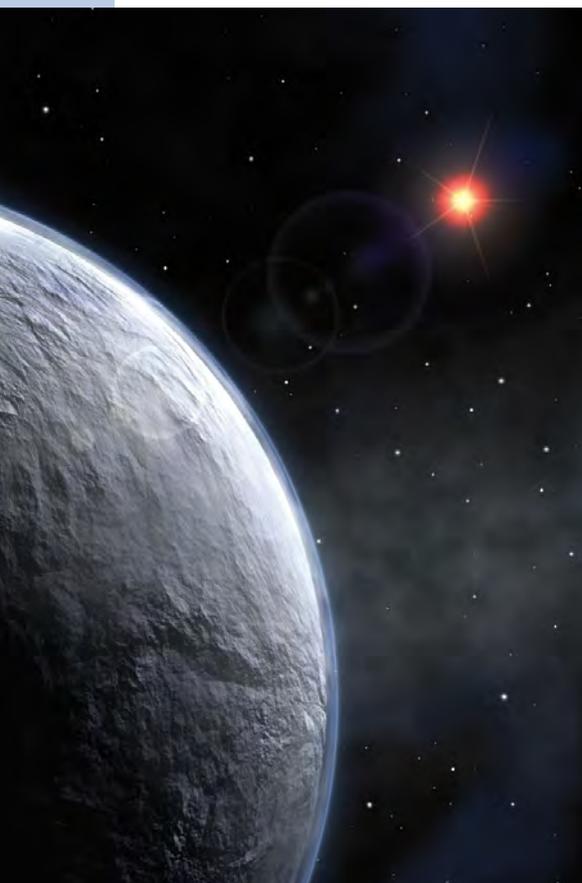


# fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur



Titelbild: **Wie ein Planet eines anderen Sterns aussieht** ist reine Spekulation – doch die künstlerische Darstellung der ESO hilft der Vorstellungskraft auf die Sprünge.

Liebe Leserinnen und Leser,

**gibt es tatsächlich** Planeten um andere Sterne, die die Voraussetzungen für die Entwicklung von Leben erfüllen? Eine derartige Meldung machte Ende April die Runde, als die ESO die Entdeckung eines Planeten in der »bewohnbaren«, weil möglicherweise die Existenz flüssigen Wassers erlaubenden Zone um den Stern Gliese 581 bekanntgab (Seite 18). Solche Berichte machen den Eindruck, die Entdeckung von Leben in anderen Sonnensystemen stehe unmittelbar bevor – doch Daniel Fischers Blick hinter die Kulissen zeigt, dass wir noch am Anfang der Suche nach Exoplaneten stehen (Seite 12).

**Wenn interstellarum Teleskope testet**, dann richtig – mit mehrmonatigem Praxistest und optischer Bank. Diesmal stehen drei apochromatische Refraktoren der neuen Generation auf dem Prüfstand, die die Entscheidung besonders schwer machen – und die Beurteilung zu einem Vergnügen für den Tester. In diesem Heft steht die visuelle Leistungsfähigkeit im Vordergrund (Seite 50), in der kommenden Ausgabe werden die fotografischen Fähigkeiten nachgereicht. Übrigens: Falls Sie einen Fernrohr-Kauf planen, empfehle ich Ihnen unsere Neuerscheinung »Fernrohrwahl«. Dort sind praktisch alle auf dem deutschen Markt erhältlichen Modelle tabellarisch aufgelistet.

**Neu im Verlagsprogramm** ist ebenfalls eine neue Ausgabe der interstellarum Archiv-CD, diesmal mit PDF-Dokumenten der Heftnummern 32 bis 49 – bestellbar über unsere Internetseite [www.interstellarum.de](http://www.interstellarum.de). Dort laden wir Sie auch zur Teilnahme an der bisher größten Leserumfrage unserer Geschichte ein, denn wir wollen mehr über Sie und Ihre astronomischen Vorlieben erfahren – natürlich anonym. Bitte helfen Sie uns, interstellarum noch mehr auf Ihre Bedürfnisse auszurichten.

Ihr

*Ronald Stoyan*



**Sonnen-  
spektroskopie**

34



**Extrascharfe  
Mondaufnahmen**

38



**Die Galaxien  
des Halton Arp**

42



**Mondfinsternis  
vom 3. März 2007**

66

**Hintergrund**

- **Hauptartikel**
- 12 **Auf der Jagd nach Super-Erden**  
CoRoT und der aktuelle Stand der Exoplanetenforschung
- 16 **Astro-Wissen: Wie findet man extrasolare Planeten?**
- **Schlagzeilen**
- 8 **New Horizons: Kosmisches Billard zwischen Monden und Ringen**
- 9 **Erste Spektren von Atmosphären extrasolarer Planeten**

**Himmel**

- **Ereignisse**
- 20 **Jupiter in Opposition am 6. Juni**
- 20 Venusbedeckung am 18. Juni 2007
- 21 Merkur am Morgenhimmel
- Plutosichtbarkeit im Sommer 2007
- **Sonnensystem**
- 24 **Sonne aktuell: Minimumsmonat Februar?**
- 25 **Planeten aktuell: Riesenplaneten im Blickpunkt**
- 26 **Kometen aktuell: Erfolgreiche Kometenentdecker**
- **Sternhimmel**
- 29 **Astronomie mit bloßem Auge: Ophiuchus – der große Unbekannte**
- 29 **Astronomie mit dem Fernglas: Venus' Glanz am Tag**
- 30 **Objekt der Saison: NGC 6572**
- 31 **Objekt der Saison: NGC 6633**
- 32 **Deep-Sky Herausforderung: Var Cas 06 – ein Mikrolinsenereignis?**

**Praxis**

- **Sonne**
- 34 **Auf Fraunhofers Spuren**  
Sonnenspektroskopie für Anfänger
- **Mond**
- 38 **Luna extrascharf**  
Hochaufgelöste Mondfotografie mit einem Dobson
- **Deep-Sky**
- 42 **Die Galaxien des Halton C. Arp**  
Teil 1: Wechselwirkende Galaxien am Frühlingshimmel
- 49 **Praxis-Wissen: Was gehört in den Okularkoffer?**

**Technik**

- **Produktvergleich**
- 50 **Alleskönner für Puristen**  
Drei Apochromatische Refraktoren im Vergleich
- **Selbstbau**
- 56 **Astrofotografie ohne Kompromisse**  
Ein selbstgebauter Newton-Astrograph
- **Astrofotografie**
- 60 **Kurze Brennweite – große Auflösung**  
Die Drizzle-Technik für Astrofotografen
- 64 **Technik-Wissen: Welches Stativ für Astrofotos ohne Nachführung?**
- **Produktspiegel**
- 55 **Neues vom Fernglas-Markt: Fujinon, Canon, Steiner und Minox**  
William erobert 130mm-Klasse  
Baader modifiziert Spaltspektrograph

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

# Jagd nach Exoplaneten

12

Schon Giordano Bruno hat von ihnen geträumt: Planeten um andere Sterne.

Doch erst vor 20 Jahren begann jenseits von Spekulationen die Geschichte ihrer wissenschaftlichen Erforschung. Bis heute sind etwas mehr als 200 Kandidaten für Exoplaneten bekannt.

Kandidaten deshalb, weil noch niemand einen Planeten um einen fremden Stern tatsächlich nachgewiesen hat - denn ihre Sonnen sind so weit entfernt, dass die Existenz der Planeten nur indirekt aus den Beobachtungen ihrer Zentralgestirne abgeleitet werden kann. Wie sicher sind diese Methoden, was hat man bereits erreicht, und welche Entdeckungen sind in naher Zukunft zu erwarten?

Die Weiterverbreitung ist untersagt.

## Beobachtungen

- **Rückblick**
- 65 **Saturnbedeckung am 2. März**  
Lichtstrahl im Hesiodus  
Asteroid 2006 VV2 bei M 81/82  
Iridium-Flare am 9. Februar
- 66 **Die totale Mondfinsternis vom 3./4. März 2007**
- **Objekte der Saison**
- 68 **M 13/Zeta Herculis**
- **Galerie**
- 72 **Astrofotos unserer Leser**

## Service

- **Szene**
- 74 Termine für Sternfreunde:  
Juni bis August 2007
- **Rezensionen**
- 75 **Kunstwerk Kosmos**  
Astronomers' Observing Guides:  
»Nebulae« und »Galaxies«
- **Astromarkt**
- 76 Astroschnäppchen
- 77 Kleinanzeigen

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

## Produktvergleich: Drei Apochromatische Refraktoren

50



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

## Neues interstellarum-Konzept

Die Interessengebiete der Hobbyastronomen sind ausgesprochen vielfältig. Es allen recht zu machen, ist schwierig und gleicht dem Versuch, den Kreis zu quadrieren. Gleichwohl gelingt es der Redaktion von interstellarum immer wieder, das Spektrum der Beiträge so breit zu fächern, dass sowohl Einsteiger als auch Alte Hasen »ihr« Thema finden. Solange das so bleibt und das Feld unkritischer Raumfahrtbegeisterung oder abgehobenen Forschungsenthusiasmus den Konkurrenzjournalen überlassen wird, sehe ich nur einen Nachteil Ihrer Zeitschrift: dass sie nicht jeden Monat erscheint.

■ Karl-Peter Julius

## Newsletter

Ich wünsche mir nur sehr wenige Veränderungen, und das betrifft vor allem den Newsletter – ich bin eher nur ein »Schönwettergucker« und würde mir bei aktuellen Ereignissen oder generell in wesentlich kürzeren Frequenzen einen Newsletter mit aktuellen Beobachtungstipps wünschen. Der interstellarum-Newsletter ist sowohl grafisch als auch von der Folge-Verlinkung sehr aufwendig, benötigt aber auch zuviel Zeit um dann alle Links auch »anzusurfen«.

Daher geht vielleicht das eine oder andere Interessante im sonstigen »Informationsgrundrauschen« unter. Also lieber öfter und kürzer und vor allem aktueller (Beispiel Mira-Maximum oder Novae) als diesen Newsletter-30-Tonner.

■ Florian Schaaf

## Mehr Hintergrundinformationen

Als frischgebackener Besitzer einer digitalen Spiegelreflexkamera war für mich natürlich der Produktvergleich im Heft 51 Nikon D70 und Canon 350D besonders interessant. Aber – verstanden habe ich nur wenig. Der Beitrag strotzt nur so von Spezialbegriffen und Abkürzungen, mit denen ein »normaler Amateur« wenig anfangen kann. Als Verbesserungsvorschlag würde ich empfehlen, dass regelmäßig bei vergleichbaren Beiträgen auch kurze Begriffserläuterungen (z.B. in eigenen Blöcken) aufgenommen werden. Ein sehr löbliches Beispiel findet sich in Computer-Bild, die praktisch in jedem Artikel am Rand kurze Begriffserläuterungen abdruckt. Vielleicht lässt sich das ja auch in interstellarum zumindest stellenweise einführen.

■ Roland Gröber

*Wir geben Ihnen völlig recht – nicht nur insofern als die geforderten Erklärungen tatsächlich gefehlt haben, sondern auch vom Autor vorgesehen waren! Leider musste der entsprechende Kasten aus Platzgründen kurz vor Druckbeginn entfallen. Zukünftig ist geplant, Hintergrundinformationen, die im Heft keinen Platz mehr gefunden haben, auf [www.interstellarum.de](http://www.interstellarum.de) als Zusatzinformation zu veröffentlichen. –red*

## Zu wenig Zeichnungen

Ich habe leider den Eindruck, dass bei immer mehr Einsteigern die Meinung vorherrscht, dass Astronomie mit Astrofotografie gleichzusetzen ist. Ich beobachte vorsichtig ausgedrückt ein »extremes« Übergewicht an Astrofotos in interstellarum. Ich habe mal durchgezählt: In der aktuellen Ausgabe (Nr. 51) ist das Verhältnis zwischen Zeichnungen und Astrofotos etwa 1:25. Kann man da nicht ein wenig gegensteuern? Es gibt doch wohl doch »relativ« viele Sternfreunde, die noch die Möglichkeit nutzen und kennen, mit dem Auge durch das Teleskop zu schauen.

■ Uwe Glahn

*Auch die Redaktion beobachtet diesen Trend mit Sorge – doch erreichen uns immer weniger Beiträge, die die visuelle Beobachtung oder Zeichnungen zum Thema haben. Auf Anfragen bei aktiven Zeichnern gab es leider Absagen oder es fehlte die Bereitschaft, sich die Mühe zu machen einen gehaltvollen Beitrag zu verfassen. Wir richten deshalb an dieser Stelle den Aufruf an alle zeichnenden Leser, verstärkt tätig zu werden – generelle Informationen für Autoren halten wir unter [www.interstellarum.de/texte.asp](http://www.interstellarum.de/texte.asp) bereit. –red*

### Mitarbeit

#### Leserumfrage auf [www.interstellarum.de](http://www.interstellarum.de)

Was ist Ihre Meinung zum Newsletter und zum neuen interstellarum-Konzept? Verraten Sie uns Ihre Meinung und nehmen Sie an unserer großen Leserumfrage teil – selbstverständlich anonym. Wir werden uns bemühen, nach Ihren Wünschen interstellarum und seinen Online-Bereich weiter zu verbessern. **Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!** Die Redaktion.



# New Horizons

## Kosmisches Billard zwischen Monden und Ringen

Am 28. Februar flog die NASA-Sonde New Horizons auf ihrem Weg zum Zwergplaneten Pluto in 2,3 Mio. Kilometern am Jupiter vorbei. Im Schwerfeld des größten Planeten im Sonnensystem sollte sie genügend Schwung holen, um die Reisezeit zum Pluto deutlich zu verkürzen. Der Vorbeiflug wurde aber auch dazu genutzt, die Instrumente zu testen und sowohl Jupiter als auch seine Monde zu untersuchen.

Die Beobachtungen begannen bereits Anfang Januar und werden etwa 120 Tage nach der größten Annäherung enden. Auf dem Programm stehen Untersuchungen der riesigen Magnetosphäre, wobei die Flugbahn der Sonde bis zu 150 Mio. Kilometer entlang des Plasmaschweifes von Jupiter führen wird und so zum ersten Mal Teilchen untersucht werden können, die das Magnetfeld des Jupiters verlassen. Natürlich werden auch die Atmosphäre von Jupiter, seine Stürme, insbesondere der Große Rote Fleck und seine Ringe beobachtet. Auch Jupiters »airglow« im ultravioletten Spektralbereich, das durch Sonnenlicht angeregt wird, aber nicht völlig verstanden ist, soll kartiert werden. Von den großen Monden werden im Vorbeiflug die Oberflächen von Io, Europa, Callisto und Ganymed unter die Lupe genommen. Aufgrund einer relativ geringen Datenübertragungsrate werden die gesammelten Daten zunächst an Bord von New Horizons zwischengespeichert und nach und nach zur Erde gesendet. Erste Daten und Bilder sind bereits eingetroffen.

Spektakuläre Aufnahmen der Jupiteratmosphäre wurden im infraroten Spektralbereich mit einer Auflösung von bis zu 175km in 250 Kanälen bei Wellenlängen zwischen 1,25µm und 2,50µm gemacht. In Abb. 2 sind zwei dieser Aufnahmen dargestellt, indem man verschiedenen Wellenlängen im Infraroten

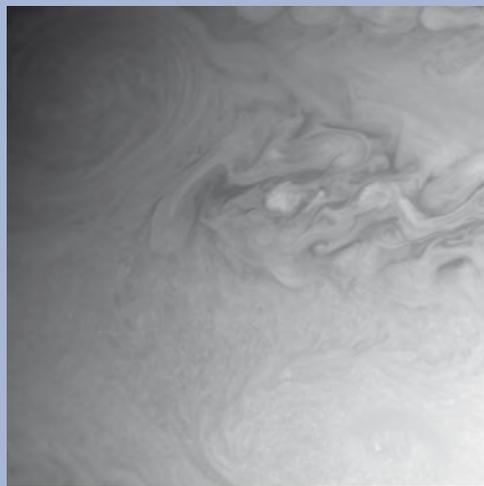


Abb. 1: Jupiters detailreiche Atmosphäre während der Annäherung von New Horizons bei Entfernungen von 3,4 Mio. Kilometern (26.2.2007), und 80,2 Mio. Kilometern (9.1.2007).

Abb. 3: Ausbruchswolke des Vulkans Tvashtar auf der Nachtseite von Io. Die Wolke über dem Vulkan erreicht Höhen von 330km und wird sowohl von der Sonne als auch von Jupiters Tagseite beleuchtet. Die Wolke ist asymmetrisch und zeigt komplizierte, fetzenartige Strukturen, die noch nicht verstanden sind. Das Zentrum der Eruption sieht man als hellen Punkt. Außerdem erkennt man den Schatten, den der sonnenbeschienene Io in den Weltraum wirft und der teilweise auf die Ausbruchswolke fällt. Rechts unten sieht man wahrscheinlich die Ausbruchswolke vom Vulkan Masubi. Am Terminator ist die sonnenbeschienene Kante eines 4,5km hohen Plateaus erkennbar.

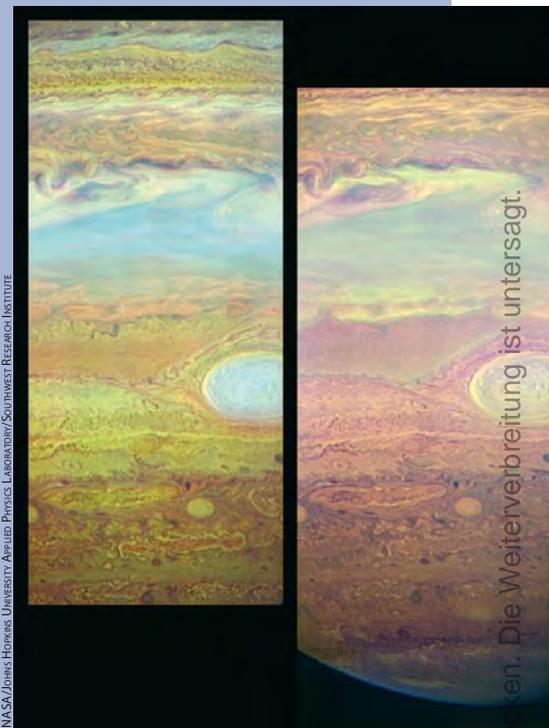
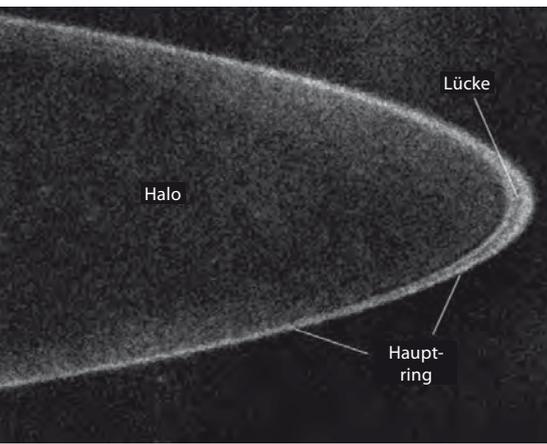


Abb. 2: Jupiter mit Großem Roten Fleck im infraroten Spektralbereich bei verschiedenen Wellenlängen. Links wurden den Wellenlängen 1,6µm, 1,89µm und 2,04µm die Farben rot, grün und blau zugeordnet. Bläuliche Farben weisen auf hoch liegende Wolken, während rötliche Farben Wolken in tieferen Schichten kennzeichnen. Man erkennt, dass der Große Rote Fleck hoch in die Atmosphäre reicht. Im rechten Bild, bei Wellenlängen um 1,3µm wurden die Farben so gewählt, dass die hoch liegende Dunsthaube über dem Südpol deutlich hervortritt.





NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

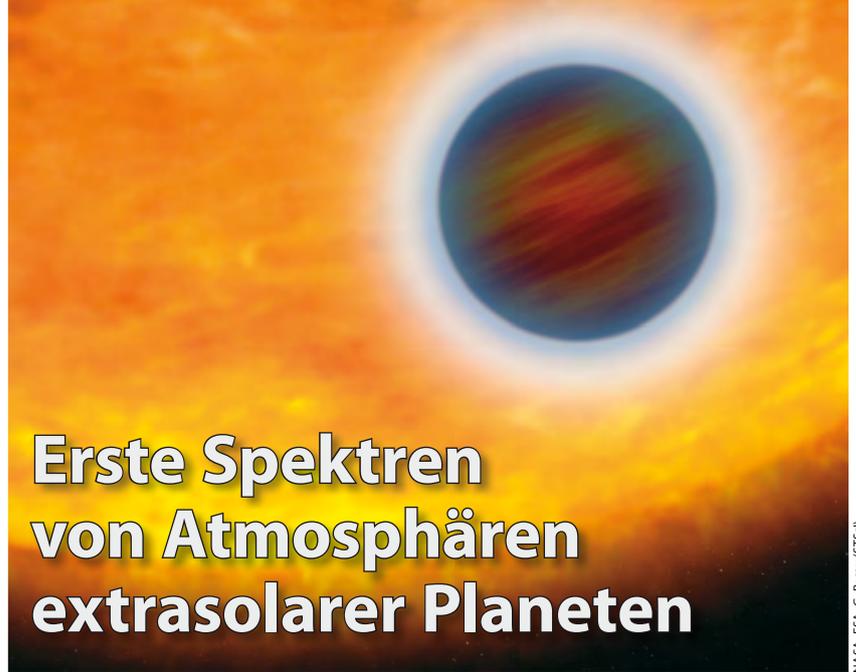
Abb. 4: **Jupiters Ring** aus einer Entfernung von 7,1 Mio. Kilometern gesehen.

die Farben rot, grün und blau zugeordnet hat. Die Jupiteratmosphäre ist bei verschiedenen Wellenlängen unterschiedlich durchsichtig, so dass man entsprechend unterschiedlich tief in sie hineinblickt. Da Licht bei  $2\mu\text{m}$  in Jupiters Atmosphäre stark absorbiert wird, reflektieren nur Wolken in sehr großen Höhen Licht dieser Wellenlänge. Licht bei  $1,89\mu\text{m}$  kommt aus tieferen Schichten und bei  $1,6\mu\text{m}$  blickt man noch tiefer in die Atmosphäre.

Aus 7,1 Mio. Kilometern Entfernung wurden auch Aufnahmen des schwachen Ringsystems von Jupiter gemacht. Zur Überraschung der Wissenschaftler war der Ring mit einer Breite von 1000km schmäler als erwartet. Es wird vermutet, dass größere Gesteinsbrocken durch die inneren Jupitermonde Adrastea und Metis auf Bahnen mit nur geringfügig verschiedenen Radien gezwungen werden. In der Mitte scheint der Ring dunkler zu sein, was ein Hinweis auf eine Lücke sein könnte, die von einem bisher noch nicht entdeckten Mond verursacht wird. Das schwache Leuchten innerhalb des Rings wird vermutlich durch feinen Staub verursacht, der in Richtung Jupiter diffundiert. Die Ringe bilden somit die äußere Begrenzung eines »Halos«, einer Staubwolke, die bis zur Wolkenoberfläche von Jupiter reicht. In Bildern, die nach dem Jupitervorbeiflug im Gegenlicht gemacht wurden, dürfte sie noch kontrastreicher hervortreten. [NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute]

### Surftipps

Homepage von New Horizons: pluto.  
 jhuapl.edu  
 JPL/NASA: www.jpl.nasa.gov  
 Space Telescope Science Institute:  
 www.stsci.edu



NASA, ESA, G. Brown (STScI)

## Erste Spektren von Atmosphären extrasolarer Planeten

Abb. 1: **Der Planet von HD209458** während eines Durchgangs in einer künstlerischen Darstellung.

Zum ersten Mal ist es gelungen, Spektren der Atmosphären zweier extrasolarer Planeten zu messen. Beide Planeten gehören zur Klasse der »heißen Jupiter«, d.h. sie umkreisen ihre Zentralgestirne in geringen Entfernungen von nur 7,5 Mio. und 4,7 Mio. Kilometern, besitzen etwa Jupitergröße und die Temperaturen ihrer Atmosphären liegen bei 1000K–2000K. Aufgrund der großen Entfernungen von 150Lj bzw. 62,8Lj und des geringen Winkelabstandes und Kontrastes zwischen extrasolarem Planet und seiner Sonne können sie nicht räumlich isoliert von ihren Zentralgestirnen beobachtet werden.

Bei beiden Planeten handelt es sich um Transit-Planeten, d.h. von der Erde aus betrachtet, sehen wir auf die Kan-

te der Bahnebenen. Die Planeten wandern alle 3,5 bzw. 2,2 Tage vor der Sternscheibe durch und werden einen halben Bahnlauf später bedeckt. Da die Planeten vor allem Infrarotstrahlung aussenden, kann ihr Licht im infraroten Spektralbereich am besten von dem des Sterns unterschieden werden. Misst man nun das gemeinsame (Infrarot-)Licht von Stern und Planet vor der Bedeckung und das Licht des Sterns, während der Planet bedeckt wird, kann man aus der Differenz sowohl die Menge an Licht bestimmen, die vom Planeten herrührt, als auch bei bekannter Entfernung und Größe des Sterns den Durchmesser des Planeten bestimmen. Für einen der Planeten, HD 189733b, wurde so ein Durchmesser von  $185000\text{km}\pm 10\%$  bestimmt.

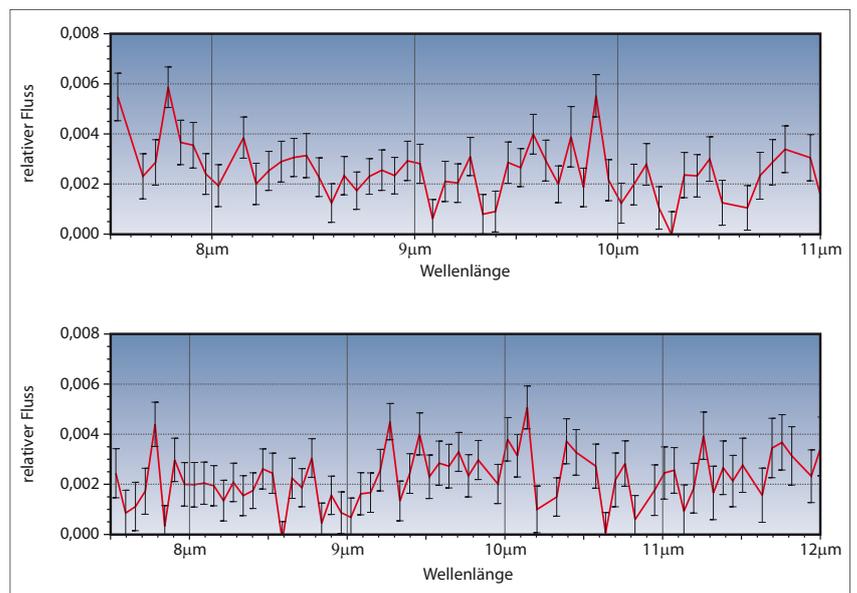


Abb. 2: **Die Spektren von HD209458b**, die aus den Daten der beiden Bedeckungen extrahiert wurden. Trotz der großen Fehlerbalken sieht man bei  $7,8\mu\text{m}$  und  $9,7\mu\text{m}$  jeweils eine Erhöhung des Flusses. [nach Richardson et al.]

Bei Verwendung eines Spektrographen ergibt sich aus der Differenz der Spektren vor und während der Bedeckung zudem das Spektrum des Planeten.

560 Einzelspektren wurden mit dem Spitzer Weltraumteleskop während zweier Bedeckungen aufgenommen, um das Spektrum des Planeten mit der Bezeichnung HD 209458b zu erhalten. Es zeigt zwei Strukturen in Emission bei  $9,65\mu\text{m}$  und  $7,78\mu\text{m}$  (Abb. 2). Erstere könnte durch Absorption von Wasserdampf zwischen  $7\mu\text{m}$  und  $9\mu\text{m}$  verursacht werden, der in den Atmosphären heißer Jupiter reichlich vorkommen soll. Langwellig von etwa  $10\mu\text{m}$  nimmt die Absorption von Wasserdampf ab und der Fluss nimmt wieder zu. Richardson und seine Kollegen favorisieren jedoch eine Interpretation, in der die Emissionsstruktur durch Siliziumoxid verursacht wird, das in Form winziger Körnchen mit Durchmesser kleiner als  $10\mu\text{m}$  in Wolken in der

Stratosphäre des Planeten vorkommen soll. Hinweise dazu kommen von Beobachtungen anderer extrasolarer Planeten und aus Stern- und Planetenentstehungsgebieten, wo Silikate nachgewiesen werden konnten. Alternativ könnte auch eine Staubhülle die Ursache sein. Die zweite Linie bei  $7,78\mu\text{m}$  könnte sowohl von Methan als auch von polizyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen herrühren.

Ein unabhängiges Forscherteam, das dieselben Daten mit einer etwas anderen Methode analysierte, findet jedoch keinerlei Strukturen im Spektrum, dessen Verlauf dem eines Körpers mit einer Temperatur von  $1100\text{K}$  entspricht. Es wäre mit Modellen verträglich, die von Wolken in den Atmosphären von extrasolaren Planeten ausgehen.

Der zweite Planet, HD 189733b, wurde insgesamt zwölf Stunden mit dem Spitzer Weltraumteleskop während zweier Be-

deckungen beobachtet. Im Gegensatz zu HD209458b zeigt sein Spektrum keinerlei Strukturen und steht damit auch im Kontrast zu allen Vorhersagen, die entweder Absorption von Wasser oder Methan bei kürzeren Wellenlängen als  $9\text{--}10\mu\text{m}$  vorhersagen. Eine Möglichkeit wäre, dass Strukturen in den Spektren der Tagseite heißer Jupiter aufgrund unterschiedlicher Temperatur-Druck-Schichtungen in der Atmosphäre unterdrückt werden.

Die ersten kontrovers diskutierten Spektren extrasolarer Planeten zeigen, dass sowohl auf theoretischer Seite als auch von der Seite der Beobachtungstechniken wie der Instrumente Fortschritte gemacht werden müssen, um die Atmosphären extrasolarer Planeten zu beobachten und zu verstehen. [Richardson et al., Nature 445, 892 (2007), Swain et al. astro-ph/0702593v1, Grillmair et al. ApJ 658L, 115 (2007)]

## Raumfahrt aktuell **Deutschland fliegt zum Mond?**

Die Zeitung mit den großen Buchstaben wusste es Mitte März mal wieder ganz genau. »200 Wissenschaftler beschließen in Bremen: Hurra, wir Deutsche fliegen auf den Mond«, prangte da in riesigen Lettern von der Titelseite, eine Story freilich, die schon seit zwei Wochen auch durch seriöse Medien geisterte. Eine rein nationale deutsche Mondmission für 2013 wurde da versprochen, mal ein Or-

biter, dann gar ein Lander, der nach angeblichen Bodenschätzen suchen sollte. Die Realität ist nicht ganz so dramatisch, wie Niklas Reinke, ein Sprecher des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt ge-

genüber interstellarum erklärt: Einzig eine Machbarkeitsstudie für einen Lunar Exploration Orbiter (LEO) ist bisher beschlossene Sache, nachdem sich eine andere Konferenz zur Zukunft der deutschen Weltraum-Exploration bereits im November 2006 in Dresden für einen deutschen Mondorbiter stark gemacht – und sich gegen einen Lander ausgespro-

chen – hatte. »Konkrete Vorstellungen hinsichtlich einer solchen Mondmission wird das DLR uns Anfang 2008 schriftlich vorlegen«, betonte auch Dagmar Wöhl, parlamentarische Staatssekretärin beim Bundesminister für Wirtschaft und Technologie, in einer Fragestunde des Bundestages am 21. März: »Erst dann werden wir eine definitive Aussage treffen können.« Genau so unklar ist, ob Deutschland die Mission alleine oder mit einem anderen europäischen Land zusammen angehen würde: In Italien z.B. könnte noch dieses Jahr die Entscheidung über ein nationales Mondprogramm der Größenordnung 900 Mio. Euro über 10 Jahre fallen, das ebenfalls mit einem Orbiter beginnen dürfte. Die Idee des deutschen Mondprogramms ist allerdings 2006 genau durch die Sorge beflügelt worden, dass Italien Deutschland als Nr. 2 in der europäischen Weltraumscene (hinter Frankreich) ablösen könnte.

Ein Lunar Exploration Orbiter, wie ihn sich die deutschen Planetenforscher vorstellen, würde 300 bis 500 Mio. Euro kosten, die sich auf fünf bis sechs Jahre verteilen. Das wäre im Rahmen des nationalen Raumfahrtbudgets Deutschlands zu verkraften, meint Reinke, wobei Wöhl »eine Erhöhung im Haushalt« für unvermeidbar hielt. Mit solch einer Mission könnte Deutschland aber »Kompetenz

herausarbeiten« (Reinke) und sei dann bei künftigen Großprojekten der europäischen oder internationalen Raumfahrt besser aufgestellt, sprich: werde die interessanteren Aufgaben erhalten. Der Lunar Exploration Orbiter würde u.a. mit einer Variante der deutschen High Resolution Stereo Camera des Mars Express ausgestattet, die sich dann mit vielen anderen Kameras auf vier Mondorbitern der USA, Chinas, Japans und Indiens messen könnte. Die freilich schon dieses und nächstes Jahr auf die Reise gehen sollen, vielleicht gefolgt von derzeit nur angedachten italienischen und britischen Missionen. Nach dem aufwändigen Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO), den die NASA Ende 2008 speziell für die Suche nach günstigen Landeplätzen künftiger bemannter Missionen starten wird, wird allerdings die amerikanische Mondforschung fast vollständig zum Erliegen kommen. Im Gegensatz zu den Apollo-Missionen, die von einem umfassenden Wissenschaftsprogramm begleitet wurden, ist dieses Mal kein Geld dafür vorhanden, wie sich Anfang 2007 zum Entsetzen der US-Forscher herausstellte: Nach dem LRO ist Schluss. Jetzt müssen die Europäer nur noch die richtige Balance aus Konkurrenz und Zusammenarbeit finden, um elegant in die Lücke zu stoßen...

■ Daniel Fischer







# Auf der Jagd nach Super-Erden

## CoRoT und der aktuelle Stand der Exoplanetenforschung

VON DANIEL FISCHER

Am 3. Februar hat er die Arbeit aufgenommen: ein kleiner europäischer Satellit, der zum ersten Mal die Chance hat, eine Anzahl erdähnlicher Planeten in der Milchstraße zu lokalisieren. Genau 20 Jahre nach dem ersten Nachweis von Planeten anderer Sonnen und stürmischen Fortschritten tritt die Suche nach den Exoplaneten abermals in eine neue Phase, und auch die Erforschung ihrer physischen Eigenschaften schreitet voran – Zeit für eine Bestandsaufnahme.

Abb. 1: **Planeten um andere Sonnen** – über 200 sind bereits nachgewiesen. Mithilfe des neuen Satelliten CoRoT hofft man nun, insbesondere mehr kleine erdähnliche Kandidaten zu finden. [ESO]

Um keine falschen Hoffnungen aufkeimen zu lassen: Richtige Bilder von Planeten anderer Sterne gibt es bis heute nicht, manch anders lautender Meldung zum Trotz. Der enorme Helligkeitsunterschied zwischen Stern und Planet ist das größte Problem (das bereits Giordano Bruno erkannt haben soll), auch wenn der Kontrast im infraroten Spektralbereich geringer ausfällt. Aber jenseits der direkten Abbildung hat die moderne Astrophysik nicht weniger als fünf Methoden zur Verfügung, um die Existenz extrasolarer Planeten (kurz: Exoplaneten) zu beweisen und sogar etwas über ihre physischen Eigenschaften herauszufinden.

## Frühe Messungen

Die Erfolgsgeschichte der Exoplanetenforschung begann vor genau 20 Jahren, mit einer Pressekonferenz in Kanada im Juni 1987 – und nicht erst im Herbst 1995, wie man immer liest. Dabei hatte die Diskussion noch recht vager Radialgeschwindigkeits-Effekte (Abb. 2) bei einer Handvoll Sterne, die Bruce Campbell und Kollegen als Signatur von Planeten deuteten, zunächst für jede Menge Schlagzeilen gesorgt und war noch eine Weile auf Tagungen verteidigt worden. Aber die Skepsis in damaligen Fachkreisen war immens, erinnert sich einer der Koautoren, der heute noch in der Exoplanetenforschung tätige Gordon Walker, gegenüber interstellarum: »Astrometrie hatte zu so vielen Fehlalarmen geführt, und sogar der erste Planet eines Millisekundenpulsars hatte sich als Irrtum herausgestellt. Manche Astronomen hielten die Jagd nach Exo-

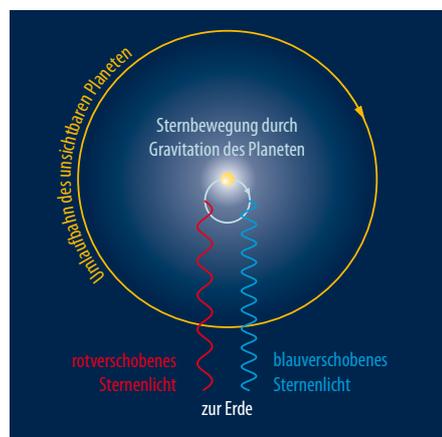


Abb. 2: **Das Prinzip der Radialgeschwindigkeitsmessung:** Nähert sich der Stern bei seiner Bewegung um den Schwerpunkt seines Planetensystems der Erde, werden die Spektrallinien zu geringeren Wellenlängen verschoben, entfernt er sich, werden die Linien zu größeren Wellenlängen verschoben.

planeten nicht einmal für richtige Astronomie.« Außerdem entsprachen die Orbits der mutmaßlichen Planeten nicht den Erwartungen der Theoretiker, die unser Sonnensystem für den typischen Fall hielten, und periodische Veränderungen an den Sternen selbst konnten auch zu leichten Variationen der Radialgeschwindigkeit führen.

Als es die langjährigen Beobachtungen schließlich in die Fachliteratur geschafft hatten, waren die Autoren äußerst vorsichtig geworden: Im August 1988 sprachen sie immerhin noch von »kleinen aber statistisch signifikanten Langzeittrends in den Geschwindigkeiten«, die von Planeten von ein paar Jupitermassen verursacht worden sein könnten. Aber in einer großen Arbeit 1995 hatten sich Walker und Mitarbeiter selbst überzeugt, dass bei keinem einzigen von 45 nahen sonnenähnlichen Sternen ein Planet zu finden war. Campbell gehörte damals schon nicht mehr zum Team: Er hatte in der Astronomie keine Jobchancen gesehen und ist heute Steuerberater! Die Seltenheit von Exoplaneten wurde

gar als Problem benannt, mit dem sich die Theoretiker auseinanderzusetzen hätten – und dann gelang nur wenige Monate später einer europäischen Gruppe der viel klarere Nachweis eines Planeten des Sterns 51 Pegasi, ab 1996 gefolgt von etlichen weiteren Entdeckungen durch mehrere Gruppen auf drei Kontinenten. Gänzlich untergegangen ist dabei aber, dass sich zwei der 1987 von Campbell et al. vermuteten Planeten nunmehr als echt erwiesen haben!

## Die ersten extrasolaren Planeten

Die kanadischen Messungen schwankender Radialgeschwindigkeit bei  $\gamma$  Cephei und  $\epsilon$  Eridani fügen sich nämlich nahtlos in Messreihen mit moderneren Teleskopen ein, die 2003 bzw. 2006 vorlagen, womit die Kanadier eigentlich als die ersten Entdecker von Planeten anderer sonnenähnlicher Sterne gelten müssten. Nur den Beweis konnten sie selbst nie antreten, und während er bei  $\gamma$  Cephei schlussendlich allein mittels besserer Messungen der Radialgeschwindigkeit gelang, musste

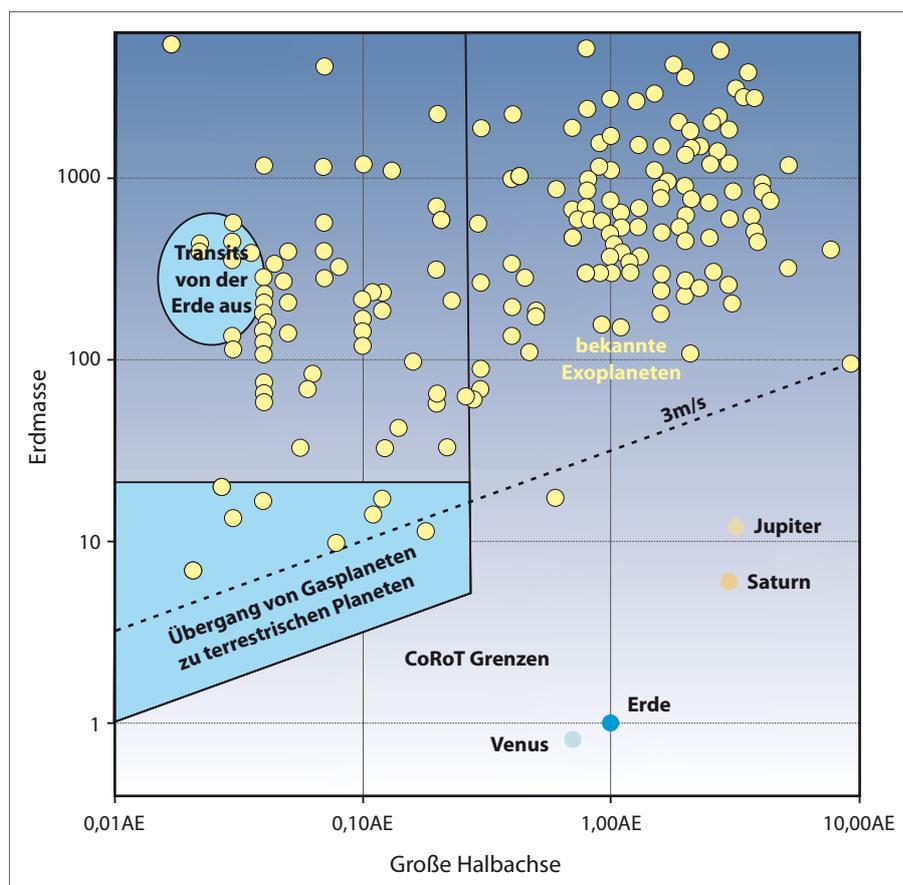


Abb. 3: **CoRoT stößt in einen neuen Bereich der Exoplaneten vor:** Der Satellit sollte in der Lage sein, masseärmere Planeten als je zuvor zu entdecken, allerdings nur mit relativ kurzen Umlaufzeiten (Trapez unten links). Transitbeobachtungen von der Erde aus (Ellipse oben links) fallen dagegen in einen Bereich, in dem die Radialgeschwindigkeitsmethode schon hunderte Male erfolgreich war (gelbe Punkte). Ihre konservative Nachweisgrenze liegt bei 3 m/s (gestrichelte Linie). [nach Aigrain et al.]

bei  $\epsilon$  Eridani auch die Astrometrie helfen. Denn mit dem Hubble Space Telescope war es gelungen, winzige Bewegungen des Sterns in der Himmelsebene nachzuweisen, die die Schwerkraft des Begleiters verursacht. Die große Halbachse des Bahnreflexes des Sterns am Himmel misst zwar nur 1,9 Millibogensekunden, aber das können die Fine Guidance Sensors des Satelliten deutlich verfolgen.  $\epsilon$  Eri b ist nun sogar einer der vielversprechendsten Kandidaten für das erste direkte Bild eines Exoplaneten! Denn seine Bahn ist elliptisch, und aus den gesammelten astrometrischen und Radialgeschwindigkeitsdaten folgt, dass der Winkelabstand von Planet und Stern Ende 2007 mit 0,3" besonders gering, der Planet dann aber im reflektierten Licht besonders hell sein wird.

Bei noch mindestens einem dritten Fall klarer periodischer Variationen der Radialgeschwindigkeit eines Sterns, die vor 1995 publiziert und als nicht-planetaren Ursprungs »wegerklärt« worden waren, hat sich seither herausgestellt, dass doch ein Planet verantwortlich ist: Es handelt sich um keinen geringeren als Pollux in den Zwillingen! Im Jahr 1993 waren bei ihm sowie Aldebaran und Arktur deutliche Perioden der Radialgeschwindigkeit publiziert worden, aber erst 2005 dämmerte es den Entdeckern, dass nicht der Stern selbst die Ursache war. 25 Jahre Radialgeschwindigkeitsmessungen von  $\beta$  Geminorum durch diverse Instrumente gibt es inzwischen, stets ist das gleiche klare und stabile Signal vorhanden, das auf einen Planeten mit einer Umlaufperiode

von 590 Tagen hinweist – und keine einzige physikalische Eigenschaft von Pollux schwankt im selben Rhythmus. In diesem Fall »verpasster« Exoplaneten hat der Verfasser erfahren, dass einer der drei Autoren der 1993er Veröffentlichung schon damals von Planeten ausgegangen, aber überstimmt worden war...

### Eine neue Suchtechnik

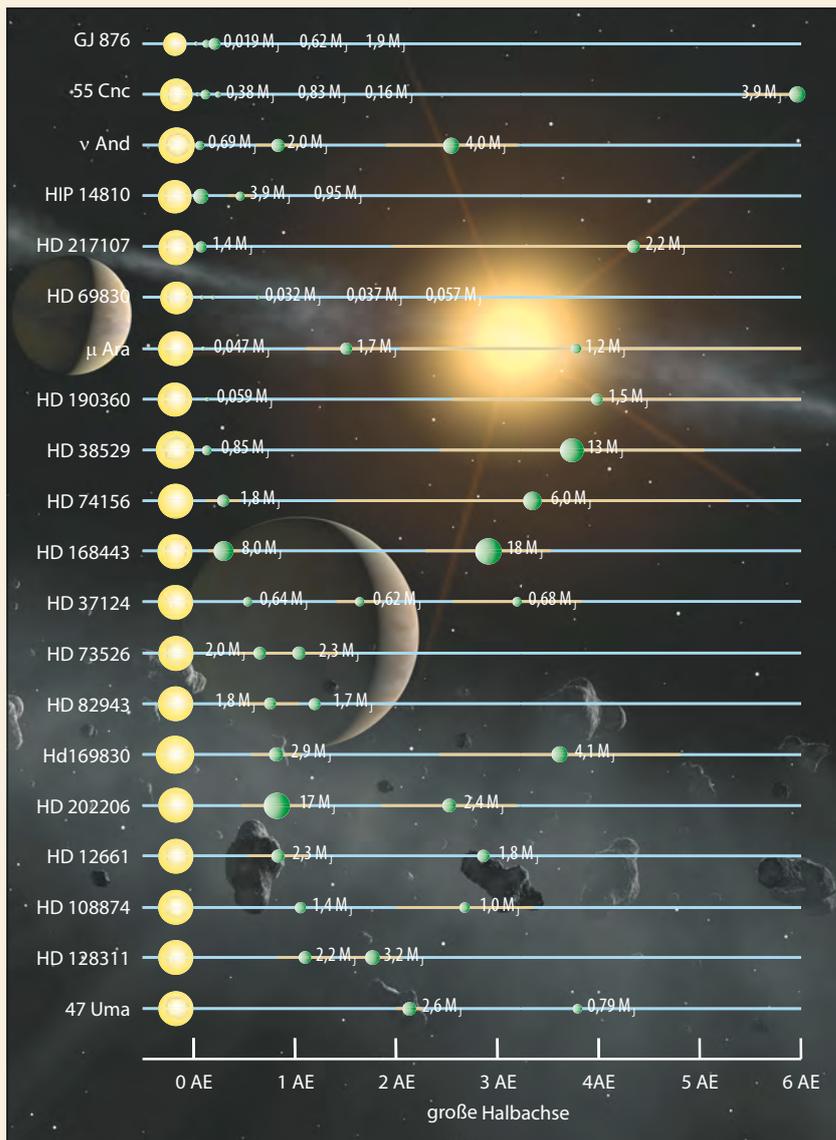
Die Entdeckungsflut extrasolarer Planetensysteme mit der Radialgeschwindigkeitsmethode hat seither einen guten Überblick über ihre Vielfalt geliefert (siehe Kasten), und seit 1999 gesellen sich auch die Transitbeobachtungen dazu: zuerst bei Sternen, deren Planet schon bekannt war, später auch zum Entdecken unbekannter

## Viele verschiedene Welten

215 extrasolare Planeten – streng genommen müsste man von Kandidaten sprechen, da für die meisten nur Untergrenzen der Masse bestimmt werden können – sind bis zum 17. März 2007 gefunden worden, davon allein 203 mit Hilfe der Radialgeschwindigkeitsmethode. Diese 203 Planeten verteilen sich auf 175 Planetensysteme, da 20 Systeme mehr als einen Planeten beherbergen (Abb. 1). Jeweils vier weitere Planeten wurden durch Microlensing-Beobachtungen und bildgebende Verfahren gefunden. Vier Planeten, von denen drei in einem Planetensystem vorkommen, wurden um Pulsare gefunden.

Die Diagramme zeigen, wie sich die Massen und großen Halbachsen der Exoplaneten verteilen. Man sieht sofort, dass etwas mehr als die Hälfte der Exoplaneten mehr als eine Jupitermasse besitzen, 16 haben eine Masse von weniger als 1/10 Jupitermassen, davon wiederum haben nur zwei etwa 1/100 Jupitermassen. Es gibt nur einen Exoplaneten, der weniger als eine Erdmasse (3/1000 Jupitermassen) aufweist. Deshalb sind die meisten der Exoplaneten wahrscheinlich Gasplaneten. Mehr als die Hälfte umkreisen ihre Sonnen in Abständen von weniger als einer Astronomischen Einheit (AE), dem Abstand der Erde von der Sonne. Insbesondere die Verteilung der Massen, aber auch der Abstände, die mit den Umlaufzeiten korrelieren, werden

Abb. 1: Die 20 extrasolaren Planetensysteme mit mehr als einem Planeten, die entsprechend ihrem Abstand rechts von ihrer Sonne aufgetragen sind.



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

Systeme. Das ist mühsam, weil das Licht tausender Sterne präzise überwacht werden muss, in der Hoffnung, dass einer von ihnen wiederkehrende charakteristische kleine Helligkeitseinbrüche zeigt, wenn der Planet von der Erde aus betrachtet vor der Scheibe seines Zentralgestirns durchläuft. Mehrere Suchprogramme auf der Erde tun genau das, wobei zuweilen auch Amateurastronomen eine recht zentrale Rolle spielen – zum ersten Mal bei der Entdeckung des zehnten Transitplaneten 2005/6: Während der Kandidat von einem professionellen Suchsystem aufgespürt worden war, bestätigte erst die Präzisionsphotometrie der Amateure die Realität der Transits. Die Strategie des »XO«-Projekts ist aufgegangen, mit einem Teleskop an einem exzellenten Platz (in diesem Fall

auf dem Hawaii-Vulkan Haleakala) und mehreren Amateuren die Kandidaten zu verifizieren oder zu falsifizieren.

Während die Transit-Suchprogramme auf der Erde mit großformatigen CCD-Kameras und kurzen Brennweiten arbeiten, hat es auch schon Versuche mit der Technik im Erdorbit gegeben. Das Hubble Space Telescope scheint dabei letztes Jahr sogar auf eine besonders exotische Unterklasse der Exoplaneten mit ultrakurzen Umlaufzeiten von weniger als einem Tag (!) gestoßen zu sein, als der Satellit wiederholt 180000 ferne Sterne photometrierte. In 16 Fällen gab es dabei regelmäßig Helligkeitseinbrüche durch vorbeiziehende Begleiter, in fünf davon häufiger als einmal pro Tag, wobei die kürzeste Periode 10,2 Stunden beträgt. Leider konnte erst

in zwei der Fälle durch Messungen der Radialgeschwindigkeit sichergestellt werden, dass wirklich Körper planetarer Masse dahinter stecken. Und dazu gehört leider keiner der fünf Kandidaten für Ultra-Short-Period Planets (USSPs), deren Sterne alle für Spektren zu lichtschwach sind, doch lässt sich durch Berücksichtigung aller Alternativen recht gut abschätzen, dass die Hälfte der Hubble-Kandidaten und damit auch einige der mutmaßlichen USSPs echte Planeten sein sollten.

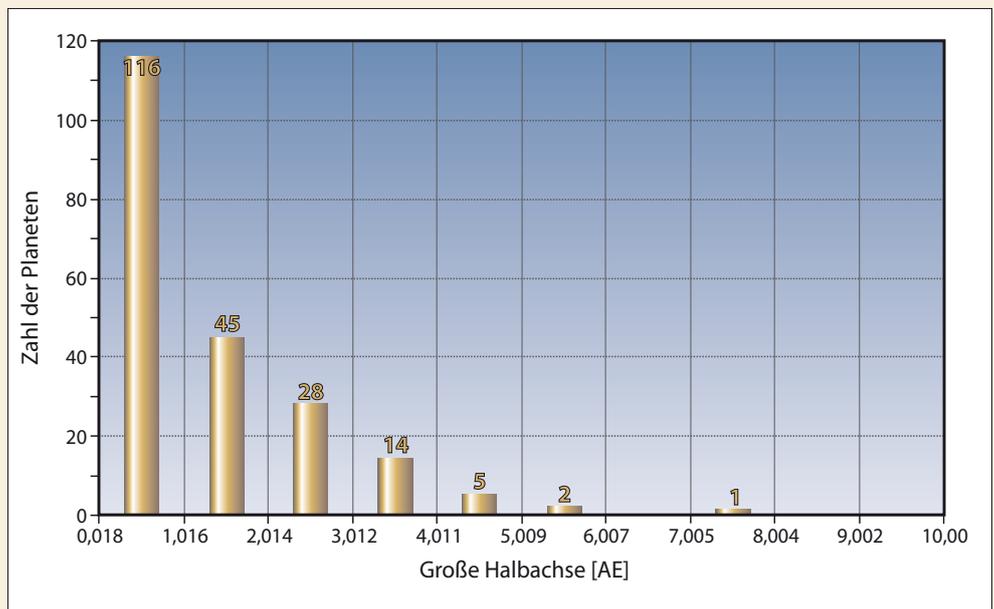
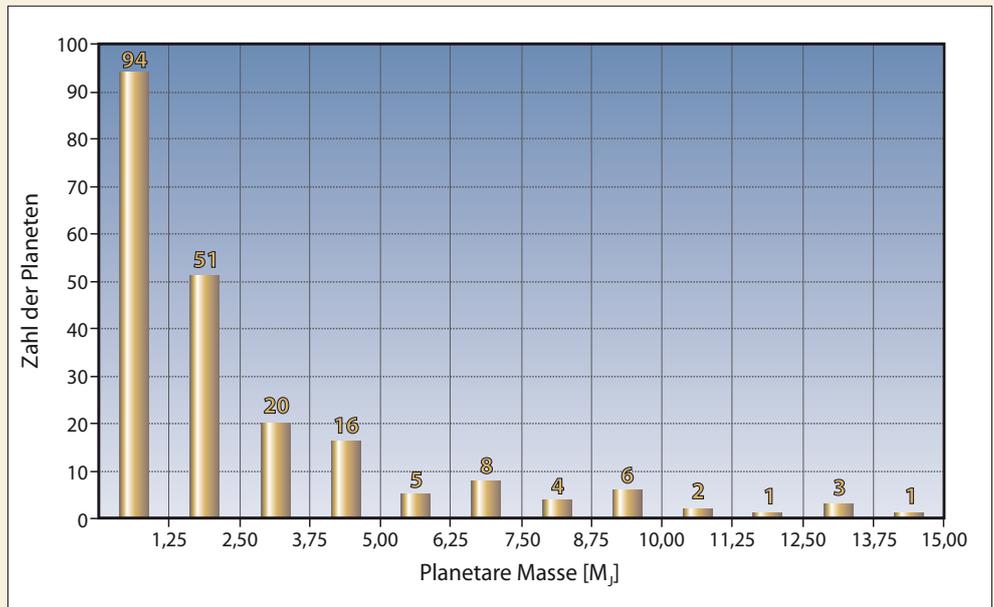
### CoRoT – auch auf der Suche nach extrasolaren Planeten

Für Hubble war das nur ein Experiment unter vielen, der kleine europäische Spezialellit CoRoT aber ist das erste

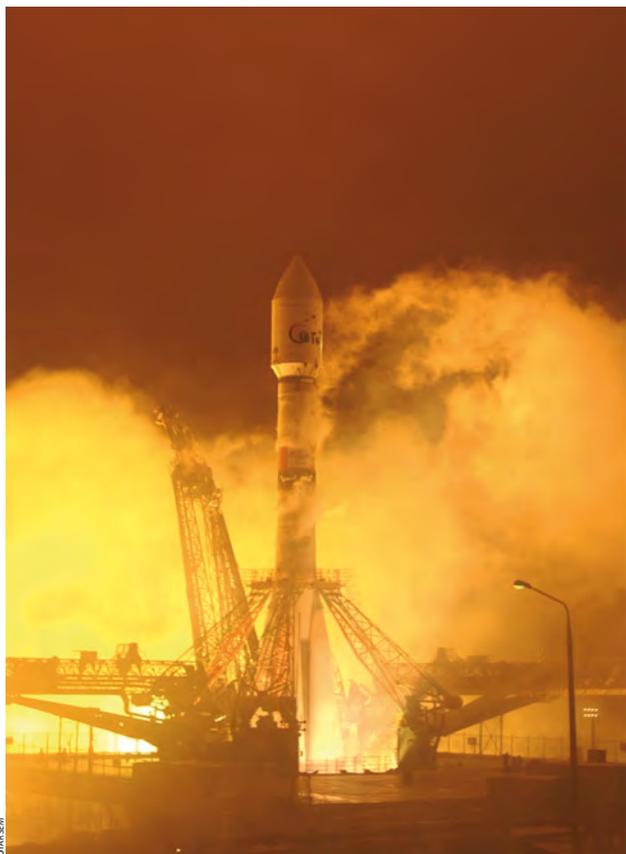
Abb. 2: Verteilung der Massen (oben) und Abstände vom Zentralgestirn (unten) für die bisher gefundenen Exoplaneten.

Planeten mit mehr als 13 Jupitermassen und in mehr als 10AE Abstand sind nicht aufgeführt.

durch die verwendeten Suchtechniken bestimmt. Mit der Radialgeschwindigkeitsmethode, wie auch mit der Astrometrie, werden bevorzugt massereiche Exoplaneten entdeckt; die Zeitabstände zwischen zwei Messungen desselben Sterns sowie der Zeitraum, über den solche Einzelmessungen erfolgen, bestimmen, welche Umlaufzeiten und damit Abstände vom Zentralgestirn man erfassen kann. Die drei Exoplaneten mit den geringsten Massen (kleiner 1/100 Jupitermasse) wurden allesamt um einen Pulsar entdeckt, bei dem man aus Abweichungen in der Abfolge der Pulse auf eine Bewegung um den System-schwerpunkt schließt. Da Zeitdifferenzen sehr genau bestimmt werden können, lassen sich damit auch Exoplaneten geringer Masse entdecken. Unabhängig von den Massen der Exoplaneten ist die Transitmethode, sie wird jedoch bevorzugt Exoplaneten nahe den Zentralgestirnen mit kurzen Umlaufperioden finden.



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



SINERMA

Abb. 4: **Start des Satelliten CoRoT** am 27.12.2006 vom Weltraumbahnhof Baikonur auf einer Soyuz-Rakete.



CNES/JALBY PIERRE

Abb. 5: **Der Satellit CoRoT, der mit seinem 270mm-Teleskop** sowohl erdgroße extrasolare Planeten aufspüren als auch das Innere von Sternen untersuchen soll.

Weltraumunternehmen, bei dem die Suche nach Exoplaneten mit der Transittechnik im Mittelpunkt steht. CoRoT sucht nach so kleinen Objekten, dass ihre subtilen Transits vom Erdboden aus durch die Atmosphäre nicht ohne weiteres zu sehen wären. Am 27. Dezember 2006 gestartet, hat der Satellit sein 270mm-Teleskop rasch auf das Sternbild Einhorn ausgerichtet und vom 3. Februar bis 2. April 2006 immer wieder dasselbe Sternfeld aufgenommen, dann drehte er sich um 180° und hat nun für ein halbes Jahr das Galaktische

Zentrum im Blick. Der Name des Satelliten ist eine Abkürzung für »Convection, Rotation & Transits«, was auf eine doppelte Rolle hinweist: Während ein Teil seiner CCD-Kamera nach Planetentransits sucht, werden zugleich von ausgewählten Sternen in einem benachbarten Feld präzise Lichtkurven aufgenommen, die Rückschlüsse auf Schwingungen des Sternkörpers und damit sein Innenleben zulassen (Asteroseismologie).

Letzteres war 1993 die ursprüngliche Zielsetzung des damals noch rein französ-

sischen Projekts gewesen, das durch die Entdeckungsflut der Exoplaneten ab 1995 eine neue zusätzliche Richtung und größere Dringlichkeit bekam und überhaupt erst so – und mit viel ausländischer Hilfe – realisiert werden konnte. Sowohl die ESA wie auch einzelne europäische Länder, darunter Deutschland mit 5 Mio. Euro, trugen zum Schluss etwa die Hälfte der Gesamtkosten und steuerten u.a. wesentliche Bauteile bei. Zum Beispiel den ausgeklügelten Blendenmechanismus, der dafür sorgt, dass so wenig Streulicht wie möglich

## Wie findet man extrasolare Planeten?

**D**iese Frage beschäftigt die Astronomen seit Jahrzehnten, denn sie sind sich sicher, dass es Planeten auch um andere Sterne als unsere Sonne gibt.

Die Hinweise dazu kommen aus der Sternentstehung. Ein Stern bildet sich aus einer riesigen Wasserstoffwolke, die sich zusammenzieht und dabei, wie eine Eistanzerin, die bei einer Pirouette die Arme anzieht, immer schneller rotiert. Die beobachteten Sterne rotieren jedoch sehr gemächlich um ihre Achse und müssen deshalb ihren Drehimpuls aus der Entstehung losgeworden sein. In Doppel- oder Mehrfachsystemen, aber auch bei der Entstehung eines Planetensystems kann Drehimpuls vom entstehenden Stern in die Bahnbeziehung von Begleitsternen oder von Planeten übertragen werden. Betrachtet man unser Sonnensystem, so stellt man fest, dass 99% des Drehimpulses bei den Planeten zu finden ist und nur 1% bei der Sonne. Bei der Suche nach extrasolaren Planeten sollte man also langsam rotierende Einzelsterne auswählen.

Die Problematik der Entdeckung eines extrasolaren Planeten wird deutlich, wenn man versucht, aus der Entfernung des nächsten Sternes Proxima Centauri (4,2 Lichtjahre) Jupiter, den größten Planeten unseres Sonnensystems, zu entdecken. Obwohl er sich bei maximaler Elongation bis zu 4" von der Sonne entfernen kann, versinkt das Milliarden Mal schwächere Lichtpünktchen im Glanz der Sonne. Der direkte Nachweis ist also kaum möglich – und bisher auch nur bei ein oder zwei sehr leuchtschwachen Sternen im infraroten Spektralbereich gelungen. Eine andere Möglichkeit wäre, die Position eines Sterns relativ zu den Hintergrundsternen zu messen und damit die Bewegung um den gemeinsamen Schwerpunkt eines möglicherweise vorhandenen Planetensystems, die sich als Abweichung von einer geradlinigen Bewegung äußert, nachzuweisen. Jupiter, der immerhin ein tausendstel Sonnenmassen aufbieten kann, sorgt aus der Entfernung von Proxima Centauri betrachtet für eine Auslenkung von etwa 0,008". Erdgebundene Teleskope können zurzeit Positionen auf etwa 0,001", das HST 0,0001" messen. Das VLTI der ESO zusammen mit dem Instrument PRIMA und zukünftige Raumsonden wie SIM und GAIA werden bei Positionsmessungen Genauigkeiten von 0,0001"–0,000001" erreichen. Man kann also hoffen, mit dieser Methode in der Zukunft extrasolare Planeten zu entdecken.

Dieselbe Bewegung der Sonne bzw. eines Sterns um den gemeinsamen Schwerpunkt des Planetensystems verrät sich jedoch auch in der Bewegung der Spektrallinien um ihre Ruhewellenlänge: Dabei bewegt sich der Stern einmal auf uns zu und einmal von uns



## Wie groß wird die Ausbeute an Exoplaneten sein?

Diese Frage war natürlich vor dem Start von besonderem Interesse. Eine umfassende Simulation, bei der ein »Spielmeister« künstliche Lichtkurven von einer Art erzeugte, wie sie CoRoT liefern soll, und hier und da einen Planetentransit einfügte, verlief erfreulich, als mehrere Arbeitsgruppen die »Daten« parallel unter die Lupe nahmen: Keine Fehldetektion eines Transits wurde von mehr als einer Gruppe gemeldet. Um allerdings abzuschätzen, wie viele Planeten welchen Typs CoRoT in der Realität finden mag, muss das bisherige Wissen über deren Populationen berücksichtigt werden. Wie häufig Riesenplaneten sind, weiß man heute ganz gut, aber für die felsigen »Supererden« mit bis zu zwei Erdmassen hinab, die CoRoT erstmals finden soll, fehlt weitgehend das Wissen: Man hat einfach angenommen, dass sie 5-mal häufiger sind. Insgesamt 65 Riesenplaneten und grob 20 »Erden« sind demnach bei den 120000 während der Gesamtmission überwachten Sternen zu erwarten, wegen der Suchstrategie mit maximal 50 Erdtagen Umlaufzeit. Bei sonnenähnlichen Sternen wären solche Planeten in einer Merkur-ähnlichen Situation und zu heiß für flüssiges Wasser, nur bei Zwergsternen kreisten sie in der so genannten habitablen Zone, die den Abstandsbereich um einen Stern kennzeichnet, in dem ein erdähnlicher Planet moderate Oberflächentemperaturen aufweist, die für höhere Lebensformen notwendig sind.

Was CoRoT findet, sind freilich erst einmal keine Planeten, sondern Kandidaten, die in einem ziemlich aufwändigen Beobachtungsprogramm am Boden verifiziert werden müssen. Mit einem Teleskop der 1m-Klasse – eingeplant sind u.a. ein 80cm-Spiegel der ESA auf Teneriffa und das Euler-Teleskop auf La Silla – werden gefundene Transits mit höherer Winkelauflösung erneut beobachtet, als sie CoRoTs kleines Teleskop schafft: In dich-

ten Sternfeldern dürfte so überhaupt erst klar werden, welchen Stern es getroffen hat. Sodann sind Messungen der Radialgeschwindigkeit angesagt, die der Bedecker seinem Stern aufzwingt: Erst diese Auslenkungen entlang der Sichtlinie verraten seine Masse und die Planetennatur! Das VLT und weitere Teleskope in Chile, Frankreich und Deutschland (hier das Tautenburger 2m-Universalteleskop) kommen je nach Helligkeit des Sterns zum Einsatz. Praktischerweise hat die Qualität der Radialgeschwindigkeitsmessung an diesen Sternwarten genau die Qualität erreicht, die zur Bestätigung der CoRoT-Planeten nötig ist.

Wenn sich ein Fall dann als echt herausgestellt hat, werden vom betroffenen Stern noch hochauflösende Spektren mit Großteleskopen gewonnen, um seine physikalischen Parameter besser einzugrenzen, während im Orbit Hubble und Spitzer bereit gemacht werden, um mehr über die Planeten zu erfahren. Nach der sechsmonatigen Messung in Richtung Galaktisches Zentrum und den Nachbeobachtungen, so versprechen die CoRoT-Forscher, sollte der erste erdähnliche Planet im Frühjahr 2008 dingfest gemacht sein. Und erst Ende 2008 dürfte der NASA-Satellit Kepler starten, der ein ähnliches Ziel wie CoRoT verfolgt: Mindestens vier Jahre lang wird er auf einer heliozentrischen Bahn fernab der Erde mit einem 95cm-Spiegel dasselbe Riesenfeld mit 130000 Sternen anstarren, um so noch subtilere Transits und auch Planeten mit längeren Umlaufzeiten nachweisen zu können. Die ersten echten Zwillinge der Erde sollten damit in Keplers Reichweite sein, 50 vielleicht. Konkrete Nachfolger CoRoTs und Keplers sind leider nicht in Sicht: Sowohl der Terrestrial Planet Finder der NASA wie der ähnliche Darwin der ESA sind wegen der enormen technischen Herausforderung, fremde Erden aufgelöst abzubilden, und explodierender Kosten vorerst aus der Planung genommen worden.



Abb. 6: CoRoT im Orbit – eine künstlerische Darstellung.

## Zweite Erde um Roten Zwerg?

Die Meldung ging durch die Medien – im April hatten Beobachter der ESO den Fund eines Planeten um Gliese 581 in der so genannten »habitable zone« bekannt gegeben. Die »habitable zone« ist der Entfernungsbereich um einen Stern, in dem die Oberflächenbedingungen auf einem Planeten flüssiges Wasser ermöglichen. Bei Gliese 581 handelt es sich um einen Roten Zwergstern von  $10^{m6}$  scheinbarer Helligkeit in 20,5 Lichtjahren Entfernung im Sternbild Libra. Der Planet hat die fünffache Erdmasse und befindet sich 14 Mal näher an seinem Stern als dies im Erde-Sonne-System der Fall ist. Seine Umlaufzeit beträgt nur 13 Tage.

Weil der Stern jedoch wesentlich leuchtschwächer als die Sonne ist, liegt der Planet wahrscheinlich in einer für das Vorkommen von flüssigem Wasser günstigen Entfernung. Die bisherigen Temperaturabschätzungen von etwas unter  $0^\circ$  bis etwa  $40^\circ$  beruhen allerdings auf Annahmen über die unbekannte Atmosphäre. Erst weitere Untersuchungen werden Auskunft über seine Rotation und seine Atmosphäre und somit seine wirkliche Oberflächentemperaturen geben.

■ Ronald Stoyan

### Surftipps

Die Enzyklopädie der extrasolaren Planeten: [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu)



# Himmelsereignisse im Juni/Juli 2007

## Gasriese im Blickpunkt

### Jupiter in Opposition am 6. Juni

Der größte Planet des Sonnensystems ist der Star der kurzen Sommernächte. Am 6.6. gegen 1:13 MESZ erreicht er seine diesjährige Oppositionsstellung, steht also der Sonne am Himmel genau gegenüber. Einen Tag später wird der kleinste Erdabstand mit 4,3AE oder 644 Mio. Kilometern erreicht. Die Helligkeit des Gasriesen beträgt dann  $-2^m,6$ .

Leider steht Jupiter in Ophiuchus bei einer Deklination von fast  $-22^\circ$ . Für die Mitte Deutschlands steigt er deshalb nur etwa  $18^\circ$  über den Horizont, seine Sichtbarkeitsdauer beträgt nur 8,5 Stunden. Dies bedeutet, dass bei einer teleskopischen Beobachtung oft schlechte Seeingverhältnisse stören werden. Dennoch sollte man Jupiter diesen Sommer intensiv verfolgen, denn aktuelle Entwicklungen in seiner Atmosphäre versprechen kurz bevorstehende große Umwälzungen (vgl. S.25).

Zu einem besonderen Ereignis kommt es in der Oppositionsnacht. Von 22:19 MESZ am 5. bis 0:31 MESZ am 6. Juni läuft der Mond Io vor der Jupiterscheibe durch. Dabei wird er seinen eigenen Schatten, den er auf das Jupiterscheibchen wirft, für Beobachter auf der Erde bedecken. Solche Ereignisse sind selten und nur jeweils unmittelbar um den Oppositionszeitpunkt zu sehen (vgl. interstellarum 39 und 45). Bei sehr gutem Seeing kann während des Monddurchgangs eine feine schwarze Sichel am südlichen Rand des Mondscheibchens wahrgenommen werden. Die Dokumentation dieses Ereignisses erfordert eine lange Brennweite, viel Geduld und exzellentes Seeing – wir veröffentlichen Ihre Resultate gerne, wenn Sie Erfolg hatten.

■ Ronald Stoyan



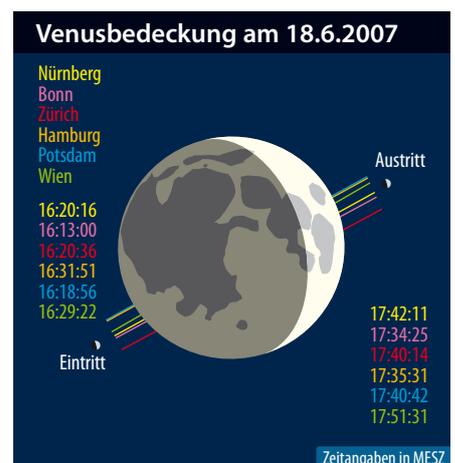
MARCO WIEGAND

**Jupiter ist dieses Jahr im Juni und Juli am besten zu beobachten.** Zwei Jupiteranblicke aus dem Jahr 2006 (links) und 2004 (rechts) zeigen die Planetenatmosphäre in den letzten Jahren.

## Venusbedeckung am 18. Juni 2007

Venus steht Anfang Juni in größtem Glanz am Abendhimmel und lenkt am 18.6. noch mehr Aufmerksamkeit auf sich. Nach einer Pause von gut drei Jahren ist vom deutschen Sprachraum aus wieder eine Bedeckung der Venus durch den Mond beobachtbar. Dabei verschwindet die »Halbvenus« hinter dem rund drei Tage alten Mond – allerdings am Taghimmel. Die Sonne steht in einem Abstand von etwa  $45^\circ$  von den beiden Himmelskörpern entfernt. Das Ereignis findet ziemlich genau über dem Südpunkt in rund  $55^\circ$  Höhe statt. Selbst mit kleineren Teleskopen sollte es möglich sein, den Beginn der Bedeckung am dunklen Mondrand zu beobachten, da die Venus zu diesem Zeitpunkt eine Helligkeit von  $-4^m,4$  besitzt. Nach knapp 1,5 Stunden erscheint dann die Venus in der Nähe des Mare Crisium wieder am Mondrand. Dabei stehen die beiden Himmelskörper in rund  $52^\circ$  Höhe über dem Südsüdwest-Horizont.

■ André Knöfel



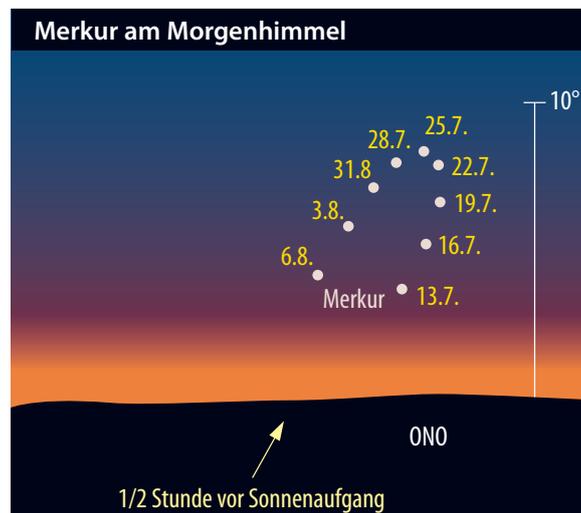
### Venusbedeckung 18.6.2007

	Nürnberg	Bonn	Zürich	Hamburg	Potsdam	Wien
Bedeckungsbeginn Venus	16:20:16 MESZ	16:13:00 MESZ	16:20:36 MESZ	16:13:51 MESZ	16:18:56 MESZ	16:29:22 MESZ
Dauer bis Verschwinden	71s	72s	77s	67s	68s	70s
Venus Erscheinen	17:42:11 MESZ	17:34:25 MESZ	17:40:14 MESZ	17:35:31 MESZ	17:40:42 MESZ	17:51:31 MESZ
Dauer bis Erscheinen	68s	69s	74s	65s	65s	66s

## Merkur am Morgenhimmel

Der innerste Planet des Sonnensystems wird Ende Juli am Morgenhimmel sichtbar. Etwa zwischen dem 15.7. und 5.8. lohnt es sich nach Merkur Ausschau zu halten. Am 25.7. steht er 30 Minuten vor Sonnenaufgang ca. 8° über dem Ostnordost-Horizont. Die größte Elongation tritt am 20.7. mit 20,3° Sonnenabstand ein. Merkur steht während dieser ersten von zwei Morgensichtbarkeiten im Grenzbereich der Sternbilder Taurus und Gemini in den nördlichsten Bereichen der Ekliptik. Teleskopbesitzer sollten sich auf die zweite Phase der Sichtbarkeit konzentrieren, wenn das Merkur-scheibchen voller wird und damit die Chance steigt, Oberflächenstrukturen zu erhaschen. Die Dichotomie, also die exakte Halbphase, tritt am 24.7. ein, das Scheibchen misst dabei 7,0" im Durchmesser.

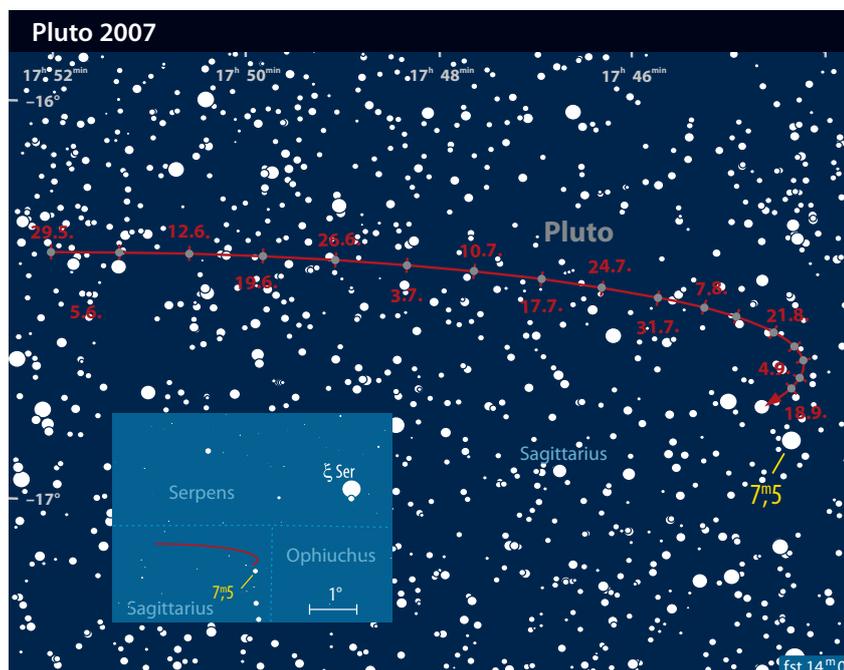
■ Ronald Stoyan



## Pluto im Sommer 2007

Im vergangenen Jahr geriet Zwergplanet Pluto mit der Kleinplanetennummer 134340 in die Schlagzeilen, als ihm sein Planetenstatus aberkannt wurde (vgl. interstellarum 50). Auch wenn Pluto nun nicht mehr der neunte Planet im Sonnensystem ist, so bleibt er doch ein interessantes Beobachtungsobjekt. Am 19. Juni 2007 steht Pluto mit einer Helligkeit von +13<sup>m</sup>9 in Opposition zur Sonne und ist damit im Sommer mit Instrumenten ab etwa 8" wieder beobachtbar. Er befindet sich derzeit im Sternbild Sagittarius mit einer Deklination von etwa -16,5°. Das bedeutet, dass Pluto sich im deutschen Sprachraum während der Kulmination nur rund 20°–27° über den Südhorizont erhebt. Daher sind gute Beobachtungsbedingungen ein Muss für eine erfolgreiche Beobachtung. In den Tagen um die Opposition herum bewegt sich Pluto mit etwa 1' pro Tag. Problematisch ist allerdings, dass sich Pluto dabei in einem Bereich mit vielen gleichhellen Sternen innerhalb der Milchstraße befindet, so dass sich die Suche nach ihm ohne gutes Kartenmaterial als ziemlich schwierig erweisen wird. Während der Sommersichtbarkeit verschiebt sich der Kulminationszeitpunkt Plutos von etwa 2:30 MESZ Anfang Juni über 23:30 MESZ Mitte Juli auf 20:30 MESZ Ende August. Seine Helligkeit ändert sich in diesem Zeitraum nur unwesentlich.

■ André Knöfel

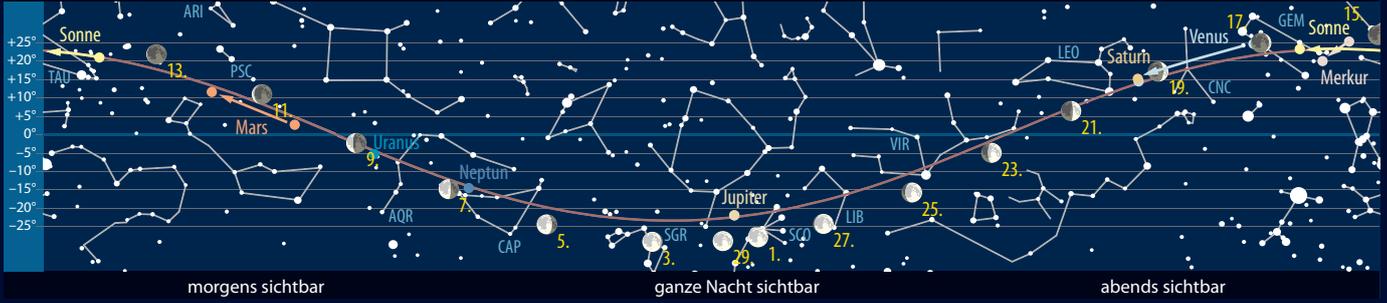


### Astronomische Ereignisse im Juni/Juli 2007

1.6.	02:47:59 MESZ	Mond bei Antares, Antares nördlich 1° 19'
1.6.	03:03:40 MESZ	Vollmond
2.6.	11:57:08 MESZ	Merkur größte östliche Elongation 23,4°
6.6.	01:12:39 MESZ	Jupiter Opposition
8.6.	13:42:42 MESZ	Mond Letztes Viertel
9.6.	04:45:26 MESZ	Venus größte östliche Elongation 45,4°
13.6.	12:30:00 MESZ	Venus bei M 44, M 44 südlich 0° 35'
15.6.	05:13:11 MESZ	Neumond
18.6.	16:20:16 MESZ	Mond bedeckt Venus
19.6.	08:49:26 MESZ	Pluto Opposition
21.6.	20:06:29 MESZ	Sommeranfang
22.6.	15:15:19 MESZ	Mond Erstes Viertel
28.6.	20:39:35 MESZ	Merkur Untere Konjunktion
30.6.	15:48:41 MESZ	Vollmond
1.7.	04:23:59 MESZ	Sternbedeckung τ Sgr (3 <sup>m</sup> 4)
2.7.	02:45:16 MESZ	Venus bei Saturn, Saturn nördlich 0° 46'
7.7.	18:53:42 MESZ	Mond Letztes Viertel
13.7.	10:00:00 MESZ	Venus bei Regulus, Regulus nördlich 1° 41'
14.7.	14:03:50 MESZ	Neumond
14.7.	19:55:31 MESZ	Venus größte Helligkeit -4 <sup>m</sup> 5
17.7.	10:05:59 MESZ	Mond bei Regulus, Regulus nördlich 0° 08'
20.7.	16:59:58 MESZ	Merkur größte westliche Elongation
21.7.	21:35:59 MESZ	Mond bei Spica, Spica nördlich 2° 34'
22.7.	08:29:06 MESZ	Mond Erstes Viertel
25.7.	20:05:27 MESZ	Sternbedeckung τ Sco (2 <sup>m</sup> 9)
28.7.	–	Südliche δ-Aquariden (SDA), (ZHR: 20)
30.7.	02:47:47 MESZ	Vollmond
31.7.	06:17:59 MESZ	Mond bei Neptun, Neptun nördlich 1° 43'



### Der Lauf der Planeten im Juni 2007

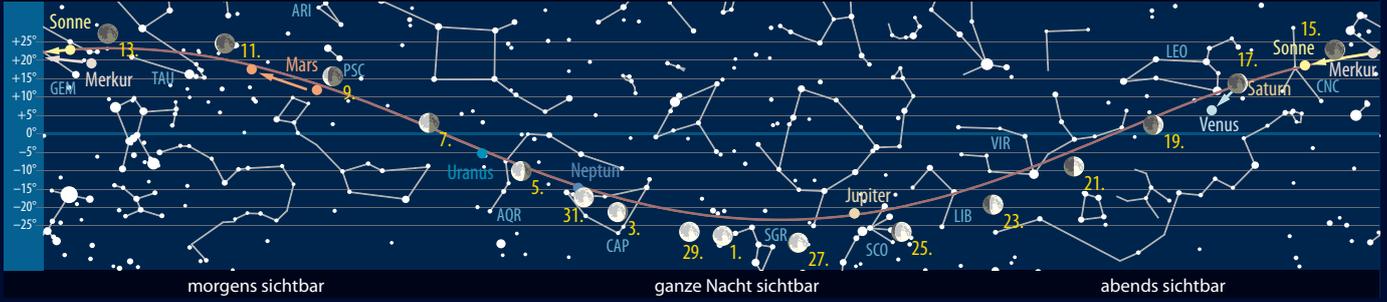


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

abends sichtbar

### Der Lauf der Planeten im Juli 2007

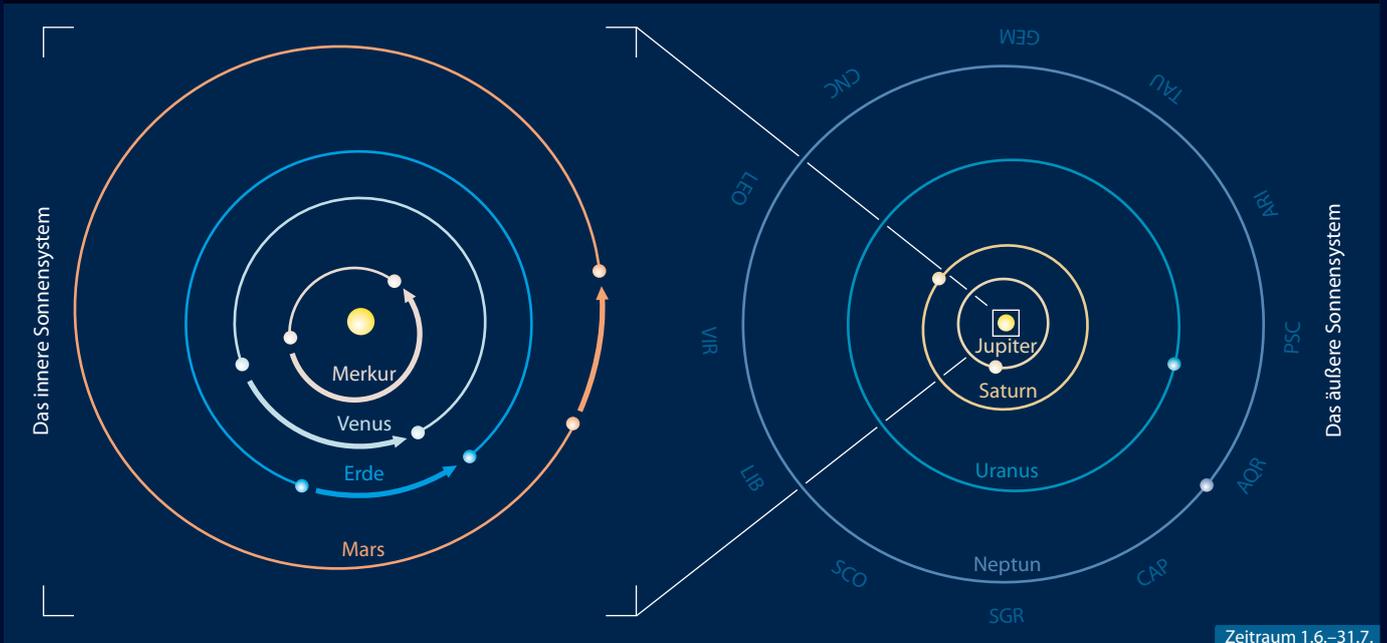


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

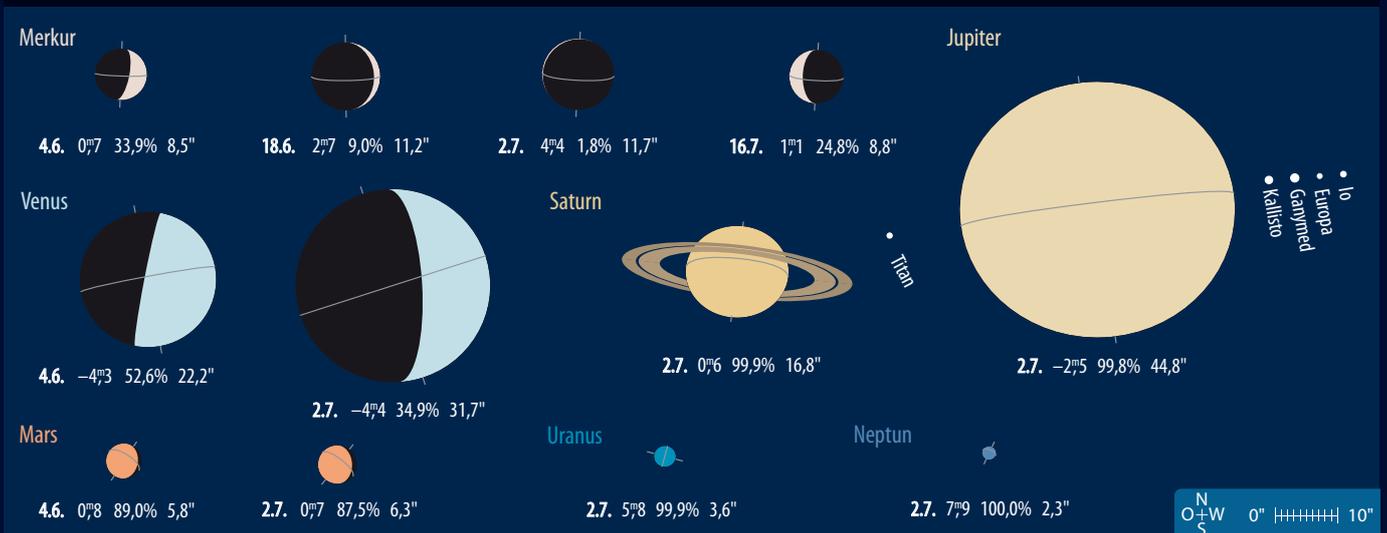
abends sichtbar

### Die Planeten auf ihren Bahnen im Juni/Juli 2007



Zeitraum 1.6.–31.7.

### Die Planeten im Fernrohr im Juni/Juli 2007



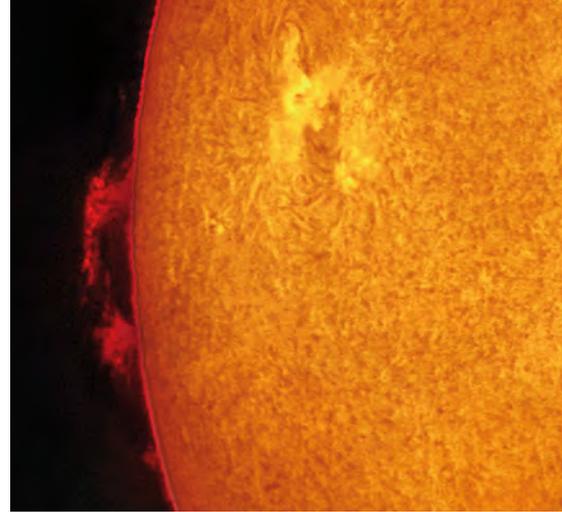
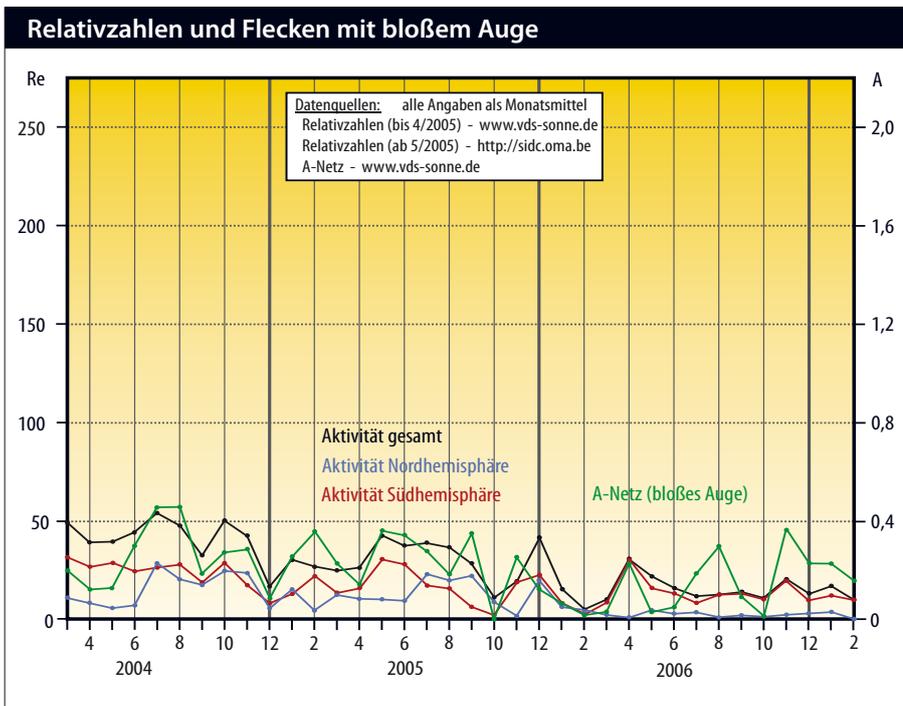


Abb. 1: **Protuberanzen am 14.1.2007, 13:29 MEZ, 3"-Refraktor bei 3500mm Brennweite, Coronado Solarmax 40. Erich Kopowski**



**Surftipps**

Vorhersage des MSFC: [solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml](http://solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml)  
 Höhe des 24. Zyklus: [www.ucar.edu/news/releases/2006/sunspot.shtml](http://www.ucar.edu/news/releases/2006/sunspot.shtml)

## Sonne aktuell Minimumsmonat Februar?

Im April 2007 hat die Sonnenaktivität ihren bisher tiefsten Stand seit dem Maximum erreicht: Vom 5. bis zum 17. war sie nach Angaben der NOAA an insgesamt 12 Tagen fleckenfrei, was freilich nicht ausschließt, dass es in den kommenden Monaten nicht noch längere fleckenlose Phasen gibt. Ein Hinweis auf das nahe Minimum ist auch die zurückgehende Aktivität im H $\alpha$ , die Flares kamen von Januar bis Mitte April nicht über die Klasse c hinaus. Gleichwohl gab es in der Zeit einige sehenswerte Protuberanzen.

Die in der letzten Ausgabe besprochene aktive Region 10930 konnte zwar noch für ein paar Tage im Januar gesehen werden, war aber längst nicht mehr so eindrucks-

voll, wie bei den beiden vorangegangenen Rotationen. Auch während ihrer fünften Rotation im März (als AR 10945) blieb sie unauffällig. Dafür wurde am 8.1.2007 ein weiteres Gebiet mit umgekehrter magnetischer Polarität beobachtet, das sich sehr nah am Sonnenäquator befand. Hier sind aber zum Ende eines Sonnenfleckenzyklus stets nur Fleckengruppen des alten Zyklus zu finden, während die des neuen in hohen Breiten beiderseits des Äquators auftreten. Daher ist unklar, um was für ein Aktivitätszentrum es sich hier handelt. Bisher wurden nur sehr wenige Regionen gesichtet, die anscheinend zum neuen 24. Zyklus gehören.

Alle Ende März verfügbaren Vorhersagen des Minimumszeitpunktes sind sich zwar einig, dass der 24. Zyklus dieses Jahr beginnt, der Zeitpunkt streut jedoch zwischen Juni und Dezember. Nur das Marshall Space Flight Center der NASA gibt als Minimumsmonat den Februar an! Auf dieser Grundlage spekuliert man auch kräftig über ein Maximum des 24. Zyklus etwa in den Jahren 2010 bis 2012, je nach Anstiegsgeschwindigkeit, die aber von der Höhe des Maximums abhängig ist. Die Vorhersagen bewegen sich zwischen einem niedrigen Maximum mit einer ausgeglichenen

mittleren Relativzahl von etwa 50,0 und einem hohen mit 169,0.

Nach einer neueren Theorie von Mausumi Dikpati vom National Center for Atmospheric Research in Boulder/Colorado [1] wird die Entwicklung der Sonnenflecken durch einen Strom ionisierter Materie, einen sog. meridionalen Plasmastrom, der zwischen dem Sonnenäquator und den Sonnenpolen über einen Zeitraum von 17–22 Jahren zirkuliert, bestimmt. Die Bildung von Sonnenflecken beginnt in der Konvektionszone der Sonne mit »Magnetfeldbündeln«, die an die Oberfläche aufsteigen und bipolare Sonnenflecken bilden, in denen starke Magnetfelder herrschen. Beim Zerfall der Flecken wird dem Plasmastrom eine »magnetische Signatur« aufgedrückt, die die nachfolgenden Zyklen beeinflusst. Die relativen Höhen der Zyklen 16 bis 23 konnten jedenfalls reproduziert werden. Das Modell berücksichtigt für die Vorhersage die letzten drei Zyklen, also Nr. 21 bis Nr. 23 für den 24. Zyklus, der demnach um 30–50% höher als der 23. ist und um 2012 eintreten soll. Nachgewiesen wurde dieser meridionale Fluss bereits, aber ob er auch die berechneten Auswirkungen auf das Verhalten des 24. Sonnenfleckenzyklus haben wird, bleibt abzuwarten.

■ Manfred Holl

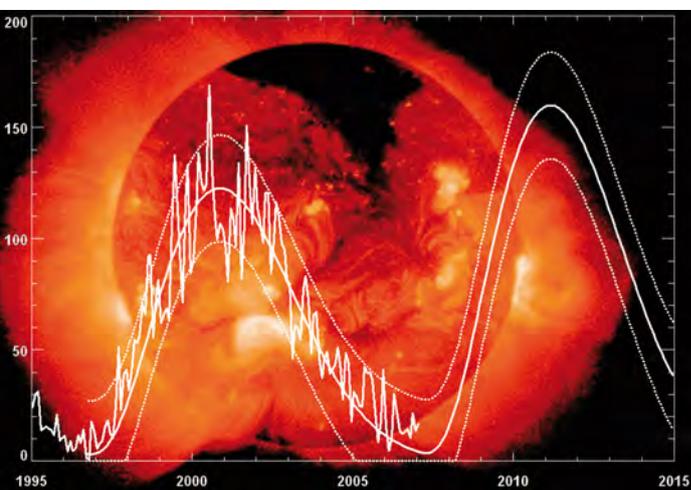


Abb. 2: **Grafische Darstellung der Vorhersage des Marshall Space Flight Center** der NASA zum 23. und 24. Sonnenfleckenzyklus.

[1] Dikpati, M., Gilman, P. A.: Simulating and Predicting Solar Cycles Using a Flux-Transport Dynamo, *Astrophys. J.* 649, 498 (2006)

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

## Planeten aktuell

# Riesenplaneten im Blickpunkt

**Jupiter** ist an den Abendhimmel zurückgekehrt, allerdings steht der Riesenplanet sehr tief im Sternbild Schlangenträger. Parallel zu seiner Opposition am 6.6. kommt es wieder zu einer seltenen Monderscheinung (Seite 20). In der Atmosphäre des Planeten setzen sich die in der letzten Ausgabe beschriebenen Veränderungen fort. Der Große Rote Fleck steht inzwischen frei in der STRZ, seine Position betrug im April  $117^\circ$  (System II). Oval BA («Kleiner Roter Fleck») stand im April bei etwa  $335^\circ$ .

Das SEB zeigt weitere Auflösungserscheinungen. Die Nordkomponente war bei  $230^\circ$  (System I) unterbrochen, das Band nur noch fragmentarisch ausgebildet. Dies wird durch eine seit 1999 beobachtete Südäquatoriale Störung (SED) verursacht, die derzeit besser sichtbar wird und sogar in 4"-Geräten zu sehen ist. Gleiches gilt für die beiden Südtropischen Störungen (STrD), die als Auswüchse am Südrand des SEB zu bemerken sind.

Dagegen kündigt sich beim lange Zeit kaum sichtbaren NTB ein Wiedererscheinen an. Auf Amateurbildern vom 27.3. wurde ein heller brillanter Fleck gesichtet, der  $4^\circ$  pro Tag schneller als das Rotationssystem I über den Planeten jagte – größere Geschwindigkeiten werden auf dem Riesenplaneten nirgendwo sonst verzeichnet. Es ist abzusehen, dass sich das NTB im Gefolge dieses Fleckes neu dunkel ausbilden wird.

**Saturn** bot 2007 die besten Sichtbarkeitsbedingungen aller Planeten. Entsprechend viele Beobachter wandten sich dem Ringplaneten zu, wobei jedoch kaum Fleckenerscheinungen in der Atmosphäre beobachtet wurden. Den Oppositionseffekt der Saturnringe konnte Thomas Winterer am 10.2.2007 eindrucksvoll nachweisen (Abb. 2). Diese deutliche Aufhellung der Ringe gegenüber der normalen Intensität kommt dadurch zustande, dass die Schatten der einzelnen Ringteilchen – von winzigen Staubkörnern bis zu hausgroßen Eisbrocken – zur Opposition des Planeten nicht sichtbar sind, weil die Sonne genau in unserer Blickrichtung hinter uns steht und so die Schatten ohne andere Ringteilchen zu treffen in den Weltraum fallen.

Im Juni und Juli steht Saturn noch gut beobachtbar am Abendhimmel. Dies gilt ebenso für **Venus**, die mit der Halbphase Mitte Juni ihre interessanteste Zeit für Planetenbeobachter erreicht. **Mars** bereitet sich dagegen noch auf seine große Sichtbarkeit im kommenden Winter am Morgenhimmel vor.

■ Ronald Stoyan

### Surftipps

International Outer Planets Watch:  
[www.pvol.ehu.es](http://www.pvol.ehu.es)

Association of Lunar and Planetary Observers of Japan:  
[www.kk-system.co.jp/Alpo/Latest](http://www.kk-system.co.jp/Alpo/Latest)



Abb. 1: **Jupiter im März 2007**, mit Großem Roten Fleck am 12.3. (links) und weißem NTB-Fleck am 29.3. (rechts). Christopher Go und Zac Pujic



Abb. 2: **Saturns Ringe mit Oppositionseffekt**. Einen Monat vor der Opposition zeigt der Ringplanet das gewohnte Bild (oben), während am Tag der Opposition selbst (unten) die Ringe besonders hell erstrahlen. Karl Thurner und Thomas Winterer

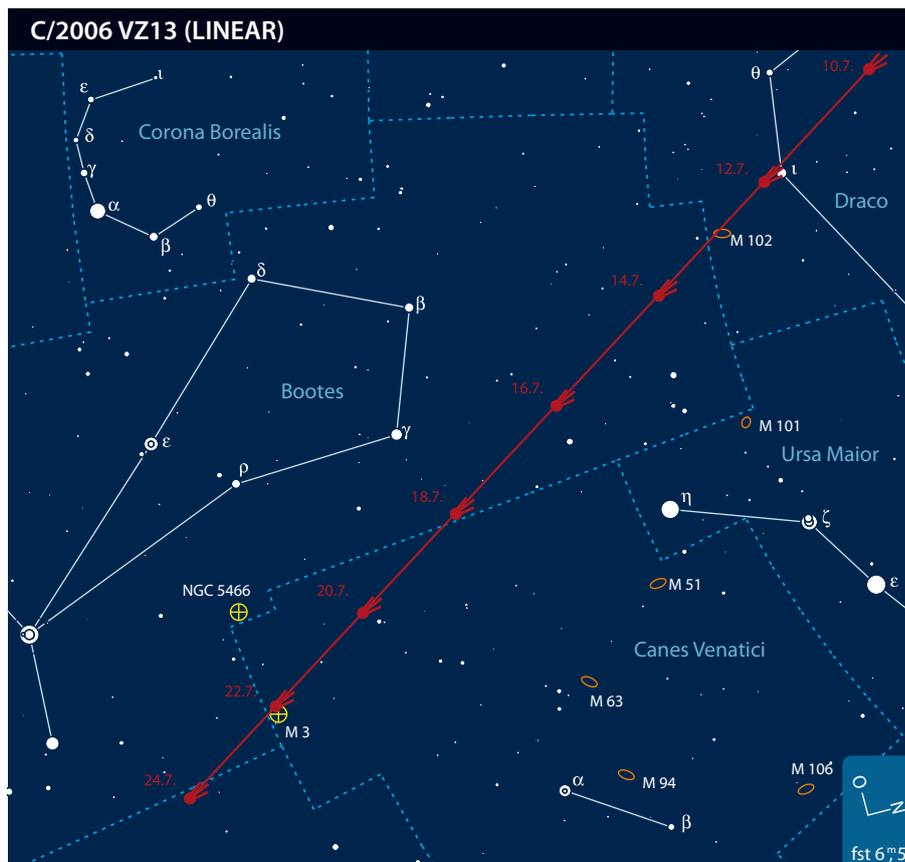


# Kometen aktuell Erfolgreiche Kometenentdecker

Das Projekt LINEAR (Lincoln Near Earth Asteroid Research), sucht seit 1998 regelmäßig den nächtlichen Himmel nach Asteroiden ab und entdeckte dabei schon über 200000 Objekte, darunter auch etwa 175 Kometen. Es ist damit der mit Abstand erfolgreichste erdgebundene »Kometenentdecker«

Gegründet wurde LINEAR von NASA und US Air Force mit dem Ziel erdnahe Asteroiden zu entdecken, katalogisieren und potentiell gefährliche Objekte herauszufinden. Das in White Sands/New Mexico stationierte Projekt verwendet für seine Suche zwei Cassegrain-Teleskope mit jeweils 1 Meter Öffnung, ein weiteres Teleskop mit 0,5 Meter Öffnung wird für Folgebeobachtungen eingesetzt. Die Teleskope sind mit eigens entwickelten großflächigen CCD-Kameras bestückt und erreichen damit eine Grenzgröße von 22<sup>m</sup>.

Am 13. November 2006 entdeckte das LINEAR-Team ein Objekt der Helligkeit 19<sup>m</sup>, das zunächst als Asteroid eingestuft wurde. Weitere Beobachtungen Anfang Dezember zeigten aber das Vorhandensein einer Koma und der neue Komet erhielt die Bezeichnung C/2006 VZ13 (LINEAR). Im Juni gelangt der Komet in die Reichweite von Amateurfernrohren. Zunächst befindet er sich im Sternbild Andromeda bei einer Helligkeit von etwa 12<sup>m</sup>. Bedingt durch die Erdnähe am 14. bewegt er



sich im Juli rasch über den nördlichen Himmel und durchquert dabei die Sternbilder Kepheus, Drache, Bootes und Jagdhunde. Seine größte Helligkeit dürfte C/2006 VZ13 Mitte Juli mit etwa 9<sup>m</sup>0 erreichen. Am 22. passiert er den Kugelsternhaufen M 3 – ein interessantes Motiv für Astrofotografen. Mitte August verschwindet der Komet dann schließlich in der Abenddämmerung.

Nach dreijähriger Suche und tausenden Aufnahmen im Rahmen seines persönlichen Kometensuchprogrammes konnte der australische Amateurastronom Terry Lovejoy am 15. März 2007 endlich einen Erfolg melden: Auf Aufnahmen mit einer digitalen

Spiegelreflexkamera und einem 200mm-Teleobjektiv entdeckte er einen 9<sup>m</sup>5 hellen Kometen – die erste Kometenentdeckung mit einer Digitalkamera und die erste Amateurentdeckung seit Oktober 2006. Der Komet C/2007 E2 (Lovejoy) ist seit Mitte April auch von Mitteleuropa aus sichtbar, inzwischen hat er seine beste Zeit aber schon hinter sich. Er bewegt sich im Juni als zirkumpolares Objekt mit einer Helligkeit zwischen 10<sup>m</sup> und 12<sup>m</sup> durch die Sternbilder Drache und Großer Bär. Aufnahmen des Kometen werden wir in unserer nächsten Ausgabe präsentieren.

■ Burkhard Leitner

## 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 Juni/Juli 2007

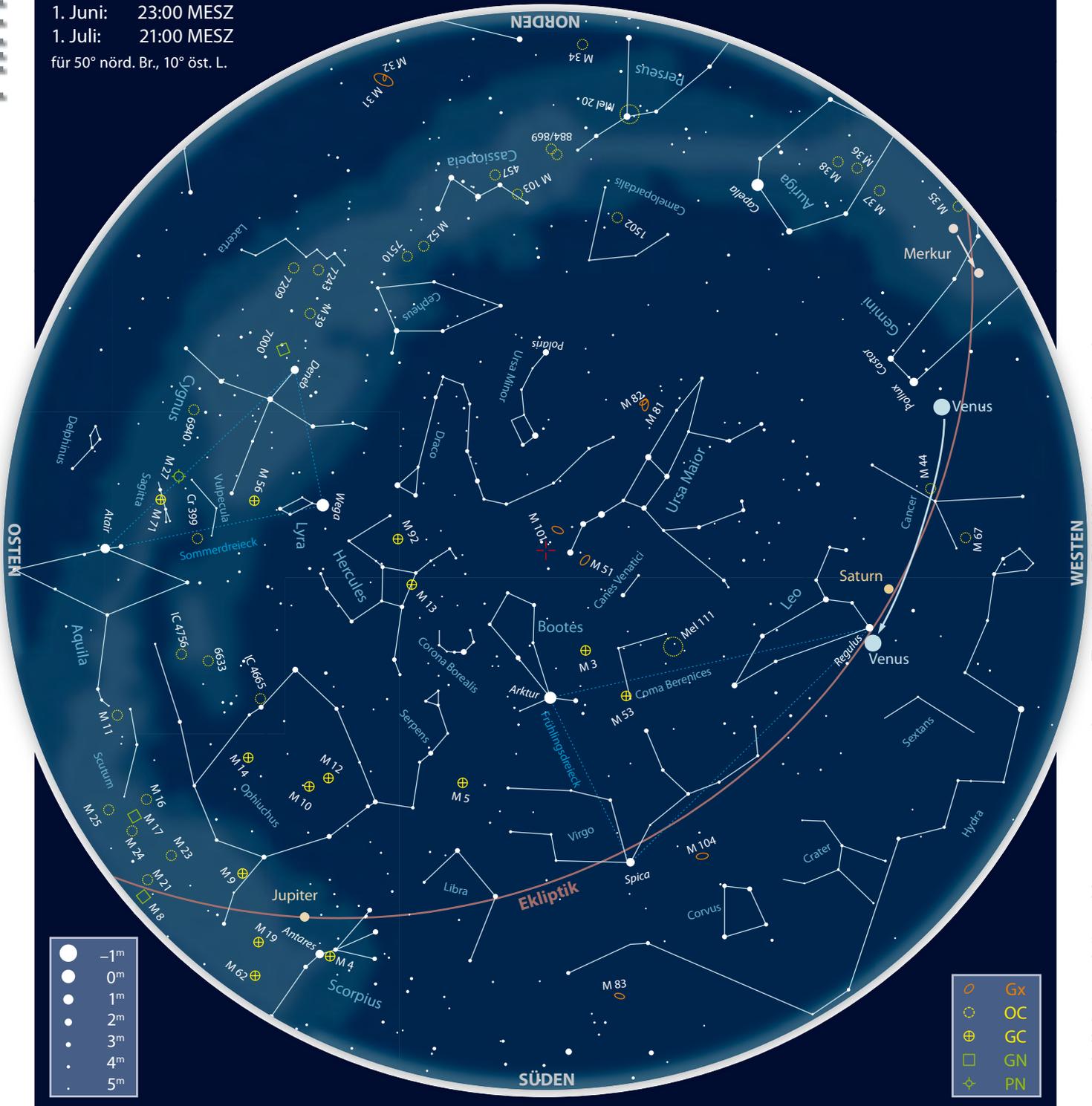
Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erwartete Maximalhelligkeit
C/2007 E2 (Lovejoy)	15. März 2007	27. März (1,09AE)	25. April (0,44AE)	Mitte April bis Juli	10 <sup>m</sup>
C/2006 VZ13 (LINEAR)	13. November 2006	10. August (1,01AE)	14. Juli (0,57AE)	Juni bis August	9 <sup>m</sup>

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



# Der Sternhimmel im Juni/Juli 2007

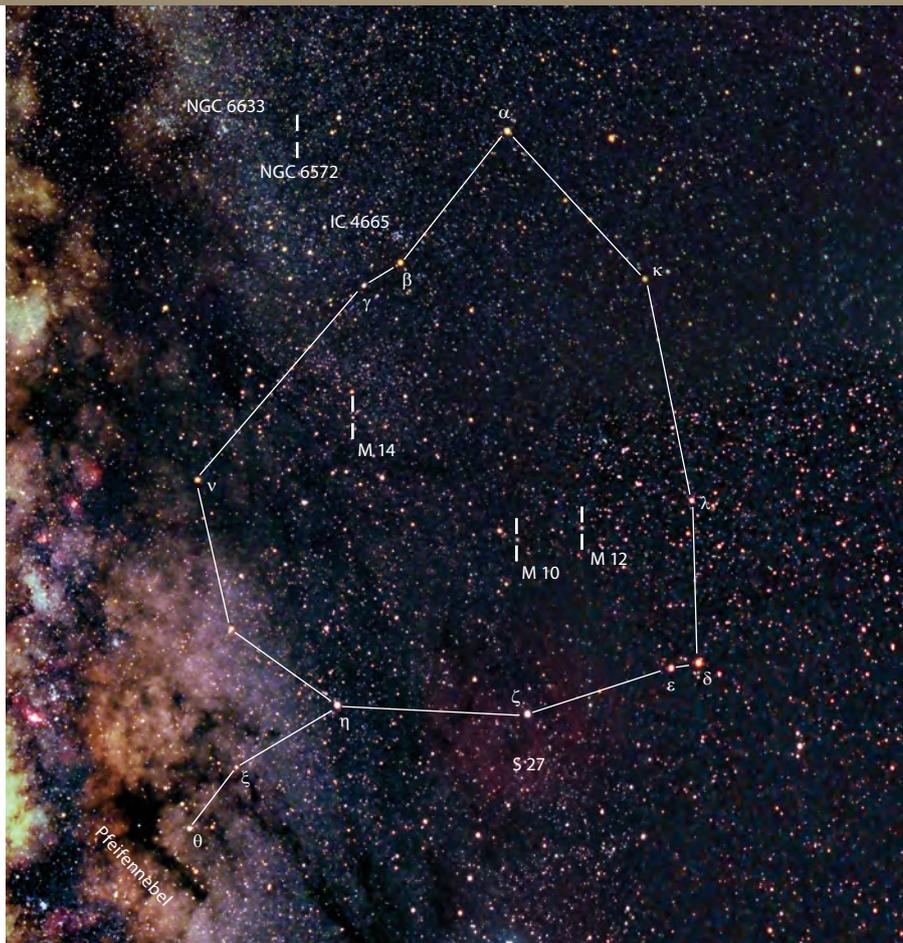
1. Juni: 23:00 MESZ  
 1. Juli: 21:00 MESZ  
 für 50° nörd. Br., 10° öst. L.



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

Beobachtungsempfehlungen für Juni/Juli 2007								
Name	Empfehlung für	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe/Periode	Entfernung	DSRA
Ophiuchus	bloßes Auge	Sternbild	—	—	—	—	—	21/22
Venus	Fernglas	Planet	—	—	-4 <sup>m</sup> 3 bis -4 <sup>m</sup> 5	22"-50"	116-50 Mio. km	—
NGC 6633	Fernglas / Teleskop	GC	18 <sup>h</sup> 27,3 <sup>min</sup>	+06° 30,5'	4 <sup>m</sup> 6	27'	1230Lj	22
NGC 6572	Teleskop	PN	18 <sup>h</sup> 12,1 <sup>min</sup>	+06° 51,4'	8 <sup>m</sup> 1	0,2'	3300Lj	22
GSC 3656-1328	CCD	Var	00 <sup>h</sup> 09 <sup>min</sup> 22,0 <sup>s</sup>	+54° 39' 44"	7 <sup>m</sup> 5-11 <sup>m</sup> 5	—	3000Lj	—

# Entdeckungen im Schlangenträger



ger der Schlange) klar ist, so hat man mit freiem Auge doch Mühe, auf Anhieb klare Umrisse zu erkennen. Die meisten Beobachter beschreiben den Ophiuchus als großen Sternkreis. Die von ihm getragene Schlange tritt am ehesten im Bereich Serpens Caput (Kopf der Schlange) in Form einer Sternkette hervor.

Der Riesenstern  $\zeta$  Ophiuchi findet sich im westlichen Teil des Sternbildes. Obwohl er etwa 500Lj entfernt ist und sich in dichte Nebelschleier hüllt, erscheint er uns mit einer Helligkeit von  $2^m,6$  als einer der hellsten Sterne des Sternbildes. Die riesige, durch ihn angeregte HII-Region Sharpless 27 oder Gum 73 wäre von der Ausdehnung her problemlos mit freiem Auge erkennbar. Leider kann man ihr mattes Leuchten nur mit fotografischen Hilfsmitteln sichtbar machen.

Auch der Südteil des Sternbildes ist reich mit Nebeln aller Art gesegnet. Neben dem Reflexionsnebel um  $\rho$  Ophiuchi – einem der nächstgelegenen Sternentstehungsgebiete des Himmels – findet sich mit dem Pfeifennebel einer der eindrucksvollsten Dunkelnebel, die man mit bloßem Auge entdecken kann. Die niedrige Deklination fordert allerdings ihren Tribut und man benötigt schon eine sehr klare und dunkle Sommernacht. Bereits vom Mittelmeerraum betrachtet ist der Nebel jedoch ein Genuss.

Ein interessantes Detail zum Abschluss – obwohl ihr Weg auf der Ekliptik die Sonne über einen halben Monat durch den Schlangenträger führt, zählt das Sternbild nicht zu den klassischen 12 Tierkreiszeichen: eine Kuriosität, die sich mit der Veränderung der Sternbildgrenzen seit der Antike erklären lässt.

■ Matthias Juchert

## Astronomie mit bloßem Auge Ophiuchus – der große Unbekannte

Obwohl der Schlangenträger (Ophiuchus) große Flächen des Sommerhimmels in durchaus repräsentativer Lage bedeckt, findet er doch vergleichsweise selten Beachtung. Zu stark scheint der Eindruck der Sommermilchstraße und zu markant

die Konturen der Nachbarsternbilder. Doch bei genauerer Betrachtung lässt sich bereits mit bloßem Auge eine ungeahnte Vielfalt von Details entdecken.

Während die generelle Einordnung durch den mythologischen Hintergrund (der Trä-

## Astronomie mit dem Fernglas Venus' Glanz am Tag

Die alten Griechen nannten ihn Hesperos, die Hebräer Kochav Ha'erev und bei Tolkien trug Arwen diesen Beinamen: Abendstern. Im antiken Griechenland, wo man dem Morgen- und Abendstern unterschiedliche Götter zuschrieb, erkannte Pythagoras vor über 2500 Jahren vermutlich als erster, dass der Morgen- und der Abendstern ein und derselbe Wandelstern sind.

Nachdem Venus nach der unteren Konjunktion letzten Herbst wieder den Sonnen-

strahlen entkam, eroberte sie seit Januar als Abendstern das Zwielflicht. Fünf Monate später hat sich der Abstand zur Sonne auf über  $40^\circ$  vergrößert. Anfang Juni steht jetzt ein  $-4^m,4$  heller Stern in der Abenddämmerung in einer Linie mit Kastor und Pollux, den Zwillingen. Am 9. Juni erreicht Venus schließlich mit einer Winkeldistanz von  $45,4^\circ$  ihre größte östliche Elongation.

Doch haben Sie schon einmal die Venus am Taghimmel gesehen? Fernrohrbeob-

achter richten gerne an sonnigen Tagen ihre Instrumente auf ein scheinbar leeres Himmelsareal, denn mit einer Helligkeit von über  $-4^m$  ist der Planet gut am blauen Taghimmel zu beobachten. Auch für kleinere Öffnungen ist er ein wunderbares Ziel; allerdings ist Fernglasbesitzern dieses Erlebnis leider nicht so einfach zugänglich. Ein Fernglas hat weder GoTo-Möglichkeiten noch ist es mit Teilkreisen ausgerüstet, um die Himmelskoordinaten anzufahren. Doch

mit Hilfe eines besonderen Ereignisses werden Sie auch die Venus im Feldstecher genießen können: Nur neun Tage nachdem der hellste Wandelstern den Scheitelpunkt seiner scheinbaren Bahn um die Sonne überschritten hat, schiebt sich der junge Mond zwischen uns und unseren inneren Nachbarplaneten. Am 18. Juni nachmittags wird die Venus vom 3½ Tage alten Mond überholt (siehe S. 20).

Sobald der Mond am Vormittag im Osten zu sehen ist, können Sie bereits mit dem



Fernglas auf die Suche gehen. Zur Planetenbedeckung steht der Mond fast 60° über dem Südhorizont. Zentriert auf die schmale Mondsichel sollte sich in einem 10x50-Fernglas mit 6,5° großem Gesichtsfeld links unten ein relativ heller Stern zeigen. Geben Sie aber nicht allzu schnell auf, falls es Ihnen nicht gleich gelingt, den Lichtpunkt zu entdecken.

■ Nico Schmidt

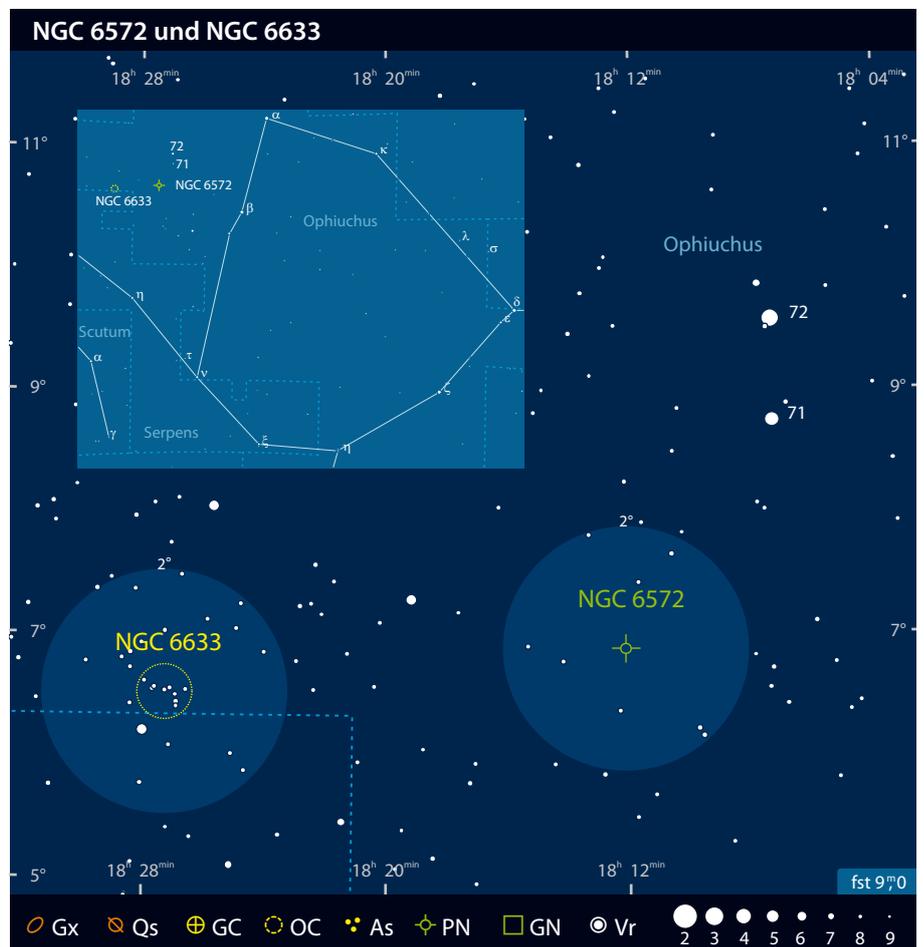
## OdS NGC 6572

Als im Sommer des Jahres 1825 der große deutsche Doppelsternbeobachter Friedrich Georg Wilhelm von Struve wieder einmal den 9,6"-Fraunhofer-Refraktor der Sternwarte von Dorpat gen Himmel richtete, fiel ihm in der nordöstlichen Ecke des Sternbilds Ophiuchus bei 175facher Vergrößerung eine winzige »planetare Scheibe« auf, deren Helligkeit er auf 8<sup>m</sup> und dessen Größe er auf 5" schätzte. Einige Jahre später wurde das Objekt von John Herschel beobachtet, der es unter der Nummer 2000 in seinen Katalog aufnahm [1]. J. L. E. Dreyer schließlich listete das Objekt in seinen New General Catalogue von 1888 unter der Bezeichnung NGC 6572.

NGC 6572 ist mit einem Alter von 1300±100 Jahren [2] ein sehr junges Objekt. Er gehört zur Klasse der bipolaren Planetarischen Nebel: Aufgrund eines äquatorialen Staubrings, den der Vorgängerstern des planetarischen Nebels am Ende seines Lebens ausgestoßen hat, kann sich die Sternmaterie nur in Richtung der Pole ungehindert ausbreiten, wodurch der Nebel eine sanduhrartige Form erhält. Zudem spielt vermutlich auch das Magnetfeld des Zentralsterns eine Rolle bei der Formgebung [3]. Hochaufgelöste Bilder des Nebels zeigen ein helles Zentralgebiet, in welches ein elliptischer Ring von 5"x3" Größe eingebettet ist. Diese zentrale Region wird im Norden und im Süden von schwächeren Strukturen – den beiden perspektivisch verzerrten Halbschalen der Sanduhr – flankiert, die das sichtbare Nebelgebiet auf etwa 16"x10" vergrößern. Spektrale Untersuchungen [4] zeigen zudem die Anwesenheit von schnellen Ausströmungen (FLIERS) entlang der Richtung der Polachse.

Der 13<sup>m</sup>6 helle und zwischen 50000K und 60000K heiße Zentralstern besitzt ein Spektrum vom Typ Wolf-Rayet [5]. Über längere Zeiträume hinweg durchgeführte spektros-

kopische Untersuchungen zeigen signifikante Änderungen im Spektrum des Sterns, wobei eine Periode von knapp 70 Jahren angedeutet ist [5]. Zudem ist es innerhalb der letzten 40 Jahre offenbar zu einem Anstieg der Gesamthelligkeit des Nebels um einige zehntel Magnituden gekommen, der offenbar mit einer Zunahme der Temperatur des Zentralsterns korreliert ist [6, 7]. Wie bei den meisten Planetarischen Nebeln ist auch im Fall von NGC 6572 die Distanz sehr unsicher, liegt neueren Studien zufolge aber etwa von 3300 Lichtjahren [8, 9].



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

## OdS NGC 6633

NGC 6572 ist in puncto Gesamthelligkeit mit  $8^m$  nach dem Helixnebel NGC 7293, dem Hantelnebel M 27 und dem Saturnnebel NGC 7009 der vierthellste Planetarische Nebel am Himmel und lässt damit sogar den Ringnebel M 57 oder den Eskimonebel (NGC 2392) hinter sich. Dass der Nebel im Vergleich zu diesen Objekten trotzdem eher das Dasein eines Mauerblümchens fristet, liegt an seiner geringen Größe, die das Erkennen von Details sehr schwierig macht. Zu Unrecht allerdings, ist der Nebel doch schon ein Objekt für kleinste Öffnungen und selbst im 10x50-Fernglas einfach als stellares Objekt zu sehen. Speziell mit kleinen Öffnungen kann es allerdings schwierig sein, den Nebel aus dem Gewimmel von Sternen 8. und 9. Größenklasse herauszupicken. Abhilfe kann hier ein im Strahlengang platzierter [OIII]- oder UHC-Filter schaffen, mit dem man den Nebel aus dem Feld herausblenden kann: Während die Sterne durch die Filterwirkung stark abgeschwächt erscheinen, strahlt der Nebel unverändert hell im Gesichtsfeld.

Zur Beobachtung des Nebels sollte prinzipiell so hoch vergrößert werden, wie es das Instrument und die äußeren Bedingungen zulassen. So lässt sich die nicht-stellare Form des Objektes auch schon mit  $2\frac{1}{2}''$  Öffnung und Vergrößerungen von mehr als 120x nachweisen. Mit steigender Öffnung erhöht sich auch die Anzahl der sichtbaren Details. Ein  $4''$ - bis  $6''$ -Teleskop zeigt beispielsweise schon die ovale Form der Zentralregion sowie eine hellere Außenkante; zudem erscheint das Scheibchen bei diesen Öffnungen nicht mehr scharf begrenzt, sondern mit diffusen fasrigen Ausläufern. Mit größeren Öffnungen ab  $10''$  bis  $12''$  offenbaren sich dann auch die schwachen Außenbereiche des Nebels. Uneinigkeit herrscht über die Sichtbarkeit des Zentralsterns. Während auch erfahrene Beobachter den Zentralstern selbst mit  $18''$  nicht erkennen können [10], berichten andere von Sichtungen mit Öffnung bis hinunter zu  $5''$  [11]. Entscheidende Kompo-

nente für dessen Sichtbarkeit ist vermutlich – wie in den meisten ähnlich gelagerten Fällen – die Luftunruhe: Da der innerste Teil des Nebels eine Flächenhelligkeit von ca.  $12^m/\square''$  besitzt, sollte für eine erfolgreiche Beobachtung des nur knapp über  $14^m$  hellen Sterns das Seeing generell besser als  $1''$  sein.

Leichter zu erkennen ist in jedem Fall die intensive Färbung des Objektes, die schon mit  $3''$  gut sichtbar ist und ihm im englischen Sprachraum den Namen Emerald Nebula (»Smaragd-Nebel«) eingebracht hat. Tatsächlich ist die wahrgenommene Farbe von Beobachter zu Beobachter unterschiedlich: Während manche ihn als intensiv grün beschreiben [12], sehen ihn andere eher als intensiv türkis oder blau. Achten Sie bei der Beobachtung darauf!

■ Matthias Kronberger

- [1] Steinicke, W.: priv. Mitteilung
- [2] Sabbadin, F. et al.: The structure of planetary nebulae: theory vs. practice, *Astron. Astrophys.* 451, 937 (2006)
- [3] Kwok, S.: The origin and evolution of planetary nebulae, Cambridge University Press, Cambridge (2000)
- [4] Miranda, F. et al.: Detection of collimated bipolar outflows in the planetary nebula NGC 6572 shaping its nebular shell, *Astrophys. J.* 520, 714 (1999)
- [5] Hyung, S. et al.: The spectrum of the planetary nebula NGC 6572, *MNRAS* 269, 975 (1994)
- [6] Kostyakova, E. B.: Long-Term Photometric and Spectral Study of Planetary Nebula Variability (1968-2005), *Proc. IAU Symp.* 234, 441 (2006)
- [7] Feibelman, W. A., Aller, L. H., Hyung, S.: Variability of Emission Lines in the Planetary Nebulae IC 4997 and NGC 6572, *PASP* 104, 339 (1992)
- [8] Kawamura, J., Masson, C.: Distances to planetary nebulae BD +30°3639 and NGC 6572, *Astrophys. J.* 461, 282 (1996)
- [9] Phillips, J. P.: Planetary distances re-examined: an improved statistical scale, *MNRAS* 353, 589 (2004)
- [10] Gottlieb, S.: [www.ngcic.org/gottlieb/n6501-n7000c.txt](http://www.ngcic.org/gottlieb/n6501-n7000c.txt)
- [11] Stoyan, R.: *Deep Sky Reiseführer*, Oculum-Verlag, Erlangen (2004)
- [12] Coe, S.: [www.saguaroastro.org/content/obsnotes/Ophiuchus.htm](http://www.saguaroastro.org/content/obsnotes/Ophiuchus.htm)

Der helle Sternhaufen NGC 6633 zählt zu den meistbesuchten Objekten jenseits des Messier-Kataloges, die der Sommerhimmel zu bieten hat. Das Objekt ist im östlichen Teil des Sternbildes Ophiuchus – hart an der Grenze zum Sternbild Schlange – beheimatet. Hier ragt ein Milchstraßen-Ausläufer bis zum Stern  $\gamma$  Ophiuchi in den ansonsten sternarmen Schlangenträger hinein. Dieser Ausläufer ist durch die Dunkelnebel des »Great Rift« relativ kontrastreich von den weitaus helleren Sternwolken im Scutum-Bereich separiert.

Die erste dokumentierte Beobachtung des Sternhaufens geht auf den Schweizer Astronomen de Chéseaux' [1] zurück. Dieser beschrieb im Rahmen seiner in den Jahren 1745 und 1746 erarbeiteten Liste einen kleinen Sternhaufen nahe dem Schwanz der Schlange. Im Gegensatz zum heute üblichen Verfahren veröffentlichte de Chéseaux seine Entdeckungen nicht in einer wissenschaftlichen Publikation, sondern ließ sie durch seinen Großvater – seines Zeichens Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Paris – verlesen [2]. Dieser Methodik ist es zu verdanken, dass de Chéseauxs Beobachtungen zwar nicht gänzlich in Vergessenheit gerieten, jedoch erst viele Jahrzehnte später den Status einer Erstbeobachtung erhielten. So wundert es nicht, dass es auch zu NGC 6633 eine unabhängige Wiederentdeckung gibt. Charles Messier erwähnt den Haufen im Rahmen seines Kataloges nicht, Caroline Herschel – die Schwester des großen Entdeckers William Herschel – fand ihn am 31.7.1783 unabhängig.

Die Distanz zu NGC 6633 wird derzeit mit 1230Lj angegeben [3]. Für das Alter des Haufens finden sich Werte im Bereich von 426–630 Millionen Jahren [4]. Im Fall des größeren Wertes ist das Alter vergleichbar mit dem der Hyaden. Mit diesem Wissen ist auch ein Blick auf das Farbenhelligkeitsdiagramm des Haufens interessant. Dieses zeigt eine ausgeprägte Hauptreihe, die vor allem das Helligkeitsspektrum von etwa  $9^m$ – $14^m$  abdeckt. Erste Sterne haben sich bereits zu Roten Riesen entwickelt – von ihnen werden z.B. von Hiltner et al. [5] fünf als Haufenmitglieder identifiziert.



Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Die galaktische Breite beträgt immerhin  $8^\circ$ , was jedoch durch die relative Nähe des Haufens bedingt ist.

Wie es die Gesamthelligkeit des Sternhaufens andeutet, ist NGC 6633 bereits mit bloßem Auge erkennbar. Er übertrifft in diesem Punkt sogar einige Messier-Sternhaufen und ist wesentlich einfacher freisichtig wahrnehmbar als der benachbarte Sternhaufen IC 4756. Zwar mindert der Hintergrund des Milchstraßenausläufers den Kontrast zum Sternhaufen etwas, jedoch besitzt NGC 6633 ausreichend helle Sterne, um unter mitteleuropäischem Landhimmel als kondensierter Nebelfleck inmitten der Sternwolken zu erscheinen.

Bereits in einem  $10\times 50$ -Fernglas dominiert der Sternhaufen das Gesichtsfeld. Über ein Dutzend Sterne sind aufgelöst und bieten einen prächtigen Anblick vor dem reichen Milchstraßenhintergrund. Auch die von vielen Beobachtern beschriebene längliche Anordnung ist gut nachvollziehbar. Sehr empfehlenswert ist der Vergleich mit dem nur  $3^\circ$  südöstlich befindlichen IC 4756, der einen völlig anderen Charakter zeigt.

In einem kleinen Teleskop von  $2''$ – $4''$  Öffnung und niedriger Vergrößerung ist NGC 6633 eines der Schaustücke der Region, das sowohl Einsteiger als auch erfahrene Beobachter begeistert. Die langgestreckte Form ist nun deutlich wahrnehmbar. Der Haufen weist zwar keine starke Konzentration auf, jedoch sorgt die Helligkeit der Einzelsterne für den entsprechenden Kontrast zum Umfeld. Die Sterne ordnen sich in drei bis vier etwas verdichteten Gruppen an.

Mit größeren Optiken gilt immer die Grundregel, eine möglichst niedrige Vergrößerung zu wählen, da der Haufen zunehmend verstreut erscheint und die Intensität des Anblicks verloren geht. Für ein  $8''$ -Teleskop sind  $50\times$  ein guter Richtwert. Durch die zur Verfügung stehende Lichtmenge hat man aber auch die Möglichkeit, visuelle Astrophysik zu betreiben und die Roten Riesen innerhalb des Haufens anhand ihrer Farbe zu identifizieren.

■ Matthias Juchert

- [1] [www.seds.org/messier/xtra/ngc/n6633.html](http://www.seds.org/messier/xtra/ngc/n6633.html) (2007)
- [2] Stoyan, R.: Atlas der Messier-Objekte, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
- [3] WEBDA: [www.univie.ac.at/webda/cgi-bin/ocl\\_page.cgi?cluster=ngc+6633](http://www.univie.ac.at/webda/cgi-bin/ocl_page.cgi?cluster=ngc+6633) (2007)
- [4] Williams, K. A., Bolte M.: A Photometric and Spectroscopic Search for White Dwarfs in the Open Clusters NGC 6633 and NGC 7063, Astron J. 133, 1490 (2007)
- [5] Hiltner, W. A. et al.: The Galactic Cluster, NGC 6633., Astrophys. J. 127, 539 (1958)

## Veränderlicher aktuell Var Cas 06 – ein Mikrolinsen-Ereignis?

Akihiko Tago aus Tsuyama (Okayama, Japan) überwacht seit über vierzig Jahren den Himmel. Sein privates Überwachungsprogramm führte er zunächst visuell durch, dann fotografisch, und inzwischen arbeitet der 74-jährige mit einer digitalen Spiegelreflexkamera. Sein jahrzehntelanger Arbeitseinsatz lohnt sich, denn er ist Mitentdecker von mehreren Kometen und hat mehrere Novae entdeckt. Als Anerkennung für seine Entdeckungen wurde ein 1993 entdeckter Asteroid nach ihm benannt, 7830 Akihikotago (1993 DC1) [1]. Am 31.10.2006 meldete er die Entdeckung eines  $7^m5$  hellen Sterns in der Cassiopeia. Was im ersten Moment »nur« als eine weitere Nova oder Zwergnova für den routinierten Entdecker erschien, entpuppte sich innerhalb weniger Tage als ein ganz besonderer Fund.

Die erste Meldung wurde am 31.10.2006 von Daniel W. E. Green im Electronic Telegram No. 711 des Central Bureau for Astronomical Telegrams der IAU verbreitet. Demnach hat ein Stern, den Tago mit GSC 3656-1328 identifiziert, innerhalb weniger Tage einen Helligkeitsanstieg von ca  $11^m5$  auf  $7^m5$  gezeigt [2].

Kaum war diese Meldung versandt, konnte Keith Geary noch am 31.10.2006 um 20:12 UT eine Aufnahme dieses Feldes machen, auf der der Veränderliche deutlich zu sehen war [3]. Dies ist übrigens die einzige öffentlich zugängliche Aufnahme, die den Stern noch nahezu im Maximum zeigt. Sie wurde mehrfach – mit unter-

schiedlichen Methoden – ausgewertet, wobei die Ergebnisse zwischen  $7^m7$  und  $8^m7$  streuen [4]. Meine eigene Abschätzung ergibt einen Wert von  $8^m3$ .

Wie weit die von Tago angegebenen Helligkeiten – besonders die vom Maximum – realistisch sind, ist (bisher) nicht nachprüfbar, denn seine Aufnahmen sind nicht online verfügbar. Seine Identifikation des Objekts mit GSC 3656-1328, einem Stern des Spektraltyps A0V–A1V in einer Entfernung von 3000 Lichtjahren, der bisher keinerlei Veränderlichkeit zeigte, stellte sich aber als korrekt heraus.

Als das Gros der Beobachter in der folgenden Nacht, also am 1.11.2006, den Stern zu verfolgen begann, war er schon wieder deutlich schwächer. Er war zwar noch mit Feldstechern leicht sichtbar, aber die Photometrie der Einzelbilder zweier mehrstündiger Aufnahmeserien zeigte eine schnelle Helligkeitsabnahme von ca.  $0^m07$  pro Stunde. In diesen zeitlich hoch aufgelösten Aufnahmeserien war überraschenderweise kein »flickering« zu sehen (Helligkeitsänderungen innerhalb von Sekunden oder Minuten um einige Zehntel oder Hundertstel einer Größenklasse), was man als Hinweis auf eine Zwergnova hätte deuten können. Für eine Nova war die Amplitude des Ausbruchs zu klein und der Abstieg zu plötzlich und zu steil. In den ersten noch wenig genauen Spektren zeigten sich überdies keine Besonderheiten wie spektrale Veränderungen oder Änderungen in Lini-

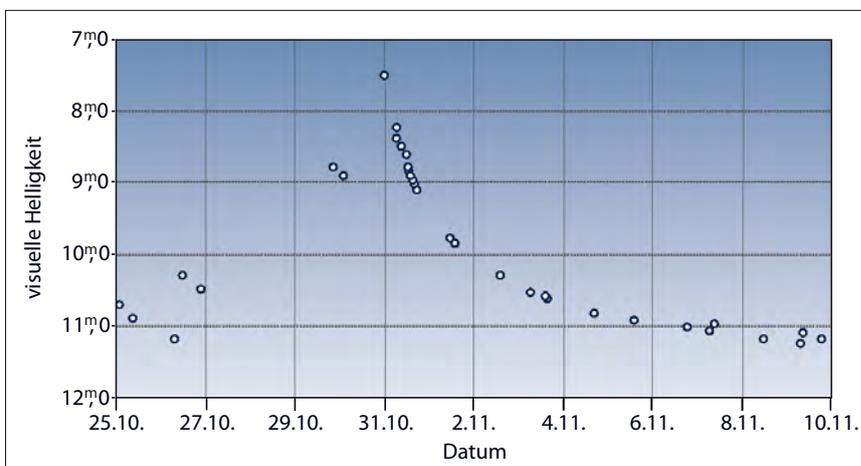


Abb. 1: Lichtkurve von GSC 3656-1328 im visuellen Spektralbereich in den Tagen um das Maximum am 31.10.2006.

expositionen. Damit waren recht schnell alle nahe liegenden Erklärungsversuche gescheitert.

Bis zum 3.11.2006 kamen weitere Ergebnisse hinzu, die das Objekt immer mysteriöser machten:

- Auch eine detaillierte Spektroskopie durch Ulisse Munari [6] findet keine spektralen Besonderheiten.
- Die Auswertung von 400 Archiv-Fotoplaten von 1964 bis 1994 durch Sergei Antipin [7] ergibt für diesen Zeitraum keine Veränderlichkeit.
- Eine Röntgen-Beobachtung mit dem Satelliten-Observatorium SWIFT durch Gaudi et al. [5] findet keine Röntgenquelle an der Position des Sterns.
- Eine Auswertung der RXTE-Röntgen-daten durch Ron Remillard [5] ergibt keinerlei Hinweise auf eine (temporäre) Quelle im Verlauf der bisher zehnjährigen Missionsdauer.
- Die bis zum 3.11.2006 vorliegende genaue Photometrie des Sterns ergibt keine Farbänderung innerhalb eines Fehlers von wenigen hundertstel Größenklassen im Vergleich zu früheren Messungen.

Also keine Röntgenstrahlung, kein Flackern, keine Farbänderung, keine Änderung des Spektrums: Ein anscheinend ganz gewöhnlicher Stern wurde einfach plötzlich heller und dann wieder schwächer.

Noch am 3.11.2006 wurde durch eine polnische Astronomengruppe ein Mikrolinsen-Ereignis als Erklärung vorgeschlagen [8]. Bei einem Mikrolinsen-Ereignis zieht vom Beobachter aus gesehen ein Vordergrundstern so dicht an einem Hintergrundstern vorüber, dass dessen Licht wie mit einer Sammellinse um ein Vielfaches verstärkt wird. Die Lichtkurve eines solchen Ereignisses zeigt einen ganz besonderen Verlauf, und

dieser muss in allen Farben gleich sein. Der Helligkeitsabstieg des GSC-Sterns folgt zwar dem typischen Verlauf eines Mikrolinsen-Ereignisses, aber leider ist der Anstieg nicht gut und vor allem nicht mit genügender Genauigkeit beobachtet worden. Erst allmählich fanden sich noch einige Zufalls-Beobachtungen aus diesem kritischen Zeitraum.

Auch vorhandene Kritiker der Mikrolinsen-Interpretation stimmen zu, dass die Klärung des Phänomens

höchste Wichtigkeit hat, denn falls es sich nicht um ein solches Ereignis handelt, dann hätte man eine neue Klasse von Veränderlichen gefunden, deren Verhalten einem Mikrolinsen-Ereignis ähnelt und die Statistiken dieser Ereignisse verzerren könnte.

Sicherlich werden in den nächsten Monaten noch Beobachtungsergebnisse das eine oder andere Detail hinzufügen. Ein überzeugender Beweis für die Mikrolinsen-Deutung wird aber wohl erst dann möglich sein, wenn sich das für das Mikrolinsen-Ereignis verantwortliche Objekt soweit von GSC 3656-1328 entfernt haben wird, dass es vom HST oder einem der großen erdgebundenen Teleskope nachgewiesen werden kann.

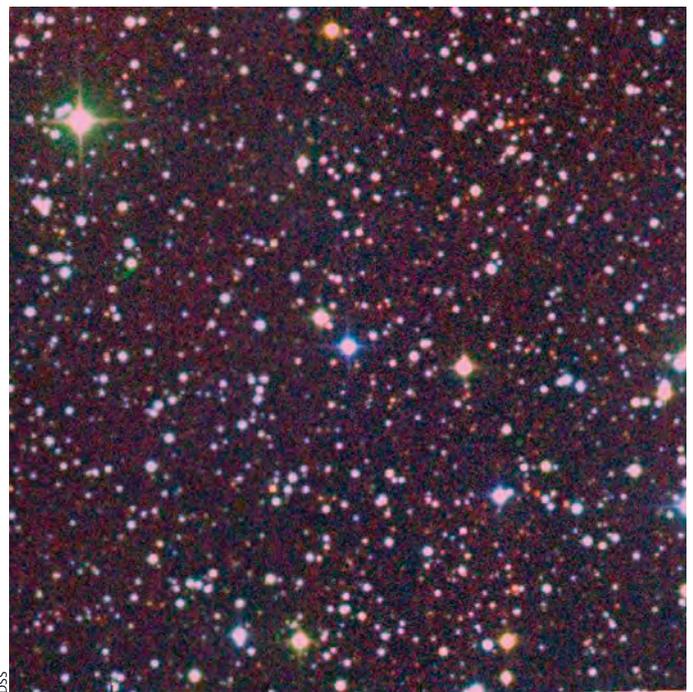


Abb. 2: Farbaufnahme des Feldes, zusammengesetzt aus POSS-Platten. Feldgröße 10'x10', Norden ist oben. GSC 3656-1328 ist der bläuliche Stern im Zentrum der Aufnahme.

- [1] JPL Solar System Data Base: [ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=7830](http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=7830)
- [2] Nakano, S.: Bright Variable Star in Cassiopeia, Central Bureau Electronic Telegrams, 711, 1 (2006)
- [3] Geary, K.: [i56.photobucket.com/albums/g172/Keithg1\\_photos/VarCass06135mmfieldweb.jpg](http://i56.photobucket.com/albums/g172/Keithg1_photos/VarCass06135mmfieldweb.jpg)
- [4] Richmond, M., [spiff.rit.edu/richmond/tass/other\\_cas\\_06/other\\_cas\\_06.html](http://spiff.rit.edu/richmond/tass/other_cas_06/other_cas_06.html)
- [5] Gaudi, B. S. et al.: Discovery of a Very Bright, Nearby Gravitational Microlensing Event, *astro-ph/0703125* (2007)
- [6] Munari, U. et al.: Central Bureau Electronic Telegrams, 718, 1 (2006)
- [7] Samus, N. N., Antipin, S. V.: Central Bureau Electronic Telegrams, 718, 5 (2006)
- [8] Mikolajewski, M. et al., The Astronomer's Telegram #931, [www.astronomerstelegam.org/?read=931](http://www.astronomerstelegam.org/?read=931)

■ Béla Hassforther

# Auf Fraunhofers Spuren

## Sonnen-Spektroskopie für Anfänger

VON WERNER SAHM

Sie kennen Fraunhofer-Linien nur vom Hörensagen? Der Aufwand für ein Spektrometer erscheint Ihnen zu hoch? Dann sollten Sie Ihre Meinung ändern. Um Fraunhofer-Linien zu beobachten brauchen Sie nichts zu kaufen oder zu basteln. Eine CD oder eine DVD ist alles was Sie benötigen. Mit nur wenig Mehraufwand können Sie sogar hoch aufgelöste Sonnenspektren fotografieren.

Um ein Spektrum zu erzeugen, benötigen Sie ein dispersives Element, das die Farben einer Lichtquelle räumlich trennt. Der Regenbogen ist ein besonderes Naturschauspiel. Das dispersive Element sind die Regentropfen, in denen das Sonnenlicht gebrochen und in die einzelnen Farben aufgespalten wird. Im Labor verwendet man normalerweise Prismen oder optische Gitter. Ein optisches Gitter kann man sich als einen stark verkleinerten Lattenzaun vorstellen, bei dem sich durchsichtige und undurchsichtige Bereiche regelmäßig abwechseln. Den Abstand zwischen zwei benachbarten durchsichtigen Bereichen nennt man Gitterkonstante.

### Das dispersive Element

Für die hier beschriebenen Versuche wurden folgende dispersive Elemente verwendet:

- **Geradsichtprisma:** Ein aus drei verkitteten Prismen bestehendes Element, das das Spektrum in der Blickrichtung auf die Lichtquelle erzeugt.
- **Spektralcolorfilter 2x:** Ein in der Fotografie verwendetes EffektfILTER. Es handelt sich dabei um ein holographisch hergestelltes optisches Gitter mit einer Gitterkonstante von  $4,2\mu\text{m}$ .
- **Reflexionsgitter:** Ein optisches Gitter von Carl Zeiss Jena mit einer Gitterkonstante von  $1,5\mu\text{m}$ , das in Reflexion arbeitet.
- **CD:** Ein optisches Gitter mit einer Gitterkonstante von  $1,6\mu\text{m}$ , das sowohl in Durchsicht als auch in Reflexion verwendet wird.
- **DVD:** Ein optisches Gitter mit einer Gitterkonstante von  $0,74\mu\text{m}$ , das in Reflexion verwendet wird.

Das Spektralcolorfilter ist für alle gängigen Objektivöffnungen über den Foto-

handel zu beziehen. Für Amateurastronomen ist es auch mit 48mm Gewinde zum Einschrauben in 2"-Okulare erhältlich.

Das Geradsichtprisma und das Reflexionsgitter sind Restbestände aus DDR-Produktionen für Schulen und heute noch preisgünstig zu beziehen. Das Reflexionsgitter ist ein ca.  $70\text{mm}\times 70\text{mm}$  großes Gitter auf einer 100mm großen Glasscheibe, die in eine Kunststofffassung mit Abdeckblende geklebt ist. Für die hier angegebenen Versuche muss man allerdings die Blende und einen Teil des Fassungsrandes entfernen, so dass das Gitter durch den Fassungsrand nicht abgeschattet werden kann. Dazu sägt man mit einer Laubsäge etwa in der Mitte des Fassungsrandes rundum ca. 4mm tief auf. Mit sanfter Gewalt lässt sich dann der Rand mit der Blende entfernen. Der vom Gitter nicht bedeckte Teil wird schwarz bemalt oder mit einer dünnen schwarzen Folie zugeklebt.

▲  
Abb. 1: **Zwei hochaufgelöste Sonnenspektren**, gewonnen mit einem Teleobjektiv von 200mm Brennweite aus ca. 2m Entfernung mit einer CD als Spektroskop und einer Okularsteckhülse als Spaltersatz. Die Fraunhofer-Linien zeigen das Vorhandensein bestimmter Elemente in den obersten Schichten der Sonne an.

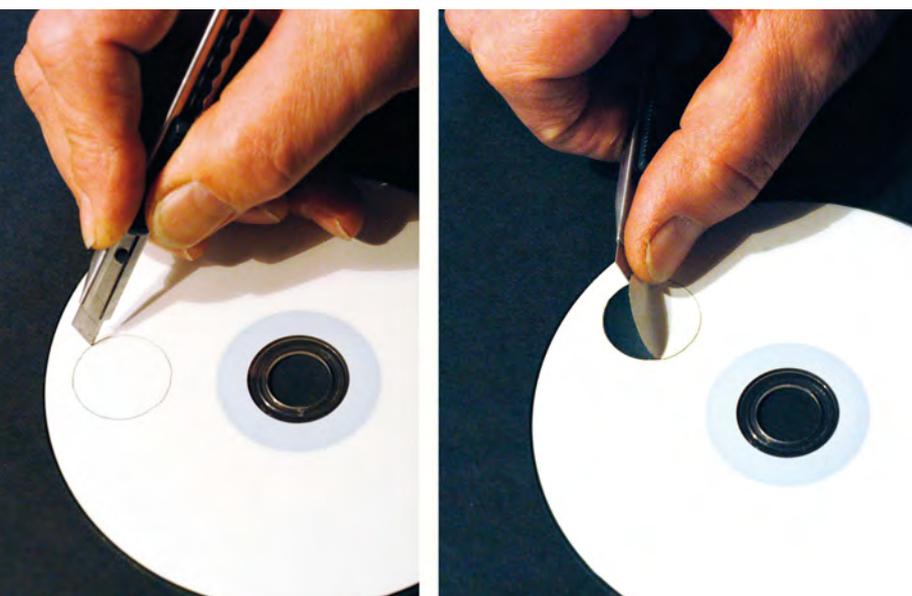


Abb. 2: **Eine CD kann als Sonnenspektroskop verwendet werden.** Dazu muss die Deckschicht auf der bedruckbaren Seite der CD in einem Ausschnitt entfernt werden.



Abb. 3: **Eine Energiesparlampe zeigt im CD-Spektroskop** die einzelnen Abbilder in den jeweiligen Emissionslinien.

## Spektroskopie ohne Spalt

Die Interferenz am optischen Gitter mit der Gitterkonstante  $g$  wird allgemein durch

$$k \lambda = g (\sin \alpha - \sin \beta)$$

beschrieben.  $k$  ist die Ordnungsnummer,  $\lambda$  die Wellenlänge des Lichts,  $\alpha$  der Einfallswinkel und  $\beta$  der Beugungswinkel, jeweils gegen die Normale der Gitterebene gemessen. Wir betrachten hier den streifenden Einfall mit  $\alpha \approx 90^\circ$  bei einem sehr kleinen Beugungswinkel, für den dann  $\sin \beta \approx \beta$  gilt. Die obige Beziehung vereinfacht sich zu

$$\beta \approx \sin \alpha - k\lambda/g$$

Umfasst eine ausgedehnte Lichtquelle den Winkelbereich  $\Delta\alpha$ , hat das einen Winkelbereich  $\Delta\beta$  beim Beugungswinkel zur Folge und es gilt näherungsweise:

$$\Delta\beta \approx \Delta\alpha \cos \alpha$$

Da  $\cos \alpha$  bei streifendem Einfall sehr nahe Null ist, wird  $\Delta\beta$  wesentlich kleiner als  $\Delta\alpha$ . In Richtung der Gitterlinien erfolgt keine Veränderung. Die Winkelausdehnung der Lichtquelle wird also in einer Richtung scheinbar wesentlich verkleinert.

Nehmen wir als Beispiel die Sonne mit  $\Delta\alpha=0,5^\circ$  bei einem Einfallswinkel von  $\alpha=89^\circ$ . Das Sonnenbild hat bei Verwendung eines 400mm-Objektivs einen Durchmesser von etwa 4mm. Mit Gitter wird das Bild zu einer Ellipse mit nur noch 0,07mm Breite zusammengequetscht. Das Bild der Sonne ist jetzt fadenförmig geworden und damit können Fraunhofer-Linien beobachtet werden ohne einen extra Spalt zu benutzen. Für ein Gitter mit  $g=1,6\mu\text{m}$  beobachtet man unter obigen Bedingungen grünes Licht in der 3. Ordnung. Aber auch für Beugungswinkel, die deutlich von  $\beta=0$  abweichen, ändern sich die Verhältnisse kaum.

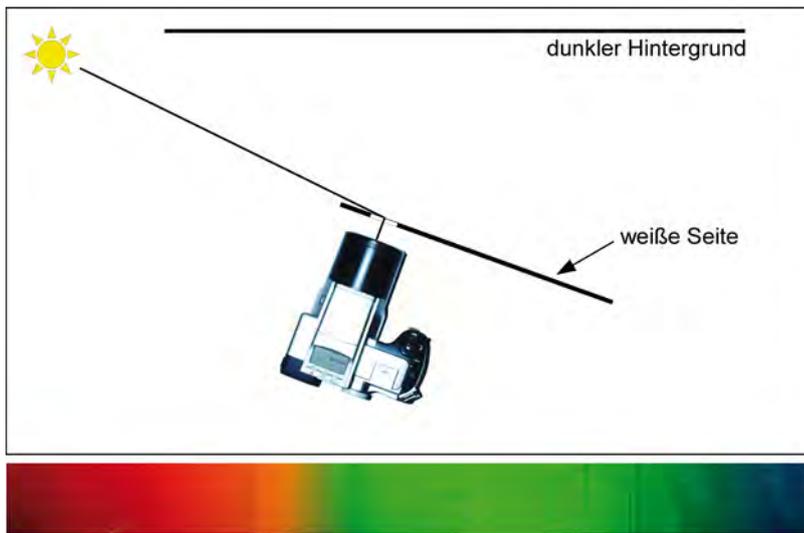


Abb. 4: **Prinzip der Fotografie des Sonnenspektrums** mit einer CD in Transmission, mit dem damit gewonnenen Sonnenspektrum.

Die Spur einer CD wirkt wie ein Gitter, allerdings mit gekrümmten durchsichtigen und nicht durchsichtigen Bereichen. Für unsere Zwecke sind billige bedruckbare Noname-CDs gerade richtig. Aus ihnen kann man nämlich problemlos ein Gitter in Durchsicht, ein Transmissionsgitter, herstellen, das für Ungeübte nach dem Geradsichtprisma die beste Wahl eines dispersiven Elements ist. Direkt unter der bedruckbaren Seite der CD befindet sich die Gitterrinne, bedeckt mit einer Schicht aus reflektierendem Aluminium. Diese Schicht kann einfach entfernt werden. Ritzen Sie mit einem spitzen Messer einen Kreis in die bedruckbare Seite und heben Sie die Schicht mit dem Messer ab. Die Aluminiumschicht lässt sich dann wie eine Folie abziehen. Günstig ist es, die restliche Scheibenfläche zu schwärzen (vorher mattschwarzen Lack aus der Sprühdose aufsprühen). Stellen Sie sich für Reflexionsversuche eine weitere Schei-

be her, bei der Sie auf der spiegelnden Seite alles bis auf einen kleinen Fleck schwärzen.

**Erste Versuche mit der CD als Transmissionsgitter**

Halten Sie sich die als Transmissionsgitter präparierte CD direkt vor das Auge und betrachten Sie damit eine Energiesparlampe. Sie werden ein Bild ähnlich der Abb. 3 sehen. In der Mitte erkennen Sie das Bild der Lampe und links und rechts davon je ein Spektrum, das aus farbigen Bildern der Lampe besteht. Machen Sie das mit dem Spektralfilter, dann sehen Sie links und rechts je mindestens fünf immer schwächer werdende Spektren. Wie viele Spektren man sehen kann, hängt von der Gitterkonstante und auch der Furchengeometrie ab. Während ein Prisma immer nur ein Spektrum liefert, erhält man mit Gittern immer mehrere Spektren. Man zählt die Spektren von der Mitte aus und spricht vom Spektrum 1. Ordnung, 2. Ordnung usw. Ab der 2.

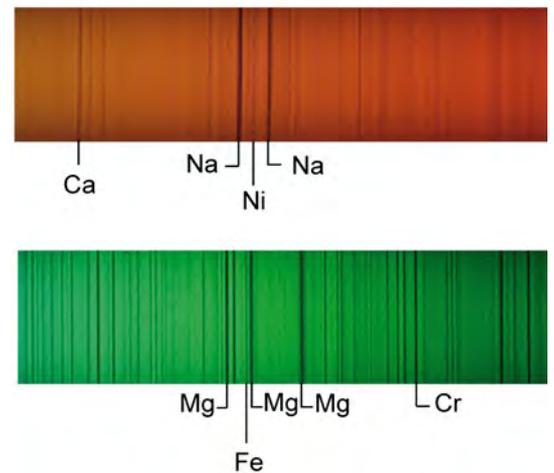
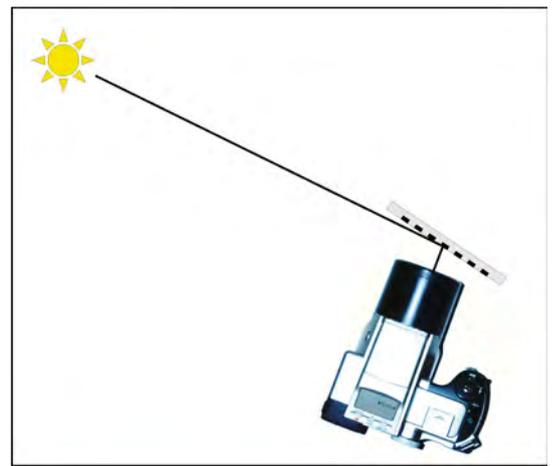


Abb. 5: **Prinzip der Fotografie des Sonnenspektrums** mit einem Gitter in Reflexion, mit zwei Ausschnitten von auf diese Weise gewonnenen Spektren.

Ordnung überlappen sich die Spektren, so dass normalerweise nur in der 1. Ordnung beobachtet wird. Da die Energiesparlampe eine Quecksilberdampf Lampe ist, sehen Sie hier das Emissionsspektrum des Quecksilberdampfes. Jedes Element hat in gasförmiger Form sein eigenes spezielles spektrales Muster, gewissermaßen sein Fingerabdruck, an dem es erkannt werden kann. Auch im reflektierten Licht der CD können Sie die Spektren sehen, allerdings erfordert das etwas mehr Übung.

**Surftipps**

Unterrichtsmittel aus DDR-  
Lagerbeständen: [www.malilux.de](http://www.malilux.de)

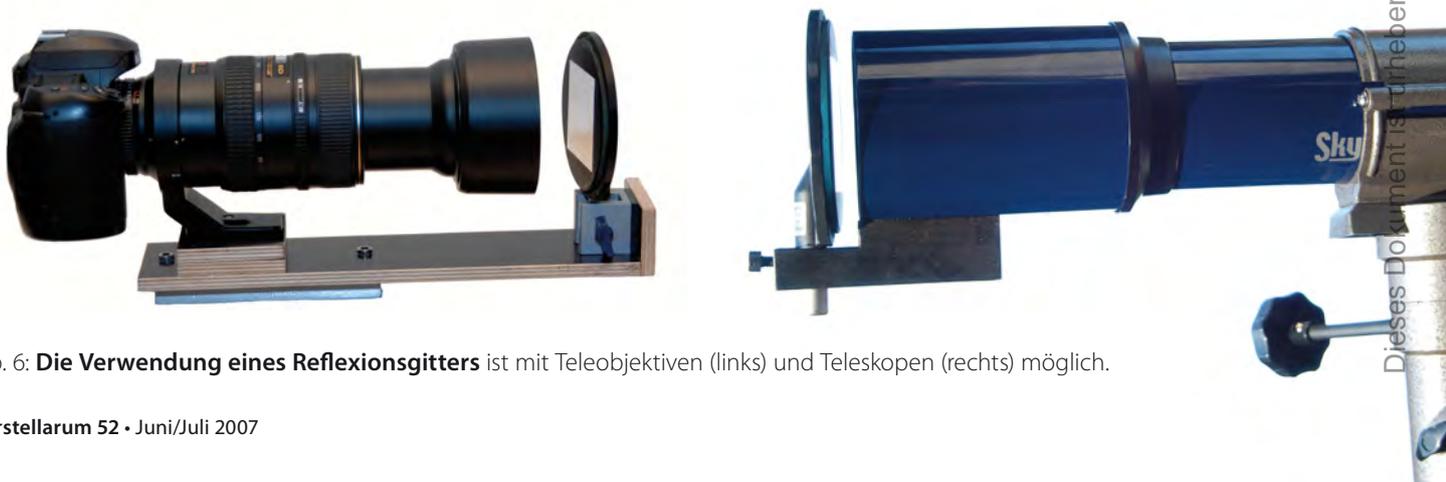


Abb. 6: **Die Verwendung eines Reflexionsgitters** ist mit Teleobjektiven (links) und Teleskopen (rechts) möglich.

## Ein Spaltersatz

Wenn Sie das Licht einer Glühlampe durch eine Schicht gasförmigen Quecksilbers hindurch schicken würden, würde das Quecksilber genau die Farben absorbieren die Sie im Spektrum gesehen haben. Die Folge wäre ein Spektrum, in dem bestimmte Farben fehlen, ein so genanntes Absorptionsspektrum. Das Spektrum der Sonne ist ein solches Absorptionsspektrum, weil alle in der Photosphäre vorhandenen Stoffe Licht gemäß ihrem Fingerabdruck aus dem Licht des darunter liegenden Plasmas absorbieren.

Damit die Lichtquellenbilder gut voneinander getrennt erscheinen, muss man eine schmale Lichtquelle verwenden. Praktisch benutzt man einen Spalt und beleuchtet diesen mit dem Licht der Lichtquelle. Das bedeutet in der Praxis einen nicht unerheblichen Aufwand und ist für einen schnellen Blick auf das Sonnenspektrum zu aufwändig. Im Falle der Sonne hat man dann ein Spektrum, das von lauter dunklen Linien, den Absorptionslinien, durchzogen ist. Diese Linien sind die Fraunhofer-Linien.

Wenn es gelänge, die Sonne zu einem schmalen Bild zu machen, bräuchten wir nur dieses Bild mit unserer CD zu betrachten und könnten dann die Fraunhofer-Linien sehen. Die Lösung des Problems ist sehr simpel. Auf jedem zylinderförmigen glänzenden Gegenstand sieht man einen linienförmigen Reflex. Genau diesen Reflex kann man als Spaltersatz verwenden. Gut geeignet ist eine unzerkratzte Okularsteckhülse. Eine 2"-Steckhülse verkleinert die Sonne in einer Richtung auf ein Bild von 0,1mm Breite. Das genügt völlig um die Fraunhofer-Linien zu sehen.

Dazu legen Sie die Steckhülse auf eine ebene Unterlage und stellen sich so mit dem Rücken zur Sonne, dass Sie den Reflex möglichst hell sehen. Ein Blick durch die CD (Gitterstriche parallel zum Reflex) eröffnet Ihnen die Welt der Fraunhofer-Linien. Allerdings sollten Sie darauf achten, dass der Hintergrund möglichst dunkel ist. Zum Fotografieren ist das Geradsichtprisma oder das Spektralcolorfilter geeigneter. Die Belichtungszeiten liegen zwischen 1/50s–1/200s, so dass man auch ohne Stativ fotografieren kann.

## Es geht noch einfacher

In der Einleitung zu diesem Artikel steht, dass Sie nur mit einer CD alleine, also auch ohne Spalt oder Spaltersatz, die Fraunhofer-Linien beobachten können. Auch das hat einen simplen Hintergrund. Man muss dazu das Licht der Lichtquelle fast streifend auf die Gitterfläche einfallen lassen und ungefähr senkrecht auf die Gitterfläche schauend das Spektrum betrachten. Die Lichtquelle wird dadurch optisch zusammengepresst, so dass man wieder eine linienförmige Lichtquelle hat. Im Kasten finden Sie die dazu nötigen Hintergrundinformationen. Abb. 4 zeigt die Anordnung und einen Ausschnitt aus einer Fotografie mit der präparierten CD direkt vor dem Objektiv. Da das Spektrum relativ lichtschwach ist, ist ein dunkler Hintergrund unerlässlich und die Kamera muss auf einem Stativ befestigt werden. Am günstigsten ist eine laufende Montierung, dann muss man nicht immer wieder die Ausrichtung der Kamera korrigieren. Während das Beobachten mit dem Auge auch für den Ungeübten relativ einfach ist, bedarf es doch etwas Übung um mit der auf der Montierung befestigten Kamera die richtige Einstellung zu finden. Übrigens funktioniert das Prinzip des streifenden Einfalls auch mit einem normalen Prisma.

## Hoch aufgelöste Spektren mit dem Reflexionsgitter ohne Spalt

Für höhere Ansprüche darf man keine CD, sondern muss z. B. das eingangs genannte Reflexionsgitter verwenden. Das Prinzip ist natürlich dasselbe, nur dass jetzt in Reflexion und nicht in Durchsicht beobachtet wird. Bitte beachten Sie unbedingt, dass kein direktes Sonnenlicht in Ihr Auge kommt. Abb. 5 zeigt die Anordnung mit zwei Beispielen für Ausschnitte aus den aufgenommenen Spektren. Abb. 6 zeigt die verwendeten Geräte. Ein komplettes Sonnenspektrum kann man so allerdings nicht erhalten, da es Überlagerungen der Ordnungen gibt. Mit passenden Farbfiltern kann man sich aber jeden Ausschnitt wählen.

# Luna extrascharf

## Hochaufgelöste Mondfotografie mit einem Dobson

VON ROLF ARCAN

Lange Brennweite und schwere Montierung – das sind die Anforderungen, die man gewöhnlich an das Instrumentarium für hochauflösende Mondaufnahmen stellt. Die große Optik eines 16"-Newton lässt sich jedoch auch in Dobson-Bauweise bei stattlichen Äquivalentbrennweiten bis 18m verwenden. Mit einer selbstgebauten Nachführplattform und viel Geduld gelingen eindrucksvolle Mondportraits, die keinen Vergleich mit der Spitzenklasse zu scheuen brauchen.

**M**ondaufnahmen bei bis zu 18m Brennweite erfordern eine sehr genaue Nachführung. Der Bildausschnitt einer Webcam mit ca. 4mm Chipgröße ist bei einer solch großen Äquivalentbrennweite geringer als 1'. Gleichzeitig liegt die mögliche fotografische Auflösung bei einem 640×480-Pixel-Chip im Bereich von weniger als 0,1". Während einer Zeit von einigen Minuten, die für die Gewinnung einer ausreichenden Zahl an Rohbildern benötigt wird, muss die Nachführqualität also höchsten Ansprüchen genügen.

### Die Nachführplattform

Eine Nachführplattform nach dem Prinzip von Poncet ermöglicht es, auch als azimutale Dobson-Teleskope montierte Newtons für eine ausreichend lange Zeit nachzuführen (siehe Kasten).

Die Plattform ist aus Aluminium konstruiert. Ihre Südachse ruht auf einem Punkt, der aus einer Stahlkugel besteht. Der Antrieb erfolgt über ein Reibrad aus Aluminium, das auf einem Halbkreis aus Aluminium läuft, der einen gedachten Durchmesser von einem Meter hat. Dieser großzügige Durchmesser erlaubt einen recht genauen und zitterfreien Stundenachsenantrieb (Abb. 3). Die Stundenachse kann elektrisch über kleine Schrittmotoren

korrigiert werden, die mit 12V Spannung betrieben werden. In Deklination sind kleinere Korrekturen über eine Stangenkonstruktion möglich. Die Feinbewegung geschieht manuell über einen ehemaligen Okularauszug, der an der Stange angebracht ist (Abb. 4).

Die Genauigkeit der Nachführung reicht aus, damit das Bild etwa eine Minute zentriert bleibt. Darüber hinaus muss korrigiert werden, da die Plattform nie genau eingenordet ist, was mittels der Nachführbox elektrisch geschieht.

### Aufnahmetechnik

Bei einer Primärbrennweite von 1800mm bedarf es einer stark vergrößernden Barlowlinse zur Erlangung der gewünschten Äquivalentbrennweite. Der Flatfieldkorrektor von Baader mithilfe von drei bis fünf Verlängerungshülsen leistet hier ausgezeichnete Dienste und bringt die Aufnahmebrennweite auf 12m bis 18m. Als Kamera ist eine Philips Toucam Pro 2 im Einsatz mit modifiziertem Schwarz-Weiß-Chip, der den originalen Farbchip ersetzt. Damit ist die Bildempfindlichkeit höher und das Rauschen gerin-



Abb. 1: **Hochauflösende Mondfotografie mit einem Dobson-Teleskop?** Mondfotograf Rolf Arcan setzt voll auf die Öffnung von 400mm. Das Bild zeigt die Landschaft am Rand der Mondalpen mit dem Krater Plato und dem Mons Piton.

ger. Die Kamera nimmt im RAW-Format auf und die Bilder sind völlig unkomprimiert. Wie bei Webcams üblich wird die Scharfstellung am Computerbildschirm kontrolliert.

Durch das relativ große Lichtsammelvermögen größerer Optiken braucht man die Gain-Einstellungen nicht zu sehr zu strapazieren, was auch der Bildbearbeitung zugute kommt. Auch benötigt man wesentlich weniger gute Rohbilder, um



Abb. 2: **Der Autor** mit dem selbst gebauten 16"-f/4,5-Newton-Teleskop.

sehr hohe Gain-Einstellungen zu kompensieren. In der Regel reichen beim Mond 600 bis 900 Bilder pro avi-Datei, von denen die verwendete Software Registax (bei 90% Auswahl!) in der Regel ein Drittel bis die Hälfte für gut befindet. In einer sehr guten Nacht können auch zwei Drittel der Bilder eines Filmes verwendet werden. Je nach Mondphase werden zwischen 10% und 30% gain unter Verwendung von IR-Filtern benutzt, um das Seeing zu verbessern. Feinste Strukturen können zwar durch die Filterung verloren gehen, die Verwendung dieser Filter ist dennoch hilfreich, um das im infraroten Spektralbereich wesentlich geringere Seeing auszunutzen.

Die Bildbearbeitung erfolgt mit dem Programm Registax, das für meine Begriffe völlig ausreichend ist, um Mondfilme zu bearbeiten. Das Programm sucht nicht nur die guten Einzelbilder für das Komposit aus, sondern erstellt auch eine erste Welle von Wavelets. Danach werden für das addierte Bild noch Kontrast und Helligkeit mit Photoshop angepasst. Eine manuelle Auswahl der Einzelbilder ist äußerst mühsam, lohnt sich jedoch manchmal, um noch letzte Feinheiten herauszuholen.

## Ergebnisse

Exzellente Mondfotos gelingen nur unter exzellenten Bedingungen. Dies bedeutet, dass der Mond in seiner höchsten Stellung, also einmal im Monat, fotografiert werden muss. Die besten Bedingungen sind in der Regel in der zweiten Nachthälfte bis früh am Morgen zu erwarten, wenn die Luftmassenbewegungen etwas geringer werden. Große Brennweiten, wie sie bei der hochauflösenden Fotografie des Mondes üblich sind, sind äußerst seeing-anfällig. Man muss Geduld haben und die

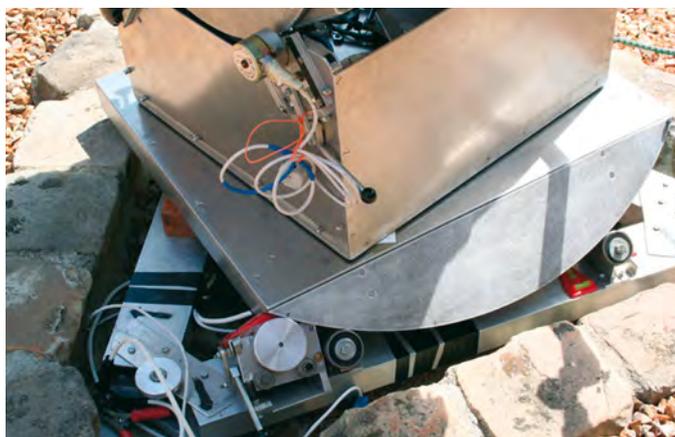
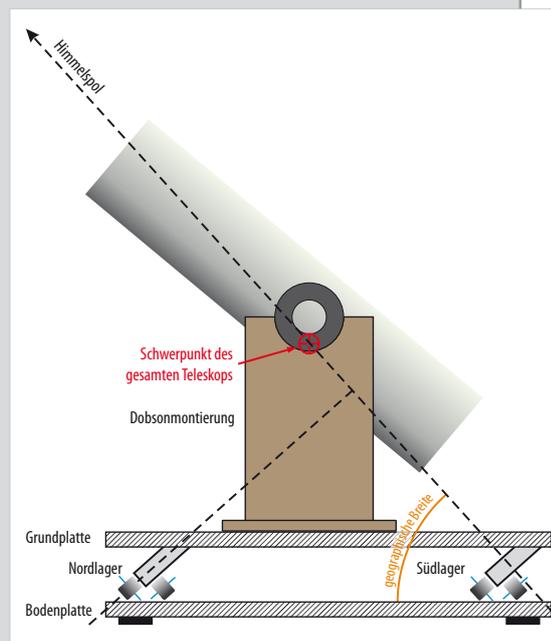


Abb. 3: Die Nachführplattform nach dem Prinzip von Poncet liefert eine grobe Nachführung für etwa eine halbe Stunde. Zur Korrektur steht eine elektrische Steuerung zur Verfügung.

## Prinzip einer Poncet-Nachführplattform

Im Januar 1977 stellte Adrien Poncet seinen »equatorial table« in Sky & Telescope vor, und seitdem haben viele Amateurastronomen diese Montierung nachgebaut und modifiziert. Der Vorteil dieser Montierung ist ihre praktisch horizontale Plattform, auf der meist Dobson-Teleskope montiert werden, aber auch ganze Sternwarten mitsamt Beobachter(n) finden bei entsprechender Auslegung darauf Platz. Im Gegensatz zu einer azimutalen Montierung kann jedoch der Bewegung der Sterne für gut eine Stunde nachgeführt werden.

Das Konstruktionsprinzip einer Nachführplattform ist recht einfach: Sie besteht aus einer Bodenplatte und einem darauf montierten Tisch, der drehbar gelagert ist. Das südliche Lager übernimmt die Funktion der Drehachse des Tisches, die wie bei einer parallaktischen Montierung auf den Himmelspol ausgerichtet ist. Auf der Nordseite wird ein Kreissegment senkrecht zur Drehachse an der Unterseite des Tisches montiert, das auf schräg gestellte Rollen auf der Bodenplatte aufliegt. Der Tisch wird über einen Tangentialarm oder direkt mit einer Rate von 15° pro Stunde um die Polachse gedreht, wodurch eine etwa einstündige Nachführung des Teleskops gewährleistet ist. Nach Ablauf der Zeit wird die Plattform wieder in ihre Ausgangsstellung gebracht.



**Prinzip einer Poncet-Nachführplattform.** Die Drehachse des Tisches im Süden ist auf den Himmelspol ausgerichtet und gewährleistet die korrekte Nachführung. Auf der Nordseite läuft der Tisch auf schräg gestellten Rollen.

Momente abwarten, in denen die Luftunruhe gering ist. Konkret bedeutet das, dass man gegen ein bis zwei Uhr in der Nacht aufsteht (das Instrument wird schon am Abend vorher aufgebaut) und im Okular prüft, wie das Seeing ist. In einem Intervall

von 20 bis 30 Minuten wird die Seeingprüfung gegebenenfalls wiederholt. Geduld und Ausdauer werden jedoch belohnt, wie die Abbildungen zeigen.

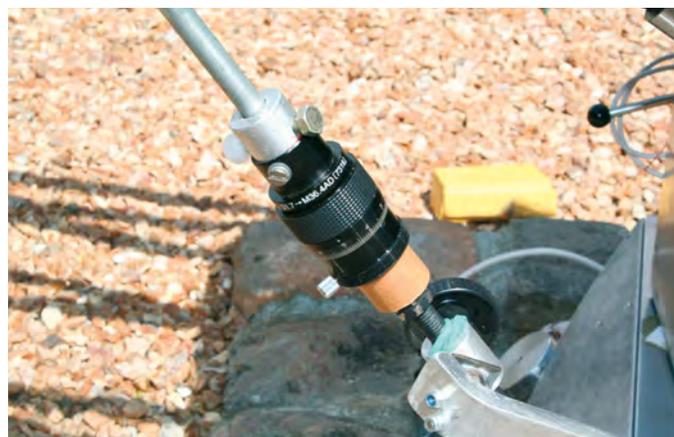


Abb. 4: Die Feinkorrektur in Deklination erfolgt manuell über diese Stangenkonstruktion, die über einen ausgerangierten Okularauszug mit dem oberen Tubusende verbunden ist.

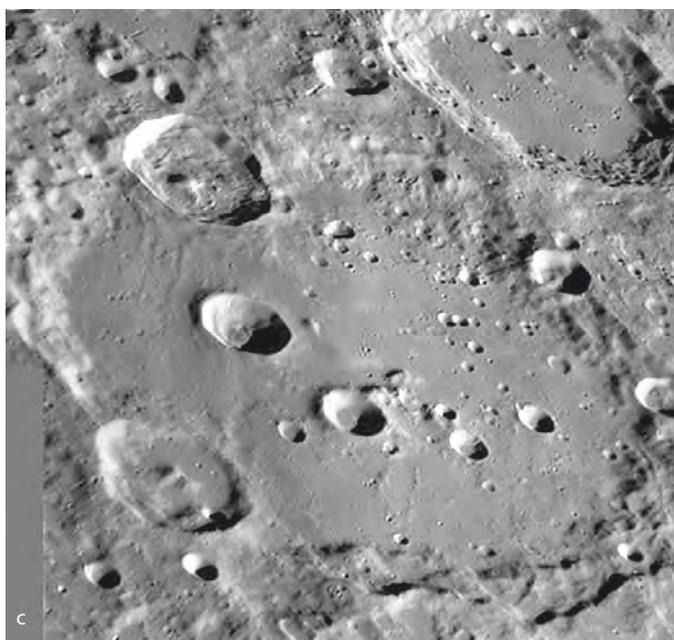


Abb. 5: **Hochaufgelöste Mondfotos der Extraklasse** mit 16" Öffnung und 12m bis 18m Äquivalentbrennweite. a) Das Alpentale mit der feinen Alpentrille, b) Die Wallebene Ptolemäus mit zahlreichen feinen Kleinstkratern, c) Der Krater Clavius mit Umgebung, d) Die Wallebene Plato zeigt mehr als ein Dutzend Kleinstkrater auf ihrem Boden, e) Der Krater Alphonsus mit feinen Rillen auf dem Kraterboden, f) Die Hyginus-Rille

#### Surftipps

Homepage des Autors: [astrosurf.com/astroarcan](http://astrosurf.com/astroarcan)

Registax: [registax.astronomy.net](http://registax.astronomy.net)

Poncet Nachführplattformen: [www.otterstedt.de/wiki/index.php/Poncet\\_Montierung](http://www.otterstedt.de/wiki/index.php/Poncet_Montierung)



# Die Galaxien des Halton C. Arp

## Teil 1: Wechselwirkende Galaxien am Frühlingshimmel

VON MICHAEL KÖNIG

Halton C. Arp beschrieb selbst in schöner Art die Fragestellung hinter seinem Projekt, einen Atlas von pekulären, d.h. von dem »normalen« Erscheinungsbild abweichenden Galaxien, zusammenzustellen: »Vierzig Jahre nach der Entdeckung, dass es sich bei Galaxien um unabhängige stellare Systeme handelt, stehen wir noch immer vor dem Geheimnis wie die Galaxien ihre Formen beibehalten und welche Kräfte für die Ausgestaltung ihrer Erscheinungsformen verantwortlich sind. Was verursacht die charakteristische Form der Spiralgalaxien? Wie hängen elliptische Galaxien mit Spiralen zusammen? Wie werden Galaxien gebildet und wie entwickeln sie sich?« Der Katalog sollte anderen Wissenschaftlern als Grundlage dienen, diese Fragestellungen zu untersuchen. Er ist jedoch auch für Astrofotografen eine reiche Fundgrube für Bildmotive. Einige Objekte aus diesem Katalog sollen hier in Wort und Bild vorgestellt werden.

Mehr als vier Jahre fotografierte H. C. Arp mit dem 200"-Teleskop auf dem Mount Palomar ungewöhnliche Galaxien, die er den Listen von Zwicky, Vorontsov-Velyaminov sowie weiteren unveröffentlichten Quellen entnahm. Einige Objekte fand er auch in der Plattensammlung des Mount Wilson und Mount Palomar Observatoriums. In der Zusammenstellung von Halton C. Arp finden sich insgesamt 338 Objekte in sechs Hauptgruppen: Spiralgalaxien (Arp 1–36), Spiralgalaxien mit Begleiter am Arm (Arp 37–101), elliptische und elliptisch-artige Galaxien (Arp 102–145), allgemeine Galaxien (Arp 146–268), Galaxien mit Gruppencharakter (Arp 269–332) und verschiedenartige Galaxien (Arp 333–338). Zusätzlich führte er weitere 39 Untergruppen ein, die die Art der Störung wie Jets, Ringe, gespaltene Spiralarme, die Begleiter und ihre möglichen Störungen, sowie die Anordnung in Gruppen oder in Ketten beschreiben, um nur einige wenige zu nennen [1]. Für die damalige Zeit war die Zusammenstellung von Arp und damit der Verweis auf die Rolle von Wechselwirkungen bei der dynamischen Interpretation der Erscheinungsformen von Galaxien und Galaxiengruppen eine bahnbrechende Leistung.



Abb. 1: Halton Arps Liste pekuliärer, also nicht normal geformter Galaxien, enthält 338 Galaxien und Galaxiengruppen. NGC 3310 in Ursa Maior ist ein Beispiel für eine verformte Spiralgalaxie, entstanden möglicherweise aus der Verschmelzung zweier Galaxien. Komposit aus zwei Aufnahmen des Hubble Space Telescope vom März 1997 und September 2000.

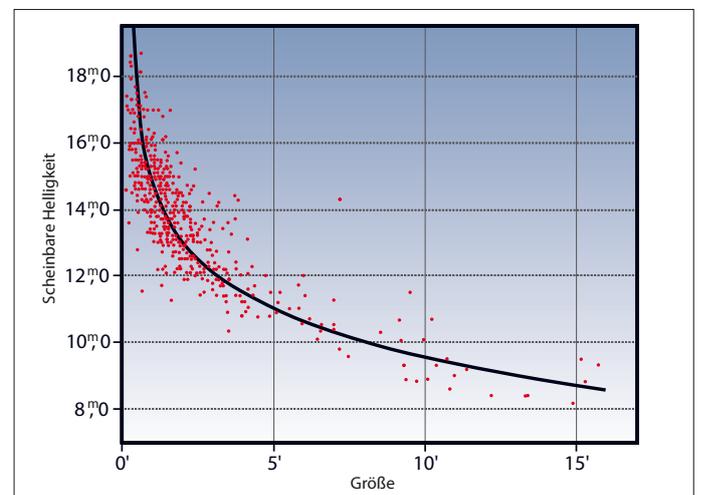


Abb. 2: Korrelation der Durchmesser und der Helligkeit für alle Arp-Galaxien. Die Mehrzahl der Objekte ist sehr klein und schwach.

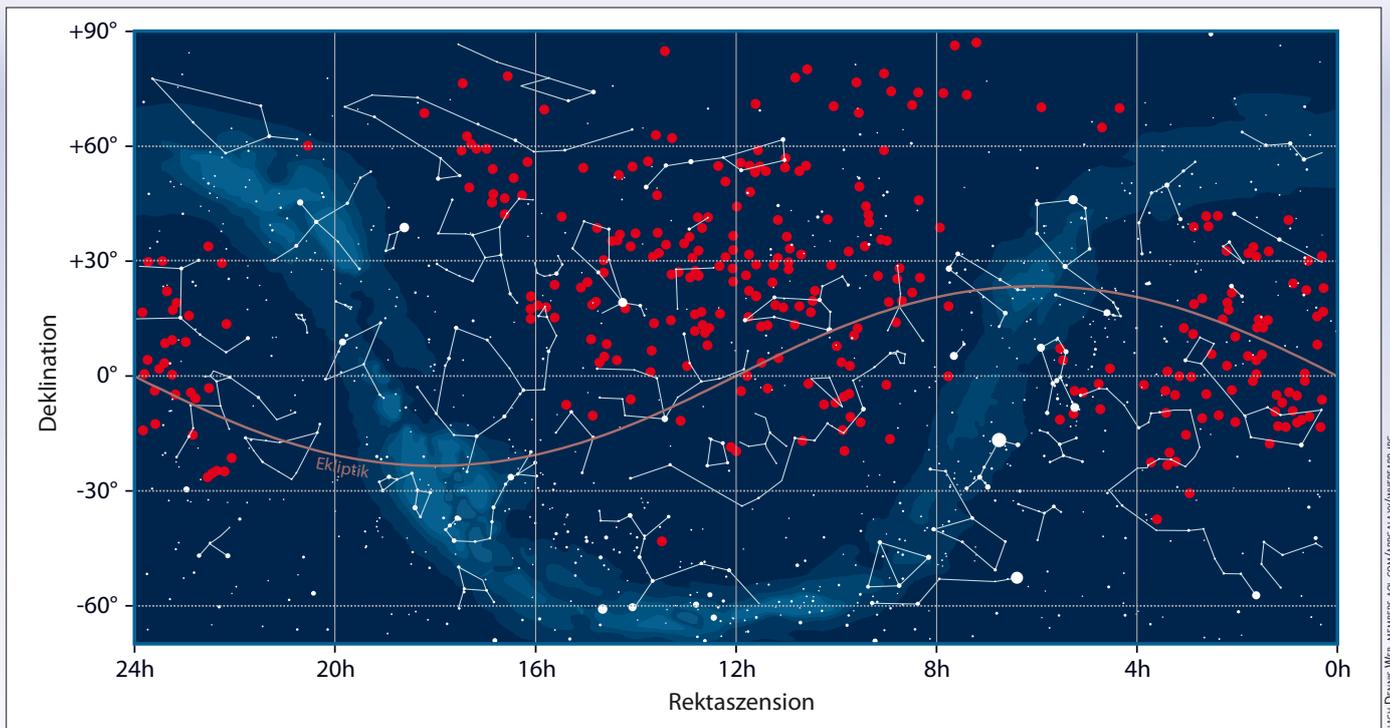


Abb. 3: Die Verteilung der Arp-Galaxien am Himmel.

Halton Arp, vom Autor nach seiner Einschätzung bzgl. der Wirkung seiner damaligen Arbeiten auf die heutige Astrophysik gefragt, sagte, dass es ihn überrascht habe, wie viele Astronomen sich mit Galaxien zu beschäftigen begannen, die als Merger oder mit Gezeitenschweif beobachtet werden konnten. Zuerst dachte er, dass diese Strukturen, wie »jets« und »ejections«, den Hinweis für die Wechselwirkung darstellen, erst später zeigte es sich, wie viele Arp-Objekte mit nahen Radioquellen und Quasaren assoziiert sind. Als ein Beispiel nannte Halton Arp NGC 6217, in deren Umgebung mehrere Röntgenquellen identifiziert wurden. In der Regel haben diese »assozierten« aktiven Galaxien meist eine viel höhere Rotverschiebung und werden daher als Objekte betrachtet, die sich weit entfernt im Hintergrund befinden und nichts mit der Galaxie zu tun haben. Die Interpretation von Halton Arp basiert nun darauf, dass die gemessenen hohen Rotverschiebungswerte dieser Objekte nicht kosmologisch zu interpretieren sind, sondern sich durch hohe lokale Geschwindigkeiten aufgrund eines Ausstoßes aus der nahe liegenden Galaxie erklären lassen. Die meisten Astronomen stehen diesem Ansatz skeptisch gegenüber, müsste sich in diesem Fall doch aufgrund von Implus- und Energieerhaltungssätzen eine veränderte Morphologie der im Zentrum des Ausgangspunktes stehenden Galaxie zeigen. Weitergehende, detaillierte Untersuchungen der Rotver-

schiebung aller Wechselwirkungspartner dieser hochinteressanten Arp-Objekte werden hier in den nächsten Jahren aber Licht ins Dunkel der wirkenden Astrophysik bringen.

### Die Galaxien

Die erste Eigenheit, die man bei der Betrachtung des Arp-Kataloges feststellt, ist der Umstand, dass 75% aller Arp-Galaxien einen Durchmesser von weniger als 2' aufweisen. In Abb. 2 erkennt man neben der Häufung bei kleinen Durchmessern auch den erwarteten logarithmischen Zusammenhang zwischen der Flächenleuchtkraft und dem Winkeldurchmesser, der bei zunehmender Entfernung abnimmt. Dies zeigt den hohen Anteil von Spiraltypen im Arp-Katalog, da diese im Mittel eine Standardgröße von 100000Lj-130000Lj besitzen.

Die Arp-Galaxien haben eine mittlere Helligkeit von 13<sup>m</sup>8, wobei NGC 5128 im Sternbild Centaurus mit 6<sup>m</sup>6 die hellste und mit 27,6'×20,5' nach M 101 auch die größte Galaxie ist. UGC 01840 in der Andromeda und Arp 196 in Coma Berenices mit 18<sup>m</sup>8 sind die schwächsten Einträge. Neben M 101 haben zehn weitere Messier-Objekte Eingang in den Katalog gefunden, darunter M 32, M 51, M 77 und M 82. Ihre Verteilung am Himmel in Abb. 3 erscheint gleichmäßig, ausgespart finden sich erwartungsgemäß nur die niederen galaktischen Breiten.

Es finden sich mehrere Quellen im Internet, die die 338 Objekte des Arp-Kataloges auflisten, jedoch soll hier insbesondere auf die originale Liste [2] sowie eine mit viel Mühe und Sorgfalt erstellte fotografische Auswahl der schönsten Arp-Galaxien [3] hingewiesen werden.

### Die Aufnahmetechnik

Die in diesem und im Folgeartikel gezeigten und beschriebenen Arp-Galaxien sind willkürlich ausgewählt. Anhaltspunkte waren deren Erwähnung in interessanten Artikeln über Themen im Umfeld wechselwirkender Galaxien oder aber die morphologische Auffälligkeit auf bereits vorhandenem Bildmaterial [3, 5]. Im ersten Artikel sind Galaxien im Rektaszensionsbereich von 10<sup>h</sup> bis 20<sup>h</sup> enthalten, leider fehlen Arp-Objekte mit südlicher Deklination aufgrund der örtlichen Einschränkung auf Beobachtungsplätze in Berlin bzw. im Odenwald.

Aufgrund der Kleinheit der typischen Arp-Motive empfiehlt sich der Einsatz von längeren Brennweiten im Bereich von 1500mm und mehr. Für mein schon seit über drei Jahren laufendes Arp-Projekt benutzte ich einen 14"-Hypergraphen (Aufnahmen von Arp 94, 280, 293) und eine 11"-Schmidt-Cassegrain-Optik (alle weiteren Motive). Dabei kommt eine ST10-XME CCD-Kamera für die Schwarz-Weiß-Motive und eine SXV-H9 für die LRGB-Komposite zum Einsatz.



Arp 94, NGC 3227



Arp 217, NGC 3310



Arp 205, NGC 3448



Arp 27, NGC 3631

## Portraits einzelner Galaxien

### Arp 94, NGC 3227

Die Aufnahme zeigt das wechselwirkende Galaxienpaar NGC 3227 und NGC 3226. Für die Wissenschaft interessant ist insbesondere die wenig auffällige elliptische Zwerggalaxie NGC 3226, die vom Röntgensatelliten XMM-Newton beobachtet wurde [9]. Mit den abgeleiteten Modellgrößen, u.a. einer Zentralmasse von  $1,7\text{--}50 \cdot 10^7$  Sonnenmassen, kann man schließen, dass sich NGC 3226 in einem so genannten »sub-Eddington« Zustand befindet, der auf eine »ineffiziente« Akkretion und einen langsamen Akkretionsfluss hinweist. Der verzögerte Zufluss von Materie bewirkt hier eine gedrosselte Leuchtkraft des aktiven Kerns.

### Arp 217, NGC 3310

Die pekuläre Spiralgalaxie NGC 3310 zeigt in ihrem Inneren eine SAB-Morphologie und eine bogenartige äußere Struktur, die vermutlich als Ergebnis aus der Verschmelzung mit einer kleinen Galaxie ist. Hierfür spricht auch die Beobachtung einer örtlichen Versetzung vom dynamischen und stellaren Mittelpunkt der Galaxienmasse.

Mit einem B–V-Farbindex von +0,32 ist diese Galaxie eine der blauesten Spiralgalaxien. Ebenso zeigt NGC 3310 viele Gebiete mit jungen heißen Sternen und wird daher als »Starburst-Galaxie« klassifiziert, wobei diese Regionen eine typische Größe von 400–500 O-Sternen besitzen. Zusammen mit ihrer auffälligen Infrarotleuchtkraft ähnelt NGC 3310 der Galaxie M 82, dem »Starburstprototypen«. Im UV-Bereich erkennt man neben dem Kern auch helle Knoten und einen Jet, der in die äußeren Bereiche bis zum Bogen reicht.

### Arp 205, NGC 3448

Die irreguläre Galaxie NGC 3448 ist das hellere Mitglied in diesem wechselwirkenden Galaxienpaar zusammen mit der Zwerggalaxie UGC 6016. Man beobachtet einen vom Partner wegweisenden Gezeitschweif aus Gas- und Staub, der während des Zusammenstoßes entstand und aus Gründen der Impulserhaltung dem leichteren Partner entgegengesetzt ist.

Laut der Arpschen Klassifizierung zählt Arp 205 zu den »galaxies with material ejected from nuclei«. Aus der Beobachtung von Sternentstehungsgebieten in beiden Mitgliedern des Paares, wie auch aus den etwa gleich großen Rotverschiebungen, kann man heute schließen, dass es sich um

zwei Stoßpartner handelt. Als projizierten Abstand errechnet man 100000Lj, ebenso passt auch die Lage und Geschwindigkeit der Gezeitschweife zur Modellvorstellung eines 200 Mio. Jahre zurückliegenden, nicht zentralen Zusammenstoßes.

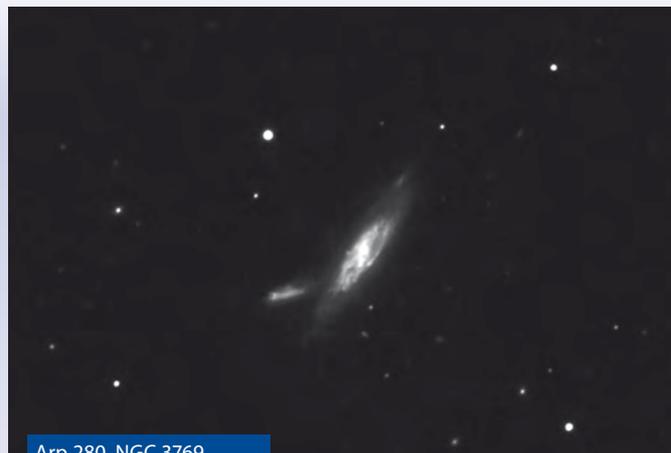
### Arp 27, NGC 3631

Bei NGC 3631 handelt es sich um eine »face-on«, also frontal beobachtete Spiralgalaxie vom Typ SA(s)c, die eine schöne Möglichkeit für die Untersuchung ihrer Spiralarms bietet. Man erkennt gerade Strukturen in den Spiralarms, die auch »Vorontsov-Velyaminov Reihen« genannt werden. Dabei weisen die Reihen eines Armes, wie auch die Reihen relativ zu denen anderer Spiralarms immer Winkel von Vielfachen von  $60^\circ$  auf. Ebenso stellt man fest, dass die Länge der Reihen mit ihrem Zentrumsabstand zunimmt.

Bei statistischen Analysen heller Spiralgalaxien findet man heraus, dass 6%–8% aller gut entwickelten Spiraltypen derartige Reihen zeigen, wobei die meisten davon gasreiche Sbc–Scd Typen sind. Zwar gibt es bei dieser Gruppe auch einen großen Teil wechselwirkender Galaxien, jedoch lässt sich das Auftreten von Reihen nicht als eine Wechselwirkungsfolge beschreiben. Es wird vielmehr in den letzten



Arp 214, NGC 3718



Arp 280, NGC 3769



Arp 18, NGC 4088



Arp 120, NGC 4435/4438

Jahren die Meinung vertreten, dass diese Strukturen durch hydrodynamische Effekte entstehen, die in »normalen« Spiraltypen auftreten können.

#### Arp 214, NGC 3718

Bei der mit einer Entfernung von nur 49 Mio. Lj uns sehr nahe liegenden SB(s) Galaxie handelt es sich um eine aktive Galaxie, klassifiziert als Seyfert 1-Typ und als LINER. Bei radioastronomischen Beobachtungen im Millimeterbereich der CO/

HCN-Emissionslinien wurde eine dünne und stark deformierte Scheibe mit molekularem Gas beobachtet, in deren Zentrum der aktive galaktische Kern (AGN, »active galactic nuclei«) liegt.

Die Lage der Scheibe aus molekularem Gas entspricht der des optisch sichtbaren Staubbandes. Im Innenbereich kann man die Scheibe bis auf die innersten 20" nachweisen, was etwa einem Radius von 16000Lj entspricht und zum Standardmodell aktiver Galaxien passt, wonach in dieser Größenordnung auch der Staubtorus beginnt, der die innere Akkretionsscheibe und das zentrale supermassive schwarze Loch beheimatet.

#### Arp 280, NGC 3769

Seit 1977 wird die Tully-Fisher-Relation benutzt, um aus der 21cm-Radiolinienbreite auf die Leuchtkraft von Galaxien schließen zu können. Es handelt sich dabei um eine empirische Relation, die nicht nur Leuchtkraft und Linienbreite, sondern auch die Rotationsgeschwindigkeit und die Gesamtmasse der Galaxie in Verbindung bringt. Damit stellt diese Relation ein mächtiges Instrument der extragalaktischen Entfernungsmessung dar. Korreliert man die Summe der stellaren Masse und der Gasmasse mit der Linienbreite, so

findet man die »baryonic Tully-Fisher relation« (BTF).

NGC 3769 gehört zu einer Gruppe von 60 Galaxien, der auch prominente S-Typen wie M 33 oder NGC 7331 angehören, für die die BTF untersucht wurde. Für die BTF ergibt sich, dass die Galaxienmasse proportional zur vierten Potenz der Rotationsgeschwindigkeit ist. Die Rotationsgeschwindigkeiten liegen zwischen 50km/s und 300km/s, die Massen variieren über fünf Größenordnungen. NGC 3769 liegt im Mittelfeld dieses Samples und hat 1,7 Mal mehr Masse als M 33, aber nur 1/13 der Masse von NGC 7331.

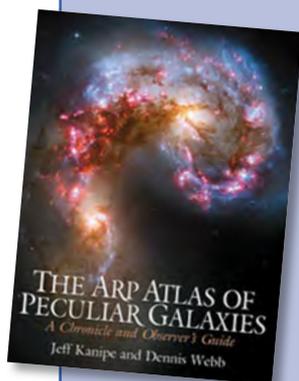
#### Arp 18, NGC 4088

Mit einer Größe von 5,8'x2,2' handelt es sich bei NGC 4088 um eine der »großen« Arp-Galaxien. Man erkennt bei dieser nur etwa 40 Mio. Lichtjahre entfernten SAB(rs)-Galaxie eine auffällende Asymmetrie. Bei spektroskopischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass die gemessene Rotation im oberen, nordöstlichen Bereich der galaktischen Ebene um 100km/s unter dem Wert des gegenüberliegenden, südwestlichen Scheibengases liegt. Diese Geschwindigkeitsdifferenz führt zu einer Verformung der Hauptebene der galaktischen Scheibe [7].

#### Literaturtip

#### The Arp Atlas of Peculiar Galaxies, Jeff Kanipe und Dennis Webb, Willmann-Bell

gibt für alle 338 Arp-Galaxien Daten, Aufsuchkarten, Fotos und visuelle Beobachtungen – ein unverzichtbarer Begleiter für eigene Beobachtungen



Interpretiert man die gemessenen Rotationsgeschwindigkeitsdifferenzen in Bezug auf die beteiligte dynamische Masse, so ist die nördöstliche Region »schwerer« als die südwestliche Scheibenregion. Eine mögliche Ursache wäre eine Wechselwirkung mit der Galaxie NGC 4085, die zwar nicht mehr auf dem Bildausschnitt zu erkennen ist, jedoch die nahezu gleiche Rotverschiebung aufweist und in 100000Lj Entfernung liegt. Die schwerere Scheibenregion von NGC 4088 wäre dann der Ansatz eines sich ausprägenden Gezeitenschweifes, der diametral zum Wechselwirkungspartner ausgerichtet ist.

### Arp 120, NGC 4435/4438

In der englischsprachigen Literatur wird dieses bekannte Galaxienduo als »The Eyes« beschrieben, NGC 4435 (SB(s)) und NGC 4438 (SA(s)0/a pec) bilden ein sehr nahes Paar wechselwirkender Galaxien. Untersucht man das interstellare Medium (ISM) des gestörten Partners, findet man ausgedehnte emittierende Filamente, deren Kinematik von der inneren Galaxie abgetrennt ist. Die sichtbare Schleife ist dabei im Radiolicht von einer großen Blase umschlossen, was dadurch erklärt wird, dass der Gezeitenschweif ISM vom Kerngebiet nach außen transportiert und ionisiert hat und dieses nun im Radiobereich emittiert.

ISM-Untersuchungen von W. Keel und A. Wehrle [8] folgern aus den ausgedehnten Radiostrukturen auf energiereiche Prozesse im Kernbereich von einigen hundert Parsec in NGC 4438. Dabei wird durch das ISM die Energie nach außen transportiert und durch den Nachbarn NGC 4435, aber vor allem durch das dichte intergalaktische Medium des Virgoaufens gestört.

### Arp 269, NGC 4490/4485

NGC 4490 und ihre Begleitgalaxie NGC 4485 sind eines der schönsten Objekte im Arp-Katalog. Die Kategorisierung »galaxies with connected arms« kann man gut nachvollziehen, da sich eine Kette von HII-Regionen von NGC 4490 zu NGC 4485 zieht. Radiobeobachtungen zeigen auch neutrales Wasserstoffgas und molekulares ISM (CO), das NGC 4490 vom kleinen Begleiter entfernt.

### Arp 23, NGC 4618

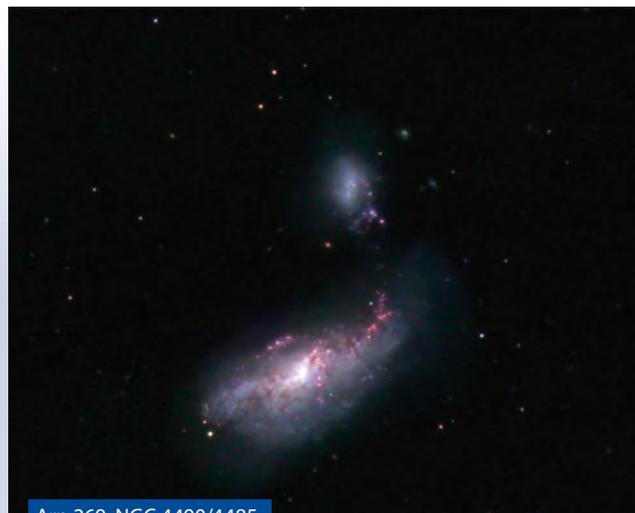
Bei NGC 4618 handelt es sich um eine SB(rs) Galaxie, die in wenigen Bogenminuten Entfernung einen lichtschwächeren Begleiter NGC 4625 besitzt. Obwohl diese Galaxie mit SAB(rs)m pec als eine pekuläre Galaxie klassifiziert ist, findet sie sich – wohl wegen ihrer geringen Größe von nur 1,5' – nicht im Arp-Katalog.

### Arp 281, NGC 4631

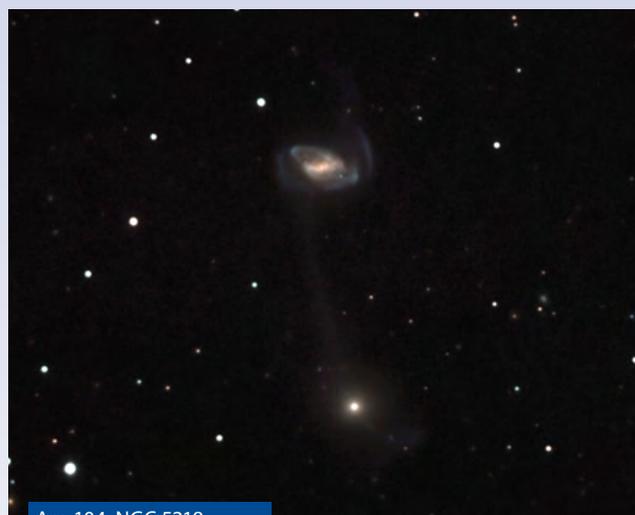
NGC 4631 ist eine SB(s)d Galaxie und bildet zusammen mit NGC 4627 das Arp-Objekt 281 in der Kategorie »galaxies with infall and attraction«. Radiobeobachtungen zeigen, dass NGC 4631 von einer großen Radioblase umschlossen wird, es findet sich aber kein Hinweis auf eine Materiebrücke zum kleinen elliptischen Begleiter NGC 4627. Betrachtet man die Entfernungen, zeigt sich, dass NGC 4627 eher eine Hintergrundgalaxie ist und die Gezeitenstörung, die man in NGC 4631 beobachtet, wohl durch die Wechselwirkung mit der näher liegenden NGC 4656 entstanden ist, die außerhalb des Bildfeldes liegt.

### Arp 104, NGC 5218

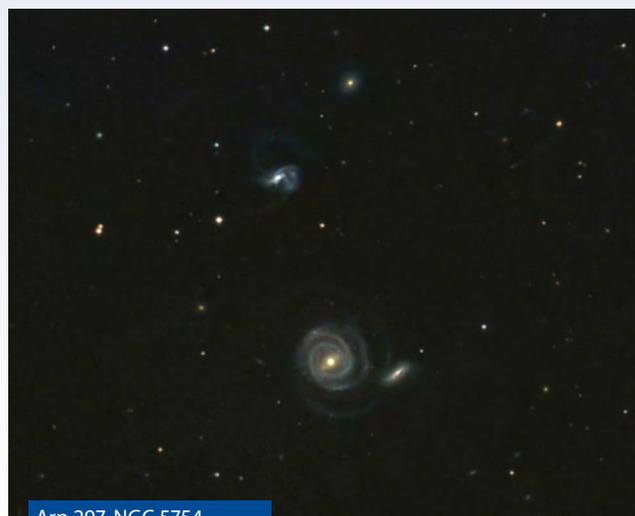
Ein schönes Beispiel wechselwirkender Galaxien bilden NGC 5216 (oben) und NGC 5218 (unten). P. C. Keenan beschrieb 1935 als erster dieses auffällige Paar; es wird daher auch als Keenan's System bezeichnet. Beide Galaxien sind 40 Mio. Lichtjahre ent-



Arp 269, NGC 4490/4485



Arp 104, NGC 5218



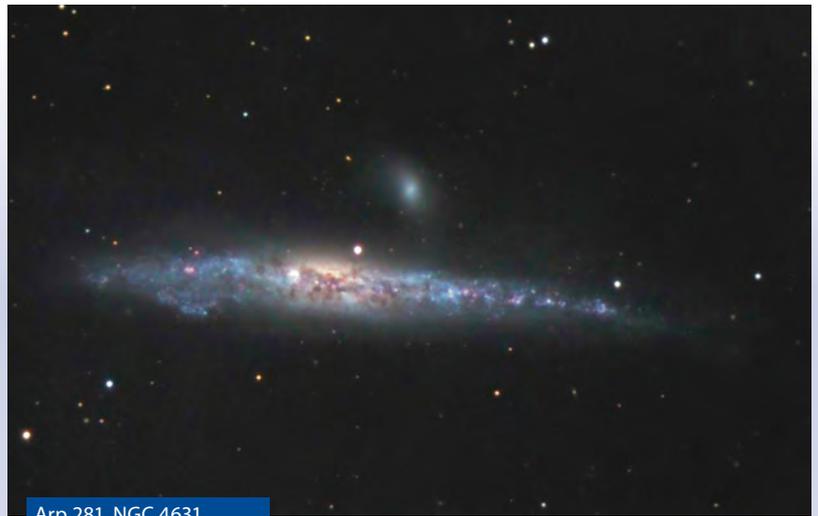
Arp 297, NGC 5754

fernt, zwischen den Galaxien erkennt man einen leuchtenden Streifen, der eine Länge von 22000 Lichtjahren besitzt. Die Spektren zeigen bei NGC 5216 Emissionslinien, was auf eine Aktive Galaxie (LINER) schließen lässt. Der Verbindungsstreifen zeigt ein blaues Spektrum ohne Emissionslinien, woraus man schließen kann, dass der Streifen aus Sternen besteht, die durch die Wechselwirkung aus den Spiralarmen herausgerissen wurden.

Bei NGC 5218 zeigt sich ein typisches Merkmal der Gezeitenwechselwirkung zweier Galaxien: In entgegengesetzter Richtung zum gemeinsamen Schwerpunkt erkennt man bei einem Partner



Arp 23, NGC 4618



Arp 281, NGC 4631



Arp 79, IC 983 / NGC 5490C



Arp 178, NGC 5614



Arp 185, NGC 6217



Arp 293, NGC 6285

oft einen Gezeitenschweif. Bei NGC 5218 erscheint dieser Fortsatz zudem leicht bogenförmig.

**Arp 79, IC 983 / NGC 5490C**

In einem Abstand von nur 2° von Arktur findet man IC 983, eine SB(r)bc Balkenspirale, in der Anfang 2005 die Supernova SN2005I nachgewiesen wurde [10]. Zum Zeitpunkt der Entdeckung am 15. Januar

2005 besaß die SN vom Typ II nur eine Helligkeit von 18<sup>m</sup>.5. Zum Zeitpunkt der Aufnahme lag die Helligkeit unter der Nachweisgröße von ca. 20<sup>m</sup>–21<sup>m</sup>.

Die Aufnahme zeigt im linken Bereich die Galaxie NGC 5490 und zwischen NGC 5490 und IC 983 eine kleine Spiralgalaxie NGC 5490C. Obwohl diese kaum 1' misst, ist sie ein Objekt des Arp-Kataloges (Arp 79) als »spiral galaxy with companion«

(der Begleiter findet sich 2' nördlich). Bei der Aufhellung in einem Arm von NGC 5490C handelt es sich nicht etwa um eine Supernova, sondern um einen 18<sup>m</sup> hellen Knoten im Spiralarm.

**Arp 178, NGC 5614**

Die pekuläre SA(r)ab Galaxie NGC 5614 wird aufgrund ihrer Morphologie zu den Ring-Galaxien gezählt. Ring-Ga-

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

laxien entstehen, wenn sie von einer kleinen, meist kompakten Galaxie fast senkrecht zur Hauptebene durchstoßen werden. Die Ringmorphologie sowie der Gezeitschweif lassen sich durch dynamische Reibung und Massenaustausch beim Stoß zweier ausgedehnter Massen modellieren. Der Stoßpartner von NGC 5614 ist NGC 5615, die man als Aufhellung am Ansatz des Gezeitschweifes erkennt. Knapp 1,5' unterhalb der Ring-Galaxie NGC 5614 findet man die mehr als doppelt so weit entfernte Galaxie NGC 5613, die mit (R)SAB(r) auch als Ring-Galaxie klassifiziert ist.

**Arp 297, NGC 5754**

In Bootes findet man diese Galaxiengruppe aus vier Galaxien, die dicht in einem 3'x6' kleinen Ausschnitt liegen. NGC 5753 ist oben rechts und in östlicher Richtung etwas (nach links unten) versetzt NGC 5755. Darunter steht das dichte Paar NGC 5754 und NGC 5752. Betrachtet man die Rotverschiebungen, so erkennt man, dass NGC 5753 und NGC 5755 ein wechselwirkendes Galaxienpaar in einer Entfernung von 570 Mio. Lichtjahren bil-

den. Das untere Paar mit NGC 5754/2 ist auch als Arp 297 bekannt und ist nur halb soweit entfernt. Hier ist NGC 5754 ein SB(rs)b Spiraltyp mit einer Störung, die u.a. einen Gezeitschweif entwickelt hat, der bis zum kleineren Begleiter NGC 5752 reicht.

Simulationen des Zusammenstoßes der beiden Galaxien liefern eine nächste Begegnung vor 250 Mio. Jahren. Dabei hat der kleinere Partner die Scheibenebene von NGC 5754 in einem Winkel von 60° gekreuzt. Allerdings zeigt NGC 5754 kaum Aktive Regionen, wie sie bei engen Paaren auftreten, da die Störung der Scheibensymmetrie nicht ausreichend groß war.

**Arp 185, NGC 6217**

NGC 6217 ist eine knapp 3' große (R)SB(rs)bc Galaxie, sie findet sich als Nr. 185 im Arp-Katalog. Da NGC 6217 als Aktive Galaxie, genauer als Starburst Galaxie bekannt war, wurde sie von ROSAT beobachtet. Die Röntgenbeobachtungen zeigten ein Filament, das sich etwa 2,7' (60000Lj) in südwestlicher Richtung erstreckt. Da Radiobeobachtungen eine ähnliche Ausdehnung aufweisen, könnte dies

ein Hinweis auf einen einseitigen Jet in NGC 6217 sein [11].

**Arp 293, NGC 6285**

Die beiden Galaxien NGC 6286 und NGC 6285 bilden ein Paar wechselwirkender Galaxien. Bei NGC 6286, die man fast von der Seite (»edge-on«) sieht, fällt ein dickes Staubband auf, das zur Hauptebene geneigt ist. Auch aufgrund der bogenförmigen diffusen Struktur im südöstlichen Halo dieser Galaxie wird sie als »polar-ring Galaxie« klassifiziert. Bei NGC 6286 wurde festgestellt, dass die Gasscheibe in der Hauptebene der Galaxie nicht zentriert ist, sondern einen Offset von 5"-7" aufweist, was einem Versatz von 29000Lj zur galaktischen Ebene entspricht und ein Relikt der erfolgten Gezeitenwechselwirkung ist. Interessanterweise konnte aber kein Nachweis für eine Rotation von Gas um die Hauptachse erbracht werden, wie sie bei polar-ring Galaxien zu finden sein sollte. Die ebenfalls beobachtete überhöhte Infrarotleuchtkraft spricht vielmehr dafür, dass man es hier mit einer »superwind galaxy« zu tun hat. Bei einer solchen Galaxie erfolgt die Ionisationsanregung durch eine Gas-/Staubkomponente, die von massereichen, jungen, heißen Sternen ausgeht. Diese Sterne entstammen einem »Starburst«, einer explosiven Sternentstehungsphase, ausgelöst durch die gravitative Wechselwirkung. Ein solcher »Superwind« zeigt meist einen bipolaren Aufbau relativ zur Scheibenebene und kann daher mit einem Ring verwechselt werden.

[1] Arp, H.: Atlas of Peculiar Galaxies, Astrophys. J. Suppl. 14, 1 (1966)  
 [2] Liste mit der originalen Zusammenstellung: <ftp://cdsarc.u-strasbg.fr/cats/VII/192/arp1list.dat>  
 [3] Auswahl von Arp-Gaxien für Beobachter und Fotografen: [www.arpgalaxies.com/](http://www.arpgalaxies.com/)  
 [4] NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) [nedwww.ipac.caltech.edu](http://nedwww.ipac.caltech.edu)  
 [5] Digital Sky Survey (DSS): [archive.eso.org/dss/dss](http://archive.eso.org/dss/dss)  
 [6] Atlas of peculiar Galaxies, California Institute of Technology, [nedwww.ipac.caltech.edu/level5/Arp/frames.html](http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5/Arp/frames.html)  
 [7] Carozzi-Meyssonier, N.: Rotation and mass of NGC 4088, Astron. Astrophys. 63, 415 (1978)  
 [8] Keel, W., Wehrle, A.: The dynamic interstellar medium in NGC 4438, Astron. J. 106, 236 (1993)  
 [9] Gondoin, P., Orr, A., Siddiqui, H.: XMM-Newton observations of the dwarf elliptical galaxy NGC 3226, Astron. Astrophys. 420, 905 (2004)  
 [10] IAUC 8467: [astro.berkeley.edu/~bait/2005/sn2005i.html](http://astro.berkeley.edu/~bait/2005/sn2005i.html)  
 [11] Pietsch, W., Arp, H.: A possible X-ray jet from the starburst galaxy NGC 6217, Astron. Astrophys. 376, 393 (2001)

Arp-Galaxien am Frühlingshimmel							
Arp-Nr.	Name	Sternbild	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Typ
94	NGC 3226	Leo	10 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup>	+19° 53'	11 <sup>m</sup> 4	3,2'x2,8'	E2: pec
94	NGC 3227	Leo	10 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	+19° 51'	10 <sup>m</sup> 3	5,4'x3,7'	SAB(s)a pec
217	NGC 3310	UMa	10 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup>	+53° 30'	10 <sup>m</sup> 8	3,1'x2,4'	SAB(r)bc pec
205	NGC 3448	UMa	10 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	+54° 18'	11 <sup>m</sup> 2	5,7'x1,8'	I0
27	NGC 3631	UMa	11 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>	+53° 10'	10 <sup>m</sup> 4	5,0'x4,8'	SA(s)cI-II
214	NGC 3718	UMa	11 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>	+53° 03'	10 <sup>m</sup> 7	8,2'x4,0'	SB(s)a pec
280	NGC 3769	UMa	11 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	+47° 53'	11 <sup>m</sup> 8	3,1'x1,0'	SB(r)b:
280	NGC 3769A	UMa	11 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>	+47° 52'	14 <sup>m</sup> 2	1,1'x0,5'	Sb <sup>m</sup> pec III
18	NGC 4088	UMa	12 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>	+50° 32'	10 <sup>m</sup> 5	5,8'x2,3'	SAB(rs)bc
120	NGC 4435	Vir	12 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	+13° 04'	10 <sup>m</sup> 9	2,8'x2,0'	SB(s)0
120	NGC 4438	Vir	12 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	+13° 00'	10 <sup>m</sup> 1	8,6'x3,2'	SA(s)0/a pec
269	NGC 4485	CVn	12 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>	+41° 41'	11 <sup>m</sup> 2	2,3'x1,6'	IB(s)m pec
269	NGC 4490	CVn	12 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>	+41° 38'	9 <sup>m</sup> 8	6,4'x3,1'	SB(s)0+? sp
23	NGC 4618	CVn	12 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	+41° 09'	10 <sup>m</sup> 8	4,2'x3,4'	SB(rs)m
281	NGC 4627	CVn	12 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup>	+32° 34'	12 <sup>m</sup> 3	2,6'x1,8'	E4 pec
281	NGC 4631	CVn	12 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup>	+32° 32'	9 <sup>m</sup> 3	5,5'x2,7'	SB(s)d III
104	NGC 5216	UMa	13 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup>	+62° 42'	11 <sup>m</sup> 2	2,5'x1,5'	E0 pec
104	NGC 5218	UMa	13 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	+62° 46'	12 <sup>m</sup> 3	1,8'x1,3'	SB(s)b? pec
79	NGC 5490C	Boo	14 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup>	+17° 36'	13 <sup>m</sup> 9	1,2'x0,8'	SB(s)bc
79	IC 983	Boo	14 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup>	+17° 44'	11 <sup>m</sup> 6	4,7'x5,5'	SB(r)bc
178	NGC 5613	Boo	14 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup>	+34° 53'	13 <sup>m</sup> 7	1,0'x0,8'	(R)SAB(r)0+
178	NGC 5615	Boo	14 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup>	+34° 52'	14 <sup>m</sup> 5	0,2'x0,2'	
178	NGC 5614	Boo	14 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup>	+34° 51'	11 <sup>m</sup> 7	2,5'x2,0'	SA(r)ab pec
297	NGC 5754	Boo	14 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup>	+38° 44'	10 <sup>m</sup> 4	1,8'x2,0'	SB(rs)b
185	NGC 6217	UMi	16 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	+78° 11'	11 <sup>m</sup> 2	3,0'x2,5'	(R)SB(rs)bc
293	NGC 6285	Dra	16 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>	+58° 57'	13 <sup>m</sup> 5	1,3'x0,7'	S0+? pec
293	NGC 6286	Dra	16 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>	+58° 56'	13 <sup>m</sup> 3	1,3'x1,2'	Sb: pec

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

## Was gehört in den Okularkoffer?

Nachts am Fernrohr geht rasch der Überblick verloren: Okulare, Filter und anderes Zubehör kann man im Dunkeln schwer unterscheiden. Wer keine Ordnung hält, vergeudet viel wertvolle Beobachtungszeit mit Suchen. Ich empfehle, einen Okularkoffer oder eine Okularkiste einzurichten. Es gibt feste Okularkoffer aus Aluminium zu kaufen, mit Schaumstoffeinsätzen, die man auf die Größe des Zubehörs zurechtschneiden kann. Die Stabilität eines solchen Behältnisses muss bezahlt werden. Eine preisgünstige Variante stellen Kleinteilbehälter aus dem Werkzeughandel dar, die für wenige Euro erhältlich sind. Bei einigen Modellen lassen sich die Fächer in der Größe verändern. Eine Auskleidung mit selbstklebender Veloursfolie schützt die empfindliche Okularoptik. In jedem Fall muss jedem Teil sein Platz zugewiesen werden, damit man es im Dunkeln findet.

### Okulare

Die Okulare sollten mit ihren Brennweiten die Leistungsfähigkeit des Fernrohrs erschließen. Das betrifft die Lichtsammel-fähigkeit, die Vergrößerungsfähigkeit und die Fähigkeit, lichtschwache Nebelobjekte zu zeigen. Für die Lichtsammelfähigkeit benötigt man ein Okular für die Minimalvergrößerung. Dies wird mit einem Okular einer Brennweite um 40mm realisiert. Ein kurzbrennweitiges Newton-teleskop erfordert vielleicht hierfür eine etwas kürzere Okularbrennweite um die 30mm.

Die beste Erkennbarkeit lichtschwacher flächiger Objekte wird erreicht, wenn der Himmelshintergrund deutlich abgedunkelt wird. Hierzu ist ein Okular für mittlere Vergrößerungen nötig. Dies entspricht Brennweiten zwischen 12mm und 15mm. Langbrennweitige Instrumente wie Schmidt-Cassegrains oder Maksutov-Cassegrains erfordern hierfür längere Brennweiten um 20mm.

Ein drittes Okular sollte eine so hohe Vergrößerung gestatten, dass die kleinsten Einzelheiten gesehen werden können, die das Instrument überhaupt zeigt. Dies ist eine Brennweite von etwa 6mm, bei den langbrennweitigen Geräten 10mm.

### Filter

Für die Planetenbeobachtung sind Farbfilter sinnvoll, während Mondbeobachter gern Graufilter einsetzen, um die Lichtfülle zu dämpfen. Bei der Beobachtung selbst leuchtender Gasnebel leisten Interferenzfilter Erstaunliches. Alle diese Filter müssen im Dunkeln auseinandergehalten werden. Ich empfehle, die Hüllen der Filter mit dick schreibendem wasserfestem Stift zu beschriften. Im Dunkeln ist es nicht möglich, die Filter an ihrer Farbe zu erkennen.

### Taschenlampe

Rotes Licht hat die Eigenschaft, die Anpassung der Augen an das Dunkelsehen sehr wenig zu beeinflussen. Aus diesem Grund sollte zum Kartenlesen und zur allgemeinen Orientierung eine Lampe mit roten Leuchtdioden bereitliegen. Man kann ein batteriebetriebenes Fahrradrücklicht umwidmen, oft ist das aber zu hell. Eine oder zwei Lagen Seidenpapier im Inneren dämpfen das Licht. Richtige Astronomieleuchten haben eine Helligkeitsregelung.

### Diktiergerät

Es ist sehr lohnend, über die eigenen Beobachtungen Aufzeichnungen zu führen. Ein Diktiergerät erlaubt es, Gesehene Einzelheiten aufzuzeichnen, ohne das Auge vom Okular zu nehmen. Manche Handys haben ein akustisches Notizbuch, das man zu diesem Zweck benutzen kann – falls man die Displaybeleuchtung abschalten kann. Ein richtiges Diktiergerät lässt sich jedoch besser bedienen.

### Bleistifte und Skizzenbuch

Will man das Gesehene in größerer Genauigkeit wiedergeben, sollte man eine Skizze entweder auf weißem Papier oder direkt in die Aufsuchkarte anfertigen. Ein Skizzenbuch sollte einen festen Einband haben, damit man ohne Unterlage zeichnen kann. Alternativ kann ein Klemmbrett benutzt werden, das man im Schreibwarenhandel erhält. Hier lassen sich auch vorbereitete Aufsuchkarten einspannen. Nützlich ist hierfür ein großer Gummi am unteren Rand, damit die Seiten nicht durch den Wind weggeweht werden. Ein Klemmbrett passt aber meist nicht in den Okularkoffer.



### Drehbare Sternkarte

Für die Benutzung im Dunkeln sind andere Anforderungen an eine Sternkarte zu stellen als für Karten auf dem Schreibtisch. Die Sterne sollten schwarz auf hellem Grund dargestellt sein. Die schwächsten Sterne müssen noch eine Mindestgröße haben, damit man sie beim Schein der Astrolampe sieht. Es ist wünschenswert, dass die Sterne bis zur 5. Größenklasse eingetragen sind.

### Ersatzbatterien

Diktiergerät, Peilsucher, Taschenlampe und vielleicht eine Nachführung benötigten Batterien. Ersatz sollte immer dabei sein.

Wenn der Okularkoffer bereitliegt, fehlt nur noch das Fernrohr selbst und ein Sternatlas. Ein letzter Blick, ob alles dabei ist und die Fahrt ins Dunkle kann beginnen.

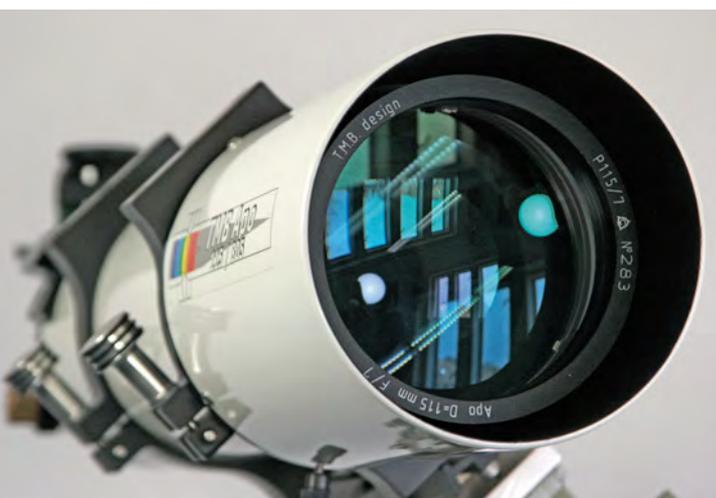


Abb. 1: **Hochwertige dreilinsige Objektive mit Sondergläsern** sind die Nachfolger der jahrelang dominanten Zweilinsler mit Fluorit-Element. Alle drei Teleskope besitzen diese Objektivkonstruktion: TMB LW 115/805, Takahashi TSA 102, William Optics FLT 110.

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

# Alleskönner für Puristen

## Drei Apochromatische Refraktoren im Vergleich

VON RONALD STOYAN

Refraktoren sind wieder im Kommen – insbesondere die teure farbreine Version für Puristen: Apochromate. Nachdem in den letzten Jahren vor allem der Markt für kleine Fernrohre neu abgesteckt wurde, nehmen einige Anbieter nun die Regionen jenseits von 100mm Öffnung in Angriff. In einem zweiteiligen Test haben wir drei neue Modelle visuell und fotografisch auf Herz und Nieren geprüft.

**W**aren apochromatische Refraktoren vor zehn Jahren noch Exoten für Besserverdienende, so hat sich heute diese Teleskopsparte fest etabliert. Durch das Ende der Fluoritproduktion in Japan bedingt, stellen derzeit die Hersteller aus Fernost ihr Sortiment um. Während Vixen seine neuen Modelle mit preiswerteren ED-Linsen ausstattet, bleibt Takahashi der vollapochromatischen Devise treu. Die neue TSA-Reihe führt dreilinsige Optiken ohne Fluoritelement ein, über die genaue Konstruktion schweigt man sich jedoch aus. Bisher gibt es nur das Modell mit 102mm Öffnung.

TMB hat sich bereits in der Vergangenheit durch farbreine Objektive hervorgetan (vgl. interstellarum 31). Die Produktpalette wurde kürzlich umgestellt, wobei das Modell 100/780 durch einen etwas größeren Refraktor 115/805 ersetzt wurde. Desweiteren sind identische Konstruktionen mit anderen Öffnungen erhältlich, wobei die Auswahl mit verschiedenen Brennweiten und Ausstattungen kaum überschaubar ist. Auch hier sind wenig Informationen zur Konstruktion der Objektive zu erhalten.

William Optics hatte bis vor kurzem nur kleine Refraktoren im Sortiment, stellte in den letzten Monaten jedoch zwei neue Refraktoren mit 110mm und 130mm Öffnung vor, die als mittleres Element eine Linse mit hochbrechenden Eigenschaften verwenden. Der Entwurf dieser Optiken stammt laut William Optics von TMB. Thomas M. Back behauptet jedoch, sein ursprüngliches Design wäre verändert worden. Hier wurde der neue FLT 110/770 für den Vergleich ausgewählt.

Trotz ihrer unterschiedlichen Öffnungen besitzen die drei Vergleichsgeräte sehr ähnliche Brennweiten und Öffnungsverhältnisse, was sie in der Astrofotografie zu direkten Konkurrenten macht. Darüberhinaus handelt es sich um neue Optiken, zu denen – im Gegensatz zu den seit Jahren unverändert erhältlichen Modellen von Televue oder Astro-Physics – kaum Testergebnisse vorliegen.

## Testarrangement

Die drei Refraktoren wurden in einem Dutzend Testnächten zwischen Januar und März 2007 ausgiebig visuell geprüft. Dazu wurden die Teleskope mit den jeweils mitgelieferten Rohrschellen auf einer Super-Polaris-DX-Montierung von Vixen befestigt. Okulare von Televue (Panoptic 22mm, Nagler 9mm) sowie ein Weitfeld-Erfle 40mm von Baader in Verbindung mit einem Televue Everbright Zenitspiegel kamen zum Einsatz. Das Nagler Zoom-Okular 6–3mm (vgl. interstellarum 28) wurde für den Sternestest an  $\alpha$  und  $\beta$  Ori, die Doppelsternbeobachtungen sowie die hochvergrößernden Mond- und Planetenbeobachtungen verwendet. Zusätzlich wurden die Refraktoren einem Test auf der optischen Bank unterworfen, den der Optikprüfer Wolfgang Rohr durchführte. Hierbei wurde die Farbreinheit über den Farblängsfehler von Grün (e-Linie) als Hauptfarbe in ihrem Verhältnis zu Blau (F-Linie) und Rot (C-Linie) untersucht und über eine Index-Zahl dargestellt, die als Einheit die Schärfentiefe der jeweiligen Optik verwendet. Zugleich wurde der Gaußfehler, oder farbabhängige Öffnungsfehler, untersucht und der maximale Wellenfrontfehler (»peak to valley«, kurz ptv) sowie der mittlere Wellenfrontfehler (»root mean square«, kurz rms) ermittelt. Daraus ergibt sich der Strehl-Wert, der das Verhältnis der Intensität im zentralen Beugungsscheibchen bei realer Abbildung eines punktförmigen Objekts zu der Intensität, die man rein theoretisch mit einer perfekten Optik unter den gleichen Bedingungen erreichen kann, darstellt. Ein Strehl-Wert von 1,0 bedeutet dabei eine absolut fehlerfreie, ideale Optik. Als Mindestmaß wird allgemein 0,8 angesetzt, Werte über 0,9 kennzeichnen besonders gute Optiken.

Der Vergleich der fotografischen Fähigkeiten fand getrennt von den visuellen Tests statt und wird im kommenden interstellarum-Heft veröffentlicht.

## Mechanik

Das mit 115mm Öffnung größte der drei Geräte von TMB macht auf den ersten Blick einen guten Eindruck: Der sauber weiß lackierte Tubus ist trotz der großen Öffnung und einer Brennweite von 805mm mit einer Transportlänge von 570mm der kürzeste aller drei Testgeräte. Dies wird mit einem Okularauszug erreicht, der sich zusätzlich zum Fokussierbereich von 64mm um 11,4cm aus dem Teleskoprohr herausziehen lässt. Damit ist die Anbringung von Zubehör mit großen Fokussierwegen wie binokulare Ansätze oder Okularrevolver problemlos mög-

## 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.

## Was ist ein Apochromat?

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

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

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

Statt des theoretischen Faktors 2,44 für den Durchmesser des Beugungsscheibchens verwendet man den praxisnäheren Faktor 2. Über die Schärfentiefe als Maßeinheit wird der tatsächlich gemessene Farblängsfehler zur Hauptfarbe Grün ins Verhältnis gesetzt, wobei aus den Abständen von Rot und Blau das arithmetische Mittel genommen wird. Die dadurch entstehende Indexzahl ergibt eine verlässliche Zuordnung der einzelnen Refraktor-Systeme in Chromasiegrade:

- Vollapochromate liegen in allen vier Wellenlängen (F, e, d, C – siehe Kasten »Optische Labortests«) bei Chromasiegraden zwischen 0 und 1
- Halbapochromate liegen in allen vier Wellenlängen bei Chromasiegraden zwischen 1 und 2
- Achromate liegen in allen vier Wellenlängen bei Chromasiegraden größer als 2

Die Chromasiegrade der getesteten Objektive betragen:

- TMB LW 115/805      0,11
- Takahashi TSA 102    0,38
- William Optics FLT 1100,52

Es handelt sich also durchweg um lupenreine bis ausgezeichnete Vollapochromate. Die Unterschiede der Chromasiegrade unter 0,5 sind dabei in der Beobachtungspraxis nicht von belang.

■ Wolfgang Rohr



Abb. 2: Der TMB Super-Apo besitzt trotz größter Öffnung das kürzeste Transportmaß im Vergleich (a). Dies wird durch einen einschiebbaren Okularauszug erreicht (b).



Abb. 3: Das Takahashi-Teleskop gleicht am ehesten einem klassischen Refraktor (a). Der Okularauszug besitzt eine freie Öffnung von 70mm (b).

lich. Das getestete Modell verfügt über den bekannten »Feathertouch«-Auszug des amerikanischen Herstellers Starlight Instruments mit 2" Durchmesser und einer Feinfokussierung in einer Untersetzung von 1:10, der sich butterweich und sehr exakt fokussieren lässt und auch bei schwereren Zuladungen Sicherheit gewährt. Gegen Aufpreis ist die Ausstattung

mit einem 3,5"-Auszug von Starlight Instruments möglich. Die gesamte Fokussiereinheit lässt sich um 360° drehen und ist mit einer Stellschraube arretierbar.

Das kurze Transportmaß wird zusätzlich durch die einschiebbare Taukappe erreicht, die ebenfalls mit einer Schraube gesichert werden kann. Zum Lieferumfang gehört ein Paar Rohrschellen, die an einer Vixen-GP-Schiene befestigt sind. Das Teleskop lässt sich somit direkt an allen Montierungen mit einer entsprechenden Aufnahme ver-



Abb. 4: Der William-Refraktor setzt optische Akzente (a) und verfügt über einen großen Okularauszug mit Untersetzung und Rotationsmöglichkeit (b).

wenden. Mitgeliefert wird ebenfalls eine justierbare Halterung für ein 50mm-Sucherteleskop, die aber extra hinzugekauft werden muss. Schließlich liegt der Sendung als einziger im Vergleich ein interferometrisches Prüfprotokoll bei.

Der TSA-102 von Takahashi kommt als klassisches, mattweiß lackiertes Refraktorrohr. Er besitzt das längste Transportmaß im Vergleich, was auf die relativ lange Brennweite von 816mm zurückzuführen ist. Die Taukappe ist auch beim Takahashi-Modell einschiebbar und wird mit zwei Schrauben gesichert. Der Okularauszug besitzt einen freien Durchmesser von 70mm, ist aber nicht rotierbar und bietet keine Fokussieruntersetzung. Gegen Aufpreis (248 €) kann jedoch ein Starlight-Fokussierer wie beim TMB nachgerüstet werden. Die Klemmungen erfolgen über Messing-Spannringe mit zwei Stellschrauben, was besonders sicheren Halt gewährt. Mitgeliefert wird eine sehr breite Rohrschelle, die jedoch nur mittels Adapter an Nicht-Takahashi-Montierungen befestigt werden kann.

Der FLT-110 von William Optics besitzt das schwerste Teleskoprohr im Vergleich, das durch eine weiße Pulverbestrahlung mit goldfarbenen abgesetzten Fassungen ins Auge sticht. Der Okularauszug ist mit 90mm Öffnung besonders groß und besitzt zudem eine Skala, an der die Fokusposition abgelesen werden kann. Er verfügt über eine Mikrofokussierung, ebenfalls mit 1:10-Untersetzung. Zwei Klemmungen erlauben jeweils Rotationen um 360°. Die Taukappe ist ebenfalls einschiebbar, Klemmschrauben zur Sicherung werden nicht benötigt. Bemerkenswert ist die umfangreiche Ausstattung mit schaumstoffgepolstertem Transportkoffer und einem vorbildlichen deutschen Handbuch sowie Garantieschein; außerdem gehören zwei Rohrschellen zum Lieferumfang, die sich mittels M10-Gewinde an einer Montierung befestigen lassen.

### Optik

Der TMB-Refraktor zeigte beim Sternetest im Brennpunkt ein perfektes Beugungsscheibchen ohne jegliche Farbe.

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

Intrafokal war das Scheibchen innen blaugrün gefärbt, der Rand erschien gelb-rot. Extrafokal zeigte das Scheibchen violette Tönungen, mit einem grünen Rand und leichtem violetten Halo. Auf der optischen Bank verblüffte das Teleskop durch einen nahezu nicht messbaren Farbfehler von 18µm bzw. 0,018mm zwischen blauem und rotem Spektralbereich, der Unterschied von gelb zu grün war nahezu Null – apochromatischer kann ein Apochromat nicht sein (vgl. Kasten)!

Beim TMB-Refraktor ist der Gaußfehler im blauen Licht im Vergleich zu den beiden anderen Geräten mit einem Strehlwert von 0,90 bei λ/4,6 ptv-Fehler der Wellenfront am deutlichsten ausgeprägt. Sein Optimum hat dieser Refraktor im gelben Spektralbereich, hier liegt der Strehlwert bei exzellenten 0,98. Im roten Bereich reagiert dieser Apochromat leicht unterkorrigiert, liefert aber immer noch

einen Strehlwert von 0,96. Über dem gesamten System liegt eine schwache, nur mit dem Foucault-Test wahrnehmbare Überkorrektur.

Das Teleskop von Takahashi sollte es bei einem Öffnungsverhältnis von f/8 (gegenüber f/7 bei den beiden anderen Teleskopen) leichter haben, optisch eine gute Figur zu machen. Beim Sterntest erschien ein schulbuchmäßiges Beugungsscheibchen, das sowohl im Fokus, aber auch bei leicht unscharfer Stellung keinerlei klar erkennbare Farbtöne zeigte. Die Tests auf der optischen Bank bestätigten den Befund, die Fokusdifferenzen für die vier Farbwellenlängen liegen in einem Bereich von 36µm bzw. 0,036mm, was einen exzellenten Wert darstellt. Die Linsen sind sehr genau geschliffen, so dass sich in allen Wellenlängenbereichen exzellente Strehlwerte zwischen 0,98 und 0,97 ergeben: Hier erscheint der Gaußfehler, also

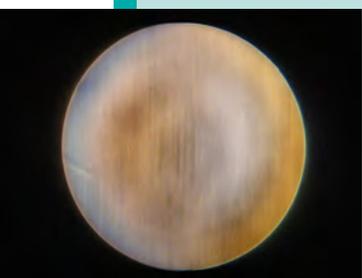
die hauchzarte Überkorrektur bei Blau und die ebenso geringe Unterkorrektur bei Rot am geringsten ausgeprägt und es entsteht durch die nahezu perfekte Korrektur bei der Hauptfarbe Grün ein ganz und gar abgerundeter Eindruck.

Mit diesen überdurchschnittlichen Vorgaben konnte der von TMB entworfene Fluorit-Apochromat von William Optics nicht ganz mithalten. Beim Sterntest an sehr hellen Objekten war bei genauem Hinsehen ein feiner violetter Strahlenkranz zu sehen, auch erschien der erste Beugungsring leicht heller. Das intrafokal unscharf gestellte Sternbild zeigte einen leicht rötlichen Rand, extrafokal machte sich eine blaue Tönung innen und ein grüner Rand bemerkbar.

Auf der optischen Bank ließ sich der Farbfehler auf 63µm oder 0,063mm zwischen rotem und blauem Licht skalieren, wobei zwischen gelb und grün praktisch keine Fokusdifferenz erkennbar ist – auch mit diesem Ergebnis ist der William-Refraktor ein sehr gut korrigierter Vollapochromat, der viele unter dieser Bezeichnung angebotene Geräte aus Fernost in den Schatten stellen dürfte. Ähnlich wie beim ersten TMB-Refraktor liegt über dem System eine leichte Überkorrektur, die bei Blau und Grün noch deutlich vorhanden ist, und erst im roten Spektrum hat man das Optimum beim Wellenfrontfehler erreicht. Daher liegen die Strehlwerte zwischen 0,80 (blau) und 0,91 (rot). Hier verhinderte auch ein leichter Astigmatismus höhere Werte.

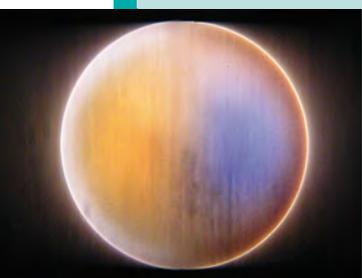
## Optische Labortests

Die Tests wurden mit einem Bath-Interferometer in Autokollimation durchgeführt. Dabei wurden die Optiken am künstlichen Stern dem Ronchi-, Foucault- und Phasenkontrast-Test unterzogen. Die interferometrische Untersuchung fand mit engbandigen Filtern für die Fraunhofer-Linien F (blau, 486nm), e (grün, 546nm), d (gelb, 587nm) und C (rot, 656nm) statt.



TMB LW 115/805

Farbe	ptv	rms	Strehlwert	Fokusdifferenz (bezogen auf e)
F	λ/6	λ/21	0,90	-10µm
e	λ/5	λ/33	0,97	-
d	λ/6	λ/44	0,98	+8µm
C	λ/5	λ/32	0,96	+2µm



Takahashi TSA 102

Farbe	ptv	rms	Strehlwert	Fokusdifferenz (bezogen auf e)
F	λ/5	λ/43	0,97	-48µm
e	λ/8	λ/47	0,98	-
d	λ/9	λ/53	0,99	+15µm
C	λ/8	λ/42	0,98	+6µm



William Optics FLT 110

Farbe	ptv	rms	Strehlwert	Fokusdifferenz (bezogen auf e)
F	λ/3	λ/13	0,80	+18µm
e	λ/4	λ/17	0,88	-
d	λ/4	λ/20	0,91	0µm
C	λ/3	λ/20	0,91	+36µm

### In der Praxis

Beim TMB-Refraktor zeigte sich, dass sich die Untersetzung des Okularauszugs insbesondere bei hohen Vergrößerungen als sehr nützlich erweisen kann. Durch die problemlose Rotierbarkeit des Auszugs lassen sich zudem Zenitspiegel und Okular immer schnell in eine angenehme Einblickposition bringen, ohne die Klemmschrauben lösen zu müssen. Erstaunlich war die enorm lange Auskühlzeit des Teleskops – für 20° Temperaturdifferenz zwischen Zimmer und Terrasse wurden zwei bis drei Stunden benötigt. Es empfiehlt sich, das Teleskop möglichst frühzeitig in eine kalte Umgebung zu bringen, oder es dort gleich zu belassen. War die Optik einmal ausgekühlt, zeigte der TMB jedoch beeindruckend klare Bilder. Die Doppelsterne 52 Ori (6<sup>m</sup>0/6<sup>m</sup>0, 1,0") und 14 Ori (5<sup>m</sup>8/6<sup>m</sup>6, 0,9") waren beide als solche wahrnehmbar, ersterer zeigte eine deutliche 8-Form, beim zweiten konnte

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

der Positionswinkel des länglichen Sternbildes richtig geschätzt werden – obwohl der Wert für das Daweskriterium (116:Öffnung) mit 1,0" nicht erreicht ist! Am Mond zeigte sich bei 201× und 268× eine ausgezeichnete Schärfe und überraschendes Feindetail – in völlig farbreinem Ton. Saturn erschien exzellent scharf bei 268×, das helle Bild erlaubte es, den C-Ring deutlich und das Äquatorband rotbraun wahrzunehmen. Visuelle Planetenbeobachtung ist mit diesem Gerät ein Fest!

Der Takahashi-Refraktor stand diesem Urteil kaum nach, auch wenn das Bild deutlich dunkler erschien. Das kleine leichte Teleskop trennte 52 Ori spielend, konnte 14 Ori aber keine Anzeichen der Doppelsternnatur entlocken. Im Oriontrapez wurde die Komponente F sichtbar – eine außerordentliche Leistung für solch ein kleines Teleskop. Saturn zeigte ein einzigartig klar definiertes Bild bei 272×, das zwar dunkler als in den anderen Teleskopen erschien, Schatten und Ringe jedoch besonders hart wiedergab – bereits nach einer Auskühlzeit von 30 bis 40 Minuten.

Der William-Apochromat beeindruckte zunächst durch seine Weitfeldfähigkeiten, bei der er die Spitze der drei Testgeräte belegte. Das gewaltige 3,4°-Gesichtsfeld mit einem 2"-40mm-Okular ist so groß, dass es den gesamten Oriongürtel aufnehmen kann – ebenso die komplette Androme-

dagalaxie oder M 16 und M 17 gleichzeitig. Der große Okularauszug läuft etwas unrund, und ein Ärgernis ist die unzureichende Klemmschraube, die ständig überprüft werden muss. Bei der Trennung von Doppelsternen steht der William-Refraktor dem TMB-Teleskop nicht nach. Am Mond zeigt sich in ruhigen Momenten eine außergewöhnliche Welt kleinster Krater. Saturn bietet bei 193× ein knackscharfes und helles Bild, bei 257× wird der Kontrast jedoch leicht flau. Probleme mit der Temperaturanpassung hat das Teleskop nicht, so dass es bereits nach einer guten Dreiviertelstunde seine volle Leistung zeigen kann.

*Im nächsten Heft: Die fotografische Leistung*

## Die Teleskope in der Praxis

### TMB

- + kaum vorhandener Farbfehler
- + kurzes Transportmaß
- + extreme Vergrößerungsfähigkeit
- + luxuriöser Okularauszug
- sehr lange Auskühlzeit
- Okularauszug nur 2" Durchmesser

### Takahashi

- + nahezu perfekte Optik
- + exzellente Verarbeitung
- + schnelle Auskühlzeit
- + leichter Tubus
- Okularauszug nicht rotierbar
- relativ großes Transportmaß

### William Optics

- + großer Lieferumfang
- + beeindruckende Weitfeld-Kapazitäten
- + rotierbarer großer Okularauszug
- + vorbildliches Handbuch
- nicht perfekte Optik
- unrund laufender Okularauszug

## 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
Auflösungsvermögen (Dawes)	1,0"	1,1"	1,1"
Konstruktion	Triplet mit Luftspalt	Triplet ohne Luftspalt	Triplet mit Luftspalt
Gewicht	5,3kg	4,7kg	5,8kg
Transportlänge	570mm	630mm	575mm
Tubusdurchmesser	135mm	110mm	115mm
Okularauszug-Durchmesser	50,8mm	70mm	90mm
Fokussierbereich	64mm + 114mm	84mm	115mm
Taukappe	235mm	200mm	215mm
Lieferumfang	Optik mit Tubus, Paar Rohrschellen mit GP-Schiene, Sucherhalterung, Reduzierung von 2" auf 1 1/4"	Optik mit Tubus, Rohrschelle	Optik mit Tubus, Paar Rohrschellen, Koffer, Reduzierung auf 2" und 1 1/4", 2"-Zenitspiegel
Preis	ca. 3400 €	ca. 2300 €	ca. 3000 €

## William erobert 130mm-Klasse

Die Apochromate von William Optics werden größer und größer. Jetzt hat der taiwanesisch-amerikanische Hersteller einen 132/925mm-Refraktor angekündigt: das FLT 132. Das Teleskop stellt den großen Bruder des erst kürzlich eingeführten FLT 110 dar (siehe Seite 50). Die Optik besteht wieder aus einem Dreilinsler mit Luftabstand. Das Rohr ist mit einem 4"-Auszug mit Untersetzung ausgestattet, der gesamte Tubus ist minimal 78cm lang und 9kg schwer. Das Teleskop wird mit Rohrschellen und Transportkoffer etwa 3800\$ kosten.



## Baader modifiziert Spaltspektrograph

Der bereits in interstellarum 48 angekündigte Spaltspektrograph »Dados«, der am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching entwickelt wurde und von Baader Planetarium vertrieben wird, wird in einer modifizierten Form erscheinen. Statt eines Transmissionsgitters sollen nun zwei unterschiedliche Reflexionsgitter verwendet werden. Außerdem stehen drei verschiedene Spaltbreiten von 25 bis 50 Mikrometern nebeneinander zur Verfügung. Zum Scharfstellen auf den Spalt enthält das Gerät eine Spaltbeleuchtung mittels einer roten LED. Der Gitterträger ist mit einer Mikrometerschraube justierbar. Das für 2"-Okularauszüge konzipierte Gerät ist für die visuelle und fotografische Nutzung gleichermaßen ausgelegt. Der Einführungspreis beträgt 1310€.

## Neues vom Fernglas-Markt

### Fujinon und Canon mit neuen High-Tech-Ferngläsern

Ferngläser mit elektronischer Bildstabilisierung (siehe Produktvergleich in interstellarum 21) sind in Mode. Nachdem inzwischen auch Nikon eine Reihe von stabilisierten Ferngläsern anbietet, sind nun auch neue Modelle von Fujinon und Canon auf dem Markt.

Das Fujinon Techno-Stabi 12x32 ist mit 1070g wesentlich leichter und handlicher als sein großer Bruder 14x40 (1430g). Der Stabilisierungswinkel ist mit 3° geringer, die Wirkung der Elektronik ist also nicht ganz so stark. Das Glas ist wasserdicht, mit Stickstoff gefüllt und in zwei farblichen Versionen lieferbar. Der Preis liegt bei ca. 700€.

Noch kleiner und kompakter ist das neue 8x25IS von Canon: Nur 490g wiegt das Instrument. Das Gesichtsfeld beträgt 6,6°, der Augenabstand ist für Brillenträger geeignet. Die Batterien reichen nach Auskunft des Herstellers für bis zu sechs Stunden Dauerbetrieb. Das Canon-Glas wird für ab etwa 250€ im Handel angeboten.



### Steiner überarbeitet »Nighthunter«-Serie

Der Bayreuther Fernglas-Hersteller überarbeitet seine Serie von lichtstarken Nachtgläsern. Insbesondere die Modelle 7x50 und 8x56 XP dürften auch das Interesse von Sternfreunden wecken. Die XP-Gläser verfügen über eine robuste Einzelaugenfokussierung mit ClicLoc-Augenmuschelsystem, mit dessen Hilfe sich das Glas schnell für Brillenträger anpassen oder mit Streulichtschutz ausrüsten lässt. Alle Gläser sind gummiarmiert und werden mit Staubschutzdeckeln für Objektive und Okulare geliefert. Die Preise liegen bei 570€ (7x50) und 1000€ (8x56).



### Minox stellt preiswerte Ferngläser vor

Der Wetzlarer Fernglashersteller hat auf der Outdoor-Messe IWA in Nürnberg zwei preiswerte »BV«-Fernglasmodelle mit 42mm Öffnung vorgestellt. Die Dachkantgläser mit 8- und 10-facher Vergrößerung sind wasserdicht und mit Stickstoff gefüllt, um ein Beschlagen der Linsen von innen zu verhindern. Das Design haben Gestalter von Volkswagen übernommen. Zum Lieferumfang der neuen BV-Ferngläser gehören ein Neopren-Tragegürtel, ein Okularschutzdeckel sowie eine Bereitschaftstasche. Die Gläser kosten 209€ (8x42) bzw. 219€ (10x42).



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

# Astrofotografie ohne Kompromisse

## Ein selbstgebauter Newton-Astrograph

VON MISCHA SCHIRMER

Teleskope mit mittelgroßer Öffnung und perfekter Abbildungsqualität für die CCD-Fotografie sind sehr teuer und schwer zu finden. Kompromisse, die solche Geräte erschwinglicher machen, führen fast immer zu Enttäuschungen und ziehen teure Nachbesserungen nach sich, so dass die Zeit für einen Selbstbau gekommen ist.

Der kürzeste Weg zum persönlich befriedigenden Astrofoto ist, sich darüber klar zu werden, welche Aufnahmequalität man längerfristig erreichen will und dann nachzusehen, mit welcher Ausrüstung im Durchschnitt eben solche Fotos erreicht werden. Damit spart man sich teure Zweit- und Drittkäufe und eine unnötig lange Lernkurve. Woher soll man jedoch wissen, dass das gekaufte System den eigenen hohen Ansprüchen gerecht wird? Entweder man leistet sich jene Instrumente, die nur die wenigen sehr ambitionierten Astrofotografen benutzen, oder aber man schreitet zum Selbstbau. Dass dies selbst mit zwei linken Händen möglich ist, soll hier gezeigt werden.

Für meine Zwecke und Ansprüche sollte es ein 12,5" f/4,5-System werden, mit perfekter Abbildungsqualität und hoher Ausleuchtung bis in die Ecken der 18mm langen Diagonalen meiner CCD-Kamera. Ein computergesteuerter Auszug muss mehrere Kilogramm Kameralast ohne Spiel präzise führen können und reproduzierbar auf mindestens 0,01mm genau arbeiten. Die Auskühlung sollte schnell von statten gehen, temperaturbedingte Längenänderungen des Tubus, Durchbiegungen und instabile Justage dürfen nicht auftreten. Die Erfahrung lehrt, dass für Kompromisse hier kein Platz ist.

### Ein Newton als ideales astrofotografisches System

Am einfachsten und billigsten ist dies über ein klassisches Newton-System zu realisieren. Der Komafehler lässt sich mit Hilfe eines Korrektors über das ganze Bild

feld hinweg exakt entfernen, was sehr gute Qualität bei Haupt- und Fangspiegel voraussetzt. Der Korrektor kann gleichzeitig auch eine Barlow- oder Reducerfunktion übernehmen, entsprechende apochromatische Systeme sind erhältlich. Das f/4,5-System kann somit auf f/3,3 verkürzt oder auf f/8,1 verlängert werden. Mit diesem einstellbaren Brennweitenbereich lassen sich mit meiner CCD-Kamera schlechtere, aber auch sehr gute Seeingbedingungen ideal sampeln (3 Pixel je FWHM). Mit Hilfe eines großen Fangspiegels kann der Fokus weit genug nach außen gelegt werden, um alle nachgeschalteten Komponenten aufzunehmen.

### Ein Carbon-Aramid-Carbon-Sandwich-Tubus

Der Tubus stellt das räumliche Referenzsystem für alle optischen und mechanischen Komponenten dar. Er darf sich nicht durchbiegen und muss frei von jeglicher Temperaturexpansion sein. Dies wird durch ein Carbon-Aramid-Carbon Sandwich erfüllt, welches von Andreas Haufler angefertigt wurde. Als Formdiente ein Hartpapiertubus von Gerd Neumann mit 2mm Wandstärke und 360mm Außendurchmesser. Um diesen wurde eine 900g/m<sup>2</sup> Lage CFK gewickelt, gefolgt von einer 8mm dicken Aramidwaben-schicht, die nach außen wiederum durch 900g/m<sup>2</sup> CFK abgedeckt wurde. Der so entstandene Tubus ist 150cm lang, besitzt 10mm Wandstärke und wiegt etwa 6,5kg.

Für ein 12,5" f/4,5-System wäre auch ein 140cm langer Tubus gut ausreichend gewesen.

Das CFK-Sandwich ist sehr hart, lässt sich aber einfach und freihändig mit der Bohrmaschine bei hoher Drehzahl bearbeiten. Normale Löcher können mit einem Metallbohrer gesetzt werden, für größere Öffnungen wie Okularauszug und Lüfter findet eine normale Lochfräse für Holz Anwendung. Um ein geringes oberflächliches Ausreißen von CFK-Fasern zu unterbinden, kann man die Unterseite der entsprechenden Stelle mit Klebeband abkleben. Der beim Bohren anfallende CFK-Staub steht in seiner Gesundheitsgefährdung der von Asbest nicht viel nach und sollte abgesaugt werden. Die in den Bohrungen offen liegenden Aramidwaben können abschließend mit Epoxidharz zugeschmiert werden. Befestigt man Anbauteile am Tubus, so sollte man darauf achten, das CFK-Sandwich punktuell nicht zu stark zu belasten. Hier muss man geeignet unterlegen, um den Druck idealerweise auf wenige Quadratzentimeter zu verteilen. Als nützlich erweisen sich hier z.B. die CFK-Schichten, die beim Ausschneiden des Okularauszugs angefallen sind, da sie dieselben Krümmungen wie der Tubus besitzen.

#### Daten des Teleskops

Tubuslänge	150cm
Gewicht (ohne Kamera)	17kg
Hauptspiegel	12,5" f/4,5
Fangspiegel (kleine Achse)	89mm
komakorrigierte Brennweiten	1640mm (1040mm, 2580mm)
Abbildungsmaßstab (ST10)	0,85"/pixel (1,15"/pixel, 0,57"/pixel)

Zuletzt wurde die Außenseite des Tubus mit Klarlack eingesprüht. Die Innenseite wurde sehr dünn mit Epoxidharz eingestrichen und mit schwarzer Veloursfolie, deren Selbsthaftung sich als zu gering erwies, abgeklebt. Alle innen liegenden blanken Metallteile wurden geschwärzt. Weitere Streulichtblenden im System sind nicht nötig.

## Hauptspiegel mit konischem Querschnitt

Der 12,5" f/4,5-Hauptspiegel von Robert Royce hat einen neuartigen konischen Querschnitt, der so berechnet wurde, dass der Spiegel seine optische Form in jeder Position beibehält. Der Spiegel ist von sehr hoher Qualität, die Lieferzeit betrug drei Monate, und mir wurde eine Rücknahmegarantie bei Unzufriedenheit gegeben. Auf der Unterseite besitzt der Spiegel eine Bohrung mit eingelassenem Gewinde. Über eine Gewindestange mit übergeschobener sehr harter Sprungfeder wird der Spiegel auf eine plane Grundplatte gezogen, die lediglich im Tubus justierbar sein muss. Eine komplizierte Spiegelzelle mit aufwändiger freischwimmender Mehrpunktlagerung entfällt. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Spiegel zum Rand hin nur mehr 12mm dick ist und damit schneller auskühlt als sein klassisches Pendant. Das Montageset wird mit dem Spiegel mitgeliefert.

## Der Fangspiegel

Mit dem Fangspiegel steht und fällt das ganze Teleskop. Aufgrund seiner 45°-Neigung im Tubus müssen sehr hohe Anforderungen an dessen Qualität gestellt werden, da sonst die Leistung des Hauptspiegels zunichte gemacht wird. Die kleine Achse des verwendeten Fangspiegels misst 89mm, stammt von United Lens und kann z.B. über Pegasus Optics bezogen werden. Die Beschichtung ist dielektrisch mit einer Reflektivität von etwa 96%, die optische Fläche wird herstellerseitig mit einem Mark IV Zygo vermessen.

Durch den großen Fangspiegel werden Bau und Benutzung des Teleskops stark

vereinfacht. So kann der Fokus etwa 20cm außerhalb des Tubus gelegt werden, was die Verwendung aller gängigen Zwischenoptiken wie AO-7, Filterrad, Barlow oder Reducer erlaubt.

Bei der Montage des Fangspiegels, der Spinne und beim Setzen des Okularauszugs kommt es auf den einen oder anderen Millimeter nicht an, der Fangspiegeloffset kann auch ignoriert werden. Der einzige Effekt ist, dass sich das Zentrum des voll ausgeleuchteten Bildkreises nicht exakt mit dem Zentrum des CCD-Chips decken wird. Durch das ohnehin anzuwendende Flatfield wird das aber korrigiert. Auf die Abbildungsqualität hat das keinerlei Einfluss, da der Fangspiegel den Lichtstrahl nur seitlich auslenkt, selbst aber keine bildgebende Funktion besitzt. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Justage alleine über einen Justierlaser erfolgt, ein Chesire-Justierokular für die Zentrierung ist nicht notwendig.

## Der Fokussierer

Eines der wichtigsten Teile für die Astrofotografie ist ein computergesteuerter Fokussierer. Hier wird oftmals am falschen Ende gespart. Gibt der Auszug unter dem Hebelarm der Kamera auch nur um wenige 1/100mm nach, ist die Justage hinfällig. Als kompromisslos gut erweisen sich die »Monster«- (neuerdings »Masterglide« genannten) Fokussierer von Van Slyke. Ein

solcher war zunächst auch im Einsatz, ich habe ihn dann aber durch das Modell »PDF« von Finger Lakes Instruments



Abb. 2: Der 12,5"-Newton-Astrograph auf einer MAM-50 Montierung. Auf der Rückseite des Tubus ist die Schaumstoffmatte zu sehen, die den Lüfter beherbergt.

ersetzt, der mit 3" einen größeren freien Durchlass besitzt. Der Fokussierweg ist mit ca. 9mm allerdings deutlich begrenzter als beim Van Slyke-Okularauszug, so dass man sich gegebenenfalls mit Zwischenringen behelfen muss, wenn man zur Barlowlinse oder dem Reducer greift.



Abb. 1: Kompromisslose Astrofotografie mit einem eigenhändig optimierten Instrument statt eines teuren kommerziellen Astrographen – das ist die Vision von Misha Schirmer. Das Bild zeigt einen Ausschnitt aus der Andromedagalaxie M 31 mit der Sternwolke NGC 206, aufgenommen mit einem 12,5"-Newton bei 2570mm Brennweite, ST-10 CCD-Kamera, AO-7.



Abb. 3: **Der Hauptspiegel mit konischem Querschnitt**, montiert auf der Spiegelzelle. Das Design der Spiegelzelle ist historisch bedingt etwas komplexer als im Text dargestellt. Ebenfalls sind die Bohrungen im Spiegelträger zu erkennen, durch die der Spiegel vom Lüfter angeblasen und auf Umgebungstemperatur gebracht wird.



Abb. 4: **Die Unterseite der Spiegelzelle.** Das Aluminiumkreuz ist mit dem Tubus verschraubt und hält den Spiegelträger, der über die Justierschrauben justiert wird. Madenschrauben mit Druckfedern dienen zur Sicherung der Justage.

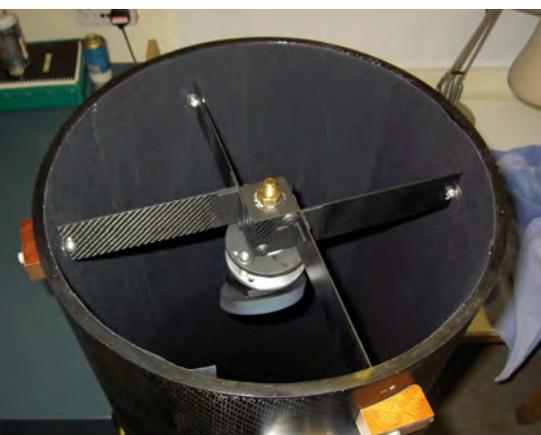


Abb. 5: **Die Fangspiegelspinne mit zentralem Aluminiumblock.** Die Spinnenarme sind paarweise ineinander gesteckt und lassen sich dadurch nicht mehr verdrehen.

## Die Hauptspiegelzelle

Die Hauptspiegelzelle besteht aus zwei Teilen, zunächst einem von Stephan Messner zusammengeschweißten Kreuz aus drei massiven Alustangen mit 30mm quadratischem Querschnitt (Abb. 4). Stirnseitig besitzen die drei Arme eine Bohrung mit M10-Gewinde. Durch drei entsprechende Bohrungen im Tubus wird das Alukreuz von außen fest im Tubus verschraubt. Auf der Unterseite, möglichst weit außen liegend, findet sich jeweils eine gewindefreie Bohrung, durch die sich eine 10mm-Feingewindeschraube (1mm Steigung) stecken lässt, sowie eine Bohrung mit M6-Gewinde. Letztere nimmt eine Madenschraube auf, die als Druckschraube dient und die einmal gefundene Justage sichert. Übergestülpt über die Druckschrauben sind harte Federn, die den Spiegelträger vom Alukreuz wegdrücken und somit eine spielfreie Justage in jeder Position garantieren und diese auch sichern.

Der Spiegelträger selbst bildet den zweiten Teil der Hauptspiegelzelle. Es handelt sich um eine runde Platte mit 340mm Durchmesser und 35mm Dicke, bestehend aus vier sich abwechselnden Lagen aus CFK (1mm) und Aramid (8mm), hergestellt von Andreas Haufler. Die Platte wurde so stark gewählt, um jegliche Durchbiegungen unter dem Gewicht des Spiegels zu vermeiden. Im Nachhinein gesehen wäre ein halb so dickes Sandwich aus CFK mit nur zwei anstelle von vier Lagen Aramid völlig ausreichend gewesen. Verschraubt und verklebt (UHU Endfest 300) mit der Unterseite des Spiegelträgers sind drei 40mm×40mm×8mm Messingquadrate, die eine zentrale Bohrung mit 10mm-Feingewinde haben. Diese nehmen die Justageschrauben auf. Gegen die Messingquadrate drücken auch die Druckschrauben. Zentral besitzt der Spiegelträger eine 13mm-Bohrung, durch die die zöllige Gewindestange für den Hauptspiegel geführt wird. Letztere sollte man sich eventuell 20–30mm länger liefern lassen, um bei einem dickeren Spiegelträger sicherzugehen, dass sie das Montageset noch aufnehmen kann.

Royce empfiehlt, bei senkrecht stehendem Spiegel die Muttern nur so stark anzuziehen, dass der Spiegel gerade nicht mehr von der darunter liegenden Platte nach vorne wegkippt. Ich habe die Muttern noch eine Viertel Umdrehung weiter angezogen, um ein versehentliches Verrutschen sicher zu unterbinden. Der optischen Abbildung hat das keinerlei

Kosten	
Hartpapiertubus als Wickelform	200€
CFK-Tubus mit CFK Spiegelträger	1000€
12,5" konischer Hauptspiegel*	1400€
89mm-Fangspiegel*	400€
PDF-Focuser*	1400€
Adapter für PDF und Kamera	500€
Rohrschellen (OBO Festholz)	400€
Dreharbeiten, Material, Werkzeug	500€
Komakorrektor	300€

\*) Für die Spiegel und den Fokussierer wurde ein Kurs von 1,25 US\$/€ zugrunde gelegt, Transport und Importkosten sind im genannten Preis inbegriffen

Abbruch getan. Der Spiegel lässt sich von Hand noch ohne großen Kraftaufwand um seine Achse drehen, würde allerdings nie unter seinem eigenen Gewicht verrutschen. Angesichts der sonst verwendeten, aufwändigen Mehrpunktagerungen ist dieses Prinzip erstaunlich einfach. Dennoch garantiert es einen verspannungsfrei und ideal gelagerten Hauptspiegel. Bereits die erste Nacht zeigte eine perfekte Abbildung, so dass die Montage des Spiegels seitdem nicht mehr angefasst werden musste. Wichtig ist, dass die Fläche, auf der der Spiegel aufliegt, glatt ist und somit keinen punktuellen Druck auf die Spiegelrückseite ausüben kann.

## Die Fangspiegelhalterung

Zentral befindet sich ein quadratischer, 40mm×40mm großer Alublock mit 50mm Höhe. Die Spinnenarme werden von vier Flügeln aus CFK gebildet, 50mm hoch, 190mm lang und 1,6mm dick. Sie sind seitlich am Alublock angeschraubt und so orientiert, dass sich zwei Arme schneiden (siehe Abb. 5). Hierzu wurden diese zur Hälfte eingesägt, so dass sie sich ineinander stecken lassen. Diese Methode garantiert, dass sich die Drehmomente, die durch das Angreifen äußerer Kräfte

### Surftipps

Haufler Industrievertretungen: [www.haufler-iv.de](http://www.haufler-iv.de)

R. F. Royce Precision Optical Components: [www.rfroyce.com](http://www.rfroyce.com)

United Lens Company: [www.unitedlens.com](http://www.unitedlens.com)

Pegasus Optics: [www.pegasusoptics.com](http://www.pegasusoptics.com)

Van Slyke Instruments: [www.observatory.org](http://www.observatory.org)

Finger Lakes Instrumentation: [www.fli-cam.com](http://www.fli-cam.com)

Homepage des Autors: [www.astro.uni-bonn.de/~mischa](http://www.astro.uni-bonn.de/~mischa)

entstehen, gegenseitig aufheben. Die Spinne lässt sich dann im Tubus auch mit großem Kraftaufwand nicht mehr verwinden. Dieses Prinzip findet sich bei allen Großteleskopen wieder, bei den meisten Amateuerteleskopen allerdings nicht.



Abb. 6: **Die Fangspiegelhalterung.** Gut zu erkennen sind die Druckschrauben zur Justage und die zentrale Hutmutter, die in eine Bohrung greift und als Gegenlager dient.

Der zentrale Alublock besitzt eine Längsbohrung, welche eine M12-Gewindestange aufnimmt. Diese ist auf der Unterseite mit einer Hutmutter versehen und fixiert eine 80mm große und 5mm dicke Aluscheibe gegen den Alublock. Die Scheibe besitzt in 120° Abstand drei gewindefreie Bohrungen für die M6-Inbusschrauben zur Fangspiegeljustage. Diese greifen an eine zweite, identische Aluscheibe an, welche eine zentrale 12mm-Bohrung besitzt, in die die Hutmutter leicht eintaucht und so als Gegenlager fungiert (Abb. 6). Übergestülpt über die Justageschrauben sind drei harte Druckfedern. Auf der Unterseite der zweiten Aluscheibe befindet sich ein 45°-Winkel, zusammengeklebt (UHU Endfest 300) aus 8mm starken Carbonteilen. Auf der schrägen Fläche ist der Fangspiegel mit Ceresit Küchen- und Aquariumsilikon aufgeklebt (3–4 Klebestellen, etwa 1,5mm dick, 10mm Durchmesser).

## Lüftung

Essentiell ist die Unterdrückung jeglichen Tubusseeings und das Zerstören des Warmluftkissens, das sich direkt über dem Hauptspiegel bilden kann. Das Tubusseeing wird über einen 120mm großen Lüfter kontrolliert, der in eine große Schaumstoffscheibe eingebettet ist. Mit dieser wird die Rückseite des Tubus verschlossen (Abb. 2). Unterschiede in der Bildqualität habe ich zwischen den beiden verschiedenen Strömungsrichtungen bisher nicht feststellen können. Der Lüfter bläst durch drei große Bohrungen im Spiegelträger auch gleichzeitig die Unterseite des Hauptspiegels an und kühlt diesen so auf Umgebungstemperatur ab. Das Warmluftkissen auf dem Spiegel lässt sich über ein oder zwei kleine 40mm-Lüfter verblasen, die seitlich am Tubus angebracht und schräg von vorne auf den Spiegel gerichtet sind.

## Fazit

Mit etwa 100 Stunden Arbeitszeit und einem vergleichsweise moderaten finanziellen Aufwand von ca. 6000€ lässt sich ein hervorragend abbildender Astrograph bauen, der den mindestens doppelt so teuren kommerziellen Produkten gleicher Öffnung in nichts nachsteht. Für die meisten Arbeiten genügen eine Bohrmaschine und z.B. ein M6- und ein M10-Gewindeschneider. Professionelle Hilfe braucht man lediglich für die Feingewinde der Hauptspiegeljustage sowie die nötigen Adapter für Kamera und Fokussierer.

Ich möchte Cord Scholz danken, ohne dessen Antrieb und Ideen dieses Teleskop nie sein first light erblickt hätte.

# Kurze Brennweite – große Auflösung

## Die Drizzle-Technik für Astrofotografen

VON MANFRED WASSHUBER

Eine Methode, die eigentlich für die Wide Field Planetary Camera des Hubble-Weltraumteleskops entwickelt wurde, hilft auch dem Astrofotografen, mehr Informationen aus Bildern, die mit geringer Brennweite aufgenommen wurden, herauszuholen. Neben den Abbildungseigenschaften der Optik und dem Seeing führen auch zu große Pixel eines CCD- oder CMOS-Chips dazu, dass Information verloren geht. Insbesondere bei Bildern, die mit kleiner Brennweite aufgenommen worden sind, kann die Auflösung, also z.B. ein Sternscheibchen, kleiner als die Pixelgröße der CCD-Kamera werden. Bei der Drizzle-Technik wird diese durch sog. Undersampling verlorene Information durch Überlagerung mehrerer leicht versetzter Einzelbilder und Übertragung auf ein Bild mit feinerem Raster gerettet.

### Wann hilft die Drizzle-Technik?

Die Drizzle-Technik (engl. »Nieseln«) lässt sich nur anwenden, wenn die Auflösung der Aufnahme höher als die Pixelgröße ist. Entscheidend für die Auflösung ist die Kombination von Aufnahmebrennweite des Teleskops zu Pixelgröße der CCD-Kamera. In unseren Breiten kann man bei guten Bedingungen von einem Seeing von durchschnittlich 2", in ausgezeichneten Nächten bis 1,5" ausgehen. Ist die Auflösung deutlich geringer als 2"/Pixel, dann spricht man vom Undersampling. Das bedeutet, dass Sternabbildungen und Details in Nebeln oder Galaxien dieser Größe kleiner als ein Pixel abgebildet werden und damit nicht aufgelöst werden können. Ist die Auflösung deutlich größer als 2"/Pixel, dann spricht man vom Oversampling. Hierbei werden der Stern oder die Details über mehrere Pixel verteilt dargestellt. Entsprechend dem Kriterium von Nyquist sollte ein Bilddetail mindestens doppelt so groß wie die Auflösung des Detektors sein, damit die komplette Information dargestellt wird.

In meinem Fall hat das Teleskop mit eingesetztem Reduzierer und Bildfeldebner eine Brennweite von 407mm. Die CCD-Kamera hat eine Pixelgröße von 6,7µm. Somit ergibt sich bei dieser Kombination eine Auflösung von 3,37"/Pixel, was in den meisten Nächten einem eindeutigen Undersampling entspricht. Die Kombination derselben Kamera mit einem 8"-Cassegrain bei 1280mm Brennweite ergibt dagegen eine Auflösung von 1,07"/Pixel – ideal für ein Seeing von 2".

Es sollte berücksichtigt werden, dass sowohl Optik als auch Kamera die Auflösung noch verschlechtern können. Bei Optiken mit chromatischen Fehlern wird eine Luminanzaufnahme nicht die volle Auflösung bringen, da der Stern durch den Farbfehler aufgebläht wird. Außerdem haben Aufnahmen mit Digitalkameras oder Farb-CCD-Kameras aufgrund der Bayer-Matrix, einem Farbfilter, mit dem der Chip ähnlich einem Schachbrett überzogen ist und der zu 50% aus Grün- und je 25% aus Rot- und Blau-Filtern besteht, eine geringere



Abb. 1: **Kleine Brennweiten und feinpixelige CCD-Kameras** – bisher wurde bei dieser Kombination oft Auflösung verschenkt. Doch mit einer neuartigen Bildbearbeitungsmethode lassen sich auch mit kurzen Brennweiten erstaunliche Auflösungen erzielen. Das Bild entstand mit einem 90mm-Refraktor bei 407mm Brennweite, Starlight HX916 CCD-Kamera, Belichtungszeiten 8x20 min (Ha), 6x10 min ([OIII]).

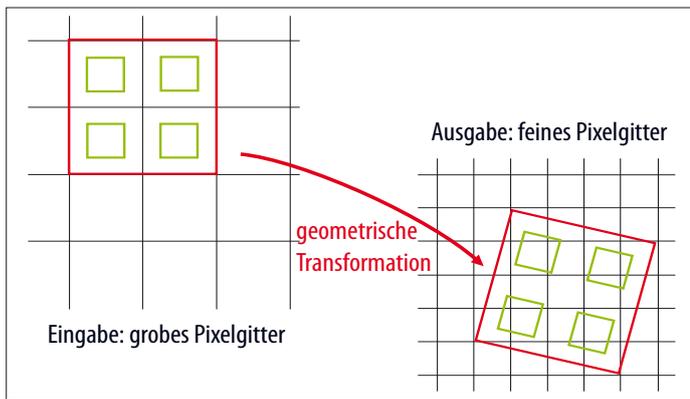


Abb. 2: **Das Prinzip der Drizzle-Technik.** Die Information, die in den größeren Pixeln des Ausgangsbildes enthalten ist, wird auf die kleineren Pixel des Endbildes übertragen. Durch Versatz der einzelnen Ausgangsaufnahmen zueinander werden Informationen immer leicht unterschiedlich in das feinere Raster eingefügt, wobei sich über die Summe der Aufnahmen »reale« Zwischenwerte ergeben und so die Auflösung erhöht wird.

Auflösung als man von der Pixelgröße dieser Chips ableiten würde.

Eine weitere Voraussetzung für die Anwendung der Drizzle-Technik ist, dass die Bilder einen leichten Versatz zueinander haben müssen. Es genügt schon ein Bruchteil der Pixelgröße, es müssen lediglich die Sterne bzw. das abzulichtende Objekt mit einem leichten Winkelunterschied von Bild zu Bild in den Aufnahmen abgebildet sein. Einige Programme wie Astroart oder MaxinDL haben dafür in ihren Nachführungsfunktionen schon die Funktion »Drizzle«, wobei hier der Leitstern nach jeder Aufnahme um einen bestimmten Betrag versetzt wird. Unter Umständen ergibt sich der Versatz bereits aus einer leicht ungenauen Einnordung der Montierung; es verbleibt ein kleiner Restfehler, der über die Zeit zu einer leichten Bildfeldrotation bzw. zu einem leichten Bildversatz führt. Warum dies notwendig ist, ergibt sich aus der Funktionsweise der Drizzle-Technik.

### Das Prinzip der Drizzle-Technik

Das »Drizzeln« selbst ist eine mathematisch recht aufwändige Methode. Der interessierte Leser sei hier auf einige Internetquellen hingewiesen, die sich mit diesem Thema intensiver auseinandersetzen (siehe Surfipps).

Im Prinzip basiert die Methode darauf, dass im Ergebnisbild die Anzahl der Pixel vergrößert wird, während die Fläche eines Pixels verkleinert und die Aufnahme entsprechend auf dieses feinere Raster umgerechnet wird. Dazu wird die Information aus etwa der Hälfte der Fläche eines Pixels einer ursprünglichen Aufnahme auf die »betroffenen« Pixel des Ergebnis-

bildes entsprechend dem jeweiligen Flächenanteil der Pixel übertragen (Abb. 2). Dabei werden Verschiebungen, Rotationen und Verzerrungen durch die Optik berücksichtigt. Aufgrund des Versatzes der einzelnen Aufnahmen zueinander werden nun diese Informationen immer leicht unterschiedlich in das feinere Raster eingefügt, wobei sich über die Summe der Aufnahmen »reale« Zwischenwerte ergeben, die über eine reine Interpolation, wie beim »normalen Vergrößern« eines Bildes, hinausgehen. Das Spezielle am Drizzeln ist, dass dabei durch die Bearbeitung der Bilder einerseits die Abstände von Sternen erweitert werden, andererseits der »wahre« Sterndurchmesser ermittelt wird, womit die Sterne im resultierenden Bild weiter auseinander stehen, aber weiterhin klein bleiben. Enge Doppelsterne, die zuvor nicht getrennt waren, können nach dem Drizzeln deutlich als Paare erkannt werden. Feine und schwache Sterne treten deutlicher in der Aufnahme hervor und haben ein definiertes Zentrum. Strukturen in Nebeln und Galaxien werden besser aufgelöst.

Aber natürlich werden nicht nur die Daten der Sterne in das neue Raster umgerechnet, sondern alle Daten im Bild. Das hat zur Folge, dass der Himmelshintergrund bzw. schwache Nebelausläufer etwas grober erscheinen als vor dem Drizzeln. Daher braucht man zum Drizzeln auch eine ausreichende Anzahl von Bildern, um den Hintergrund weiterhin glatt zu belas-

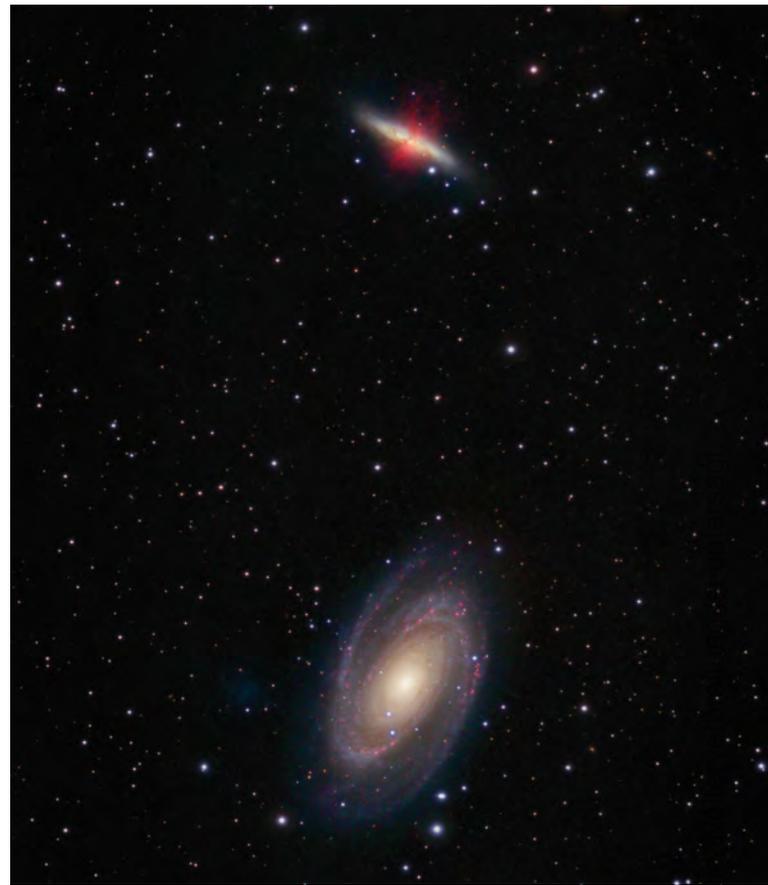


Abb. 3: **Die Galaxie M 81 bei einer Brennweite von 407mm.** Die Aufnahme wurde mit der Drizzle-Technik bearbeitet. Daten wie in Abb. 1, Belichtungszeit 6x10min (je RGB) und 9x20min (Ha).

sen und schöne runde Sternabbildung zu erhalten. Sechs bis acht Bilder sollten die Untergrenze darstellen, je mehr Aufnahmen man macht, umso besser werden die Ergebnisse nach dem Drizzeln.

Durch das Drizzeln wird allerdings nicht nur die Auflösung des Bildes erhöht, sondern auch die Bildgröße steigt, und es kommt zu einer Vervierfachung des Datenvolumens pro Bild.

### Programme zum Drizzeln

Einige Programme bieten bereits in ihrem Funktionsumfang eine Verwendung der Drizzle-Technik an, etwa Astroart 4.0 und das Freewareprogramm Iris 5.23, wobei sich sowohl die Arbeitsweise als auch das Ergebnis voneinander unterscheiden.

Einfacher ist diese Drizzle-Funktion in Astroart anzuwenden. Dabei muss man

#### Surftipps

##### Grundlagen der Drizzle-Technik:

[www-int.stsci.edu/~fruchter/dither/](http://www-int.stsci.edu/~fruchter/dither/),  
[astrosurf.com/buil/us/spe9/lrgb22.htm](http://astrosurf.com/buil/us/spe9/lrgb22.htm)

##### Homepage des Autors:

[www.astroimages.at](http://www.astroimages.at)

## Wirkung der Drizzle-Technik

Anhand dreier Beispiele soll die Verbesserung der Auflösung nach dem Drizzlen demonstriert werden. Zunächst soll jedoch dargelegt werden, wie sehr sich die Drizzle-Technik von bisher üblichen Methoden unterscheidet. Dazu wird ein Ausschnitt aus einer H $\alpha$ -Aufnahme des Pelikannebels mit 407mm Brennweite in drei verschiedenen Versionen (1–3) gegenübergestellt:



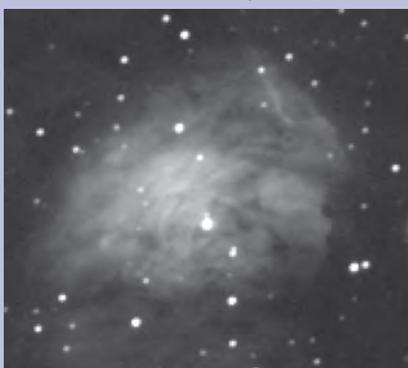
Beispiel 1: Aufnahmen normal gemittelt und dann auf 200% vergrößert.



Beispiel 2: Einzelbilder auf 200% hochgerechnet und dann erst gemittelt.



Beispiel 3: Aufnahme mit Drizzle-Technik bearbeitet.



Beispiel 4: Aufnahmen normal gemittelt und dann auf 200% vergrößert



Beispiel 5: Aufnahme mit Drizzle-Technik bearbeitet



Beispiel 6: Aufnahme mit einem 8''-Cassegrain



Als nächstes Beispiel (4–6) dient eine H $\alpha$ -Aufnahme des Nebels Sharpless 235 im Fuhrmann. Hier ist zu sehen, dass die nach dem Drizzlen erst deutlich wahrnehmbaren Sterne wirklich real sind, wie der Vergleich der mit 407mm Brennweite entstandenen Bilder mit einer Aufnahme, die mit einem 8''-Cassegrain bei 1280mm Brennweite gemacht wurde, zeigt.

Und zuletzt noch ein Ausschnitt aus einer Aufnahme des Pferdekopfnebels. Der Nebel zeigt einen Detailreichtum, der ohne die Drizzle-Technik bei einer Brennweite von 407mm nicht möglich wäre. Nicht nur die feinen Sterne, sondern vor allem die Strukturen in der Mähne des Pferdekopfes haben davon stark profitiert.

lediglich im Optionen-Fenster des Preprocessors (jener Menüpunkt, unter dem die Bilder gemittelt werden) die Schaltfläche für Drizzle anwählen. Dabei ist die Vergrößerung, also das Verhältnis der Seitengängen des Ausgangsbildes zum bearbeiteten Bild, fix auf 200% voreingestellt und kann auch nicht verändert werden. Die Ergebnisse sind etwas schärfer als jene in Iris, jedoch ist der Hintergrund ebenfalls etwas

härter, und es wird das Rauschen stärker betont. Im Programm Iris sind einige Vorarbeiten zu erledigen, bevor man die Funktion Drizzle aufrufen kann. Das wäre zuerst die Registrierung der Bilder mit dem Befehl »register«, um die Sternpositionen zu bestimmen und danach die Angleichung der Sternhelligkeiten mit dem Befehl »scalecolor«, um gitterartige Artefakte bei der Berechnung zu vermeiden. Die genaue Anwendung dieser Befehle ist in der Hilfedatei von Iris gut beschrieben. Beim Aufruf der Funktion Drizzle ist dann im Gegensatz zu Astroart

der Vergrößerungsfaktor frei wählbar. Es ist aber dabei zu berücksichtigen, dass eine höhere Vergrößerung auch eine größere Anzahl von Einzelaufnahmen erfordert. Es ist deshalb sinnvoll, wie in Astroart mit einem Faktor 2 zu arbeiten. Weiters muss man bedenken, dass Iris intern nur mit 15 Bit rechnet. Daher sollten alle FITS-Dateien zuvor auf 15 Bit umgerechnet werden, um nicht die hellen Sterne und Objektinformationen zu clippen und damit 50% der Dynamik im Bild zu verlieren. Die Ergebnisse sind etwas weicher als in Astroart, die Sterne werden nicht ganz so fein.

Es hängt daher sehr von der Aufnahme selbst ab, ob das Ergebnis der Drizzle-

Technik in Astroart oder in Iris besser ausfällt. Man kann aber auch das Bild in beiden Programmen rechnen lassen und die Ergebnisse kombinieren, um somit ein Optimum aus beiden herzustellen.

### Fazit

Die Drizzle-Funktion stellt eine faszinierende Möglichkeit dar, verborgene Details herauszuholen, wenn das Auflösungsvermögen höher als die Pixelgröße ist. Sowohl die Nachführung als auch die Schärfe müssen optimal sein, denn aus unscharfen oder schlecht nachgeführten Aufnahmen lässt sich kein Informationsgewinn erzielen.

Die Grenzen der Drizzle-Technik bei einer Pixelgröße des CCD-Chips von 6–9µm liegen meines Erachtens zwischen 200mm und 800mm Brennweite bzw. bei Auflösungen zwischen 2–5"/Pixel. In diesem Bereich gibt es eine Reihe von gängigen und für die Astrofotografie brauchbaren Optiken und CCD-Kameras.



Abb. 4: **Das Leo-Triplett bei einer Brennweite von 407mm.** Die Aufnahme wurde mit der Drizzle-Technik bearbeitet. Daten wie in Abb. 1, Belichtungszeit 6×10min (je RGB).

## Welches Stativ für Astrofotos ohne Nachführung?

Stative sind aus der nächtlichen Fotografie kaum wegzudenken. Und selbst für Tagaufnahmen empfiehlt sich in vielen Situationen ein Stativ. Sagt doch eine Daumenregel, dass der Kehrwert der Brennweite gleich der längsten Belichtungszeit ist, bei der noch ohne Gefahr der Verwacklung aus der Hand fotografiert werden kann. Mit einem 28mm-Weitwinkelobjektiv sollte also ab rund 1/30 Sekunde mit Stativ fotografiert werden, bei 300mm Brennweite schon ab 1/300 Sekunde. In der Astrofotografie, wo Belichtungszeiten weit jenseits der mit der Daumenregel bestimmten Grenzen liegen, ist ein solides Dreibeinestativ unentbehrlich.



Abb. 1: Ein solides Dreibeinestativ und ein einfaches Kompaktstativ im Vergleich. Während das große Stativ auch schwerere Kameras ohne Stabilitätsverlust trägt, sollte man dem Kompaktstativ nur leichtere Lasten aufsatteln und Stativbeine und evtl. vorhandene Mittelsäule nicht ausziehen.

Es besteht aus drei verbundenen Teleskopbeinen, die jeweils aus drei bis vier Rohrsegmenten bestehen. Die Arretierung der Beinsegmente kann eine Klemme, ein Drehgriff oder eine Flügelmutter sein. Beim Kauf eines Stativs sollte darauf geachtet werden, dass keine Klemmen zur Arretierung vorhanden sind. An diesen können – ganz besonders bei Dunkelheit – leicht die Finger eingeklemmt werden! Empfehlenswert sind große Drehgriffe, die auch mit Handschuhen einfach zu bedienen sind.

Manche Stative haben an der Verbindung der Beine noch eine Mittelsäule, die sich ausziehen lässt. Sie verhindert durch die höhere Position der Kamera, dass der Fotograf allzu nah am Boden herum kriechen muss, um durch den Sucher zu schauen. Eine ausgezogene Mittelsäule wirkt sich sehr negativ auf die Stabilität aus und ist daher der Philosophie eines Stativs (die Kamera ruhig zu halten) eher gegenläufig und nur aus Komfortgründen notwendig.

An oberster Stelle des Stativs befindet sich der Stativkopf. Bei einfachen, preiswerten Stativen ist er fester Bestandteil des Stativs. Hochwertigere und teurere Stative erlauben meist die Auswahl eines auf die Anforderungen zugeschnittenen Kopfes, der separat gekauft werden muss. Stativköpfe sind in allen erdenklichen Ausführungen erhältlich.

Die Stative selbst gibt es aus verschiedenen Materialien, in erster Linie Aluminium, Kohlefaser (Carbon) und Holz. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass sehr preiswerte Stative wenig bis gar nicht für ernsthafte Fotografie geeignet sind. Diese lassen sich meist auf Höhen zwischen ein und zwei Metern ausfahren, wiegen aber nur wenige Hundert Gramm. Die Beine sind aus sehr dünnem Aluminium und dadurch anfällig für Torsion und Schwingungen. Sie sind besser als gar kein Stativ, zeigen jedoch bei widrigen Bedingungen, dass für wenig Geld keine gute Qualität zu haben ist. Wer bereits solch ein Stativ besitzt, muss nicht verzweifeln. Die besten Ergebnisse liefert es, wenn die Beine sowie die Mittelsäule eingefahren bleiben und keine allzu schwere Kamera benutzt wird. Dies gilt übrigens auch für hochwertige Stative, insbesondere wenn ein im Vergleich zur Kamera unterproportioniertes Stativ benutzt wird.



Abb. 2: Stativkopf mit abgenommener Schnellkupplungsplatte. Die Schnellkupplungsplatte wird mit Hilfe der Fotoschraube am Stativgewinde der Kamera befestigt, so dass die Kamera nur noch auf den Kopf gesetzt und festgeklemmt werden muss. Da diese Montageplatten einzeln erhältlich sind, kann man jede Kamera damit ausstatten, so dass sich ein Kamerawechsel sehr einfach gestaltet.

Zusätzliche Stabilität eines Stativs kann erreicht werden, indem ein Gewicht unter das Stativ bzw. die Mittelsäule gehängt wird. Sofern es sich nicht um minuten- oder stundenlange Belichtungszeiten handelt, kann auch ein Stück Seil, das zu einer Schlaufe geformt wurde, unten ans Stativ gebunden werden. Die Schlaufe sollte nicht ganz bis zum Boden reichen, dann wird sie mit einem in die Schlaufe gestellten Fuß nach unten belastet. Das erhöht die Stabilität und verringert die Anfälligkeit gegen Schwingungen.

### Materialien für Fotostative

	Holz	Aluminium	Kohlefaser/Magnesium
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr gutes Schwingverhalten</li> <li>• bleibt in kalten Nächten relativ warm</li> <li>• ökologisch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• preiswert</li> <li>• robust</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leicht</li> <li>• robust</li> </ul>
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• witterungsempfindlich</li> <li>• höherer Pflegeaufwand</li> <li>• kann sich verziehen</li> <li>• wenig Auswahl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• schwer</li> <li>• wird in kalten Nächten sehr kalt</li> <li>• schlechtes Schwingverhalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• teuer</li> </ul>

### Einflussfaktoren auf die Stabilität

mehr Stabilität	weniger Stabilität
Beinsegmente zusammen	Beinsegmente auf voller Länge
Mittelsäule eingefahren	Mittelsäule ausgefahren
Windstille	starker Wind
leichte Kamera	schwere Kamera
schweres Stativ	leichtes Stativ

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

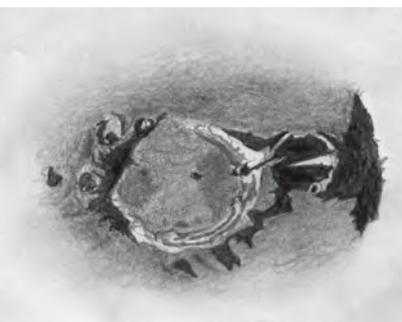
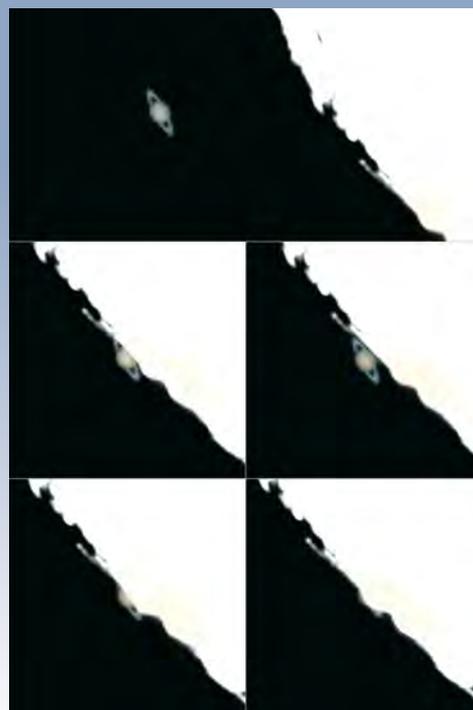
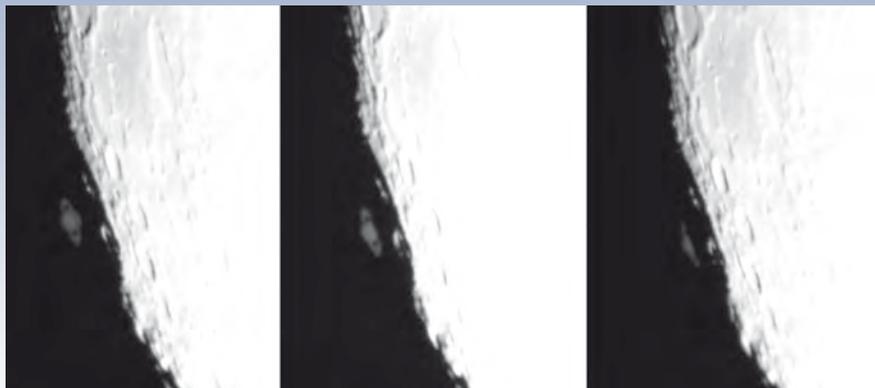
# Rückblick: Kosmische Begegnungen

## Saturnbedeckung am 2. März

Das Ereignis blieb aufgrund schlechten Wetters im deutschen Sprachraum weitgehend unsichtbar.

Die erste Serie entstand beim Eintritt des Planeten um 3:36: MEZ. 10"-SCT bei 2500mm, Canon EOS 10D, ISO 400, 1x1/45s (unten). *Dirk Zirwick*

Von Turin in Italien aus entstand die zweite Sequenz mit 8"-SCT bei 2000mm, Philips ToUCam Pro II (rechts). *Mario Weigand*



### Lichtstrahl im Hesiodus

Das seltene Phänomen auf dem Mond (vgl. interstellarum 44, 46) konnte in einer Zeichnung am 27.3. gegen 22:50 MESZ festgehalten werden. 3,1"-Refraktor bei 178x. *Lambert Spix*

### Asteroid 2006 VV2 bei M 81/82

Digitalfoto, 29.3.2007, 03:28: MESZ, 4"-Refraktor bei 500mm, Canon 10D modifiziert, ISO 400/800, 2x260s, Startzeiten der Aufnahmen 03:28 und 03:33. *Rudolf Dobesberger*



### Iridium-Flare am 9. Februar

Gleich zwei Telekommunikationssatelliten verursachten am Abend des 9.2. gegen 19:42 MEZ eine helle Spiegelung des Sonnenlichts parallel zu einander. Dabei wurden scheinbare Helligkeiten von  $-4^m.3$  und  $-7^m.1$  erreicht. Die Aufnahme eines Flares entstand mit einem 18mm-Objektiv, Canon EOS 300D Digitalkamera und 30 Sekunden Belichtungszeit. *Peter Heinzen*



### Mitarbeit

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

# Die totale Mondfinsternis vom 3./4. März 2007



Abb. 1: **Eine Bilderbuchfinsternis** konnte trotz schlechter Wettervorhersage auch an vielen Standorten in Mitteleuropa verfolgt werden. 4,1"-Refraktor bei 670mm Brennweite, Canon EOS 350D. *Mario Weigand*



Abb. 2: **Zum Beginn der totalen Phase** ist ein deutlicher Helligkeitsgradient erkennbar. 4"-Refraktor bei 600mm Brennweite, Canon EOS 30D. *Sebastian Voltmer*



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



Abb. 3: **Gegen Ende der totalen Phase** erinnert der Anblick an einen Augapfel. 5"-Refraktor bei 1100mm Brennweite, Olympus C-4040Z. *Erich Kopowski*



Abb. 4: **Mondfinsternis-Stimmung** zum Ende der Totalen Phase. 4"-Refraktor bei 500mm Brennweite, Canon EOS 10D, ISO 400, 1s. *Rudolf Dobesberger*



Abb. 5: **Orange glüht der Mond im Sternfeld.** 3"-Refraktor bei 500mm Brennweite, Canon EOS 20D, ISO 400, 3,2s. *Tobias Dietrich*



Abb. 6: **Wie eine Apfelsine** wirkt der verfinsterte Mond. 5"-Refraktor bei 1000mm Brennweite, Canon EOS 20Da, ISO 400, 1x4s. *Wilfried Langer*



Abb. 7: **Ablauf der Finsternis über drei Stunden.** 8"-Newton bei 1120mm Brennweite, Canon EOS 350D, 3s/8s. *Thomas und Claudia Winterer*

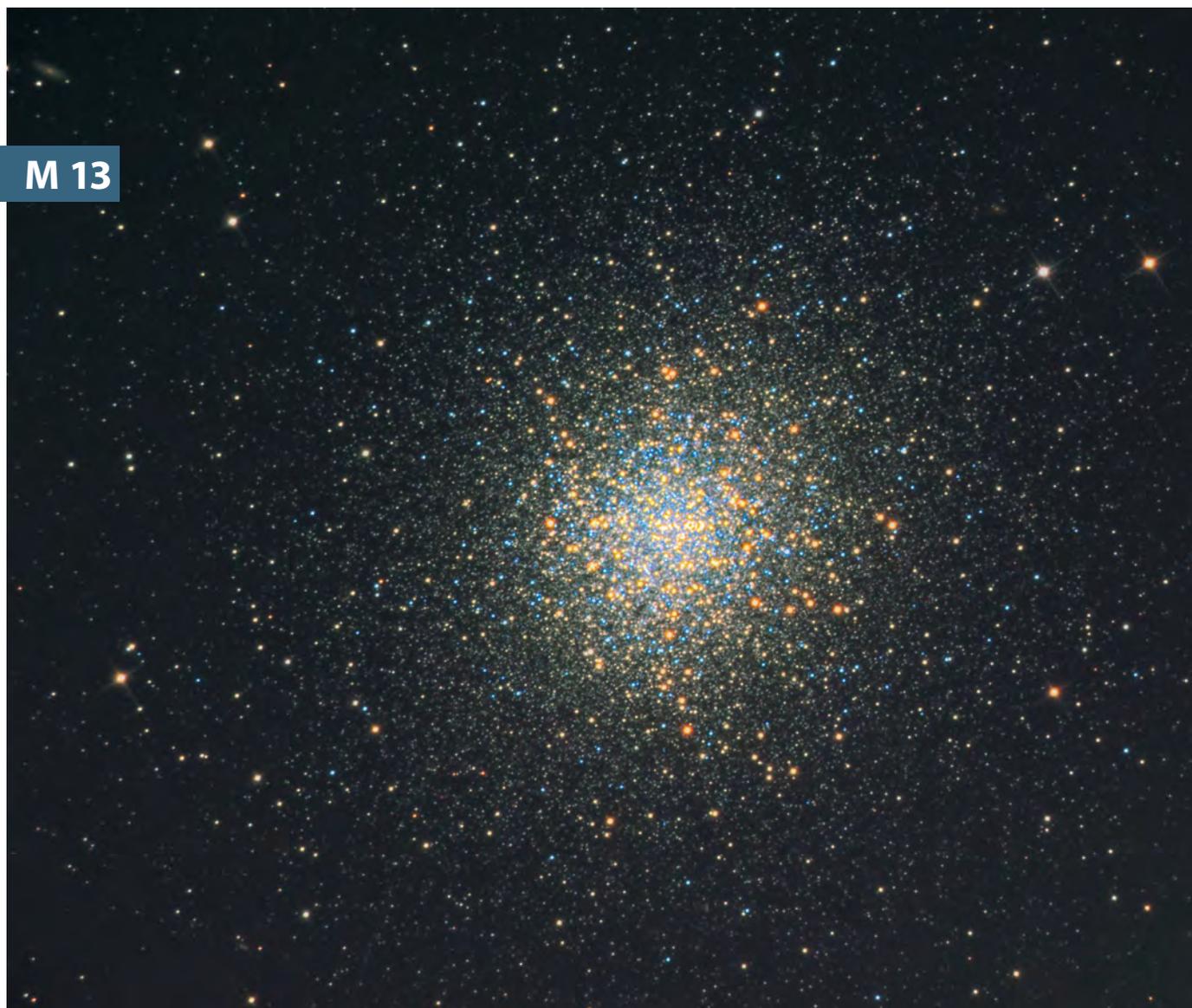
# Objekte der Saison

**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. 53, Aug./Sep. 2007	M 72	GC	Aqr	21 <sup>h</sup> 33,5 <sup>min</sup>	-00° 49'	20.5.2007
	NGC 7009	PN	Aqr	21 <sup>h</sup> 04,2 <sup>min</sup>	-11° 22'	
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'	

M 13



CCD-Aufnahme, 16"-Cassegrain bei 3600mm, STL 11000, 6x600s (L), 10x180s (L), 1x600s (R), 1x600s (G), 1x600s (B), Astronomik-Filter.  
Bernd Liebscher



Digitalfoto, 10"-Newton bei 1270mm, Canon EOS 20Da, 10x30s, kein-Filter.  
Thomas Tuchan



CCD-Aufnahme, 160"-Refraktor bei 1200mm, STL 6303, 3x100min, 3x200min, 3x200min, LRGB-Filter. Konstantin v. Poschinger



Digitalfoto, 12"-Newton bei 1440mm, Canon EOS 350D, ISO 800, Idas LPS-Filter, 16x2 min.  
Oliver Schneider

**M 13**

**bloßes Auge:** fst 5<sup>m</sup>;9; nachdem ich einmal unter sehr guten Bedingungen M 13 mit bloßem Auge entdeckt hatte, finde ich ihn auch unter schlechterem Himmel immer wieder leicht, die Grenzgröße von 5<sup>m</sup>;9 in der Leier war dabei bisher das Minimum für eine indirekte Sichtung. *Kay Hempel*

**bloßes Auge:** fst 6<sup>m</sup>;5; mein Gradmesser für die Himmelsgüte im Sommer! Unter den beschriebenen Bedingungen ist er bei direktem Sehen grade so zu erkennen; indirekt wird er zu einem einfachen Objekt. *Matthias Kronberger*

**bloßes Auge:** fst 6<sup>m</sup>;7; M 13 ist bei gutem Himmel leicht zu sehen. Der Haufen kann gerade eben von einem Stern unterschieden werden (ein wenig unscharf). *Uwe Pilz*

**8x32-Fernglas:** fst 5<sup>m</sup>;6; zu sehen ist ein schöner, heller, nahezu runder Nebelfleck. Es sind keine Einzelsterne sichtbar. 8x. *Matthias Kleinke*

**10x50-Fernglas:** fst 6<sup>m</sup>;5; sehr hell, als Kugelsternhaufen erkennbar. Im Randbereich »körnig«. 10x. *Uwe Pilz*

**12x50-Fernglas:** fst 6<sup>m</sup>;0; als kleiner, runder Fleck zwischen zwei hellen Sternen zu sehen. 12x. *Andreas Kaczmarek*

**50/-Refraktor:** Bortle 5; freihändig deutlich als kleiner, kreisrunder Fleck zu sehen. 10x. *Michael Klein*

**8x56-Fernglas:** fst 4<sup>m</sup>; unter Vorstadthimmel ist der Kugelsternhaufen sehr leicht mit dem Fernglas aufzufinden. Er zeigt sich in meinem 8x56-Feldstecher schon klar als flächiger, runder Nebelfleck. 8x. *Benjamin Hartmann*

**60/700-Refraktor:** fst 5<sup>m</sup>;0; eine meiner ersten Deep Sky Beobachtungen im Frühjahr 1976. M 13 ist direkt als runder diffuser Nebel zwischen zwei helleren Vordergrundsternen sichtbar. Zum Zentrum ist ein deutlicher Helligkeitsanstieg zu beobachten. 35x. *Klaus Wenzel*

**60/910-Refraktor:** fst 6<sup>m</sup>;3; bei guten Bedingungen ist der Haufen in den Randzonen körnig zu sehen. 75x. *Andreas Kaczmarek*

**70/900-Refraktor:** fst 5<sup>m</sup>;8; bei 36x zeigt sich M 13 als heller nebulöser, fast kreisrunder Fleck mit konzentriertem Zentrum. Bei 90x blitzen mit indirektem Sehen bereits einige Einzelsterne am Rand des Kugelsternhaufens auf, der Rest wirkt leicht körnig, aber nach wie vor als Nebel. 90x. *Benjamin Hartmann*

**20x80-Fernglas:** Bortle 4; groß, hell, exakt rund. Die Außenbereiche werden aufgelöst, auch im dichteren inneren Teil blitzen Sterne hervor. 20x. *Uwe Pilz*

**90/1250-SCT:** fst 5<sup>m</sup>;5; Optik: Maksutov-Cassegrain: Heller, konzentrierter Nebel, bei indirektem Sehen wirkt er > s.70

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



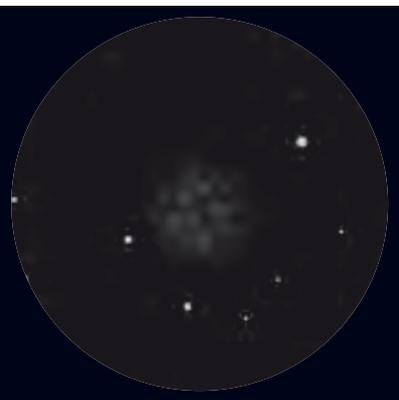
Digitalfoto. *Oliver Aders*



Digitalfoto, 7"-Refraktor bei 1380mm, Canon EOS 350D, ISO 800, 10x25s, kein-Filter, Summenbild Registax, Dark und Flat-abzug mit AstroArt3. *Axel Ern*



CCD-Aufnahme, 6"-Newton bei 880mm Brennweite, Starlight Xpress MX7C, 10x2min. *Torsten Güths*



Zeichnung, 3,7"-Maksutov bei 48x. *Ronald Nowosad*



Zeichnung, 6"-Newton bei 170x. *Felix Dörflinger*

CCD-Aufnahme, 10"-Astrograph bei 850mm, SBIG ST-8XE, 2x5min (L), 1x2min (R), 1x2min (G), 1x2min (G). *Ullrich Dittler*



Fortsetzung > leicht körnig, d.h. es stechen einige Sterne hervor. 50x. *Johannes Kahr*

**114/900-Newton:** fst  $\sim 6^m 0$ ; bei 25x noch ein diffuses Bällchen mit graduelltem Helligkeitsabfall nach außen hin, blitzen bei 100x schon die ersten Sterne in den Randbezirken auf. Super! 100x. **Matthias Kronberger**

**150/750-Newton:** fst  $\sim 6^m$ ; ein bereits im 8x50-Sucher leicht zu sehender großer Haufen. Bei 170facher Vergrößerung scheint der Haufen bis ins Zentrum aufgelöst. Es sind zwei Sternketten deutlich zu erkennen. 50–170x. **Felix Dörflinger**

**200/1000-Newton:** fst  $6^m 3$ ; schon bei dieser relativ geringen Vergrößerung ist der Haufen bis zum Kern hin in Einzelsterne aufgelöst. 80x. *Andreas Kaczmarek*

**200/1200-Newton:** fst  $5^m 6$ ; ein herrlicher Anblick. Bereits bei 90x funkeln auch bis ins Zentrum Einzelsterne auf.

Die nicht ganz runde Form ist deutlich zu erkennen. 200x. *Matthias Kleinke*

**250/1250-Newton:** fst  $3^m 0$ ; großflächiger Kugelsternhaufen. Kurzzeitig Zentrum sehr weit aufgelöst. Über die gesamte Dauer der Beobachtung jedoch nur vom Rand aus aufgelöst. 63x. *Steven Müller*

**250/2500-SCT:** fst  $4^m 9$ ; bei 100x schon fast komplett aufgelöst. Geringe Konzentration zum Zentrum, aus dem viele Einzelsterne hervorstechen, das jedoch erst bei 300x komplett aufgelöst wurde. 100x. *Johannes Kahr*

**254/1140-Newton:** fst  $6^m 5$ ; Myriaden von Lichtpunkten, eingebettet in unaufgelöstes Hintergrundglimmen, Sternketten, die sich spiralförmig vom Zentrum nach außen schwingen – und um dem Ganzen die Krone aufzusetzen, schwebt auch noch der diffuse Schimmer der Galaxie NGC 6207 am nördlichen Rand des

Bildfeldes. Wollte eigentlich Sterne zählen, um die Grenzgröße des Teleskops abschätzen zu können. Einfach atemberaubend! 125x. *Matthias Kronberger*

**305/1625-Newton:** Bortle 5; ein großer, bis in das Zentrum in Einzelsterne aufgelöster Kugelhaufen. Einige Sternketten sind erkennbar. Man hat einen deutlich dreidimensionalen Eindruck. Wunder schöner Anblick!. 232x. *Michael Klein*

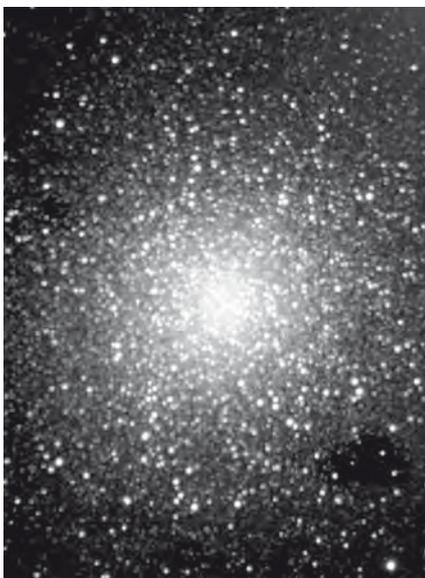
**320/1440-Newton:** Bortle 4; prachtvoll, bis ins Zentrum aufgelöst. Der innere, etwa 6' große dichte Bereich ist vollständig mit Sternen gefüllt. Nach außen wird die Sterndichte geringer bis zu einer wahrnehmbaren Ausdehnung von 15'. In alle Richtungen nach außen außer Nordosten laufen Sternketten. Das äußere Gebiet ist von zwei sternarmen Gebieten durchzogen, die wie dunkle Streifen wirken. 240x. *Uwe Pilz*



CCD-Aufnahme, 20"-Newton bei 2500mm, STL-6303E, 3x240s (L), 3x120s (R), 3x120s (R), 3x120s (B), LRGB-Satz Astronomik-Filter. *Thomas Westerhoff*



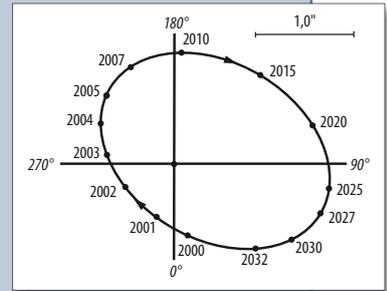
CCD-Aufnahme, 7"-Newton bei 1080mm, Atik 16HR, 14x2min (L). *Hannes Bachleitner*



CCD-Aufnahme, 9,25"-SCT bei 1410mm, Watec WAT-120N, 144x10s, 228x2,54s, IR-Filter. *Manfred Mrotzek*

## Zeta Herculis

Zeta Her beobachte ich schon seit 1985. Der Begleiter war damals mit einem 150mm-Newton-Spiegelteleskop bei 250facher Vergrößerung bei ruhiger Luft nicht allzu schwer sichtbar, die Distanz der beiden Sterne betrug 1,4". Der Doppelstern wurde durch seine rasche Umlaufbewegung im Lauf der Jahre immer schwieriger, die letzten Beobachtungen gelangen mir 1997 bei einer Distanz von 1,15" mit einem 130mm-Refraktor. Nach dem für mich unbeobachtbaren Periastron im Jahre 2002 mit nur 0,5" Distanz war das System 2005 und 2006 bei 1,0" Distanz sehr schwierig im 130mm-Refraktor (meist bei 260x beobachtet). Bei nicht ganz optimalem Seeing (auf der Pickering-Skala 5–6) bewegt sich der erste Beugungsring und zerfällt oft in kleinere Bogenstückchen und Fleckchen und verdeckt dann den viel schwächeren Begleitstern. Nur bei sehr gutem Seeing hält der erste Beugungsring still und ließ dann den Begleiter eindeutig erkennbar werden. Es liegt wirklich am Seeing: auch Beobachtungen mit größerer Öffnung (180mm-Cassegrain, 300mm-Schmidt-Cassegrain, 450mm-Newton) zeigen den Begleiter nur bei sehr gutem Seeing wirklich eindeutig. Die schönste Beobachtung machte ich am 13.7.1996 mit dem 150/3000mm-Refraktor der Wiener Urania-Sternwarte wenige Minuten vor Sonnenuntergang, also am Taghimmel. Bei 300facher Vergrößerung war der Begleiter deutlich erkennbar, ein wenig außerhalb des ersten Beugungsringes (Distanz 1,3"). Der helle Hauptstern erschien wie öfters deutlich etwas gelblich.



Jahr	PW-Schätzung	PW-Ephemeride	Distanz
1985	113°	106°	1,4"
1995	67°	58°	1,4"
1996	45°	51°	1,3"
2006	200°	210°	1,0"

Über die Jahre konnte ich die Umlaufbewegung von Zeta Her nicht nur durch die Distanzänderungen sondern auch durch einfache Positionswinkelschätzungen verfolgen. Bei ausgeschalteter Nachführung wandert der Stern im Okular genau nach Westen – im umkehrenden Fernrohr 9 Uhr auf einem gedachten Uhrzifferblatt mit dem Hauptstern in der Mitte. Die Richtung zum Begleiter – der Positionswinkel – lässt sich dann auf ganze »Stunden« (30°) und manchmal auch etwas besser abschätzen. Die Abnahme des Positionswinkels durch die Umlaufbewegung ist deutlich über die mehrere Jahre verteilten Beobachtungen erkennbar (Tabelle).

■ Wolfgang Vollmann

Bei ausgeschalteter Nachführung wandert der Stern im Okular genau nach Westen – im umkehrenden Fernrohr 9 Uhr auf einem gedachten Uhrzifferblatt mit dem Hauptstern in der Mitte. Die Richtung zum Begleiter – der Positionswinkel – lässt sich dann auf ganze »Stunden« (30°) und manchmal auch etwas besser abschätzen. Die Abnahme des Positionswinkels durch die Umlaufbewegung ist deutlich über die mehrere Jahre verteilten Beobachtungen erkennbar (Tabelle).

### Zeta Herculis

**8x32-Fernglas:** fst 5<sup>m</sup>6; ein schöner Stern in hübschem Umfeld. M 13 und ε Her sind mit im Gesichtsfeld. Seine Doppelsternnatur bleibt natürlich verborgen. 8x. *Matthias Kleinke*

**150/1500-Maksutov:** fst 5<sup>m</sup>5; konnte nicht getrennt werden. *Uwe Pilz*

**305/1625-Newton:** Bortle 5; ein schwierig zu trennender Doppelstern. Bei Dunkelheit überstrahlte der hellere den schwächeren Stern. Erst bei einer Beobachtung in der Dämmerung gelang es dann, die beiden Komponenten blickweise deutlich zu trennen. 345x. *Michael Klein*

**320/1440-Newton:** Bortle 3–4; erstaunlich schwierig. Der Doppelstern kann bei normaler Luftruhe nur blickweise getrennt werden. Der Positionswinkel beträgt etwa 200°, diese Angabe ist aber unsicher. 240x. *Uwe Pilz*

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

# Astrofotos unserer Leser



**Im Juni und Juli ist die Zeit der Leuchtenden Nachtwolken.** Dieses schöne Panorama stammt vom 17.7.2005, Mosaik aus 3 Aufnahmen mit einer Pentax Optio 555 Digitalkamera. *Matthias Juchert*



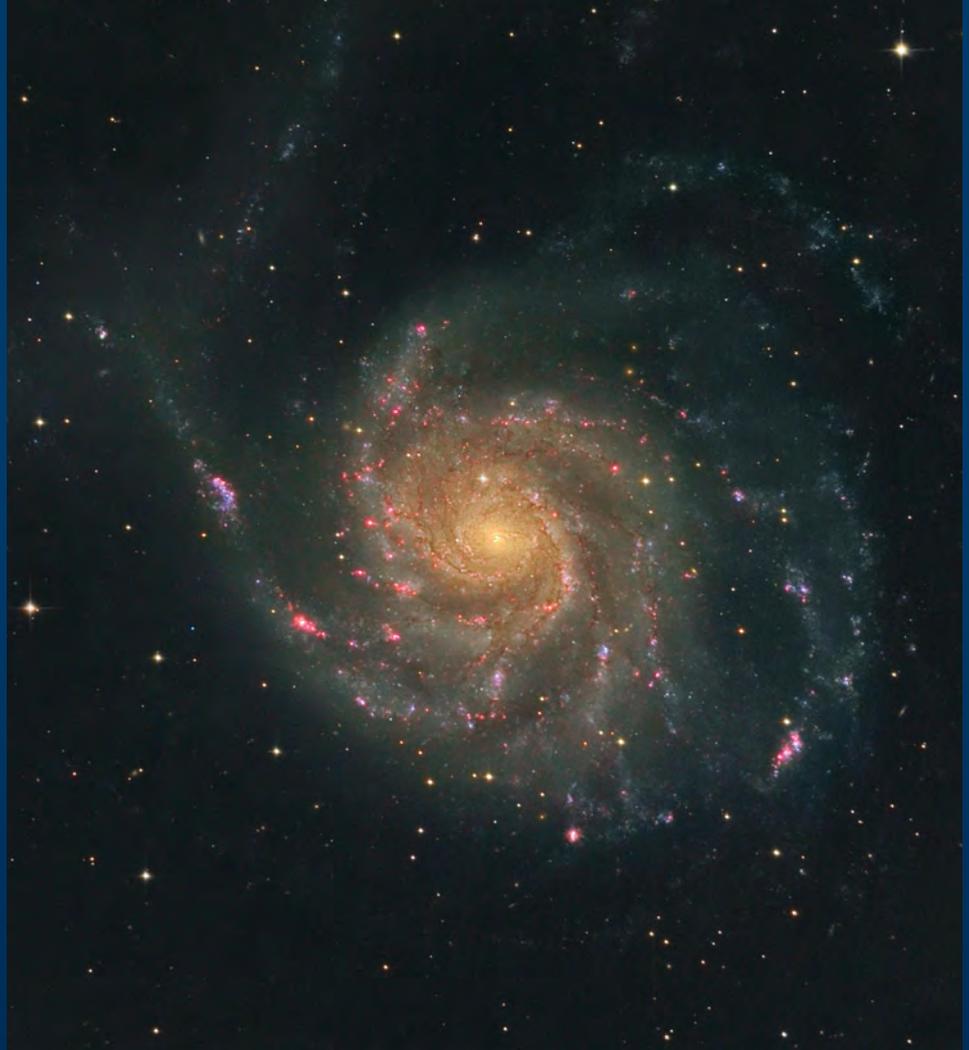
**Der Rosettennebel** wird gerne fotografiert, hier mit einem 3"-Refraktor bei 500mm Brennweite, Canon EOS 20Da Digitalkamera, 1600 ISO, 5x6min, IDAS LPS-Filter. *Ralf Pitscheneder*

**Der westliche Teil des Cirrusnebels NGC 6960 mit dem hellen Stern 52 Cygni.** 4,5"-Newton bei 440mm, SBIG ST2000XM, 17x10min (H $\alpha$ ), 2x10min (R), 2x10min (G), 2x10min (B). *Michael Deger*

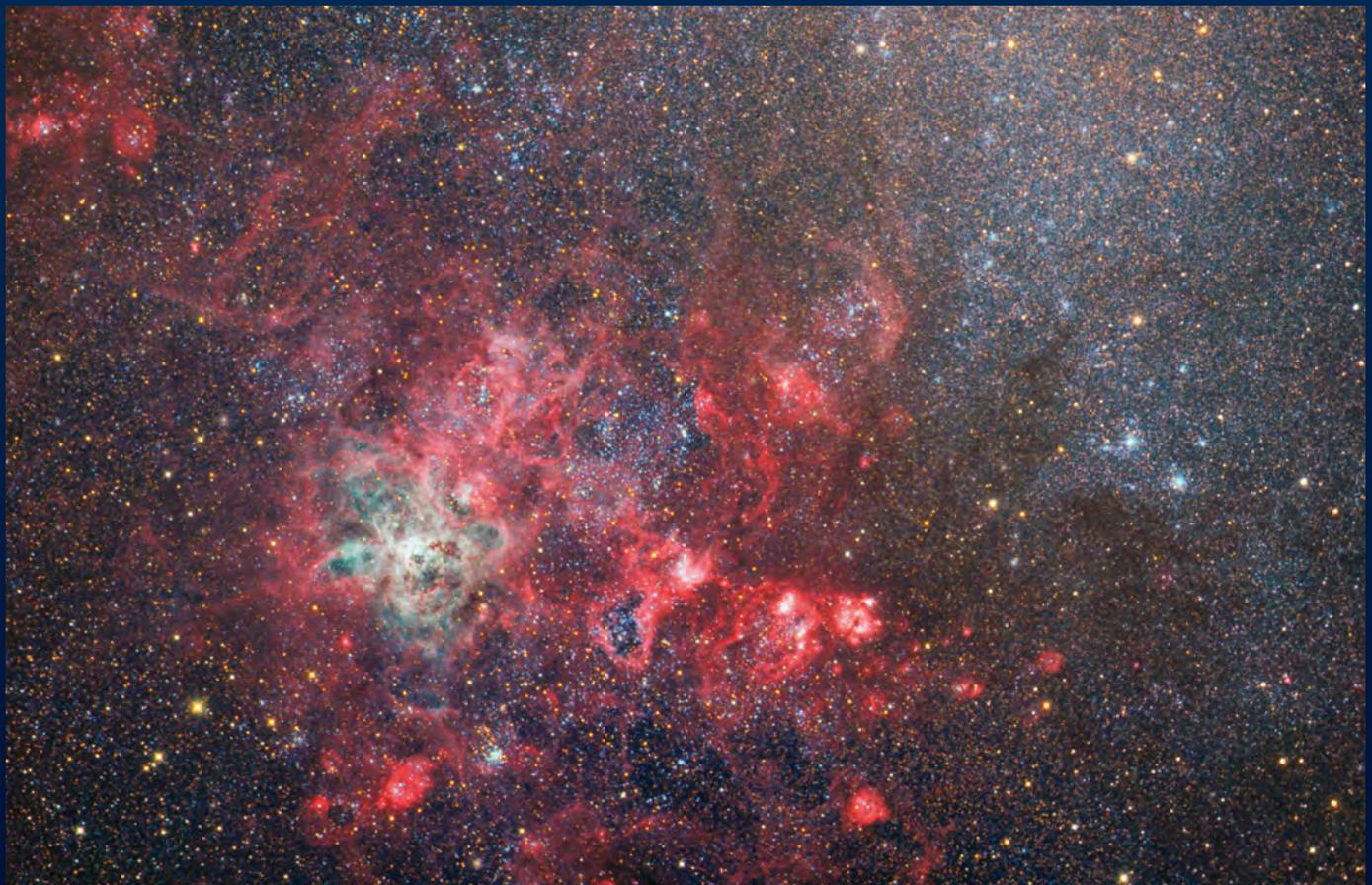




▼ **Der Tarantelnebel NGC 2070 in der Großen Magellanschen Wolke.** 8"-Astrograph bei 760mm Brennweite, Finger Lakes FLI 6303E CCD-Kamera, 60min (H), 20min (R, G), 30min (B), 20min (OIII).  
*Gerald Rhemann und Michael Jäger*



▲ **Die Spiralgalaxie M 101** in ihrer ganzen Pracht mit zahlreichen HII-Regionen und Sternhaufen. 18"-Cassegrain bei 3600mm Brennweite, SBIG STL-11 CCD-Kamera, 12x10min (L), 3x5min (je RGB).  
*Bernd Liebscher*



# Termine für Sternfreunde Juni–August 2007

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

**28.7.–4.8.: SpaceCamp im FEZ Berlin**, Freizeit- und Erholungszentrum Berlin-Wuhlheide  
 ⓐ Werner Bachmann, orbital – Raumfahrt im FEZ-Berlin, 030/53071538, spacecamp@fez-berlin.de

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

**30.7.–5.8.: Space Camp Hof**, Jugendherberge Hof  
 ⓐ Sternwarte Hof, Egerländer Weg 25, D-95032 Hof, 09281/95278, www.spacecamp-hof.de

**28.7.–11.8.: Astronomisches Sommerlager**, Bauersberg in der Rhön  
 ⓐ Tobias Opialla, Reinickendorfer Str. 75, D-13347 Berlin, 030/7733752, tobias@vega-astro.de, www.vega-astro.de/sommerlager/

**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

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

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

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

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

**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

**29.7.–18.8.: 43. International Astronomical Youth Camp (IAYC)**, Tremesek, Tschechische Republik  
 ⓐ Klaas Vantournhout, Eninkstraat 21, B-8210 Loppem, 0032/5082/4140, info@iayc.org, www.iayc.org/next\_camp.php

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

## Astronomers' Observing Guides: »Nebulae« und »Galaxies«

Die Springer-Reihe »Astronomers' Observing Guides« ist eine Serie von Büchern für Amateurastronomen, in der jedes Buch einer bestimmten Objektklasse gewidmet ist. Einige Titel der Reihe sind bereits 2005 und 2006 erschienen, andere befinden sich für 2007 in Vorbereitung. Zum Jahresbeginn erschienen die Beobachtungshandbücher über Nebel und Galaxien.

Stephen Coe beginnt in seinem Buch »Nebulae and How to Observe Them« mit einer Einführung in die Himmels- und Deep-Sky-Beobachtung, erläutert die Computernutzung in der Astronomie und die Beobachtungsplanung. Mit besonderem Augenmerk behandelt er das wichtige Thema »Sehen lernen«.

Nach einer Erläuterung der verschiedenen Nebelarten und deren Besonderheiten bei der Beobachtung beschreibt der zweite Teil des Buches die wichtigsten Nebel pro Jahreszeit und pro Sternbild und ergänzt dies um ein Objektverzeichnis von ca. 400 Nebeln.

Wolfgang Steinicke und Richard Jakiel folgen in »Galaxies and How to Observe Them« eher dem klassischen Muster der Springer-Reihe, indem sie an den Anfang des Buches die Einführung in die physikalischen und theoretischen Grundlagen von Galaxien und Galaxienhaufen sowie deren Klassifikation, Dynamik, Katalogisierung und Nomenklatur stellen. Danach folgt eine Einführung in relevante Beobachtungsinstrumente und die visuelle Beobachtung an sich. Nach Hinweisen zur Beobachtungsplanung und ausführlichen Vorschlägen für Beobachtungsprogramme werden die verschiedenen Galaxienarten, Paare und Gruppen von Galaxien und außerordentliche Objekte (z.B. Galaxien bei hellen Sternen) anhand individueller Objekte sowie in Tabellenform dargestellt.

■ Thomas Rattei



Wolfgang Steinicke and Richard Jakiel, Galaxies and How to Observe Them. Springer-Verlag London Limited 2007, ISBN 978-1-85233-752-0, 26,70 €.

Stephen Coe, Nebulae and How to Observe Them. Springer-Verlag London Limited 2007, ISBN 978-1-84628-482-3, 26,70 €.

## Kunstwerk Kosmos

»Kunstwerk Kosmos« – dieser Titel verspricht eindrucksvolle Aufnahmen aus den Tiefen des Alls, Bilder zum Staunen und zur Freude des Betrachters. Nach dem Aufschlagen des Buches wird bereits beim Lesen des Prologs deutlich, dass der Autor mit seinem Buch weitere Ziele verfolgt: Das Buch soll uns das All als Kunstwerk vorstellen und dabei den Schöpfungsgedanken nahe bringen. Es soll die Erweiterung des Weltbilds durch die moderne Forschung darstellen und dabei die »unbeschreibliche Genialität seines Urhebers« dokumentieren.

Die vier Kapitel widmet der Autor verschiedenen Entfernungsbereichen. Er beginnt mit Bildern vom Rand des Kosmos und zeigt das Hubble-Teleskop, die Verteilung der Hintergrundstrahlung und Galaxien. Den Abschluss bildet der Planetarische »Katzenaugen«-Nebel, der zwar aus unserer Perspektive nicht am Rand des Kosmos liegt, aber über den der Autor konstatiert, dessen periodische Gasausstöße und die diametralen Jets seien derzeit unverstanden. Den nächsten Abschnitt bilden Szenen unserer Milchstraße: Der Konus-Nebel als Thron Gottes, Adler-Nebel, Krebs-Nebel, die Spiralgalaxie M 82 (die jedoch nicht in unserer Milchstraße liegt), und verschiedene weitere Objekte. Das neue Bild unserer Planeten folgt im dritten Abschnitt und reicht von Venus bis zu den Saturnmonden. Das vierte und



Dr. Norbert Pailer, Kunstwerk Kosmos. Hängsler Verlag GmbH & Co. KG 2006, ISBN 978-3-7751-4516-8, 12,95 €.

letzte Bildkapitel »Am Morgen der Schöpfung« stellt irdische Aufnahmen der alttestamentarischen Schöpfungsgeschichte gegenüber und versieht wie die anderen Abschnitte des Buches viele der Aufnahmen mit Zitaten oder Bibeltexten. Im Epilog wird der Autor konkret und nimmt Bezug auf das im Prolog definierte Ziel des Buches. Er führt das Weltbild im Unterschied zum Naturbild ein und behauptet, das Naturbild suche nicht Wahrheit, sondern den »nachprüfbareren Weg zu bewährtem Wissen«. Das Weltbild enthalte dagegen Aspekte, die sich im Naturbild nicht ausdrücken lassen. Die Argumentation kommt zu dem Schluss, das Weltbild sei für Menschen wichtiger als das Naturbild. Die logische Nachvollziehbarkeit des Textes fehlt ganz, als die Episode einer Diskussion zur Liebe im Weltbild als Beleg für die emotionale Tiefe des Bekenntnisses im Weltbild herangezogen wird.

Den Schöpfungsgedanken vermittelt der Autor durchweg durch emotionale Argumentation. Seine im Epilog geäußerten Gedanken zum Weltbild und Naturbild bleiben abstrakte Behauptungen und können anhand des Buches nicht nachvollzogen werden. Dadurch reduziert sich der Spielraum für den Leser: Er kann dem Autor vertrauen oder nicht. Art und Inhalt des Buches folgen somit einem Argumentationsweg, der von Anhängern des »Intelligent Design« oder des Kreationismus oft eingeschlagen wird. In einem anderen Buch behauptet derselbe Autor, die Ringsysteme des Sonnensystems seien Kurzzeitphänomene und somit Hinweise darauf, dass die Ringe und ihre Planeten nicht gemäß der kosmologischen Theorie der Planetenbildung entstanden sind, sondern von Gott geschaffen wurden – vor kurzer Zeit (Pailer/Krabbe, Der vermessene Kosmos, S. 127ff.). Eine fundierte Auseinandersetzung mit dem Schöpfungsgedanken braucht mehr als subjektive Behauptungen und emotionale Schlüsse – und somit mehr, als dieses Buch bietet.

■ Thomas Rattei

# Demnächst in interstellarum

## Ein Sonnenteleskop der Extraklasse

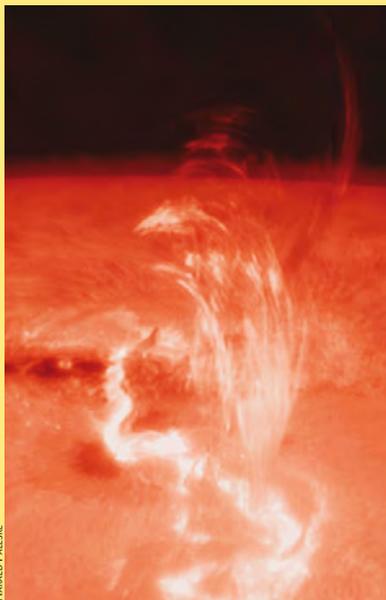
Ein ambitionierter Sonnenbeobachter erfindet einen neuen Teleskoptyp – und zeigt beeindruckende Fotos unseres Sterns.

### Laser, Chesire & Co.

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

### Beobachtungsplätze in Südafrika

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



HARALD PALESKE



BERND FLACH-WILKEN

### Im Reich der Rillen

Mondrillen faszinieren visuelle und fotografische Beobachter. Der Mondspaziergang führt ins Reich der Rillen auf der Mitte der Mondscheibe.

### Die Skynyx CCD-Kameras

Eine neue Generation von CCD-Kameras in der Praxis. Wir analysieren Stärken und Schwächen.

*Heft 53 erscheint am*



ULRICH DITTLER

13.7.2007

## 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 Klingenberg 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 abzuschneiden und diese zu verkleinern/vergrößern, sowie orthografische und sprachliche Korrekturen vorzunehmen. Eingesandte Beiträge werden nicht sinntstellend 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](mailto:werbung@interstellarum.de)

**Inserenten dieser Ausgabe**

APM Telescopes	6	Berlebach Stativtechnik	77	Oculum-Verlag	41
Astronomie.de	37	Fujinon Europe	19	Sahara Sky	74
Astro!Info	27	Intercon Spacetec	4/5	TeleOptic EG	59
Astrocom	U3	Kosmos-Verlag	80	Farm Tivoli	77
Astro-Messe	27	Wolfgang Lille	77	Teleskop-Service	80
Astro-Shop	U2	Meade Instruments	U4	Astro Optik GmbH	26
Astrolumina	54	Gerd Neumann jr.	33	William Optics	63
Astrotreff	76	nimax GmbH	7	Wissenschaft Online	11

**Leserhinweise**

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

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

**Koordinaten:** äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0

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

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

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