SETI-Projekt: [www.seti.org](http://www.seti.org)  
 Radioteleskop LOFAR: [www.lofar.org](http://www.lofar.org)  
 SETI Optical at Harvard: [seti.harvard.edu/oseti](http://seti.harvard.edu/oseti)  
 Columbus Optical SETI Observatory: [www.coseti.org/osetimap.htm](http://www.coseti.org/osetimap.htm)  
 Das Wow-Signal: [www.bigear.org/wow.htm](http://www.bigear.org/wow.htm)  
 SETI@home: [setiathome.ssl.berkeley.edu](http://setiathome.ssl.berkeley.edu)  
 SETI League: [www.setileague.org](http://www.setileague.org)  
 The Planetary Society/SETI: [www.planetary.org/special/seti](http://www.planetary.org/special/seti)

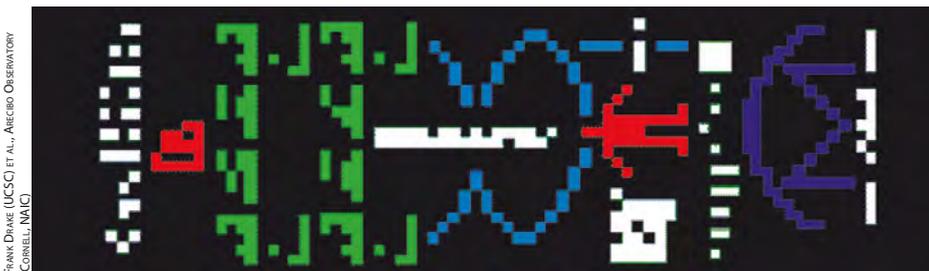


Abb. 9: **Die legendäre Arcibo-Nachricht:** Am 16. November 1974 sandte Frank Drake mit der Arcibo-Antenne (Durchmesser: 305 Meter) eine gezielte und verschlüsselte Nachricht ins All. Erst in 25000 Jahren wird das morsealphabetähnliche dreiminütige Radiosignal sein Zielgebiet im Kugelsternhaufen M 13 erreichen.



## Wie viele Zivilisationen existieren in der Milchstraße?

Mit Sicherheit lässt sich nur sagen, dass es die Menschheit gibt, die Antwort auf die Frage lautet also: 1. Andererseits ist die Zahl der Sterne in der Galaxis mit 400 Milliarden so groß, dass man sich kaum vorstellen kann, dass wir die Einzigen sein sollten. »Es wäre Platzverschwendung«, wie Carl Sagan seine Protagonistin Ellie Arroway im Kinofilm »Contact« sagen lässt.

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

1961 stellte Frank Drake auf einer Konferenz seine heute nach ihm benannte Formel zur Abschätzung der Anzahl der technischen intelligenten Zivilisationen in unserer Milchstraße vor. Seitdem bildet die Drake-Formel die Grundlage aller Diskussionen über die Suche nach extraterrestrischem Leben. In ihr ist unser Wissen bzw. Unwissen über die Entwicklung unserer Milchstraße und unseres Planetensystems komprimiert.

### Sternentstehungsrate $R_*$

Zunächst einmal muss man wissen, wie viel Sterne pro Jahr in der Milchstraße entstehen. Dabei beschränkt man sich auf sonnenähnliche Einzelsterne der zweiten oder dritten Generation, da es in ihrer Umgebung neben Wasserstoff und Helium auch schwere Elemente gibt. Sie haben außerdem eine Lebensdauer von mehreren Milliarden Jahren, die es ermöglicht, dass sich Leben entwickeln kann. Mittlerweile werden auch Rote Zwergsterne in Betracht gezogen, die die größte Population in der Milchstraße darstellen und deren Lebensdauer die der sonnenähnlichen Sterne um eine Größenordnung übertrifft. Sie emittieren jedoch viel Röntgen- und UV-Strahlung, so dass sich Leben sicherlich nur unter einer entsprechend dichten abschirmenden Atmosphäre entwickeln kann. Etwa 4 sonnenähnliche Sterne und 15 Rote Zwergsterne entstehen pro Jahr.

### Bruchteil der Sterne mit Planetensystem $f_p$

Man kennt heute über 200 extrasolare Planeten, meist sind sie Jupiter-ähnlich und wenig geeignet Leben zu tragen, wie wir es auf der Erde kennen. Dies liegt aber daran, dass wir noch nicht in der Lage sind, kleine erdähnliche Planeten zu entdecken. Deshalb besagt eine grobe Schätzung, dass etwa 50% der Sterne Planetensysteme besitzen.

### Anzahl der Planeten in der »Habitable Zone« $n_e$

Diese Zahl abzuschätzen ist weitaus schwieriger, als man anfänglich dachte. Zunächst einmal wird mit Habitable Zone der Abstandsreichweite um einen Stern bezeichnet, in dem auf einem Planeten Umweltbedingungen – insbesondere Temperaturen – herrschen, die Leben auf Kohlenstoffbasis ermöglichen und Wasser in flüssiger Form vorkommen lassen. Die Umweltbedingungen auf einem Planeten werden maßgeblich von seiner Atmosphäre und seiner Rotation – gebunden oder nicht gebunden – bestimmt, so dass auch ein weit von seinem Zentralgestirn entfernter Planet aufgrund des Treibhaus-Effektes günstige Lebensbedingungen bieten kann. Abschätzungen ergeben, dass etwa 1% aller Planeten in der Habitable Zone zu finden sind.

### Bruchteil der Planeten, auf denen Leben entsteht $f_l$

Biologen und Chemiker haben viele Wege gefunden, wie Leben entstehen kann: Sofern flüssiges Wasser, organische Moleküle und Energie zur Verfügung stehen, scheint sich Leben zu entwickeln. Der Faktor liegt deshalb in der Nähe von eins.

### Bruchteil der Planeten, auf denen sich intelligentes Leben entwickelt $f_i$

Diese Größe ist eine große Unbekannte. Sie beinhaltet so fundamentale Fragen, wie die, ob Evolution in Intelligenz mündet! Betrachtet man die Zunahme der Größe des Gehirns im Lauf der Evolution, könnte man zu diesem Schluss kommen. Ebenso stellt sich die Frage, ob die Entwicklung von Kommunikation zwangsläufig ist.

### Bruchteil der Planeten, auf denen sich intelligente Zivilisationen entwickeln $f_c$

Diese Größe sollte in etwa bei eins liegen. Man kann davon ausgehen, dass Lebewesen, deren Körperbau es erlaubt, Werkzeuge zu benutzen, schließlich Technologien entwickeln, die entdeckt werden können oder mit denen man kommunizieren könnte.

### Lebenszeit einer Zivilisation $L$

Man muss davon ausgehen, dass eine intelligente technische Zivilisation nicht für immer besteht bzw. entdeckbar bleibt. Sie kann durch eine kosmische Katastrophe wie einen Meteoriteneinschlag zerstört werden oder sich selbst zerstören. Aber auch ohne diese Ereignisse könnte sie sich verändern und mit der Zeit »verschwinden«. Die Menschheit ist zurzeit aufgrund der abgestrahlten Radio- und Fernsehsendungen sehr gut zu entdecken; mit dem Empfang von Radio- und Fernsehprogrammen über Kabel und Satellitenanlagen, für die um Größenordnungen weniger Leistung gebraucht wird als für die großen Überlandsender, wird es leiser um die Menschheit. Wir haben allerdings keinerlei Ahnung, wie sich eine technische Zivilisation über Jahrtausende oder Jahrmillionen entwickeln könnte. Der Faktor  $L$  beschreibt die Zeitspanne, die eine Zivilisation nachweisbar ist. Sie könnte 100 Jahre, aber auch 1 Milliarde Jahre betragen.

Die größten Unsicherheiten im Ergebnis der Drake-Formel ergeben sich offenbar aus  $f_i$  und  $L$ . Ganz allgemein kann man sagen, dass die Fehler von links nach rechts, von den astronomischen und chemischen zu den gesellschaftlichen Faktoren, zunehmen. Dementsprechend streut die Anzahl der Zivilisationen, mit de-

nen wir Kontakt aufnehmen könnten, zwischen 0 und einigen zehn- bis hunderttausend.

[1] Drake, F., Sobel, D.: Is anyone out there, Delacorte Press, New York (1992)

# Himmelsereignisse im August/September 2007

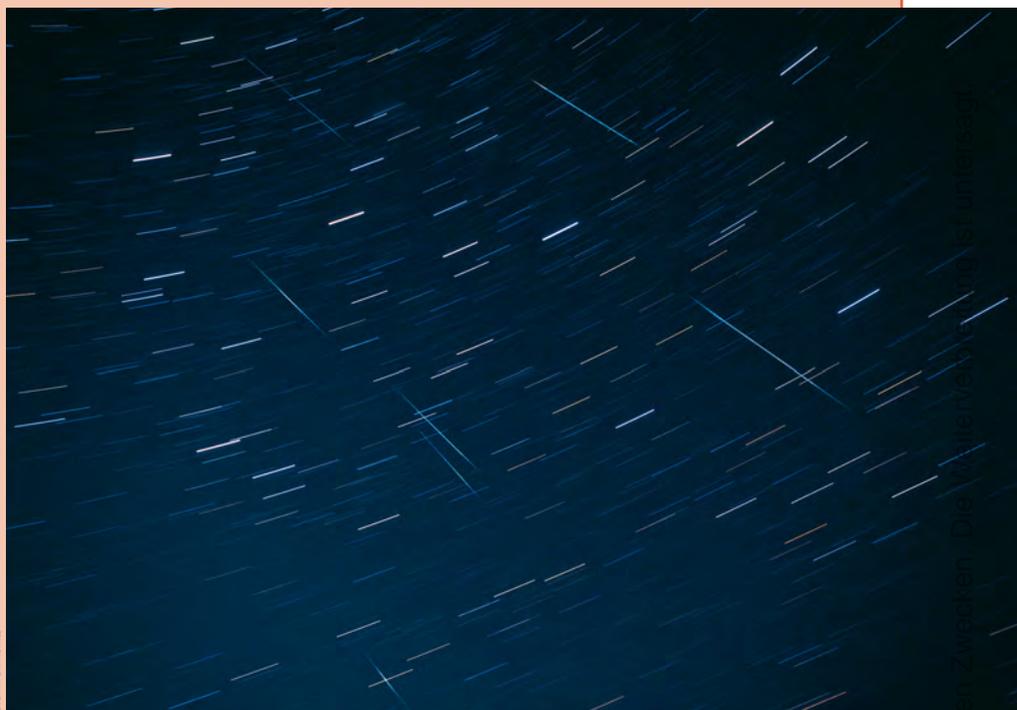
## Die Nacht der Sternschnuppen

### Perseidenmaximum am 13. August

Die Perseiden im August sind neben den Leoniden im November der bekannteste Meteorstrom. Einer der Gründe ist eine auch für ungeübte Beobachter deutlich merkbare Aktivität. Aber auch der Zeitpunkt des Auftretens während der relativ milden Sommernächte in der Urlaubszeit sind sicher ein weiterer Grund für die Attraktivität der Perseiden.

Viele Jahre lang war es von wissenschaftlicher Seite ruhig um den Strom geworden, er galt als bekannt und man erwartete keine großen Überraschungen. Das änderte sich als der Ursprungskomet der Perseiden P/109 Swift-Tuttle im Jahre 1992 in Sonnennähe kommen sollte. Bereits 1991 und 1992 trat vor dem eigentlichen »klassischen« Maximum ein sekundäres und deutlich höheres Maximum mit Raten um 400 Meteore pro Stunde auf. Dieses Maximum wurde auch in den Folgejahren beobachtet, wobei die stündliche Rate im Laufe der Zeit auf 100–120 Meteore sank. Im Jahre 2000 verschwand dann dieses Maximum im Aktivitätsprofil der Perseiden. Neuere Theorien und Berechnungen zur Dynamik der Perseiden versprachen eine weitere höhere Aktivität in den Jahren 2004–2006. Tatsächlich trat 2004 ein kurzes hohes Maximum auf, in den letzten beiden Jahren allerdings wurde nur das klassische Maximum beobachtet.

Berechnungen für 2007 zeigen eine nur geringe Chance einer höheren als der üblichen Aktivität, die, wenn sie denn



**Die Perseiden sind in diesem Sommer besonders günstig zu beobachten**, denn in der Nacht ihrer maximalen Aktivität vom 12. auf dem 13. August ist Neumond.

auftreten würde, vom Zeitpunkt her für Mitteleuropa in die Tagesstunden fällt. Trotzdem sind die Perseiden 2007 etwas Besonderes: Diesmal tritt das Maximum während des Neumondes auf, so dass man die gesamte Nacht ungestört von Mondlicht beobachten und damit auch schwächere Meteore sehen kann. Das Maximum mit etwa 100 Meteoroiden pro Stunde tritt am Morgen des 13. August ein

– in Mitteleuropa ist daher nur der Anstieg der Aktivität zum Maximum hin sichtbar. Aber auch die Nächte vor dem Maximum sind für Beobachtungen geeignet, da die Perseiden bereits zu diesem Zeitpunkt (ab etwa dem 5. August) eine deutliche Aktivität zeigen. Die ersten Perseiden werden bereits Mitte Juli sichtbar sein, die letzten Ende August vom Himmel verschwinden.

■ André Knöfel

## Ausbruch der $\alpha$ -Aurigiden am 1. September

Der kleine Strom der  $\alpha$ -Aurigiden soll in diesem Jahr der Star der Meteorströme werden. Die Erde wird zu diesem Zeitpunkt die Staubfahne des Ursprungskometen C/1911 N1 (Kiss) kreuzen, die bei seiner vorletzten Sonnennähe im Jahre 83 v. Chr. erzeugt wurde.

Normalerweise sind die  $\alpha$ -Aurigiden mit 10 Meteoroiden pro Stunde wenig aktiv. Berechnungen von J. Vaubaillon und P. Jennis-

kens erwarten das Maximum am 1. September um 13:37 MESZ – E. Lyytinen berechnet mit einem leicht anderen Ansatz ein Maximum um 13:20 MESZ. Bei der Berechnung der Aktivität gehen aber die Meinungen der Wissenschaftler auseinander. Vaubaillon erwartet bestenfalls eine stündliche Rate von 100, andere liegen mit ihren Schätzungen deutlich darüber. Für Mitteleuropäer ist das Maximum sowieso nicht beobachtbar

– die besten Bedingungen finden sich im Westen Nordamerikas und auf Hawaii. Allerdings sollte in den Nächten vor und nach dem Maximum verstärkt beobachtet werden, denn vor Überraschungen ist man nie sicher. Der Mond fünf Tage nach Vollmond wird die Beobachtungen stören, so dass nur hellere Meteore beobachtbar sein werden.

■ André Knöfel

## Venus in unterer Konjunktion

Sie war die strahlende Königin des Abendhimmels, doch am 18. August wird sie von der Sonne eingeholt: Venus befindet sich im August zwischen Sonne und Erde, steht dabei jedoch deutlich südlich des Tagesgestirns. Am 1.8. geht unser innerer Nachbarplanet nur noch 20 Minuten nach der Sonne unter und ist damit kaum noch zu beobachten. Der minimale Sonnenabstand beträgt stattliche  $8^\circ$  – die Venus zeigt also während der Konjunktion durchgehend eine Sichel, die Helligkeit sinkt nicht unter  $-4^m0$ . Die Planetenscheibe misst zum Zeitpunkt der Erdnähe am 18.8.  $57,9''$  oder fast eine ganze Bogenminute. Für Tagbeobachtungen sollte der Planet in dieser Zeit ein reizvolles Ziel abgeben. Am Morgenhimmel taucht Venus Ende August auf, wenn sie schon mehr als eine Stunde vor der Sonne aufgeht. Im September ist sie dann das beherrschende Gestirn vor Sonnenaufgang.



**Zur Unteren Konjunktion der Venus** am den 18. August ist es möglich übergreifende Sichelspitzen zu sehen – wie hier am 6.6.2004.

■ Ronald Stoyan

## Uranus und Neptun in Opposition

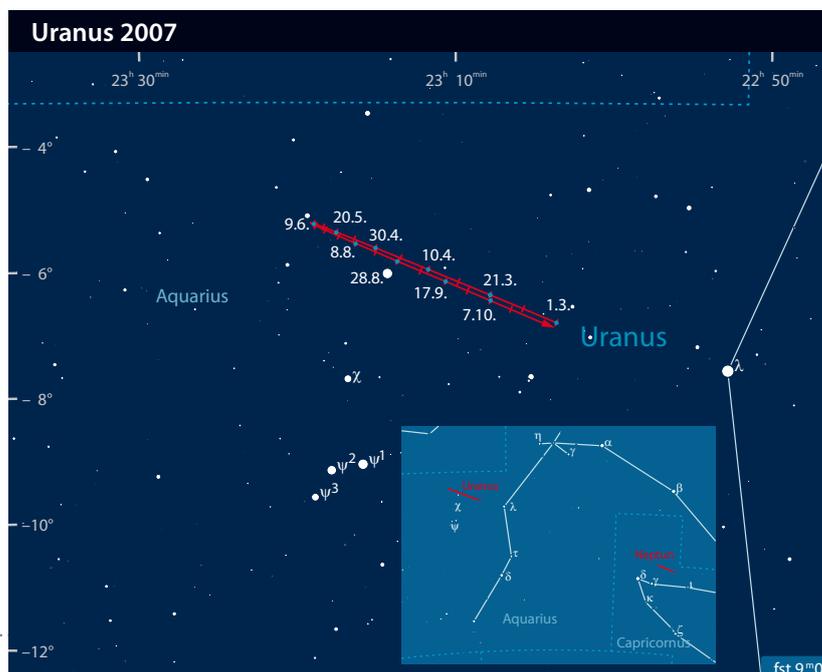
In den Sommermonaten stehen die beiden äußeren Planeten Uranus und Neptun in Opposition und sind damit optimal beobachtbar. Am 13. August erreicht zuerst Neptun den Oppositionspunkt im nördlichen Teil des Sternbildes Steinbock (vgl. Seite 32).

Uranus steht am 9. September in Opposition und ist dabei 19,1AE von der Erde entfernt. Er bewegt sich im östlichen Teil des Sternbildes Wassermann (Aquarius) und steht zum Oppositionszeitpunkt etwa  $0,5^\circ$  westlich des  $4^m2$  hellen Sternes  $\varphi$  Aqr. Dabei ist Uranus mit einer Helligkeit von  $5^m7$  bei guten Himmelsbedingungen durchaus mit bloßem Auge sichtbar. Er kulminiert gegen 1:00 MESZ in  $30^\circ$ – $35^\circ$  Höhe über dem Horizont und erscheint unter einem Winkeldurchmesser von  $3,69''$ .

Eine Besonderheit ist die Ringkantenstellung des Planeten. Während die Ringe selbst Amateurbeobachtungen kaum zugänglich sind, können mit großen Teleskopen gegenseitige Erscheinungen der Uranusmonde beobachtet werden. Die Tabelle listet die besten Ereignisse auf, weitere sind im interstellarum-Jahrbuch »Das Astronomische Jahr 2007« zu finden.

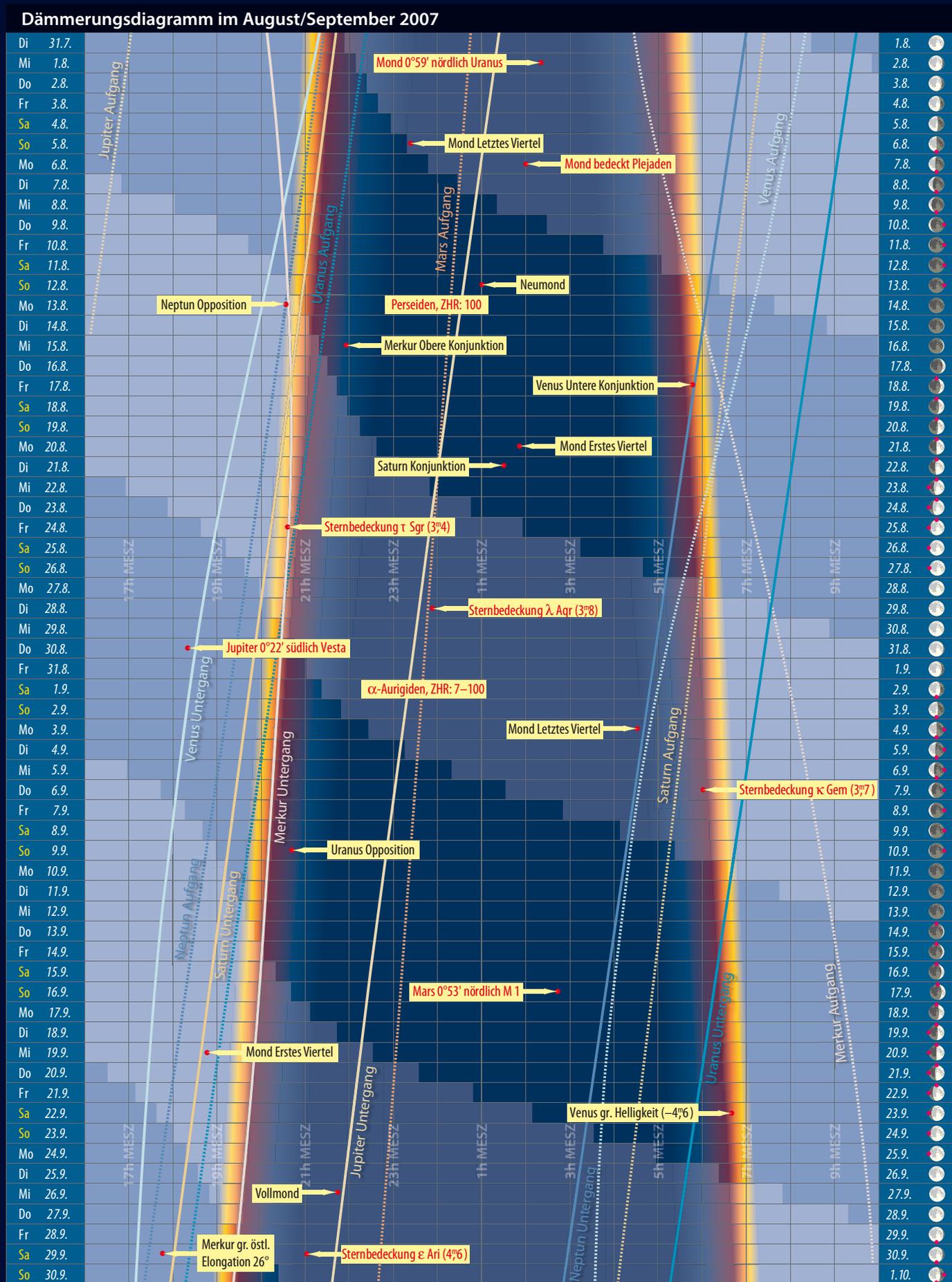
■ Ronald Stoyan

Gegenseitige Erscheinungen der Uranusmonde		
6.8.	02:56:35	Oberon bedeckt Umbriel (Dauer 1807s)
13.8.	05:00:05	Ariel bedeckt Umbriel (Dauer 620s)
14.8.	03:29:04	Umbriel bedeckt Oberon (Dauer 417s)
14.8.	22:09:22	Umbriel bedeckt Ariel (Dauer 235s)
15.8.	00:55:29	Umbriel bedeckt Miranda (Dauer 212s)
6.9.	22:25:07	Titania verfinstert Miranda (Dauer 173s)
8.9.	04:05:00	Ariel verfinstert Miranda (Dauer 133s)
22.9.	20:20:51	Ariel verfinstert Miranda (Dauer 587s)
29.9.	03:19:34	Miranda bedeckt Ariel (Dauer 300s)



Astronomische Ereignisse im August/September 2007		
5.8.	23:19:46	Mond Letztes Viertel
2.8.	02:12:00	Mond bei Uranus, Uranus südlich $0^\circ 59'$
7.8.	02:00:00	Mond bedeckt Plejaden
13.8.	01:02:36	Neumond
13.8.	07:00:00	Perseiden, ZHR: 100
13.8.	20:25:30	Neptun Opposition
15.8.	21:56:17	Merkur Obere Konjunktion
18.8.	05:40:45	Venus Untere Konjunktion
21.8.	01:54:13	Mond Erstes Viertel
22.8.	01:28:24	Saturn Konjunktion
24.8.	20:32:47	Sternbedeckung $\tau$ Sgr ( $3^m4$ )
27.8.	11:32:32	Mond bei Neptun, Neptun nördlich $1^\circ 49'$
28.8.	12:35:07	Vollmond
28.8.	23:46:59	Sternbedeckung $\lambda$ Aqr ( $3^m8$ )
29.8.	11:18:38	Mond bei Uranus, Uranus südlich $1^\circ 28'$
30.8.	18:12:00	Jupiter bei Vesta, Jupiter südlich $0^\circ 22'$
1.9.	13:30:00	$\alpha$ -Aurigiden, ZHR: 7–100
4.9.	04:32:34	Mond Letztes Viertel
7.9.	06:06:35	Sternbedeckung $\kappa$ Gem ( $3^m7$ )
9.9.	20:45:48	Uranus Opposition
11.9.	14:44:20	Neumond
17.9.	02:47:59	Mars bei M 1, M 1 südlich $0^\circ 53'$
19.9.	18:47:55	Mond Erstes Viertel
22.9.	12:24:00	Merkur bei Spica, Spica südlich $0^\circ 05'$
23.9.	06:48:45	Venus größte Helligkeit $-4^m6$
23.9.	11:51:17	Herbstanfang
26.9.	21:45:10	Vollmond
29.9.	17:53:11	Merkur größte östliche Elongation $26^\circ$
29.9.	21:02:06	Sternbedeckung $\epsilon$ Ari ( $4^m6$ )

# Das Sonnensystem im August/September 2007



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

### Der Lauf der Planeten im August 2007



morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

abends sichtbar

### Der Lauf der Planeten im September 2007

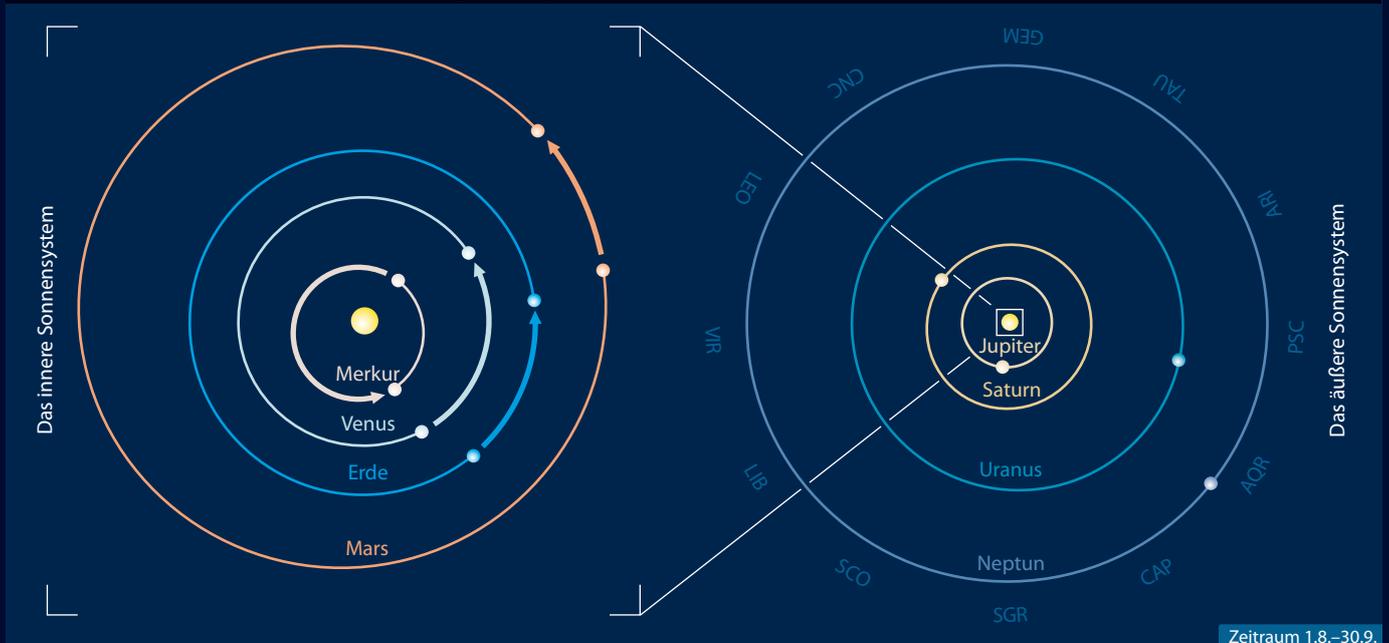


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

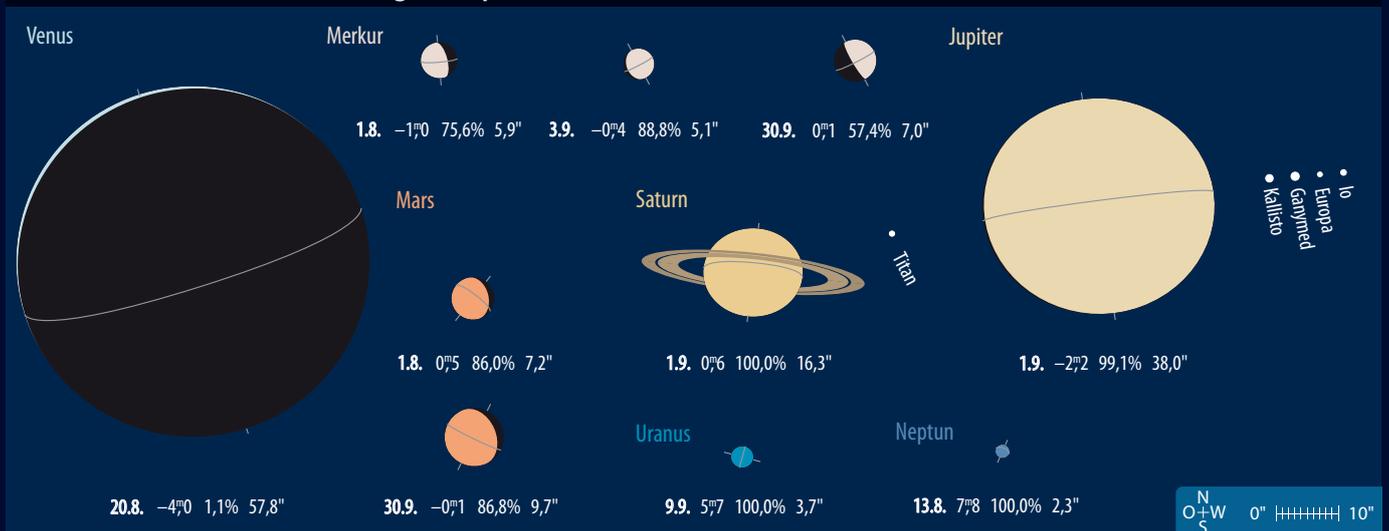
abends sichtbar

### Die Planeten auf ihren Bahnen im August/September 2007



Zeitraum 1.8.–30.9.

### Die Planeten im Fernrohr im August/September 2007



# Sonne aktuell Wann beginnt der 24. Zyklus?

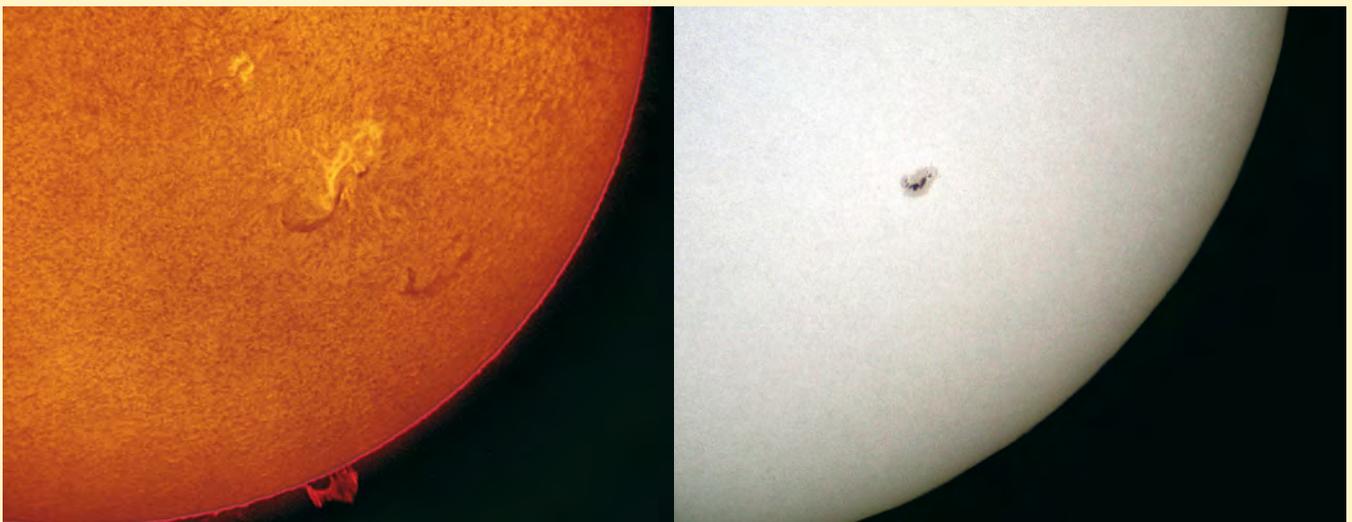


Abb. 1: **Sonnenquadrant am 4.5.2007 in verschiedenen Wellenlängen.** 3"-Refraktor bei 3500mm Brennweite. Erich Kopowski, H $\alpha$ -Bild, 9:51 MEZ, Coronado Solarmax 40 (links), Weißlichtbild, 11:01 MEZ (rechts)

**2**5. April 2007: Was sich bereits einen Tag vorher durch einen deutlichen Anstieg des solaren Radioflusses bei einer Wellenlänge von 10,7cm ankündigte, wurde rasch Realität: Die längste fleckenlose Phase im laufenden Minimum ging mit einer beeindruckenden Fleckengruppe zu Ende. Die Aktive Region (AR) mit der Nr. 10953 war dicht am östlichen Sonnenrand erschienen und zeichnete sich nicht nur durch ihre Größe und Struktur aus, sie bestimmte in den folgenden Tagen auch das Erscheinungsbild der Sonne. Strukturelle Veränderungen konnten nicht nur von einem Tag zum nächsten, sondern oft auch binnen Stunden beobachtet werden – und das gute Wetter lud zu Detailstudien ein.

Allerdings bewegte sie sich, wie auch die nachfolgenden AR 10954 bis 10957, sehr nahe des Sonnenäquators und gehörte damit noch dem alten, 23. Sonnenfleckenzyklus an. In der letzten Ausgabe von interstellarum wurde bereits spekuliert, ob im Februar vielleicht das Fleckenminimum durchlaufen wurde, zumal auch die Aktivität im H $\alpha$ -Bereich auf äußerst niedrigem Niveau verharrte. Ob dieser Zeitpunkt der richtige war, ob es sich vielleicht um ein Vor-Minimum handelte, das wird man erst in ein paar Monaten erkennen können, wenn langfris-

tige Trends sichtbar werden. Die aktuellen Prognosen hingegen stagnieren und sagen mehrheitlich ein Minimum erst in der zweiten Jahreshälfte 2007 voraus, nur wenige haben es bisher auf das Jahr 2008 verschoben.

Wie schon mehrfach an dieser Stelle betont, fehlt zumindest ein Indiz für den Beginn des 24. Sonnenfleckenzyklus: das Auftauchen von Fleckengruppen in hohen heliographischen Breiten. Ein anderes wichtiges Kriterium hat Andreas Bulling von der Fachgruppe Sonne in der neuesten Ausgabe der Zeitschrift SONNE herausgearbeitet. Er hat zur Bestimmung des Minimumszeitpunktes eine getrennte Betrachtung

der beiden Hemisphären der Sonne vorgenommen. Fast im ganzen letzten Jahr war stets ein deutlicher Fleckenüberschuss auf der Südhalbkugel registriert worden. Seit Anfang 2007 geht nun auch hier die Aktivität zurück. Das gleiche wurde letztmalig gut ein Jahr vor Beginn des 23. Zyklus beobachtet, somit würde das Minimum erst Anfang 2008 eintreten. Bei einem Vergleich der bisherigen fleckenfreien Tage in dieser Phase des Sonnenfleckenzyklus mit denen vergangener Zyklen verschiebt sich das Minimum auf Ende 2007, was sich gut in die Vielzahl anderer Vorhersagen einfügt.

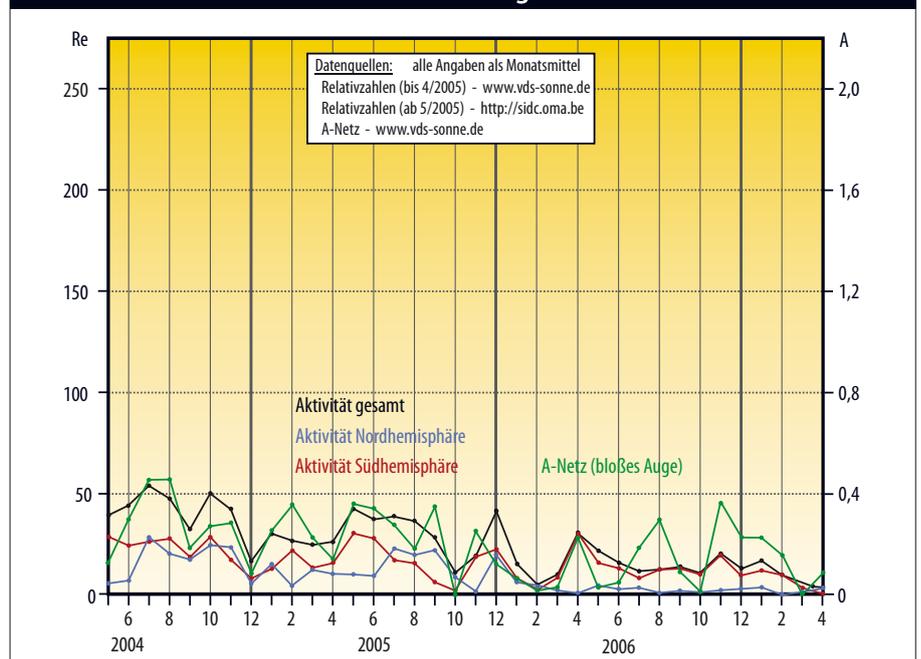
■ Manfred Holl

## Surftipps

Vorhersage der Sonnenaktivität:  
[solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml](http://solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml)

Fachgruppe Sonne:  
[www.vds-sonne.de](http://www.vds-sonne.de)

## Relativzahlen und Flecken mit bloßem Auge



# Planeten aktuell **Jupiter verändert sein Gesicht**

**W**ie in der Aprilausgabe vorausgesagt haben sich mittlerweile dramatische Veränderungen auf **Jupiter** abgespielt: Das SEB, das südliche der beiden dunklen Hauptbänder des Gasplaneten, ist teilweise verschwunden, auf weiten Strecken war Ende Mai nur noch der nördliche Rand sichtbar. Unerwartet früh ist jedoch am 17. Mai von Christopher Go in Hongkong ein weißer heller Fleck bei 180° Länge (System II) im SEB fotografiert worden, wie er typisch für den Beginn eines SEB-Revivals ist. Solch eine SEB-Rückkehr ist die wohl dramatischste atmosphärische Erscheinung im gesamten Sonnensystem und innerhalb weniger Wochen abgeschlossen. Anfang Juni ging das von diesem Fleck ausgehende Wiederentstehen des Bandes aber eher schleppend vonstatten, so dass das eigentliche Revival noch auf sich warten lassen könnte.

Satt dunkelbraun wiedergebildet hat sich dagegen inzwischen das NTB innerhalb nur weniger Wochen. Jahrelang war dieses Band auf der Nordhalbkugel in Amateurteleskopen ganz verschwunden gewesen.

Auch wenn Jupiter derzeit nur recht tief am Abendhimmel steht, lohnt sich ein Blick. Ist der Planet wirklich nur mit einem Band zu seh-

en? Erscheint der Große Rote Fleck auffälliger als sonst? – Solche Fragen lassen sich selbst mit relativ kleinen Instrumenten beantworten.

**Venus** begeisterte in den vergangenen Monaten viele Beobachter mit ihrer beeindruckenden Abend-sichtbarkeit. Dabei gelangen zahlreichen Planetenfotografen Bilder der Atmosphäre unseres inneren Nachbarplaneten, die man mit Recht als Beginn einer neuen Ära in der Planetenfotografie bezeichnen kann – wir berichten demnächst. Nachgewiesen wurden nicht nur feinste Wolkendetails, sondern auch die viertägige differentielle Rotation der Venuswolken. Die Ende August beginnende Morgensichtbarkeit bietet ideale Möglichkeiten, weitere Fotos zu sammeln, denn Venus steht wieder sehr hoch und geht Ende September fast vier Stunden vor der Sonne auf. Zuvor findet jedoch noch die Konjunktion von Venus mit der Sonne statt (siehe Seite 23).

**Mars** kommt und ist am Morgenhimmel im Stier bereits gut sichtbar, die Marke von 10" Scheibchendurchmesser wird jedoch erst am 6. Oktober durchbrochen. Wir berichten im nächsten Heft ausführlich über die Sichtbarkeit 2007/2008.

■ Ronald Stoyan

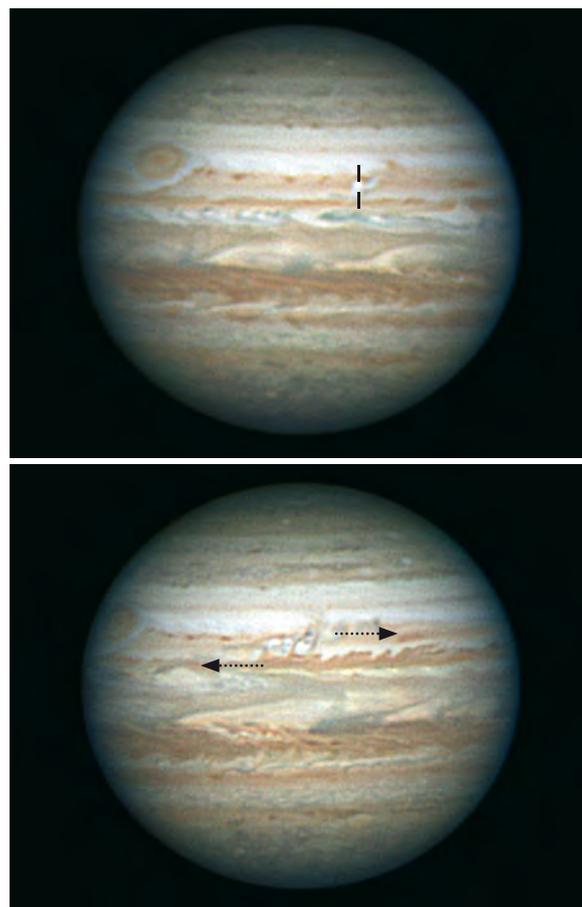


Abb. 1: **Dramatische Umwälzungen auf Jupiter:** Das bereits teilweise verschwundene Südliche Äquatorband tauchte im Mai plötzlich wieder auf. Das obere Bild vom 22.5. zeigt den hellen Fleck des Ausbruchs, die Aufnahme vom 1.6. die Situation eine Woche später. *Christopher Go*

## Kometen aktuell **LINEAR und LONEOS**

**N**ach einem spektakulären Jahresbeginn mit dem Großen Kometen McNaught sind nun wieder ruhigere Zeiten für Kometenfreunde eingeleitet. Anfang August kann noch der Komet **C/2006 VZ13 (LINEAR)** mit einer Helligkeit von ca. 9<sup>m</sup> am Abendhimmel beobachtet werden. Am 10. durchläuft er sein Perihel mit 1,01AE, die größte Helligkeit dürfte er aber schon in der zweiten Julihälfte erreicht haben. Er durchquert das Sternbild Jungfrau und nähert sich dabei immer mehr der Sonne, bis

er spätestens zur Monatsmitte unbeobachtbar wird.

Eine Entdeckung des LONEOS-Projektes (Lowell Observatory Near-Earth Object Search) könnte im Herbst interessant werden: **C/2007 F1 (LONEOS)** wurde am 19. März mit dem 60cm-Schmidt-Teleskop am Lowell-Observatorium (Flagstaff/Arizona) aufgefunden und wenig später als Komet identifiziert. Es war der 41. Komet für das LONEOS-Team, die Entdeckungshelligkeit betrug dabei nur 19<sup>m</sup>.

### Surftipps

Monats- und Jahresübersichten, Aufsuchkarten, Bilder: [www.kometarium.com](http://www.kometarium.com)  
 Aktuelle Neuigkeiten, Bilder, Beobachtungen: [www.fg-kometen.de](http://www.fg-kometen.de)  
 Aufsuchkarten, Beobachtungshinweise: [www.ki.tng.de/~winnie/kometen/einstieg.html](http://www.ki.tng.de/~winnie/kometen/einstieg.html)

### Kometen im August/September 2007

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erwartete Maximalhelligkeit
C/2006 VZ13 (LINEAR)	13. November 2006	10. August (1,01AE)	14. Juli (0,57AE)	Juni bis Mitte August	8 <sup>m</sup>
C/2007 F1 (LONEOS)	19. März 2007	28. Oktober (0,40AE)	28. Oktober (0,72AE)	September bis Oktober	6 <sup>m</sup>

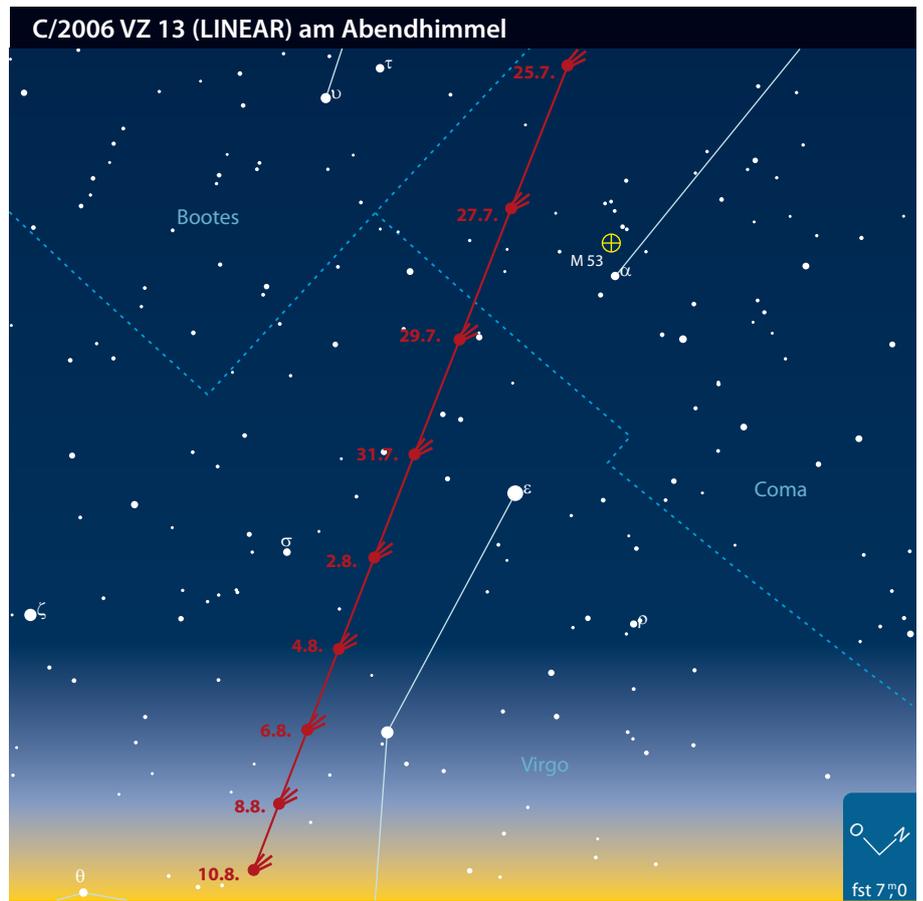
Bis zur Sonnennähe Ende Oktober knapp außerhalb der Merkurbahn (0,40AE) könnte der Schweifstern dennoch eine Maximalhelligkeit von rund  $6^m$  erreichen. Leider reicht es auf seiner Bahn im September und Oktober nur für einen Winkelabstand zwischen  $20^\circ$  und  $30^\circ$  von der Sonne. Dennoch sollte er unter günstigen Bedingungen tief am nördlichen Himmel sichtbar werden, Beobachter im Norden werden dabei bevorzugt sein.

Von Mitte bis Ende September steht der Komet im Grenzgebiet der Sternbilder Großer Bär und Löwe und bei einer erwarteten Helligkeit von  $11^m$ – $10^m$  können erste Beobachtungsversuche gemacht werden. Er wird dabei sowohl am Abend- als auch am Morgenhimmel sichtbar sein, allerdings nur geringe Horisonthöhen erreichen. Weitere Beobachtungshinweise sowie eine Aufsuchkarte für diesen Kometen gibt es in der nächsten Ausgabe. Aktuelle Informationen erhalten Sie ständig im interstellarum-Newsletter.

■ Burkhard Leitner

**Abb. 1: C/2006 VZ 13 (LINEAR) am Abendhimmel**

**C/2007 E2 (Lovejoy) blieb etwas hinter den Erwartungen zurück** – trotz einer Maximalhelligkeit von  $7^m,7$  im April war er in kleineren Instrumenten kein leichtes Objekt. Erst auf Aufnahmen mit größeren Optiken zeigte der ansonsten diffus und schweiflos erscheinende Komet seine ganze Pracht: a) 16.4.2007, 20"-Astrograph bei 1500mm Brennweite, 9min. *Norbert Mrozek*, b) 12.5.2007, 8"-Astrograph bei 540mm Brennweite, 7x170s (L), 70s (je RGB). *Gerald Rhemann und Michael Jäger*, c) 19.5.2007, 8"-Astrograph bei 540mm Brennweite, 7x170s (L), 70s (je RGB). *Gerald Rhemann und Michael Jäger*

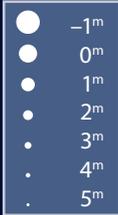
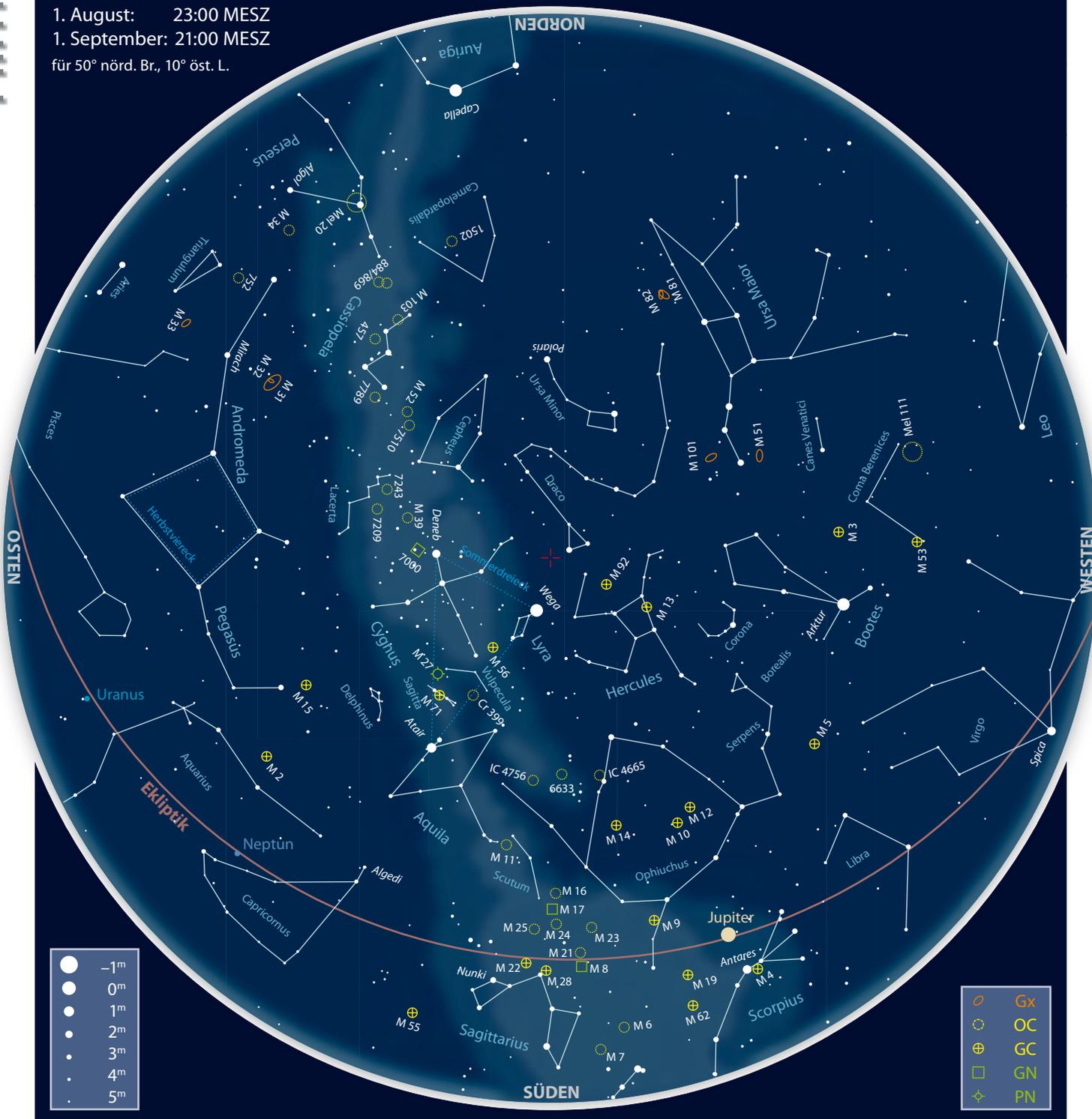


Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



# Der Sternhimmel im August/September 2007

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



Beobachtungsempfehlungen für August/September 2007

Name	Empfehlung für	Typ	Sternbild	R. A.	Dekl.	Hell.	Größe	Entfernung	DSRA
Cr 399	bloßes Auge	Sternmuster	Vul	19 <sup>h</sup> 25,4 <sup>m</sup>	+20° 11,0'	4 <sup>m</sup> .8	60'		14
Neptun	Fernglas	Planet	Cap	—	—	7 <sup>m</sup> .8–7 <sup>m</sup> .9	2,3"	4,3–4,4 Mrd. km	31
NGC 7000	Teleskop	GN	Cyg	20 <sup>h</sup> 59,5 <sup>m</sup>	+44° 20,0'	5 <sup>m</sup>	90'×176'	2000Lj	7
NGC 7293	Teleskop	PN	Aqr	22 <sup>h</sup> 29,6 <sup>m</sup>	-20° 50,2'	7 <sup>m</sup> .5	16,3'	714Lj	31
UGC 12613	Teleskop	Gx	Peg	23 <sup>h</sup> 28,6 <sup>m</sup>	+14° 45'	12 <sup>m</sup> .6	4,6'×2,8'		—

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

# Zwischen Schwan und Wassermann

## Astronomie mit bloßem Auge **Der Kleiderbügel**

**H**inter der Bezeichnung Collinder 399 verbirgt sich eines der Schaustücke des Sommerhimmels, das durch seine markante Sternanordnung in der Amateurszene als »Kleiderbügelhaufen« große Bekanntheit erlangt hat.

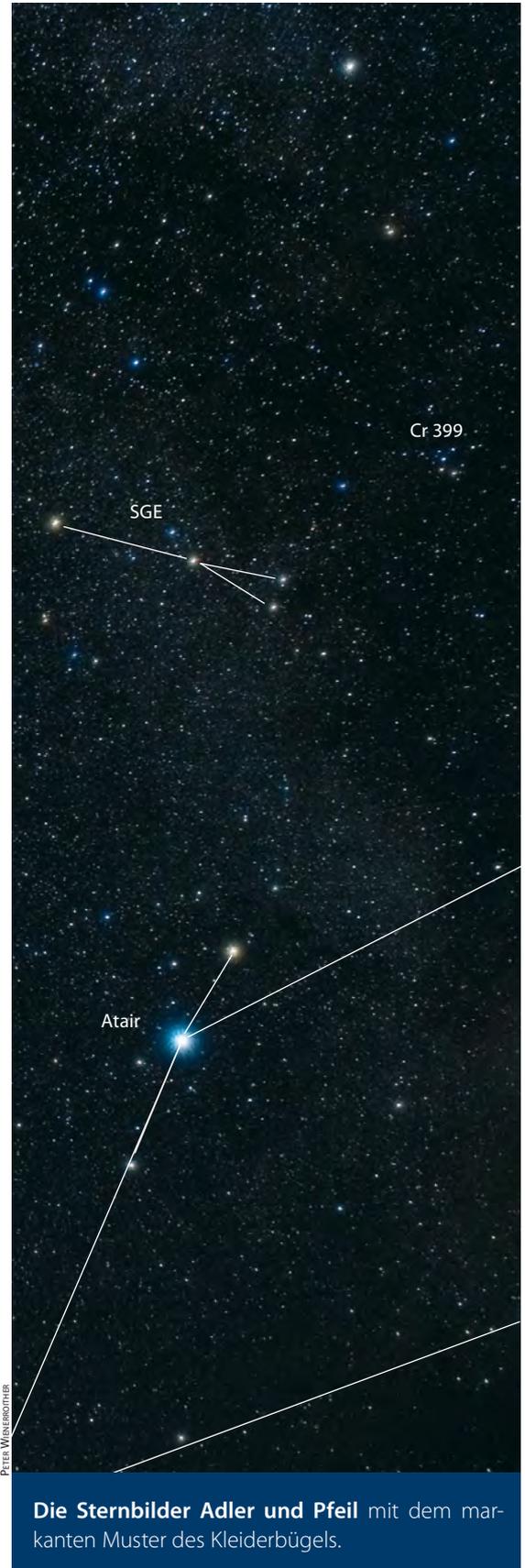
Man findet das Objekt relativ leicht in nördlicher Verlängerung der Sterne  $\alpha$  Aquilae (Atair) und  $\gamma$  Aquilae, direkt nordwestlich des Sternbildes Pfeil. Hier wird es durch die Dunkelnebel des »Great Rift« kontrastreich in Szene gesetzt.

Dass Collinder 399 ein durchaus auffälliges Objekt ist beweist die Tatsache, dass er zum erlauchten Kreis der 14 Deep-Sky-Objekte zählt, die bereits in der vortelevisiven Ära – allein mit dem bloßen Auge – entdeckt wurden. Im 10. Jahrhundert erwähnte der persische Astronom Al Sufi eine »kleine Wolke« im Bereich des Sternbildes Fuchlein (Vulpecula). Auch später wirkenden Astronomen wie Flamsteed und Hodierna war das Objekt bekannt, jedoch erfolgte eine Katalogisierung erst im Jahre 1931 durch Per Collinder.

Durch die große Helligkeit der Einzelsterne, die sich im Bereich der 5. bis 7. Größenklasse bewegt, sind die Anforderungen an die Beobachtungsbedingungen relativ moderat. In den meisten Fällen ist zumindest indirekt ein länglicher Nebelfleck erkennbar. Unter dunklem Landhimmel sticht der »Kleiderbügel« regelrecht ins Auge und man kann die frühzeitige Entdeckung gut nachvollziehen. Zudem bietet sich die Gelegenheit, die Schärfe der eigenen Augen zu überprüfen. Bei guter Sehleistung sind die drei hellsten Sterne des »Hakens« auflösbar, während der »Bügel« lediglich als ein nebeliger Strich erkennbar ist.

Auch wenn die Konstellation des Kleiderbügels so einprägsam ist, dass man kaum an einen Zufall glauben mag, so haben die letzten Ergebnisse der Forschung gezeigt, dass Collinder 399 zumindest in der Gesamtheit seiner Einzelsterne keinen eigenständigen Sternhaufen bildet.

■ Matthias Juchert



Die Sternbilder Adler und Pfeil mit dem markanten Muster des Kleiderbügels.

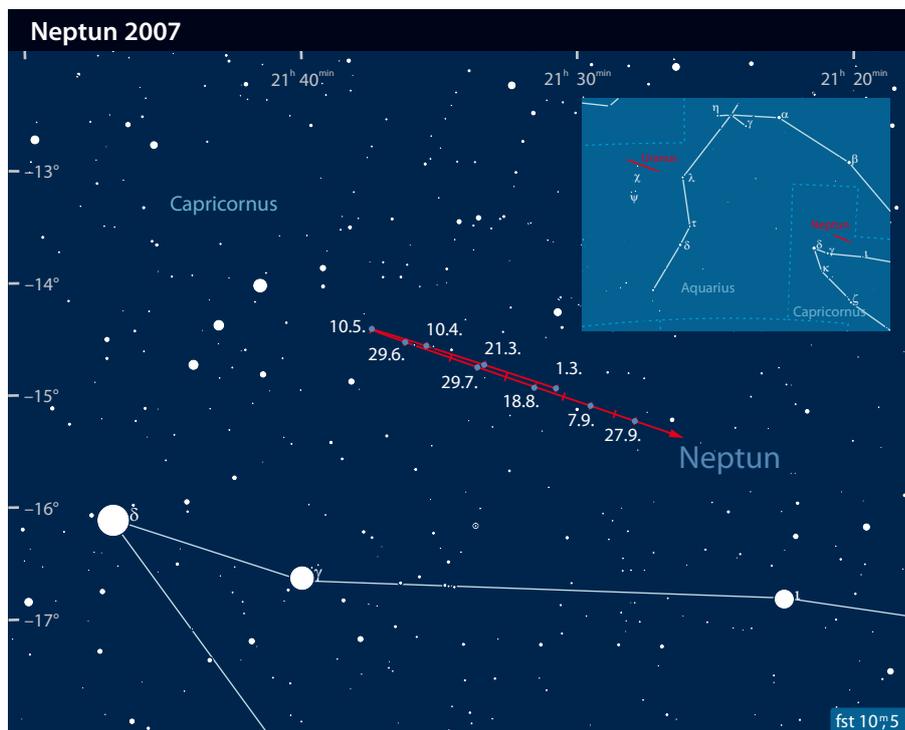
# Astronomie mit dem Fernglas

## Enckes Geburtstagsplanet

Am südlichen Ende der Enckestraße (damals Enckepplatz) in Berlin stand bis vor 94 Jahren die Neue Sternwarte, die Johann Encke bis zu seinem Tod 1865 leitete. Unter der acht Meter großen Kuppel verbarg sich Fraunhofers größtes Fernrohr: 244mm Öffnung und 4330mm Brennweite. 17 Jahre nach seiner Installation in der Sternwarte sollte es die Hauptrolle bei der Entdeckung eines neuen Himmelskörpers spielen.

Johann Galle, seit der Eröffnung an der Berliner Sternwarte tätig, erhielt am 23. September 1846 einen Brief des französischen Mathematikers Urbain Le Verrier. In diesem gab er die Position eines von ihm vermuteten Planeten an, denn Uranus' Bewegung folgte scheinbar nicht ganz den Gesetzen Keplers. Gleich in der darauf folgenden Nacht gelang Galle an dem 9,6"-Refraktor zusammen mit dem Astronomiestudenten Heinrich d'Arrest die Entdeckung des unsichtbaren Planeten – nur 1° von der berechneten Position. Später sollte der neue Himmelskörper unseres Sonnensystems den Namen Neptun erhalten. Zur erfolgreichen Sichtung des Wandelsterns holten die beiden Astronomen sogar Direktor Encke von seiner Geburtstagsfeier und bereiteten ihm ein wirklich astronomisches Geschenk.

Machen Sie sich doch ebenfalls ein Geschenk und suchen Sie im südlichen Sternbild Steinbock nach dem kleinen Lichtpunkt 8. Größenklasse. Neptun, meist ein 8<sup>m</sup>0 heller Stern, ist ein leichtes Ziel für kleine Ferngläser, das sich auch noch gut in einer hellen Mondnacht ausmachen lässt. Darüber hinaus ist er nach über 76 Jahren wieder der äußerste Planet in unserem Sonnensystem, seit im August 2006 auf der



IAU-Vollversammlung in Prag über den Planetenstatus von Pluto entschieden wurde. Somit lässt sich das gesamte Planetensystem in einem Taschengeräte erkunden!

Zur diesjährigen Sichtbarkeit bewegt sich Neptun bis zum 31. Oktober rückläufig durch den Steinbock, die Opposition mit einer Helligkeit von 7<sup>m</sup>8 wird am 13. August erreicht. Um 23:00 Uhr – dem Ende der astronomischen Dämmerung in dieser Nacht – steht er nur 18° hoch, zur Kulmination gegen 1:30 Uhr immerhin 25°. Als erste Orientierungshilfe eignet sich zunächst das Sternfeld 1,5° nördlich der Verbindungslinie zwischen  $\gamma$  und  $\iota$  Capricorni, den Sternen

nahe  $\delta$  Capricorni, dem hellsten Stern im Steinbock. Für eine genaue Bestimmung des fernen Planeten ist die abgebildete Aufsuchkarte hilfreich. Mit dieser lässt sich ebenfalls die Oppositionsschleife über die nächsten Monate am Himmel verfolgen.

Im Mittel ist der Gasriese 4,3 Milliarden Kilometer entfernt und doch ist er mit jedem 7x-Taschengeräte sichtbar. Für die Entdeckung Neptuns wurde aber ein 4,3 Meter langer 9-Zöller als nötig erachtet. Dieses Stück Astronomiegeschichte ist heute im Deutschen Museum in München ausgestellt.

■ Nico Schmidt

## Objekt der Saison NGC 7000

Östlich von Deneb im Schwan befindet sich einer der interessantesten Gasnebel am nördlichen Himmel: der Nordamerikanebel NGC 7000. Seinen Namen verdankt er seiner Gestalt, die frappierende Ähnlichkeit mit dem nordamerikanischen Kontinent besitzt. Am markantesten ist dies dabei im südlichen Teil des Nebels, der stark an die Küstenlinie des Golfes von Mexiko und die Halbinsel Yucatan erinnert. Tatsächlich ist die Form des Nebels durch den Dunkelwolkenkomplex LDN 935 verursacht,

der den hellen Nebelmassen vorgelagert ist und sie teilweise verdeckt.

Neueren Studien zufolge [1] ist der Nebel knapp 2000Lj von der Sonne entfernt und gehört damit zu den am nächsten gelegenen HII-Regionen. Neben dem Nordamerikanebel umfasst das gesamte Emissionsgebiet noch den westlich gelegenen Pelikanebel (IC 5067/70) sowie den südlich davon gelegenen Nebelkomplex um IC 5068. Das gesamte ionisierte Areal umfasst somit knapp 5°×5° oder etwa 170Lj×170Lj!

Nichtsdestotrotz war die Quelle der UV-Strahlung, die notwendig ist, um die Nebelmaterie im beobachteten Ausmaß anzuregen, lange Zeit ein Rätsel: Zwar sind die zwei Offenen Sternhaufen NGC 6997 und Collinder 428 in die Nebelmassen eingebettet, allerdings weisen beide keine heißen jungen Sterne unter ihren Mitgliedern auf und kommen deshalb nicht als Anregungsquelle in Betracht [2]. Wurde anfangs Deneb [3], später der 6<sup>m</sup>-Stern HD 199579 (Spektrum O6V) [4] als die – im wahrsten

**Blick in die Nebellandschaft** des Nordamerikanebels.

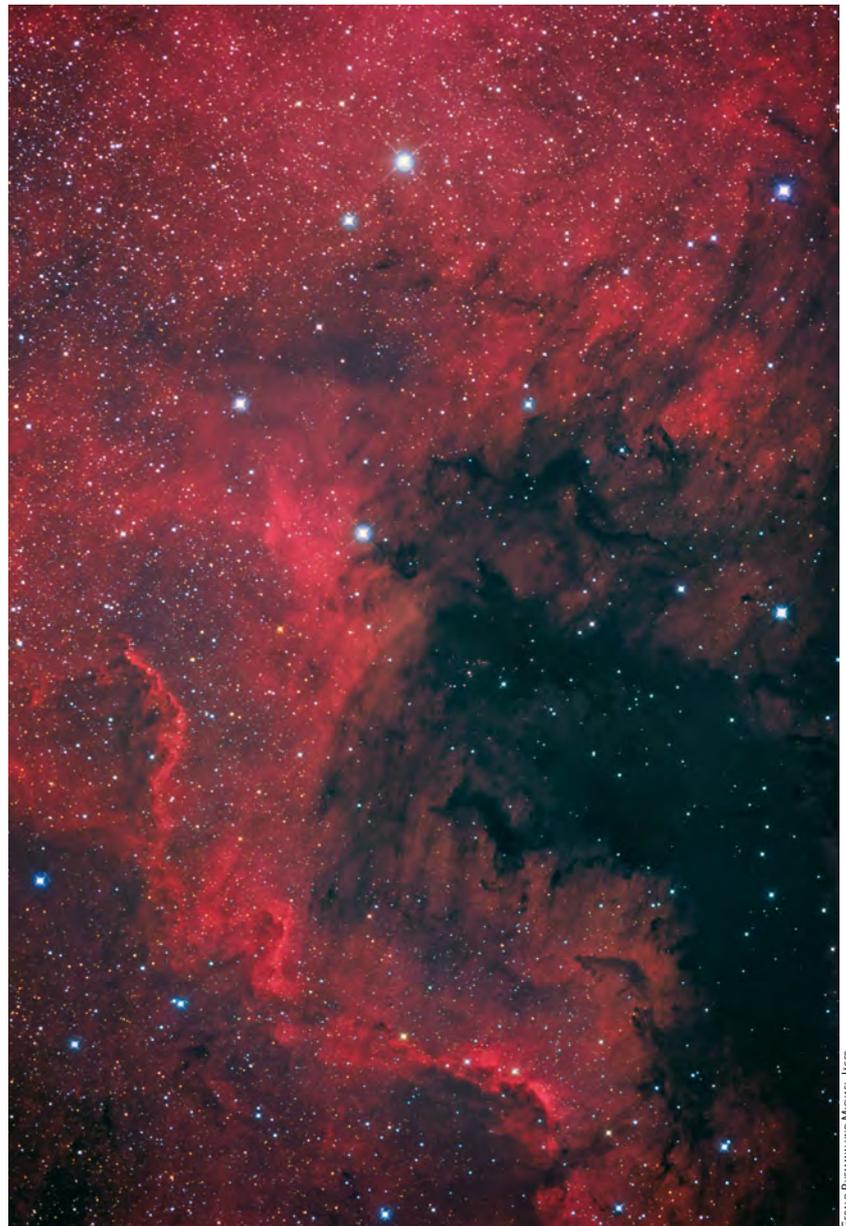
Sinne des Wortes – heißesten Kandidaten gehandelt, stellte sich erst 2005 ein schwacher Stern 13. Größenklasse mit der Katalogbezeichnung 2MASS J205551.3+435225 aufgrund seines Spektrums (O5V oder früher) als wahrscheinliche Anregungsquelle heraus [5]. Die geringe Helligkeit des Sterns erklärt sich dadurch, dass er von uns aus gesehen hinter LDN 935 positioniert ist und sein Licht im Visuellen um knapp 10 Größenklassen (also um das 10000fache!) abgeschwächt wird.

Guten Himmel vorausgesetzt, ist der Nordamerikanebel auch schon für kleinste Öffnungen ein attraktives Ziel. Ein 7×50-Fernglas etwa zeigt die hellsten Partien und lässt auch schon ansatzweise die charakteristische Form des Nebels erkennen. Besonders die südlichen Partien sowie die Westkante des Nebels sind aufgrund der Dunkelwolke gut definiert und helfen bei der Identifikation des Objekts. Ein UHC- oder [OIII]-Filter hebt den Kontrast deutlich an und lässt den Nebel auch in stadtnahen Gegenden beobachtbar werden. Diese Filter ermöglichen es darüber hinaus, den Nebel freijugig zu erhaschen; allerdings ist hier neben exzellenten äußeren Bedingungen auch große Sorgfalt bei der Beobachtung angebracht, da der Nebel in eine helle Sternwolke eingebettet ist, die eine Sichtung vortäuschen kann.

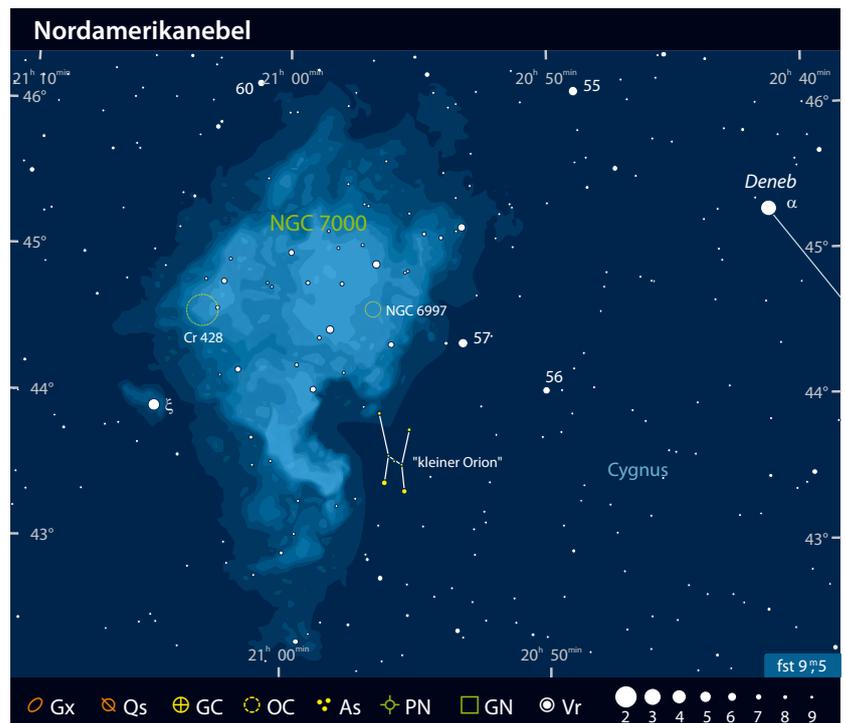
Aufgrund seiner enormen Ausdehnung von  $2^\circ \times 1,5^\circ$  ist eine Beobachtung des Nebels in seiner Gesamtheit ausschließlich kleinen Öffnungen bzw. Rich-Field-Teleskopen vorbehalten, während größere Teleskope besser für Detailbeobachtungen geeignet sind. Besonders hervorzuheben ist dabei der südliche Teil des Nebels, dessen Ostkante (also die »Pazifikküste« von »Mexiko«) etliche Stoßfronten aufweist und unter dunklem Himmel mit einer Fülle an Einzelheiten aufwarten kann. Zudem enthält NGC 7000 neben den beiden bereits erwähnten Offenen Sternhaufen NGC 6997 und Collinder 428, die Mitglieder ab 11<sup>m</sup> besitzen und mit Teleskopen ab 80mm beobachtet werden können, auch einige prominente Dunkelwolken (z.B. Barnard 352, 353 und 355), die auf die helle Nebelmaterie projiziert sind.

■ Matthias Kronberger

- [1] Laugalys, V., Straižys, V.: CCD photometry and classification of stars in the North America and Pelican Nebulae Region. I. Moletai photometry, Balt. Astron. 11, 205 (2002)
- [2] Villanova, S. et al.: Optical photometry and spectral classification in the field of the open cluster NGC 6996 in the North America Nebula, Astron. Astrophys. 419, 149 (2004)
- [3] Hubble, E. P.: The source of luminosity in galactic nebulae, Astrophys. J. 56, 400 (1922)
- [4] Sharpless, S., Osterbrock, D.: The nearest HII Regions. Astrophys. J. 115, 89 (1952)
- [5] Comerón, F., Pasquali, A.: The ionizing star of the North America and Pelican Nebulae. Astron. Astrophys. 430, 541 (2005)



GERALD REHMANN UND MICHAEL Jäger



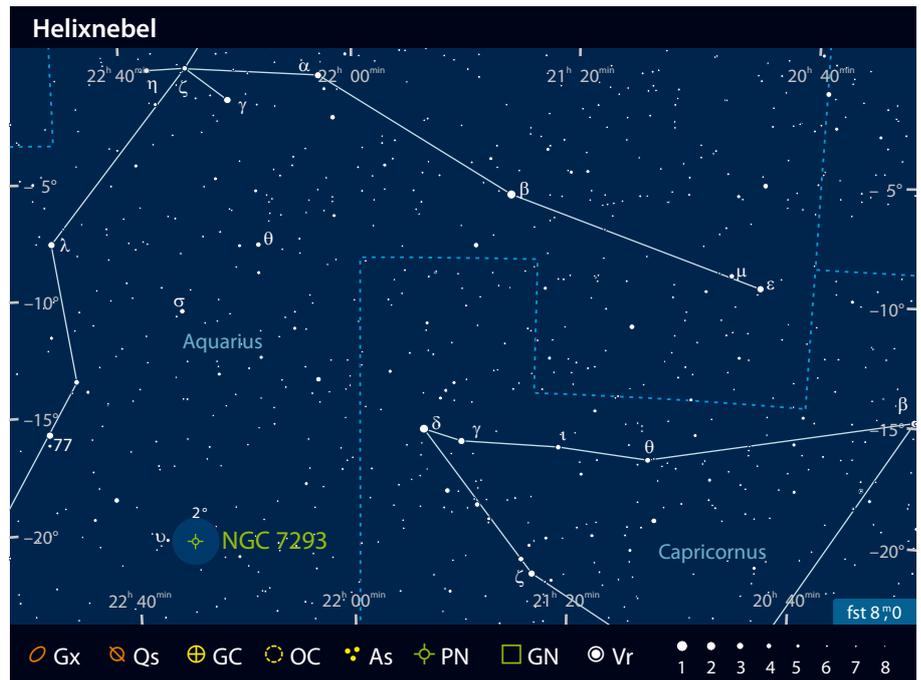
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

# Objekt der Saison NGC 7293

Der Helixnebel oder auch NGC 7293 ist nicht nur der hellste Planetarische Nebel am Himmel, sondern auch einer der nächsten und größten Objekte seiner Art. Die hellsten Bereiche dehnen sich immerhin über ein Gebiet aus, das der halben Mondfläche entspricht. Trotz dieser beeindruckenden Daten gilt der Nebel aufgrund seiner geringen Flächenhelligkeit unter Beobachtern als schwieriges Objekt.

Die Entdeckungsgeschichte des Helixnebels führt zurück in das Jahr 1824, in dem der deutsche Astronom Karl Ludwig Harding den Nebel auffand. Er veröffentlichte seine Entdeckung zusammen mit sieben weiteren Nebeln im Berliner Jahrbuch von 1827. Wie die im Jahre 1857 von Winnecke veröffentlichten Notizen über Nebelflecke zeigen, sind die anderen sieben Objekte identisch mit vorherigen Messier- und Herschel-Entdeckungen [1]. Somit ist die Entdeckung von NGC 7293 zwar die einzige, jedoch umso bedeutendere Erstbeobachtung, die Harding dem NGC-Katalog beisteuern konnte. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wieso der hellste Planetarische Nebel des Himmels von so aktiven Beobachtern wie W. Herschel übersehen wurde. Historien-Experte Wolfgang Steinicke hat zumindest für Herschel eine plausible Erklärung: Die Kombination aus großem Teleskop, hoher Vergrößerung und dem daraus resultierenden kleinen Gesichtsfeld ließ die Entdeckung des großflächigen Objektes ganz einfach nicht zu [2].

Der Helix-Nebel ist laut neuester Ergebnisse 714Lj entfernt, wobei die genaue Entfernungsbestimmung trotz der großen Nähe und immer ausgefeilterer Methoden immer noch Probleme bereitet [3]. Bei dem eingebetteten Zentralstern handelt es sich um einen Weißen Zwerg mit einer Oberflächentemperatur von 110000K [4]. Interessant ist auch die Frage nach der Struktur des Nebels. Der Anblick täuscht besonders im roten Wellenlängenbereich eine Helixstruktur vor. Nach Untersuchungen mit dem HST stellte sich jedoch heraus, dass es sich um eine komplexe Schalenstruktur handelt, bei der mehrere Ringe unterschiedlicher Ausdehnung den Zentralstern umgeben. Das HST förderte ebenfalls spektakuläre Aufnahmen der so genannten »cometary knots« im inneren Randbereich des Nebels zu Tage. Diese Objekte wirken wie kleine Kometen, die von außen in den Nebel eintauchen und genau auf den Zentralstern gerichtet sind. In Wirklichkeit handelt



**Der Helixnebel** ist der nächste Planetarische Nebel. Markiert ist die Position der schwachen Hintergrundgalaxie.

es sich jedoch um ältere Materieauswürfe des Zentralsterns, die von später ausgestoßenen und sich schneller ausbreitenden Gasmassen umströmt werden.

Durch die relativ südliche Deklination von  $-21^\circ$  gewinnt NGC 7293 in Mitteleuropa selbst zur Kulmination nur etwa  $20^\circ$  HORIZONTHÖHE. Gute Durchsicht und ein dunkler Nachthimmel aber auch der Einsatz der

richtigen Ausrüstung sind Voraussetzung für die Sichtung. In Amateurreisen existieren, wie bereits an anderer Stelle berichtet [5], glaubhafte Beobachtungen mit dem bloßen Auge, die jedoch durchwegs von südlicheren Standorten bei Ausnahmehinbedingungen gelangen.

Realistisch für Mitteleuropa sind Sichtungen mit kleinen Ferngläsern und Tele-

skop-Suchern, die den Nebel bereits als diffusen Fleck erkennen lassen. Unter mitteleuropäischem Hochgebirgshimmel ist mit einem 10x70-Fernglas auch die Ringform wahrnehmbar. Kleine Teleskope sind bei Anwendung einer großen Austrittspupille von 6–8mm ideal zur Beobachtung geeignet. Sie zeigen die diffuse Nebelmasse mit einem leicht dunkleren Zentrum. Viele Beobachter beschreiben keine Ring-, sondern eher eine Hufeisenform der helleren Nebelmassen. Zudem sind mit steigender Öffnung zunehmend Sterne im Nebel erkennbar. Der 13<sup>m</sup>5-Zentralstern ist vielleicht schon mit 5" bis 6" erreichbar.

Sehr hilfreich bei der Beobachtung ist der Einsatz eines Schmalbandfilters. Er verstärkt den Kontrast des Objektes zum Hintergrund und erlaubt es dem Beobachter, mehr Konzentration auf die Details als auf die generelle Erkennbarkeit zu lenken. Mit großen Teleskopen steigt die Zahl der ohne Filter erkennbaren Sterne im Nebel auf über ein Dutzend. Zudem sind zahlreiche Helligkeitsvariationen im Nebel erkennbar. An der oberen Grenze des Machbaren liegt z.B. die Hintergrundgalaxie am nordwestlichen Nebelrand, die sich 1' südlich eines 10<sup>m</sup>-Sterns befindet [6]. Als visuell wie fotografisch gleichermaßen herausfordernd gilt auch die Beobachtung und Dokumentation der Schalen des äußeren Halos.

■ Matthias Juchert

- [1] Winnecke, A.: Notiz über Nebelflecke, *Astron. Nachr.* 45, 247 (1857)
- [2] Steinicke, W.: [www.klima-luft.de/steinicke/ngcic/persons/harding.htm](http://www.klima-luft.de/steinicke/ngcic/persons/harding.htm)
- [3] Harris, H. C. et al.: Trigonometric Parallaxes of Central Stars of Planetary Nebulae, *Astron. J.* 133, 631(2007)
- [4] Su, K. Y. L. et al.: A Debris Disk around the Central Star of the Helix Nebula? *Astrophys. J.* 657, 21 (2007)
- [5] Juchert, M.: Deep-Sky mit 1x Vergrößerung, Möglichkeiten und Objekte für die freizügige Beobachtung, *interstellarum* 25, 40 (2002)
- [6] Domenico, A.: Der Helixnebel – und ein bißchen mehr, *interstellarum* 12, 23 (1997).

## Deep Sky Herausforderung Pegasus Dwarf

Möchte man die Gestaltenvielfalt typischer Galaxien kennen lernen, sollte man sich zunächst in der kosmischen Nachbarschaft umsehen. Nur dort kann man auch die schwächeren Exemplare überhaupt erst als Amateurastronom für sich entdecken und erhält so einen möglichst kompletten Durchschnitt der Galaxienpopulation.

Die Galaxie UGC 12613 oder auch Pegasus Dwarf Irregular Galaxy, kurz PegDIG, ist eine der frühen Entdeckungen, die bei der Erstellung des Palomar Observatory Sky Survey (POSS) gemacht wurden. Sie wurde in den 1950er Jahren von A. G. Wilson gefunden.

1966 katalogisierte Sidney van den Bergh die Galaxie als Nummer 216 in seinem »David Dunlop Observatory Catalogue of Low Surface Brightness Galaxies« (DDO). Bereits damals vermutete er die Zugehörigkeit der Galaxie zur Lokalen Gruppe, zu der die Milchstraße und die Andromedagalaxie zusammen mit deren Begleitern zählen. Später kamen Zweifel daran auf, da die Entfernung 1982 von Hoessel und Mould zu 5,7 Millionen Lichtjahren bestimmt wurde und UGC 12613 damit eines der am weitesten entfernten Objekte war, die als mögliche Mitglieder in Frage kamen. Gleichzeitig gab es aber auch Entfernungsmessungen, die einen Wert von 2,5 Millionen Lichtjahren bestimmten. Der heute akzeptierte Wert ist 3 Millionen Lichtjahre, die Galaxie gehört damit zur Lokalen Gruppe [1]. Sie dürfte aber an keine der beiden großen Galaxien gebunden sein, sondern gilt als unabhängiges Mitglied [2].

Die absolute Helligkeit ist  $-12^m2$ , dies entspricht gerade einmal 5,8 Millionen Sonnenleuchtkräften. In der Morphologie bildet die Galaxie eine Zwischenstufe zwischen den Zwerg-Sphäroiden, also extrem leuchtschwachen gasarmen elliptischen Galaxien, und den irregulären Zwerggalaxien wie zum Beispiel IC 1613 ca. 25° südöstlich, die zum Teil reich an Sternentstehungsgebieten sind.

Aparicio et al. haben die Geschichte der Sternentstehung der Pegasus Zwerggalaxie untersucht. Die Sternentstehung begann danach in der Frühzeit des Universums. In den letzten hundert Millionen Jahren durchlief die Galaxie einen ständigen Wechsel zwischen zum Teil recht hoher und geringer Sternentstehung. Seit 10 bis 60 Millionen Jahren befindet sich die Sternentstehung auf einem niedrigen Niveau. Nur zwei kleine HII-Regionen wurden bisher gefunden, für die hellste genügt schon ein einzelner Stern der Spektralklasse B0, um das Gas anzuregen [3].

Gallagher et al. fanden heraus, dass die Galaxie vor etwa 2 Milliarden Jahren ihr Hel-



**Die Pegasus-Zwerggalaxie.** Webcam-Bild, 150/750-Newton, ToUCam 740SC2 SW-Umbau, 55min. *Gernot Stenz*

ligkeitsmaximum hatte. Stünde die Galaxie in 2 Milliarden Lichtjahren Entfernung, so würden wir sie jetzt gerade zum Zeitpunkt dieses Maximums beobachten. Sie hätte dann eine Helligkeit von  $26^m$ , eine recht blaue Farbe und eine scheinbare Ausdehnung kleiner als  $0,5''$  [2], etwa so wie man viele Zwerggalaxien auch auf tiefen Hubble Aufnahmen gefunden hat!

Bei einer Gesamthelligkeit von  $12^m6$  erscheint die Galaxie zunächst nicht besonders schwierig für die visuelle Beobachtung, jedoch beträgt ihre Flächenhelligkeit nur  $15^m2$  pro Quadratbogenminute. Zur Beobachtung ist also ein dunkler Himmel absolute Voraussetzung – nur dann kann man den schwachen Hauch der Galaxie im Teleskop erkennen. Fotografisch gelingt dies schon mit deutlich geringeren Mitteln, wie die Abbildung zeigt.

Zu Verwechslungen kommt es immer wieder mit der Zwerggalaxie And VI, die auch Pegasus Dwarf genannt wird! Deren Beobachtung dürfte erheblich schwieriger sein, gelang aber auch schon mit Teleskopen ab  $20''$  [4].

■ Martin Schoenball

- [1] McConnachie, A. W. et al.: Distances and metallicities for 17 Local Group galaxies, *MNRAS* 356, 979 (2005)
- [2] Gallagher, J. S. et al.: A Wide Field Planetary Camera 2 Study of the Resolved Stellar Population of the Pegasus Dwarf Irregular Galaxy (DDO 216), *Astron. J.* 115, 1869 (1998)
- [3] Aparicio, A., Gallart, C., Bertelli, G.: The star formation history of the Pegasus dwarf irregular galaxy, *Astron. J.* 114, 669 (1997)
- [4] Internet Amateur Astronomers Catalog: [www.visualdeepsky.org](http://www.visualdeepsky.org)
- [5] NASA/IPAC Extragalactic Database: [nedwww.ipac.caltech.edu](http://nedwww.ipac.caltech.edu)



# Finsternisfotografie der anderen Art

## Das Flash-Spektrum der Sonnenfinsternis vom 29. März 2006

VON STEFAN BINNEWIES UND RAINER SPARENBERG

Sonnenfinsternisse halten für den Astrofotografen eine Reihe von Herausforderungen bereit. Neben der Fotografie der Phasen, des Perlschnureffektes oder Diamantringes und der Korona kann man auch versuchen, eine Aufnahme des Flash-Spektrums zu gewinnen. Für wenige Sekunden vor und nach der Totalität blitzt eine dünne Sichel rötlichen Lichts auf, das von der Chromosphäre der Sonne stammt, die sich oberhalb der Photosphäre bis in eine Höhe von etwa 10000km erstreckt. Ein in diesen Sekunden mit Hilfe eines Spektrographen gewonnenes Spektrum der Chromosphäre, das eine Vielzahl von Linien zeigt, nennt man Flash-Spektrum (engl. »flash« aufblitzen). Da das Licht aus einem sehr schmalen Bereich am Mondrand kommt, benötigt man keinen Spalt; ein Prisma oder einfaches Gitter genügt.

Nachdem die Wetterbedingungen bei der Sonnenfinsternis 1999 einen ersten Versuch vereitelten, dieses Phänomen zu fotografieren, sollte bei der Sonnenfinsternis im März 2006 ein erneuter Anlauf unternommen werden. Während der Planungen beschlossen wir, auf das bereits 1999 vorbereitete Prisma und eine analoge Aufnahmetechnik zurück zu greifen, obwohl die Registrierung des Flash-Spektrums auch digital und/oder über ein Objektivgitter erfolgen kann. Doch wie man es auch anfängt, es besteht zunächst für jeden die Schwierigkeit, während des seltenen Ereignisses einer totalen Sonnenfinsternis das nur für Sekunden sichtbare chromosphärische Spektrum in möglichst hoher Auflösung und mit der richtigen Belichtungszeit aufzunehmen.

### Technische Voraussetzungen

Während einer Sonnenfinsternis schiebt sich die Mondscheibe mehr und mehr vor die Sonne, bis zuletzt eine ganz schmale Lichtsichel übrig bleibt. Diese ist ein Teil der Chromosphäre und fungiert als »natürlicher« Spektrographenspalt. Das dann mit einem spaltlosen Spektroskop gewonnene Spektrum hat dieser Sichelform entsprechend gekrümmte Spektrallinien. Mit einer Dicke von etwa 10000km erscheint die Chromosphäre in Sonnenentfernung 12" breit und wird in ca. 24 Sekunden jeweils um den zweiten und dritten Kontakt komplett vom Mondrand überstrichen.

Zunächst einmal erhielt das Prisma dem Gitter gegenüber wegen seiner wellenlängenabhängigen Brech-

Abb. 1: **Faszination Sonnenfinsternis:** Der Sonnenrand mit Protuberanzen und Spikulen zum zweiten Kontakt, 29. März 2006, aufgenommen durch einen 115mm-Refraktor bei 805mm Brennweite, Canon 20D bei 100 ASA in Side, Türkei. [R. Sparenberg]

kraft (Dispersion) den Vorzug. Prismen trennen zu kürzeren (blauen) Wellenlängen die Spektrallinien weiter als zu längeren (roten) auf. Das führt zu einer verhältnismäßig besseren Darstellung der im Flash-Spektrum auffälligsten Linien, die fast alle im grün/blauen Spektralbereich liegen. Zum Einsatz sollte ein Objektivprisma aus Flintglas mit 45mm Kantenlänge und 60° brechendem Winkel kommen. Mit einer Dispersion zwischen H $\alpha$  (656,3nm) und H $\zeta$  (389,0nm) von etwa 3,8° würde pro 100mm Aufnahmebrennweite ein um 7mm längeres Spektrum entstehen. Ein Teleobjektiv mit 500mm Brennweite sollte demnach das Flash-Spektrum soeben noch ganz innerhalb des Kleinbildformats abbilden können. Am Halbmond wurde das Prisma ausprobiert und obige Überlegung bestätigt.

Nun wurde eine Halterung gebaut, die es möglich machte, das Prisma in alle Richtungen zu drehen (siehe Abb. 2). Notwendig ist diese Beweglichkeit, um die brechende Kante des Prismas senkrecht zur Bewegungsrichtung des Mondes einzustellen. Das gilt aus geometrischen Überlegungen aber nur für einen Beobachter nahe der Zentrallinie. Daneben muss die Halterung es erlauben, das Prisma in das Minimum der Ablenkung zu bringen, das erreicht ist, wenn der Lichtstrahl parallel zur Grundfläche verläuft. Das bedeutet in der Praxis, das Prisma so lange zu drehen, bis das Spektrum in den Kamerasucher hineinläuft und zu dem Punkt gelangt, wo es gerade umkehrt, um wieder heraus zu laufen. Und letztendlich muss auch noch das Kameragehäuse drehbar gehalten werden, um das Spektrum parallel zur langen Bildfeldseite orientieren zu können.

Als nächstes schloss sich ein fotografischer Test am Mond an. Gewöhnungs-

bedürftig war dabei die um etwa 50° vom Aufnahmeobjekt abweichende Ausrichtung des Instruments. Und nicht erwartet hatten wir die Länge der über die Kameraautomatik gesteuerten Belichtungszeit. Diese dauerte bei einem ISO<sup>o</sup> 100-Film und unserem Objektiv mit einem Öffnungsverhältnis von 1:8 mehrere Sekunden. Somit musste der Spektrograph auch noch nachgeführt, also auf eine Montierung gesetzt werden.

## Die Aufnahmen

Der zweite Versuch einer Aufnahme des Flash-Spektrums fand bei idealen Wetterbedingungen zur Sonnenfinsternis im März 2006 in Libyen statt. Kurz vor dem zweiten Kontakt wurde noch einmal das ganze Instrumentarium auf eine korrekte Ausrichtung und genügende Fixierung überprüft. Dann folgte immer wieder ein ganz rascher Blick durch den Kamerasucher auf das gleißend helle und in der Breite bald zum Strich schrumpfende Photosphärenspektrum mit seinen zahllosen Fraunhoferlinien (Absorptionsspektrum). Und plötzlich war es da, das Flash-Spektrum, breit und mit zwei Dutzend hellen Linien, eingebettet in die schönsten Farben (Abb. 3). Leider zeigte sich jetzt an Hand etwas unscharfer Protuberanzen im Licht der H $\beta$ -Linie ein nicht exakt getroffener Fokus. Ein Nachfokussieren war wegen der vorher durchgeführten Fixierungen nicht mehr möglich. Es folgten die vier geplanten Belichtungen des Flash-Spektrums, wovon die erste Aufnahme in Abb. 3 dargestellt ist. Die Wahl der Belichtungszeit wurde der Automatik der Kamera überlassen. Eine Aufnahme, die die Details des Sonnenrandes zum zweiten Kontakt zeigt und in der Türkei entstand, ist in Abb. 1 zu sehen.

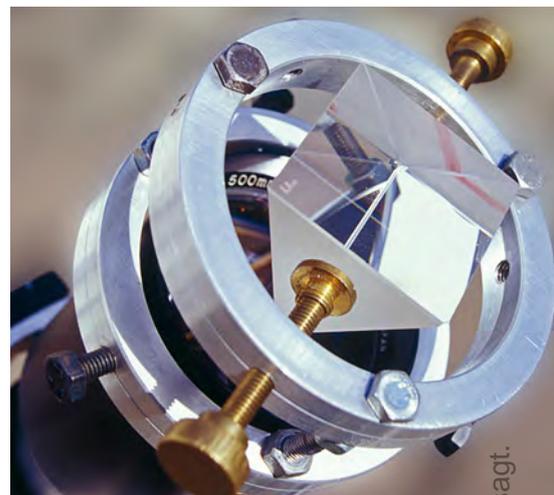


Abb. 2: Die Ausrüstung für die Aufnahme des Flash-Spektrums: Objektivprisma mit Halterung vor einem 500mm-Teleobjektiv.

## Fazit

Die Fotografie des Flash-Spektrums mit dem beschriebenen Instrumentarium ist möglich, sollte aber auf einer eigenen Montierung und dann beim zweiten und auch beim dritten Kontakt einer Finsternis erfolgen. So kann die Aufnahmeausbeute entsprechend des doch nicht ganz geringen Aufwandes bei dieser Form der Finsternisfotografie gesteigert werden. Letztendlich muss es dann anderen überlassen bleiben, auch noch bildfüllende Koronaaufnahmen zu machen – aber weniger ist manchmal eben doch mehr.

## Surftipps

### Weitere Finsternisaufnahmen der Autoren unter:

[www.capella-observatory.com](http://www.capella-observatory.com)  
[www.airglow.de](http://www.airglow.de)

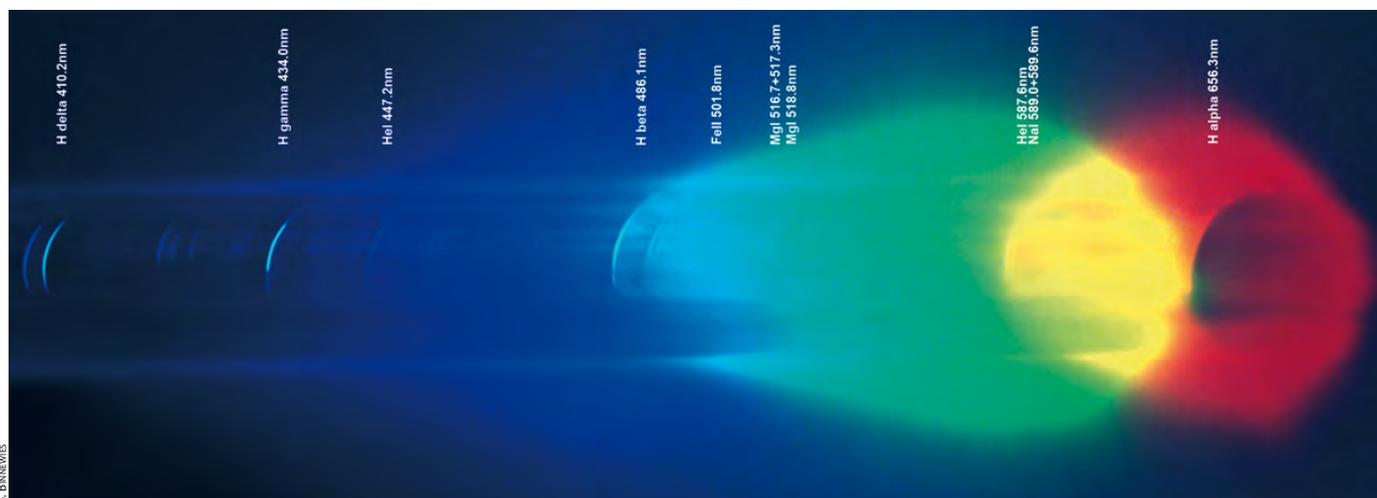


Abb. 3: Flash-Spektrum um den zweiten Kontakt, 29. März 2006, aufgenommen durch ein 500mm-Teleobjektiv (1:8) mit 100ASA-Film bei der Oase Jalu, Libyen. Die wichtigsten Emissionslinien wurden beschriftet.

Ein Fehler war es, die Belichtung des Spektrums komplett der Kameraautomatik zu überlassen. Durch die sich den Lichtverhältnissen anpassende Belichtungsdauer ist es nun nicht mehr möglich, die Linienin-

tensitäten von Aufnahme zu Aufnahme zu vergleichen und so etwas über die physikalischen Eigenschaften der Chromosphäre abschätzen zu können. Im Nachhinein lässt sich sagen, dass die für den Halbmond er-

mittelten Belichtungszeiten (etwa 2s) eine gute Abschätzung für das Flash-Spektrum darstellen. Dennoch konnten wir durch diesen Versuch einer weiteren Herausforderung der Finsternisfotografie begegnen.

## Das Flash-Spektrum – eine visuelle Beobachtung

Im Vorfeld der Sonnenfinsternis im März 2006 hatte ich mir vorgenommen, vor dem dritten Kontakt mit einem optischen Gitter das Flash-Spektrum der Chromosphäre zu beobachten. Dafür habe ich ein Blaze-Gitter mit 207 Linien pro mm verwendet und einfach mit bloßem Auge beobachtet. Die Dispersionsrichtung wurde etwa längs der Ekliptik ausgerichtet.

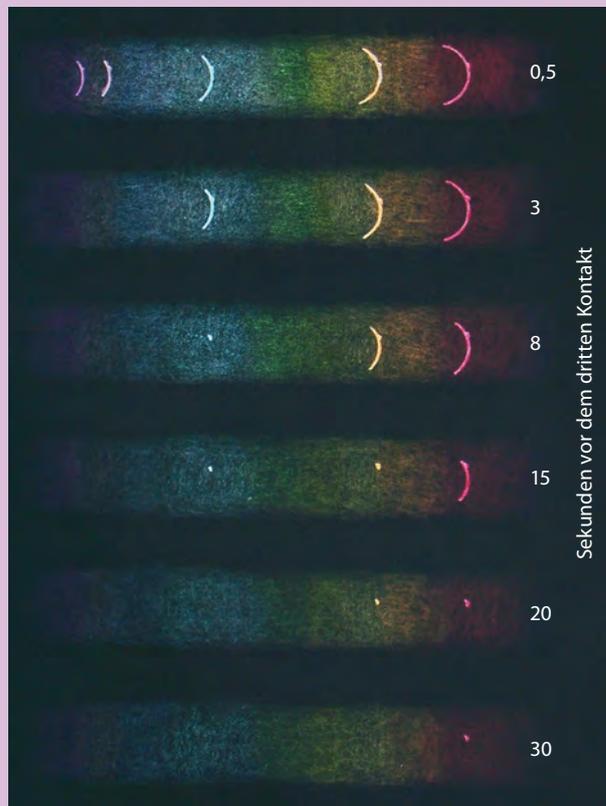
Etwa 30s vor dem dritten Kontakt wurde mit der Beobachtung begonnen. Als der dritte Kontakt näher kam, erschienen nach und nach immer mehr Details. Das Spektrum der Korona war etwas diffus ohne helle und dunkle Stellen, erschien aber zuletzt im hellblauen am hellsten mit einem gewissen Anteil weiß. Die merkwürdige Färbung an dieser Stelle ist kaum zu beschreiben, ähnelte aber dem Farbeindruck der Korona ohne Gitter.

Von der großen Protuberanz, die auf vielen Bildern zu sehen ist, war zunächst ein Punkt im roten Spektralbereich sichtbar – offenbar  $H\alpha$ . Dann erschien von dieser Protuberanz ein zweiter Punkt im orangen und anschließend einer im blauen Spektralbereich, die Abbilder in  $H\epsilon$  und  $H\beta$ . Gleichzeitig tauchten die sichelförmigen Abbilder der Chromosphäre auf, die jeweils durch die helleren Punkte der Protuberanz verliefen. Das Spektrum veränderte sich in den letzten Sekunden vor dem dritten Kontakt immer schneller, bis zuletzt zwei Bögen im violetten Teil auftauchten. Sekundenbruchteile später kam der dritte Kontakt und das Flash-Spektrum wurde schlagartig überstrahlt.

Die Positionen der beiden violetten Bilder konnte ich mir in der kurzen Zeit nicht genau merken. Daher ist unklar, was ich gesehen habe:  $H\gamma$  und  $H\delta$  oder  $H\gamma$  und die beiden zu einem Bild verschmolzenen Kalziumlinien. Wahrscheinlich wurden die beiden Kalziumlinien nicht getrennt gesehen, da sie mit dem verwendeten Gitter einen Abstand von nur 2,5' voneinander haben, was unter den gegebenen Umständen kaum vom Auge auflösbar sein dürfte.

Skizzen für die Zeichnung wurden einige Minuten nach dem dritten Kontakt aus dem Gedächtnis gemacht. Vor der Reinzeichnung wurde nicht »gemogelt« und keine Fotos von Flash-Spektren dieser oder anderer Sonnenfinsternisse angeguckt. Die Reinzeichnung ist mit verschiedenen Buntstiften entstanden. Die Zeitangaben auf der Zeichnung sind geschätzt und zeigen die schnelle Entwicklung zum Ende hin. Eine kurze aber unvergessliche Beobachtung, die alle Erwartungen übertraf!

■ Stefan Schuchhardt



Zeichnung des Flash-Spektrums vor dem dritten Kontakt der Sonnenfinsternis vom März 2006.

# Im Reich der Rillen

## Ein Spaziergang in der Mitte des Mondes

VON WILFRIED TOST

Nordwestlich der Mondmitte befinden sich die beiden relativ kleinen Ebenen Sinus Medii und Mare Vaporum. Beide Gebiete sind mit dunkler Lava gefüllt und in ihnen befindet sich je ein großer, heller und auffälliger Krater sowie umfangreiche Rillensysteme. Die Krater Manilius und Triesnecker, sowie die Rillen Ariadaeus, Hyginus und Triesnecker werden Stationen unseres Mondspazierganges sein.

**D**urch die zentrale Lage ist das **Mare Vaporum** auch ohne weitere Umschreibung leicht zu finden. Dadurch kann man zudem zwei andere Objekte auf dem Mond besser finden: Im Westen befindet sich der Strahlenkrater Copernicus und im Osten befindet sich das Mare Tranquillitatis. Im Nordwesten wird das Mare durch die imposante Gebirgskette **Montes Apenninus** vom darüber liegenden Mare Imbrium begrenzt. Die Gebirgskette ist um

die 600km lang und die einzelnen Berggipfel in dieser Gegend sind teilweise höher als 5000m. Der nördliche Rand ist scharf begrenzt und fällt bei jeder Mondphase leicht ins Auge. Bei niedrigem Sonnenstand gibt es deutliche Schattenschwürfe, die das Gebirge sehr plastisch erscheinen lassen und bei hohem Sonnenstand leuchtet die Kette hell zwischen den dunklen Böden der umgebenden Mare Imbrium, Tranquillitatis und Vaporum auf.

Abb. 1: **Nordwestlich der Mondmitte** befinden sich die beiden relativ kleinen Ebenen Sinus Medii und Mare Vaporum. Beide Gebiete sind mit dunkler Lava gefüllt und in ihnen befindet sich je ein großer, heller und auffälliger Krater sowie umfangreiche Rillensysteme. *Mario Weigand*

### Manilius

Am nördlichen Ende des Mare Vaporum finden wir in jeder Mondphase mit Leichtigkeit den 39km durchmessenden Krater **Manilius**, der das hellste und auffälligste Objekt in dieser Region ist. Ab etwa einem Mondalter von 7 Tagen kann man einen ausgedehnten, aber flachen Zentralberg von 700m Höhe erkennen. Im Kraterrand, der 3050m über den Boden aufragt, sind deutlich



Abb. 2: Das »Reich der Rillen« nahe der Mondmitte gehört zu den spannendsten Gründen für Mondbeobachter. Markiert sind die Stationen des Mondspaziergangs.

Terrassen auszumachen. Bei hohem Sonnenstand erkennt man, dass Manilius ein kleines Strahlensystem besitzt, das sich aber hauptsächlich nach Norden und Osten erstreckt. Nach Westen hin gibt es nur einen einzelnen dünnen Strahl, der jedoch möglicherweise zum Strahlensystem des fernen Copernicus gehört. Manilius muss entstanden sein als das Mare Vaporum sich noch bildete. Die nach Norden und Osten bis in mindestens 100km Entfernung geschleuderten Auswurfmassen liegen eindeutig auf dem Boden des Mare, während besonders im Südwesten dunkle Lavamassen die Trümmer in dieser Ge-

gend wieder überdeckt haben. An solchen Details kann man die Abfolge von Ereignissen auf dem Mond rekonstruieren. Dies ist jedoch nicht immer und nicht überall so einfach nachzuvollziehen.

### Rima Hyginus

Manilius ist ein Krater, der durch seine Terrassen, sein Strahlensystem und seine Helligkeit auch bei Vollmond zum Beobachten einlädt. Anders steht es jedoch mit der Ariadaeus-Rille, der Hyginus-Rille sowie einer Vielzahl von weiteren Nebenrillen, die sich im Süden des Mare Vaporum

befinden. Für alle Rillen gilt, dass sie am besten zu beobachten sind, wenn die Sonne möglichst tief steht und damit möglichst lange Schatten entstehen. In diesem Fall sind dies die Tage um die Halbmondphasen herum. Die bessere Sichtbarkeit ergibt sich durch die breiteren Schatten und den günstigeren Kontrast zwischen beleuchteten und unbeleuchteten Gebieten. Die geradlinig etwa in West-Ost-Richtung verlaufende Ariadaeus-Rille ist fast durchgängig 5km breit und hat eine imposante Länge von 220km. Sie schließt an ihrem westlichen Ende an die ebenso lange **Hyginus-Rille** an. Sie ist benannt nach dem Krater Hyginus, der die Rille in ihrer Mitte an einem deutlichen »Knick« in zwei Hälften zu teilen scheint. Er gehört zu den größten Kratern auf dem Mond, die nicht durch einen Impakt entstanden sind. Ein Indiz dafür ist, dass er keinen Kratertrand besitzt; stattdessen hat er in der Vergangenheit eine explosive Phase durchlebt und dunkle Ablagerungen in der näheren Umgebung deuten auf vulkanische Aktivität hin. Nimmt man seinen mittleren Durchmesser von 9km als Maßstab, so kann man leicht abschätzen, dass die Breite der Rille durchgängig 2–3km beträgt, an manchen Stellen sogar mehr als 4km, wobei die Tiefe 400m erreicht. Doch nicht allein ihre Ausmaße machen die Rima Hyginus (so ihr offizieller lateinischer Name) interessant. Es handelt sich bei ihr um einen Lavafluss, in welchem vor mehr als drei Milliarden Jahren Lava transportiert wurde. Im Laufe der Zeit kühlte die obere Decke ab und wurde fest, während darunter die Lava weiter floss, bis der Strom versiegte und der Kanal trocken fiel. Dabei bildeten sich Lavahöhlen, deren Deckgestein auf eine Mächtigkeit von 10m geschätzt wird. Auf Detailaufnahmen der Hyginus-Rille, aber auch an anderen Stellen auf dem Mond ist zu erkennen, dass die Lavakanäle zwar zum großen Teil eingestürzt sind, dass es aber auch Teile gibt, in denen die Decke immer noch geschlossen ist. Im Unterschied zu ihren vergleichsweise kleinen Gegenstücken auf der Erde sind manche dieser intakten Höhlen bis zu mehreren 100m breit und um ein Mehrfaches länger. Obwohl sich 800km unterhalb des Mare Vaporum große Ansammlungen von Mondbebenzentren befinden, haben die Lavakanäle bis heute überdauert.

Die Region um Hyginus ist sehr beliebt und wird häufig und intensiv von Astronomen beobachtet. Als Besonderheit gibt es daher eine Häufung von Berichten, wonach sich dunkle Flecken mitunter innerhalb von 20 Minuten sichtlich ändern

würden. Diese Flecken sollen etwa 7km groß sein und verändern sich offensichtlich unter den schwankenden Beobachtungsbedingungen während der Nacht. In diesem Lichte muss man auch Berichte über die angebliche Entstehung von neuen Kratern interpretieren.

Auf alten Mondfotos aus den 1890er Jahren sind manche dieser Objekte zwar zu erahnen, jedoch nie eindeutig zu erkennen, weshalb ein akzeptierter Nachweis für neu entstandene Krater bisher nicht gelungen ist. Die Qualität der heute noch erhaltenen Bildmaterialien, bei denen das analoge Filmmaterial bereits teilweise verwittert ist, reicht dafür einfach nicht aus. Umso wichtiger ist es für heutige Beobachter mit ihren besseren technischen Möglichkeiten, den Mond häufig und detailreich zu fotografieren.

## Schneckenberg

Nur wenig mehr als 20km südlich des Kraters Hyginus befindet sich eine interessante Formation, die den Namen **Schneckenberg** trägt. Diese spiralförmige Struktur ist schon auf den Karten von Mädler zu sehen (1834–36). Der Name Schneckenberg wird seit spätestens 1880 von deutschen Mondbeobachtern verwendet und wurde 1935 von der IAU in die offizielle Namensliste für den Mond übernommen. 1961 entschied die IAU jedoch, dass es sich bei dieser Formation weder um einen Krater noch um einen Berg handelt und löschte den Namen. Eine andere Bezeichnung als Schneckenberg ist jedoch nie vergeben worden und so hat sich dieser Name bis heute in der Gemeinde der Mondbeobachter gehalten. Auch im Berliner Mondatlas wird dieser Name verwendet.

Südöstlich von Hyginus schließt sich ein kraterreiches Hochland an. Die größten und auffälligsten Krater sind Agrippa und Godin. In **Agrippa** ist deutlich ein Zentralberg zu erkennen, aber der Kraterrand ist bereits kein klassischer Kreis mehr, sondern ist besonders im Norden deutlich gestört.

## Lavakanäle als mögliche Mondstation?

Unter dem Mondboden liegende intakte Lavakanäle gelten als geeignete natürliche Orte, um eine Mondstation zu errichten. Die Kanäle sind größer als alle künstlichen Module, die man zum Mond schaffen kann und in ihnen herrscht eine konstante Temperatur von etwa  $-20^{\circ}\text{C}$ . Aufgrund der mehrere 10m dicken Decke ist man hier vor jeglicher Strahlung geschützt und es gibt keinen Staub, denn der feine Regolith entsteht nur auf der Oberfläche durch ständige Impakte von Mikrometeoriten. Stattdessen findet sich hier fester Untergrund, in welchem man schwere vibrierende Maschinen verankern kann. Zudem sind die Höhlen absolut stabil und sicher: Sie haben sich vor mehreren Milliarden Jahren gebildet und was bisher nicht eingestürzt ist, wird auch die nächsten paar Milliarden Jahre stehen bleiben!

## is-Grundlagen: Mondbeben

Um Mondbeben nachweisen zu können, wurden während der Apollo-Missionen passive Seismographen auf der Mondoberfläche abgesetzt. Während des Betriebs der Stationen zwischen 1969 und 1977 wurden insgesamt über 12500 seismische Ereignisse registriert, darunter 1700 Signale von Meteoriten-Treffern und nach neuesten Zählungen mehr als 7000 tiefe Mondbeben. Ihre Stärke ist jedoch eher gering und entspricht den Werten 0,5 bis 1,3 auf der Richter-Skala.

Durch die unterschiedlichen Ankunftszeiten der Signale an den Seismographen konnten auch Aussagen über den Ursprungsort gewonnen werden. Die weitaus meisten Mondbeben treten in Tiefen zwischen 800km und 1000km auf, oberhalb einer vermuteten Grenze zu teilweise geschmolzenem Gestein im tiefsten Inneren des Mondes. Hier ballen sich teilweise mehrere Dutzend Beben in etwa 100 »Nestern« oder »Clustern« zusammen.

Die seismische Aktivität des Mondes wird stark durch die Gezeitenkräfte gesteuert, die sich im monatlichen Umlauf um die Erde ergeben. Dies zeigt sich durch eine deutliche Häufung der Beben bei Perioden von 6, 13,6, 14,5, 27,2 und 29,5 Tagen. Dies sind die Zeitspannen des siderischen und des synodischen Monats sowie die erste Oberschwingung dieser Perioden.

### Formationen in der Mitte des Mondes

Name	Typ	Mondlänge	Mondbreite	Colongitude	Länge/Größe/Fläche	Höhe	Rükl
Mare Vaporum	Mare	3°	13°	357°	230km/55000km <sup>2</sup>	–	33
Montes Apenninus	Gebirge	–14° bis 6°	16° bis 28°		600km	5000m	22
Sinus Medii	Bucht	0°	0°	0°	350km/52000km <sup>2</sup>	–	33
Manilius	Krater	9,1°	14,5°	350°	39km	3050m	23
Triesnecker	Krater	3,6°	4,2°	356°	26km	2760m	33
Rimae Triesnecker	Rillensystem	5°	5°	355°	200km		33
Hyginus	Krater	6,3°	7,8°	353,7°	10,6km	770m	34
Rima Hyginus	Rille	10°–5°	10°–6°	350°–355°	220km	–	34
Rima Ariadaeus	Rille	17°–10°	5°–7,5°	343°–350°	220km	–	34
Agrippa	Krater	10,5°	4,1°	349°	46km	3070m	34
Godin	Krater	10,2°	1,8°	11°	35km	3200m	34
Blagg	Krater	1,5°	1,3°	358,5°	5,4km	910m	33
Bruce	Krater	0,4°	1,1°	359,6°	6,7km	1260m	33
Rhaeticus	Krater	5°	0°	355°	43km × 49km		33

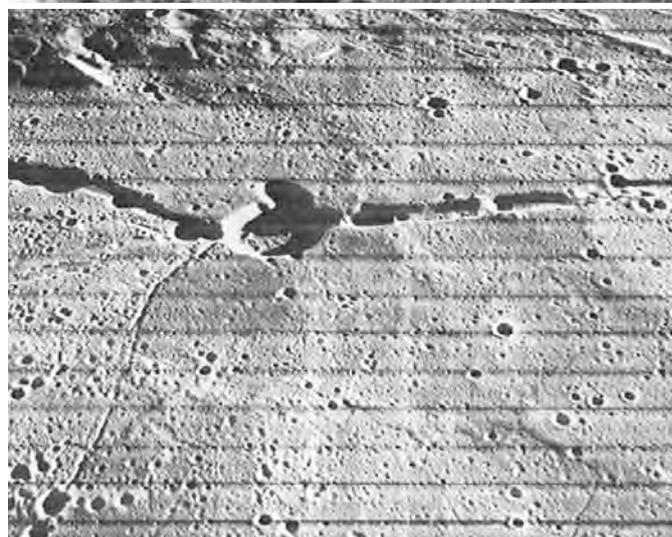
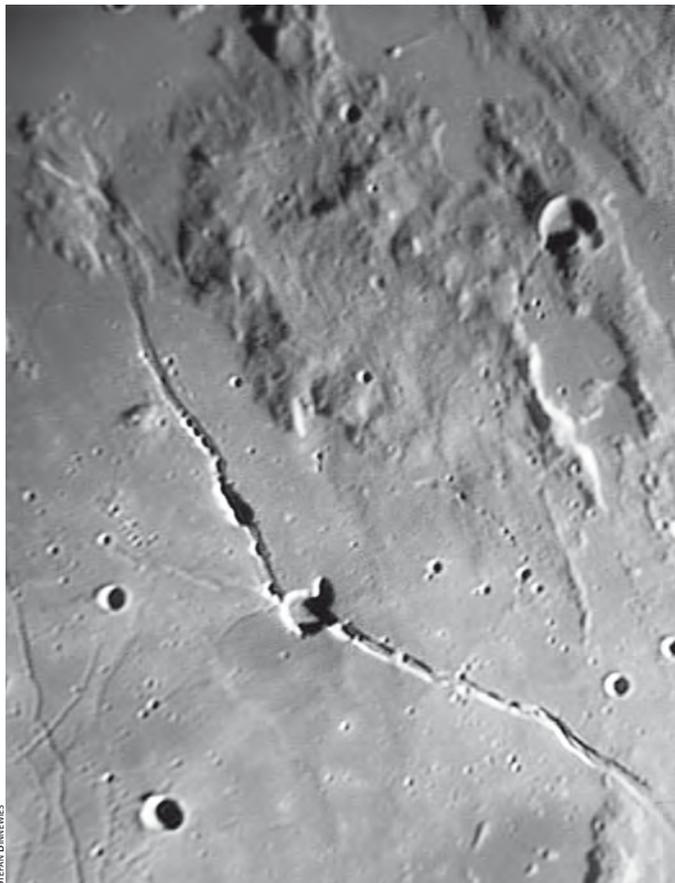


Abb. 3: Die Rima Hyginus ist die vielleicht auffälligste Mondrille. Sie besteht teilweise aus einer Kraterreihe.



Abb. 4: Das Rillenlabyrinth beim Krater Triesnecker ist ein hervorragendes Testfeld für tiefe Mondbeobachtungen.

Abb. 5: Hyginus aus der Astronautenperspektive, einmal von Apollo 10 (oben), zum anderen vom Lunar Orbiter (unten) fotografiert.

Agrippa besitzt bei einer Tiefe von 3070m einen Durchmesser von 46km und liegt deshalb durch das Größenverhältnis von 1:15 bereits an der Grenze zu einer Ringebene. (Ring- oder Wallebenen sind jedoch meist deutlich größer mit einem Verhältnis von eher 1:20). Anders ist es bei dem unmittelbar neben Agrippa liegenden Krater Godin. Er ist mit 35km etwas kleiner und gleichzeitig auch tiefer. Sein Kraterstand ragt 3200m über den Boden hinaus und durch das Verhältnis von 1:10 gilt er als klassischer Krater.

### Triesnecker

Erneut von Hyginus ausgehend finden wir weiter im Süden eine weitere Ebene mit dunklem Boden. Sie trägt den Namen **Sinus Medii** und der auffälligste Krater hierin ist der 26km durchmessende Krater **Triesnecker**. Obwohl er gar nicht so besonders groß ist, fällt er doch deutlich auf und dominiert den ansonsten mit nur wenigen Kratern versehenen Sinus Medii. Bei tiefem Sonnenstand erkennt man schnell, dass der Boden nicht eben ist, sondern erhebliche Senken aufweist. Besonders tief senkt sich der Boden unmittelbar westlich von Triesnecker. Diese Schrä-

gung ist wohl dafür verantwortlich, dass auf dieser Seite viele kleine Krater mit dunklem Rand zu finden sind (Dark Halo Crater). Hier wurde die Oberfläche bis zum dunklen Lavamaterial durchschlagen und dieses ausgeworfen. Auf der östlichen Seite von Triesnecker befinden sich zwar ebenfalls kleine Impaktkrater, aber hier war die Bodenschicht offenbar zu dick und die Einschlagslöcher reichen nicht bis zur Lava hinunter.

Von besonderem Reiz im Sinus Medii ist jedoch das umfangreiche Rillensystem (**Rima Triesnecker**), das sich in Nord-süd-richtung östlich von Triesnecker hinzieht. Die Ausdehnung beträgt etwa 200km und ist damit von der gleichen Größenordnung wie Hyginus und Ariadaeus. Der teilweise mehrfach parallel verlaufende Rillenkomples reicht im Norden bis an die Rima Hyginus heran und im Süden bis zum weitgehend zerstörten und verwiterten Krater **Rhaeticus** (ca. 43km × 49km). Auf halbem Wege zu ihm befinden sich auf dem kaum strukturierten Boden nur zwei nennenswerte Krater. **Bruce** (6,7km) liegt westlich von **Blagg** (5,4km), wobei ihr Abstand voneinander etwa der Größe von Triesnecker entspricht (26km). Sie sind sehr klein und fallen nur auf, weil ansonsten keine Krater in dieser Gegend zu finden sind. Unter günstigen Umständen erkennt man, dass beide Krater vollständig von einem etwa 60km durchmessenden Ring dunklen Bodens umgeben sind.

- [1] Coombs, C. R., Hawke, B. R.: A Search For Intact Lava Tubes On The Moon: Possible Lunar Base Habitats, The Second Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century, Johnson Space Center, NASA, SEE N93-17414 05-91, 219 (1992)
- [2] Tost, W.: Rillen und Rillensysteme: interstellarum 46, 35 (2006)
- [3] Wilhelms, D. E. et al.: Geologic History of the Moon, USGS Paper 1348 (1987), ser.sese.asu.edu/GHM
- [4] Schultz, P.H., Staid, M.I., Pieters, C.M.: Lunar activity from recent gas release, Nature 444, 184 (2006), www.planetary.brown.edu/pdfs/3424

# Barnards Pfeilstern

## Ein kleiner Stern mit großer Eigenbewegung

VON WOLFGANG VOLLMANN

Im Jahre 1916 entdeckte Edward Emerson Barnard auf seinen fotografischen Himmelsaufnahmen einen »small star with large proper motion« [1]. Der Stern steht im Sternbild Schlangenträger  $3\frac{1}{2}^\circ$  östlich von  $\beta$  Ophiuchi und  $1^\circ$  nordwestlich von 66 Oph. Barnard ermittelte eine Eigenbewegung gegen die Hintergrundsterne von  $10,3''$  pro Jahr fast genau nach Norden – das ist auch heute noch die größte bekannte Eigenbewegung eines »Fixsterns«. Diese große Bewegung ließ die Astronomen vermuten, dass Barnards Stern sehr nahe sein musste. Schon im Jahr nach der Entdeckung 1917 veröffentlichten mehrere Beobachter Messungen der Parallaxe, die zwischen  $0,5''$  und  $0,7''$  pro Jahr streuten – der Beobachtungszeitraum betrug oft nur wenige Monate [2, 3]. Daraus ermittelte sich die Entfernung zu 5 bis 7 Lichtjahren.

### Der zweitnächste Stern

Auch heute gilt Barnards Stern als der nächste Stern, den wir von Mitteleuropa aus sehen können: 6,0 Lichtjahre gibt die »Nearby Star Database« als Entfernung an [4]. Damit sind nur die drei Komponenten des  $\alpha$  Centauri-Systems noch nähere Sonnen – sie können allerdings nur von südlicheren Breiten gesehen werden. Trotz seiner Nähe leuchtet Barnards Stern nur mit einer visuellen Helligkeit von  $9^m,5$  – und ist gerade noch im Fernglas zu erkennen, wenn es stabil aufgestellt und der Nachthimmel dunkel ist.

Barnards Stern ist ein roter M4-Zwergstern, etwa 2300-mal lichtschwächer als unsere Sonne. Er ist mit nur  $1/5$  Sonnendurchmesser viel kleiner als die Sonne und besitzt nur eine Masse von etwa  $1/6$  Sonnenmasse. Seine Oberflächentemperatur liegt bei etwa 3100K. Er zählt zu den BY Dra-Sternen, deren Helligkeitsänderungen durch den durch Rotation wechselnden Anblick von Sternflecken verursacht wird.

Rote Zwergsterne sind sehr häufige Objekte in der Milchstraße, aber durch

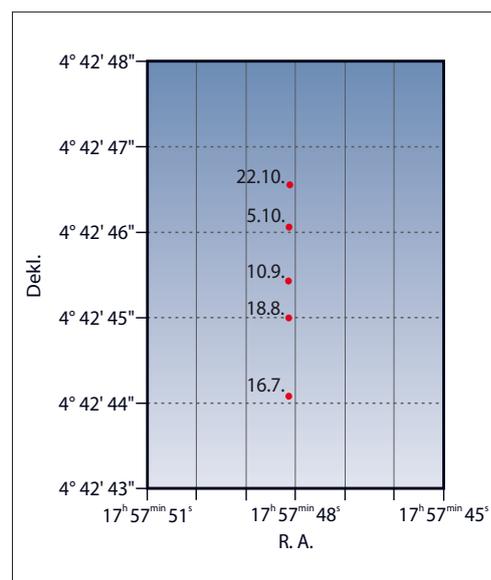


Abb. 1: **Eigenbewegung von Barnards Pfeilstern** zwischen 16. Juli und 22. Oktober 2006. Links ist die Deklination aufgetragen, unten die Rektaszension. Die Messwerte beziehen sich auf das Äquinoktium 2000.0 und die Epoche des Beobachtungsabends. Sie zeigen sehr deutlich die rasche Bewegung des Sterns nach Norden.

ihre Lichtschwäche nicht in größeren Entfernungen zu sehen. Die leuchtkräftigen Sterne wie unsere Sonne oder noch hellere Objekte sind zwar nicht so zahlreich, aber stehen den »roten Zwergen« die Show, weil sie auch in großen Entfernungen noch sichtbar sind [5].

### Visuelle Beobachtung

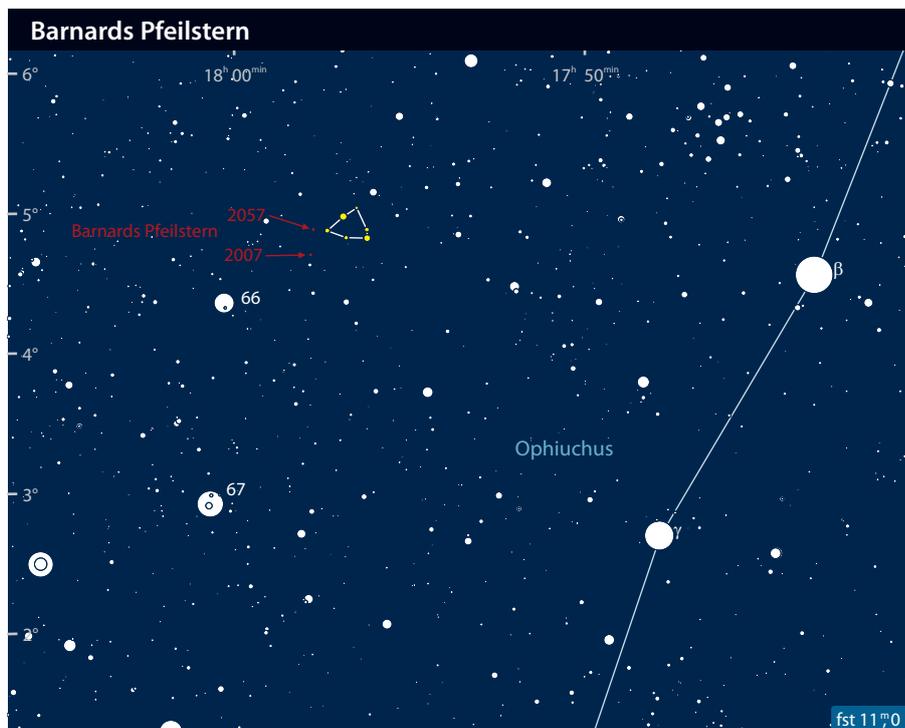
Angestoßen durch einen Artikel zu Barnards Stern in Burnhams Celestial Handbook [6] habe ich seit 1978 den Stern einige Male beobachtet und eine genaue Skizze mit der Umgebung des Sterns am Fernrohr angefertigt: Die Eigenbewegung von etwa 10" in Richtung Norden ist im Fernrohr schon nach wenigen Jahren visuell deutlich erkennbar, wenn man bei höherer Vergrößerung (ab etwa 50x) auch die schwächeren Sterne skizziert.

Bei einer Beobachtung des Pfeilsterns am 17.9.2004 ist die Eigenbewegung seit dem Vorjahr besonders aufgefallen: Barnards Stern stand auf seinem Weg nach Norden etwas nördlicher als ein Stern 11. Größenklasse. Dieser kurzfristige »Begleiter« ist etwas schwächer als der Pfeilstern und steht derzeit östlich von Barnards Stern. Noch 2003 hatten die beiden Sterne etwa die gleiche Deklination. Inzwischen ist Barnards Stern jedoch schon eine halbe Bogenminute weiter nördlich angelangt!

### Astrometrische Beobachtung

Im Jahr 2006 habe ich den Stern zwischen dem 16. Juli und 22. Oktober beobachtet und mit einer CCD-Kamera fotografiert. Die Aufnahmen wurden mit Herbert Raabs Astrometrica-Programm [8] sowie dem Sternkatalog UCAC2 vermessen. Es stellte sich heraus, dass mit etwa einem Monat Abstand zwischen den Aufnahmen die Bewegung von Barnards Pfeilstern nach Norden eindeutig nachweisbar ist (vgl. Tab. 2)!

Die Messwerte sind jeweils Mittelwerte aus 18 Einzelaufnahmen mit 10s Belich-



tungszeit an einem 130/1040-Refraktor. Sie beziehen sich auf das Äquinoktium 2000.0 und die Epoche des Beobachtungsabends. Die Mittelwerte streuen nur um 0,01s in Rektaszension und 0,1" in Deklination – Astrometrica kann die Sternörter weit genauer als auf ein Pixel (bei mir 1,47") ermitteln.

Der Stern wandert also nach meinen Messungen in einem Monat um 0,9" nach

Norden. In etwas mehr als drei Monaten ergaben die Messungen eine Bewegung um 2,5". Aus der jährlichen Eigenbewegung von 10,310" und einem Positionswinkel von 355,8° (siehe [4]) folgt eine monatliche Bewegung von 0,86" – in sehr guter Übereinstimmung mit meiner Beobachtung! Auch die gemessene Änderung der Rektaszension ist genau wie erwartet!

Tab. 1: Barnards Stern in Daten

Name	Bezeichnung	Sternbild	R. A.	Dekl.	Helligkeit	DSRA
Barnards Stern	V2500 Oph	Oph	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 48,05 <sup>s</sup>	+4° 42' 54"	9 <sup>m</sup> ,6	21 (22)
Vergleichssterne	TYC0425-00262-1	Oph	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 51,95 <sup>s</sup>	+4° 42' 20,2"	11 <sup>m</sup> ,5	–

Tab. 2: Astrometrische Beobachtungen

Datum	Rektaszension	Deklination
16.7.2006	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 48,13 <sup>s</sup>	+4° 42' 44,1"
18.8.2006	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 48,10 <sup>s</sup>	+4° 42' 45,0"
10.9.2006	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 48,09 <sup>s</sup>	+4° 42' 45,4"
5.10.2006	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 48,09 <sup>s</sup>	+4° 42' 46,1"
22.10.2006	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 48,09 <sup>s</sup>	+4° 42' 46,6"

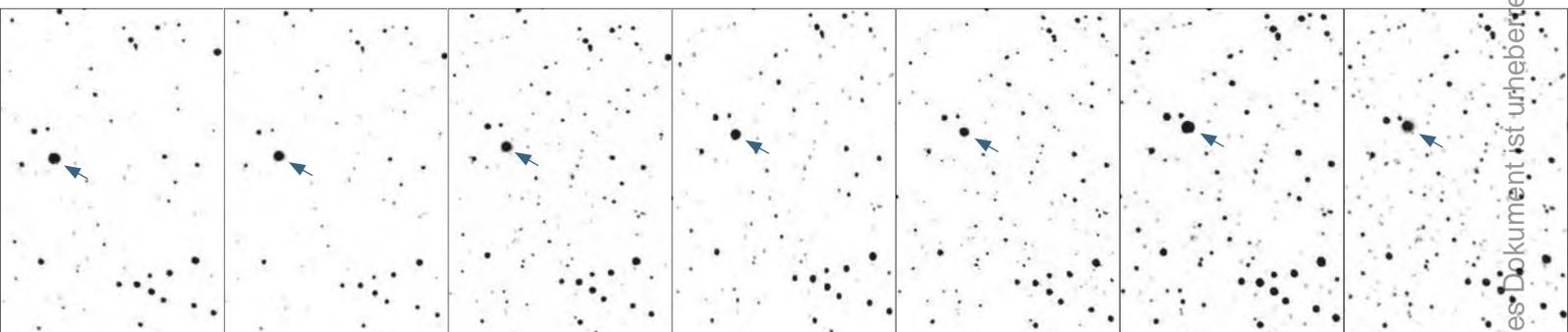


Abb. 3: 10 Jahre Eigenbewegung von Barnards Stern von 1996 bis 2006 jeweils im Oktober des Jahres aufgenommen mit einem

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

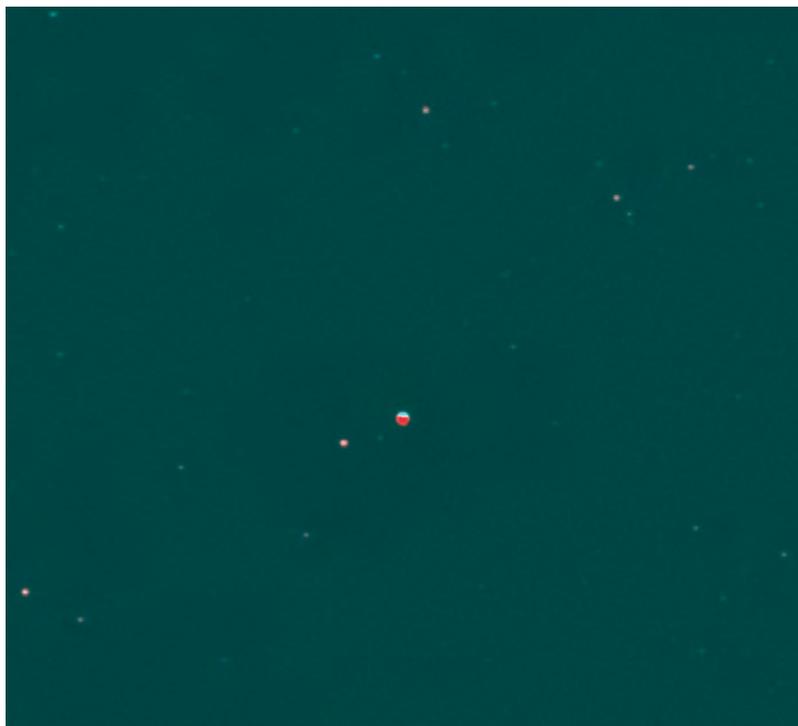
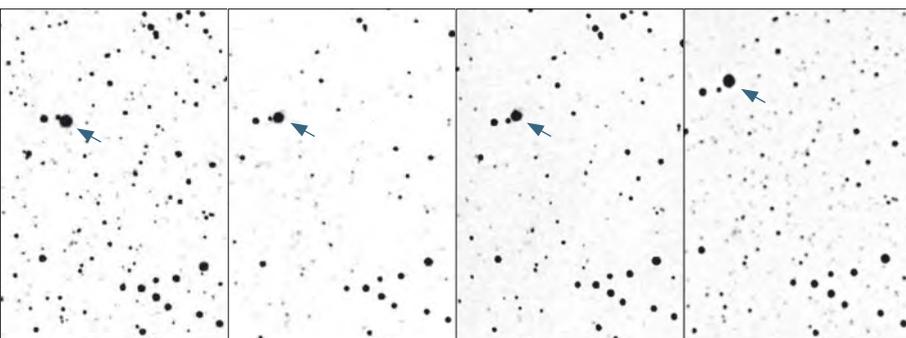


Abb 2: **Die Position von Barnards Pfeilstern** in Aufnahmen vom 16. Juli 2006 (rot eingefärbt) und 22. Oktober 2006 (blau/grün eingefärbt). Das Komposit wurde hergestellt, indem die Feldsterne möglichst genau zur Deckung gebracht wurden. Die Bewegung von Barnards Stern – das hellste Objekt in der Bildmitte – in den drei Monaten nach Norden (oben) ist deutlich erkennbar: Das rote Bild ist südlich, das blau/grüne Bild nördlich noch zu sehen.

### Visualisierung der Eigenbewegung

Damit die Eigenbewegung nicht nur in etwas dünnen Zahlenwerten ablesbar ist, zeigt Abb. 1 eine grafische Darstellung. Seit 1996 beobachtet Bernd Thinius aus Potsdam jedes Jahr Barnards Stern mit einem 8"-SCT und Selbstbau-CCD-Kamera [7]. Er hat eine sehr schöne Zeitreihe der Bewegung des Sterns erstellt (Abb. 3) – hier wird die stattliche Bewegung besonders deutlich.

- [1] Barnard, E. E.: A small star with large proper-motion, *Astron. J.* 29, 181 (1916)
- [2] Russell, H. N.: Preliminary parallax of Barnard's star of large proper-motion, *Astron. J.* 30, 73 (1917)
- [3] Mitchell, S. A.: Preliminary parallax of Barnard's star of large proper-motion, *Astron. J.* 30, 126 (1917)
- [4] Astronomisches Rechen-Institut Heidelberg: [www.ari.uni-heidelberg.de/aricns/cnspages/4c01453.htm](http://www.ari.uni-heidelberg.de/aricns/cnspages/4c01453.htm)
- [5] Sol Company: [www.solstation.com/stars/barnards.htm](http://www.solstation.com/stars/barnards.htm)
- [6] Burnham, R.: *Celestial Handbook Vol. 2*, Dover Publications, New York (1978)
- [7] Thinius, B.: [www.thinius.net/astromet.htm](http://www.thinius.net/astromet.htm)
- [8] Astrometrica: [www.astrometrica.at](http://www.astrometrica.at)



8"-SCT bei f/6 und einer Eigenbau-CCD-Kamera Cookbook 245. Bernd Thinius

# Abenteuer südlich des Wendekreises

## Deep-Sky-Beobachtungsplätze in Südafrika

VON AXEL MELLINGER

In den vergangenen 10–15 Jahren wurden astronomische Exkursionen ins südliche Afrika zunehmend populärer. Der Reiz des von uns nicht sichtbaren Südhimmels, zusammen mit den hervorragenden Wetterbedingungen und der klaren, trockenen Luft zieht mehr und mehr Menschen in diesen Teil unserer Erde – vorwiegend nach Namibia. Aber auch das Nachbarland Südafrika bietet erstklassige astronomische Bedingungen, und dies zu deutlich günstigeren Preisen.

### Alternative: Südafrika

Zu den beliebten Astro-Reisezielen gehören einige Gästefarmen in Namibia mit hohem Komfort und speziellen Angeboten für Amateurastronomen, wie z.B. Astronomen-gerechte Termine für die Mahlzeiten, Ausrüstung, und Reparaturmöglichkeiten. Nachteilig ist, dass eine Reise dorthin mit recht erheblichen Kosten verbunden ist. Neben dem Flugticket sowie eventuellen Frachtkosten für die Ausrüstung fallen die in Namibia nicht gerade billigen Mietwagenpreise sowie ca. 60–80€ pro Person für die Übernachtung an. Eine preiswertere Alternative bietet das Nachbarland Südafrika. Schon bei der Anreise hat man oft bessere Chancen einen günstigen Flug zu ergattern, da Kapstadt aufgrund seiner wirtschaftlichen Bedeutung öfter angefliegen wird als Windhoek. Auch Mietwagen sind in Südafrika preiswerter als in Namibia. Schließlich die Übernachtung: Gute Campingplätze findet man schon für 50 Rand (1€ = 9 Rand (ZAR)) pro Nacht; auf Gästefarmen kostet die Übernachtung ab ca. 90ZAR. Im Folgenden werden einige interessante Plätze in der westlichen und nördlichen Kapprovinz vorgestellt.

### Cederberg Observatory

Ungefähr 200km nördlich von Kapstadt liegen die Cederberge, ein beliebtes Erholungsgebiet für die Bewohner der Region Kapstadt. Zur Zeit der Sichtbarkeit des Halleyschen Kometen um 1986 erkannten einige Amateurastronomen das Potential



Abb. 1: **Südhimmel-Träume** können nicht nur in Namibia, sondern auch im benachbarten Südafrika wahr werden. Auf dem Bild erkennt man die Große Magellansche Wolke und Canopus, den zweithellsten Fixstern des Nachthimmels, über der Farm Koornlandskloof. Aufgenommen mit einer Canon EOS 350D mit einem 12–24mm Tokina Zoom-Objektiv bei 6,3/17mm, wobei drei Aufnahmen à 10min Belichtungszeit aufaddiert wurden.

dieser Gegend für eine Amateursternwarte. Sie pachteten ein Stück Land der benachbarten Farm *Dwarsrivier* und erbauten zunächst einen einfachen Lagerschuppen und eine Kuppel. Später kamen Schlaf- und Waschräume, eine Rolldachhütte sowie ein 230V-Stromanschluss hinzu, welcher die bis dahin verwendeten lärmenden Generatoren ersetzte. Mittlerweile finden an den Wochenenden regelmäßig öffentliche Führungen statt – manchmal für

mehr als 100 Besucher! Da sich nicht selten auch deutsche Touristen darunter befinden, wurde ich bei meinen Besuchen des öfteren schon für eine deutschsprachige Führung »rekrutiert«. Als Beobachtungsgeräte stehen ein 12"-Schmidt-Cassegrain, ein 16"-Newton, sowie die »Bertha« und »Bertie« genannten 14"- bzw. 12"-Dobson-Teleskope zur Verfügung. Gelegentlich bringen die Amateure auch noch eigene Geräte mit – als Höhepunkt konnte



Abb. 2: **Vierfach-Mosaik der Region um  $\rho$  Oph/Antares**, aufgenommen mit einer Starlight Xpress SXV-H9 CCD-Kamera und einem Minolta 2,8/135mm Teleobjektiv, abgeblendet auf f/4. Belichtungszeit: L: 6×5min, RGB: 2×10min.

Abb. 3: **Zweifarbigen-Mosaik des Vela-Supernovaüberrestes**, aufgenommen mit einer Starlight Xpress SXV-H9 CCD-Kamera, einem Minolta 2,8/135mm-Teleobjektiv und Astronomik H $\alpha$ /O-III Schmalbandfiltern. Belichtungszeit: 3×10min je Feld und Farbkanal. Die Aufnahmen entstanden in den Jahren 2004 und 2006 am Cederberg Observatory sowie auf der Gästefarm Koornlandskloof.





Abb. 4: **Drei Gästefarmen für astronomische Abenteurer:** Cederberg Observatory (a), die Wanderhütte der Schaffarm Ezeljaght (b) und die Gästefarm Koorlandskloof (c).

ich einmal den Kugelsternhaufen  $\omega$  Centauri in einem 22-Zöller bewundern. Die Qualität des Nachthimmels ist sehr gut; lediglich tief im Süden erkennt man hin und wieder eine leichte Himmelsaufhellung durch Kapstadt. Aber keine Angst – das Zodiaklicht ist meistens heller! Unterkünfte sind in den Cederbergen nicht schwer zu finden. Man hüte sich nur vor dem Osterwochenende und einigen nationalen Feiertagen, an denen die Cederberge einen großen Besucheransturm verzeichnen. Die nahe gelegenen Farmen *Dwarsrivier* und *Kromrivier* bieten Zeltplätze für ca. 50ZAR pro Nacht, aber auch kleine Gästewohnungen an. Tagsüber hat man vielfältige Wandermöglichkeiten – wenn man denn nach einer langen Beobachtungsnacht rechtzeitig aus dem Bett kommt, um die Mittagshitze zu vermeiden!

### Sutherland

Im Jahre 1972 wurden die bis dahin bestehenden Sternwarten nahe Johannesburg und Kapstadt zum *South African Astronomical Observatory (SAAO)* vereinigt. Als Standort wählte man einen Berg nahe der Ortschaft Sutherland in einem Große Karoo genannten Steppengebiet. Als jüngstes Großteleskop wurde dort im Jahr 2005 das *South African Large Telescope (SALT)* fertig gestellt, mittels eines Arrays aus 91 hexagonalen Einzelspiegeln wird eine lichtsammlende Fläche entsprechend einem 10m-Spiegel erzielt, wobei die Kosten dank der neuartigen Bauweise (Azimutalmontierung mit festem Elevationswinkel; die Nachführung erfolgt durch Verschieben des Detektors in der Fokalebene) gegenüber vergleichbar großen herkömmlichen Systemen auf einen Bruchteil reduziert werden konnten. Die Sternwarte kann tagsüber nach Voranmeldung beim örtlichen Touristenbüro besichtigt werden, aber nachts möchten die Berufsastronomen verständlicherweise lieber unter sich sein. Wer dennoch den hervorragenden Karoo-Nachthimmel genießen möchte, findet rund um Sutherland diverse Unterkünfte auf Farmen. Für Freunde etwas rustikalerer Unterkünfte kann ich aus eigener Erfahrung die Farm *Ezeljaght* empfehlen, die ca. 15km nördlich von Sutherland in einer von Vulkanismus geformten Umgebung liegt und eine eigentlich für Wanderer gedachte Hütte mit elf Betten, Gaskocher sowie warmer Dusche bietet (Abb. 4b) – mit gelegentlichem Besuch eines freundlichen Schafs. Leider gibt es keinen Stromanschluss; der Farmbesitzer Rudolf Steenkamp ist jedoch gerne behilflich, mitgebrachte Akkus tagsüber mit Wind- oder Solarstrom aufzuladen, so dass auch CCD-Fotografen nicht auf dem Trockenen sitzen. Die Qualität des Nachthimmels lässt an diesem ca. 1500m hoch gelegenen Ort keine Wünsche offen. Im Mittel kann man pro Woche mit vier vollkommen klaren sowie zwei teilwei-

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

se klaren Nächten rechnen. Dort entstand das in Abb. 2 gezeigte Vierfach-Mosaik der Region um  $\rho$  Oph/Antares.

## Koorlandskloof

Komfortabler ist es auf der ca. 50 Straßenkilometer von Sutherland entfernten Gästefarm *Koorlandskloof*, welche auf eine über 200-jährige Geschichte zurückblicken kann. Man hat die Auswahl zwischen mehreren Gästezimmern im Hauptgebäude der Farm (Abb. 4c), wahlweise

### Surftipps

Homepage des Autors: [canopus.physik.uni-potsdam.de/~axm/images/CederbergObs.html](http://canopus.physik.uni-potsdam.de/~axm/images/CederbergObs.html)

Cederberg Observatory: [www.cederbergobs.org.za](http://www.cederbergobs.org.za)

Farm Ezeljaght: [www.silhouettetrail.co.za](http://www.silhouettetrail.co.za)

Gästefarm Koorlandskloof: [koorlandskloof@websurf.co.za](mailto:koorlandskloof@websurf.co.za)

Unterkünfte in der Umgebung von Sutherland: [www.karoohoogland.co.za/Sutherracom.htm](http://www.karoohoogland.co.za/Sutherracom.htm)

Augrabies Falls National Park: [www.sanparks.org/parks/augrabies](http://www.sanparks.org/parks/augrabies)

auch mit Mahlzeiten, und einem ca. 6km entfernten Gästehaus für Selbstversorger. Dort soll auch in naher Zukunft ein farmeigenes Spiegelteleskop installiert werden, welches dann den Gästen zur Verfügung steht. Die Eigentümer Lampies und Aret Lambrecht sind nach Kräften bemüht, alle Wünsche eines Amateurasstronomen hinsichtlich Mahlzeiten zu unüblicher Zeit, Verlängerungskabeln, etc. zu erfüllen. Apropos Stromversorgung: Wenn man mitgebrachte 230V-Geräte benutzen möchte, sollte man sich gleich nach der Ankunft im Supermarkt einen Adapter für deutsche Schuko-Stecker besorgen. In Deutschland sind diese etwas exotischen Adapter kaum erhältlich.

Der Nachthimmel an diesem ca. 1350m hoch gelegenen Ort steht der Qualität des namibischen Himmels in nichts nach (Abb. 2 und 3). Tagsüber kann man ausgedehnte Wanderungen im *Roggeveld* (benannt nach einer hier früher wild wachsenden Roggen-sorte) unternehmen oder sich den Arbeit-salltag einer Schaffarm ansehen. Bei klarem Wetter empfiehlt sich ein Abstecher zum 20km entfernten *Ouberg-Pass*, der eine hervorragende Aussicht auf die tiefer liegende *Tankwa-Karoo* bis hin zu den Cederbergen

bietet. Die Übernachtung kostet (Stand 2006) 90ZAR pro Person; je nach Wahl können Mahlzeiten hinzugebucht werden.

## Augrabies Falls

Eine der herausragenden Attraktionen der nördlichen Kapprovinz sind die 56m hohen Augrabies- (sprich: Auch-rabies) Wasserfälle am Flusslauf des Oranje. Wer mit Campingausrüstung unterwegs ist, kann auch vom dortigen Campingplatz aus Astrofotografie betreiben; die Anlage ist weitläufig genug, um die wenigen vorhanden Lichter zu meiden.

## Fazit

Eine Astroreise auf die Südhalbkugel ist natürlich nicht zu einem Schnäppchenpreis zu haben – wer aber bereit ist, neben den etablierten namibischen Gästefarmen auch Ziele in Südafrika in Betracht zu ziehen, kann so manchen Euro sparen, ohne dabei Abstriche an der Qualität des Nachthimmels machen zu müssen.

## Wie finde ich den Nordamerikanenebel NGC 7000?

In fast jedem Astronomiebuch oder Zeitschriftenjahrgang ist ein Foto des Nordamerikanenebels abgebildet. Ein Versuch, dieses Objekt mit eigenen Augen zu sehen ist aber schwieriger als die Fotos erwarten lassen. Der Grund dafür ist, dass NGC 7000 hauptsächlich im roten Licht leuchtet. Diesen Spektralbereich bilden Filme gut ab, während das Auge für ein schwaches rotes Leuchten nahezu unempfindlich ist.

Der Nordamerikanenebel ist ein typischer Emissionsnebel. Diese Nebel sind durch selbstleuchtendes Gas gekennzeichnet, ähnlich der Füllung einer Energiesparlampe. Die Energie beziehen solche Nebel von heißen Sternen, welche u.a. auch ultraviolette Strahlung aussenden. Diese führt dazu, dass die Gasatome zum Teil ionisiert werden und Elektronen abgeben. Von anderen Atomen werden diese Elektronen wieder eingefangen. Ein solches Elektron befindet sich zunächst meist in einem energiereichen Niveau, von dem aus es sich allmählich zu energieärmeren Zuständen »abregt«. Dabei werden bestimmte für das jeweilige Atom typische Energiemengen in Form elektromagnetischer Strahlung bestimmter Frequenzen frei. Die rote Farbe des Nordamerikanenebels rührt von ionisiertem Wasserstoff her, bei dessen Rekombination und anschließender Abregung schließlich rotes Licht bei der Frequenz von H $\alpha$  frei wird.

Gut vorbereitet ist die Sichtung des Nordamerikanenebels in einem normalen Fernglas (z.B. 10 $\times$ 50) ohne Schwierigkeiten möglich. Voraussetzung ist jedoch ein dunkler Himmel abseits großer Siedlungen. Innerhalb der Städte wird man die geeigneten Bedingungen nicht vorfinden. Der Nordamerikanenebel ist im Spätsommer und im Herbst am Abendhimmel gut zu beobachten. Der Schwan steht im August etwa um 0 Uhr Sommerzeit im Zenit, im Oktober etwa gegen 20 Uhr Sommerzeit. Jedes Streulicht des Himmels stört die Beobachtung. Da es am Horizont sehr stark ist, im Zenit jedoch minimal, ist die Beobachtung am aussichtsreichsten, wenn der Schwan nahe seiner Höchststellung zu finden ist.

Für die zenitnahe Beobachtung mit dem Fernglas empfehle ich, sich entweder in einen Liegestuhl oder auf einer Decke hinzulegen. Zumindest sollte man sich schräg hinstellen, indem man sich anlehnt. Nur so ist eine einigermaßen entspannte Beobachtungshaltung möglich, eine Genickstarre wird vermieden. Die Beobachtung mit dem Feldstecher hat einen entscheidenden Vorteil gegenüber vielen Fernrohren: Der Nordamerikanenebel samt dem ihn umgebenden Sternfeld lässt sich im Gesichtsfeld, das meist 5°–7° Durchmesser aufweist, erfassen.

Ausgangspunkt der Beobachtung ist Deneb, der linke obere Stern des Sommerdreiecks: Der Nordamerikanenebel liegt 3°, also etwa ein halbes Gesichtsfeld, südöstlich dieses Sterns. Von Deneb aus läuft ein Dunkelstreifen der Milchstraße in südöstliche Richtung. Dessen nördliche, Kante ist deutlich schärfer akzentu-



Name	Typ	Sternbild	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	DSRA
NGC 7000	GN	Cyg	20 <sup>h</sup> 59,5 <sup>m</sup>	44° 20,0'	14 <sup>m</sup>	90' $\times$ 176'	15(7)

iert. Der Dunkelstreifen ist auf Fotografien nicht auffällig, sticht aber im Okular hervor. In 2° Entfernung von Deneb befindet sich das Sternpärchen 57 und 56 Cygni, die beide etwa 5<sup>m</sup> hell sind. Der östliche der beiden, 57 Cygni, liegt direkt im Dunkelband. 1° südöstlich dieses Sterns liegt ein Sternmuster, welches an den Orion erinnert. Dessen Sterne sind 7<sup>m</sup>–9<sup>m</sup> hell, die Ausdehnung beträgt 0,5°. Das Muster ist im Fernglas gut identifizierbar und ist der allgemein empfohlene Ausgangspunkt für die Erkundung des Nordamerikanenebels.

Ein halbes Grad östlich neben der Orionfigur befindet sich die kontrastreichste Stelle von NGC 7000, nämlich die Einbuchtung des »Golfes von Mexiko«. Sie sollte leicht zu erkennen sein, ihr Durchmesser beträgt ungefähr 0,5°. Südlich des Golfes ist »Lateinamerika« zu sehen, dies ist ebenfalls eine kontrastreiche Stelle des Nebels. Mit diesen beiden Details kann man versuchen, die nördliche und östliche Begrenzung auszumachen. Diese verlaufen allerdings allmählich, eine Abgrenzung gegenüber der Milchstraße ist schwierig.

Vielleicht gelingt es westlich des Dunkelstreifens, welcher den Golf vom Mexiko enthält, eine Aufhellung des Himmels zu entdecken. Diese lichtschwachen Nebelschwaden gehören zum Pelikanenebel. Mit einem normalen Fernglas sind sie zwar erkennbar, eine genaue Form konnte ich aber nicht ausmachen.

Mit einem Fernrohr lässt sich NGC 7000 von Deneb über 56 und 57 Cygni ebenso aufsuchen, wobei man wegen des kleineren Gesichtsfelds aufpassen muss, nicht von der Route abzukommen. Eine detaillierte Beschreibung des Nordamerikanenebels inklusive Aufsichtkarte findet sich in diesem Heft auf Seite 32.

# Alleskönner für Puristen

## Drei Apochromatische Refraktoren im Vergleich

VON BERND LIEBSCHER UND RONALD STOYAN



BERND LIEBSCHER

Apochromatische Refraktoren sind wahre Alleskönner – visuell reicht ihnen kaum ein anderer Teleskoptyp das Wasser, und auch unter Fotografen zählen sie zu den begehrtesten Instrumenten. Nachdem im ersten Teil des Produktvergleichs die visuelle Leistung der drei Fernrohre von TMB, Takahashi und William Optics betrachtet wurde (vgl. *interstellarum* 52), widmen wir uns nun den astrofotografischen Fähigkeiten.

Die drei Testgeräte – der TMB LW 115/805, das Modell TSA-102 von Takahashi und der William Optics FLT 110 – gehören zu den Apochromaten, die vor allem für die visuelle Beobachtung entworfen wurden. Im Unterschied dazu stehen neue Modelle von Televue (»is«-Reihe), Borg und anderen, die von Haus aus für astrofotografische Anwendungen gedacht sind. Es war daher spannend zu sehen, inwieweit die drei Testteleskope nach den hervorragenden visuellen Leistungen auch in der Fotografie würdigen Punkten können.

### Testarrangement

Für die fotografischen Tests wurden alle drei Teleskope jeweils mit dem empfohlenen Bildfeldebner verwendet. Entsprechend den Vorgaben der Hersteller wurde eine Canon-Digitalkamera EOS 20Da befestigt und jeweils fünfminütige Testaufnahmen nacheinander in einer Nacht

gewonnen, nachdem bereits vorher in mehreren Nächten Erfahrungen gesammelt wurden. Dabei waren die Teleskope mit der mitgelieferten Rohrschelle an einer massiven Selbstbau-Montierung befestigt, die Nachführung erfolgte an einem 150/1200-Apochromat von TMB.

Tagsüber erfolgte eine ausgiebige mechanische Prüfung. Die Verkippung des Okularauszuges bei Anbringung der Kamera (Gewicht 900g) wurde mit einer Messuhr bestimmt. Daneben wurde die Haltekraft des fest angezogenen Okularauszuges mittels einer Federwaage bestimmt. Schließlich wurde die Bewegung des Bildes beim Scharfstellen, das so genannte Fokushifting, mit angebrachter Kamera mit einer Messuhr bei 0,01mm Auflösung gemessen.

Die optische Laborprüfung bei Wolfgang Rohr konzentrierte sich diesmal auf die Oberflächengenauigkeit in 10mm Abstand von der optischen Achse. Dabei wurden auftretende Oberflächenfehler be-

Abb. 1: **Apochromatische Refraktoren im astrofotografischen Härte-test** – hier der Takahashi TSA-102 mit 150mm-Leitrohr auf schwerer Eigenbaumontierung.

### interstellarum-Produktvergleich

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

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

**Mehr über unsere Test-Grundsätze** und bereits erschienene Berichte können Sie auf [www.interstellarum.de](http://www.interstellarum.de) nachlesen.



Abb. 2: Die drei apochromatischen Teleskope (TMB 115/805 LW, Takahashi TSA-102, William Optics FLT 110) schenken sich auch fotografisch kaum etwas.

stimmt und die Größen der Sternabbildungen gemessen. Auch hier wurden die jeweils empfohlenen Bildfeldebner verwendet (vgl. Kasten).

### Adaption

APM Telescopes empfiehlt für den TMB-Refraktor den dreilinsigen Televue-Korrektor für Brennweiten zwischen 800mm und 1000mm. Dieser verringert die Brennweite auf das 0,8fache, was zu einem Öffnungsverhältnis von f/5,6 führt – sehr »schnell« für einen Apochromat dieser Dimension. Der Bildfeldebner lässt sich mit seiner 2"-Steckhülse wie eine Barlowlinse verwenden und besitzt kameraseitig ein T2-Gewinde. Für die Teleskop-Version mit 3,5"-Okularauszug (CNC LW II) gibt es einen von TMB gerechneten Korrektor

## Optische Labortests

Die Tests wurden mit einem Bath-Interferometer in Autokollimation durchgeführt. Dabei wurden die Optiken mit den Korrektoren sowohl auf der optischen Achse, als auch in jeweils 10mm Abstand von der optischen Achse an einem künstlichen Sternfeld untersucht. Die interferometrische Untersuchung fand mit engbandigen Filtern für die Fraunhofer-Linien F (blau, 486nm), e (grün, 546nm), d (gelb, 587nm) und C (rot, 656nm) statt.

Der Strehlwert beschreibt das Verhältnis zwischen gemessener, maximaler Intensität eines Lichtpunktes im zentralen Beugungsscheibchen und theoretisch möglicher.

### TMB LW 115/805

- am besten korrigierte Wellenlänge: gelb
- wahrnehmbarer Bildfehler bei 10mm Achsabstand: Koma
- Strehlwert auf der optischen Achse: 0,97
- Strehlwert 10mm neben der optischen Achse: 0,51

### Takahashi TSA-102

- am besten korrigierte Wellenlänge: grün
- wahrnehmbarer Bildfehler bei 10mm Achsabstand: leichter Astigmatismus
- Strehlwert auf der optischen Achse: 0,97
- Strehlwert 10mm neben der optischen Achse: 0,74

### William Optics FLT 110

- am besten korrigierte Wellenlänge: rot
- wahrnehmbarer Bildfehler bei 10mm Achsabstand: –
- Strehlwert auf der optischen Achse: 0,95
- Strehlwert 10mm neben der optischen Achse: 0,80

### Drei apochromatische Refraktoren

Modell	TMB LW Apo	Takahashi TSA-102	William Optics FLT110
Öffnung	115mm	102mm	110mm
Brennweite	805mm	816mm	770mm
Öffnungsverhältnis	f/7	f/8	f/7
Korrektor	Televue 0,8x 800–1000mm	Takahashi 0,75x TOA/TSA	William FLT
Brennweite mit Korrektor	644mm	612mm	770mm
Öffnungsverhältnis mit Korrektor	f/5,6	f/6	f/7
freie Öffnung Korrektor	45mm	59mm	68mm
Verkipfung Okularauszug	0,2mm	0,1mm	0,2mm
Haltekraft Okularauszug	70N	>100N	>100N
Shifting beim Fokussieren	<1"	10"	5"
zusätzlich benötigtes Zubehör	–	T2-Adapter	–
Preis Teleskop	ca. 3400€	ca. 2300€	ca. 3000€
Preis Korrektor	325€	511€	398€

mit 80mm Öffnung, der die Brennweite des Teleskops nicht verändert. Allerdings kostet diese Variante mit großem Auszug und Korrektor fast 1700 Euro mehr als die hier besprochene.

Für das Takahashi-Teleskop gibt es einen universellen Korrektor für alle Re-

Abb. 3: Die für die Teleskope empfohlenen Korrektoren: Televue 0,8x 800–1000mm (für TMB), Takahashi 0,75x TOA/TSA (für Takahashi – links) und William FLT (für William Optics – rechts). Im mittleren Bild erkennt man die benötigten Zwischenringe und Adapter für den Takahashi-Korrektor.

Die Teleskope wurden zur Verfügung gestellt von APM Telescopes, Rehlingen, Intercon-Spacetec, Augsburg, und William Optics, Taiwan

Abb. 4: **Fünfminütige Testaufnahmen** mit einer Canon EOS 20Da. Markiert sind die Bildausschnitte aus Abb. 5. a) TMB LW Apo, b) Takahashi TSA-102, c) William Optics FLT110.

fraktoren der TSA/TOA-Baureihe mit 59mm freier Öffnung und Schraubanschluss an das 2,7"-Gewinde des Teleskops. Der Verkürzungsfaktor beträgt 0,75, damit wird aus dem f/8-Refraktor ein f/6-Astrograph. Benötigt werden Zwischenringe, die für eine korrekte Platzierung verwendet werden müssen – der Korrektor ist durch sehr aufwändig gefertigte Metalldeckel mit Schraubgewinde geschützt. Kameraseitig besitzt er allerdings nur ein Takahashi-spezifisches-Gewinde; ein T2-Adapter wird zusätzlich benötigt.

Für den FLT 110 von William Optics gibt es einen eigens gefertigten dreilinsigen Bildebner mit enormen 68mm freie Öffnung, der vollkommen ohne Brennweitenverkürzung auskommt. Dieser Korrektor wird direkt an den großen 4"-Auszug des Teleskops geschraubt. Kameraseitig kann zwischen einem T2-Gewinde und einem Anschluss für großformatige CCD-Kameras gewählt werden, die beide im Lieferumfang enthalten sind. Mit diesem Korrektor ist der William-Refraktor das einzige Teleskop im Test, das auch hochempfindliche großformatige CCD-Chips vignettierungsfrei ausleuchtet.

## Fokussierung

Der TMB-Refraktor bietet mit dem Okularauszug von Starlight-Instruments in der 2"-Version mit 1:10-Untersetzung die feinste Fokussiermöglichkeit der drei Testteleskope. Im Gegensatz zu den anderen Teleskopen kommt es beim Scharfstellen nicht zu einem Wandern des Bildes. Allerdings wackelt das gesamte Auszugsrohr leicht – dies ist der Preis für den durch ein zusätzliches einschiebbares Rohr erreichten enormen Fokussierbereich von fast 180mm und das ultrakurze Transportmaß von 570mm. An der Klemmung dieses Rohrs kann der gesamte Okularauszug um 360° gedreht werden, allerdings ist es dabei nicht möglich die Fokussposition zu erhalten – neu scharf stellen ist angesagt.

Der Takahashi-Refraktor besitzt einen herkömmlichen robusten Okularauszug mit Zahntrieb. Dieser ist nicht rotierbar, dagegen gefällt die im Gegensatz zu den anderen Teleskopen ausreichend große und feinfühlig dosierbare Klemmschraube. Die fehlende Untersetzung macht sich auch an der Kamera kaum bemerkbar. Überraschenderweise zeigt der Auszug mit der Belastung durch die fast 1kg schwere Kamera aber ein deutliches Shifting von 10" – kritisch, wenn man mit längeren Brennweiten oder einer Webcam fotografieren will. Als Zubehör sind ein rotierbarer



Die Teleskope in der Praxis

**TMB**

- + harmonisiert sehr gut mit Televue-Feldebner bei f/5,6
- + nicht vorhandenes Fokus-Shifting
- Führung des Okularauszugs ungenau

**Takahashi**

- + exzellente fotografische Korrektur mit Feldebner
- + Klemmung des Okularauszugs vorbildlich
- Fokusshifting beim Scharfstellen

**William Optics**

- + großer Feldebner ausgezeichneter Qualität
- + beste Korrektur im roten Spektralbereich
- Klemmung des Okularauszugs mangelhaft

2,7"-Anschluss für den Auszug (187 Euro) sowie ein Untersetzungs-Nachrüstset (248 Euro) erhältlich.

Der Okularauszug des William-Refraktors kommt konstruktionsbedingt dem Astrofotografen am meisten entgegen, enttäuscht aber in seiner unrunder Gängigkeit. Der Auszug ist ohne Verlust der Fokusslage um 360° drehbar, was ein optimales Anpassen des fotografischen Feldes ermöglicht. Die Untersetzung von 1:10 hilft beim Scharfstellen, die sehr kleine Feststellschraube ist jedoch gerade mit Handschuhen nur sehr schwer zu bedienen. Damit der Auszug auch schweres Gewicht halten kann, muss er bei maximal ausgezogenem Rohr per Inbusschlüssel individuell eingestellt werden.

**Praxis und Ergebnisse**

Das sehr schwere Objektiv des TMB-Refraktors verursacht eine Kopflastigkeit des Teleskoprohrs und benötigt auch für die Fotografie einige Zeit zum Auskühlen. Ist dies jedoch geschehen, zeigt sich, dass der Televue-Korrektor – obwohl nicht auf das Teleskop abgestimmt – gut mit dem Fernrohr harmonisiert. Während im Labor bei 10mm Abstand von der optischen Achse ein deutlicher Komafehler zu verzeichnen ist, zeigt die Testaufnahme im Feld der EOS 20Da nur am Rand gering verformte Sternbilder. Mit Korrektur hat sich der TMB-Refraktor bei einem Öffnungsverhältnis von jetzt f/5,6 vom Planetenspezialisten zur Deep-Sky-Fotokanone gemauert – wahrlich ein vielseitiges Teleskop!

Sehr gut ist auch die fotografische Leistung des Takahashi-Refraktors, der in der Testaufnahme kaum einen wahrnehmbaren Bildfehler in den Ecken des Motivs zeigt. Im Labor konnte bei 10mm Achsenabstand ein leichter Astigmatismus erkannt werden. In der Praxis wurde die Befestigung des Teleskoprohrs mit nur einer Rohrschelle als störend empfunden, da dies zu ungewollten Verstellungen führte.

Der FLT 110 von William Optics zeigte im Labor die beste Abbildung bei 10mm Achsenabstand. Das Teleskop profitiert sehr von dem passend gerechneten großen Korrektur, der seinem Namen alle Ehre macht und den Strehlwert gegenüber der Benutzung ohne ihn auch auf der Achse noch steigert. Die gute Korrektur im roten Spektralbereich wird insbesondere Fotografen freuen, die Ha-Nebellandschaften der Milchstraße ablichten wollen.



Abb. 5: **Ausschnitt der Testaufnahmen** aus Abb. 4 in den Ecken des Bildformats. a) TMB LW Apo, b) Takahashi TSA-102, c) William Optics FLT110.

**Fazit**

Sowohl visuell als auch fotografisch schenken sich diese drei apochromatischen Fernrohre wenig.

Der TMB LW 115/805 bietet die detailreichsten Planetenbilder aller drei Fernrohre und kann mit dem Televue-Korrektor in eine lichtstarke Fotokanone verwandelt werden. Der einschiebbare Okularauszug erlaubt ein extrem kurzes Transportmaß, kann allerdings in der fotografischen Praxis nicht ganz überzeugen.

Der Takahashi TSA-102 zeigt in allen Anwendungsbereichen kaum Schwächen – ein perfektes Fernrohr, das großen Spaß macht, egal ob visuell oder fotografisch. Auch äußerlich begeistert dieses schöne Teleskop.

Der FLT-110-Refraktor von William Optics besitzt Schwächen bei der hoch vergrößernden visuellen Beobachtung, auch die Mechanik kann nicht durchgängig überzeugen. Diese Defizite werden jedoch durch die auf die Fotografie abgestimmten Merkmale und die passgenaue Korrekturlösung ausgeglichen – für Astrofotografen ist dieses Teleskop deshalb der Spitzenreiter unter den vorgestellten Geräten.

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

## Die Großformat-CCDs kommen!

16 Megapixel – das ist die Marke, die neue CCD-Kameras der Hersteller Apogee und Starlight Xpress setzen. Doch nicht nur die Pixelanzahl wächst, sondern auch die Chipgröße und die Quanteneffizienz.

Apogee bietet mit dem Modell U16M einen Chip von stattlichen 38,9mm×38,9mm Größe – bei 4096×4096 Pixeln. Der KAF-16803-Chip besitzt seine maximale Quanteneffizienz von 61% bei 580nm (grünes Licht), dies ist mehr als 20% besser als derzeitige Spitzenkameras bieten. Noch mehr Licht detektiert

der kleinere KAF-09000-Chip der Alta U9000-Kamera von Apogee: Mit 64% Quanteneffizienz und 110000 Elektronen Full-Well-Kapazität ist abzusehen, dass eine neue Kamerageneration den Markt bestimmt. Der Chip der U9000-Kamera ist 36,7mm×36,7mm groß bei 3056×3056 Pixeln. Beide Kameras werden in den USA zu je 10000 Dollar angeboten.

Auch der englische Produzent Starlight Xpress zieht mit einer Großformatkamera nach. Das neue Modell SXVF-H36 besitzt den Kodak-Chip KAI16000M mit 36,7mm×24,3mm und 4904×3280 Pixeln. Zwar liegt die maximale Quanteneffizienz hier nur bei 50%, dennoch übertrifft die Pixelzahl die der vergleichbaren Kamera ST11000M von SBIG (36mm×24,7mm, 4008×2672 Pixel). Starlight Xpress bietet mit der SXVF-H35 auch ein Modell mit 11 Megapixeln an. Die Preise für beide Kameras stehen noch nicht fest.



## Televue: 100° Okulargesichtsfeld

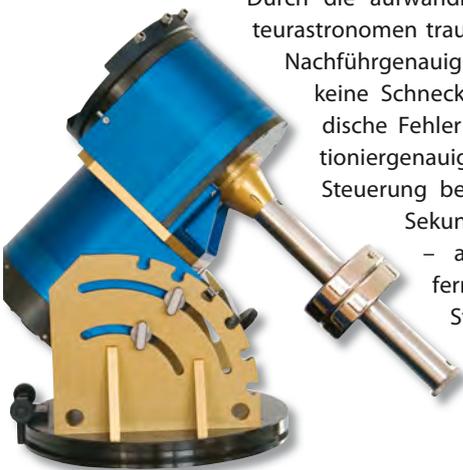
Al Naglers Weitwinkelokulare gelten als die Krönung des Okularbaus. Nun hat ein Mitarbeiter von Herrn Nagler aus dessen Firma Televue noch eins draufgelegt: 100° scheinbares Gesichtsfeld soll das neue »Ethos«-Okular mit 13mm Brennweite haben. 700g wiegt das Monster, das auf der NEAF-Astromesse in den USA vorgestellt wurde. Erst im Herbst wird das Okular frühestens auch im deutschsprachigen Raum erhältlich sein. Der Preis stand deshalb zu Redaktionsschluss noch nicht fest.



## Hightech-Montierung: Astelco NTM-500

Montierungen für astronomische Teleskope gibt es inzwischen in unübersehbarer Zahl – aber einzigartig ist die NTM-500, die die Münchener Firma Astelco auf dem ATT im Mai vorgestellt hat. Der Antrieb wird nicht per Schnecke realisiert, sondern als Direktantrieb: Die Motorenachse selbst ist die Montierungsachse, es ist somit keine Antriebsübersetzung notwendig. Die Direktantriebstechnologie wird vor allem bei professionellen Teleskopen verwendet, in diesem Bereich ist Astelco auch normalerweise tätig.

Durch die aufwändige Mechanik sind für Amateurastronomen traumhafte Werte erreichbar: Die Nachführgenauigkeit beträgt 1", denn es gibt keine Schnecke oder Zahnräder, die periodische Fehler einführen könnten. Die Positioniergenauigkeit der vollcomputerisierten Steuerung beträgt 5", mit bis zu 50° pro Sekunde kann geschwenkt werden – auf Wunsch vollautomatisch ferngesteuert oder mit eigenem Steuerrechner. 70kg Tragkraft gibt der Hersteller an. Dafür muss man etwa 25000€ ausgeben.



## Astrofoto-Nachführer: AstroTrac TT320

Ein vollkommen neuartiges Nachführmodul für die Astrofotografie kommt aus den USA auf den Markt: »AstroTrac« besteht aus einem Hebelarm von 60cm Länge, der wie eine gleich große Antriebsschnecke wirkt und bis zu 10kg Nutzlast nachführt. Der Arm ist aus Aluminium und Stahl gefertigt und besitzt eine Polycarbonat-Abdeckung. Per Knopfdruck lässt sich das Gerät steuern – Nachführzeiten bis zwei Stunden sind möglich. Die Stromzufuhr kann per 12V-Batterie geleistet werden, benötigt werden etwa 0,5A. Das nur 1,3kg schwere und 45cm×7,5cm×4cm messende Modul ist an beliebigen Orten auf der Erde einsetzbar und kann mit Polsuchern verschiedener Hersteller bestückt werden. Ein Fotogewinde-Anschluss ermöglicht die Kombination mit zahlreichen Stativmodellen. AstroTrac kostet ca. 520€.



## Meade »mySky« kontert Celestron »Skyscout«

Der Celestron »Skyscout« erregte im vergangenen Jahr Aufsehen (vgl. interstellarum 49). Doch jetzt kommt Konkurrenz aus dem Hause Meade: Wie der Skyscout auch ist »mySky« ein GPS-gestützter kleiner Himmelscomputer, der in der Hand gehalten werden kann und Himmelsobjekte identifiziert. Während man beim »Skyscout« durch einen Tubus blickt und dann seitlich ablesen kann, welches Himmelsobjekt man gerade anvisiert hatte, hält man »mySky« wie eine Pistole auf das fragliche Gestirn. 30000 Objekte enthält der Computer des Gerätes, das Astrofotos, Hörbeiträge, Videos und Texte zeigen kann. Außerdem sind Touren über den Himmel einprogrammiert. Schließlich kann das Gerät auch an Meade-Teleskope angeschlossen werden, und diese direkt ansteuern. In den USA wird »mysky« für 400 Dollar angeboten.



# Ein Hochleistungs-Helioskop

## Der Unigraph als Protuberanzenteleskop

VON HARALD PALESKE

Protuberanzen sind wohl eines der schönsten und faszinierendsten Beobachtungsobjekte. Vor allem ihre schnellen morphologischen Veränderungen und ihre unendliche Formenvielfalt haben schon viele Beobachter in ihren Bann gezogen. Zur Beobachtung dieser Objekte können unterschiedliche Instrumente eingesetzt werden. Am besten erschließen sich Protuberanzen, wenn koronographische Teleskopsysteme verwendet werden. Eines dieser Teleskopsysteme hat der Verfasser im Jahre 1997 entwickelt. Der »Unigraph« wird seither mit bestem Erfolg in der Verfolgung von Sonnenrandphänomenen eingesetzt.

**K**oronographische Teleskopsysteme zur Beobachtung von Sonnenrandphänomenen haben den Reiz, sehr kontrastreiche und helle Bilder der Protuberanzen zu liefern. Zwei Jahre (1995–1997) intensiver experimenteller Versuche mit vielen verschiedenen optischen Varianten dieser Teleskopsysteme – original Lyot-Koronograph, Protuberanzenfernrohr nach Nögel, Protuberanzenfernrohr nach Otavsky, Lilleansatz, Protuberanzenokular, Protuberanzenfernrohr mit achromatischer Hilfslinse und zwei weiteren von mir ersonnenen Varianten dieser Systeme – führten Ende 1997 zur Entwicklung eines optischen Teleskopsystems zur Beobachtung der Protuberanzen mit hervorragenden Abbildungseigenschaften – dem »Unigraph« (Abb. 1).

### Wirkungsweise und Konstruktion

Der französische Astronom B. Lyot erfand und baute in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts ein Teleskop, welches frei von instrumentellem Streulicht die Korona der Sonne zeigen konnte. Er deckte die hell leuchtende Sonnenscheibe im Teleskop durch eine Kegelblende ab und betrachtete den Sonnenrand bzw. die nähere Umgebung der Sonne – quasi im Gegenlicht. Diese Maßnahme allein jedoch reicht nicht aus, das instrumentelle Teleskopstreulicht vollständig auszublenden. Besonders der Rand des Hauptobjektivs verursacht beugungsbedingtes Streulicht.

Dieser Objektivrand stellt für die ankommenden Lichtwellen ein Hindernis dar, infolge dessen diese gebeugt werden und das charakteristisch streifenartige Streulicht entsteht. In jedem Teleskop wird dieses Streulicht erzeugt. Es kann aller-

dings nur im Gegenlicht beobachtet werden und spielt bei normaler Beobachtung keine Rolle. Lyots geniale Leistung besteht nun darin, dieses Licht durch Einbau einer chromatischen Hilfslinse kurz hinter dem Primärfokus und einer Lochblende zu eli-



Abb. 1: Der Unigraph ist ein neuartiges, für hochauflösende Sonnenfotografie optimiertes Teleskop. Im Bild der 150/1200mm-FH-Unigraph auf schwerer deutscher Montierung und verstärkter Zeiss-Guss säule. Die Höhe des Instruments über Boden beträgt 3,5m, das Gewicht des Tubus 18kg. Man erkennt eine Objektivklappe, welche vom Okularende aus zu bedienen ist. Am Okularende ist ein Binokular zur visuellen Beobachtung angesetzt.

minieren (Abb. 2a). Die Hilfslinse erzeugt ein Bild des Objektivs in einem bestimmten Abstand im sekundären Strahlengang. Dieser Ort ist eine so genannte konjugierte Ebene – alles was man dort macht, kommt einer Manipulation am Objektiv gleich. Genau an dieser Stelle wird nun eine Lochblende – man nennt sie Lyot-Blende – platziert, die einen kleineren Durchmesser hat als das Bild des Objektivs (rund 90%). Damit wird der Objektivrand optisch ausgeblendet, ohne neues Streulicht zu erzeugen. Ein Projektionssystem hinter der Lyot-Blende überträgt den Kegelblenden- und den Sonnenrand streulichtfrei in den sekundären Fokus. Dort wird er mit Hilfe eines Okulars oder einer Kamera und eines zwischen das Projektionssystem geschalteten monochromatischen Filters beobachtet.

### Optimierungen des Lyotschen Prinzips zum Unigraphensystem

Man erkennt bei Betrachtung der Abb. 2a, dass eine zweite Optik im Strahlengang zur Erzeugung einer Abbildung des Objektivs immer notwendig ist – denn irgendein Element muss diese Abbildung generieren. Es ergaben sich bei der Optimierung des klassischen Protuberanzenfernrohres zwei Schwierigkeiten, die zu lösen waren:

- Die Erfahrungen mit den klassisch gebauten Protuberanzenfernrohren zeigte, dass gerade die Hilfslinse durch ihre zwangsläufige Lupenwirkung für eine Verschlechterung der Definition des Teleskops gegenüber der Abbildung im Primärfokus verantwortlich ist.
- Eine Protuberanzenokularvariante nach Richter, bei der die Kegelblende in der Feldblendenebene eines Okulars eingebaut ist und die Lyot-Blende sich auf der Austrittspupillenebene befindet, schied aus, da das Instrument weiter als normales Teleskop – mit Möglichkeiten zum Einsatz von Zusatzgeräten – benutzt werden sollte.

Wie kann also die Leistung der Hilfslinse im koronographischen System erhalten werden – nämlich ein Bild vom Objektiv zu erzeugen – ohne eine Hilfslinse in Anspruch zu nehmen und dabei die volle Funktionalität eines Teleskops nicht aufzugeben? Man verzichtet auf die Hilfslinse und übergibt ihre Aufgabe dem Projektionsobjektiv.

Dieses Projektionsobjektiv, welches sich im klassischen System hinter der Hilfslin-

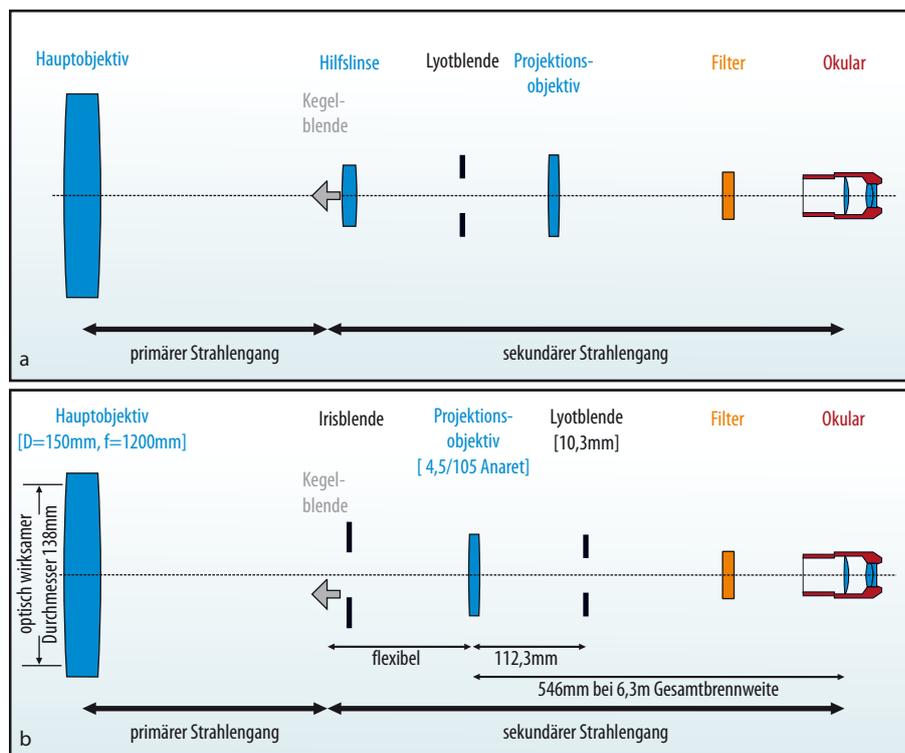


Abb. 2: **Prinzip des Lyot-Koronographen** nach Nögel (a) und Paleske (Unigraph, b). Mögliche Brennweiten des Gesamtsystems können zwischen  $5,5\text{m}$  und  $10\text{m}$  liegen.



Abb. 3: **Der Alugittertubus** mit verschraubten und verschweißten Dreiecksverstrebenungen. Wenn die  $10\text{mm} \times 10\text{mm}$  Profile an den entsprechenden Stellen ausgesägt und im  $90^\circ$ -Winkel einmal gebogen werden, genügt eine M6-Gewindeschraube zur Befestigung mit den  $20\text{mm} \times 20\text{mm}$  Alubasisprofilen.

se befindet, ist ebenfalls in der Lage, ein Bild des Objektivs an einer bestimmten Stelle im Strahlengang zu erzeugen und dabei gleichzeitig auch den Primärfokus in den Sekundärfokus zu übertragen. Dort können dann, wie im normalen Teleskop, alle optischen Geräte wie Okular, Binokular, Kamera, Sonnenprisma usw. eingesetzt werden (Abb. 2b).

Mit dem Verzicht auf eine separate chromatische Hilfslinse entstehen gegenüber dem klassischen Lyot-System mehrere Vorteile.

- In der Nähe des Primärfokus befindet sich keine Optik, denn bei einem Projektionsobjektiv mit einer Brennweite von  $105\text{mm}$  ist die Entfernung zum heißen Primärfokus

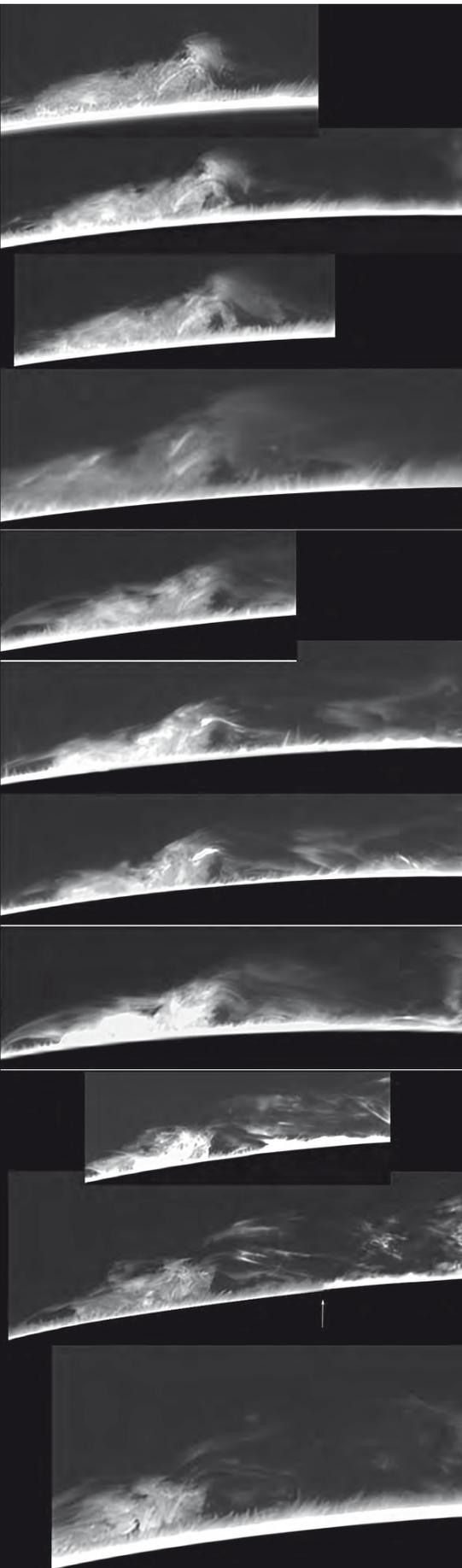


Abb. 5: **Eruptive Protuberanzen** können innerhalb weniger Minuten deutliche Bewegungen aufweisen. Einstündige Protuberanzenabfolge vom 6.5.2006.



Abb. 4: **Der selbstgebaute Kreuzschlitten** für die Kegelblende besteht aus Feldstechertrieben und Pertinaxplatten. Er ist an M4-Gewindestangen flexibel aufgehängt und kann so in die richtige Position gebracht werden. Die Kegelblende ist immer exzentrisch angeordnet und wird durch den Rand der Irisblende gehalten.

- rund 130mm (je nach gewünschtem Abbildungsmaßstab). Eine klassische Hilfslinse dagegen hätte einen Abstand von nur 10mm bis 20mm.
- Das Projektionsobjektiv kann jetzt die ursprüngliche Primärfokusqualität des Objektivs in den sekundären Fokus übertragen, denn die Lupenwirkung der Hilfslinse (Vergrößerung des Primärfokusbildes) entfällt.
- Die Kegelblende kann vollkommen frei bewegt werden. Somit hat der Beobachter die Möglichkeit, diese punktgenau an die richtige Stelle im Gesichtsfeld und in die exakte Primärfokusebene während der Beobachtung zu platzieren.
- Es fällt jetzt leicht eine Irisblende am Ort des Primärfokus anzubringen, welche das Gesichtsfeld nach Bedarf einschränken kann. Damit wird nur das Detail der Sonnenscheibe in den sekundären Strahlengang durchgelassen, welches zur Abbildung benötigt wird. Gleichzeitig wird die Wärmebelastung des sekundären Systems verringert – der sekundäre Fokus ist somit auch ohne Objektiv-Infrarotsperfilter kalt!

### Die Position der Lyot-Blende

Im klassischen Protuberanzenfernrohr sitzt die Lyot-Blende immer vor dem Projektionsobjektiv und schaltet damit das schädliche beugungsbedingte Streulicht

schon vor dem Auftreffen auf dieses aus. Im Unigraph sitzt sie zwischen dem Projektionsobjektiv und dem sekundären Fokus. Somit wird das Projektionsobjektiv des Unigraphensystems, im Gegensatz zur klassischen Variante, mit dem beugungsbedingten Streulicht konfrontiert. Die Tests mit den verschiedenen Vorläufervarianten des Unigraphen zeigten deutlich, dass der Ort der Streulichtausschaltung im Strahlengang durch die Lyot-Blende bei der Protuberanzenbeobachtung keine Rolle spielt. Es war deshalb auch nicht überraschend, dass das »First Light« im neuen System sehr kontrastreiche Bilder lieferte. Aber nicht nur der Kontrast war zufrieden stellend, sondern vor allem die Schärfe des Bildes und seine enorme Vergrößerungsfähigkeit waren auffällig. Eine Unmenge an klar definierten Spikulen, welche sich leicht im Binokular bis 400× vergrößern ließen, zierten den Sonnenrand. Keine meiner alten Varianten der Protuberanzenfernrohre konnte da mithalten. Der neue Unigraph überzeugte in der Protuberanzenbeobachtung in allen Punkten.

### Tubuskonstruktion

Für ein spezielles Sonneninstrument ist ein offener Gittertubus von Vorteil. Als Vorbilder für den 150/1200mm-FH-Unigraph dienten die drei großen 500mm- bzw. 520mm-Profikoronographen in

## Berechnung von Abständen in optischen Systemen

Die Berechnung der Abstände im 6"-FH-Unigraph erfolgt mit Hilfe der zwei elementaren optischen Gleichungen:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad \text{und} \quad \frac{G}{B} = \frac{g}{b} \quad \text{mit}$$

f: Brennweite, g: Gegenstandsweite, b: Bildweite  
G: Größe des Gegenstandes, B: Größe des Bildes

Berechnete Abstände beziehen sich auf die Hauptebenen der Optik. Da diese bei einem mehrlinsigen optischen System von außen beim Einbau nicht zu erkennen sind, muss immer ein gewisser Spielraum für die Platzierung der Optiken eingeplant werden, um nachjustieren zu können.

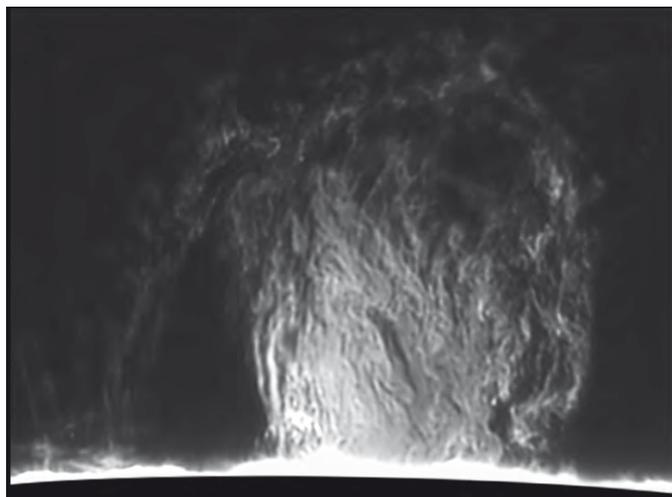


Abb. 6: Eine ruhige, dafür sehr detailreiche Protuberanz am 21.7.2006.

Breslau, Debrecen und Abastumani und die beiden Tuben der selbstgebauten Vorläuferteleskope – das 100/1000mm-Protuberanzenfernrohr und der 127mm-AK-Unigraph. Als Material kamen leicht zu bearbeitende Aluminiumrechteckprofile aus dem Baustoffhandel zum Einsatz. Sicher wäre Stahl oder CFK auf Grund der geringeren Wärmeausdehnung und Stabilität besser geeignet. Die Erfahrung zeigte jedoch, dass die geringe aber deutliche Fokusverschiebung während der Beobachtung durch nachträgliches Fokussieren leicht kompensiert werden kann.

Die Aluprofile mit Maßen von 20mm×20mm und 10mm×10mm wurden miteinander verschraubt, so dass ein Dreiecksverband entstand (Abb. 3). Zur Sicherheit wurde der Tubus bei einem heimischen Metallbaubetrieb noch verschweißt.

Es muss möglich sein an alle wesentlichen Stellen, d.h. Primärfokus, Lyot-Blendenebene, Projektionsobjektivebene und Sekundärfokus während der Beobachtung heranzukommen. Die optischen Elemente sind flexibel aufzuhängen, um sie an die richtig berechneten Stellen zu bringen. Dies kann am leichtesten mit Hilfe von Gewindestangen realisiert werden, an denen die Optiken und Blenden beliebig hin und her geschoben werden können.

Die Aufhängung der Kegelblende im Primärfokus muss sich in drei Achsen verschieben und zusätzlich radial drehen lassen. Dies wurde mit einem selbst gebauten x-y-Kreuzschlitten und einer rotierbaren Irisblendenhalterung gelöst. Die z-Achse wird korrigiert, indem der Kreuzschlitten leicht gekippt wird (Abb. 4). Die Hitze im Primärfokus sollte möglichst dort bleiben, um Tubusseeing im primären und sekun-

dären Strahlengang zu minimieren. Am besten geht dies, wenn man geschlossene Rohrsysteme (wie M42- oder T2-Ringe) vermeidet und alles vollkommen offen baut.

Die Strecke zwischen dem Projektionsobjektiv und dem Okular kann je nach gewünschter Gesamtbrennweite sehr lang werden. Dieser Nachteil lässt sich leicht durch eine Strahlenumlenkung mit Hilfe von zwei guten Prismen oder Spiegeln beseitigen, welche man nach der Lyot-Blende anordnet. An diesen Stellen kann dann auch wieder mit herkömmlichen Zwischenringen gearbeitet werden. Durch die Zurückführung des Strahlengangs in Richtung Objektiv besteht die Möglichkeit, den Okularauszug mechanisch zu entlasten, indem dieser an einer geeigneten Stelle am Rohrtubus befestigt wird. Ist die Mechanik des Teleskops stabil genug, sollte jedoch immer auf zusätzliche Optiken verzichten werden.

### Geeignete Objektive

Für den hier vorgestellten 150/1200mm-FH-Unigraph wurde eine Fraunhofer-Optik eingesetzt. Das Objektiv ist nachträglich durch Veränderung des Luftabstandes der beiden Linsen optimiert und unter mehreren Objektiven gleichen Typs herausgesucht worden. Der Farbfehler ist bei einem reinen monochromatischen Sonneninstrument uninteressant. Aus diesem Grund würden sich auch einfache Achromate eignen. Viel wichtiger als die Beseitigung des Farbfehlers ist eine möglichst gute Korrektur in Bezug auf sphärische Aberration, Koma und Astigmatismus. Nur dann lassen sich hohe Vergrößerungen erreichen. Hier sind sicher han-

delsübliche Achromate gegenüber Billig-China-Optiken im Vorteil, wenn die optischen Elemente des Achromaten nicht zu weit auseinander liegen – Hitzeeinwirkung im primären Strahlengang beachten! Der Durchmesser der Hauptoptik sollte 100mm nicht unterschreiten, denn die effektive Öffnung des fertigen Instruments wird, bedingt durch die Wirkung der Lyot-Blende, etwa 90mm betragen. Visuell würde ein perfektes Instrument bei einer Wellenlänge von 656,3nm nur etwa 2" auflösen und bei etwa 400facher Vergrößerung doch schon relativ dunkle Bilder liefern.

Als Projektionsoptik wurde ein 105mm f/4,5-Anaret von Meopta eingesetzt. Es ist ein vierlinsiges Objektiv, welches in Vergrößerungsgeräten verwendet wird und dementsprechend für den Nahbereich korrigiert ist. Natürlich können auch Sechslinser o.ä. eingesetzt werden. Drei- oder vierlinsige Tessare zur Diaprojektion sind ebenso geeignet, denn es kommt nicht nur auf die perfekte Abbildung des Kegels an, sondern es gilt auch den Strahlengang des Hauptobjektivs aufzunehmen und in den sekundären Fokus zu übertragen. Dieser Strahlengang ist durch das Öffnungsverhältnis des Hauptobjektivs bestimmt. Entscheidend hierbei ist, dass das Projektionsobjektiv eine Eintrittspupille hat, welche etwas größer ist als der sich hinter dem Primärfokus wieder aufweitende Strahlenkegel des Objektivs bei kleinster Gesamtbrennweite – denn da ist der Abstand des Projektionsobjektivs zum Primärfokus am größten. Zur Bestimmung hilft eine 1:1-Strahlengangzeichnung oder eine relativ einfache Berechnung des Strahlenkegels mittels Strahlensatz aus der Mathematik.

Abb. 7: **Beeindruckend ist die Auflösung des Randes der Chromosphäre.** Ein Blick in ein Spikulenfeld vom 2.7.2006.

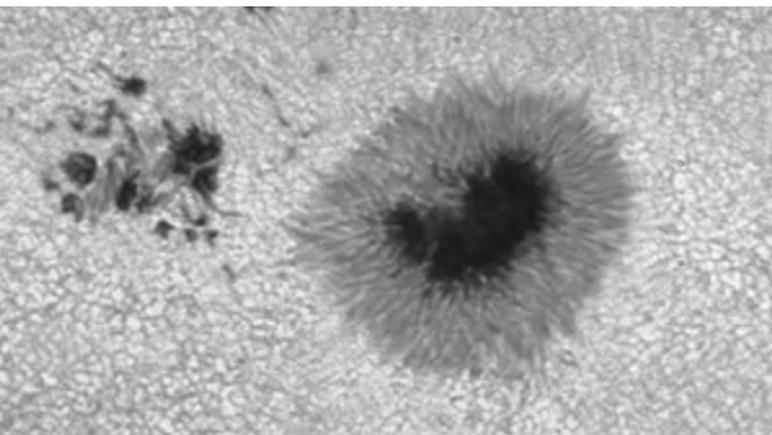
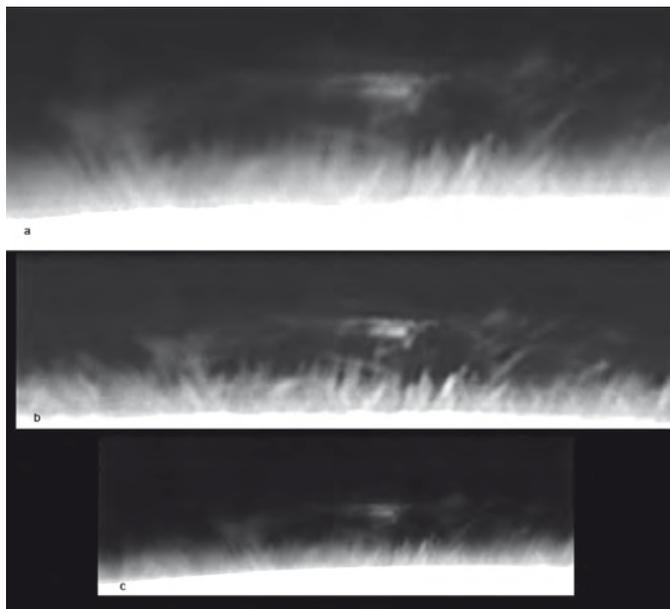


Abb. 8: **Auch die Weißlichtsonne** lässt sich mit dem Unigraphen kontrastreich fotografieren. Im Bild ein Sonnenfleck vom 2.4.2006.



### Geeignete Ha-Filter

Heutzutage bieten sich Ha-Filter mit 0,1nm bis 0,5nm (1 bis 5Å). Halbwertsbreite an, weil diese gegenüber atmosphärischem Streulicht robuster sind. Den Nachteil relativ geringer Transmissionen engerer Filter kann heute die CCD-Technik gut ausgleichen. Für die rein visuelle Protuberanzenbeobachtung sollte man keine Engbandfilter unter 0,1nm einsetzen, da die Ha-Linie selber schon 0,1nm breit ist. Man verschenkt dadurch unnötig Licht, was sich auf die Brillanz des Bildes auswirkt. Diese Eindrücke konnten in vielen Vergleichsbeobachtungen auf Teleskoptreffen mit Daystar- oder Coronadosystemen bzw. mit professionellen Polarisationsmonochromatoren von Halle am Sonnenobservatorium Kanzelhöhe in Österreich gewonnen werden.

Beachten sollte man beim Einbau des Metallinterferenzfilters in den Strahlengang, dass dieser eine Möglichkeit zum Neigen und radialen Verdrehen besitzt. Das Neigen ist wichtig, um die Ha-Linie optimal einzustellen. Das radiale Verdrehen dient dazu, Reflexe aus dem Bildfeld zu drehen. Besonders bei der Spikulenbeobachtung am Sonnenrand mit sehr hohen Vergrößerungen ist dies bedeutsam.

Die meisten Metallinterferenzfilter sind nur dann optimal auf die Ha-Linie getrimmt, wenn sie eine bestimmte Temperatur (rund 23°C) besitzen. Aus diesem Grunde ist eine Möglichkeit zur Wärmeregulierung besonders an kalten Tagen vorzusehen. Dies kann ein einfacher Föhn leisten oder aber auch eine Heizschlange, die man um die Fassung des Filters wickeln kann.

Neben den Ha-Metallinterferenzfiltern lassen sich natürlich auch die heute üblichen Engbandfiltersysteme, wie sie im PST oder ähnlichen Produkten angewendet werden, einsetzen. Beachtet man ein kleines Öffnungsverhältnis von maximal 1:30 kann auf telezentrische Optik im Strahlengang verzichtet werden.

### Fotografische Aufnahmetechnik

Der Unigraph ist entwickelt worden, um möglichst formatfüllend fotografieren zu können. Das bedeutet für die Fotografie, dass relativ hohe Brennweiten eingesetzt werden müssen. Am hier vorgestellten 6"-Gerät ist es möglich und sinnvoll zwischen 5,5m und 10m Brennweite mit einer Firewire-CCD-Kamera DMK F04 zu arbeiten.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Scharfeinstellung zu widmen. Kein Streulicht sollte den Monitor treffen, so dass man ihn besser unter einem dunklen Tuch verborgen begutachtet. Eventuell sollte der Abbildungsmaßstab des Monitors auf 150% erhöht werden, um mehr Sicherheit bei der SchärfEinstellung zu bekommen. Die Grundregel dabei lautet: immer zuerst auf die Sonne scharf stellen und dann erst die Kegelblende in den Primärfokus bringen.

Am günstigsten lässt sich der Sekundärfokus einstellen, wenn mit dem Projektionsobjektiv fokussiert wird. Dabei wird dieses nach Bedarf mal mehr oder weniger an den Primärfokus herangefahren. Schon eine leichte Verstellung des Abstandes zwischen Kegel und Projektionsobjektiv führt zu einer großen Fokusdifferenz im Sekundärfokus. Ein feingängiger Okularauszug ist da im Vorteil. Da das Projektionsobjektiv

auch gleichzeitig Hilfslinse ist – und damit neben der Kegelrandabbildung auch die Aufgabe der Objektivabbildung besitzt – sollte das Projektionsobjektiv mit der Lyot-Blende eine feste mechanische Einheit bilden. Verschiebt sich das Projektionsobjektiv, verschiebt sich auch die Lyot-Blende! Beachtet man konstruktiv diesen Sachverhalt nicht, kommt es zu einer unscharfen Abbildung des Hauptobjektives auf der Lyot-Blende. Damit kann die Streulichtausschaltung nicht richtig wirken und der Himmelshintergrund wird aufgehellt. Das Bild der Spikulen und Protuberanzen verliert an Kontrast.

Unbedingt notwendig ist die ständige Kontrolle aller Aufnahmeparameter wie Schärfe des Sonnenbildes, Schärfe und Position der Kegelblende, Einstellung des Ha-Filters (Neigung, Drehung, Temperatur) während der Aufnahme. Man benötigt deshalb etwa 15 bis 20 Minuten, ehe eine erste, gute Aufnahme im Kasten ist.

Eine Neigung der CCD-Kamera gegenüber der optischen Achse wird gegebenenfalls notwendig, um eventuell dunkle Streifen auf dem Bild zu vermeiden. Am einfachsten geht dies, wenn die CCD-Kamera nur lose geklemmt wird. So hat sie ein wenig Spiel und man kann sie leicht verkippen. Bildunscharfen durch das Neigen meines ¼-Zoll-Chips konnte bisher noch nicht festgestellt werden, da die Schärfentiefe auf Grund des sehr kleinen Öffnungsverhältnisses des Gesamtsystems hoch und der Bildwinkel klein ist.

Die Dauer der Belichtung richtet sich nach den vorherrschenden Luftbedingungen. Bei gutem Seeing und ruhiger Protuberanz sind 18s (540 Bilder) durchaus angebracht.

## Ergebnisse

Seit August 2005 haben sich mindestens 800 Gigabyte Daten angesammelt. Stellvertretend möchte ich hier einige exemplarische Aufnahmen vorstellen, welche mit dem 6"-Unigraph gewonnen worden sind. Es sind durchschnittliche Bilder, die jedoch gut die Leistungsfähigkeit widerspiegeln.

## Spikulen

Aufnahmen der Spikulen sind die Königsdisziplin, da bei diesen Aufnahmen mit maximaler Brennweite gearbeitet werden muss, um formatfüllende Motive zu erhalten. Hierbei ist große Sorgfalt insbesondere bei der Scharfstellung der Spikulen und des Kegelblendenrandes sowie der exakten Einstellung des H $\alpha$ -Filters notwendig. Die äußeren Bedingungen müssen ausgezeichnet sein, d.h. geringe Luftunruhe und gute Transparenz der Atmosphäre.

Es ist mitunter schwierig eindrucksvolle Spikulen herauszusuchen und zu fotografieren, da diese sich relativ schnell verändern. So kann es vorkommen, dass man zu viel Zeit für die optimale Parametereinstellung des Teleskops verbraucht, so dass das ausgesuchte Objekt schon wieder verblasst und in die Chromosphäre zurückgefallen ist.

Der Kontrast des Bildes sollte immer so eingestellt sein, dass am Monitor die zartesten Ausläufer der Spikule noch zu erkennen sind. Die Belichtungszeit liegt bei einer Brennweite von 8m bis 10m um die 1/500 bis 1/125s. Es ist jedoch schwierig alle Bereiche richtig zu belichten: Entweder sind die hellsten oder schwächsten Teile optimal belichtet. Hier helfen nur Komposite von zwei unterschiedlich belichteten Sequenzen, die sehr kurz hinter-

einander aufgenommen werden. Es lässt sich begrenzt auch die Gammafunktion einer CCD-Kamera einsetzen, um eine gleichmäßig verteilte Helligkeit zu bekommen. Leider kommen dann häufig im Endbild stufenartig Grautonabstufungen vor, die sehr schwer im Bildbearbeitungsprogramm zu korrigieren sind.

## Ruhende Protuberanz

Protuberanzen verändern sich immer, so dass der Begriff »ruhige Protuberanz« in die Irre führen kann. Diese Objekte eignen sich jedoch gut, um die vielen Handgriffe am Teleskop zu trainieren. Man hat Zeit sämtliche Parameter optimal einzustellen, weil sich die Protuberanz nur langsam verändert. Genügend Aufmerksamkeit sollte man auf die Schärfe und richtige Belichtungszeit legen. Man darf nicht zu lang belichten, da sonst die hellen Stellen ausbrennen und die Luftunruhe das Objekt verschmiert, aber auch nicht zu kurz, da sonst die Brillanz des Bildes fehlt. Bei rund 7m Brennweite liegen die Belichtungszeiten für normal helle Objekte bei 1/60s bis 1/250s.

## Eruptive Protuberanzen

Eruptive Protuberanzen üben den größten Reiz auf den Betrachter aus. Leider sind die Bewegungen innerhalb eines solchen Objekts so schnell, dass bei einer Filmsequenz von 15s die gestackten Bilder unscharf erscheinen. Abmildern kann man diesen Effekt nur, wenn eine schnelle Kamera mit 30–60 Bildern/Sekunde oder mehr eingesetzt wird und damit nur sehr kurze Sequenzen aufgenommen werden. Auf die Möglichkeit des »Stackens«, also der Überlagerung von Einzelbildern, möchte ich nicht mehr verzichten, so dass ein Einzelbild mit einer digitalen Spiegelreflexkamera ausscheidet. Die Belich-

tungszeiten liegen selbst bei Brennweiten von 8m bis 10m für die hellsten Stellen nur bei 1/500 bis 1/1000s.

## Fazit

Der Unigraph hat sich in der Protuberanzenbeobachtung als ein Instrument allererster Güte erwiesen. Höchste Vergrößerungen werden leicht vertragen und sind sinnvoll. Vor allem die binokulare Betrachtungsweise oder die Beobachtung über den Computermonitor erlauben ein tiefes Eindringen in die interessante Welt der Spikulen und Protuberanzen. Der Unigraph ist ein Hochleistungsfernrohr, welches einen gewissen technischen und beobachterischen Aufwand erfordert. Die Ergebnisse in der Protuberanzenbeobachtung rechtfertigen jedoch auf jeden Fall die Investition in Zeit und Material.

In diesem Artikel ging es vor allem um die Wirkungsweise des Unigraphensystems und deren Anwendung in der Protuberanzenbeobachtung. Genauso gut lassen sich allerdings auch Sonnenflecken im Weißlicht oder der Mond (ohne Filter und Kegelblende) beobachten. Die Ergebnisse hier sind gegenüber normalen Teleskopsystemen gleichwertig.

Das optische System wurde zum Patent angemeldet und ist unter der Veröffentlichungsschrift Nr. DE 199 16 000 A 1 des deutschen Patent- und Markenamtes München einzusehen.

## Surftipps

Homepage des Autors:  
[www.unigraph.de](http://www.unigraph.de)



◀ Abb. 1: **Webcam oder CCD-Kamera?** Die Modelle SKYnyx 2-0 (links) und SKYnyx 2-2 (rechts).

# Webcam oder CCD-Kamera?

## Die Astrokameras SKYnyx 2-0 und 2-2

VON ULLRICH DITTLER

Unter dem Produktnamen SKYnyx vertreibt die in München ansässige Firma Framos seit Herbst 2006 eine Serie neuer Astrokameras auf dem deutschen Markt. Der Autor konnte die beiden Modelle SKYnyx 2-0C und 2-2C testen und deren Leistungsfähigkeit und Einsatzbereich mit anderen Astrokameras vergleichen.

**D**er Markt der CCD-Kameras ist in Bewegung: In immer kürzeren Abständen kommen neue Chips auf den Markt, die eine höhere Auflösung, kleinere Pixel und ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis versprechen. Getrieben wird diese Entwicklung derzeit vor allem durch die große Nachfrage bei digitalen Fotoapparaten und den zunehmend auch in Handys, PDAs und anderen mobilen Endgeräten eingebauten kleinen Kameras. Regelmäßig sind unter den neu entwickelten CCD- und CMOS-Chips auch Produkte, die sich besonders gut für die Astrofotografie eignen. Zu dieser Gruppe zählen auch die in der neuen SKYnyx-Serie verbauten Detektoren.

### Die SKYnyx-Serie

Die Kameras der SKYnyx-Serie sind Weiterentwicklungen der seit einiger Zeit

erfolgreich in der Astrofotografie eingesetzten Kameras des kanadischen Herstellers Lumenera. In der Weiterentwicklung der Modell-Palette wurden die neuen SKYnyx-Kameras mit einem USB 2.0-An-



Abb. 2: **Die Anschlüsse der SKYnyx-Kameras an der Gehäusesseite:** Hier finden sich eine USB 2.0-Buchse und Netzanschluss

schluss versehen, über den die Kameras auch mit Strom versorgt werden, so dass im fotografischen Betrieb nur ein Kabel zur Kamera führt; der Anschluss eines externen Netzgerätes ist dennoch möglich. Mit der Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses und der Erhöhung der Bildrate wurden weitere Ziele der Entwicklung erreicht, die in drei verschiedenen Kameramodellen gipfelten (die jeweils in einer Monochrom- und einer Color-Ausführung verfügbar sind).

### SKYnyx 2-0

Die SKYnyx 2-0 ist eine Weiterentwicklung der Lumenera Lu75 und spielt mit ihrer VGA-Auflösung von 640×480 Bildpunkten (ca. 0,3 Megapixel) in der Klasse der Webcams. Bei gleicher Auflösung unterscheidet sie sich von diesen aber deutlich durch die zur Verfügung stehende Bildrate: Bis zu 60(!) Bilder werden pro Sekunde aufgenommen.

In der Kamera findet der CCD-Chip Typ 1/3 von Sony (ICX424) Verwendung, der – bei einer Pixelgröße von 7,4µm×7,4µm – eine Datentiefe von wahlweise 8bit oder 12bit an den angeschlossenen Computer liefert. Das Signal-Rausch-Verhältnis dieser Kamera liegt nach Herstellerangaben bei über 60dB. Detaillierte Datenblätter von Sony zu allen in den SKYnyx-Kameras verwendeten Chips können auf der Homepage des Autors (s. Surftipp) abgerufen werden.

### SKYnyx 2-2

Die SKYnyx 2-2 basiert im Gegensatz zur 2-0 auf der Infinity-Serie von Lumenera und findet im gleichen Gehäuse Platz wie ihre kleine Schwester. Der verwendete Chip ist jedoch ein anderer: Der CCD-Chip Typ 1/1,8 von Sony (ICX274) erzielt eine Auflösung von 1616×1216 Bildpunkten (knapp 2,0 Megapixel) bei einer Pixelgröße von nur 4,4µm×4,4µm. Auch dieser Chip liefert wahlweise 8bit oder 12bit Datentiefe und kann bis zu 12 Bilder/Sekunde aufnehmen. Mit der entsprechenden Software (s.u.) können auch nur zentrale Bereiche des Chips ausgelesen werden (1600×1200, 1200×1200, 1200×900, 800×600, 640×480, 320×240, 160×120), was die Auslese- und Datenübertragungsdauer verkürzt. Darüber hinaus können bei der SKYnyx 2-2 jeweils Bildpunkte zusammengefasst werden, so dass über

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

dieses 2×2-, 3×3- oder 4×4-Binning die Empfindlichkeit der Kamera weiter erhöht werden kann.

### SKYnyx 2-1:

Neben den beiden genannten Modellen, die uns in der Color-Ausführung für einen Test zur Verfügung standen, ist mit der SKYnyx 2-1 ein weiteres Modell mit einer Auflösung von ca. 1,4 Megapixel (bei einer Pixelgröße von 4,65µm×4,65µm) verfügbar. Der Sony-Chip (ICX205) dieser Kamera liefert bis zu 15 Bilder/Sekunde.

Die Kameras sind neben dem USB-Anschluss und dem Anschluss für das optionale Netzteil mit einem T-Mount-Gewinde ausgestattet und können so entweder direkt mit dem Teleskop verschraubt oder mittels eines 1,25"- oder 2"-Adapters in den Okularauszug gesteckt werden. Beide Kameras machen in ihrem eloxierten Aluminiumgehäuse einen sehr hochwertigen Eindruck und belasten mit einem Gewicht von rund 300g den Okularauszug nur wenig.

### Die Software

Framos oder Lumenera selbst entwickeln keine Software, um die Kameras zu betreiben. Ausgeliefert werden die SKYnyx-Kameras mit einer 30-Tage-Testversion des von Heiko Wilkens entwickelten Programms »LUCAM Recorder«. Da bei der Markteinführung der ersten Lumenera-Kameras nur eingeschränkt Software zum Auslesen der Kameradaten zur Verfügung stand, hat Heiko Wilkens selbst mit der Softwareentwicklung begonnen, zunächst nur um seine eigenen Kameras vernünftig einsetzen zu können. Aus diesem Selbsthilfeprojekt ist zwischenzeitlich die Software Lucam Recorder entstanden. Das Besondere an Lucam Recorder ist, dass durch die Benutzung des Lumenera-API alle speziellen Möglichkeiten der Kameras genutzt werden können und so

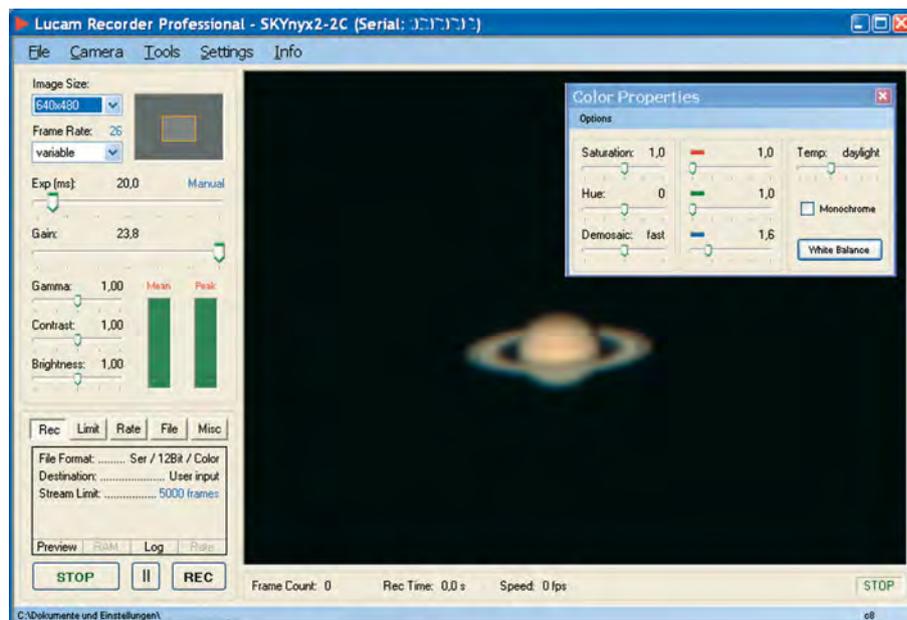


Abb. 3: Die Bedienungsfläche der mitgelieferten Software »Lucam Recorder« während einer Aufnahme. Dieses extra für die Kameras geschriebene Programm bietet eine komfortable Benutzeroberfläche.



Abb. 4: **Saturn**, aufgenommen mit der SKYnyx 2-2, 8"-SCT, 200 Bilder von 5000 ausgewählt.



Abb. 5: **Venus**, aufgenommen mit der SKYnyx 2-2, 8"-SCT, 200 Bilder von 5000 ausgewählt.

eine für die Astrofotografie angenehme Software entstanden ist.

Der Erfolg der ausgereiften Software zeigt sich nicht nur darin, dass sie unter anderem auch von NASA, Ruhr-Universität Bochum, Technical University of Denmark und McCarthy Observatory Connecticut verwendet wird. Heiko Wilkes hat in Lucam Recorder ein proprietäres 16bit Videoformat implementiert (SER-Format), das inzwischen auch komfortabel mit Re-

gistax 4 weiter verarbeitet werden kann. Aus der Kombination von SKYnyx-Kameras, Lucam Recorder zur Aufnahme und Registax zur Bildauswertung und -verarbeitung ergibt sich damit ein sehr leistungsfähiges Paket.

Im kostenlosen »Casual Mode« speichert der Lucam Recorder Bilddateien im JPG-Format. Der kostenpflichtige Professional Mode (75€ für bis zu 2 Kameras) kann Dateien in verschiedenen Formaten

Technische Daten der Kameras			
	SKYnyx 2-0	SKYnyx 2-1	SKYnyx 2-2
Chip	Sony ICX424 mit effektiv 659×494 Pixel	Sony ICX205 mit effektiv 1392×1040 Pixel	Sony ICX274 mit effektiv 1628×1236 Pixel
Pixelgröße	7,4µm×7,4µm	4,65µm×4,65µm	4,4µm×4,4µm
Chipgröße	5,79mm×4,89mm (CCD-Chip Typ 1/3)	7,6mm×6,2mm (CCD-Chip Typ ½)	8,5mm×6,8mm (CCD-Chip Typ 1/1,8)
Kühlung	ungekühlt	ungekühlt	ungekühlt
Datenformat	16bit	16bit	16bit
Abmessungen	100mm×65mm×45mm	100mm×65mm×45mm	100mm×65mm×45mm
Gewicht	ca. 300g	ca. 300g	ca. 300g
Preis	789€	1490€	1835€



Abb. 6: **Mare Crisium und Mare Fecunditatis** mit der Luna 16-Landestelle und Krater Langrenus, aufgenommen mit der SKYnyx 2-0, 8"-SCT, 400 Bilder aus 5000 ausgewählt.



Abb. 7: **Wallebene Maurolycus**, aufgenommen mit der SKYnyx 2-0, 8"-SCT, 400 Bilder aus 5000 ausgewählt.

speichern (RAW, SER, TIF, FIT, BMP, PNG, JPG) und unterstützt 16bit Dateien. Alle weiteren Funktionen wie Filterrad, Histogramm, Focus Estimator etc. sind in beiden Versionen identisch.

Neben Lucam Recorder unterstützen nach Herstellerangaben inzwischen auch folgende Programme die SKYnyx-Kameras: AMCap (von Noël Danjou), AstroArt (Fa. MSB Software), K3CCD Tools (Fa. K3), Maxim DL (Fa. Cyanogen), StreamPix (Fa. NorPix) sowie Windows Movie Maker (Fa. Microsoft).

## Praxiseinsatz

Aus der Beschreibung der Kameras ist bereits deutlich geworden, wo sich die Kameras positionieren: Die sehr schnellen Belichtungs- und Auslesezeiten der Chips lassen sich vor allem bei der Fotografie der Objekte unseres Sonnensystems gewinnbringend nutzen. Während die in der Planetenfotografie üblicherweise eingesetzten Webcams meist 5 Bilder pro Sekunde aufnehmen, sind die SKYnyx-Kameras beim Fotografieren der Planeten, des Mondes oder der Sonne deutlich schneller: Es macht richtig Spaß, den Kameras zuzusehen, wie sich innerhalb kurzer Zeit hunderte oder tausende von Bildern auf die Festplatte schreiben. In diesem Test wurde die SKYnyx 2-2 unter anderem an einem handelsüblichen 8"-SCT mit Barlowlinse betrieben und zeichnete dort 5000 Bilder innerhalb von nur 211s auf. Die Framerate von 26 Bildern pro Sekunde konnte erreicht werden, da es bei der verwendeten Optik nicht notwendig war, mehr als

die zentralen 640×480 Pixel auszulesen. Die im SER-Format aufgezeichnete Sequenz hatte dabei insgesamt eine Größe von 3GB.

Bei der Verwendung der SKYnyx 2-0 zur Fotografie von Sonnenflecken ließen sich sogar Bildraten von 92 Bilder pro Sekunde bei 2×2-Binning erreichen; 5000 Bilder konnten so in nur 55s aufgezeichnet werden.

Der Vorteil dieser hohen Bildfolge der SKYnyx-Kameras liegt auf der Hand: Die an die Genauigkeit der Nachführung gestellten Ansprüche sind deutlich geringer, als wenn für eine ähnlich umfangreiche Bildsequenz die 3–5fache Aufnahmezeit benötigt würde. Oder andersherum: In gleicher Zeit können deutlich mehr Bilder aufgezeichnet werden, was sich bei der anschließenden Bildaddition positiv auf die Bildqualität auswirken kann.

Die Beispielbilder von Saturn (Abb. 4) und Venus (Abb. 5) sollen daher auch nur dazu dienen, zu zeigen, was bei durchschnittlichem Seeing mit einem durchschnittlichen 8"-SCT (mit Barlowlinse) innerhalb von wenigen Minuten zu erreichen ist. Das Potential der Kamera, das in guten Nächten mit optimierten Planeten-Optiken realisiert werden kann, ist damit absehbar.

Mit den Grenzen unseres Sonnensystems sind aber auch die Grenzen der SKYnyx-Kameras schon (fast) erreicht: Entsprechende Software (wie die genannte) unterstützt zwar auch die Langzeitbelichtung bis zu 180s bei der SKYnyx 2-0 und bis zu 3600s bei der SKYnyx 2-2, durch die fehlende Chipkühlung treten bei längeren Belichtungszeiten jedoch die üblichen Probleme ungekühlter Kameras auf. Das Rauschen der Rohbilder nimmt überhand (Abb. 8). Eine umfangreiche Sammlung von Dunkelbildern mit unterschiedlichen Belichtungszeiten finden Sie auf der Homepage des Autors (s. Surftipp).

Helle Deep-Sky-Objekte wie Sternhaufen und Doppelsterne mögen mit schnellen Optiken noch einigermaßen befriedigend abgebildet werden, jedoch schon bei hellen Nebeln (wie M 42) oder Galaxien (wie M 31) zeigt sich schnell, dass hier die SKYnyx-Kameras nicht die Ergebnisse liefern können, die man in der Astrofotografie erwartet – gekühlte Astrokameras sind für diese Objekte deutlich besser geeignet.

## Fazit

Das Einsatzgebiet der SKYnyx-Kameras ist unser Sonnensystem. Bei Sonne, Mond und Planeten können die Kameras mit ihren in der schnellen Bildfolge und der kurzen Auslesezeit liegenden Vorteilen bestens punkten. Während die »kleine« SKYnyx 2-0 mit ihrer Auflösung von 640×480 Bildpunkten für Planetenfotografie scheinbar bestens geeignet ist, war der Autor von der SKYnyx 2-2 stärker begeistert: Nicht nur die höhere Auflösung ist bei (Übersichts-)Aufnahmen von Mond und Sonne attraktiv, auch im 640×480-Pixel-Modus konnte die »große« SKYnyx überzeugen, da ihre deutlich kleineren Pixel in der Planetenfotografie eine detailreichere Abbildung ermöglichen.

Getrübt wird der Eindruck der Kameras allerdings durch einen Blick auf die Verkaufspreise: Fast 800€ für eine ungekühlte Kamera mit 640×480 Bildpunkten (SKYnyx 2-0) mag einem Hobbyastronom für eine »leistungsoptimierte Webcam« viel vorkommen. Die SKYnyx 2-2 liegt mit fast 1800€ sogar deutlich über dem Preis einer DSLR – bei einem (zugegebenermaßen) anderen Einsatzgebiet. Als Kameras für ausgewiesene und engagierte Mond- und Planetenfotografen werden sich die Kameras der SKYnyx-Serie aber sicherlich positionieren können.

## Surftipps

Homepage des Autors mit Datenblättern und Dunkelbildern: [www.sternenstaub-observatorium.de](http://www.sternenstaub-observatorium.de)

## Wie erhöht man Kontraste von Astrofotos?

Vor über einem halben Jahrhundert fotografierte der berühmte Fotograf Ansel Adams am Tage Landschaften, die aussahen, als wären sie nachts aufgenommen worden. Eine der bekanntesten dieser Fotografien trägt den Namen »Moonrise, Hernandez, New Mexico« und zeigt den aufgehenden Mond vor einem pechschwarzen Himmel. Adams Methode um den blauen Himmel dunkel erscheinen zu lassen, bestand in der geschickten Kombination aus Aufnahme-medium und Filter: Er fotografierte mit Schwarz-Weiß-Film und benutzte einen starken Rotfilter.

Das gesamte Spektrum des sichtbaren Lichts zieht sich von rot über orange, gelb, grün und blau bis violett. Ein Rotfilter lässt nur langwelliges rotes Licht durch – kurzwelliges Licht wie blaues, grünes und gelbes kann den Filter nicht passieren. Der normale Taghimmel enthält kaum Rotanteile, sondern hat eine überwiegend blaue Farbe, da die kurzwelligen (blauen) Anteile des Sonnenlichts stärker gestreut werden als die langwelligen (roten). Daher wird das Licht, das vom Himmel zur Kamera oder zu unserem Auge gelangt, von einem Rotfilter fast vollständig abgeblockt. In den meisten Landschaften sind jedoch ausreichend viele Rotanteile enthalten, dass sie in einem mit Rotfilter gewonnenen Bild sichtbar bleiben und gleichzeitig der Kontrast zwischen Landschaft und Himmel deutlich gesteigert wird. Dies ist auch besonders am Mond zu erkennen, dessen Licht das ganze Spektrum umfasst, wodurch sich der Kontrast zum blauen Himmel erhöht.

Dieses Rotfilter-Verfahren lässt sich nur mit Schwarz-Weiß-Film sinnvoll anwenden. Bei der Benutzung eines Farbfilms erhält das gesamte Bild eine Rottönung – nicht der erwünschte Effekt. Heute lässt sich jedoch ein vergleichbarer Effekt sehr einfach mit Digitalfotos und entsprechender Bildbearbeitungssoftware erzielen, obwohl es sich dabei um Farbfotos handelt. Der Grund liegt in der Art, wie bei der Digitalfotografie das Farbbild entsteht.

Der CMOS- oder CCD-Bildsensor einer modernen Digitalkamera besteht aus einer Anordnung lichtempfindlicher Elemente (Pixel), vor denen winzige Rot-, Grün- und Blaufilter angeordnet sind (Bayer-Sensor, Abb. 2). Aus jedem Pixel wird ein Helligkeitswert gewonnen und zusammen ergeben die unterschiedlich hellen Punkte ein Schwarz-Weiß-Bild. Das Bild, das aus den Pixeln hinter den Rotfil-



Abb. 1: Diese Landschaftsaufnahme des aufgehenden Mondes wurde mit einer Digitalkamera (Canon EOS 10D) in Farbe fotografiert. Sie wirkt eher unspektakulär (a). Nach dem Extrahieren des Rotkanals aus dem Farbfoto und einer Anhebung des Kontrasts sieht das Foto aus, als wäre es bei Nacht gemacht worden, und bekommt dadurch eine viel intensivere Wirkung auf den Betrachter (b).

tern gewonnen wird, wird dem Rotkanal zugeordnet, gleiches passiert mit den Farben Grün und Blau. Diese drei, durch unterschiedliche Farbfilter gewonnenen Bilder sind im weiteren Sinne das Gleiche wie die Fotos von Ansel Adams, der mit seinen Filtern nur eine Auswahl des zur Verfügung stehenden Lichtes auf seinen Film ließ. Erst zusammen ergeben sie ein Farbfoto.

Für das simulierte Nachtfoto ist nur der Rotkanal von Interesse. Er entspricht ziemlich genau den Rotfilter-Aufnahmen Adams. Um daran zu gelangen, wird eine in Farbe fotografierte Landschaftsaufnahme auf den Computer übertragen. Sie wird in einem Bildbearbeitungsprogramm geöffnet, das die drei Farbkanäle rot, grün und blau getrennt anzeigen kann. Der Rotkanal wird ausgewählt und in die Zwischenablage kopiert, dann ein neues (leeres) Bild geöffnet und das Bild aus der Zwischenablage hinein kopiert. Anschließend kann der Kontrast und die Helligkeitsverteilung mittels entsprechender Werkzeuge im Grafikprogramm optimiert werden. Das Ergebnis ist dasselbe, als hätte man die Landschaft mit Rotfilter und Schwarz-Weiß-Film fotografiert. Der Aufwand beim Fotografieren wird geringer, dafür ist aber etwas Nacharbeit erforderlich.

■ Ulrich Beinert

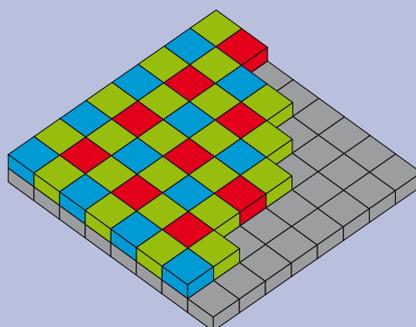


Abb. 2: Vor den lichtempfindlichen Elementen (Pixel) eines CCD-Sensors befindet sich eine Anordnung aus roten, grünen und blauen Filtern (Bayer-Maske). Dadurch kann ein Farbfoto erzeugt werden, obwohl jedes Pixel nur Helligkeitsinformationen auswerten kann.

# Die Saturnbedeckung

vom 22. Mai 2007

Abb. 1: **Planetenbedeckungen sind seltene und faszinierende Ereignisse**, wie diese detaillierte Bildsequenz des Austritts beeindruckend zeigt. 16"-Cassegrain bei 4000mm Brennweite, STL 11000M CCD-Kamera (Mond), DMK 21BF04 Webcam (Saturn), jeweils 0,03s belichtet. *Johannes Schedler*



Abb. 2: **Die Positionen des Eintritts- und Austrittspunktes von Saturn** zeigt diese Komposit-Aufnahme. 8"-Cassegrain bei 3600mm Brennweite, Canon EOS 5D Digitalkamera. *Peter Wienerroither*



a



a



b



b

Abb. 3: **Saturn kommt hinter dem Mondrand hervor.** a) 8"-SCT bei 3000mm, EOS 350D Digitalkamera, 400 ASA, 0,01s. *Frank Meyer*, b) 5"-Refraktor bei 3500mm, EOS 300D Digitalkamera, 400 ASA, 80s. *Thomas Sopha*

Abb. 4: **Detailansicht des Austrittszeitpunkts.** a) 11"-SCT bei 2800mm, SKYnyx 2-1C CCD-Kamera, Einzelbild. *Ullrich Dittler*, b) 10"-Newton bei 6000mm, Philips Webcam. *Martin Huwiler*

## Rückblick: Zwei Herausforderungen

### Erstes Amateurfoto von Simeis 159

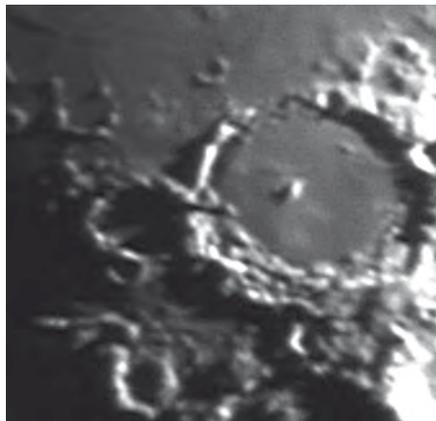
In Heft 51 wurde Simeis 159 als Deep-Sky-Herausforderung vorgestellt. Das hat mich angespornt, eine Aufnahme zu versuchen mit 200mm-Objektiv f/2,8, Canon EOS 20Da auf dem Gurnigel in den Berner Alpen (Schweiz). Belichtet wurde 12×5min mit UHC-Filter und 14×5min mit [OIII]-Filter, das Bild ist eine Kombination aus beiden Aufnahmen.

■ Martin Mutti



### Lichtstrahl im Mondkrater Hesiodus am 25. Mai

Andreas Viertel und Wilfried Tost haben in interstellarum schon auf die Beobachtung einer seltenen Lichterscheinung auf dem Mond hingewiesen: Am Südrand des Wolkenmeers, des Mare Nubium gibt es zwei Krater, die direkt aneinander grenzen und deren Kraterwälle am Berührungspunkt eine Lücke bilden. Der größere Krater ist Pitatus (106km Durchmesser), der andere Hesiodus (42km). Um den Zeitpunkt herum, an dem die Sonne über den beiden Kratern aufgeht, scheint sie genau durch eine schmale Lücke in ihrem gemeinsamen Kraterand. Wenn der Mondterminator gerade die richtige Länge hat (ca.  $-18^\circ$ ), dann fällt ein Lichtstrahl durch die Lücke und



scheint in den noch dunklen Boden des Hesiodus: Der »Hesiodus-Strahl«, eine schön

ne Erscheinung von Licht und Schatten auf dem Mond!

Das Phänomen wurde schon von vielen Mondguckern beobachtet. Am Abend des 25.5.2007 hatte ich auch Gelegenheit das recht seltene Ereignis zu sehen: Ich konnte zwischen 20:00 und 22:30 UT beobachten. Visuell war der Strahl bei 148× im 130/1040-Refraktor sehr deutlich und faszinierend zu sehen! Parallel gelang ein Webcam-Schnappschuss der Erscheinung um 21:40 UT (130/1040-Refraktor bei 3000mm Brennweite). Vorausberechnungen lassen sich unter [www.lunar-occultations.com/rlo/rays/hesiodusp.htm](http://www.lunar-occultations.com/rlo/rays/hesiodusp.htm) einsehen.

■ Wolfgang Vollmann

# 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.interstellarium.de/ods.asp](http://www.interstellarium.de/ods.asp), ebenso eine Möglichkeit, Resultate direkt online einzusenden.

Die Objekte der Saison der nächsten 6 Ausgaben						
Ausgabe	Name	Typ	Sternbild	R.A.	Dekl.	Einsendeschluss
Nr. 54, Okt./Nov. 2007	M 77	Gx	Cet	02 <sup>h</sup> 42,7 <sup>min</sup>	0° 01'	20.7.2007
	NGC 1055	Gx	Cet	02 <sup>h</sup> 41,8 <sup>min</sup>	0° 01'	
Nr. 55, Dez./Jan. 2008	M 1	GN	Tau	05 <sup>h</sup> 34,5 <sup>min</sup>	+22° 01'	20.9.2007
	NGC 2175	OC	Ori	06 <sup>h</sup> 09,6 <sup>min</sup>	+20° 29'	
Nr. 56, Feb./Mär. 2008	M 81	Gx	UMa	09 <sup>h</sup> 55,6 <sup>min</sup>	+69° 04'	20.11.2007
	M 82	Gx	UMa	09 <sup>h</sup> 55,8 <sup>min</sup>	+69° 41'	
Nr. 57, Apr./Mai 2008	M 98	Gx	Com	12 <sup>h</sup> 13,8 <sup>min</sup>	+14° 54'	20.1.2008
	NGC 4216	Gx	Vir	12 <sup>h</sup> 15,9 <sup>min</sup>	+13° 8,8'	
Nr. 58, Jun./Jul. 2008	NGC 6572	PN	Oph	18 <sup>h</sup> 12,1 <sup>min</sup>	+06° 51'	20.3.2008
	NGC 6633	OC	Oph	18 <sup>h</sup> 24,7 <sup>min</sup>	+06° 34'	
Nr. 59, Aug./Sep. 2008	NGC 7000	GN	Cyg	20 <sup>h</sup> 58,8 <sup>min</sup>	+44° 20'	20.5.2008
	NGC 7293	PN	Aqr	22 <sup>h</sup> 29,6 <sup>min</sup>	-20° 48'	



CCD-Aufnahme, 24"-Astrograph bei 4800mm, ST-10XME, 8x1min (L), 4x2min (je H $\alpha$ , [OIII]), 4x1min (B). *Josef Pöpsel*



CCD-Aufnahme, 8"-SCT bei 2064mm, ST-7, 4x5min. *Robert Schulz*



Videobild, 31"-Cassegrain bei 4800mm, Mintron-Videokamera, 30% von 7415 Bildern mit je 0,16s. *Bernd Gährken*

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

**NGC 7009**

**10x50-Fernglas:** Bortle 5; Freihändig direkt als türkisblauer Stern zu sehen. *Michael Klein*

**60/910-Refraktor:** fst 5<sup>m</sup>5; Als ovaler, kleiner und heller Fleck zu sehen. 75x. *Andreas Kaczmarek*

**76/480-Refraktor:** Bortle 5; mäßig leicht auffindbar, ab 48x als flächig zu sehen, 80x und 160x bringen Verbesserung in der Wahrnehmung, ansatzweise auch bläulich grüne Farbe, Ausrichtung der Ellipse nur zu erahnen. 160x. *Heinz Hövel*

**100/1000-Refraktor:** fst 5<sup>m</sup>5; Ein relativ kleiner, heller und diffuser Haufen. 53x. *Andreas Kaczmarek*

**127/820-Refraktor:** fst 6<sup>m</sup>7; Schon mit 20,5-facher Vergrößerung war ein deutlich flächiges und sehr helles Scheibchen zu erkennen. Bei 110x dann folgende Beobachtung: Deutliche elongierte Nebelflächen, die an den länglichen Enden einen deutlichen Fortsatz hat, der sich aber nach wenigen Bogensekunden ins Nichts verabschiedet. Das heißt also, dass man die beiden »Henkel« mit dieser Öffnung wirklich ansatzweise sehen kann. In der Scheibe lassen sich nur undeutlich helle/dunkle-Strukturen ausmachen, die sehr schwer zu erfassen sind. Keinen Filter verwendet. 110x. *Thomas Engl*

**130/1040-Refraktor:** fst 6<sup>m</sup>0; Bei 43x sehr hell und gerade eben von einem Stern unterscheidbar. 260x ist am besten und zeigt viele Einzelheiten: länglich Ost-West im Verhältnis ca. 1,5:1. Größter Durchmesser etwa eine halbe Jupiterscheibe, also ca. 20" x 13". Der helle Teil ist innen sicher dunkler und erscheint also etwas ringförmig, wobei die Innenseite auch mit Nebel gefüllt ist. Rund um die helle Ellipse ist ziemlich sicher ein schwacher Schein zu sehen; er erscheint etwa rund und mit ca. 30" Durchmesser. An der östlichen und westlichen Seite der Ellipse, also an der langen Achse, sind manchmal kleine helle »Auswüchse« zu erkennen. Sie sind etwa gerade und nur wenige Bogensekunden lang. Dieses Detail, anscheinend die »Ringe« des Saturnnebels, ist aber nicht gut zu sehen. *Wolfgang Vollmann*

**200/1000-Newton:** fst 6<sup>m</sup>0; Relativ kleiner und lichtschwacher Haufen, der nicht aufzulösen ist. 80x. *Andreas Kaczmarek*

**250/2500-SCT:** fst 5<sup>m</sup>3; Hell, türkis bläulich, gleichmäßig hell, kein Zentralstern sichtbar. Form: elliptisch, ähnelt dem defokussierten Bild von Saturn. Ausläufer jedoch nicht gesehen. 200x. *Johannes Kohr*

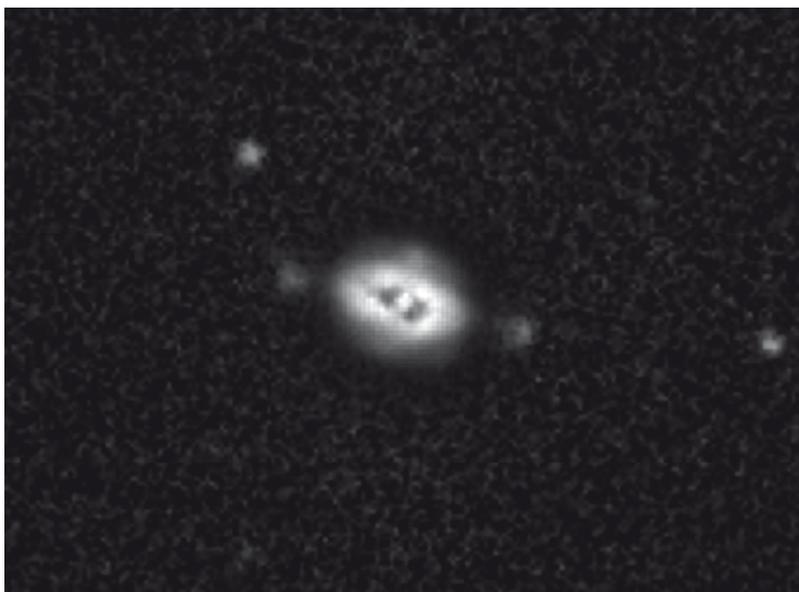
**305/1625-Newton:** Bortle 5; Deutlich ovales Scheibchen mit Ausbuchtungen in Ost-West-Richtung. Der Nebel leuchtete in intensiver blau-grauer Farbe. Ein Zentralstern war nicht zu sehen. Die Verwendung eines [OIII]-Filters brachte hier keinen erkennbaren Kontrastgewinn. 232x. *Michael Klein*

**320/1440-Newton:** Bortle 3–4; Heller ovaler Nebel, der bei indirektem Sehen eine ausgedehnte, Ost-West-orientierte Nebelhülle offenbart. Der Zentralstern bleibt unsichtbar. 240x. *Uwe Pilz*

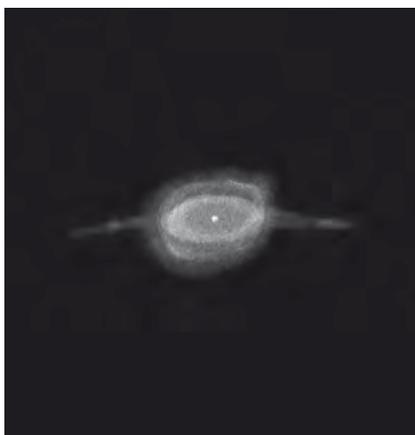
**445/2000-Newton:** fst 6<sup>m</sup>0; Der zentrale Nebelteil als helles und ovales Objekt sichtbar. Außerdem bei indirektem Sehen die gegenüberliegenden Ansätze sichtbar. Wie ein zweiter Saturn. 298x. *Andreas Kaczmarek*



CCD-Aufnahme, 11"-SCT bei 2800mm, SXV-H9, 15x35s. *Günter Kerschhuber*



CCD-Aufnahme, 8"-SCT bei 2000mm, ST7, 1x600s. *Heino Niebel*



Zeichnung, 20"-Newton, 416x. *Ronald Stoyan*



Zeichnung, 24"-Cassegrain, 480x. *Markus Dähne*

M 72

M 72

**10x50-Fernglas:** fst 7<sup>m</sup>0; Ein wenig schwach, aber deutlich sichtbar, da er ein relativ großer, ca. 3' durchmessender Nebel ist. Ein wenig zentral verdichtet, der Helligkeitsanstieg ist vom Rand zur Mitte relativ flach. *Wolfgang Vollmann*

**10x50-Fernglas:** fst 5<sup>m</sup>9; Im 8x30 war nichts sichtbar, im größeren Fernglas dagegen zeigte sich indirekt ein kleiner, schwacher Nebelfleck. Identifikation ist nicht ganz einfach, eine gute Karte wird benötigt. *Kay Hempel*

**90/1250-SCT:** fst 5<sup>m</sup>0; Kaum wahrnehmbar, rund, diffus, keine Einzelsterne erkennbar. 50x. *Johannes Kohr*

**100/1000-Refraktor:** fst 5<sup>m</sup>5; Ein relativ kleiner, heller und diffuser Haufen. 53x. *Andreas Kaczmarek*

**150/1500-SCT:** fst 6<sup>m</sup>0; Granuliert, deutlich heller zur Mitte. 83x. *Uwe Pilz*

**200/1000-Newton:** fst 6<sup>m</sup>0; Relativ kleiner und lichtschwacher Haufen, der nicht auflösen ist. 80x. *Andreas Kaczmarek*

**250/1250-Newton:** fst 6<sup>m</sup>3; Im 8x50-Sucher als schwacher Lichtfleck erkennbar. Im Teleskop zeigt sich ein runder, relativ lichtschwacher Nebelfleck mit ganz leichter Konzentration zur Mitte. Bei indirektem Sehen lassen sich einige Einzelsterne auflösen. Ein eher unspektakuläres Objekt. 179x. *Dirk Panczyk*

**305/1625-Newton:** Bortle 5; Schwach, aber direkt sichtbar. Einzelsterne blinkten im Randbereich zeitweise auf. Eine Verdichtung zum Zentrum hin konnte nicht ausgemacht werden. Insgesamt hatte der Kugelsternhaufen ein recht diffuses Aussehen. 232x. *Michael Klein*

**320/1440-Newton:** Bortle 3-4; 2,5' Durchmesser, deutlich körnig. Das Helligkeitszentrum ist nach Westen verschoben. 144x. *Uwe Pilz*



CCD-Aufnahme, 24"-Astrograph bei 4800mm, ST-10XME, 10x10s (L), 6x10s (je RGB). *Rainer Sparenberg, Stefan Binnewies, Volker Robering*



Digitalfoto, 10"-Newton bei 1270mm, Canon EOS 20Da, 1600ASA, 15x3min. *Thomas Tuchan*



CCD-Aufnahme, 10"-Astrograph bei 850mm, SBIG ST8XE, 4x5min (L), 2x2min (je RGB). *Ullrich Dittler*



CCD-Aufnahme, 8"-SCT bei 2064mm, ST-7, 4x5min. *Robert Schulz*

# Astrofotos unserer Leser



Das »schwarze Auge« in M 64 besteht aus dunklen Staubwolken. CCD-Aufnahme, 9"-Refraktor bei 1600mm, SXV-M25C, 3h Gesamtbelichtungszeit. *Dietmar Hager*



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

**So tief hat man M 51 selten gesehen.** CCD-Aufnahme, 12"-Astrograph bei 1200mm, FLI 6303E, 90min (L), 20min (je RG), 30min (B). *Gerald Rhemann und Michael Jäger*

◀ **Der Doppelsternhaufen h und  $\chi$**  besticht durch seine farbige Sternlandschaft. CCD-Aufnahme, 4,5"-Newton bei 440mm, SBIG ST2000XM, 30×3min (L), 5×3min (R), 5×3min (G), 5×3min (B). *Michael Deger*

**Der junge Mond**, beleuchtet von Sonne und Erde. Das aschgraue Licht zeigt die Mondmeere in beeindruckender Schönheit. Digitalfoto vom 19.5.2007, 22:41: MESZ, 5"-Refraktor bei 1000mm, Canon EOS 5D, ISO 800. *Ralf Raab*



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

# Termine für Sternfreunde August–Oktober 2007

**8.8.–12.8.: 5. Amateur-Teleskoptreffen-Burgwald (ATB),** Wohratal-Hertingshausen  
 ⓐ Astronomie-Gruppe Lahn/Eder e.V., astronomie@onlinehome.de, www.astronomie-lahn-eder.de

**22.9.: 2. Internationale Astro-nomiemesse AME** in Villingen-Schwenningen  
 ⓐ Siegfried Bergthal, Walburga Küchler, Friedhofstr. 13, D-78628 Rottweil-Göllsdorf, 0741/2706210, 0741/2706210, info@astro-messe.de, www.astro-messe.de.

**14.–16.9.: 14. Schwä-bisches Amateur- und Fernrohtreffen (SAFT),** Roßberg bei Reutlingen  
 ⓐ Ulrich Lehmann, Staufstr. 25, D-72800 Eningen, saft@sternwarte-reutlingen.de

**12.–13.10.: Ravensburger Teleskop-treffen (RATT),** Ravensburg  
 ⓐ Carsten Przygoda, Finkenweg 25, D-88339 Bad Waldsee, carsten@ratt-rv.de, www.ratt-rv.de

**22.9.: Schweizer Astronomie-tag,** Uetliberg, Zürich  
 ⓐ www.astronomietag.ch

**10.–12.8.: Swiss Star Party,** Gurnigel im Berner Oberland  
 ⓐ Radek Chromik Leu-emberger, Föhrenweg 71, CH-3095 Spiegel, 0041/31/9718503, radek.chromik@starparty.ch, www.teleskoptreffen.ch

**30.6. bis 9.9.: Ausstellung Geheim-nis Weltall** mit Astrofotos von Sebastian Voltmer, Eurogress Aachen  
 ⓐ www.aachen-markt.de/eurogress/eurogress\_weltall07.htm

**7.–9.9. Internationales Heide Teleskoptreffen (IHT),** Reinsehen, Lüneburger Heide  
 ⓐ www.astrogarten.de

**6.–9.9.: 6. Teleskoptreffen »Mi-rasteilas«** in Falera, Graubünden  
 ⓐ José De Queiroz, 0041/81/9212555, teleskop-treffen@mirasteilas.net, www.mirasteilas.net

**16.–19.8.: 10. Bayerisches Teleskoptreffen (BTM),** Osterberg bei Pfünz  
 ⓐ Uli Zehndbauer, ullomat@web.de, www.beobachterforum.de

- M** Messe
- T** Teleskoptreffen
- F** Fachtagung
- J** Jugendlager
- S** Sternwartenfest
- A** Ausstellung

**13.–16.9.: 8. Herzberger Teleskop-treffen,** Schützenvereinsheim Uebigau bei Herzberg/Elster  
 ⓐ Ralf Hofner, Walther-Rathenau-Str. 4b, D-04895 Falkenberg, 0176/22837911, anfrage@herzberger-teleskoptreffen.de, Web: www.herzberger-teleskoptreffen.de/

**24.8.: 6. Hofer Teleskoptreffen,** Sternwarte Hof  
 ⓐ Sebastian Wolfrum, Sternwarte Hof, Egerländer Weg 25, D-95032 Hof, 09281/95278, info@sternwarte-hof.de, www.sternwarte-hof.de

**14.–16.9., Almburg-Teleskop-treffen,** Mitterfirmiansreuth, Bayerischer Wald  
 ⓐ www.almburg-treffen.de

**10.–12.8.: Sommer Starparty 2007,** Raiffeisen-Volkssternwarte Mariazell  
 ⓐ Wiener Astronomische Arbeitsgemeinschaft, 0043/664/2561221, www.waa.at/kontakt/anmeldung.html

**5.–7.10.: 23. Internationales Teleskoptreffen (ITT),** Emberger Alm, Kärnten  
 ⓐ Gerhard Riedl, Tel.: 0043/4712/796, Fax: 0043/4712/7966, riedl.gerhard@chello.at, www.embergeralm.info/stella/

## Astro-Messe rüstet auf

Fast 2500 Besucher kamen letztes Jahr – und diesmal sollen es noch mehr werden: Am 22.9. öffnet die Astro-Messe in Villingen-Schwenningen wieder ihre Pforten. Die Veranstalter rechnen mit einem Plus an Aus-

### Surftipps

AME in Villingen-Schwenningen:  
[www.astro-messe.de](http://www.astro-messe.de)

stellern, und auch das Vortrags-Rahmenprogramm kann sich ohne John Dobson sehen lassen – unter anderen wird Rudolf Kippenhahn ans Mikrofon treten. Aus das interstellarum-Team ist vor Ort – mit Angeboten und neuen Produkten

Obwohl auf dem Messegelände genügend Parkplätze zur Verfügung stehen, gelang es den Organisatoren Vergünstigungen bei der Anreise mit der Bahn aus-

zuhandeln: Das Ticket kostet einheitlich ohne Bahncard 79€ bei einer Entfernung des Ziels von unter 350km und 119€ bei mehr als 350km – für Hin- und Rückfahrkarte. Damit spart man bis 50% der regulären Preise. Diese Fahrscheine sind unter dem Stichwort »Astronomie-Messe« nur für den 20. bis 24.9. buchbar.

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

# RegiStax V4

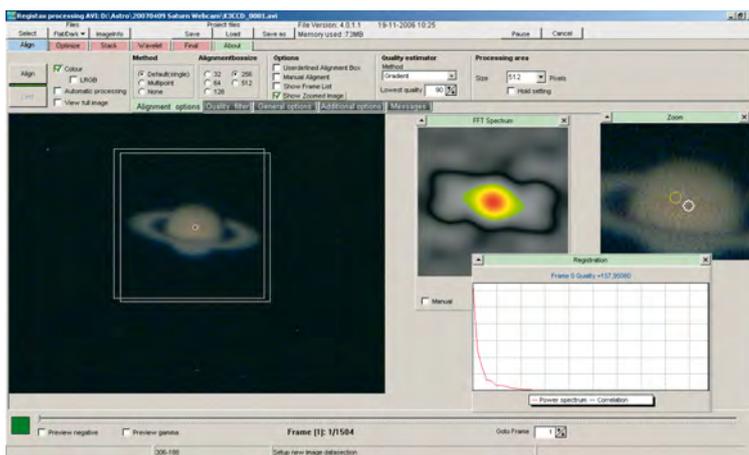
Das kostenlos im Internet erhältliche Programm RegiStax ist vielen Webcam-Fotografen und Videoastronomen bestens bekannt. Es ermöglicht die automatische Ermittlung der besten Einzelbilder aus Videos oder Bildserien, deren automatische Ausrichtung und Überlagerung, sowie manuelle Nachbearbeitungsschritte der Summenbilder wie z.B. Schärfung und Tonwertanpassung. Vergleicht man RegiStax mit anderen Programmen wie z.B. Giotto, Iris oder K3CCD-Tools, so erweist sich RegiStax als besonders geeignet für die intensive Handarbeit mit Astrovideos. Es bietet dem Anwender sowohl reichhaltige Informationen als auch Werkzeuge, um jeden Bearbeitungsschritt für eine Aufnahmeserie kontrolliert durchführen, bewerten und ggf. optimieren zu können. Die so ermittelten Bearbeitungsparameter können dann für ähnliche Bildserien oder die Stapelverarbeitung mehrerer Videos mit anderen Programmen (z.B. Giotto) genutzt werden. Die interessantesten Neuerungen in der seit Ende 2006 verfügbaren Version 4 sind die in RegiStax neue Stapelverarbeitung von Videos mit einem derzeit limitierten Satz von Bearbeitungsschritten, zusätzliche Video-Dateiformate und das »Multi-Point-Alignment«. Diese Technik ermöglicht es, mehrere Bildsegmente beliebiger Größe für die Qualitätsberechnung und Ausrichtung der Einzelbilder zu verwenden. Wie die Autoren anhand von Beispielbildern auf der RegiStax-Webseite demonstrieren, erlauben mehrere kleine (kontrastreiche oder gut strukturierte) Bildbereiche eine deutlich bessere Ausrichtung und Beurteilung der Einzelbilder als das sonst übliche einzelne Bildsegment. Vor allem bei Sonnen- und Mondaufnahmen sind die Ergebnisse des »Multi-Point-Alignment« beeindruckend.

Download (1 MegaByte), Installation und Bedienung von RegiStax sind dank des in englischer und deutscher Sprache verfügbaren Handbuchs erfreulich einfach. Obwohl eine entsprechende Erweiterung auf der Webseite angeboten wird, gelang es im Test nicht, die deutsche Sprache zu aktivieren. Das Programm führt den Anwender schrittweise durch die einzelnen Bearbeitungsschritte und erlaubt das Zwischenspeichern von Einstellungen und Projektparametern. Probleme, wie z.B. unbrauchbare Einzelbilder, oder falsch zugeordnete Alignment-Bereiche sind dank der Live-Darstellung der Bearbeitungsschritte schnell erkennbar. Auf aktuellen PCs und Notebooks lief RegiStax im Test mit verschiedenen Saturnvideos schnell und zuverlässig. Das Unter- oder Abbrechen laufender Ausrichtungsoperationen führte jedoch mitunter zum Einfrieren – dann half nur noch das Abbrechen des gesamten Programms.

RegiStax ist ein Windows-Programm, das mit »Wine« auch unter Linux genutzt werden kann. Einsteiger kommen mit Hilfe des Handbuchs schnell und sicher zu brauchbaren Ergebnissen. Erfahrene Videoastronomen schätzen hingegen die vielen leistungsfähigen Werkzeuge für die Bearbeitung von Bildserien mit bis zu 10000 Einzelbildern.

■ Thomas Rattei

Download: [www.astronomie.be/registax](http://www.astronomie.be/registax)



# Das Sonnensystem

Die Neuerscheinung »Das Sonnensystem« ist ein kompaktes Buch aus der Spektrum-Reihe »Astrophysik aktuell«. Das erste Kapitel gibt einen aktuellen Überblick über die Objekte des Sonnensystems. Pluto wird bereits als Zwergplanet beschrieben, gemäß dem IAU-Beschluss vom August 2006. Der größere Teil des Buches widmet sich den Entstehungsmechanismen von Planetensystemen. Dabei geht der Autor insbesondere auf die physikalischen Mechanismen ein, welche zum Wachstum von Staubkörnern, zu deren Konzentration, zur Bildung von Akkretions-scheiben, bis hin zur Bildung von Gasplaneten und Monden führen. Durch die anschauliche und reich illustrierte Darstellung der Thematik eignet sich das Buch auch für den Einsatz im Schul- und Gymnasialunterricht.

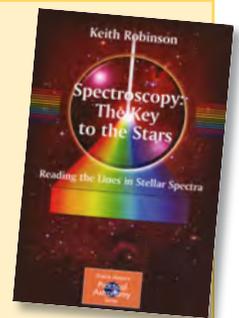


Bernd Lang: Das Sonnensystem – Planeten und ihre Entstehung. Elsevier GmbH München 2007, ISBN 978-3-8274-1796-1, 12,00€

■ Thomas Rattei

# Spectroscopy

Diese Neuerscheinung aus der Springer-Serie »Patrick Moore's Practical Astronomy« ist einem eher exotischen Thema der Amateurastronomie gewidmet: der Sternspektroskopie. Auf den ersten Buchseiten wirbt Autor Keith Robinson daher für die Spektroskopie und prognostiziert ihr eine zunehmende Beliebtheit bei den Amateuren, initiiert durch die rasche Entwicklung ihrer technischen Möglichkeiten. Das Buch mit seinen 150 Seiten macht es sich zur Aufgabe, den interessierten Amateur in die Theorie der Spektroskopie einzuführen. Nach der Einführung in die Physik der Spektren erläutert der Autor einfühlsam und reich illustriert die astrophysikalischen Grundlagen der Spektroskopie von Sonne, Sternen, Emissionsnebeln und Akkretionsscheiben. Das Buch ist für den physikalisch vorgebildeten Amateur gut verständlich, verzichtet jedoch als konsequentes Theoriebuch auf Ausführungen zur Beobachtungspraxis und Auswertung eigener Ergebnisse.



Keith Robinson: Spectroscopy: The key to the stars. Springer Verlag London 2007, ISBN 978-0-387-36786-6, 24,95€.

■ Thomas Rattei

# Demnächst in interstellarum

## Laser, Chesire & Co.

Newton-Justage leicht gemacht – im Produktvergleich lassen wir mehr als ein Dutzend Modelle gegeneinander antreten.

## Astrofotografie in Namibia

Ein Astrofotografen-Traum unter südlichem Sternhimmel – doch was sollte man bei der Wahl von Brennweiten, Kameras und Objekten beachten, damit daraus kein Alptraum wird?

## Striae, Synchronen und Sydynen

Komet McNaught zeigte beispielhaft den reichhaltigen Formenschatz eines Kometenschweifs. Wie entstehen diese Strukturen?



MANUEL JUNG



MICHAEL KÖNIG

## Die Galaxien des Halton Arp

Im zweiten Teil des astrofotografischen Essays reisen wir zu den wechselwirkenden Galaxien des Herbsthimmels.

## Satellitentracking

50 Jahre Menschen im All – wir feiern mit tollen Amateurfotos der ISS und anderer Raumfahrzeuge.

**Heft 54 ab 21.9.2007 im Zeitschriftenhandel erhältlich!**



TOMAS LUDEMANN

## Impressum

### Verlag

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

### Vertrieb

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

### Redaktion

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

### Mitarbeit

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

### Astrofotografie

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

### Manuskriptannahme

Bitte beachten Sie unsere Hinweise unter [www.interstellarum.de/texte.asp](http://www.interstellarum.de/texte.asp)

### Copyright/Einsendungen

Für eingesandte Beiträge, insbesondere Fotos, überlassen Sie uns das Recht für einen einmaligen Abdruck. Weitere Nutzungen in Büchern oder CDs sind nicht gleichzeitig gegeben und bedürfen der Genehmigung durch den Autor. Ausgenommen davon ist der Abdruck ausgewählter Bilder in der Vorschau für die nächste Ausgabe und unter [www.interstellarum.de](http://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 abzuscheiden und diese zu verkleinern/vergrößern, sowie orthografische und sprachliche Korrekturen vorzunehmen. Eingesandte Beiträge werden nicht sinntestellend verändert bzw. gekürzt ohne Einverständnis des Autors. Der Verlag übernimmt keine Haftung für unverlangt eingesandtes Material.

**Abo-Service**

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

**Bezug**

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

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

**Private Kleinanzeigen**

können kostenlos unter [www.interstellarum.de/kleinanzeigen.asp](http://www.interstellarum.de/kleinanzeigen.asp) aufgegeben werden

**Geschäftliche Anzeigen**

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

**Inserenten dieser Ausgabe**

APM Telescopes	7	Berlebach Stativtechnik	76	nimax GmbH	8/9
Astronomie.de	45	Fujinon Europe	20	Sahara Sky	77
Astro!Info	29	Grab AstroTech	76	Farm Tivoli	77
Astrocom	U3	Intercon Spacetec	4/5	Teleskop-Service	80
Astro-Messe	29	Kosmos-Verlag	80	Astro Optik GmbH	12
Astro-Shop	U2	Wolfgang Lille	77	William Optics	49
Astrolumina	38	Meade Instruments	U4	Wissenschaft Online	13
Astrotreff	77	Gerd Neumann jr.	61		

**Leserhinweise**

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

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

**Koordinaten:** äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0

**Helligkeiten:** sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit

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

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