

fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur



▲ **Titelbild: Durchgänge von Planeten vor ihren Sonnen** haben nicht nur in unserem Sonnensystem eine Rolle bei dessen Erforschung gespielt, sondern sind auch eine der wesentlichen Methoden, Planeten um andere Sterne zu finden. Diese künstlerische Darstellung zeigt einen Blick auf das Planetensystem von Kepler-10, das nach aktuellem Stand aus den zwei Planeten Kepler-10b und Kepler 10c besteht. *NASA/Ames/JPL-Caltech*

Liebe Leserinnen und Leser,

am 6. Juni sollten Sie sich den Wecker stellen: Am frühen Morgen dieses Tages ist das Ende des letzten Venustransits in diesem Jahrhundert vor der Sonne zu sehen (S. 18). Dieses Ereignis sollten Sie nicht verpassen – wenn Sie mit dem Wetter kein Glück haben, laden wir Sie zu einem Besuch von interstellarum.de ein, wo wir einen Livestream des Durchgangs von einem Standort in den Alpen anbieten werden.

Planetentransite haben in der Geschichte der astronomischen Forschung eine wesentliche Rolle gespielt. Nicht nur waren die Venusdurchgänge im 18. Jahrhundert das Ziel großer Exkursionen, um die Dimensionen des Sonnensystems vermessen zu können, auch heute stehen sie wieder im Mittelpunkt der Forschung: als wesentliche Methode zur Entdeckung von Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. Durch den Vorübergang von Planeten vor ihrem Stern wird deren Licht geschwächt – was selbst Amateure beobachten können. Der bekannte Astronomie-Blogger Florian Freistetter zeigt im Hauptartikel dieser Ausgabe die Bedeutung der Transite (S. 12), während Extrembeobachter Bernd Gährken nachweist, dass sogar mit einem Mini-Teleskop von nur 50mm Öffnung Exoplaneten-Transite zu beobachten sind (S. 40).

Weit über 1000 Downloads hat die neue interstellarum-App für das iPad seit dem Start im Januar erreicht. Getrübt wird die gute Resonanz leider durch Probleme unseres Software-Dienstleisters sowie der Unflexibilität von Apple, die dazu führten, dass die App-Ausgabe parallel zum letzten Heft erst mit großer Verspätung erscheinen konnte. Wir hoffen, dass diese Startschwierigkeiten mit dem Erscheinen der Ausgabe parallel zu diesem Heft ausgeräumt werden können, und laden Sie herzlich ein, sich ein Bild von diesem neuen attraktiven Angebot zu machen – für interstellarum-Abonnenten kostenlos!

Gute Sicht beim Venustransit wünscht

Ihr

Ronald Stoyan



Überwachung der Roten Sonne



Der Venusingring



Transits der anderen Art



Die Fingerabdrücke der Sterne

Hintergrund

- **Hauptartikel**
- 12 Planeten vor ihren Sonnen**
Wie Transite unser Bild des Kosmos verändert haben
- 17 Astro-Wissen:**
Was ist ein Planetenkandidat bei der Kepler-Mission?
- **Schlagzeilen**
- 8 η Carinae – der große Ausbruch von 1843**
- 9 Planck sieht kaltes Gas und diffuse Emission
- 9 Biosignaturen der Erde im aschgrauen Mondlicht
- 10 Raumfahrt aktuell**
Russland rettet ESA-Marsprogramm

Himmel

- **Ereignisse**
- 18 Jahrhundertereignis am frühen Morgen**
Venustransit am 6. Juni
- 19 Mond bedeckt Jupiter am 15. Juli
- 19 Pluto passiert M 25 am 20. Juli
- 19 Abendsichtbarkeit von Merkur

■ **Sonnensystem**

- 22 Sonne aktuell**
Wie geht es weiter?
- 23 Planeten aktuell**
Kleiner Mars ganz groß
- 24 Kometen aktuell**
96P/Machholz – Wiederkehr nach fünf Jahren
- **Sternhimmel**
- 27 Astronomie mit bloßem Auge**
Der Venustransit am 6. Juni
- 27 Astronomie mit dem Fernglas**
Mamajek 2
- 28 Objekt der Saison**
M 10
- 30 Objekt der Saison**
IC 4665
- 31 Veränderlicher aktuell**
T Coronae Borealis

Praxis

- **Sonne**
- 34 Überwachung der Roten Sonne**
Die H α -Relativzahl 2008–2011
- **Planeten**
- 37 Der Venusingring**
Extrembeobachtungen vor und nach dem Venustransit

- **Deep-Sky**
- 40 Transite der anderen Art**
Exoplanetenbeobachtung für Amateure
- 43 100 Quadratgrad Himmel**
Von Albireo südwärts
- 49 Praxis-Wissen:**
Wie kann man Kometen zeichnen?

Technik

- **Test**
- 50 Hochauflösend und ungekühlt**
Die Kameras DFK 51AU02 und DMK 51AU02 von The Imaging Source im Test
- **Astrofotografie**
- 54 Die Fingerabdrücke der Sterne**
Ein Spektralatlas für Amateurastronomen
- **Selbstbau**
- 59 Polsucher passend**
Nachrüstung einer GoTo-Montierung für die Astrofotografie
- 60 Technik-Wissen:**
Wie sauber müssen die Frontlinsen bei Astrofotos sein?

Beobachtungen

- **Rückblick**
- 63 Besondere Bedingungen**
- **First Light**
- 64 Die letzte Chance**
- **Objekte der Saison**
- 66 M 80 / M 62**
- **Galerie**
- 70 Astrofotos unserer Leser**

Service

- **Rezensionen**
- 72 Herschel Objects**
- 72 iPhone-App: Solar Walk
- 72 1001 Wunder des Weltalls
- **Termine**
- 73 Termine für Sternfreunde
- **Nachruf**
- 73 Edgar Mädlow
- **Astro-Markt**
- 74 Gewerbliche Anzeigen
- 1 fokussiert**
- 2 Inhaltsverzeichnis**
- 80 Vorschau, Impressum, Leserhinweise**

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

Planeten vor ihren Sonnen

Wie Transite unser Bild des
Kosmos verändert haben



interstellarum STERNSTUNDE



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

Ausgabe Nr. 9 (11.5.2012)

Hauptthema:

- Video-Animation geostationärer Satelliten; Interview mit Wilfried Bongartz

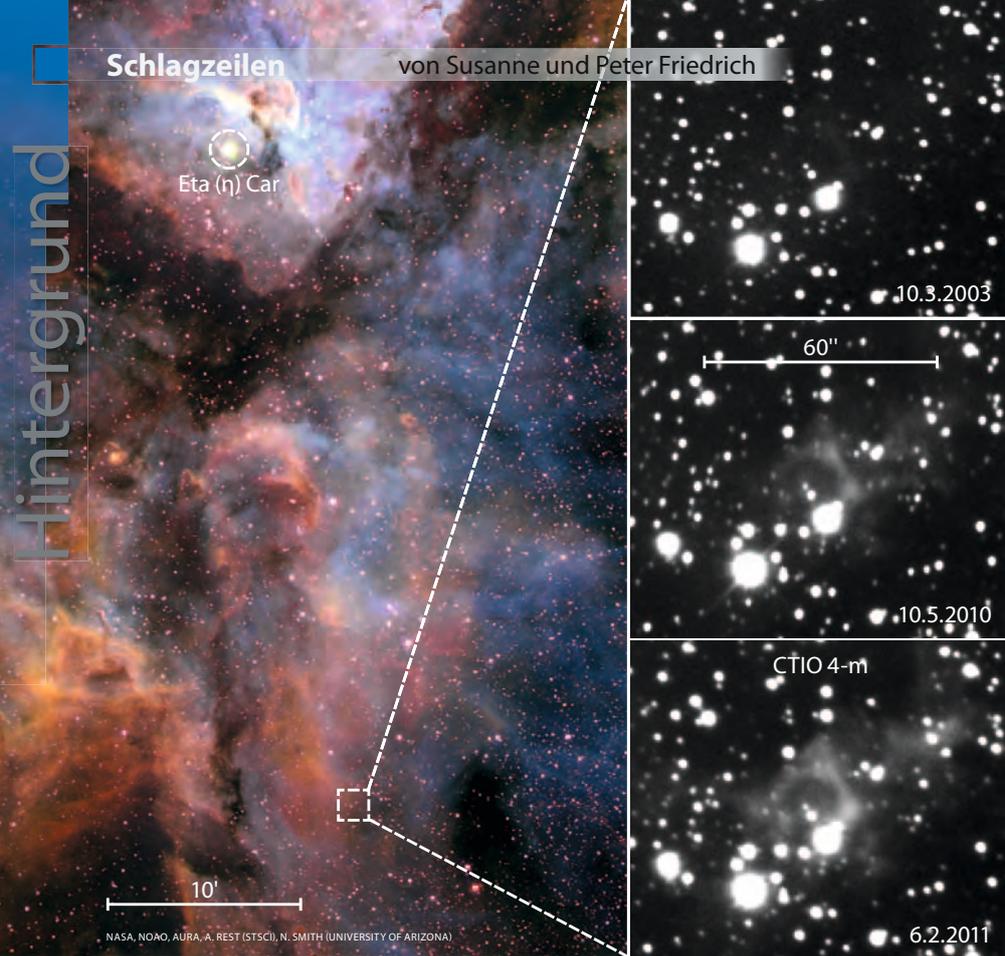
Außerdem:

- Neuigkeiten aus der Forschung in Bild und Ton
- »interstellarum packt aus« mit Frank Gasparini
- Vorschau auf astronomische Ereignisse
- Eingesendete Videos unserer Zuschauer

Hochauflösend & ungekühlt

Die Kameras DFK 51AU02 und DMK 51AU02 von The Imaging Source im Test





▲ Abb. 1: **Lichtechos (rechte Bilder)** von der großen Eruption von η Carinae haben es jetzt ermöglicht, den Ausbruch von 1843 genauer zu untersuchen.

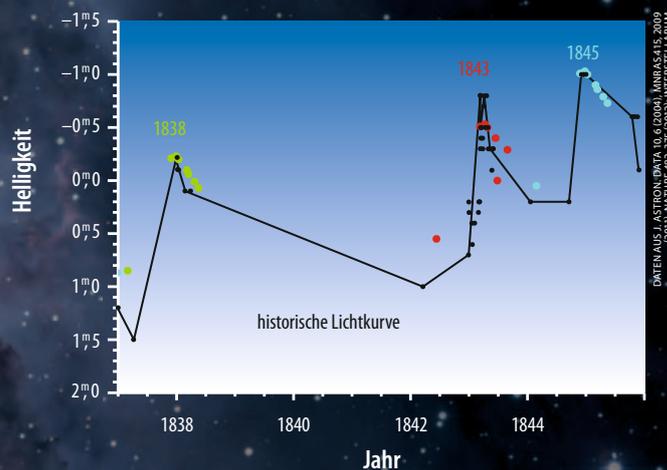
η Carinae – der große Ausbruch von 1843

Lichtechos haben es ermöglicht, eine Eruption von η Carinae im Jahr 1843 genauer zu untersuchen. Bei η Carinae handelt es sich um einen der massereichsten Sterne der Milchstraße, einen Luminous Blue Variable (LBV; vgl. Hauptartikel in interstellarum 76). Er ist eingebettet in einen großen Komplex von Wasserstoffwolken, die die Bezeichnung NGC 3372 tragen. Mitte des 19. Jh. erlebte der Stern einen Helligkeitsausbruch, der ihn zum zweithellsten Objekt des Himmels machte. Solche Ausbrüche sind so selten, dass bisher insgesamt nur zwei in der Milchstraße beobachtet wurden: der von η Carinae und der von P Cygni im 17. Jahrhundert. Weder vom großen Ausbruch von P Cygni noch dem von η Carina, der über zwei Jahrzehnte zwischen 1838–1858 zu beobachten war und sein Maximum 1843 erreichte, gibt es Messungen. Es liegen nur schriftliche

Beschreibungen von Beobachtern und visuelle Helligkeitsschätzungen vor.

Da η Carina und der umgebende Nebel nur 7500Lj entfernt sind, schloss man aus räumlich aufgelösten Messungen, dass bei dem damaligen Ausbruch mehr als zehn Sonnenmassen und etwa 10% der Energie einer Supernova freigesetzt wurden. Man vermutete, dass durch einen Anstieg der Leuchtkraft, dessen Ursache nicht bekannt ist, ein dichter Wind angetrieben wird, der eine optisch dicke Hülle um den Stern produziert. Diese sog. Pseudo-Photosphäre besitzt eine Temperatur von mindestens 7000K und ihr Spektrum gleicht dem eines A- oder F-Überriesen. Dieses Modell wurde durch fotografische Spektrogramme

des schwächeren Ausbruchs um 1890 bestätigt. Ein Teil des Lichtes vom großen Ausbruch hat jedoch einen »Umweg« gemacht, breitete sich zunächst in einer anderen Richtung aus, wurde an Staubwolken gestreut und erreicht jetzt mit 170 Jahren Verspätung die Erde, wo es mit modernsten Kameras und Spektrografen untersucht werden kann. Die gemessene Temperatur der Pseudo-Photosphäre liegt nur bei 5000K und das Spektrum ähnelt einem G2- bis G5-Überriesen. Die Spektren zeigen auch eine große Asymmetrie in den Linien des einfach ionisierten Kalziums im infraroten Spektralbereich, die zu kürzeren Wellenlängen bis zu Geschwindigkeiten von 850km/s hin reicht. Diese Geschwindigkeiten passen besser zu einer Druckwelle, während die aus den Spektrallinien abgeleiteten Expansionsgeschwindigkeiten von etwa 200km/s gut zu den Vorhersagen des bisher favorisierten Wind-Modells passen. Ebenfalls können von dem Wind-Modell nicht die Geschwindigkeiten von 3500km/s – 6000km/s erklärt werden, die man 2008 bei weiter entferntem Material gefunden hat, sowie die daraus resultierende freigesetzte kinetische Energie von 10^{43} J, die doppelt so groß ist, wie früher angenommen. Stattdessen sprechen die Beobachtungen der Lichtechos für eine Explosion. Wahrscheinlich stammen die Lichtechos vom Maximum im Jahr 1843, aber es lässt sich zurzeit noch nicht ausschließen, dass sie von den Maxima aus den Jahren 1838 oder 1845 herrühren. Die weitere Untersuchung der Lichtechos wird es nicht nur ermöglichen zu entscheiden, ob sie wirklich aus dem Jahr 1843 stammen – der Anstieg zum Maximum 1845 müsste sich dann demnächst zeigen – sondern man hofft auch darauf, Licht aus anderen Bereichen der Eruption aufzufangen und so ein komplettes Bild des Ausbruchs zu bekommen. [Nature 482, 375 (2012); Nature 455, 201 (2008); STScI-2012-12]

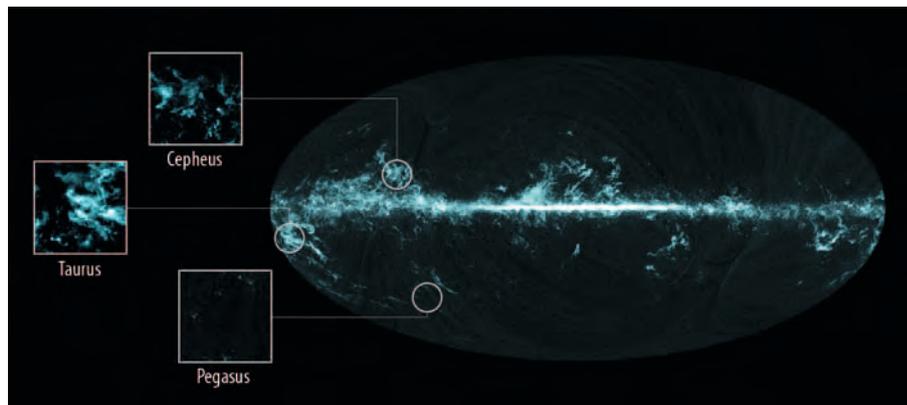


► Abb. 2: **Die historische Lichtkurve** im Vergleich zu den aus den Lichtechos gemessenen Helligkeiten. Die Helligkeiten der Lichtechos wurden so verschoben, dass sie auf die Maxima von 1838, 1843 und 1845 (grün, rot, blau) fallen. Man erkennt die gute Übereinstimmung, die es zurzeit noch nicht erlaubt, zweifelsfrei zu entscheiden, dass die Lichtechos von dem Ausbruch von 1843 stammen.

Planck sieht kaltes Gas und diffuse Emission

Der Satellit Planck der Europäischen Raumfahrtagentur ESA hat bis Januar 2012 die kosmische Hintergrundstrahlung, die Reststrahlung des Urknalls, im Mikrowellenbereich mit bisher nicht erreichter Genauigkeit gemessen. Dazu wurde der gesamte Himmel kontinuierlich durchmustert und neben der Hintergrundstrahlung auch die Strahlung aus der Galaxis dokumentiert. Dies ist notwendig, da zunächst alle Vordergrundquellen verstanden und abgezogen werden müssen, bevor man mit der Untersuchung der Hintergrundstrahlung beginnen kann. Im Zuge dieser Arbeiten wurde jetzt die erste Gesamtkarte des Himmels veröffentlicht, die die Verteilung von Kohlenmonoxid zeigt. Kohlenmonoxid kommt in geringen Mengen in Molekülwolken vor, die hauptsächlich aus molekularem Wasserstoff bestehen, und Geburtsstätte junger Sterne sind. Da molekularer Wasserstoff sich nur schwer nachweisen lässt, Kohlenmonoxid jedoch einige starke Emissionen im Frequenzbereich des High-Frequency-Instruments von Planck besitzt, kann man es benutzen, kalte Molekülwolken aufzuspüren. So wies Planck u.a. CO-Konzentrationen in den Sternbildern Stier, Kepheus und Pegasus nach, letztere war zuvor unbekannt.

Planck entdeckte auch, dass das galaktische Zentrum von einer (in Projektion)



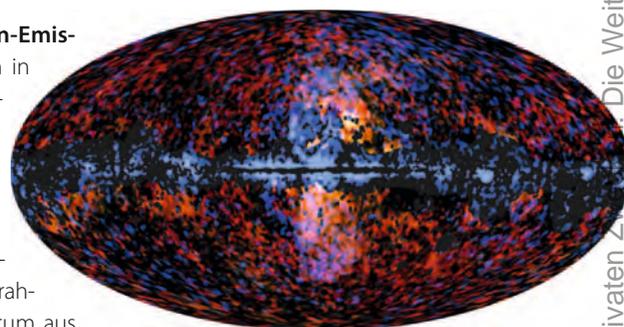
▲ Abb. 1: Die Verteilung des Kohlenmonoxids am Himmel. Kohlenmonoxid gilt als Indikator für Molekülwolken, die überwiegend aus molekularem Wasserstoff bestehen und die Geburtsstätte für neue Sterne sind.

8-förmigen diffusen Wolke umgeben ist, deren Spektrum der Synchrotronstrahlung ähnelt, die man auch an anderen Stellen in der Galaxis findet. Synchrotronstrahlung entsteht immer dann, wenn sich Elektronen in einem Magnetfeld bewegen. Das Spektrum des »galaktischen Dunsts« ist

► Abb. 2: Die diffuse Synchrotron-Emission, die das galaktische Zentrum in Form einer »8« im Mikrowellenbereich umgibt. Der Karte von Planck im Mikrowellenbereich (rot und gelb) ist eine des Fermi Gamma-ray Space Telescopes der NASA (blau) überlagert. Zwei blasenförmige Strukturen dehnen sich auch im Gammastrahlungsbereich vom galaktischen Zentrum aus.

jedoch härter, d.h. seine Intensität nimmt zu höheren Energien nicht so schnell ab wie andere galaktische Synchrotronquellen. [ESA News 13.2.2012; JPL News & Features 2012-40]

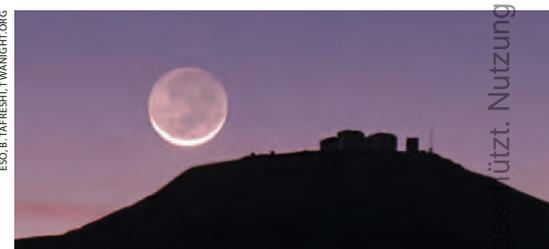
ESA, PLANCK COLLABORATION (MIKROWELLEN); NASA, DOE, FERMI LAT, DOBLER ET AL., SU ET AL. (GAMMASTRAHLUNG)



Biosignaturen der Erde im aschgrauen Mondlicht

Mit einer ungewöhnlichen Methode ist es gelungen, organisches Leben auf der Erde nachzuweisen: durch die Beobachtung des aschgrauen Mondlichts. Ein Teil des Sonnenlichts, mit dem die Erde beleuchtet wird, wird von der Erde zurück ins Weltall reflektiert und trifft auf den Mond. Neben den Spektrallinien der Sonne enthält es jetzt auch die Signaturen der Erdatmosphäre, in der die Linien bestimmter Moleküle enthalten sind, die, wenn sie in bestimmten Verhältnissen auftreten als Biosignaturen, also als Hinweis auf organisches Leben, gelten. Sie sind mit herkömmlichen Methoden schwer nachzuweisen. Untersucht man jedoch nicht nur die Intensität des reflektierten Lichts bei verschiedenen Wellenlängen, sondern auch seine Polarisation, lassen sie sich leichter entdecken. Licht als elektromagnetische Welle besteht aus elektrischen und magnetischen Feldern, die senkrecht

zueinander stehen. Wenn die Orientierung dieser Felder im Licht überall dieselbe ist, spricht man von 100% Polarisation. Ist die Orientierung nur bei einem Teil dieselbe, ist das Licht teilweise polarisiert. Das Licht, das von der Sonne kommt, ist zum überwiegenden Teil unpolarisiert, während das von der Erdatmosphäre und vom Mond reflektierte Licht polarisiert ist. Mit einem passenden Polarisationsfilter lässt sich also der von der Erdatmosphäre reflektierte Anteil mit den Biosignaturen herausfiltern. Diese Methode lässt sich ebenfalls auf das von einem extrasolaren Planeten reflektierte Licht seines Zentralgestirns anwenden, um in der Exoplaneten-Atmosphäre nach den uns bekannten Signaturen einfachen, auf Photosynthese beruhenden Lebens zu suchen. Die Untersuchung des aschgrauen Mondlichts dient dabei sozusagen als Laborexperiment. [ESO Science Release eso1210]



▲ Im aschgrauen Mondlicht, hier über dem Observatorium des European Southern Observatory auf dem Paranal, das nichts anderes als von der Erde reflektiertes Sonnenlicht ist, verbergen sich die Signaturen organischen Lebens auf der Erde – genauso wie Biosignaturen im reflektierten Sternlicht von extrasolaren Planeten enthalten sein können.

Surftipps

Planck (ESA):

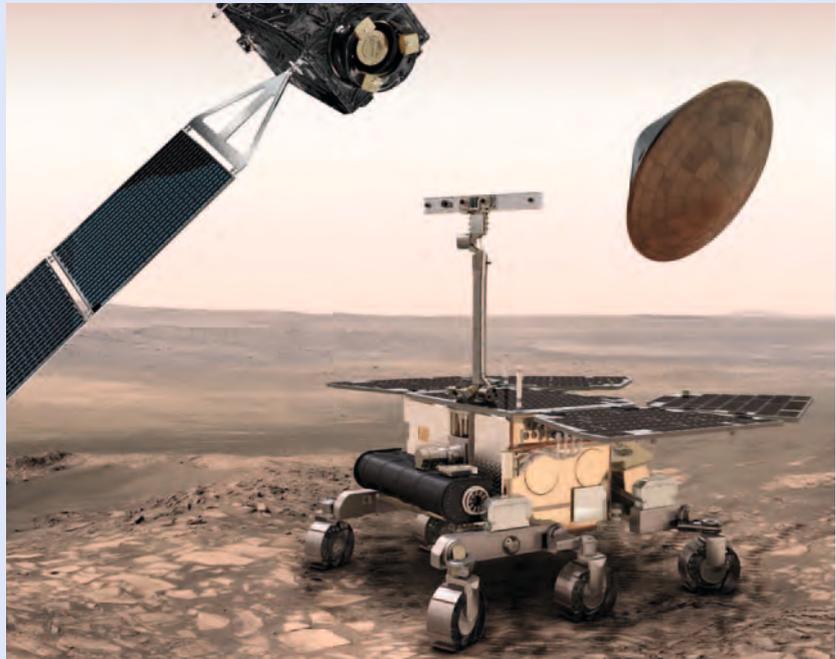
www.esa.int/SPECIALS/Planck/index.html

η Carinae (AAVSO):

www.aavso.org/vsots_etacar

Raumfahrt aktuell

Russland rettet ESA-Marsprogramm



▲ **Konzept für den ExoMars-Orbiter** und Lande-Demonstrator von 2016 und den Rover von 2018. Letzterer ist nach dem Ausstieg der NASA wieder ein reines ESA-Projekt geworden.

Die letzte russische Mission zum Roten Planeten war ein totaler Fehlschlag, nicht einmal den Erdorbit hat Fobos-Grunt Richtung Mars verlassen – aber nun wird Russland voraussichtlich das ambitionierte Marsforschungsprogramm der (west-)europäischen Weltraumbehörde ESA retten. Dieses integrierte ExoMars-Unternehmen, bestehend aus einem Orbiter mit Start 2016 und einem komplizierten Rover 2018, war seit 2009 und noch bis diesen Februar ein gemeinsames Projekt von ESA und NASA gewesen, doch die US-Behörde hatte sich plötzlich zurückgezogen: Der eigene Anteil war zu einem Großunternehmen der »Flagship«-Klasse gewachsen, und das passte schlicht nicht mehr in den wissenschaftlichen Teil des NASA-Haushalts. Während die USA nun an einer neuen preiswerteren Mars-Strategie basteln, um die besonders günstigen Startfenster 2018 und 2020 nicht zu verpassen, fällt Russland eine Schlüsselrolle bei beiden Teilen von ExoMars zu: Beiden Missionen werden Proton-Raketen gestellt, als Ersatz für die Atlas-Beistellung der USA, und Russland liefert mehrere Instrumente und Hardware für die Landung 2018. Schon seit Jahren war klar, dass ExoMars nur mit internationalen Beiträgen realisierbar sein würde, und nun scheinen erst einmal die akuten Finanzsorgen beseitigt. Insbesondere kann jetzt der 2016 zu startende Orbiter gerade noch rechtzeitig fertig gebaut werden, wie der ESA-Rat am 15. März konstatieren konnte: Mit neuartigen Instrumenten soll er nach Spurengasen in der Marsatmosphäre suchen und später als Funkrelais für den Rover dienen. Und selbst eine Erprobung von Landetechnologie – für die europäischen Raumfahrer weitgehend Neuland – ist im Rahmen der 2016 startenden Mission nun wieder geplant, jetzt allerdings weitgehend unter russischer Regie. Langfristig ist ExoMars indes immer noch nicht in trockenen Tüchern: In der neuen Konfiguration kostet das Gesamtunternehmen die ESA etwa 1,2 Mrd. Euro, aber nur 850 Mio. Euro haben die Mitgliedsstaaten für dieses freiwillige Projekt außerhalb des wissenschaftlichen Pflichtprogramms

bisher zugesagt. Ein späterer teilweiser Wiedereinstieg der NASA bei der 2018 startenden Mission, vom dem manche in der ESA träumen, käme da sehr gelegen.

Surftipp

ExoMars-Homepage:
exploration.esa.int

■ Daniel Fischer

Planeten vor ihren Sonnen

Wie Transite unser Bild des Kosmos verändert haben

VON FLORIAN FREISTETTER

Am 6. Juni 2012 können wir beobachten, wie die Venus genau vor der Sonnenscheibe vorüber zieht. Jahrhunderte lang war dieses seltene Ereignis eines der für die Wissenschaft herausragenden Momente, denn seine genaue Beobachtung diente der Verbesserung des Wissens über die Dimensionen des Sonnensystems. Und auch heute sind Transitbeobachtungen mit aktueller astronomischer Erkenntnisgewinnung verknüpft, jedoch in einem anderen Maßstab: ihre indirekte Beobachtung dient dazu, extrasolare Planetensysteme zu entdecken und zu studieren.

◀ Abb. 1: **Durchgänge eines Planeten vor seinem Stern** haben in der Geschichte der Astronomie eine besondere Rolle gespielt. Im 18. Jahrhundert konnte man mithilfe der Venustransite die Dimensionen des Sonnensystems bestimmen. Heute dienen Transite bei fernen Sternen dazu, Planeten jenseits des Sonnensystems aufzuspüren.

Die Größe des Sonnensystems

Anfang des 18. Jahrhunderts stellte der britische Astronom Edmond Halley fest, dass die Beobachtung eines Venustransits dazu verwendet werden kann, die absoluten Entfernungen im Sonnensystem zu berechnen. Man wusste damals zwar, dass die Planeten in unterschiedlichen Abständen um die Sonne kreisen und kannte die Kepler'schen Gesetze bzw. Newtons Gravitationsgesetz. Ebenso bekannt waren die relativen Entfernungen zwischen den Planeten: Jupiter war ungefähr fünfmal so weit von der Sonne entfernt wie die Erde, Saturn war etwa doppelt so weit entfernt wie Jupiter, usw. Es war den Astronomen damals aber nicht möglich, auch absolute Entfernungsangaben zu machen. Halley schlug vor, den Transit der Venus von verschiedenen Punkten der Erde aus zu beobachten. Die Astronomen sollten so exakt wie möglich den Zeitpunkt bestimmen, zu dem die Venus vor der Sonnenscheibe auftaucht. Beobachter an unterschiedlichen Orten werden unterschiedliche Zeiten messen, da jeder die Venus aus einem unterschiedlichen Blickwinkel sieht. Kennt man nun noch den Abstand zwischen den Beobachtungsorten, folgt mit einigen weiteren

trigonometrischen Berechnungen daraus der Abstand zwischen Venus und Erde. Damit können die relativen Entfernungen des Sonnensystems in absolute Werte umgerechnet werden (vgl. S. 13).

Beim Venustransit des Jahres 1761 sollte dieser Plan umgesetzt werden, die Ergebnisse waren aber nicht zufriedenstellend, die Messungen zu ungenau. Erst acht Jahre später beim Durchgang von 1769 gelang es durch Beobachtungen, die überall auf der Erde durchgeführt wurden, die Entfernung zwischen der Erde und der Sonne zu bestimmen: etwa 152,5 Millionen Kilometer. Heute benutzen die Astronomen Radarmessungen und können den mittleren Abstand zwischen Sonne und Erde viel genauer berechnen (es sind 149,6 Millionen Kilometer). Trotzdem haben Transite nichts von ihrer Bedeutung verloren. Der Fokus der Wissenschaftler hat sich nur ein wenig verschoben. Anstatt auf unser eigenes Sonnensystem blicken sie mittlerweile auf die fernen extrasolaren Planetensysteme.

Die Suche nach fernen Planeten

Bei der Entdeckung der ersten extrasolaren Planeten spielten Transite allerdings noch keine Rolle. Man fand sie mit der so

genannten »Radialgeschwindigkeitsmethode« (vgl. S. 16) – 1995 wurde der erste Planet auf diese Weise entdeckt. Aber schon wenige Jahre später waren die Instrumente der Astronomen gut genug, um auch die winzigen Helligkeitsschwankungen messen zu können, die auftreten, wenn von uns aus gesehen ein Planet vor seinem Stern vorüberzieht. Im Jahr 1999 entdeckte man, dass das Licht des Sterns HD 209458 alle dreieinhalb Tage um knapp 1,5% schwächer wurde. Man hatte den ersten extrasolaren Transit beobachtet! In den folgenden Jahren blieb allerdings die Radialgeschwindigkeitsmethode der erfolgreichste Weg, um extrasolare Planeten zu entdecken. Das änderte sich erst, als man die Suche vom Erdboden in den Weltraum verlagerte.

CoRoT und Kepler: Planetensucher im All

Transitbeobachtungen sind eine ideale Aufgabe für Weltraumteleskope. Man muss dafür nur die Helligkeitsschwankungen eines Sterns messen und das so genau wie möglich. Das geht im Weltraum natürlich leichter als vom Erdboden aus, wo die störende Atmosphäre im Weg steht. Am 27. Dezember 2006 brachte eine Rakete das

Weltraumteleskop CoRoT in eine Umlaufbahn um die Erde. Die französische Raumfahrtbehörde CNES betreibt es gemeinsam mit der europäischen Weltraumagentur ESA. Der Name steht für »CONvection, ROTation et Transits planétaires«, denn neben der Suche nach Transiten von extrasolaren Planeten soll das Teleskop durch die Messung der Helligkeitsschwankungen der Sterne auch mehr über ihre inneren Eigenschaften herausfinden (»Asteroseismologie«). Etwas mehr als zwei Jahre später, am 27. März 2009, brachte auch die amerikanische Weltraumbehörde NASA ein Teleskop ins All, das nach extrasolaren Transiten suchen soll: Kepler. Seitdem haben CoRoT und Kepler unser Verständnis der extrasolaren Planeten in einem Ausmaß erweitert, das man fast schon revolutionär nennen kann.

CoRoT hat bis heute 22 neue Planeten entdeckt, bei Kepler sind es 61. Das mag angesichts der fast 800 Planeten, die insgesamt schon bekannt sind, nach wenig klingen. In Keplers Datenbanken warten aber noch 2321 Kandidaten auf weitere Analysen und die Bestätigung, dass es sich dabei tatsächlich um Planeten handelt. CoRoT veröffentlichte bis jetzt keine Zahlen über die Planetenkandidaten, es dürfte sich aber um eine vergleichbare Menge handeln. Berücksichtigt man, dass Kepler nur einen winzigen Teil des Himmels beobachtet hat, dann zeigen schon diese vorläufigen Ergebnisse, dass extrasolare Planeten keine Seltenheit sind, sondern sehr häufig. Die Astronomen hatten zwar auch vorher schon vermutet, dass unser Sonnensystem kein kosmischer Spezialfall ist und Planetensysteme bei anderen Sternen vermutlich eher die Regel sind als die Ausnahme. Bis jetzt war man allerdings nicht in der Lage, das auch durch Beobachtungsdaten ausreichend zu untermauern. Kepler hatte nun gezeigt, dass es dort draußen noch sehr viele weitere Planeten zu entdecken gibt.

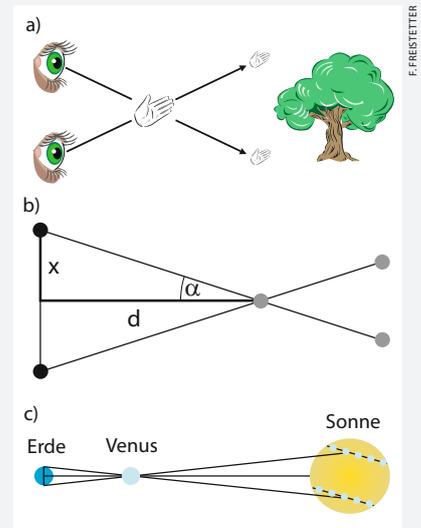
Ein Himmel voller Planeten

Unterstützt werden Keplers Resultate von Beobachtungsdaten, die bei der Suche nach Gravitationslinseneffekten gewonnen wurden. Man könnte sie ebenfalls als eine Art Transit bezeichnen; nur ist man hier nicht auf der Suche nach Sternlicht, das durch den Durchgang eines Planeten dunkler wird, sondern sucht Sterne, die plötzlich heller werden (vgl. S. 16). Diesen Effekt haben Astronomen auf zwei verschiedene Arten ausgenutzt. Zuerst haben sie damit nach so genannten »free-floating planets« gesucht. Dabei handelt es sich um Planeten, die nicht an einen Stern gebunden sind. Während der turbulenten Zeit der Planetenentstehung

Bestimmung der Astronomischen Einheit bei einem Venustransit

Der Schlüssel zu dieser Methode ist die Parallaxe, also die scheinbare Positionsveränderung eines Objekts, die auftritt, wenn man es aus verschiedenen Positionen betrachtet. Das kann man leicht selbst ausprobieren. Streckt man die Hand aus und betrachtet den Daumen abwechselnd mit dem linken und dem rechten Auge, scheint er hin und her zu springen (a). Zeichnet man nun die unterschiedliche Position des Daumens vor dem Hintergrund auf und kennt man den Abstand zwischen den beiden Augen, dann kann man mit ein wenig grundlegender Trigonometrie die Entfernung zwischen Augen und Objekt berechnen. Dazu bestimmt man einfach den Winkel zwischen den beiden Sichtlinien. Aus dem rechtwinkligen Dreieck, das sich zwischen Beobachter und Objekt aufspannt (b), kann man mit der Formel $\tan \alpha = x/d$ die Entfernung d zwischen Beobachter und Objekt berechnen.

Dieses Prinzip lässt sich auch bei einem Venustransit anwenden: Von unterschiedlichen Orten der Erde aus gesehen, erscheint der Transit an unterschiedlichen Positionen vor der Sonnenscheibe und findet zu leicht unterschiedlichen Zeiten statt (c). Wenn unterschiedliche Beobachter den Transit genau vermessen, lässt sich daraus der Winkel berechnen, unter dem man auf die Venus blickt. Im Gegensatz zum simplen geometrischen Fall in (b) müssen hier zwar noch einige physikalische und optische Effekte berücksichtigt werden (z.B. die Brechung des Lichts in der



▲ Das Parallaxenprinzip.

- Schematische Darstellung der Parallaxe beim Betrachten des Daumens mit unterschiedlichen Augen.
- Geometrische Darstellung zur Berechnung der Entfernung.
- Schematische Darstellung des Parallaxeneffekts bei einem Venustransit.

Erdatmosphäre, die Rotation der Erde, die Schiefe der Erdachse oder die unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten von Erde und Venus), das Prinzip der Parallaxe funktioniert aber genauso und man kann den absoluten Abstand zwischen Erde und Venus berechnen. Mit den aus den Kepler'schen Gesetzen bekannten relativen Distanzen zwischen den Planeten ist nun die Astronomische Einheit und jeder andere absolute Abstand im Sonnensystem bekannt.

können Protoplaneten einander sehr nahe kommen (oder gar miteinander kollidieren). Dabei können Planeten aus ihrem System in den interstellaren Raum geworfen werden. Man kann sie mit Teleskopen nicht direkt sehen, dafür sind sie viel zu klein und zu dunkel. Aber wenn sie von uns aus gesehen genau vor einem Stern vorbeiziehen, können sie einen Gravitationslinseneffekt verursachen und sich dadurch verraten. Im Mai 2011 präsentierten die beiden Suchprogramme OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment) und MOA (Microlensing Observations in Astrophysics) ihre gemeinsam gewonnenen Daten. Ausgehend von den von ihnen entdeckten Gravitationslinseneffekten haben sie eine Hochrechnung erstellt: Demnach gibt es allein in unserer

Milchstraße bis zu 400 Milliarden ungebundener Planeten! Die Zahl der vagabundierenden Planeten übersteigt also die Zahl der Sterne in unserer Galaxis [3]!

Im Januar 2012 veröffentlichte OGLE neue Daten. Diesmal hat man nicht nach frei fliegenden Planeten gesucht, sondern nach normalen, an Sterne gebundene Begleiter. Auch diese verraten sich durch den Gravitationslinseneffekt und erzeugen einen charakteristischen Helligkeitsanstieg. Ausgehend von den beobachteten Ereignissen zeigt die Hochrechnung, dass jeder Stern in unserer Milchstraße im Durchschnitt von ein bis zwei Planeten umkreist wird! 62% aller Sterne haben eine so genannte »Super-Erde«, also einen Planeten von etwa der fünf- bis zehnfachen Masse



▲ Abb. 2: Zwei der Planeten des Kepler-20-Systems erinnern in ihrer Größe an Venus und Erde.

der Erde. Bei dieser Statistik wurden aber nur Planeten berücksichtigt, die sich relativ nahe an ihren Sternen befanden, weiter entfernte Objekte können mit den aktuellen Instrumenten noch nicht detektiert werden. Hätte OGLE mit dieser Methode unser Sonnensystem unter die Lupe genommen, dann hätte man beispielsweise Neptun und Uranus übersehen. Die tatsächliche Anzahl an Planeten in der Milchstraße könnte also noch höher liegen [4].

Die Ergebnisse von Kepler, CoRoT und OGLE haben klar und deutlich bestätigt, dass Planeten ebenso wie Sterne zum Standardinventar des Universums gehören. Die acht Planeten unseres Sonnensystems sind keine Ausnahme. Planeten gibt es überall. Und das in gewaltiger Vielfalt!

Die Suche nach der zweiten Erde

Anfangs war die Art der Planeten, die von den Astronomen entdeckt wurde, noch durch die Genauigkeit der Instrumente

begrenzt. Mit der Radialgeschwindigkeitsmethode lassen sich Planeten dann am einfachsten finden, wenn sie sehr groß und sehr nahe an ihrem Stern sind. Die ersten entdeckten Planeten stellten sich auch als genau diese Art von Himmelskörper heraus. Es waren riesige Gasplaneten, größer als Jupiter und sie umkreisten ihre Sterne teilweise enger, als es Merkur in unserem Sonnensystem tut. Diese so genannten »Hot Jupiters« stellten eine völlig neue Klasse von Planeten dar. Erst als die Instrumente der Astronomen immer genauer wurden, war es möglich, auch vertrautere kleinere Planeten in größeren Abständen von ihren Sternen zu entdecken. Die Wissenschaftler und besonders die Öffentlichkeit waren nun sehr daran interessiert, einen Planeten zu finden, der der Erde ähnelte, also keinen großen Gasplaneten ohne feste Oberfläche, sondern einen kleinen, felsigen Himmelskörper. Das gelang das erste Mal im Februar 2009: Das Weltraumteleskop CoRoT beobachtete den Transit eines Planeten mit etwa dem 1,5-fachen Radius der Erde. Einen kleineren Planeten hatte man bis dahin

noch nicht gefunden! Anfangs war es schwer, auch die Masse des Planeten zu messen. Verschiedene Beobachtungsteams gelangten zu verschiedenen Ergebnissen, die weit auseinander lagen. Manche Astronomen behaupteten, der Planet wäre nur doppelt so schwer wie die Erde, manche meinten dagegen, eine knapp zehnfache Erdmasse gemessen zu haben. Das Problem bei der Messung war der Stern: CoRoT-7. Er gehört zu den aktiveren Sternen und seine Aktivität wirkt sich auf die Messung der Radialgeschwindigkeit aus, mit der man die Masse bestimmen kann. Auch die Existenz eines erst später entdeckten zweiten Planeten, der den Stern umkreist, hat die Interpretation der Beobachtungsergebnisse erschwert. Im Mai 2011 wurden die gesammelten Beobachtungen unter Berücksichtigung der Sternaktivität noch einmal analysiert. Es zeigte sich, dass der Planet etwa siebenmal schwerer war als unsere Erde. Seine Dichte war also viel zu hoch, es konnte kein Gasplanet sein, sondern es musste sich tatsächlich um einen felsigen Planeten mit fester Oberfläche handeln. Wirklich erdähnliche Bedingungen herrschen dort aber nicht. Der Himmelskörper ist seinem Stern so nahe, dass auf seiner Oberfläche Temperaturen von fast 1000°C herrschen. Die Entdeckung dieses Planeten – er trägt den Namen CoRoT-7b – war nur der erste Schritt auf dem Weg zur Suche nach der »zweiten Erde«. Die Suche dauert immer noch an, aber man ist dem Ziel schon sehr nahe gekommen.

Prominente Exoplaneten							
Stern	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Planet	Masse	Abstand	Jahr der Entdeckung
HD 209458	22 ^h 3 ^m 10 ^s	+18° 53' 4"	7 ^m 65	HD 209458 b	0,71M _{Jup}	0,05AE	1999
HD 189733	20 ^h 0 ^m 44 ^s	+22° 42' 39"	7 ^m 67	HD 189733 b	1,15M _{Jup}	0,03AE	2005
β Pictoris	5 ^h 47 ^m 17 ^s	-51° 3' 59"	3 ^m 86	β Pictoris b	8M _{Jup}	8,5AE	2008
CoRoT-7	6 ^h 43 ^m 49 ^s	-1° 03' 46"	11 ^m 7	CoRoT-7b	0,02M _{Jup}	0,02AE	2009
				CoRoT-7c	0,03M _{Jup}	0,05AE	2009
Kepler-16(AB)	19 ^h 16 ^m 18 ^s	+51° 45' 27"	12 ^m	Kepler-16(AB) b	0,33M _{Jup}	0,7AE	2011
Kepler-20	19 ^h 10 ^m 48 ^s	+42° 20' 19"	12 ^m 5	Kepler-20b	0,03M _{Jup}	0,05AE	2011
				Kepler-20c	0,05M _{Jup}	0,09AE	2011
				Kepler-20d	0,06M _{Jup}	0,35AE	2011
				Kepler-20e	<0,01M _{Jup}	0,05AE	2011
				Kepler-20f	0,05M _{Jup}	0,11AE	2011
Kepler-22	19 ^h 16 ^m 52 ^s	+47° 53' 4"	12 ^m	Kepler 22b	<0,11M _{Jup}	0,85AE	2011
Kepler-34(AB)	19 ^h 45 ^m 45 ^s	+44° 38' 30"	15 ^m	Kepler-34(AB) b	0,22M _{Jup}	1,09AE	2012
Kepler-35(AB)	19 ^h 37 ^m 59 ^s	+46° 41' 24"	16 ^m	Kepler 35(AB) b	0,13M _{Jup}	0,6AE	2012

Wirklich erdähnliche Bedingungen herrschen dort aber nicht. Der Himmelskörper ist seinem Stern so nahe, dass auf seiner Oberfläche Temperaturen von fast 1000°C herrschen. Die Entdeckung dieses Planeten – er trägt den Namen CoRoT-7b – war nur der erste Schritt auf dem Weg zur Suche nach der »zweiten Erde«. Die Suche dauert immer noch an, aber man ist dem Ziel schon sehr nahe gekommen.

Kepler-20: Zwilling des Sonnensystems?

Im Dezember 2011 verkündeten die Astronomen des Kepler-Projekts die

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

Entdeckung eines kleinen Planeten in der »habitablen Zone« seines Sterns. Das ist der Bereich um einen Stern, in dem sich ein Planet befinden muss, damit dort Wasser in flüssiger Form existieren kann. Ist er zu nahe, ist es zu heiß und das Wasser verdampft; ist er zu weit weg, gefriert es. Nur in der habitablen Zone kann ein Planet mit Bedingungen wie auf der Erde existieren. Der von Kepler gefundene Planet – Kepler-22b – ist zwar klein, mit dem 2,4-fachen Erdradius aber deutlich größer als die Erde. Da man seine Masse noch nicht genau kennt, lässt sich auch nicht ausschließen, dass er vielleicht deutlich schwerer ist und anstatt der Erde eher dem Neptun oder dem Uranus ähnelt. Schon wenige Wochen später stellte das Kepler-Team die nächste große Entdeckung vor: Das Planetensystem des Sterns Kepler-20 besteht aus gleich fünf Planeten, von denen einer so groß wie die Erde ist, und ein zweiter so groß wie die Venus [6].

Die Technik der Astronomen ist nun also so weit, dass man damit auch Planeten finden kann, die kleiner als unsere Erde sind. Die Analyse der mehr als 2000 Planetenkandidaten, die Kepler bisher gefunden hat, zeigt, dass extrasolare Planeten in allen Größen vorkommen. So wie das Spektrum in unserem Sonnensystem vom kleinen Merkur bis zum großen Jupiter reicht, tut es das auch bei den extrasolaren Planeten. Kepler bestätigte außerdem, dass Planeten auch in für uns exotischen Systemen existieren können. Unsere Sonne ist ein Einzelstern, aber bei der Mehrheit der Sterne in der Milchstraße handelt es sich um Doppel- oder Mehrfachsysteme. Schon Ende der 1990er Jahre entdeckte man in solchen Doppelsternsystemen Planeten, die einen der beiden Sterne umkreisen. Im September 2011 zeigte Kepler erstmals, dass es auch Planeten gibt, die außen um beide Sterne herum kreisen: Der Planet Kepler-16b ist so schwer wie Saturn und bewegt sich um ein enges Doppelsternsystem. Im Januar 2012 wurde die Entdeckung zweier weiterer Systeme dieser Art bekannt gegeben: Kepler 34 und Kepler 35. In beiden Systemen wird ein Doppelstern von einem Planet umkreist [7].

Immer mehr Supererden

In den letzten Jahren hat sich unser Wissen über die Exoplaneten fundamental verändert. Man weiß nun nicht mehr nur, dass es auch bei anderen Sternen Planeten gibt, sondern auch, dass Planeten häufig sind und unsere Milchstraße voll von ihnen ist: Planetensysteme sind die Regel und nicht die Ausnahme. Die Forscher haben außerdem gezeigt, dass die extrasolaren Planeten



▲ Abb. 3: Die Kameras des Exoplanetensuchers Kepler setzen sich aus 42 CCD-Elementen mit je 25mm x 50mm und 1024x2200 Pixeln zusammen. Insgesamt ergeben sich so 95 Megapixel.

genauso facettenreich sind wie die Planeten in unserem Sonnensystem. Es gibt große Gasriesen, kleine erdähnliche Planeten und alle Zwischenstufen. Es gibt extrasolare Planetensysteme, die unserem Sonnensystem ähneln, und solche, die vollkommen anders sind. Und es ist nun nur noch eine Frage der Zeit und keine Frage der Technik mehr, bis man das erste Mal einen Planeten finden wird, der die gleichen Voraussetzungen für Leben bietet wie unsere Erde. Dass sich die Wissenschaftler auf dem richtigen Weg befinden, zeigt auch eine genaue Analyse der Planetenkandidaten, die Kepler gefunden hat: Vergleicht man den aktuellen Katalog mit dem alten Katalog, der im Februar 2011 veröffentlicht wurde, dann hat sich die Zahl der Planeten mehr als verdoppelt. Vor allem bei den kleineren Planeten gab es überdurchschnittliche Zuwächse: 2011 kannte man nur 50 erdähnliche Planeten mit einem Radius, der kleiner als 1,25 Erdradien ist. Jetzt sind es 246! Der alte Katalog enthielt 260 so genannte »Super-Erden«, also Planeten, deren Radius zwischen dem 1,25-fachen und dem 2-fachen des Erdradius liegt. Im neuen Katalog sind gleich 416 neue Himmelskörper aus dieser Gruppe dazu gekommen. Die Zahl der erdähnlichen Planeten bzw. der Super-Erden zusammengenommen ist im neuen Katalog um 197% angestiegen. Die Zahl der größeren Planeten dagegen ist nur um 52% gewachsen. Ein ähnliches Muster zeichnet sich ab, wenn man die Umlaufzeiten der Planeten betrachtet. Naturgemäß lässt sich ein Transit leichter beobachten, wenn der Planet sich sehr nahe am Stern befindet und ihn schnell umkreist. Trotzdem ist die Zahl der Planeten mit Umlaufperioden von mehr als 50 Tagen im neuen Katalog um 123% gewachsen, die der Planeten mit einer Umlaufzeit von weniger als 50 Tagen dagegen nur um 85%. Je mehr Daten Kepler

veröffentlicht, desto mehr kleine erdähnliche Planeten beziehungsweise Super-Erden tauchen auf. Die kleinen Himmelskörper scheinen die planetare Population zu dominieren. Mit jedem neuen Katalog steigt auch die Zahl der Planeten mit langen Umlaufperioden. Es ist also auch nur noch eine Frage der Zeit, bis der erste Planet auftaucht, der so klein ist wie unsere Erde, der einen sonnenähnlichen Stern umkreist und dafür ungefähr ein Jahr braucht. Er befindet sich dann in der habitablen Zone des Sterns und theoretisch könnte es auf ihm Leben geben.

Venus und die Exoplaneten

Um aber tatsächlich bestätigen zu können, dass so ein Planet auch eine erdähnliche Atmosphäre hat, braucht es noch mehr Informationen. Dafür reichen die indirekten Beobachtungsmethoden, die derzeit eingesetzt werden, nicht aus. Man benötigt neue Techniken – und der Venustransit im Juni könnte den Astronomen dabei helfen, sie zu lernen [8].

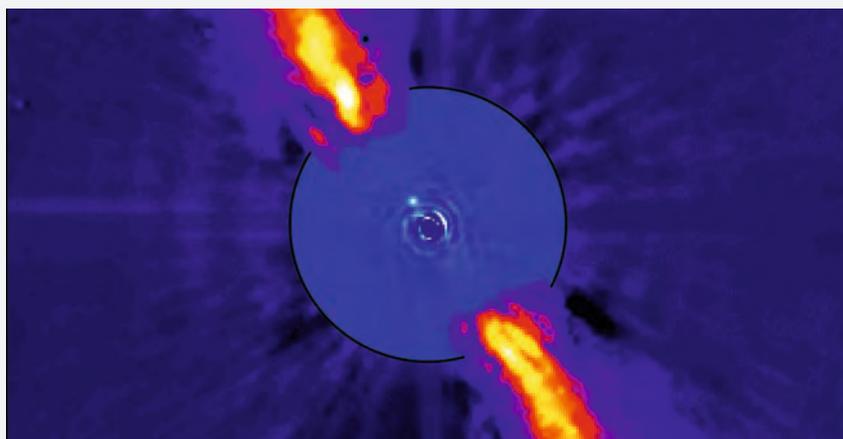
Um die Atmosphäre eines Planeten zu analysieren gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder die Astronomen beobachten das vom Planeten reflektierte Licht direkt. Das ist enorm schwer, da ein Planet im Vergleich zum Stern sehr schwach leuchtet und komplett überstrahlt wird. Diese direkte Beobachtung von Exoplaneten ist bis jetzt nur in wenigen Fällen gelungen. Die zweite Möglichkeit besteht darin, ein Sternspektrum während eines Planetentransits aufzunehmen. Es enthält dann auch das Spektrum der Planetenatmosphäre, die während des Transits vom Sternlicht durchleuchtet wird. Zieht man nun von diesem »Transitspektrum« ein Spektrum ab, das außerhalb des Transits gemacht wurde, erhält man als Ergebnis Veränderungen im Spektrum, die von der

Wie werden Exoplaneten entdeckt?

Extrasolare Planeten wurden bis jetzt so gut wie immer mit indirekten Beobachtungsmethoden gefunden. Man macht sich hierbei die verschiedenen Effekte zu Nutze, die der Einfluss eines Planeten auf seinen Stern erzeugt. Bei der so genannten Radialgeschwindigkeitsmethode beobachten die Astronomen das Spektrum eines Sterns und untersuchen, ob es sich im Laufe der Zeit ändert. Wenn ein Planet den Stern umkreist, bringt dessen Anziehungskraft ihn ein klein wenig zum »Wackeln«. Denn nicht nur der Planet bewegt sich, auch der Stern führt eine kleine Bewegung um den gemeinsamen Massenschwerpunkt aus. Von der Erde aus gesehen bewegt er sich also in periodischen Abständen immer ein kleines Stückchen auf uns zu und dann wieder von uns weg. Das führt dazu, dass sich auch die Linien in seinem Spektrum periodisch zu kürzeren bzw. größeren Wellenlängen verschieben – genauso wie Schallwellen ihre Frequenz ändern, wenn sich die Quelle bewegt (ein Effekt, den jeder von vorbeifahrenden Einsatzfahrzeugen kennt). Periode und Stärke der Verschiebung im Spektrum geben Aufschluss über die Masse und die Bahn des Planeten.

Mit dieser Methode wurden bisher die meisten Planeten entdeckt. Mittlerweile wird die Transitmethode aber immer erfolgreicher. Hier beobachtet man das Licht eines Sterns und versucht, periodische

Planetenatmosphäre herrühren. Je nachdem aus welchen Elementen die Atmosphäre zusammengesetzt ist, werden aus diesem Licht dann verschiedene Anteile herausgefiltert. Eine Spektralanalyse erlaubt es den Astronomen so, die Bestandteile der planetaren Atmosphäre zu bestimmen. Damit das gut funktioniert, benötigen die Wissenschaftler aber ausreichend genaue Modelle, die ihnen sagen, wie sich verschiedene Atmosphären verhalten und welche beobachtbaren Effekte sie erzeugen. Das in der Atmosphäre gestreute Licht verhält sich zum Beispiel unterschiedlich, je nachdem, ob es dort viel Nebel und viele Wolken gibt oder ob klarer Himmel herrscht. Um die Modelle zu entwickeln und zu testen, braucht man verlässliche Daten. Am besten probiert man sie bei einem Planeten aus, dessen Atmosphäre man schon gut kennt – ein Planet wie die Venus. Venus wurde schon von Raumsonden besucht und man weiß, wie sich die Atmosphäre dort zusammensetzt. Wenn am 6. Juni der



▲ **Der direkt beobachtete Planet des Sterns β Pictoris.** Man erkennt ihn als hellen Punkt links über der Bildmitte. Der Bereich innerhalb des schwarzen Kreises wurde speziell gefiltert, das Licht des Sterns ausgeblendet. Die gelb-rote Struktur ist eine große Scheibe aus Staub, die den Stern umgibt.

Änderungen in seiner Helligkeit zu finden. Die deuten auf einen Planeten hin, der von der Erde aus gesehen immer wieder vor dem Stern vorbeizieht und dabei einen Teil seines Lichts blockiert. Transit- und Radialgeschwindigkeitsmethode sind zusammen für die Entdeckung fast aller bekannten Exoplaneten verantwortlich.

Eine weitere Möglichkeit, Planeten zu finden, bietet die Gravitationslinsenmethode. Hier beobachtet man die Veränderung in der Helligkeit eines Sterns, die entsteht, wenn zwischen ihm und der Erde eine so genannte Gravitationslinse – meist ein anderer Stern – vorbeizieht. Da massereiche Himmelskörper den Raum krümmen, werden dabei Lichtstrahlen zur Erde gelenkt, die sonst nicht bei uns ankommen

würden und der Stern wird heller. Wird er von einem Planeten umkreist, dann steigert das die Helligkeit noch zusätzlich und er kann so entdeckt werden.

In seltenen Fällen werden extrasolare Planeten direkt beobachtet. Das funktioniert zurzeit nur bei Planeten, die relativ weit von ihrem Stern entfernt sind, und mit speziellen Filtertechniken, die das Licht des Sterns ausblenden. Problematisch bei dieser Art der Entdeckung ist die Bestimmung der Planetenmasse. Ohne zusätzliche Information über die Dynamik lässt sie sich allein aus dem Beobachtungsbild nicht direkt bestimmen. Die Masse des direkt beobachteten Planeten des Sterns β Pictoris kann zum Beispiel irgendwo zwischen 6 und 13 Jupitermassen liegen.

Transit stattfindet, kann man von der Erde das Sonnenlicht beobachten, das durch die Venusatmosphäre zu uns gelangt und so die Computersimulationen an die echten Beobachtungsdaten anpassen. Mit den so kalibrierten Modellen wird die Analyse der echten extrasolaren Planeten einfacher und exakter.

Fast 250 Jahre nachdem uns ein Venustransit dabei geholfen hat, die Größenverhältnisse in unserem eigenen Sonnensystem zu verstehen, kann er nun als Ausgangspunkt dienen, um fremde Planetensysteme zu untersuchen und herauszufinden, ob irgendwo dort draußen noch eine zweite Erde existiert.

- [1] Schneider, R.: Planetenjäger: Die aufregende Entdeckung fremder Welten, Birkhäuser Verlag, Basel (1997)
- [2] Crosswell, K.: Die Jagd nach neuen Planeten. Auf der Suche nach fernen Sonnensystemen und fremden Leben, Scherz-Verlag, Bern (1998)
- [3] Sumi, T. et al.: Unbound or distant planetary mass population detected by gravitational microlensing, Nature 473, 349 (2011)

- [4] Cassan, A. et al.: One or more bound planets per Milky Way star from microlensing observations, Nature 481, 167 (2012)
- [5] Kaltenegger, L.: Die Suche nach der zweiten Erde, Physik-Journal 11, 25 (2012)
- [6] Fressin, F. et al.: Two Earth-sized planets orbiting Kepler-20, Nature 482, 195 (2012)
- [7] Welsh, W. F. et al.: Transiting circumbinary planets Kepler-34 b and Kepler-35 b, Nature 481, 475 (2012)
- [8] Ehrenreich, D. et al.: Transmission spectrum of Venus as a transiting exoplanet, Astron. Astrophys 537, L2 (2012)

Surftipps

Die Enzyklopädie der extrasolaren Planeten:

exoplanet.eu

Entdeckungen von Kepler:

kepler.nasa.gov/Mission/discoveries

The Habitable Exoplanets Catalog:

phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog

Was ist ein Planetenkandidat bei der Kepler-Mission?

Seit 2009 sucht die Raumsonde Kepler in einem kleinen Himmelsareal in den Sternbildern Schwan und Leier systematisch nach extrasolaren Planeten. Etwa 150000 Sterne werden dazu »überwacht«. Insbesondere Planeten von der Größe der Erde sollen mit Hilfe von Transiten vor ihrem Zentralgestirn gefunden werden. Diese Sternfinsternisse werden allein durch den geringfügigen Helligkeitsabfall, den der Planet verursacht, aufgespürt. Ein solches Ereignis tritt allerdings nur dann ein, wenn unsere Sichtlinie gerade in der Bahnebene des Planeten liegt. Aus geometrischen Überlegungen ergibt sich, dass die Wahrscheinlichkeit dafür bei den gesuchten Planeten 1% – 2% beträgt. Um genügend viele positive Resultate zu erhalten, muss Kepler deshalb eine große Zahl Sterne untersuchen. Dafür ist die Sonde mit einem Schmidt-Teleskop von 950mm Öffnung und einem Gesichtsfeld von 12° Durchmesser ausgerüstet. In der gewölbten Bildebene liegen 42 CCD-Chips mit insgesamt knapp 95 Megapixeln, die alle drei Sekunden ausgelesen werden. Diese Bilderflut wird bewältigt, indem nur die über knapp 30 Minuten aufsummierten Helligkeiten der detektierten Sterne bis zur Nachweisgrenze von etwa 14^m gespeichert und etwa wöchentlich zur Erde gesendet werden. In dem ausgewählten Sternfeld liegen 153196 Hauptreihensterne bis zu einer Helligkeit

von 16^m. Die meisten dieser Sterne haben Oberflächentemperaturen zwischen 4500°C und 6000°C, sind also im weiteren Sinne sonnenähnlich.

Kepler soll seine Beobachtungen mindestens vier Jahre lang durchführen. Bei Planeten mit einer Umlaufzeit von einem Jahr würden dann vier Transite beobachtet, bei längeren Umlaufzeiten entsprechend weniger. Mit zunehmender Missionsdauer werden deshalb immer mehr Planeten mit längeren Umlaufzeiten gefunden. Da gemessene Helligkeitsschwankungen auch andere Ursachen als einen Planeten-Transit haben können – z.B. Bedeckungsveränderliche Sterne oder instrumentelle Effekte – sind mindestens drei Beobachtungen eines Helligkeitseinbruchs erforderlich, um einen echten Planetentransit in Betracht ziehen zu können.

Darüber hinaus werden in der Regel für diese Kandidaten Nachbeobachtungen von der Erde aus durchgeführt, bei denen man die im Falle eines Planeten erwartete rhythmische Radialgeschwindigkeitsänderung des umkreisten Sterns über den Dopplereffekt nachzuweisen sucht.

Es bedarf daher einiger Zeit, die von Kepler gemessenen Daten auszuwerten und über Nachuntersuchungen zu zuverlässigen wissenschaftlichen Aussagen zu kommen. Kandidaten werden in vier Kategorien eingeteilt: In Stufe 1 befinden sich solche Objekte, die mit 98% Sicherheit

als Planet bestätigt werden konnten. Sie bekommen die Kennung »Kepler« plus eine Zahlen-Buchstaben-Kombination. In die Stufen 2 und 3 werden solche Planeten aufgenommen, deren Lichtkurven gründlich untersucht wurden, wodurch viele aber nicht alle Störeffekte, die zu falschen Identifikationen führen, ausgeschlossen werden konnten. Stufe 3 erhalten dabei diejenigen Objekte, deren spektroskopische Nachbeobachtung mehrdeutig ist. Stufe 4 enthält solche Objekte, für die (noch) keine Nachbeobachtungen vorliegen. Alle Objekte der Stufen 2–4 werden als »Kepler Object of Interest«, kurz KOI, bezeichnet.

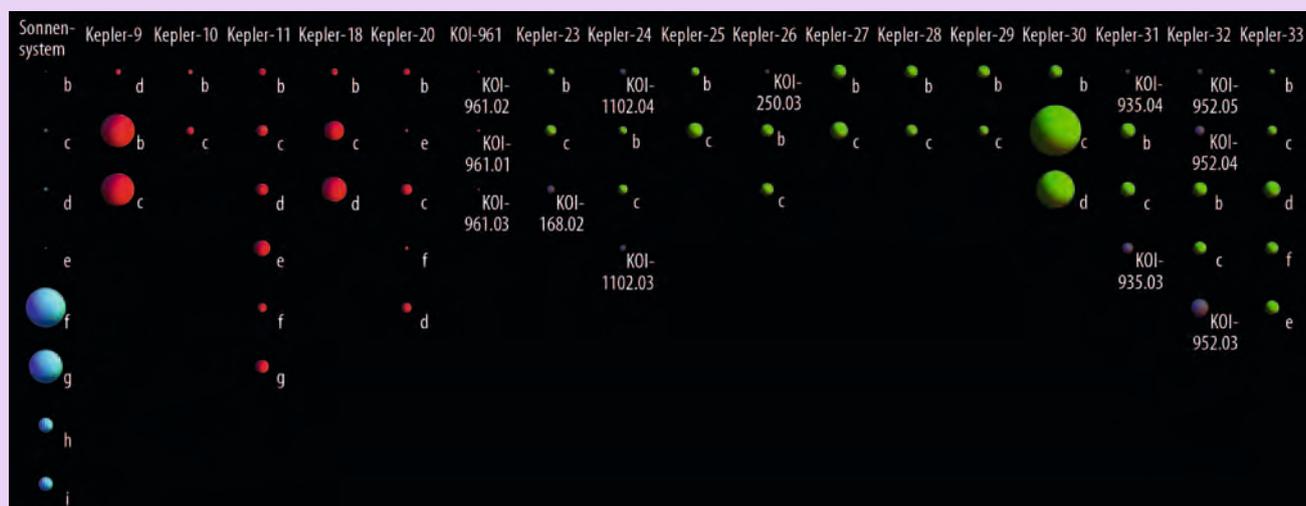
Insgesamt wurden von Kepler bisher 61 Planeten – definiert als Objekte der Stufe 1 – entdeckt, die Zahl der Kandidaten in allen übrigen Stufen ist auf 2321 (Stand 27.2.2012) gestiegen. Unter den bestätigten befinden sich die kleinsten bisher entdeckten extrasolaren Planeten, ein erdgroßer Planet und drei Planeten in Doppelsternsystemen.

- [1] Borucki, W. J. et al.: Characteristics of Kepler planetary candidates based on the first data set, *Astrophys. J.* 728, 117 (2011)

Surftipp

Kepler-Homepage:

kepler.nasa.gov



▲ **Zusammenstellung aller bisher von Kepler gefundenen Planetensysteme**, die mehr als einen Planeten beherbergen. Neben den bereits früher bestätigten sechs Systemen (rot) wurden elf neue mit insgesamt 26 bestätigten Planeten (grün) gefunden. In einigen der neu gefundenen Systeme gibt es weitere Kandidaten, die deshalb noch eine KOI-Bezeichnung tragen und lila dargestellt sind. Links ist zum Vergleich unser Sonnensystem dargestellt.

NASA/AMES - J. STEFFEN, FERMI LAB CENTER FOR PARTICLE ASTROPHYSICS

Jahrhundertereignis am frühen Morgen

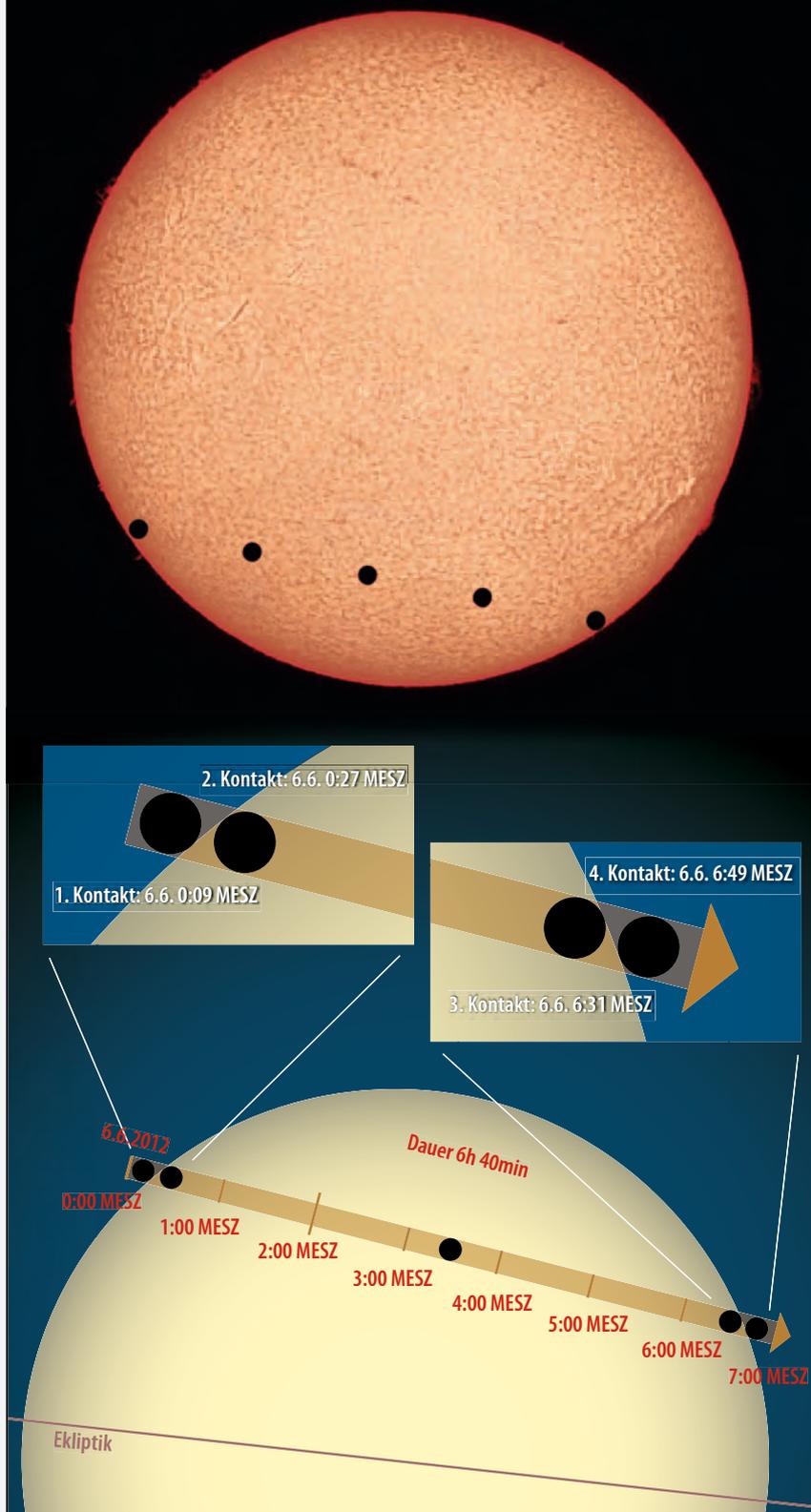
Venustransit am 6. Juni

Am 6.6.2012 findet der letzte Venustransit statt, den wir zu unseren Lebzeiten beobachten können, denn der nächste wird in Europa erst am 8. Dezember 2125 zu beobachten sein (der Transit am 11. Dezember 2117 ist in Europa unsichtbar). Allerdings können wir anders als am 8.6.2004 von Mitteleuropa aus nur das Ende des Transits bei Sonnenaufgang sehen. Wer das gesamte Ereignis beobachten möchte, muss daher auf Reisen gehen (vgl. interstellarum Themenheft Sonnenfinsternisse und Transite). Trotz der ungünstigen Beobachtungsbedingungen sollte es bei wolkenfreier Sicht auf die Sonne auch in unserer Region möglich sein, dieses Naturschauspiel zu beobachten. Wichtig ist eine freie Horizontsicht Richtung Nordost, denn das Ende des Transits kann je nach Beobachtungsort nur bei einer Sonnenhöhe zwischen 10° und 18° beobachtet werden. Beobachter in den östlichen Landesteilen und Österreich sind dabei leicht im Vorteil, da dort die Sonne rund eine halbe Stunde früher aufgeht. Gegen 5:00 MESZ ist das $57,8''$ große Venusscheibchen noch ca. $8'$ von der Austrittsposition am Sonnenrand entfernt. Mit dem 3. Kontakt rund eineinhalb Stunden später beginnt dann das spannende Ende des Transits. Die Aufmerksamkeit sollte auf dem Rand des Venusscheibchens liegen, der von einem Lichtring umgeben sein kann. Auch nach dem Ende des Transits mit dem 4. Kontakt konnten 2004 noch Lichterscheinungen in der Venusatmosphäre beobachtet werden (vgl. interstellarum 35).

Auch wenn der tiefe Sonnenstand eine geringe Helligkeit der Sonne suggeriert, sollte unter keinen Umständen bei der Beobachtung mit bloßem Auge auf Sonnenfinsternisbrillen und geprüfte Sonnenfilter vor den Optiken bei der Nutzung von Ferngläsern oder Teleskopen verzichtet werden, da sonst das Auge irreparabel geschädigt werden kann.

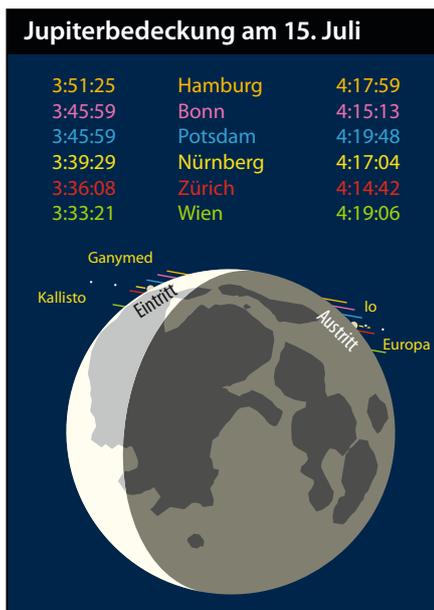
■ André Knöfel

Beim Venustransit vor der Sonne am 8.6.2004 wanderte der Planet vor der südlichen Hemisphäre der Sonne vorbei, am 6.6.2012 wird der nördliche Teil der Sonne durchquert werden.



S. VOLTWER

Mond bedeckt Jupiter am 15. Juli



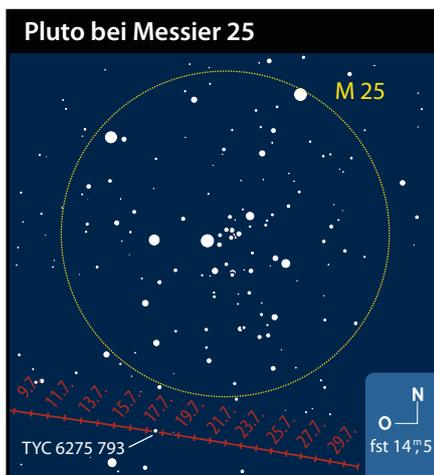
Frühaufsteher können am Sonntagmorgen des 15.7. beobachten, wie unser kosmischer Nachbar den Planeten Jupiter und seine Monde bedeckt. Allerdings findet die Bedeckung bei Mondhöhen um 10° bis 20° statt, so dass eine halbwegs freie Horizontsicht Richtung Ost notwendig ist. Jupiter hat dabei eine Helligkeit von -2^m . Damit ist die Beobachtung des Eintritts an der hellen schmalen Mondsichel (vier Tage vor Neumond) leicht zu bewerkstelligen und auch ohne optische Hilfsmittel möglich. Es dauert je nach Beobachtungsort (und damit der Eintrittsposition des Planeten am Mond) zwischen 80s und 150s, bis die gesamte Jupiterscheibe verschwindet bzw. wieder erscheint. Je nördlicher und westlicher geographisch ein Beobachter positioniert ist, desto länger

dauert dieser Vorgang. Dafür beträgt die Zeit für die gesamte Bedeckung dort nur 30min – im Gegensatz bis zu fast 40min an südlicheren Beobachtungsorten.

Die Bedeckungen der vier großen Galilei'schen Monde sind nur mit einem Teleskop zu beobachten. Dabei können nur die Austritte am dunklen Mondrand sicher beobachtet werden, da bei Jupitermond-Helligkeiten zwischen 5^m 4 und 6^m 7 das Licht des Erdmondes die Jupitermonde beim Eintritt überstrahlt. Auch hier erscheinen die Monde nicht nahezu plötzlich wie bei einer Sternbedeckung durch den Mond, sondern es dauert je nach Monddurchmesser 2 bis 4 Sekunden.

■ André Knöfel

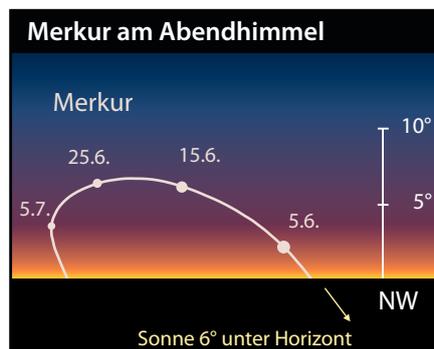
Pluto passiert M 25 am 20. Juli



Der Zwergplanet (134340) Pluto bewegt sich rückläufig in westlicher Richtung durch den sternreichen Teil der Milchstraße rund 12° südsüdwestlich der Schildwolke am Offenen Sternhaufen M 25 vorbei. Die geringste Distanz wird am 20. Juli mit rund $17'$ erreicht. Dabei steht Pluto fast genau südlich des Zentrums des Sternhaufens. Allerdings ist es nicht leicht, den nur 14^m 2 hellen Pluto im Sternengewimmel zu identifizieren. Ein Anhaltspunkt wäre am 17. bzw. 18. Juli gegeben: Pluto befindet sich am 17. um Mitternacht $0,8'$ östlich bzw. am 18. zur gleichen Zeit $0,6'$ westlich des 10^m 5 hellen Sternes TYC 6275 793 (R. A.: 18^h 32^m 13^s , Dekl.: -19° $24'$ $19''$).

■ André Knöfel

Abendsichtbarkeit von Merkur



Ende Juni kommt Merkur letztmalig in diesem Jahr in Abendsichtbarkeit, da bei der nächsten größten östlichen Elongation am 26. Oktober Merkur zu weit südlich der Sonne steht. Zum Monatswechsel erreicht Merkur mit 25° $45'$ seine größte östliche Elongation und damit fast die größtmögliche Distanz zur Sonne. Ab Mitte Juni sollte Merkur tief im Nordwesten zu sichten sein. Seine Helligkeit sinkt dabei rapide von -0^m 4 am 15. Juni auf $+0^m$ 6 am 1. Juli. Der beste Zeitraum zur visuellen Sichtung von Merkur liegt zwischen dem 15. und 25. Juni. Dabei geht der sonnennächste Planet rund ein- bis eineinhalb Stunden nach der Sonne unter und ist zum Ende der bürgerlichen Dämmerung rund 5° über dem WNW-Horizont sichtbar, so dass für eine erfolgreiche Beobachtung freie Horizontsicht und klare Durchsicht notwendig sind.

■ André Knöfel

Astronomische Ereignisse im Juni/Juli		
4.6.	10:47 MESZ	partielle Mondfinsternis, in Mitteleuropa unsichtbar
4.6.	13:12 MESZ	Vollmond
6.6.	6:49 MESZ	Venustransit (Ende)
6.6.	3:09 MESZ	Venus in Unterer Konjunktion
11.6.	12:41 MESZ	Mond Letztes Viertel
17.6.	9:42 MESZ	Mond bei Jupiter, Mond $38'$ nördlich
19.6.	17:02 MESZ	Neumond
21.6.	9:53 MESZ	Sommeranfang
27.6.	5:30 MESZ	Mond Erstes Viertel
29.6.	17:02 MESZ	Pluto in Opposition
1.7.	3:57 MESZ	Merkur in größter östlicher Elongation $25,7^\circ$
2.7.	21:06 MESZ	Merkur bei M 44, Merkur 1° $49'$ südlich
3.7.	20:52 MESZ	Vollmond
5.7.	4:53 MESZ	Erde im Aphel
11.7.	3:48 MESZ	Mond Letztes Viertel
15.7.	3:39 MESZ	Mond bedeckt Jupiter
19.7.	6:24 MESZ	Neumond
20.7.	22:36 MESZ	Pluto bei M 25, Pluto $17'$ südlich
26.7.	10:56 MESZ	Mond Erstes Viertel
28.7.	21:57 MESZ	Merkur in Unterer Konjunktion

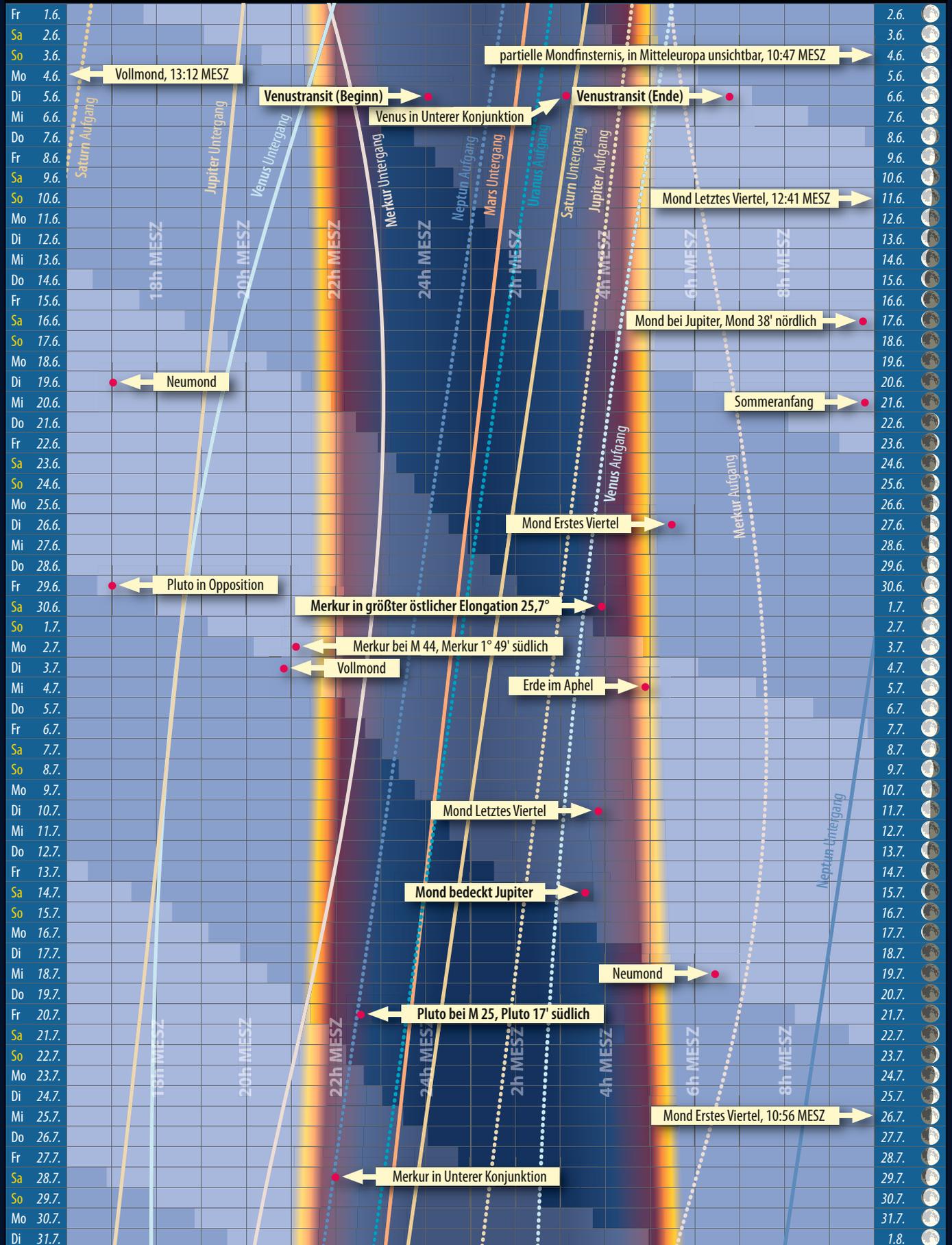
Zeiten bezogen auf die Mitte des deutschen Sprachraums (Nürnberg)

Himmel

Das Sonnensystem

im Juni/Juli 2012

Dämmerungsdiagramm im Juni/Juli 2012



INTERSTELLARUM, B. SCHUBIG

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

Der Lauf der Planeten im Juni 2012

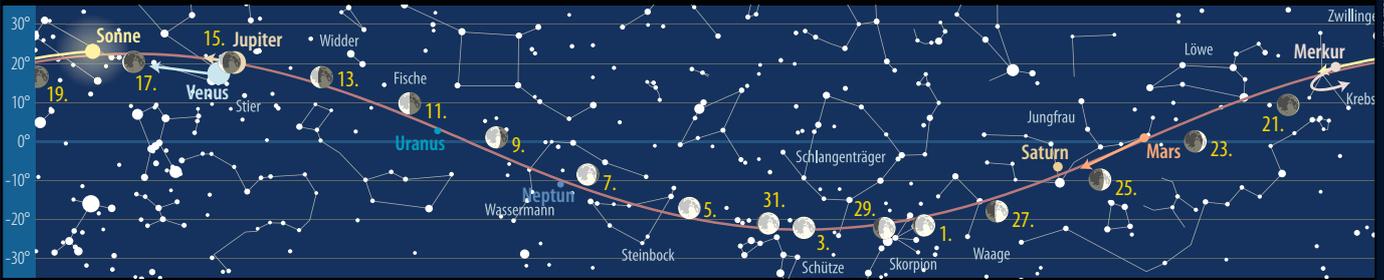


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

abends sichtbar

Der Lauf der Planeten im Juli 2012

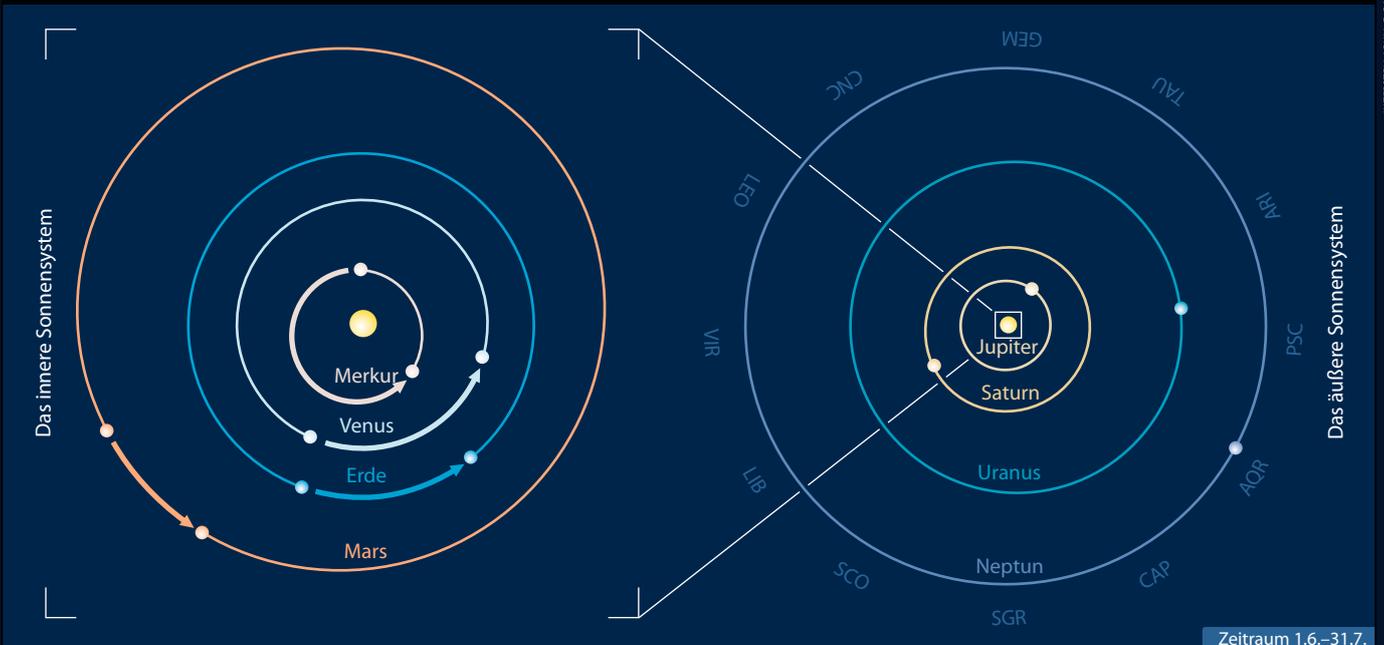


morgens sichtbar

ganze Nacht sichtbar

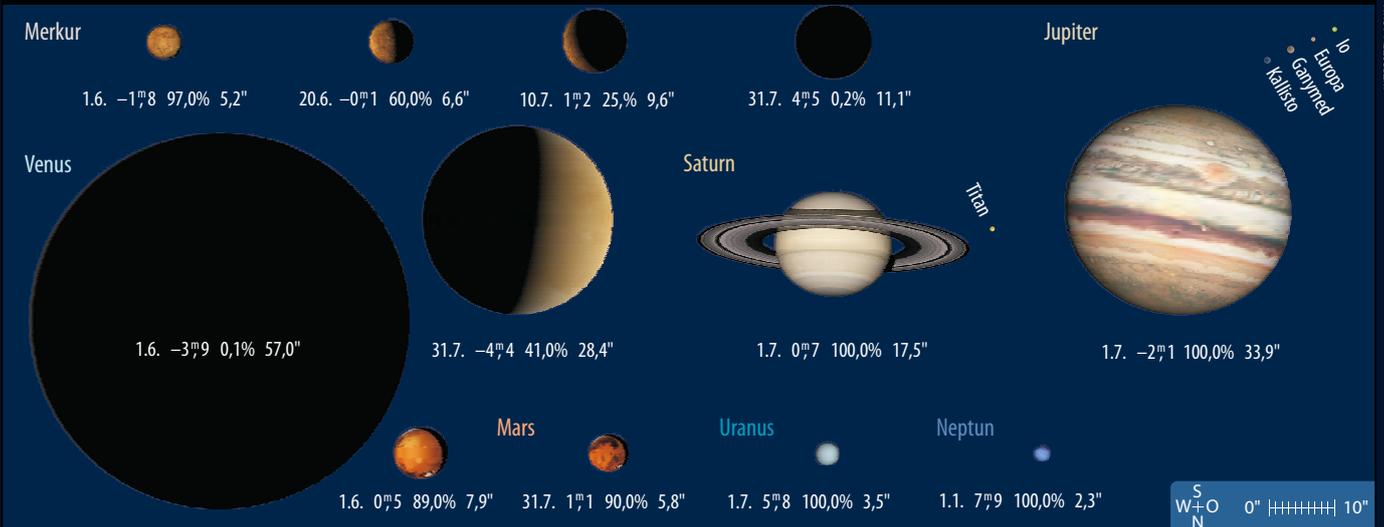
abends sichtbar

Die Planeten auf ihren Bahnen im Juni/Juli 2012



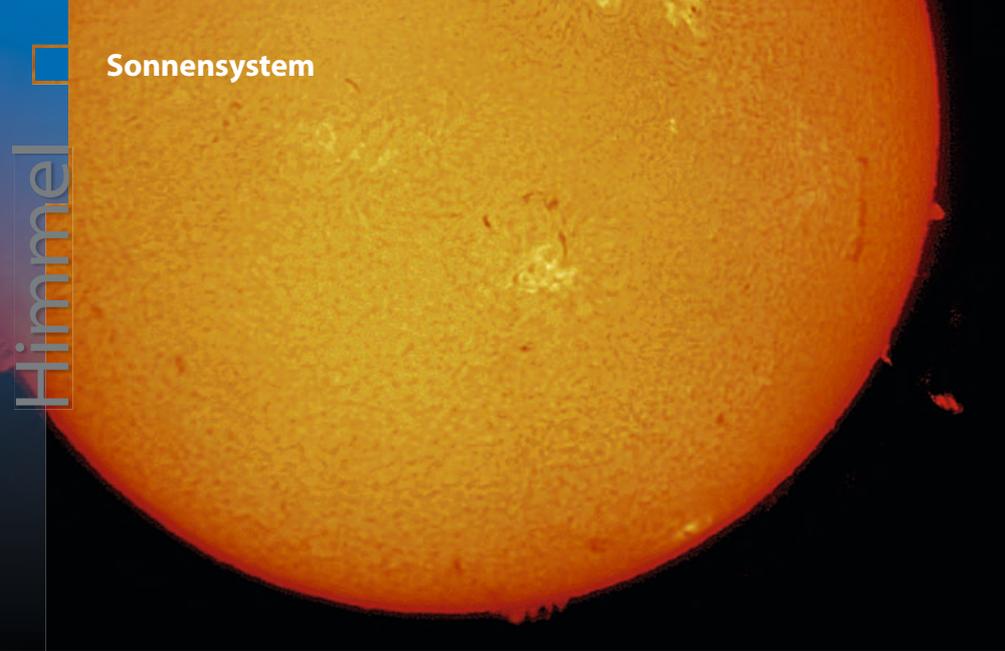
Zeitraum 1.6.–31.7.

Die Planeten im Fernrohr im Juni/Juli 2012



S
W+O
N 0° |+++++| 10°

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



◀ Abb. 1: **Ha-Gesamtsonne** am 9.3.2012, 12:52 MEZ. 3"-Refraktor bei 1000mm, 1/15s, Coronado Solarmax 60 + 2020 Telezentrik. *Erich Kopowski*

und die Gruppe wurde länger und verlor dabei an Struktur. Polarlichter wurden in der Folge der Ausbrüche nur in Teilen Kanadas und Nordamerikas gesichtet, während Europa leer ausging. Dafür war die Gruppe an den meisten Tagen ohne Probleme mit Sonnenfinsternisbrillen oder bei Sonnenauf- bzw. -untergang auch mit bloßem Auge zu sehen.

Die Vorhersagen zum nächsten Maximum sind nach wie vor unsicher und die konkurrierenden Modelle zur Bestimmung des nächsten Maximumzeitpunktes derzeit wenig hilfreich. So beschränkt sich das Marshall Space Flight Center neuerdings nur noch auf die Angabe »Frühjahr 2013« bei einer durchschnittlichen ausgeglichenen Sonnenfleckenzahl von 59. Damit wäre der 24. Zyklus der drittschwächste seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen im Jahr 1755. Zyklus Nr. 5, der von 1798 bis 1810 andauerte, lag mit einem Maximum der ausgeglichenen Mittel von 49,2 im Februar 1805 nur knapp darunter; Zyklus Nr. 14 (1901–1913) mit einer Maximumhöhe von 64,2 im Februar 1906 knapp darüber. Die niedrige Höhe des Maximums kann jetzt nur noch durch vermehrt auftretende große Fleckengruppen verhindert werden, doch danach sieht es derzeit nicht aus.

Sonne aktuell Wie geht es weiter?

Eine Frage, die derzeit wohl niemand so recht beantworten kann ist die, wie sich der laufende Sonnenfleckenzahl weiter entwickeln wird. Die Sonnenaktivität ist nach gutem Start im Januar – man konnte u.a. vier Fleckengruppen der Waldmeierklasse E beobachten, von denen eine die Klasse F erreichte – im Februar beinahe schon dramatisch wieder zurückgegangen. Im Januar konnten noch 22 neue Fleckengruppen gezählt werden, im Februar waren es dagegen nur ganze 12 und die höchsten Entwicklungsstufen E und F wurden auch nicht mehr erreicht. Die ungleiche Verteilung der Fleckengruppen – im Dezember war erstmals in diesem Zyklus die südliche Hemisphäre der Sonne aktiver – hat im Januar und Februar wieder zugenommen. In beiden Monaten wies der Norden wieder eine größere Anzahl von Aktivitätsgebieten auf.

Ha-Beobachter kamen auch in den ersten Monaten des Jahres 2012 wieder voll auf ihre Kosten: Neben stets vorhandenen, aber derzeit noch mit eher bescheidener Größe ausgestatteten Protuberanzen gab es insbesondere einige Filamente, die schon

beachtliche Dimensionen erreichten. So konnte am 10. Februar beobachtet werden, wie ein 23° langes Filament auf der Südhalbkugel plötzlich aufstieg und sich per Koronalem Massenauswurf in den Weltraum entlud. Ein ganz in der Nähe befindliches weiteres, dieses Mal 27° langes Filament, stieg nur wenige Stunden später auf und erzeugte ebenfalls einen kräftigen Koronalen Massenauswurf. Beide waren jedoch nicht erdwärts gerichtet und konnten daher das geomagnetische Feld nicht beeinflussen. So war das nur fotografisch nachweisbare Polarlicht vom 19. Februar – entstanden aus einer kleineren Verdichtung des solaren Teilchensturms, dem kein Massenauswurf vorausgegangen war – das einzige, was in jenen Wochen beobachtet werden konnte.

Ganz anders war die Situation Anfang März, als mit der Aktiven Region Nr. 11429 eine der größten Fleckengruppen der letzten Jahre auftauchte. Ein X1/2b-Flare am 5. März sowie ein X5/3B- und ein X1/Sf-Flare am 7. März sorgten für einen kurzen, wenn auch heftigen Aktivitätsanstieg, doch nach der Passage des Zentralmeridians am 9. März gab es hier nur noch M- oder C-Flares

■ Manfred Holl

Surftipps

Übersicht aktueller Ha-Bilder:

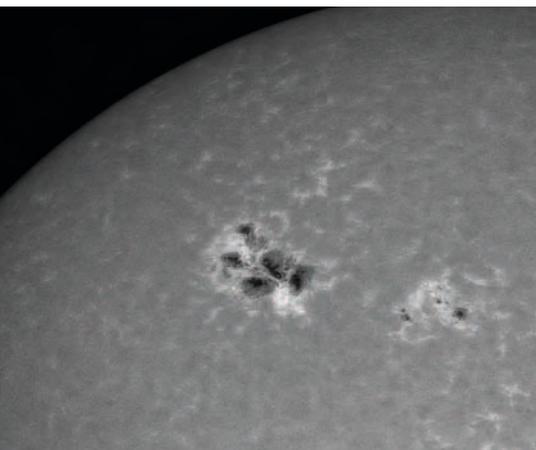
halpha.nso.edu

Daten zum Weltraumwetter:

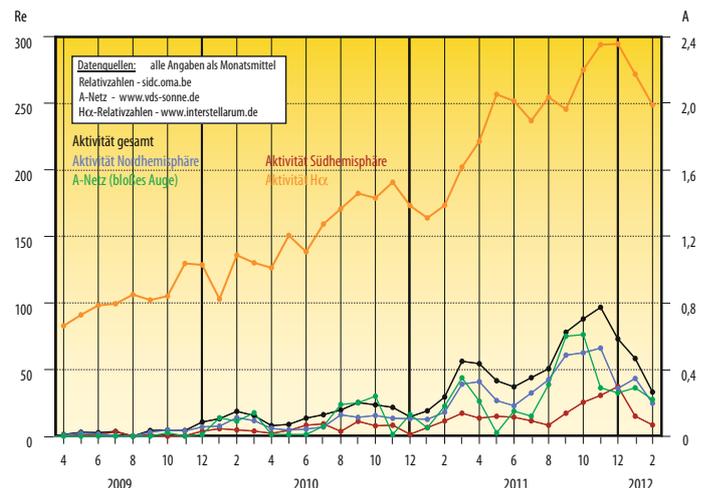
www.swpc.noaa.gov/index.html

Sonnenfotos der interstellarum-Leser:

www.sonneaktuell.de



◀ Abb. 2: **Die Aktive Region 11429 im Kalzium-Licht** am 5.3.2012, 10:47 MEZ. 155 mm - EDF-Refraktor bei 1085mm, Lunt Ca-Filter (Halbwertsbreite 24nm), TIS DMK 31, 180 von insgesamt 1500 Bildern. *Wolfgang Paech*



Planeten aktuell

Kleiner Mars ganz groß

Es ist die schlechteste Mars-Opposition seit mehr als 15 Jahren, wenn man von der Scheibchengröße des Planeten im Teleskop ausgeht – und dennoch zeigte der Planet im Winter 2012 so viele Details wie schon lange nicht mehr. Zunächst war die große Nordpolkappe in beeindruckender Helligkeit und Ausdehnung zu sehen gewesen. Im Januar zeigte sie die erwarteten Auflösungserscheinungen mit dunklen Teilungen, die im Februar durch die Aphelkälte aufgehalten wurde. Im März ging es dann ganz rasch mit dem Abschmelzen der Kappe, von der Ende April nur noch ein kleiner, asymmetrisch neben dem Pol zentrierter Rest übrig war.

Gleichzeitig nahmen die Wolken zu. Besonders beeindruckten die orographischen Wolken an Olympus Mons und den Tharsis-Vulkanen, die dadurch auch in kleineren Instrumenten visuell gesichtet werden konnten – so einfach wie noch nie seit Jahrzehnten. Das klassische W-Muster ergab sich jedoch nicht, wohl weil sich nicht an allen Vulkanen gleichzeitig Wolken ausbildeten. Wenn dieser Text erscheint, hat sich Mars bereits an den Abendhimmel zurückgezogen und wird abgelöst durch Saturn, dessen Ringe und Wolken die ganze Nacht über studiert werden können. Aktuell zeigt sich keine Fortsetzung der Sturm-Aktivität von 2011 (vgl. interstellarum 81). Lediglich ein sehr schwacher weißer Fleck bei ca. 180° (System III) erinnerte im März an die aufregende letzte Sichtbarkeit. Besitzt dieser dieselbe Driftgeschwindigkeit von 2,8° wie der Sturm, dürfte er Anfang Juni eine halbe Rotation um den Planeten durchgeführt haben und bei ca. 0° stehen.

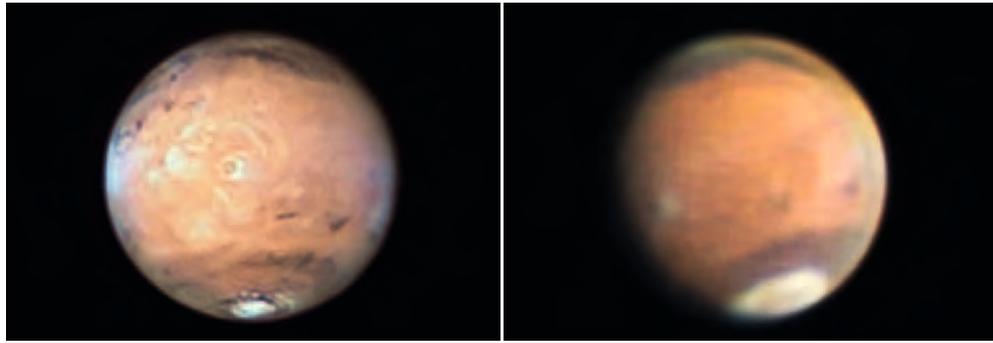
Venus hat den Höhepunkt ihrer großartigen Abendsichtbarkeit zum Erscheinungstermin dieser Ausgabe bereits hinter sich, den Höhepunkt beim Zusammentreffen mit der Sonne aber vor sich: Am 6. Juni findet der Venustransit statt (s. S. 18). Nur wenige Tage vor und nach diesem Ereignis ist das seltene Phänomen des Venusrings zu sehen (s. S. 37). Nach dem Transit folgt eine beeindruckende Morgensichtbarkeit des Planeten, die wieder sehr gute Beobachtungsmöglichkeiten bietet – wir zeigen an dieser Stelle und auf www.planetenaktuell.de gerne ihre Ergebnisse.

■ Ronald Stoyan

Surftipp

Aktuelle Planetenfotos:

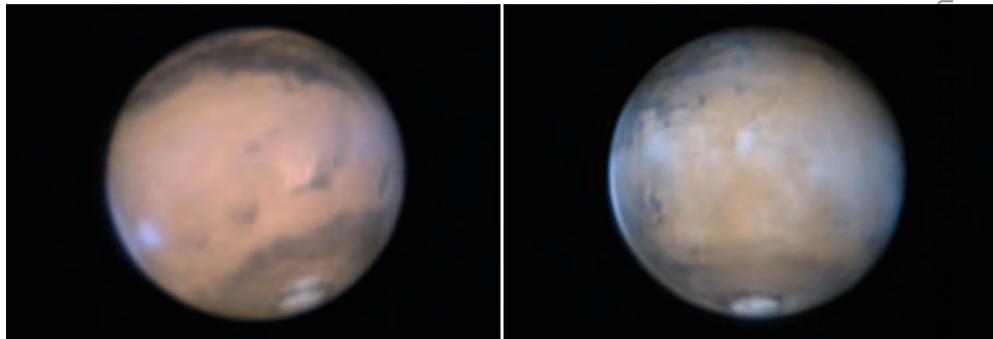
www.planetenaktuell.de



▲ Abb. 1: **Olympus Mons** steht im Zentrum dieser großartigen Aufnahme (links), die zwei Wochen nach der Opposition entstand. Bereits im Dezember gelang es, den Schatten des Vulkans zu dokumentieren, eine außergewöhnliche Leistung (rechts). *Sebastian Voltmer*

Links: Mars am 16.3.2012, CCD-Aufnahme 1:00 MEZ, 20"-Astrograph bei 17000mm, DMK21BF04, IR-RGB-Filter

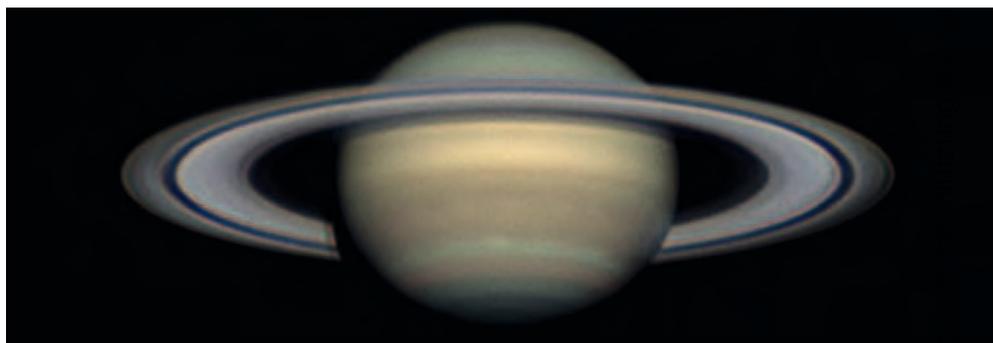
Rechts: Mars am 28.12.2011, Digitalfoto, 11"-SCT bei 8400mm, Canon EOS 600D



▲ Abb. 2: **Die vielfältige Wolkenaktivität** zeigen diese beiden Aufnahmen vom 5.3. (a) und 15.3.2012 (b). Bläulicher Randdunst und orographische Wolken über den Vulkanspitzen sind deutlich auszumachen, ebenso das nur selten dokumentierte äquatoriale Wolkenband des Planeten. *Thomas Winterer*

Links: Mars am 5.3.2012. CCD-Aufnahme, 22:56 MEZ, 20"-Newton bei 11000mm, DMK21AU618, IR-RGB-Filter

Rechts: Mars am 15.3.2012. CCD-Aufnahme, 23:12 MEZ, 20"-Newton bei 26350mm, DMK 21AU618, Astronomik RGB-Filter.



▲ Abb. 3: **Saturn am 13.3.2012**. Der kleine weiße Fleck ist der Überrest des Sturmgesehens von 2011. 14"-SCT. *Christopher Go*



▲ Abb. 4: **Drei Mal Venus** am 15.3.2012: mit IR742-Filter (links), UV+IR[SG]UV-Filter (Mitte) und Schuler UV-Filter (rechts). 20"-Newton bei 11000mm, DMK 21AU618. *Thomas Winterer*

▲ **96P/Machholz bei seiner letzten Wiederkehr 2007.** CCD-Aufnahme, 5"-Astrograph bei 540mm. *Michael Jäger, Gerald Rhemann*

Kometen aktuell

96P/Machholz – Wiederkehr nach fünf Jahren

Am Kometenhimmel tut sich die Sommermonate über leider nur wenig. **C/2009 P1 (Garradd)** verschwindet nach über einem Jahr Beobachtungszeit im Juni endgültig in der Abenddämmerung. Eine letzte kleine Chance, den Kometen zu sehen, ergibt sich vielleicht noch Mitte des Monats. Die Helligkeit wird aber nur noch etwa 10^m betragen, damit ist er ein schwieriges Objekt am nicht mehr ganz dunklen Sommerhimmel.

Ebenfalls kein einfaches Beobachtungsziel ist der kurzperiodische Komet **96P/Machholz**. Es ist ein sehr kleiner Komet, der jeweils nur wenige Wochen rund um sein Perihel zu beobachten ist. Die Periheldistanz beträgt nur 0,12AE, damit kommt er der Sonne näher als jeder andere bekannte

periodische Komet. Zuletzt war 96P im April 2007 am Himmel zu sehen, nun kehrt er zum insgesamt fünften Mal zurück. Entdeckt wurde er am 12. Mai 1986 von Don Machholz (USA) mit einem selbstgebauten Großfernrohr – es war dies seine dritte Entdeckung. Insgesamt hat der Kalifornier zwischen 1978 und 2010 visuell 11 Kometen entdeckt. Damit ist er der erfolgreichste noch aktive visuelle Kometenentdecker der USA.

Am 14. Juli durchläuft Komet Machholz das Perihel; eine Besonderheit ist, dass seine enge Sonnenpassage auf den Bildern der SOHO-Sonde im Internet verfolgt werden kann. Zwischen dem 13. und 15. Juli sollte er im Blickfeld des LASCO-C3-Instrumentes zu sehen sein. Im letzten Julidrittel könnte 96P dann auch von der Erde aus sichtbar

werden. Er zieht in der Abenddämmerung tief über dem westlichen Horizont durch die Sternbilder Krebs, Löwe und Kleiner Löwe. Auch wenn die Bedingungen bei dieser Wiederkehr relativ günstig sind, bleibt 96P eher ein Objekt für Spezialisten – ob er überhaupt sichtbar wird, hängt von der erreichten Helligkeit ab. Diese sollte zunächst zwischen 5^m und 6^m betragen, um dann rasch abzunehmen. Bis zur Erdnähe Ende des Monats hat der Schweifstern eine Elongation von 35° erreicht, die Helligkeit dürfte aber nur noch rund 10^m betragen.

■ Burkhard Leitner

Surftipps

Entdeckungsgeschichte:

thecomethunter.com/comet-1986e.html

96P/Machholz auf Cometography:

cometography.com/pcometas/096p.html

Bilder von SOHO:

sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/realtime-update.html

Kometen im Juni/Juli					
Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erwartete Helligkeit
C/2009 P1 (Garradd)	13.8.2009	23.12.2011 (1,55AE)	5.3.2012 (1,27AE)	April 2011 bis Juni 2012	10 ^m –11 ^m
96P/Machholz	12.5.1986	14.7.2012 (0,12AE)	31.7.2012 (0,89AE)	letztes Julidrittel 2012	6 ^m –10 ^m

Wechselnder Blick auf Komet Garradd

Zu Beginn des Jahres zog C/2009 P1 (Garradd) ideal über den nördlichen Nachthimmel und war ein schönes Ziel für Astrofotografen. Im Februar und März erreichte er seine Maximalhelligkeit von 6^m.5 und war auch zirkumpolar. Über einen längeren Zeitraum interessant zu verfolgen war der wechselnde Anblick der Schweife dieses Kometen. Kurz nach dem Perihel Ende Dezember 2011 war der Gasschweif dominant, der kurze Staubschweif stand etwa im rechten Winkel dazu. Danach konnte eine Winkelöffnung der beiden Schweife bis auf 180° Mitte Februar beobachtet werden. Der Staubschweif selbst war bei C/2009 P1 besonders stark aufgefächert und konnte zeitweilig über einen Winkel von ca. 160° verfolgt werden. Im Januar entstand auf diese Weise sogar der Eindruck, zwei Staubschweife wären zu sehen.

▼ Abb. 2: **1.2.2012, 4:07 MEZ.** CCD-Aufnahme, 12"-Astrograph bei 1136mm, FLI ML8300, 40min (L), 20min (je RG), 30min (B). *Gerald Rhemann*



▲ Abb. 4: **20.2.2012, 22:30 MEZ.** CCD-Aufnahme, 10"-Newton bei 900mm, FLI 8300, 4x270s (L), 270s (je RGB). *Michael Jäger*



▲ Abb. 1: **29.12.2011, 4:32 MEZ.** CCD-Aufnahme, hyperbolischer 8"-Astrograph bei 600mm, FLI PL 16803, 15min (L), 9min (je RB), 6min (G). *Gerald Rhemann*

▼ Abb. 3: **Bei M 92 am 3.2.2012, 5:20 MEZ.** CCD-Aufnahme, 20"-Deltagraph bei 1500mm, STX-16803, 6x2min (L). Teleskop der Sternwarte Hagen. *Norbert Mrozek, Waldemar Skorupa*

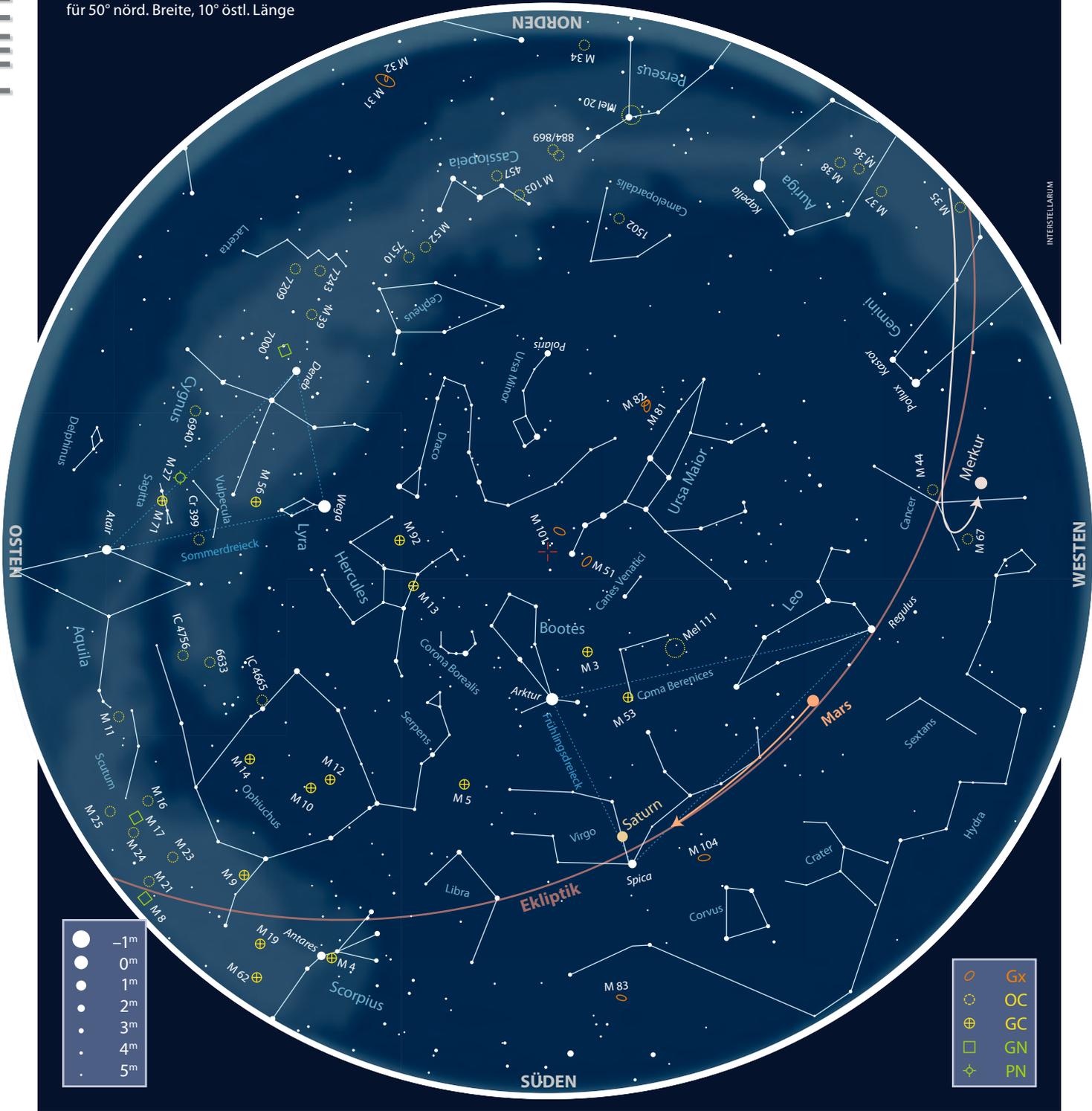


▲ Abb. 5: **5.3.2012, 4:02 MEZ.** CCD-Aufnahme, 12"-Astrograph bei 1136mm, FLI ML8300, 25min (L), 10min (je RGB), Mosaik aus zwei Aufnahmen. *Gerald Rhemann*

Der Sternhimmel

im Juni/Juli 2012

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



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

Beobachtungsempfehlungen für Juni/Juli 2012								
Name	Empfehlung für	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe/Abstand	Entfernung	DSRA/Uran.
Venus	bloßes Auge	Planet	–	–	–3 ^m 7 bis –4 ^m 0	59"	44 Mio. km	–/–
Mamajek 2	Fernglas	OC	17 ^h 38,0 ^{min}	–8° 6'	8 ^m 3 – 10 ^m 1	3°	560Lj	–/–
M 10	Teleskop	GC	16 ^h 57,1 ^{min}	–4° 5,9'	6 ^m 6	20'	24750Lj	21/247
IC 4665	Fernglas/Teleskop	OC	17 ^h 46,0 ^{min}	+5° 39'	4 ^m 2	70'	1150Lj	21/248,203
T CrB	Fernglas/Teleskop	Vr	15 ^h 59,50 ^{min}	+25° 55,2'	2 ^m 0 – 10 ^m 8	–	2900±600Lj	13/155

Von Venus bis Ophiuchus



E. MASTROIANNI

◀ Abb. 1: **Venus kann am frühen Morgen des 6. Juni** mit dem bloßen Auge beobachtet werden – so wie im Bild am 8.6.2004.

bloßen Auge die Anzahl der Sonnenflecken zählen: Übersteigt die Größe eines Flecks bzw. einer Fleckengruppe den Wert von 45", so ist er auch mit dem bloßen Auge sichtbar. Einige Beobachter berichten, dass sie bei guter Abschirmung der Augen sogar Flecken von nur 20" Durchmesser sehen konnten [1].

Wenn die Sonne am Morgen des 6. Juni im deutschen Sprachraum aufgeht, steht Venus bereits vor der Sonnenscheibe. Schwächt Dunst das Licht der Sonne, so dass der Aufgang gefahrlos beobachtet werden kann, sollte Venus in der oberen Scheibenhälfte als kleiner Fleck zu erkennen sein. Steigt die Sonne höher und wird heller, ist unbedingt ein sicherer Filter zu benutzen. Dabei sollten CDs, Sonnenbrillen und Schweißergläser keinesfalls verwendet werden, da sie schädliche UV-Strahlung nicht komplett sicher ausfiltern. Geeignet sind Finsternisbrillen und Teleskop-Sonnenfilter.

In den Tagen vor und nach dem Transit kann auch die spannende Frage beantwortet werden, wie lange Venus noch am Abendhimmel sichtbar bleibt (akronychischer Untergang) und wann sie an den Morgenhimmel zurückkehrt (heliakischer Aufgang). Zwar ist Venus prinzipiell auch außerhalb der Dämmerungen am Taghimmel sichtbar, die Annäherung an die Sonne vermindert aber die Beobachtungschancen. Am 1.6. trennen Venus und die Sonne nur noch 28 Minuten in Rektaszension – entsprechend dicht folgen die Untergänge aufeinander. Am 12.6. geht Venus wieder 40 Minuten der Sonne voraus. Wer einen tiefen Nordwest- bzw. Nordosthorizont hat, kann sowohl das akronychische als auch das heliakische Datum selbst bestimmen.

■ Ronald Stoyan

[1] Brendel, U.: Sonnenfleckenbeobachtung mit dem bloßen Auge, Sonne 9, 10 (1979)

Astronomie mit bloßem Auge Der Venustransit am 6. Juni

Wenn am frühen Morgen des 6. Juni Venus zum letzten Mal in diesem Jahrhundert vor die Sonne tritt (s. S. 18), wird kein Teleskop oder Fernglas nötig sein, um dieses Ereignis zu beobachten – nur eine Finsternisbrille. Denn obwohl nur 59" groß, kann Venus als dunkler Punkt vor der Sonne gesehen werden.

Das Venusscheibchen misst 1/30 des Sonnendurchmessers oder 1'. Das ist nicht viel, verglichen mit dem gewöhnlich genannten Wert für das Auflösungsvermögen

des menschlichen Auges von 3' bis 1'. Auch wenn man an bekannte Augenprüfer unter dem Sternhimmel wie das Reiterlein (12') und ϵ Lyrae (3,5') denkt, scheint die Sichtung der Venus vor der Sonne schwierig, wenn nicht unmöglich zu sein.

Doch das Gegenteil ist der Fall: Venus ist von normalsichtigen Menschen gut als flächiges rundes Objekt vor der Sonne zu sehen. Dies liegt daran, dass es leichter ist, eine Fläche einer bestimmten Größe auszumachen, als zwei Punkte mit demselben Abstand zu trennen. Empirische Untersuchungen zeigen, dass der Faktor etwa bei 3 liegt: Wer zwei Sterne von 3' Abstand trennen kann, sieht auch einen Punkt von 1' Größe. Diese Erfahrungen haben auch Sonnenbeobachter gemacht, die mit dem

◀ Abb. 2: **Eine sichere Filterung** ist auch für einen kurzen Blick unbedingt nötig. Empfohlen werden zertifizierte Finsternisbrillen.



T. BRATTEI

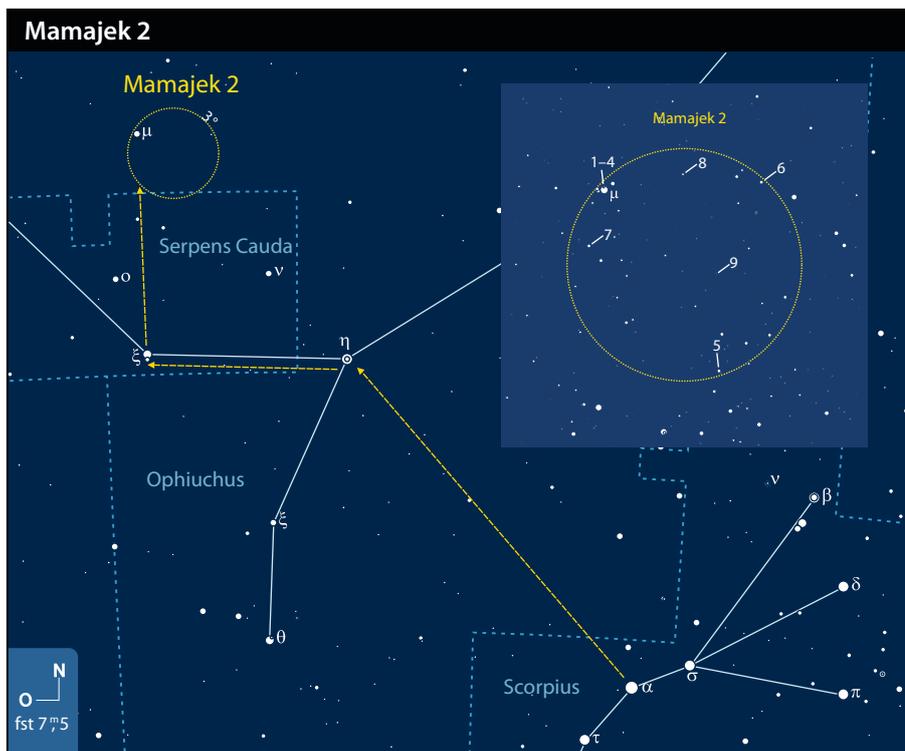
Astronomie mit dem Fernglas Mamajek 2

Offene Sternhaufen gehören zu den schönsten Zielen für Fernglasbeobachter und besonders das Sternbild Schlangenträger, das jetzt in den ersten Sommermonaten um Mitternacht im Süden steht, ist reich an Sternhaufen aller Art.

Doch nicht immer sind Sternhaufen auch als solche zu erkennen, wie z.B. der bekannte UMa-Bewegungshaufen (Collinder 285), dessen Haufensterne über einen großen Teil des Himmels verteilt sind und ebenso im Großen Bären wie u.a. auch in den

Sternbildern Jungfrau, Leier, Fische und Orion zu finden sind [1]. Mamajek 2, der erst vor sechs Jahren als Sternhaufen erkannt wurde, ist ein ähnliches Beispiel [2].

In einer 2006 erschienenen Arbeit berichtete der Astronom Eric E. Mamajek von der



Untersuchung einer Gruppe von Sternen bei μ Oph und schrieb von einer »neuen nahen Sternansammlung«. Anhand der Eigenbewegungen fand er, dass sich acht Sterne in dieselbe Richtung und mit ähnlichen Geschwindigkeiten bewegen wie μ Oph, der sich als das hellste Haufenmitglied herausstellte. Der neu entdeckte Mamajek 2 ist nur etwa 560 Lichtjahre entfernt und rund 120 Millionen Jahre alt. Wie bei anderen unscheinbaren Sternhaufen fällt auch bei Mamajek 2 kein wahrer Haufencharakter auf und außer einer Gruppe von vier Sternen, die das Zentrum bilden sollen, verteilen

sich die Mitglieder auf ein 3° großes Feld, so dass der Eindruck eines normalen Sternfeldes entsteht. Dennoch ist es interessant sich auf die Suche nach den verstreuten Haufensternen zu machen, denn für eine Beobachtung aller neun Kandidaten reicht bereits ein 10×50 -Fernglas.

Mit $4^m 6$ ist μ Oph bereits mit bloßem Auge zu sehen, aufgrund der Ausdehnung des Sternbilds Schlangenträger und des Fehlens von auffälligen Sternketten und -mustern ist eine Orientierung allerdings nicht ganz so leicht. Um μ Oph sicher zu finden, nutzt man am besten α Sco (Antares), Hauptstern des

Skorpions, als Ausgangspunkt. Ausgehend von einer Verbindungslinie zwischen β und α Sco geht man im rechten Winkel von letzterem ca. $15^\circ - 20^\circ$ nach Nordost und erreicht so η Oph und ξ Ser. Den Abstand zwischen beiden muss man jetzt nur noch von ξ Ser aus nach Norden verlängern und schon ist der Zielstern in Sicht.

Dicht neben μ Oph sind nun mit einem Fernglas drei Nachbarsterne zu sehen, ihre Helligkeiten liegen ungefähr zwischen 8. und 9. Größenklasse. Zusammen mit dem helleren Hauptstern bilden sie die Kernregion des Bewegungshaufens Mamajek 2. Die restlichen fünf Sterne von den insgesamt neun Kandidaten verteilen sich auf ein Gebiet südwestlich von μ Oph und sind ca. 3° Grad vom hellsten Haufenmitglied entfernt. Dies verstärkt den Charakter des nicht als solchen erkennbaren Sternhaufens noch zusätzlich; das südlichste Haufenmitglied befindet sich bereits im Sternbild Schwanz der Schlange. Mit Hilfe der Aufsuchkarte sind die schwachen Feldsterne als zu Mamajek 2 gehörende Mitglieder sicher zu identifizieren. Ihre Helligkeiten liegen zwischen $8^m 3$ und $10^m 1$ und sind unter einem typischem Landhimmel (fst ca. $6^m 0$) bereits mit einem stativgestützten 10×50 -Fernglas und indirektem Sehen sichtbar.

■ Nico Schmidt

- [1] King, J. R. et al.: Stellar Kinematic Groups. II. A Reexamination of the Membership, Activity, and Age of the Ursa Major Group, *Astron. J.* 125, 1980 (2003)
 [2] Mamajek, E. E.: A New Nearby Candidate Star Cluster in Ophiuchus at $d \approx 170$ pc, *Astron. J.* 132, 2198 (2006)



Objekt der Saison M 10

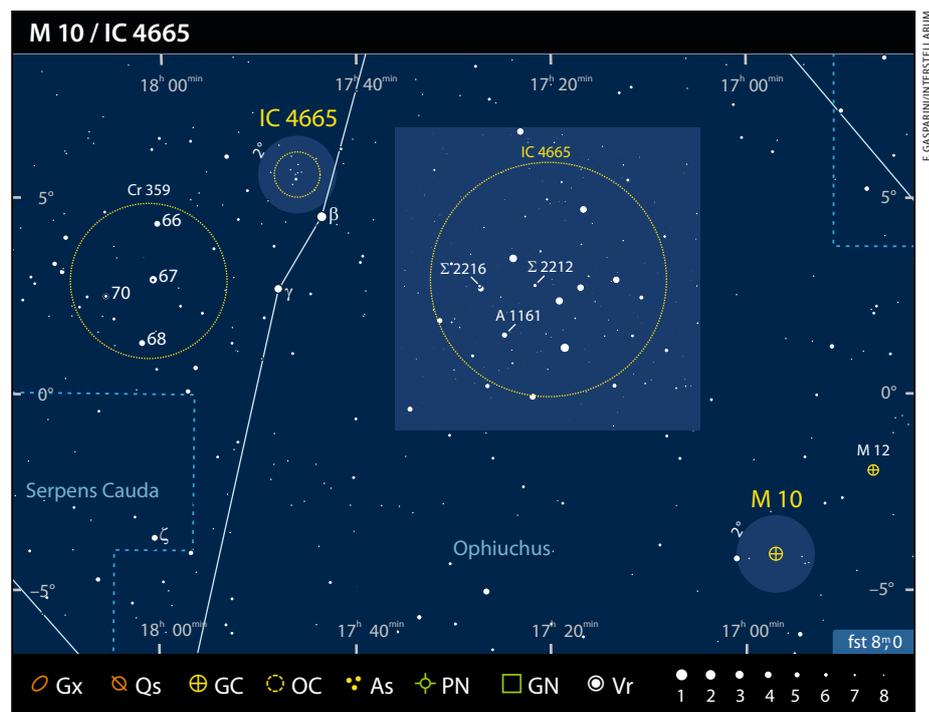
Der Kugelsternhaufen M 10 wurde am 29.5.1764 von Charles Messier entdeckt, eine Nacht später als sein Nachbar M 12. Er beschrieb M 10 als »Nebel ohne Sterne in Ophiuchus nahe dem Stern Nr. 30 gemäß Flamsteed«. Außerdem bezeichnete er den Sternhaufen als »schön und rund mit ca. $4'$ Durchmesser, den man aber mit einem üblichen Fernrohr von drei Fuß nur mit Schwierigkeiten sehen kann« [1]. Wie sehr sich die Teleskoptechnik innerhalb kurzer Zeit weiterentwickelt hatte, verdeutlicht

◀ **M 10** ist für Teleskope aller Öffnung ein dankbares Objekt, im 14-Zöller bei hoher Vergrößerung ist der Anblick beeindruckend.

die Beobachtung von Wilhelm Herschel 20 Jahre später. Mit seinem 20-Fuß-Reflektor erkannte er einen »wunderschönen und extrem kompakten Haufen von Sternen, mit $3' - 4'$ Durchmesser des dichten Zentrums«. Herschels Sohn John beschrieb M 10 als runden, hellen und sehr verdichteten Sternhaufen, der zur Mitte deutlich heller wird und von Sternen 10. bis 15. Größenklasse aufgebaut wird. Den Durchmesser des verdichteten inneren Bereichs gab er mit $6'$ an, den Gesamtdurchmesser inklusive lockerer Ausläufer mit $12'$. Dreyer, der Herausgeber des New General Catalogue (NGC), kennzeichnete den Kugelsternhaufen in seiner Nomenklatur als bemerkenswert, hell, sehr groß, rund, allmählich sehr viel heller zum Zentrum, gut aufgelöst, Sterne 10. bis 15. Größenklasse. Im New General Catalogue wird der Sternhaufen schließlich als NGC 6254 geführt.

Das zehnte Objekt in Messiers Objektliste ist ein 6^m6 heller Kugelsternhaufen mit einer Winkelausdehnung von 20' [2] im Sternbild Schlangenträger (lat.: Ophiuchus). Nach neuesten Messungen beinhaltet M 10 ca. 200000 Sonnenmassen und befindet sich in einer Entfernung von 24750 Lichtjahren; sein wahrer Durchmesser beträgt damit 140 Lichtjahre [3]. Altersbestimmungen, die auf der Untersuchung der Metallizität [Fe/H] basieren, ergeben für M 10, je nach benutzter Skala, ein Alter von $(11,8-12,2) \pm 1,1$ Mrd. Jahre. Entsprechend dem hohen Alter ist der Metallgehalt der Sterne sehr gering und beträgt nur ca. 6% des solaren Wertes [4].

Untersuchungen zur Morphologie von Kugelsternhaufen zeigen, dass diese nahe des galaktischen Bulge durch gravitative Einwirkungen deformiert werden, während sie im Halo vorwiegend symmetrisch rund sind. M 10 ist ein Vertreter der Kugelsternhaufen, die vorwiegend metallarme Population-II-Sterne enthalten und sich im ausgedehnten galaktischen Halo befinden. Er ist mit einem Achsenverhältnis von 0,89 nur geringfügig abgeflacht [5]. Kugelsternhaufen gehören zu den ältesten Gebilden innerhalb unserer Galaxis und sind aufgrund des ungefähr identischen Alters aller Sterne besonders für das Verständnis der Stelldynamik von großem Interesse. Beobachtungen mit dem HST und dem VLT zeigen in Kugelsternhaufen die von Theoretikern schon lange vermutete Massensegregation von Sternen. Durch die zahlreichen engen Begegnungen im dichten Sternengewimmel des Zentrums werden diese entsprechend ihrer Masse sortiert: Massereiche Sterne sinken ins Zentrum, während massearme Sterne beschleunigt werden und in die Außenbereiche des Sternhaufens wandern. Die Beobachtung dieses Effekts ist jedoch sehr anspruchsvoll und setzt exakte Daten der Zentren der Kugelsternhaufen [6] und von Einzelsternen innerhalb des Haufens voraus. Im Zusammenhang mit der Masseansammlung in den Zentren von Kugelsternhaufen wird auch das Vorkommen von Schwarzen Löchern mittlerer Masse diskutiert (IMBH, intermediate-mass black hole), d.h. ihre Massen liegen zwischen denen stellarer und galaktischer Schwarzer Löcher. Nachweise eines IMBH in Omega Centauri (NGC 5139) scheinen plausibel [7], obwohl auch postuliert wird, dass es sich bei ihm nicht um einen Kugelsternhaufen im eigentlichen Sinne handelt, sondern vielmehr um eine ihrer äußeren Hülle beraubte Zwerggalaxie. Für M 10 können aktuelle Untersuchungen das Vorhandensein eines IMBH nicht bestätigen, die beobachteten



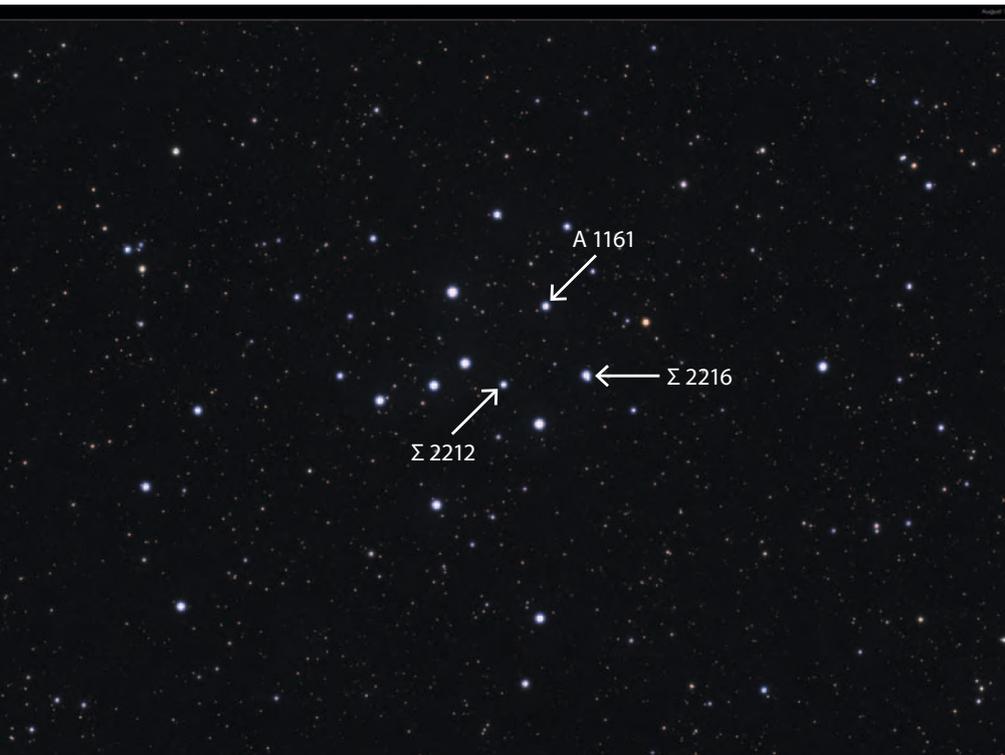
radialen Masseverteilungen werden auf das gehäufte Vorhandensein von Doppelsystemen im inneren Bereich zurückgeführt [8, 9]. Die Untersuchung solcher räumlichen Masseverteilungen in Kugelsternhaufen ist auch im Zusammenhang mit den »Blue Stragglers«, einer besonderen Klasse von Sternen, von Interesse. Diese finden sich in den Zentren von Kugelsternhaufen und sind leuchtkräftiger und blauer als die restlichen Haufensterne, was aber scheinbar im Widerspruch zur Theorie der Sternentwicklung steht, da sich gleichaltrige aber massereichere Vertreter schon in einem weiter fortgeschrittenen Entwicklungsstadium befinden sollten. Sie werden daher als »Blaue Nachzügler« bezeichnet, ihre Entstehung wird durch Massentransfer innerhalb sehr enger Doppelsysteme oder gar durch Sternverschmelzungen erklärt.

M 10 ist auch unter bestem Himmel dem bloßen Auge nicht zugänglich. Für die Sichtung als kleiner Nebelfleck bedarf es wenigstens eines Fernglases mit 30mm Öffnung. Im 16x70-Fernglas ist M 10 unter dunklem Landhimmel ein einfaches Objekt, das bereits eine Helligkeitszunahme zum Zentrum erkennen lässt und damit einen kernähnlichen Charakter erweckt. Besonders attraktiv ist die gemeinsame Beobachtung von M 10 mit M 12, die zusammen in das Gesichtsfeld des Glases passen, wobei M 12 etwas kleiner, aber heller erscheint. Im Refraktor mit 4" Öffnung erscheint M 10 bei 30x als runder diffuser Lichtfleck, bei 60x granuliert, bei 140x weitgehend aufgelöst bei neblig bleibendem Hintergrund. Er ist perfekt rund, das dichtere und hellere Zentrum ist sehr

auffällig. Im 8"-Newton kann der Sternhaufen in Einzelsterne aufgelöst werden. Auffällig ist besonders die große Zahl an sehr hellen Sternen im Zentrum. Mit 14" Öffnung wird M 10 zu einem beeindruckenden Objekt, das dem berühmten M 13 in Herkules in nichts nachsteht: Um den Kernbereich von 5' erstreckt sich ein ausgedehnter Halo bis ca. 15' Durchmesser. Bei 190x sind Sterne bis ins Zentrum aufgelöst, nach außen erstrecken sich lineare und geschwungene Sternketten, die M 10 ein spiralisches Aussehen verleihen.

■ Frank Gasparini

- [1] Stoyan, R.: Atlas der Messier-Objekte, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
- [2] Pflieger, T.: Eye and Telescope, Version 3.2, Oculum-Verlag, Erlangen (2012)
- [3] Recio-Blanco, A. et al.: A homogeneous set of globular cluster relative distances and reddenings, *Astron. Astrophys.* 432, 851 (2005)
- [4] Salaris, M., Weiss, A.: Homogeneous age dating of 55 Galactic globular clusters. Clues to the Galaxy formation mechanisms, *Astron. Astrophys.* 388, 492 (2002)
- [5] Chen, C.W., Chen, W. P.: Morphological Distortion of Galactic Globular Clusters, *Astrophys. J.* 721, 1790 (2010)
- [6] Goldsbury, R. et al.: The ACS Survey of Galactic Globular Clusters. New Determinations of Centers for 65 Clusters, *Astron. J.* 140, 1830 (2010)
- [7] Jalali, B.: Intermediate Mass Black Holes in Star Clusters: The Case of Omega Centauri (NGC 5139), München (2011)
- [8] Beccari, G. et al.: The Dynamical State of the Globular Cluster M10 (NGC 6254), *Astrophys. J.* 713, 194 (2010)
- [9] Dalessandro, E. et al.: The binary fraction in the globular cluster M10 (NGC 6254): comparing core and outer regions, *Astrophys. J.* 743, 11 (2011)



M. WEGAND

► **Der Offene Sternhaufen IC 4665** ist zwar bereits seit Ende des 18. Jh. bekannt, erhielt aber trotz seiner Erkennbarkeit mit bloßem Auge nur eine Nummer im Index-Katalog des NGC.

Objekt der Saison IC 4665

Das Sternbild Schlangenträger (lat.: Ophiuchus) bietet Beobachtern eine enorme Vielfalt von Objekttypen für die kurzen Sommernächte. Diese reicht von Spiralgalaxien über Kugelsternhaufen aller Ausprägungen bis hin zu Dunkelwolken und Planetarischen Nebeln. Grund dafür ist neben der großen Ausdehnung des Sternbildes auch die Position am Himmel, die im Westteil einen relativ freien Blick aus der Milchstraße gewährt, während im Osten und Süden dichte Milchstraßenwolken mit ihren Schätzen locken. Am Ende eines Milchstraßenaufläufers, der von Nordosten bis in den Schlangenträger ragt, findet sich nicht nur das verschollene Sternbild Taurus Poniatowski [1] sondern auch der Sternhaufen IC 4665.

Der Sternhaufen besitzt trotz seiner großen Helligkeit von 4^m2 nur einen Eintrag im IC-Katalog. Dies ist auf eine recht wechselvolle Entdeckungsgeschichte zurückzuführen. Zuerst beschrieben wurde IC 4665 im Zeitraum zwischen 1745 und 1746 durch den Schweizer Beobachter de Chéseaux. Seine Entdeckungen wurden jedoch aufgrund fehlender Mitgliedschaften bei wissenschaftlichen Akademien und mangelnder Akzeptanz in Astronomenkreisen nicht publiziert, sondern nur durch seinen Großvater – seinerseits Mitglied der Akademie der Wissenschaften

– verlesen [2]. Messier wusste von de Chéseaux' Beobachtungen, scheint die Liste jedoch nicht im Detail gekannt zu haben. So ergaben sich unabhängige Wiederentdeckungen durch Bode (1782) und Caroline sowie Wilhelm Herschel (1781, 1783) [3]. Kurioserweise wurden diese Beobachtungen weder im NGC-Katalog noch im ersten Index-Katalog berücksichtigt. So dauerte es bis in das Jahr 1896, in dem S. Bailey eine der ersten fotografischen Durchmusterungen der NGC/IC-Objekte von Arequipa, Peru aus vornahm. Auf den Aufnahmen wurden 252 NGC-Objekte sowie 6 IC-Objekte identifiziert – darunter die beiden hellen Sternhaufen IC 4665 und IC 4756 [4]. Das Ergebnis publizierte Bailey 1908, gerade noch rechtzeitig für den im gleichen Jahr erschienenen zweiten Index-Katalog.

Aus astrophysikalischer Sicht handelt es sich bei IC 4665 um einen wissenschaftlich gut erforschten Offenen Sternhaufen. Die hohe galaktische Breite von 17° ist bereits ein Indiz für ein relativ nah gelegenes Objekt. Mit einer Entfernung von 1150 Lichtjahren zählt IC 4665 nicht nur zu unserer erweiterten galaktischen Nachbarschaft, sondern auch zu den 50 nächsten bekannten Sternhaufen [5]. Das Alter des Haufens beträgt etwa 30 Millionen Jahre, womit das Objekt zu den jüngeren Sternhaufen

gerechnet wird [6]. In diesem Alter ist die aktive Sternentstehung im Haufen bereits abgeschlossen. Die Mitgliedssterne von IC 4665 haben in ihrer Entwicklung die Hauptreihe jedoch noch nicht erreicht. In einigen Publikationen der jüngeren Zeit wird über einen möglichen Zusammenhang mit dem nahegelegenen Sternhaufen Collinder 359 diskutiert. Aufgrund der Entfernungen und Eigenbewegungen besteht die Möglichkeit, dass beide Objekte in der gleichen Molekülwolke entstanden sind [7].

Das Aufsuchen des Sternhaufens gestaltet sich mit Hilfe des markanten Sternpaares β und γ Ophiuchi relativ einfach. IC 4665 findet sich etwa 1,5° nordöstlich von β Ophiuchi und ist unter gutem Landhimmel bereits mit freiem Auge erkennbar. Mehr als ein schwacher Nebelfleck lässt sich allerdings nicht erkennen. Bereits mit kleinsten Ferngläsern steigert sich der Anblick und der Nebel löst sich in Einzelsterne auf. Für die Beobachtung im Teleskop sollte man möglichst niedrige Vergrößerungen einsetzen, da sich der Haufeneindruck sonst schnell verliert. Auf einer Fläche von etwa 1° verteilen sich insgesamt 20 Sterne der 7. bis 10. Größenklasse. Für Doppelsternbeobachter bietet der Haufen gleich mehrere Paare. Am einfachsten ist Σ 2216 mit zwei Komponenten (8^m/10^m) in 27,7" Distanz. Etwas anspruchsvoller ist Σ 2212 mit zwei 9^m5 hellen Komponenten in 2,7" Abstand. Wirklich anspruchsvoll sind Beobachtungen am Paar A 1161 (8^m5/9^m9), das momentan nur 0,7" trennt.

■ Matthias Juchert

- [1] Juchert, M.: *Astronomie mit dem bloßen Auge: Taurus Poniatowski*, interstellarum 40, 17 (2005)
- [2] Stoyan, R.: *Atlas der Messier-Objekte*, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
- [3] Steinicke, W.: *Historic NGC/IC*, www.klima-luft.de/steinicke/ngcic/Expl_Hist_NGCIC.htm (2012)
- [4] Steinicke, W.: *Nebel und Sternhaufen. Geschichte ihrer Entdeckung, Beobachtung und Katalogisierung – von Herschel bis zu Dreyers »New General Catalogue«*, Books on Demand, Norderstedt (2009)
- [5] Dias, W. S. et al.: *New Catalogue of Optically Visible Open Clusters and Candidates*, *Astron. Astrophys.* 389, 871 (2012)
- [6] Lodieu, N. et al.: *The mass function of IC 4665 revisited by the UKIDSS Galactic Clusters Survey*, *Astron. Astrophys.* 532, 103 (2011)
- [7] Lodieu, N. et al.: *A deep wide-field optical survey in the young open cluster Collinder 359*, *Astron. Astrophys.* 450, 147 (2006)

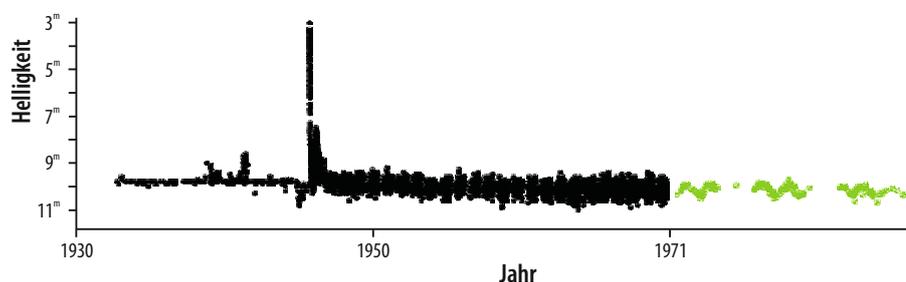
Veränderlicher aktuell

T Coronae Borealis

An einem kalten Februarmorgen 1946 um 2:30 Uhr blieb Leslie Peltier aus Delphos, Ohio, USA anstelle seiner sonstigen Gewohnheit im Bett. Peltier hatte seit 1920 einige Novae lange nach ihrem Helligkeitsausbruch überwacht, um zu sehen, ob sie einen neuerlichen Helligkeitsausbruch zeigen. An diesem Morgen versäumte er die zweite Eruption von T Coronae Borealis, der Nova des Jahres 1866. Der Stern zeigte erstmals, dass es wirklich wiederkehrende Novae gibt, als er mit 3. Größe am Morgenhimmel leuchtete und den Helligkeitsverlauf von 1866 nahezu wiederholte. Schon nach sechs Tagen war T CrB um drei Größenklassen schwächer geworden und nach zwei Monaten war die normale Minimumhelligkeit von 10^m erreicht. Danach gab es noch eine Aufhellung bis auf 8^m. Seit diesem Ausbruch zeigt T CrB einen regelmäßigen Lichtwechsel zwischen 9^m.9 und 10^m.5 mit einer Periode von 227,57 Tagen, der durch nichtperiodisches »Flackern« um bis zu 0,15 Größenklassen überlagert wird [3].

T Coronae Borealis ist etwas südlich des Sternenkranzes der Nördlichen Krone 1° südsüdöstlich von ε CrB leicht zu finden und schon im sehr kleinen Fernrohr zu sehen. Anders als es damals Leslie Peltier, einer der größten visuellen Beobachter Veränderlicher Sterne des vorigen Jahrhunderts, vormachte, lohnt es sich den Stern bei jeder Gelegenheit zu beobachten, um einen möglichen neuen Helligkeitsausbruch zu entdecken. Derzeit sind nur zehn wiederkehrende Novae in der Milchstraße bekannt. Von den bisher beobachteten insgesamt 37 Helligkeitsausbrüchen wurde die Hälfte von Amateurastronomen entdeckt. Die meisten weiteren Ausbrüche wurden auf fotografischen Archivaufnahmen erst Jahre später gefunden, vor allem auf den Fotoplatten

▼ Abb. 2: **Visuelle Lichtkurve** (schwarze Punkte) von 1930–1970 mit dem Novausbruch 1946, sowie Messung der V-Helligkeit (grüne Punkte) im Zeitraum 2008–2010 (zeitlich gedehnt), welche die regelmäßige Helligkeitsänderung mit der Umlaufperiode 227,57 Tage erkennen lassen.

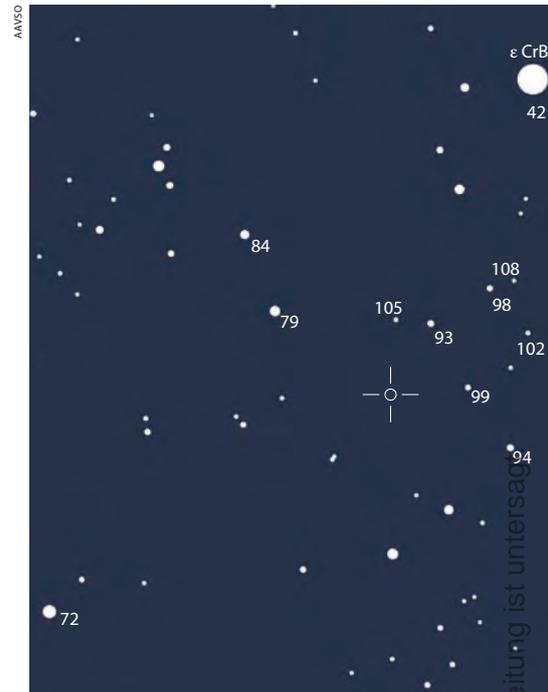


des Harvard College Observatory. Ein lohnendes Projekt ist eine Überwachung weiterer alter Novae, um möglicherweise einen neuerlichen Helligkeitsausbruch zu entdecken.

Wie alle Novae und wiederkehrenden Novae (recurrent novae) ist auch T CrB ein enges Doppelsternsystem. Mit einer für Novae ungewöhnlich langen Umlaufperiode von 227,57 Tagen umkreisen sich ein weißer Zwergstern und ein roter Riesenstern vom Spektraltyp M3 III. Der Rote Riese mit etwas weniger als einer Sonnenmasse füllt sein Rochevolumen aus und verliert daher ständig Masse an den Weißen Zwerg [2]. Der Massenverlust ist etwa eine Million Mal größer als der der Sonne durch den Sonnenwind. Die frische Wasserstoffschicht auf der Oberfläche des Weißen Zwergs wird solange durch die hohe Anziehungskraft des Weißen Zwerges verdichtet und aufgeheizt, bis es zu einer thermonuklearen Explosion, dem Novaausbruch, kommt.

Auch im Ruhezustand zeigt T CrB geringe Helligkeitsschwankungen durch Flackern und eine regelmäßige Helligkeitsänderung von ca. 0^m.5 mit der Umlaufperiode. Diese ist dadurch zu erklären, dass der Rote Riese unterschiedliche Oberflächen-temperatur besitzt und seine Leuchtkraft auf der dem Weißen Zwerg zugewandten bzw. abgewandten Seite unterschiedlich ist. Ein Teil der Helligkeitsänderung erklärt sich durch die veränderliche Querschnittsfläche des Roten Riesen, die während des Umlaufs für uns sichtbar ist.

Bei T CrB ist der weiße Zwerg sehr massereich, nahezu an der maximal möglichen Masse von etwa 1,4 Sonnenmassen, bei der der Elektronendruck der Sternmaterie der enormen Schwereanziehung noch standhalten kann. Sollte der Weiße Zwerg mehr Materie ansammeln und die



▲ Abb. 1: **Aufsuchkarte für T CrB mit Vergleichssternen** (Helligkeiten ohne Komma; 42 entspricht 4^m.2).

Chandrasekhar-Grenzmasse überschreiten, würde er kollabieren und in einer ungeheuren Explosion, einer Supernova vom Typ Ia, zerstört werden.

Normale oder klassische Novae unterscheiden sich von wiederkehrenden Novae durch die vermuteten viel längeren Zwischenräume von hunderten oder mehr Jahren zwischen den einzelnen Novaeruptionen. Sie zeigen meistens auch deutlich größere Helligkeitsamplituden von 10^m oder mehr. Ursache dürfte die geringere Masse des Weißen Zwergs und seines Begleitsterns sein. Daher könnte es auch alle Zwischenformen der beiden Novatypen geben.

■ Wolfgang Vollmann

- [1] Schaefer, B. E.: Comprehensive Photometric Histories of All Known Galactic Recurrent Novae, *Astrophys. J. Suppl.* 187, 275 (2010)
- [2] Shahbaz, T. et al.: The massive white dwarf in the recurrent nova TCrB, *MNRAS* 288, 1027 (1997)
- [3] Dobrotka, A. et al.: Searching for flickering statistics in T CrB, *MNRAS* 402, 2567 (2010)

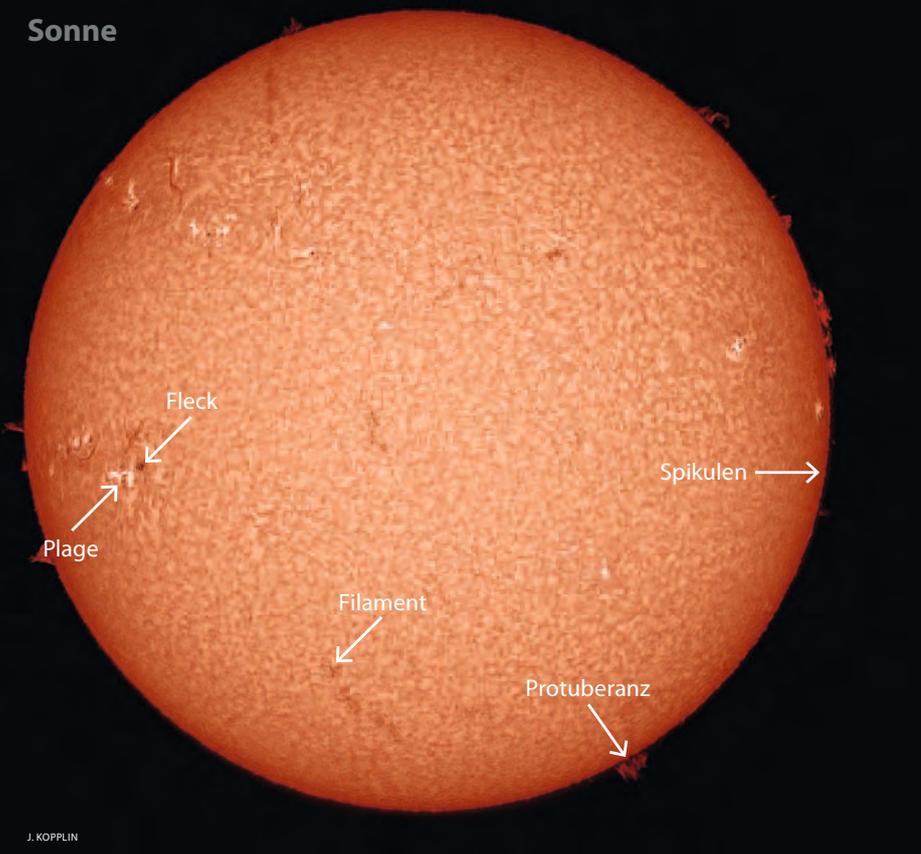
Surftipps

Wiederkehrende Nova U Scorpii:

www.aavso.org/vsots_usco

Lichtkurven Veränderlicher erstellen:

www.aavso.org/vstar-overview



J. KOPPLIN

▲ Abb. 1: **Die Sonne im Ha-Licht** ist ein faszinierendes Beobachtungsobjekt. An der Häufigkeit der auftretenden Protuberanzen, Filamente, Fackeln und Flares kann man den Aktivitätszyklus unseres Sterns ablesen. CCD-Mosaik vom 30.5.2011. 102mm-Refraktor bei 700mm, DMK 31AU03.AS, PST-Etalon, BF15-Filter.

Überwachung der Roten Sonne

Die Ha-Relativzahl 2008–2011

VON MARTIN HÖRENZ

In interstellarum 57 wurde mit der Ha-Relativzahl ein neues Beobachtungsprogramm für die Amateurastronomie eingeführt. Ziel dieses Programms ist es, längerfristige Sonnenflecken-Beobachtungen mit Beobachtungen im Ha-Licht zu vergleichen. Seit Beginn des Programms 2008 erfolgt die Sammlung von Beobachtungsergebnissen über die Homepage von interstellarum. Auf diese Weise wurden in vier Jahren mittlerweile über 4000 Einzelbeobachtungen von fast 40 Beobachtern gesammelt.

Nach der Markteinführung von kleinen Ha-Teleskopen vor wenigen Jahren, beispielsweise dem Coronado PST oder dem Lunt LS 35 (vgl. interstellarum 72), stellte sich zunehmend die Frage nach einem der Bestimmung der Sonnenfleckenrelativzahl vergleichbaren Programm für Ha-Beobachtungen, welches sowohl Einsteigern als auch ambitionierten Sonnenbeobachtern ein Betätigungsfeld zur Verfolgung der Sonnenaktivität bietet. Als Maßzahl für die Sonnenaktivität stellte daher Peter Völker auf Anregung von Ronald Stoyan die Ha-Relativzahl vor [1].

Die Sonne im Ha-Licht

Vor allem durch das Zusammenspiel des globalen solaren Magnetfeldes mit der Sonnenrotation und der Konvektion in den oberen Schichten der Sonne (sichtbar als Granulation) bilden sich auf der Sonne sehr starke lokale Magnetfelder. Diese führen zu einer Behinderung von auf- und absteigender Materie, wodurch es zu einer lokalen Temperaturreduzierung oder -erhöhung kommen kann. An solchen Stellen lassen sich dann die dunklen Sonnenflecken (geringere Temperatur) oder hellen Fackeln (erhöhte Temperatur) beobachten,

Achtung! Die Sonne darf nie ohne geeigneten Filter beobachtet werden! Auch die Beobachtung im Ha-Licht ist gefährlich, wenn kein geeigneter Energieschutzfilter eingesetzt wird. Bleibende Augenschäden wären die Folge!

wenn beispielsweise mit einem »normalen« Objektivsonnenfilter beobachtet wird.

Die Formen der Sonnenaktivität im Ha-Licht unterscheiden sich deutlich von denen im Weißlicht, da hier anstelle in die Photosphäre in die darüber liegende Chromosphäre geschaut wird. Selbst im Minimum zeigt die Sonne in Ha-Teleskopen ein relativ kontrastarmes Muster, das sich jedoch deutlicher abzeichnet als die Granulation im Weißlicht. Dieses schnelllebige Muster wird als Chromosphärisches Netzwerk bezeichnet. Es zeigt sich auch am Sonnenrand ab einer mittleren Vergrößerung von ca. 40–50× in Form von Spikulen, bestehend aus tausenden kleinen Spitzen, die sich innerhalb weniger Minuten bilden und wieder vergehen.

Sehr deutlich stechen dagegen die Protuberanzen hervor. Hierbei handelt es sich um Wolken aus ionisiertem Gas, die durch Magnetfelder über der Sonnenoberfläche gehalten werden. Durch die Sonnenrotation bietet sich dem Beobachter jeden Tag ein neues Bild. Neben den ruhigen Protuberanzen kann man manchmal auch eruptive Protuberanzen verfolgen – bei diesen sind oft bereits innerhalb weniger Minuten deutliche Veränderungen erkennbar.

Protuberanzen sind helle Erscheinungen am Sonnenrand vor einem dunklen Hintergrund. Trotzdem ist ihre Helligkeit geringer als die der Chromosphäre. Damit können Protuberanzen auch als dunkle Strukturen vor der Sonnenscheibe gesehen werden. Sie werden dann aber als Filamente bezeichnet. Vor der Sonne zeigt sich die Langlebigkeit dieser Erscheinungen. Oft lassen sich Filamente über einen Zeitraum von bis zu 14 Tagen verfolgen, bevor sie als Protuberanz über dem Sonnenrand erscheinen und auf der Rückseite der Sonne verschwinden.

Wie bei der Beobachtung mit normalem Sonnenfilter lassen sich auch im Ha-Licht Sonnenflecken beobachten. Hier treten sie aber weniger deutlich in Erscheinung. Oft sind nur die Umbren von größeren Flecken zu erkennen, kleine Flecken sucht man oft vergebens.

Bei entsprechender Justierung der Wellenlänge des Ha-Filters fallen oft auch helle Regionen auf. Diese Erscheinungen werden als Chromosphärische Fackeln oder auch Plages bezeichnet. Die Bildung von Chromosphärischen Fackeln ist oftmals mit der Bildung von Sonnenflecken verbunden. So

Die Idee der Relativzahl

Um die Sonnenaktivität untersuchen zu können, wollte man diese auf möglichst einfache Weise messen. Dabei stellte sich die Frage, ob die Einzelflecken oder die Fleckengruppen die bessere Maßzahl darstellen. Einen Kompromiss stellte Rudolf Wolf im 19. Jahrhundert mit der Sonnenfleckenrelativzahl vor. Hierfür werden zunächst die auf der Sonne sichtbaren Gruppen (g) gezählt und mit dem Faktor 10 multipliziert. Dabei werden nicht nur Ansammlungen mehrerer Flecken als Gruppe berücksichtigt, auch ein isolierter Einzelfleck stellt eine eigene Gruppe dar. Zu diesem Zwischenergebnis wird anschließend die Anzahl aller sichtbaren Einzelflecken (f) in den Gruppen addiert. Damit ergibt sich die bekannte Formel zur Bestimmung der Sonnenfleckenrelativzahl:

$$R = 10 \cdot g + f$$

Befinden sich also beispielsweise auf der Sonne ein Einzelfleck ($g = 1$ und $f = 1$) sowie eine weitere Ansammlung von acht Einzelflecken ($g = 1$ und $f = 8$), ergibt sich somit $R = 29$.

Aber schon durch das regelmäßige Zählen der Fleckengruppen kann der Sonnenfleckenzyklus gut nachvollzogen werden, die Korrelation zur Relativzahl ist hoch. Sogar durch Beobachtungen von Flecken, die nur mit dem bloßen Auge (und einem Filter) sichtbar sind, kann die Sonnenaktivität relativ genau verfolgt werden.

können sich beispielsweise in einer neu entstandenen Plage-Region ein bis zwei Tage später auch Sonnenflecken ausbilden. Wie Filamente und Sonnenflecken bewegen sich Plages aufgrund der Sonnenrotation scheinbar vom Ostrand zum Westrand und können dann über einige Tage verfolgt werden.

Häufig treten Sonnenflecken, Plages und Filamente zusammen auf. Besonders in Bereichen zwischen größeren Sonnenflecken können an einigen Tagen kleine Stellen gefunden werden, an denen die Helligkeit gegenüber den Plages noch einmal deutlich erhöht ist. In diesem Fall tritt ein Flare auf, bei dem in Magnetfeldern gespeicherte Energie plötzlich freigesetzt wird. Um Verwechslungen zu vermeiden, sollte man hier einige Minuten am

Fernrohr bleiben und die Entwicklung verfolgen – die Lebensdauer eines solchen Flares beträgt oft nur wenige Minuten.

Wie wird die H α -Relativzahl bestimmt?

Wie die Sonnenflecken im Weißlicht treten die verschiedenen Erscheinungen in Gruppen auf. Eine solche Gruppe wird auch als Aktivitätsherd bezeichnet. Die Ausprägung dieser Herde ist hier allerdings oft weniger deutlich.

Für die Bestimmung der H α -Relativzahl werden alle auf der Sonne befindlichen Herde erfasst, die mindestens eine Protuberanz, ein Filament oder eine Chromosphärische Fackel (Plage) enthält. Ein Herd kann somit eine kleine Protuberanz sein, aber auch ein größeres Gebiet mit Sonnenflecken, mehreren Plages und Filamenten oder sogar einem Flare! Die H α -Relativzahl wird schließlich ermittelt, indem die Anzahl dieser Aktivitätsherde (h) mit dem Faktor 10 multipliziert wird. Dieser Faktor dient ausschließlich der besseren Vergleichbarkeit mit der Sonnenfleckenrelativzahl. Damit ergibt sich die Formel zur Bestimmung der H α -Relativzahl:

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

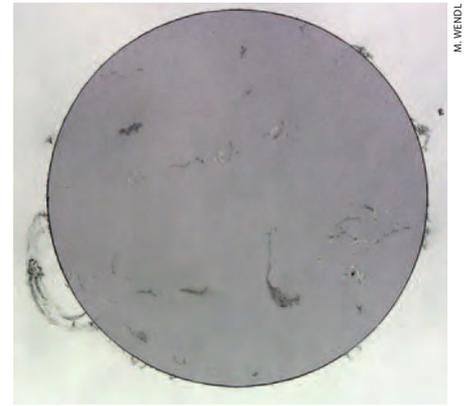
Auf eine gesonderte Erfassung der Einzelercheinungen wird dabei bewusst verzichtet, um das Programm so einfach wie möglich zu halten. Somit werden weder überdurchschnittliche Anforderungen an das Instrumentarium noch an die Erfahrung des einzelnen Beobachters gestellt.

Fehlerquellen bei der Ermittlung der H α -Relativzahl sind neben einer unzureichenden Justierung des H α -Filters, wodurch man weniger oder gar nichts mehr sieht, vor allem in der unterschiedlichen Sichtweise zur Einteilung der Aktivitätsherde zu finden. Durch die Einführung eines persönlichen Korrekturfaktors in der Auswertung kann diese Fehlerquelle aber herausgerechnet werden – vorausgesetzt, die generelle Zählweise jedes einzelnen Beobachters ändert sich nicht. So sollte ein Beobachter bei gleichem Anblick im Idealfall stets auf das gleiche Ergebnis kommen.

Eine große Rolle spielt dabei auch die Bildausrichtung: Während eine Kette von kleineren Filamenten, die parallel zum Sonnenäquator liegen, als ein Herd zu zählen ist, muss für eine senkrechte Anordnung eventuell eine Unterteilung in mehrere Herde vorgenommen werden.

Auswertung der bisherigen Beobachtungen

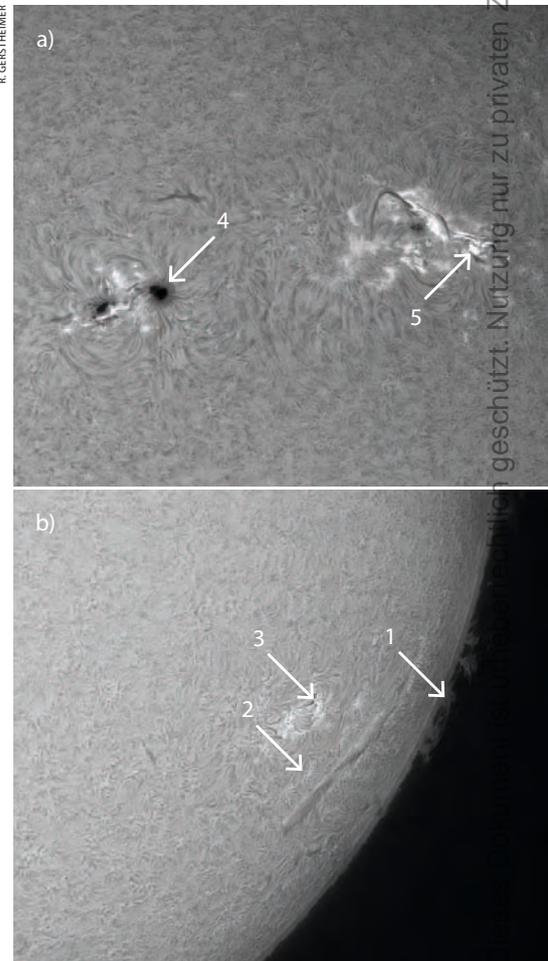
Die auf der interstellarum-Homepage zu findenden Beobachtungen stellen zunächst



▲ Abb. 2: Sonne mit Riesenprotuberanz am 18.1. 2012, gezeichnet an einem Coronado PST bei 44x.

Rohwerte dar. Die unterschiedliche Zählweise der einzelnen Beobachter, Fehl- oder Doppeleingaben, aber auch wechselnde Instrumente führen zu Fehlern, die durch eine Auswertung ausgeglichen werden müssen. Dabei wird für jeden Einzelbeobachter ein persönlicher Korrekturfaktor errechnet. Wie eine solche Auswertung genau erfolgt, wurde in interstellarum 69 [2] und Sonne 127 [3] vorgestellt.

▼ Abb. 3: Phänomene der Sonne in H α : Protuberanz (1), Filament (2) und Plage (3), Sonnenfleck (4) und Flare (5). CCD-Aufnahmen am 28. 6. 2011 (a) und 2.8.2011 (b), 4"-Refraktor, DMK 31AF03.AS.

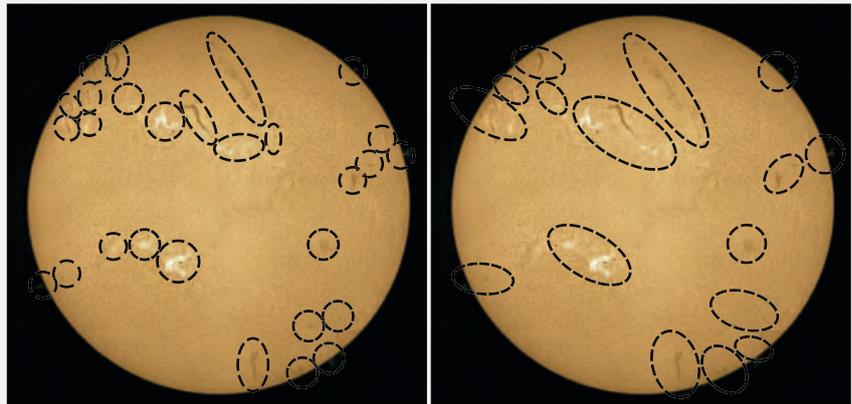


Die H α -Relativzahl richtig bestimmen

Die Einteilung der Herde ist nicht eindeutig festgelegt. Besonders am Rand fällt die Einteilung wegen der perspektivischen Verkürzung oft schwer. Orientieren kann man sich aber an den Regeln zur Einteilung der Fleckengruppen bei Weißlichtbeobachtungen [4].

Alle Erscheinungen innerhalb eines $5^\circ \times 5^\circ$ großen Gebietes auf der Sonne sind als ein Herd zu zählen. Für die Einteilung größere Herde spielt die Ausrichtung zum Sonnenäquator eine wichtige Rolle. Ein Herd mit einer Länge von 20° ist ebenfalls nicht zu trennen, wenn dieser parallel zum Äquator ausgerichtet ist, insbesondere wenn keine »Lücken« ohne Aktivität dazwischen zu beobachten sind. Große Filamentregionen können diese 20° sogar weit überschreiten. Eine Kette von Filamenten in Nord-Süd-Richtung ist dagegen zu trennen, wenn diese die genannten 5° auf der Sonne überschreitet.

Die Abbildung zeigt zwei Beispiele zur möglichen Einteilung der Herde. Die Zählung in der Abbildung links ergibt hier 28 einzelne Herde, die Zählung in der rechten Abbildung dagegen 16 Herde. Dementsprechend folgt für $R_{H\alpha,1} = 280$ nach der linken Abbildung



▲ **Einteilung von Aktivitätsherden** zur Bestimmung der H α -Relativzahl anhand von zwei Beispielen. CCD-Mosaik aus vier Aufnahmen, aufgenommen am 2.6.2011 um 14:17 UT mit Coronado PST, DMK 41AF02, 2x-Barlowlinse.

bzw. $R_{H\alpha,2} = 160$ nach der rechten Abbildung – eine sehr große Differenz.

Wurden aber beispielsweise durch den längeren Vergleich der Beobachtungsreihen Korrekturfaktoren von $k_1 = 0,9$ für den ersten Beobachter und $k_2 = 1,5$ für den zweiten Beobachter bestimmt, folgen korrigierte H α -Relativzahlen von $R_{H\alpha,1,korr} = 252$ für Beobachter 1 und $R_{H\alpha,2,korr} = 240$ für Beobachter 2.

Diese liegen nun schon deutlich näher beieinander – die unterschiedlichen

Ergebnisse lassen sich also nur durch einen Korrekturfaktor miteinander vergleichen. Als Tagesmittelwert würde dann $R_{H\alpha} = 246$ folgen, insofern keine weiteren Daten berücksichtigt werden.

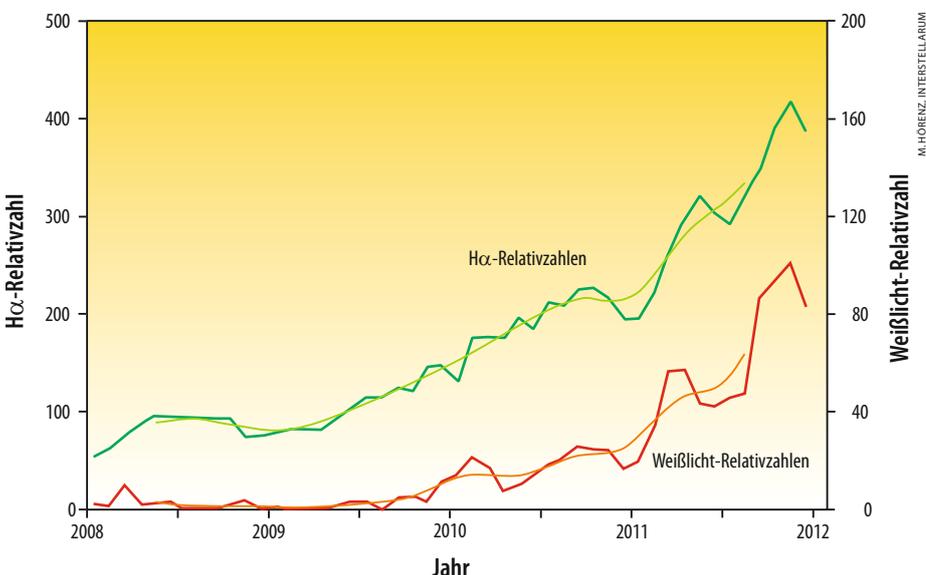
Fotos geben den realen Anblick nur unzureichend wieder, da für die Aufnahme schwacher Protuberanzen und der hellen Erscheinungen auf der Oberfläche ein größerer Kontrastumfang erforderlich ist, als dies zurzeit ohne aufwändige Nachbearbeitung möglich ist.

Die Ergebnisse einer aktualisierten Auswertung zeigt Abb. 4. Hier sind die Monatsmittelwerte sowie die Trendlinie der H α -Relativzahl im Vergleich zu den provisorischen Sonnenflecken-Relativzahlen der VdS-Fachgruppe Sonne dargestellt. Gut nachvollziehen lässt sich das nahezu synchrone Ansteigen beider Kennzahlen.

Bisher wurde dank einer nahezu

konstanten Beobachteranzahl eine gute Abdeckung im Bereich von 70–85% erreicht. Nach 2008 konnte im Jahr 2011 die Marke von 300 Beobachtungstagen wieder übertroffen werden. Trotzdem bleiben die in Deutschland üblichen Wetterlagen Ursache dafür, dass insbesondere in den Wintermonaten meist an weniger als 20 Tagen beobachtet werden kann. Hier ist

jede Einzelbeobachtung hilfreich, um diese Lücken in Zukunft zu reduzieren. Alle Leser sind deshalb eingeladen, sich an diesem einfachen und abwechslungsreichen Programm zu beteiligen.



- [1] Völker, P.: Die H α -Relativzahl; interstellarum 57, 36 (2008)
- [2] Delfs, M., Hörenz, M., Hesse, A.: Zwei Jahre H α -Relativzahl, interstellarum 69, 40 (2010)
- [3] Hörenz, M., Hesse, A.: Die H α -Relativzahl – eine erste Auswertung, Sonne 127, 23 (2010)
- [4] Reinsch, K. et al. (Hrsg.): Die Sonne beobachten, Spektrum Verlag, Heidelberg (1999)

Surftipps

H α -Relativahl:

www.interstellarum.de/halpha-ergebnisse.asp

Fachgruppe Sonne:

www.vds-sonne.de

◀ Abb. 4: Vergleich der provisorischen Sonnenflecken-Relativzahlen (rot) mit der H α -Relativzahl (grün), Stand 20.1.2011.

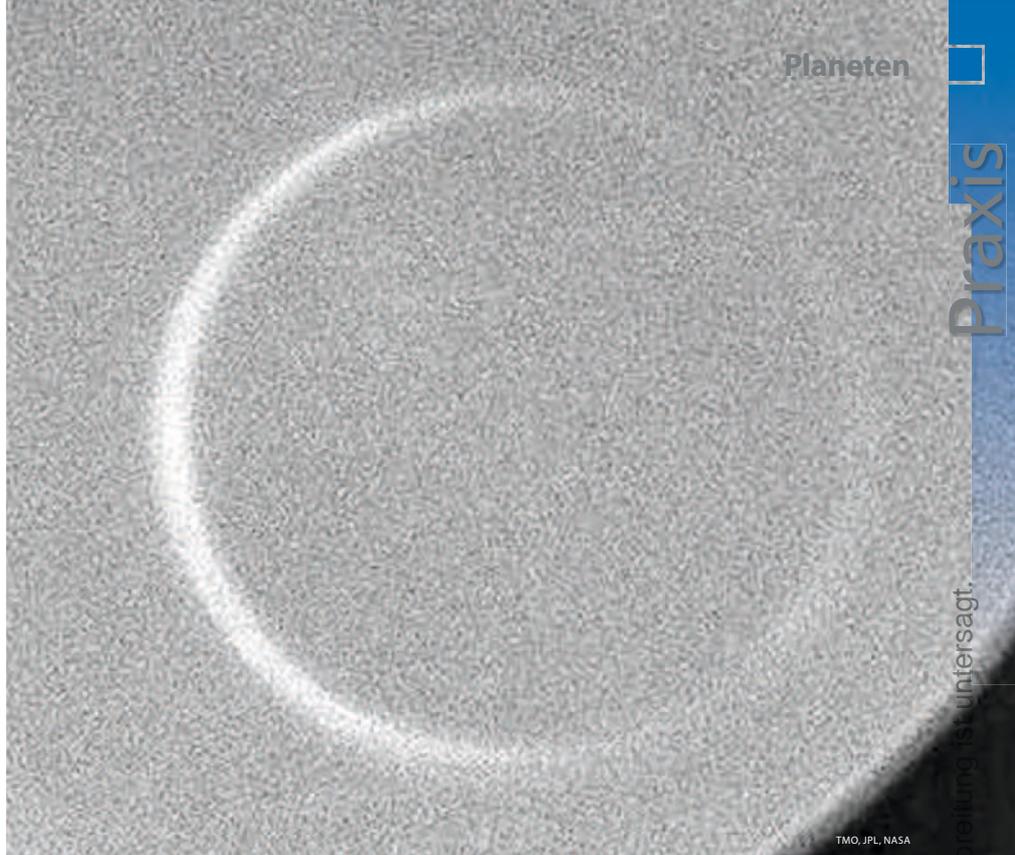
Der Venusring

Extrembeobachtungen vor und nach dem Venustransit

VON RONALD STOYAN

Nähert sich Venus ihrer Unteren Konjunktion mit der Sonne, erscheint sie in täglich schmaler werdender Sichelgestalt (vgl. interstellarum 49). Dabei kommt es zum Phänomen der »übergreifenden Hörnerspitzen«: Die Sichelenden greifen über die Halbkreisform hinaus. Wenn der Abstand zur Sonne einen bestimmten Wert unterschreitet, ist sogar ein ganz besonderes Phänomen zu sehen, dessen Beobachtung viel Können und Vorsicht erfordert – die Sichel schließt sich zu einem kompletten Ring. Die Bedingungen dafür sind vor und nach dem Venustransit am 6. Juni ideal.

Der Grund für die Entstehung der übergreifenden Hörnerspitzen ist in der dichten Atmosphäre der Venus zu suchen. Sonnenstrahlen, die durch die oberen Atmosphärenschichten wandern, werden zur Nachtseite des Planeten hin gebrochen und gestreut. Diesen Effekt gibt es nicht nur in den Sichelphasen einer Venus-Sichtbarkeit – die tatsächlich beobachtete Phase ist der mathematisch berechneten immer etwa 3–5 Tage voraus (Morgensichtbarkeit) bzw. bleibt hinter ihr zurück (Abendsichtbarkeit). Dieser Unterschied fällt vor allem zur Halbphase des Planeten auf – hier wird diese zeitliche Differenz als Schröter-Effekt behandelt.



▲ Abb. 1: **Diese Aufnahme vom 20.6.1964** ist vielleicht die beste existierende Dokumentation des Venusrings. Sie entstand bei einem sehr nahen Vorbeigang der Venus an der Sonne während ihrer Unteren Konjunktion am Abend des Vortags. Fotografiert wurde mit einem 16"-Cassegrain auf Kodak III-F-Glasplatte mit RG1-Filter bei einem Öffnungsverhältnis von f/60. Die Belichtungszeit betrug 0,08s. Die Sonne wurde durch eine Maske abgeschattet, die an der Sternwartenkuppel befestigt war (links).

Der Venusring

Während des großen Teils der Venusphasen tritt der Effekt als Verschiebung des Terminators auf die Nachtseite der Venus auf. Erst bei schmalen Sichelphasen werden auch die Hörner der Venus als verlängert wahrgenommen. Damit es jedoch zur Beobachtung eines vollständig geschlossenen Rings kommen kann, ist eine Venusphase von 1% (Anteil des beleuchteten Durchmessers) oder kleiner nötig. Solch extreme Sichelphasen treten nur dann ein, wenn Venus in ihrer Unteren Konjunktion die Sonne sehr nahe passiert – oder sie durchquert. Die Tage vor und nach dem

Venustransit am 6. Juni sind deshalb besonders günstige Gelegenheiten, dieses seltene Phänomen zu beobachten. In einer »normalen« Unteren Konjunktion, bei der die Elongation der Venus bis zu 9° betragen kann, ist lediglich ein »Durchschwenken« der Sichel zu beobachten.

▼ Abb. 2: **Venus zwei Tage vor dem Transit vom 8.6.2004** bei einem Abstand von 3,3° zum Sonnenzentrum. Der Ring ist noch nicht geschlossen, dazu muss der Planet der Sonne bis unter 2° nahe kommen.



OBSERVATOIRE DU PIC DU MIDI

is-Mitarbeit

Ist Ihnen ein Bild der übergreifenden Hörnerspitzen oder sogar des Venusrings gelungen? Senden Sie uns Ihre Zeichnung oder Ihr Foto per Upload auf die interstellarum-Website (s. Surfipps). Wir veröffentlichen Ihre Aufnahmen in der nächsten Ausgabe!

interstellarum untersagt.

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



▲ Abb. 3: Die Venussichel acht (oben), fünf (Mitte) und drei (unten) Tage vor dem Transit.

Die Dicke des Venusrings beträgt kaum mehr als 1" bei ca. 60" Durchmesser des Planeten. Visuelle Beobachter haben diesen Anblick als sehr fragil beschrieben, das Seeing lässt den Ring teilweise fragmentarisch erscheinen. Auf Fotos ist er systematisch dicker abgebildet (vgl. Kasten).

Historische Beobachtungen

Johann Hiernonymus Schröter, der Pionier der systematischen visuellen Mond- und Planetenbeobachtung, widmete Venus viel Aufmerksamkeit. So gilt er auch als Entdecker des Phänomens der übergreifenden Hörnerspitzen. In seinen aphroditographischen Fragmenten notierte er: »Am 9ten März 1790, gleich nach dem Untergange der Sonne und bis 6 U. 45 Min. fiel Venus unter 74- 94- und 161 mal. Vergr. des 7f Hersch. Reflector ausserordentlich prachtvoll und deutlich solchergestalt ins Gesicht, dass das südliche Horn nicht in kreisförmiger Gestalt, sondern parabolisch ausserhalb des Kreisbogens erschien, und augenfällig deutlich über die erleuchtete Halbkugel in die Nachtseite erleuchtet hervortrat.« [1] Schröter beobachtete bis zum 12.3.1790 und nach der Unteren Konjunktion ab dem 23.3., konnte Venus aber nie bei weniger als 10° Sonnenabstand sehen, so dass ihm das Venusring-Phänomen verborgen blieb.

Anders traf es der erfahrene visuelle Beobachter Edward Emerson Barnard, der am 5.12.1890 beobachtete, als die Venus nur ca. 2° von der Sonne entfernt stand. Er sah einen »fast vollständigen Ring, der leicht über 340° gesehen werden konnte, und mehrfach dachte ich ihn komplett zu sehen, aber das schlechte Seeing am Taghimmel machte es unmöglich sicher zu gehen.« Er notierte weiter: »Keine Unregelmäßigkeiten der Sichel noch Flecken auf der dunklen Seite der Venus konnten gesehen werden, noch gab es einen Unterschied zwischen der dunklen Seite des Planeten und dem Himmel.« [2]

Beobachtungstipps

Der Venusring ist nur bei Elongationen von 2° oder weniger sichtbar – die gleißend helle Sonne steht also in unmittelbarer Nähe des ca. -3^m7 hellen Planeten. Diese Tatsache erfordert höchste Sorgfalt und Vorsicht, denn ein unbeabsichtigter Schwenk des Teleskops in die Sonne kann das Augenlicht kosten!

Vorteilhaft zum Aufsuchen sind eine gut justierte parallaktische Montierung, besser noch eine genau initialisierte GoTo-Montierung, so dass ein Aufsuchen mittels Differenzkoordinaten oder GoTo-Steuerung möglich ist. Ohne diese sollte ein Versuch nur im Schatten gewagt werden, so dass ein versehentliches Einstellen der Sonne im Okular ausgeschlossen ist. In jedem Fall sollte vor dem ersten Blick ins Okular geprüft werden, ob die Sonne im Gesichtsfeld steht. Anzueraten ist deshalb auch für das Aufsuchen eine höhere Vergrößerung von mindestens 100x. Okulare mit engem Gesichtsfeld sind hier von Vorteil. Das Teleskop sollte bereits vorher exakt scharf gestellt sein. Das Sucherteleskop sollte generell abgedeckt bleiben.

Sehr vorteilhaft ist es, eine Maske so am Teleskop zu befestigen, dass die Sonne abgedeckt wird. Diese hat nicht nur den Vorteil, dass die Gefahr der direkten Sonneneinstrahlung in das Teleskop vermieden wird, sondern sie führt auch zu einer Kontrastverbesserung zwischen der feinen Venussichel und dem extrem hellen Himmelshintergrund. Ein zusätzlicher Rotfilter ist anzueraten. Auf diese Weise haben beim Venustransit 2004 einige Beobachter den Venusring bei bis zu 1,5° Abstand vom Sonnenrand dokumentieren können (vgl. Kasten).

Bedingungen vor und nach dem Venustransit

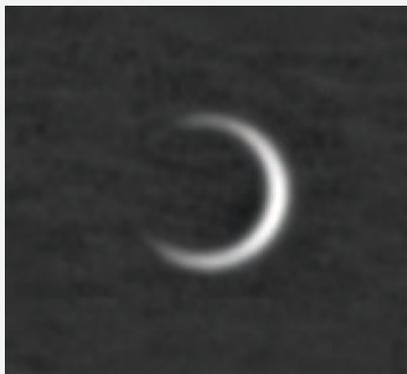
Für eigene Versuche kommen nur drei Tage vor und nach dem Transit am 6. Juni infrage. Die Elongation zur Sonne verändert sich in dieser Zeit um ca. 1,6°

Tab. 1: Venus vor dem Transit (Daten für 19:00 MESZ)			
Datum	Helligkeit	Phase	Elongation
1.6.	-3^m9	0,7%	6,9° Ost
2.6.	-3^m9	0,4%	5,4° Ost
3.6.	-3^m8	0,2%	3,8° Ost
4.6.	-3^m7	0,1%	2,2° Ost
5.6.	-3^m7	0,0%	0,6° Ost

Tab. 2: Venus nach dem Transit (Daten für 6:00 MESZ)			
Datum	Helligkeit	Phase	Elongation
7.6.	-3^m7	0,0%	1,8° West
8.6.	-3^m8	0,2%	3,4° West
9.6.	-3^m8	0,4%	5,0° West
10.6.	-3^m9	0,6%	6,5° West
11.6.	-3^m9	1,0%	8,1° West

Der Venusring von 2004

Vor und nach dem Venustransit am 8.6.2004 bestand zum letzten Mal eine gute Gelegenheit, den Venusring zu dokumentieren. Wir haben die besten Ergebnisse internationaler Beobachter gesammelt und sie zu ihrer Beobachtungstechnik befragt.



▲ **Carsten Arnholm**, 5.6.2004, 14:20 UT, 66 Stunden vor dem Transit, $4,4^\circ$ Elongation zum Sonnenzentrum.

Die Aufnahme entstand mit einem 90/1000-Refraktor mit einer Philips ToU-Cam 740k und IR-Blockfilter. Um den Glanz der Sonne zu vermeiden, wurde eine extrem lange »Taukappe« aus einer Isomatte improvisiert. In der Nacht zuvor wurde die Montierung genau eingenordet und das Teleskop mit Kamera fokussiert. Das Teleskop wurde danach nicht mehr bewegt. Das Aufsuchen wurde mithilfe der GoTo-Funktion der Montierung vorgenommen, nachdem zuerst die Sonne eingestellt wurde. Diese wurde so genau wie möglich zentriert. Dann erfolgte der Schwenk auf Venus, die nach einigen Fehlversuchen im kleinen Chip der Webcam auftauchte. Eine visuelle Beobachtung erfolgte zu keinem Zeitpunkt, der Autor rät aus Sicherheitsgründen davon ab.



▲ **Paolo Tanga**, 9.6.2004, 7:05 UT, 19 Stunden nach dem Transit, $1,5^\circ$ Elongation zum Sonnenzentrum.

Aufnahme und Zeichnung entstanden mit einem 178/1424-Maksutov-Newton, der auf 77mm abgeblendet wurde. Während der Beobachtung herrschte schlechtes Seeing, aber sehr gute Transparenz. An einem 3m langen Stab wurde ein viereckiges Stück Pappe befestigt und so platziert, dass der Schatten genau auf die Öffnung fiel. Das Aufsuchen erfolgte per GoTo, nachdem zuvor die Sonne genau zentriert wurde. Trotz Schattenmaske war das Bild im Teleskop sehr hell. Venus konnte trotzdem

sofort als sehr dünner Lichtring erkannt werden, viel dünner als auf den Bildern erscheinend. Der Autor rät, die schattenspendende Maske möglichst weit vor dem Teleskop zu fixieren, wobei es ideal ist, diese gleichzeitig bewegen zu können.



▲ **Odd Trondal**, 9.6.2004, 7:32 UT, 20 Stunden nach dem Transit, $1,6^\circ$ Elongation zum Sonnenzentrum.

Die Aufnahme entstand mit einem 250/2500-SCT, abgeblendet auf 40mm. Zusätzlich wurde an der Objektiveite des Teleskops eine ca. 50cm lange Stange mit einem Gegengewicht montiert, das als Schattenspender fungierte. Für die Aufnahmen wurde eine MX916-CCD-Kamera verwendet, wobei ein roter und grüner Filter kombiniert wurden, um die Lichtfülle zu minimieren. Die Belichtungszeit betrug 0,2s. Das Aufsuchen geschah auch hier mit einer GoTo-Montierung, wobei darauf geachtet wurde, nicht über die Sonne zu schwenken. Auf der Aufnahme sind zahlreiche Spuren von Staubpartikeln zu sehen. Eine visuelle Beobachtung erfolgte nicht.

pro Tag. Für die Dokumentation des Venusrings sind deshalb der 4. und 5. Juni (Venus steht östlich der Sonne) und der 7.6. (Venus steht westlich der Sonne) entscheidend. Übergreifende Hörnerspitzen sollten aber bereits bis zu einer Woche vor und nach dem Transit zu beobachten sein.

Eine sehr gute Transparenz hilft stark bei der Beobachtung. Deswegen ist es günstiger, Versuche bei hohem Stand von Sonne und Venus am Nachmittag (vor dem Transit) und Vormittag (nach dem Transit) zu unternehmen. Hilfreich

ist Wetter mit einzelnen gut begrenzten Cumuluswolken, da optimale Bedingungen eintreten, wenn diese die Sonne bedecken, der Planet daneben aber sichtbar ist.

Am 1.6. gibt es zum Auftakt der »heißen Phase« ein besonderes Bonbon: Gegen 20:00 MESZ passiert Venus den Merkur, der gerade seine Obere Konjunktion hinter sich hat, in nur 13' Abstand. Merkur ist voll beleuchtet und deshalb $-1^m,5$ hell und bietet ideale Bedingungen, trotz seines kleinen Scheibchens Oberflächenstrukturen zu dokumentieren.

- [1] Schroeter, J. H.: Aphroditographische Fragmente zur genauern Kenntniss des Planeten Venus, Helmstedt (1796)
- [2] Barnard, E. E.: Observations of Venus near Inferior Conjunction, Astron. Nachr. 126, 295 (1891)

Surftipps

Ergebnisse von 2004:

www.eso.org/public/outreach/eduoff/vt-2004/photos/vt-photos-page20.html

Upload eigener Bilder:

www.interstellarum.de/aktuelleereignisse.asp



ESA, NASA, F. PONT (GENEVA UNIVERSITY OBSERVATORY)

▲ Abb. 1: **Transite haben nicht nur in unserem eigenen Sonnensystem** eine enorme wissenschaftliche Bedeutung gehabt. Bei fremden Sonnensystemen sind sie eine hervorragende Methode, durch den Lichtabfall des Sternlichts Planeten zu entdecken.

Nach der Entdeckung eines Planeten um einen Pulsar 1992 arbeiteten Mitte der 1990er Jahre mehrere Teams an der Suche nach dem ersten extrasolaren Planeten um einen Hauptreihenstern. Am 5. Oktober 1995 war es endlich soweit: Der Schweizer Professor Michel Mayor gab bekannt, den ersten Exoplaneten bei dem sonnenähnlichen Stern 51 Pegasi nachgewiesen zu haben. Beobachtet wurde der Planet mit Hilfe eines hochauflösenden

▼ Abb. 2: **HD 189733 ist einer der hellsten Sterne** mit bekanntem Planetensystem. Er steht in direkter Nachbarschaft des Hantelnebels.



NASA, ESA, DIGITIZED SKY SURVEY

Spektrografen. Wechselnde Rot- und Blauverschiebungen deuteten auf ein jupitergroßes Objekt in nur 7 Millionen Kilometern Entfernung zu seiner Sonne hin. Mit Planeten, die ihre Sonne innerhalb weniger Tage auf engen Bahnen umrunden und dabei die Bewegung des Sterns merklich beeinflussen können, hatte zuvor kaum jemand gerechnet. Nachdem klar war, wie und wo man Exoplaneten finden kann, wurde eine Reihe von Suchprogrammen aufgelegt. Mitte 2009 waren etwa 350 Exoplanetensysteme bekannt. Die meisten davon wurden spektroskopisch gefunden, doch immerhin 60 Exemplare wurden mit der Transitmethode entdeckt. Ein Transit kommt dann zustande, wenn die Umlaufbahn des Planeten so liegt, dass er aus Sicht der Erde genau vor dem Stern vorbeizieht. Die Bedeckungen verursachen periodische Absenkungen in dessen Helligkeit. Sie lassen sich durch präzise Fotometrie nachweisen.

Tarnung als Veränderliche

Etwa ein Drittel der bis 2009 gefundenen Transit-Exoplaneten besaß Amplituden größer als $0^m 014$. Bis April 2012 war die Gesamtzahl der bestätigten Planetensysteme auf 611 mit 763 Planeten angewachsen. Der Anteil der Transitsysteme lag nun bei 176. Einen großen Sprung gab es durch die Raumsonde Kepler, die von der NASA

Transite der anderen Art

Exoplanetenbeobachtung für Amateure

VON BERND GÄHRKEN

Transite und Bedeckungen ereignen sich nicht nur in unserem eigenen Sonnensystem. Sie können auch bei fernen Sternensystemen beobachtet werden. Die Transitmethode entwickelte sich in den letzten Jahren zur wichtigsten Quelle für die Entdeckung neuer extrasolarer Planeten. Der technische Aufwand an den Grenzen der aktuellen Wissenschaft ist dabei kleiner als man denkt. Auch Amateure können heute noch fremde Welten erforschen, die nie ein Mensch zuvor gesehen hat!

in die Erdumlaufbahn geschossen wurde (vgl. Hauptartikel S. 12).

Die Transitmessung kann außerhalb der Erdatmosphäre deutlich genauer durchgeführt werden. Der größte Teil der von Kepler gefundenen Transitplaneten hat bislang nur einen Kandidatenstatus. Die »Exoplanet Transit Database« führt 1200 Kepler-Kandidaten und ist die zentrale Anlaufstelle für all diejenigen, die sich mit der Beobachtung von Exoplaneten beschäftigen möchten. Unter den Kandidaten besitzen mehr als 95% Amplituden unter $0^m 01$. Doch es gibt auch einige Exoten: Die kleinsten M-Zwerg unter den Hauptreihensternen besitzen einen Durchmesser von weniger als einem Zehntel der Sonne. Wenn ein solcher M-Zwerg von einem jupiterähnlichen Planeten umrundet wird, so kann der prozentuale Abfall beachtlich sein. Kepler hat immerhin schon drei Kandidaten mit Amplituden über $0^m 09$ gefunden. $0^m 1$ ist eine Größe, die ein versierter Beobachter sogar visuell wahrnehmen könnte. Fotometrisch ist das gar kein Problem, sofern der Stern eine ausreichende Helligkeit besitzt.

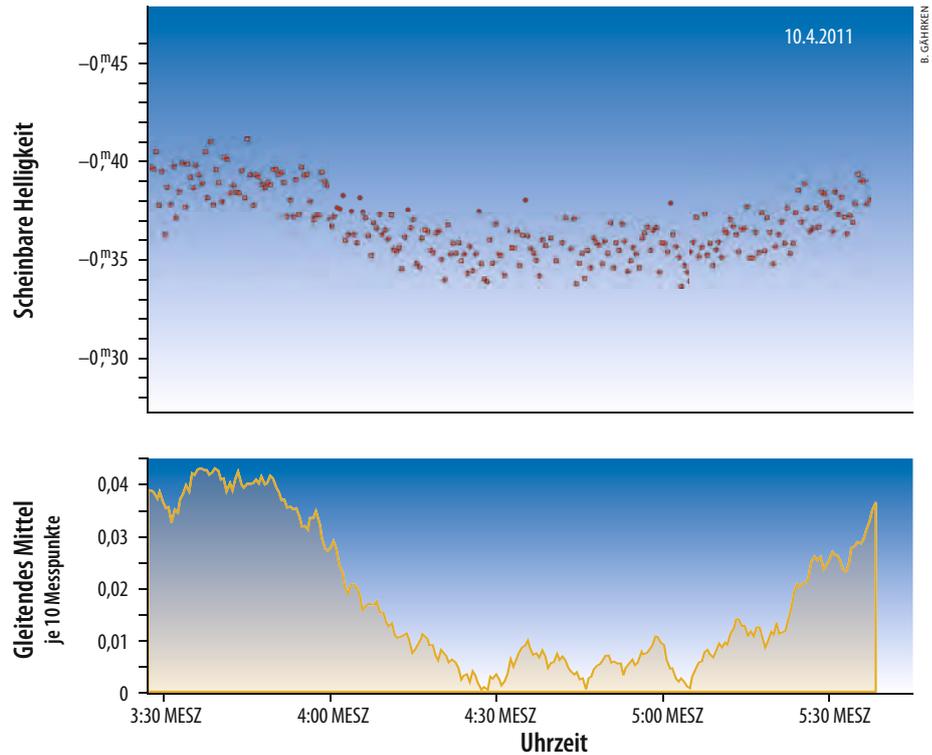
Jedes der von den Profis aufgelegten Suchprogramme ist in seiner Belichtungszeit auf eine bestimmte Grenzgröße optimiert. Hellere Sterne brennen aus und schwächere Sterne besitzen ein ungenügendes Signal-zu-Rausch-Verhältnis. Da man einige Tausend Sterne überwachen muss, um einen der

seltenen Transitplaneten zu finden, werden weitwinklige Optiken bevorzugt und Belichtungszeiten verwendet, bei denen eine möglichst große Zahl von Sternen abgebildet werden kann. Die meisten irdischen Suchprogramme sind auf 10^m bis 12^m optimiert. Bei diesen Helligkeiten ist auch mit Amateurausrüstung ein Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu erreichen, mit dem sich Helligkeitsschwankungen von etwa 1% leicht nachweisen lassen. Mit einer Einzelmessung ist das zwar schwierig, doch bei einer Mittelung mehrerer Messungen über mehrere Minuten sind sichere Aussagen möglich. Notwendig ist lediglich eine CCD-Kamera mit 16 Bit. Gekühlte Kameras sind ideal, doch auch schon mit ungekühlten Systemen wurden erfolgreiche Messungen durchgeführt.

Einige dieser Sterne sind vom Autor an der Münchner Volkssternwarte untersucht worden. Dabei wurde eine Meade DSI-III-Kamera mit verschiedenen Teleskopen kombiniert. Für ein gutes Ergebnis ist nicht unbedingt der Optikdurchmesser entscheidend; viel wichtiger ist die Bildbearbeitung, die im Wesentlichen aus der Mittelung großer Bilderzahlen besteht. Dass der instrumentelle Aufwand gering ist, zeigt die Kurve von Abb. 3. Diese Messung ist mit einem Galileoscope entstanden. Es handelt sich um ein Bausatzteleskop, das anlässlich des Internationalen Jahres der Astronomie für 40€ auf den Markt gebracht wurde.

Bescheidene Mittel

Die Frontlinse ist mit 50mm nur wenig größer als beim ersten Teleskop der Menschheit, doch es lassen sich mit diesem kleinen Gerät die ersten Himmelsbeobachtungen von vor 400 Jahren gut nachvollziehen. Für das Experiment mit dem Galileoscope wurde der Exoplanet HD 189733b ausgewählt. Der Mutterstern ist $7^m,7$ hell und befindet sich unweit des berühmten Hantelnebels M 27. Er hat eine Amplitude von $0^m,028$ und wird alle 2,2 Tage verfinstert. Das Galileoscope wurde auf die Gegengewichtsstange des 10^l -Refraktors der Münchener Volkssternwarte montiert. Die Grenzgröße in der lichtverseuchten Münchener Innenstadt liegt bei etwa 3^m . Der Okularstutzen des Galileoscopes ist eine verschiebbare Plastikhülse. Zufällig entspricht der Innen-Anschlag exakt dem Fokuspunkt der verwendeten Kamera, die deshalb einfach mit einer halben Rolle Tesafilm zu fixieren war. Die Messung wurde am leicht defokussierten Stern durchgeführt, um die Belichtungszeit zu verlängern und das Ausleserauschen zu minimieren. Bei 30s pro Bild kann man tatsächlich schon in den Rohdaten den Transit erkennen. Finsternismitte,



▲ Abb. 3: Transit des Exoplaneten HD 189733b aufgezeichnet mit einem Galileoscope mit nur 50mm Öffnung. Zur Auswertung wurde die Software Muniwin verwendet.

Amplitude, Dauer sowie Ein- und Austritt entsprechen fast genau den Prognosen. Wenn je zehn Messungen zu einem Intervall von fünf Minuten gemittelt werden, kommt die Kurve klar heraus. Die Drift von einigen Minuten passt zu den Daten der Exoplanet Transit Database. Kurz vor dem Ende des Transits begann die Dämmerung, aber der Anstieg der Helligkeit ist schon zu erkennen.

Wissenschaftliche Erkenntnisse

Selbst mit dieser bescheidenen Messung kann man schon etwas Wissenschaft betreiben. Die exakten Perioden von Transitplaneten lassen sich nur über sehr lange Beobachtungszeiträume bestimmen. Die Periode von HD 189733b laut Ephemeriden der Exoplanet Transit Database ist

Tipps zur Aufnahmetechnik

Grundsätzlich ist mit fast jeder 16-Bit-Kamera und mit fast jedem Teleskop der Nachweis von Exoplaneten möglich. Es gibt jedoch einige Tricks, die dies erleichtern.

- die Optik sollte unscharf gestellt werden, um Seeingeffekte zu verringern. Zudem kann durch die Verteilung des Lichts auf mehrere Pixel die Belichtungszeit verlängert werden und Pixelfehler mitteln sich weg.
- ideal sind mehrere Vergleichsterne gleicher Helligkeit und gleicher Spektralklasse. Sie unterliegen bei verändertem Horizontabstand der gleichen Extinktion wie der Zielstern.
- Flatfield-Korrekturbilder und Dunkelbilder sind unbedingt notwendig!
- die Sättigung des Zielsterns sollte bei etwa 70% liegen. Geringere

Werte erhöhen unnötig das Ausleserauschen. Höhere Werte können in einen nichtlinearen Bereich des Chips führen.

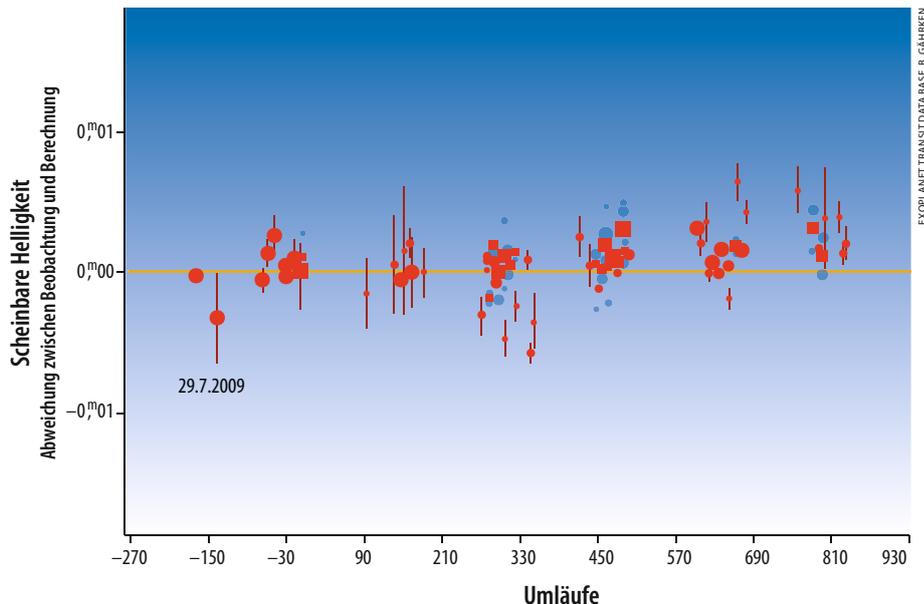
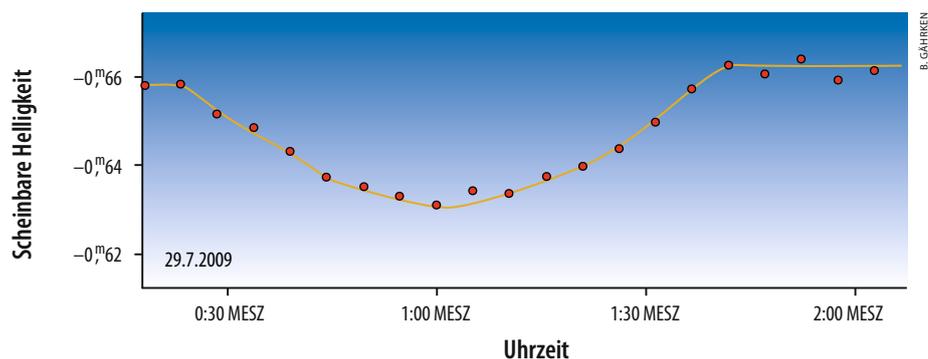
- die Vergleichsterne müssen auch gegeneinander gemessen werden. Sterne mit instabilem Signal sind bei der weiteren Messung auszuschließen.
- mehrere Rohbilder sind über ein Intervall von einigen Minuten zu mitteln, um die Genauigkeit zu erhöhen.
- ideal ist ein subpixelgenaues Autoguiding, um stets die gleichen Pixel anzusprechen. Dabei ist auf eine perfekte Poljustage zu achten, um eine Bildfelddrehung zu verhindern.
- man sollte sich nicht entmutigen lassen. Selbst ohne Autoguiding und mit einer 12-Bit-DSLR sind zumindest bei einigen Sternen erfolgreiche Messungen möglich.

Interpretation der Lichtkurven

Nicht nur die Periode, sondern auch die Form der Kurven ist interessant. Sie verraten einiges über die Natur des Exoplanetensystems. Ein spannendes Beispiel ist TReS-3b. Es handelt sich um einen 12^m-Stern mit Planetentransit im Sternbild Herkules. Die Periode ist 1,30619 Tage und die Amplitude 0^m029. Ab- und Anstieg der Helligkeit benötigen nur 77,4min! Wenn man die Kurven in Abb. 3 und Abb. 5 vergleicht, fällt sofort auf, dass bei HD 189733b ein flacher »Boden« mit konstanter Helligkeit vorhanden ist. Bei TReS-3b gibt es dagegen einen sinusähnlichen Verlauf. Daraus kann man schließen, dass der Exoplanet TReS-3b seinen Stern lediglich streifend am Rand verfinstert, während HD 189733b zentral über die Scheibe läuft. Die Breite des Ein- und Austritts ist ein Maß für den Durchmesser des Exoplaneten. Die genaue Analyse der Kurven erlaubt auch Rückschlüsse auf die Hauptreihensterne. Durchmesser und Randverdunkelung lassen sich sehr genau bestimmen. Mit etwas Glück wirkt der Exoplanet wie ein Scanner und es lassen sich sogar die Positionen von Sternflecken identifizieren. Mit langfristigen Statistiken könnte man dann den Fleckenzyklus des Sterns ermitteln.

minimal zu kurz angegeben und hat sich über die letzten Jahre zu einer messbaren Abweichung kumuliert. Abb. 4 zeigt diese Abweichung. Sie liegt momentan bei etwa 0,003 Tagen oder 4min 20s. Bei einer Transiddauer von nur 109min kann man die Abweichung von 4% schon gut erkennen. Bei

▼ Abb. 5: **Transit von TReS-3b** am 28.7.2009. Die Messung erfolgte am 800mm-Spiegel der VSW München mit einer DSI-3.



▲ Abb. 4: **Abweichung der realen Messungen von HD 189733b** gegen die vorgegebene Umlaufperiode von 2,2185733 Tagen. Jeder Punkt repräsentiert eine eingereichte Messung. Die Dicke der Punkte korreliert mit der Messgenauigkeit. Die kleinen Messpunkte stammen meist aus Amateur-Messungen.

HD 189733b ist die Abweichung über die Zeit eine lineare Kurve, doch es gibt auch Exoplaneten, bei denen es nicht lineare Abweichungen gibt. Das kann ein Hinweis auf Störungen durch weitere Planeten sein. Mit dieser Methode wurden schon weitere Planeten entdeckt, die selber keine Transits verursachen!

HD 189733b ist in mancher Hinsicht ein Ausnahmefall, es ist mit 7^m67 das zweithellste bekannte Transitsystem. Bei einer so großen Helligkeit ist eine geringe Brennweite geradezu notwendig, weil es sonst nicht gelingt, ausreichend helle Vergleichsterne auf den Chip zu bannen. Man benötigt stets mehrere Vergleichsterne, die um den Zielstern gruppiert sind. Sie werden zur Probe über Kreuz gegeneinander gemessen. Nur wenn diese Vergleichsterne untereinander konstant sind, ist sicher, dass sich nicht ein Fehler eingeschlichen hat. Je schwächer ein Stern ist und je näher er an der Milchstraße steht, desto leichter

fällt es selbst bei hoher Brennweite, ausreichend viele Vergleichsterne zu finden. Einige Profiprogramme konzentrieren sich daher bewusst auf die Milchstraße. Inzwischen gibt es mehr als ein Dutzend Teams, die eigene Funde vermelden konnten. Zahlreiche weitere Teams stehen in den Startlöchern. Da der instrumentelle Aufwand relativ gering ist, kann ein Suchprogramm bei guten lokalen Voraussetzungen schon für wenige Zehntausend Euro auf den Weg gebracht werden. Die Auswertung der riesigen Datenmengen ist eine sehr aufwändige Aufgabe und erfordert Durchhaltevermögen. Obwohl Amateure von der Hardware her eine gute Basis für eigene Suchprogramme besitzen, dürften sie an der Auswertung scheitern. Nützliche Beiträge liefern die Amateure zurzeit eher bei der Überprüfung unbestätigter Systeme und bei der Periodenbestimmung. Die dabei gewonnenen Daten werden von den Profis dankbar entgegengenommen.

Surftipps

Enzyklopädie der extrasolarer Planeten:

exoplanet.eu/catalog.php

Exoplanet Transit Database:

var2.astro.cz/ETD

Software Muniwin:

c-munipack.sourceforge.net/document.html

Homepage des Autors:

www.astrode.de/exoplaneten.htm

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

100 QUADRATGRAD HIMMEL

Von Albireo südwärts

VON MATTHIAS KRONBERGER

Der Milchstraßenabschnitt im Bereich der Sternbilder Pfeil und Füschen wird von den Dunkelwolken des Great Rift dominiert. Diese schwächen entlang des galaktischen Äquators das Licht der dahinter liegenden Sterne deutlich ab und verleihen dadurch dem Milchstraßenband ein zweigeteiltes, zerklüftetes Aussehen. Die Sternwolken der Region kommen in puncto Helligkeit deshalb auch nicht ganz an die benachbarten Gebiete im Schwan heran; sie können sich hinsichtlich Objektivität und -vielfalt aber durchaus mit den weiter nördlich gelegenen Milchstraßenfeldern messen.

► Abb. 1: Die Himmelslandschaft zwischen Albireo (oben) und dem Kleiderbügel (unten) ist gezeichnet von der Milchstraße. Zahlreiche Sternhaufen und Nebel machen eine Tour lohnend.

Himmliches Kontrastprogramm

dealer Ausgangspunkt für einen Streifzug durch die Sternfluten dieser Himmelsregion ist der Stern Albireo (β Cyg) am südlichen Ende der hellen Schwanwolke. Der gemäß der ptolemäischen Sternbilderkunde den Kopf des Schwans symbolisierende, knapp 400Lj von uns entfernte Rote Riese ist nicht nur der hellste Fixstern im Feld, sondern gleichzeitig auch selbst ein attraktives Beobachtungsziel. Bereits in kleinen Optiken zeigt sich, dass der 3^m helle Stern einen um 2^m schwächeren

Begleiter in etwas mehr als 0,5' Abstand besitzt, womit Albireo zu den hellsten und am leichtesten trennbaren Doppelsternen des nördlichen Himmels zählt. Dies ist jedoch nur ein Aspekt des Systems: Tatsächlich besteht dessen Hauptattraktion im intensiven Farbkontrast zwischen der gelblich-orange leuchtenden Hauptkomponente und ihrem Begleiter, der als Hauptreihenstern vom Spektraltyp B wesentlich blauer erscheint als sein hellerer, aber kühlerer Partnerstern. Die Kombination dieser beiden Eigenschaften macht das Sternpaar zu einem Objekt ersten Ranges für kleine und mittlere

Fernrohre. Ein Minimum an Öffnung ist allerdings vonnöten, um die unterschiedliche Färbung der beiden Sterne erkennen zu können: Ein 10×50-Fernglas etwa zeigt Albireo auch ohne Stativ bereits getrennt, das brillante Farbenspiel der beiden Komponenten tritt jedoch noch nicht hervor. In einem 114mm-Reflektor hingegen erweist sich das Sternsystem schon bei niedriger Vergrößerung als helles, farblich wunderschön miteinander kontrastierendes Paar zweier goldgelber bzw. azurblauer Sonnen inmitten eines reichen Sternfelds. Der Farbkontrast bleibt auch in größeren Teleskopen spektakulär, obgleich der



T. JÄGER



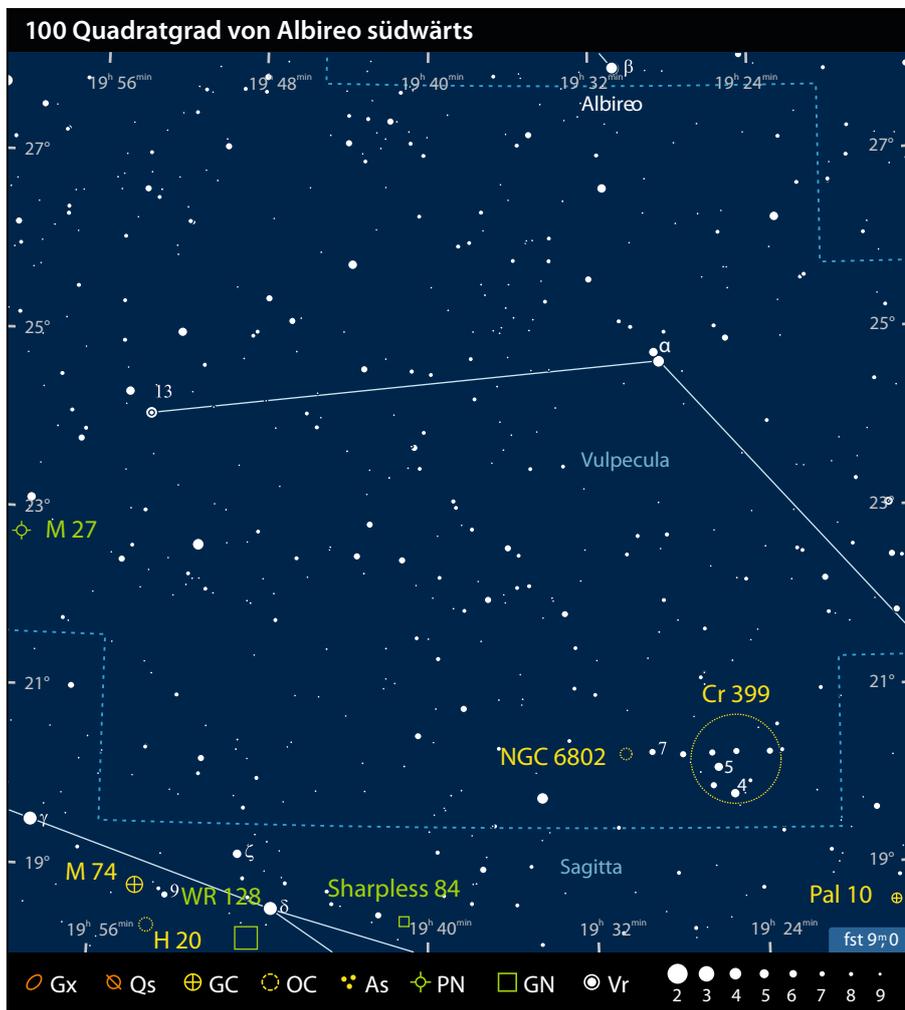
▲ Abb. 2: **Albireo ist einer der schönsten Doppelsterne** für visuelle Beobachter. RGB-Aufnahme, 12,5"-f/9-Ritchey-Chrétien, 15x5min (je RGB).

Gesamteindruck etwas unter dem – bei gleich bleibender Austrittspupille – immer größer werdenden Abstand zwischen den beiden Komponenten leidet. Dennoch ist das Sternsystem selbst mit einem 15-Zöller ein von mir gern aufgesuchtes Ziel und genussvoller Schlusspunkt so mancher sommerlichen Beobachtungsnacht.

Ein ob der Prominenz des Objekts überraschenderweise nur wenig beachteter Gesichtspunkt ist, dass es sich bei Albireo nicht nur um ein Doppel-, sondern sogar um ein Dreifachsystem handelt. Grund dafür ist wohl nicht zuletzt der geringe Abstand zwischen der knapp 5^m5 hellen dritten Komponente und dem Hauptstern, der das Doppel zu einer Herausforderung selbst für große Öffnungen macht. Derzeit beträgt die Distanz etwas weniger als 0,4"; Farbmessungen mittels Speckle-Interferometrie deuten dabei darauf hin, dass der Begleiter wesentlich blauer sein sollte als der Hauptstern, was angesichts der engen Anordnung der beiden Komponenten für interessante Kontrasteffekte sorgen könnte. Persönlich ist mir trotz mehrerer Anläufe mit Öffnungen von bis zu 15" und Vergrößerungen bis zu 500× bislang noch keine Sichtung des engen Begleiters gelungen; Besitzer großer Amateurteleskope seien dennoch eingeladen, bei ruhiger Luft einen Versuch zu wagen.

Ein Kleiderhaken mit Anhang

Lässt man, von Albireo ausgehend, den Blick über den Stern α Vul weiter Richtung Süden schweifen, trifft man inmitten der allgegenwärtigen Staub- und Gaswolken des Great Rift auf eine auffällige Ansammlung von Sternen, die freiäugig – je nach Sehstärke und Himmelsqualität – entweder als dichter länglicher Knoten oder als diffuser länglicher Nebelfleck erscheint. In der Fachliteratur gemeinhin als **Collinder 399** bezeichnet, erschließt sich der Grund für den im englischen Sprachraum gebräuchlichen Eigennamen »Coathanger« (Kleiderbügel) spätestens bei Zuhilfenahme eines Fernglases: Tatsächlich bedarf es nur geringer Phantasie, in die Anordnung des knappen Dutzends an Sternen zwischen 6^m und 8^m (und einigen weiteren schwächeren Exemplaren) einen waagrecht liegenden Kleiderhaken hinein zu interpretieren! Interessanterweise handelt es sich bei dieser Anhäufung trotz ihres markanten Erscheinungsbildes nicht um eine auch physikalisch zusammengehörige Sterngruppierung, sondern lediglich um ein Sternmuster; anders als etwa bei den Hyaden und den Plejaden der Fall,



ziehen die Mitglieder von Collinder 399 also nicht auf gemeinsamer Bahn durch die Sternfluten der Milchstraße, sondern sind nur zufällig entlang des gleichen Sichtstrahls angeordnet. Dessen ungeachtet ist Collinder 399 gerade im Fernglas und im kleinen Teleskop ein großartiges Objekt und eignet sich gut als Ausgangspunkt für eine Erkundung der Dunkelwolken des Great Rift. Scharfsichtige Zeitgenossen mögen sich zudem daran versuchen, die Anzahl der mit freiem Auge sichtbaren Sterne im Bereich der Gruppe abzuschätzen: Ich selbst konnte freisichtig bis dato nur die beiden hellsten Sterne des Musters, 4 und 5 Vul, eindeutig erkennen, andere Beobachter berichten hingegen von drei und mehr aufgelösten Mitgliedern.

In größeren Teleskopen ist Collinder 399 aufgrund seiner Größe und seines verstreuten sternarmen Charakters wegen kein ausgenommen attraktives Beobachtungsobjekt (ein Umstand, dem im Übrigen wohl auch das Nichtvorhandensein des Objekts im NGC und IC geschuldet ist). Dennoch lohnt sich der Blick durchs Okular, hält die unmittelbare Umgebung doch einige interessante Ziele für Deep-Sky-Beobachter parat. Besonders lohnenswert ist dabei der am östlichen Ende des Kleiderbügelhaufens gelegene NGC 6802, einer der sternreichsten und dichtesten »echten« Sternhaufen, die diese Himmelsregion zu bieten hat. Die Pracht des Sternhaufens erschließt sich aufgrund der Lichtschwäche der Mitgliedssterne allerdings erst mit größerem Gerät. Im 10×50-Fernglas etwa ist das Objekt selbst unter Alpenhimmel lediglich zu erahnen. Bei meiner ersten erfolgreichen Beobachtung des Sternhaufens mit einem alten 4,5"-Reflektor erschien dieser als blasser Nebelfleck, mit zwei weiten 9^m bzw. 10^m hellen Doppelsternen weiter nördlich in einem etwa gleichschenkligen Dreieck angeordnet, der bei indirektem Sehen immerhin schon ansatzweise granuliert erschien. Mit 10" hingegen war der Haufen vom Mittelgebirge aus bei 175× schon teilweise aufgelöst zu erkennen, wobei insgesamt knapp 15 Sterne ab 13^m auf diffusem Hintergrund sicher gesehen werden konnten. Mit 15" bietet NGC 6802 schließlich einen prächtigen Anblick und zerfällt bereits bei 114× in mehrere Dutzend Sterne in dichter Anordnung, wobei sich am Nordende eine trapezförmige Gruppe aus fünf helleren Sternen etwas abhebt. Bereits im Zehnzöller auffällig ist dabei die deutliche Nord-Süd-Elongation des Objekts im Verhältnis 2:1 – eine für einen Sternhaufen ungewöhnliche Eigenheit.



▲ Abb. 3: Unverkennbar ist das Muster des Kleiderbügels im reichen Sternfeld. An seiner Ostseite steht der dichte Offene Sternhaufen NGC 6802.

Eine Begegnung der seltenen Art

Zu den astrophysikalisch interessantesten, aber auch seltensten visuell beobachtbaren Phänomenen unserer Milchstraße zählen Nebelschalen, die von sehr massereichen Sternen am Ende ihrer Entwicklung im Zuge der so genannten Wolf-Rayet-Phase ausgeformt werden. Insgesamt sind nur eine Handvoll visuell erreichbare Objekte dieser Gattung in der nördlichen Milchstraße bekannt, wobei der Crescent-Nebel NGC 6888 im Schwan das bekannteste Exemplar darstellt. Ihre Entstehung verdanken die (auch als Wolf-Rayet-Blasen bezeichneten) Nebelschalen dem starken Sternwind ihrer Muttersterne, der mit einem hohen Masseverlust von mehreren Erdmassen pro Jahr einher geht: Trifft dieser Sternwind auf das interstellare Medium in der Umgebung des Sterns (das im Übrigen zum Teil aus Materie besteht, die der Stern in vorangegangenen Entwicklungsphasen ausgestoßen hat), bildet sich bisweilen eine Stoßfront aus, die im

► Abb. 4: Collinder 399 (oben) und NGC 6802 (unten) sind schöne Objekte für kleinste Teleskope. Zeichnungen, 3"-Newton, 16× (oben), 122× (unten).





▲ Abb. 5: **Der Nebel Sharpless 84** und seine Umgebung. Im rechten unteren Viertel des Bildes ist die schwache Sichel des WR 128-Nebels zu erkennen. RGB-Bild erstellt aus Aufnahmen des Digitized Sky Survey mit den Farbkanälen R = POSS-II F, G = POSS-II J, B = POSS-I O.



M. VLASOV

U. GLAHN

◀ Abb. 6: **M71 wird besucht von Komet Garrard (C/2009 P1)**. Zeichnung vom 26./27. 8. 2011, 8"-Newton, 167x.

Zusammenspiel mit der intensiven UV-Strahlung des Sterns das Gas aufheizt, ionisiert und zum Leuchten anregt.

Ein weitaus weniger bekanntes Exemplar dieser Klasse als der eingangs erwähnte Crescent-Nebel ist ein knappes halbes Grad südöstlich von δ Sge lokalisiert. Anders als bei den meisten anderen Objekten ihrer Art umgibt die mit dem Stern WR 128 assoziierte Nebelblase diesen zumindest im optischen Wellenlängenbereich nicht vollständig, sondern beschränkt sich im wesentlichen auf ein sichelförmiges Filament östlich des Sterns, das vorwiegend im Licht des zweifach ionisierten Sauerstoffs strahlt und auf tiefen Aufnahmen über knapp 15' verfolgt werden kann. Allerdings ist die Nebelsichel äußerst lichtschwach und erfordert ein größeres Amateurlteleskop in Verbindung mit einem absolut dunklen Himmel zur erfolgreichen Sichtung. Schwierigkeiten verursacht dabei nicht zuletzt eine parallel

◀ Abb. 7: **Palomar 10**, der schwächere der beiden Kugelsternhaufen des Sternbilds Pfeil. Zeichnung, 16"-Newton, 129x.

zum hellsten Teil der Sichel verlaufende Sternkette, deren Streulicht bei Beobachtungen mit Nebelfilter die Erkennbarkeit der schwachen Filamente empfindlich stört. Mir selbst ist mit meinem 15"-Dobson selbst unter alpinen Bedingungen noch keine eindeutige Sichtung dieses herausfordernden Objekts geglückt; erfolgreicher waren hingegen bereits die 100-Quadratgrad-Autoren Reiner Vogel und Uwe Glahn, die beide die Nebelsichel mit Öffnungen jenseits von 20" eindeutig sichten konnten.

Unmittelbar nördlich schließt sich an den Nebelbogen ein weiteres, hoch angeregtes Emissionsgebiet an, das vermutlich ebenfalls mit WR 128 assoziiert, für visuelle Beobachtungen großteils aber schlichtweg zu schwach ist. Eine Ausnahme bildet allerdings der hellste Teil dieses Nebelkomplexes etwa 20' nordöstlich von WR 128: Tatsächlich ist dieser im zweiten Nebelkatalog von Stewart Sharpless als Nummer 84 verzeichnete Nebelteil der am einfachsten beobachtbare Emissionsnebel des Sternbilds Pfeil und unter guten äußeren Bedingungen bereits mit 4,5" Öffnung und Nebelfilter ansatzweise sichtbar. Mit einem 15" unter Alpenhimmel ist **Sharpless 84** bei 114x und Einsatz eines [OIII]-Filter ein einfaches Ziel und erscheint dann als milchig wirkender Nebelfleck von annähernd dreieckiger Form. Aufnahmen dieses kleinen, aber interessanten Nebels zeigen zudem deutlich den zunehmenden Ionisationsgrad der Nebelmaterie in Richtung des Wolf-Rayet-Sterns: So strahlt die Südwestecke des Nebels vorwiegend im [OIII]-Licht, während in den kühleren Regionen im Nordosten die Strahlung von Wasserstoff dominiert.

Ein heller Kugelsternhaufen ...

Ungleich leichter zu beobachten als die beiden letztgenannten Objekte ist der unweit davon gelegene Kugelsternhaufen M 71. Der etwas unterhalb der Mitte der Verbindungslinie zwischen γ und δ Sge gelegene Sternhaufen ist sicher eines der Paradeobjekte dieser an Höhepunkten ohnehin nicht gerade armen Himmelsregion und auch mit kleinsten Optiken schön anzusehen. Schon ein 10x50-Glas zeigt den Haufen problemlos auch unter Kleinstadthimmel. Unter einem guten Landhimmel erscheint der Haufen mit identischem Gerät als auffälliger, diffuser, zur Mitte hin heller werdender Fleck mit mehreren Bogenminuten Durchmesser innerhalb einer hellen Milchstraßenwolke. Westlich davon zeichnet sich unter guten Bedingungen ein Ausläufer des Great Rift als längliche Dunkelwolke deutlich im Sternfeld ab. Im 4,5-Zöller zeigt sich M 71 insgesamt

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

noch als Nebelfleck, lässt ab 100-facher Vergrößerung bei indirektem Sehen aber bereits eine Handvoll schwacher aufgelöster Sternchen erahnen. Anders mit 10": Hier erweist sich M 71 als schön aufgelöste, für einen Kugelsternhaufen aber auffällig unregelmäßig geformte Sternansammlung, die bei 45× gleich einem lichtschwachen Sternball inmitten eines reichen Milchstraßenfeldes zu schweben scheint. Bei Vergrößerungen über 200× sind insgesamt etliche Dutzend dicht gedrängte Sterne erkennbar, wobei deren Verteilung – passend zur Konstellation – nicht nur entfernt an eine nach Westen ausgerichtete Pfeilspitze erinnert. Interessant finde ich darüber hinaus auch den Vergleich mit dem etwa 30' in südsüdwestlicher Richtung gelegenen Offenen Sternhaufen **Harvard 20**, der bei niedriger Vergrößerung mit M 71 im gleichen Gesichtsfeld steht und mit seiner lockeren Sternanordnung eine gänzlich andere Charakteristik aufweist als sein nördlicher Nachbar.

... und sein schwächeres Pendant

Angesichts des prächtigen Anblicks von M 71 nimmt es nicht wunder, dass der zweite Kugelsternhaufen des Sternbilds eher das Dasein eines Mauerblümchens fristet. Tatsächlich lässt sich anhand des etwa 2° südwestlich des Kleiderbügelhaufens gelegenen **Palomar 10** das lichtschluckende Wirken der Dunkelwolken des Great Rift hervorragend nachvollziehen: Ohne diese Vordergrundabsorption ein M 71 in puncto Helligkeit ebenbürtiges Objekt, werden mehr als 99% des von den Haufenmitgliedern im visuell erfassbaren Wellenlängenbereich ausgesandten Lichts vom vorgelagerten Staub absorbiert! Anders als bei M 71 darf man bei Palomar 10 somit selbst mit größeren Teleskopen kein Sternfeuerwerk erwarten: In der Tat gehört der Haufen selbst unter den in der Regel doch schon ziemlich lichtschwachen Einträgen des gleichnamigen Katalogs zu den schwierigeren visuellen Zielen. Eine Sichtung des Kugelhaufens ist deshalb selbst unter exzellenten äußeren Bedingungen nur mit ausreichend Öffnung und einer hinreichend genauen Aufsuchkarte machbar. Mehreren übereinstimmenden Berichten zufolge ist Palomar 10 unter perfekten Bedingungen bereits mit 8" erreichbar. Ich konnte den Kugelhaufen erstmals mit einem 15-Zöller bei einer sommerlichen Beobachtungstour in den Alpen sichten; bei 114× erschien dieser dabei als äußerst kontrastarmer, etwa 1' bis 2' großer Schimmer, wobei Field-Sweeping (siehe Kasten) den Nachweis deutlich erleichterte.



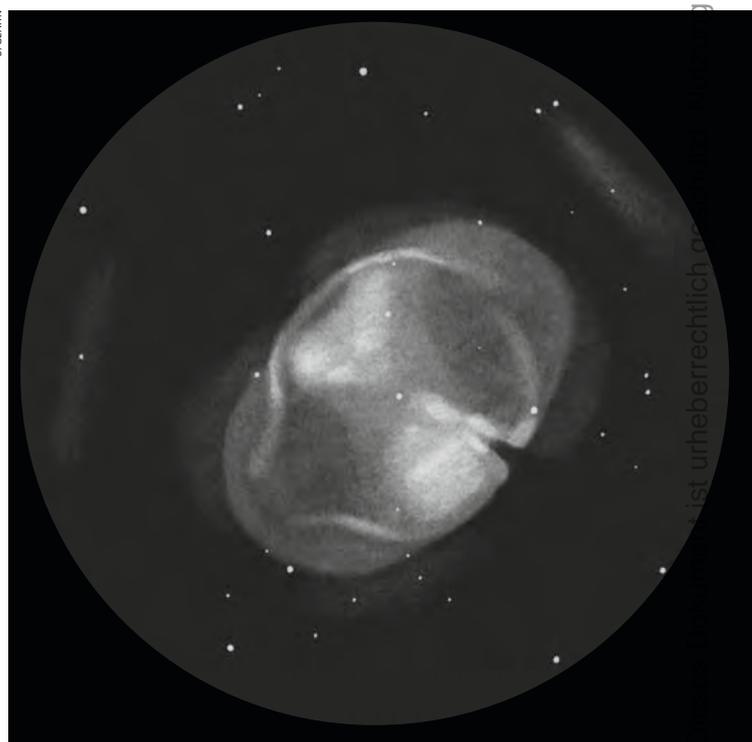
▲ Abb. 8: **M 27 und sein ausgedehnter Halo.** Zweifarbenaufnahme, 17"-Astrograph, 17×20min (Ha), 12×20min ([OIII])

Höhepunkt Hantelnebel

Wandert man von M 71 ausgehend etwa 4° Richtung Norden, gelangt man nach Überqueren der virtuellen Grenze zwischen den Sternbildern Pfeil und Füschen zum Hantelnebel M 27, dem abschließenden Höhepunkt dieser himmlischen Rundreise. M 27 ist der wohl am einfachsten beobachtbare Planetarische Nebel am gesamten Himmel – und ein Paradebeispiel dafür, warum diese Objektklasse zu den beliebtesten Deep-Sky-Objekten unter erfahrenen Beobachtern zählt: Zwar ist angesichts einer Gesamthelligkeit von 7^m.3 eine freizügige Sichtung des Objekts wohl außer

Reichweite, selbst in stadtnahen Bereichen ist jedoch bereits eine Kleinstoptik zur erfolgreichen Beobachtung völlig ausreichend. Ein 10×50-Fernglas etwa zeigt M 27 bereits deutlich als kleines, helles Nebelfleckchen südlich des Sterns 14 Vul, unmittelbar westlich eines flachen, vier 8^m bis 9^m helle Sonnen umfassenden Sternendreiecks.

► Abb. 9: **Mit großen Öffnungen offenbart M 27** eine Vielzahl an Helligkeitsschattierungen und Details. Zeichnung, 27"-Newton, 172× – 283×, [OIII].



g nur zu privaten Zwecken. Die

ist urheberrechtlich n

Deep-Sky-Objekte in Pfeil und Füschen							
Name	Typ	RA	DE	Helligkeit	Größe/Abstand	Bemerkung	DSRA/Uran.
β Cyg Aa	DS	19 ^h 30,7 ^m min	+27° 57,6'	3 ^m 4/5 ^m 2	0,4"	PW 101°, sehr schwierig	14/162
β Cyg AB	DS	19 ^h 30,7 ^m min	+27° 57,6'	3 ^m 2/4 ^m 7	34,8"	PW 54°, goldgelb-azurblau	14/162
Cr 399	Ast	19 ^h 25,4 ^m min	+20° 11,0'	4 ^m 8	60'	Kleiderbügel	14/161
NGC 6802	OC	19 ^h 30,6 ^m min	+20° 15,7'	8 ^m 8	5'	sternreich, längliche Form	14/162
WR 128	GN	19 ^h 48,5 ^m min	+18° 12'	–	15'	sichelförmig, sehr lichtschwach	–/–
Sharpless 84	GN	19 ^h 49,1 ^m min	+18° 23,1'	–	6'×3'	dreieckig, [OIII] oder UHC-Filter	–/162
M 71	GC	19 ^h 53,8 ^m min	+18° 46,7'	8 ^m 4	7,2'	unregelmäßige Sternanordnung	14/162
H 20	OC	19 ^h 53,1 ^m min	+18° 20,0'	7 ^m 7	7'	verstreuter Sternhaufen	–/162
Pal 10	GC	19 ^h 18,0 ^m min	+18° 34,2'	13 ^m 2	3,1'	stark gerötet	–/161
M 27	PN	19 ^h 59,6 ^m min	+22° 43,0'	7 ^m 0	6,7'	Halo 17'×15', 14 ^m Zentralstern	14/162

Der Umstand, dass M 27 in diesem Gerät gerade noch mit M 71 ins gleiche Gesichtsfeld passt, erlaubt dabei interessante Vergleichsbeobachtungen zwischen den beiden Objekten ohne lästiges Hin- und Herschwenken: So wirkt M 27 im Vergleich zu M 71 deutlich heller und kompakter; bei genauerem Hinsehen lässt sich außerdem die Sanduhrform des bipolaren Nebels bereits gut wahrnehmen, während M 71 perfekt rund erscheint. Mehr Eigenschaften des Objekt lassen sich naturgemäß

im Teleskop erkennen, wobei sich jedes Zoll an zusätzlicher Öffnung in der Zahl an beobachtbaren Details niederschlägt. Mit 4,5" etwa zeigt sich die Sanduhrform auch ohne Zuhilfenahme eines Nebelfilters bereits problemlos auch unter nicht ganz optimalen Bedingungen. Ein UHC- oder [OIII]-Filter verbessert den Kontrast zum Himmelhintergrund deutlich, zudem tritt dann mit den charakteristischen »Ohren« ein weiteres Charakteristikum des Nebels zu beiden Seiten des Zentralbereiches

schließlich bietet der Planetarische Nebel bei Einsatz eines [OIII]-Filters einen atemberaubenden Anblick und erscheint beinahe so detailreich wie auf einer Fotografie.

Neben dem Hauptkörper des Planetarischen Nebels bietet M 27 ein weiteres interessantes Betätigungsfeld für Spezialisten in Form seines ausgedehnten Halos, dessen Durchmesser jenen der hellen Innenbereiche des Nebels um mehr als das Doppelte übertrifft. Allerdings sind speziell die Außenbereiche des Halos recht lichtschwach und bedingen ein Minimum an Öffnung in Kombination mit einem guten Himmel zur Sichtung. Versuche sollten sich ab etwa 10" Öffnung lohnen. Bei meiner bislang einzigen Beobachtung mit 15" unter Alpenhimmel waren die Innenbereiche des Halos bei 114× und Einsatz des [OIII]-Filters problemlos zu erkennen, zudem konnte die Nordwestkante des Halos gut als schwaches, diffuses Band wahrgenommen werden; der etwas schwächere Ostteil blieb jedoch unsicher.

Summa summarum ist M 27 somit ein in jedweder Hinsicht »perfektes« Deep-Sky-Objekt: Einerseits besticht der Planetarische Nebel bereits in kleinen Öffnungen und ist auch für Anfänger ein attraktives Beobachtungsziel, andererseits bietet er auch versierten Beobachtern noch genügend Raum für ausgedehnte Beobachtungen und so manches nur wenig beachtetes Detail. Lassen Sie den Anblick dieses Himmelswunders auf sich wirken!

Field Sweeping

Nachdem in der letzten Ausgabe das Indirekte Sehen vorgestellt wurde, soll heute eine Variante davon betrachtet werden. Es handelt sich dabei um das »Field Sweeping«, also das Abfahren eines Himmelsfeldes durch leichtes manuelles Bewegen des Teleskops. Das Prinzip ähnelt durchaus dem Verfahren, mittels dessen versucht wird Asteroiden zu entdecken: Man fotografiert dasselbe Himmelsfeld zwei Mal mit einem zeitlichen Abstand. Betrachtet man die beiden Bilder im schnellen Wechsel, so bleiben die Fixsterne an derselben Stelle der Fotografien, während ein beweglicher Himmelskörper »blinkt«. Das soll natürlich nicht bedeuten, dass es sich bei Deep-Sky-Objekten um Himmelsobjekte handelt, welche sich schnell wie Asteroiden am Himmel bewegen. Dennoch blinken sie, wenn man das Feld, in welchem sich das Objekt befindet, abfährt. Der Grund dafür besteht in der Physiognomie des Auges: Während der Bewegung des Teleskops fällt das Licht gelegentlich auf die Stellen der Netzhaut, welche dichter mit Stäbchen ausgestattet ist. In diesen Momenten kommt es für einen

kurzen Moment zum indirekten Sehen. Das Verfahren kann einerseits zum Aufsuchen von sehr schwachen Objekten verwendet werden, aber auch um das gesuchte Objekt konzentrierter zu betrachten. Zu Beginn empfehlen sich langsame, aber lange Schwenks bei schwacher Vergrößerung. Die geringe Vergrößerung ist wichtig für eine große Austrittspupille, während langsame Bewegungen wichtig sind, damit das Objekt nicht zu schnell aus dem Gesichtsfeld verschwunden ist, bevor man es sicher lokalisiert hat. Für detailliertere Beobachtungen sind kurze Schwenks sinnvoller. Die Gefahr das Objekt zu verlieren und wieder neu aufsuchen zu müssen, wird damit vermieden. Gerade bei den Detailbeobachtungen kann man – je nach Objekt – Details kurz aufblitzen sehen, die im regulären Indirekten Sehen nur schwer fassbar sind. Man sieht: Bei Grenzobjekten handelt es sich um ein starkes Werkzeug, dessen Beherrschung über Sehen und Nichtsehen entscheiden kann.

■ Daniel Spitzer

Surftipps

Focal Point Observatory von Bob Franke:

bf-astro.com

Deep-Sky Watch von Michael Vlasov:

www.deepskywatch.com

Bill Snyder Astrophotography:

billsnyderastrophotography.com

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

Wie kann man die Polarisation des Himmelslichts direkt sehen?

Das Himmelslicht ist teilweise polarisiert. Davon macht man in der Fotografie Gebrauch – ein Polarisationsfilter verstärkt die Himmelsbläue, ohne den Farbton des Bildes insgesamt zu beeinflussen. Der Anteil polarisierten Lichts ist nicht über das gesamte Himmelsgewölbe gleich: In einem Winkelabstand von 90° zur Sonne ist er maximal und beträgt 60% – 70%.

Es wurde nachgewiesen, dass Ameisen und Bienen die Polarisationsrichtung des Himmelslichts zur Orientierung benutzen [1], wahrscheinlich verfügen alle Insekten über diese Fähigkeit. Es ist jedoch kaum bekannt, dass auch das menschliche Auge polarisiertes Licht erkennen und sogar die Polarisationsrichtung angeben kann.

Vorversuche

Das Himmelslicht ist nur teilweise polarisiert. Zudem hängt der Polarisationsgrad stark von den meteorologischen Verhältnissen ab. Aus diesem Grund ist es zu empfehlen, erste Versuche mit Lichtquellen zu beginnen, welche die wahrnehmbaren Erscheinungen besser zeigen. Gut geeignet sind LCD-Bildschirme von Computern oder Handys, welche auf Polarisation beruhen.

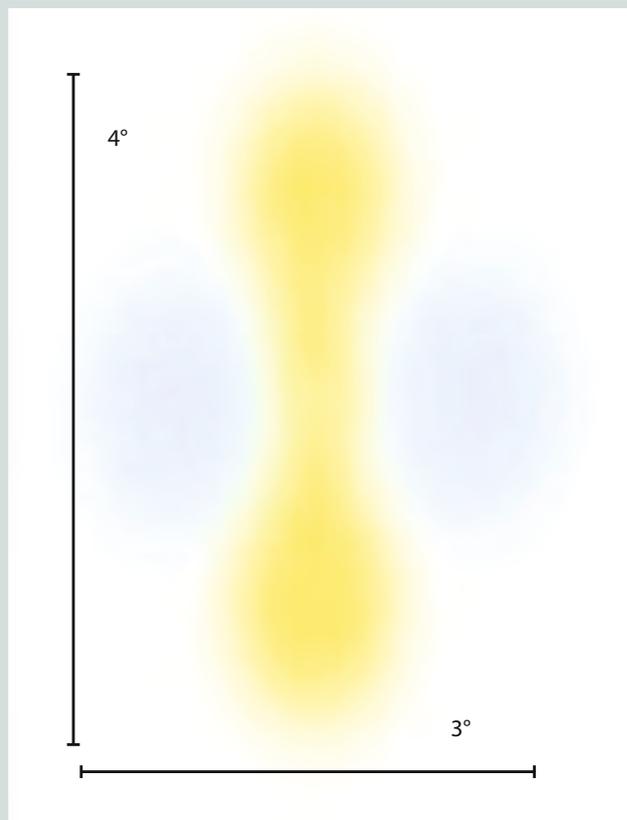
Wenn man z.B. bei einem solchen Computerbildschirm im Browser ein weißes Fenster öffnet und dieses plötzlich anschaut, dann zeigt sich für einige Sekunden eine schräg liegende, hantelförmige gelbe Figur, mit dunkleren bläulichen Flecken (Abb. 1). Das Haidinger-Büschel ist schwach und mit einem Nachbild zu vergleichen, welches nach dem längeren Anschauen einer kontrastreichen Einzelheit erscheint. Wie auch das Nachbild verblasst diese Figur nach einigen Sekunden. Sie kann wieder hervorgerufen werden, in dem man entweder den Bildschirm dreht oder den Kopf neigt.

Diese durch Polarisation hervorgerufene Erscheinung wurde vom Mineralogen Wilhelm Ritter von Haidinger beschrieben [2] und wird nach ihm »Haidinger-Büschel« genannt.

Polarisation des Himmelslichtes

Die Polarisation des blauen Himmels ist am leichtesten bei sehr klarem Wetter erkennbar. Am einfachsten gelingt die Sichtung in der Stunde des Sonnenauf- oder -untergangs. Die Sonne darf auch knapp unter dem Horizont stehen. Die Stelle der maximalen Polarisation befindet sich dann im Zenit und ist leicht aufzufinden. Zweckmäßigerweise beobachtet man im Liegen (Liegestuhl oder Isomatte), mit dem Kopf in Richtung Sonne – dies ergibt die geringste Blendung. Es lohnt sich, zuerst den Verlauf der Himmelsbläue nachzuvollziehen: Die dunkelste und blueste Stelle zeigt das Büschel auch am deutlichsten, dies gilt für jede Tageszeit. Bei Sonnenuntergang ist der Himmel über Kopf (Richtung Sonne) und zu den Füßen am hellsten und gelbrot gefärbt. Das tiefste Dunkelblau befindet sich im Zenit. Schon während dieses Absuchens des Himmels sollte das Büschel auftauchen, vor allem beim Blick in den Zenit. Die Achse der gelben hantelförmigen Figur zeigt dabei stets zur Sonne, da sie mit der Polarisationsrichtung gekoppelt ist.

Eine Eigenschaft des Haidinger-Büschels ist die Flüchtigkeit, das Verblasen innerhalb einiger Sekunden. Man kann das Auge erneut anregen, wenn man den Kopf dreht. Die stärkste Anregung erfolgt bei einer 90° -Drehung, was man aber im Stehen ausführen muss.



▲ **Das Haidinger-Büschel** ist eine im Auge entstehende Erscheinung, die durch polarisiertes Licht hervorgerufen wird. Die Winkelausdehnung ist unabhängig vom Betrachtungsabstand und beträgt 2° – 4° . Die Polarisationsrichtung ist senkrecht zur Achse der gelben hantelförmigen Figur, der sog. Gelbachse.

Die Erkennbarkeit des Haidinger-Büschels erfordert eine ähnliche Übung wie die Beobachtung schwacher Nebelobjekte. Wenn man einmal darin geübt ist, sieht man sie auf den ersten Blick und kann darangehen, sie in verschiedenen Richtungen am Himmel aufzusuchen. Dabei ändert sich die Orientierung der Figur. Es ist besonders lehrreich, bei Sonnenuntergang in halber Höhe den Himmelskreis abzusuchen und dabei die Veränderung der Orientierung der Achse der gelben Hantel, auch Gelbachse genannt, zu beobachten. Geübte werden feststellen, dass auch bei mit Schleierwolken überzogenem Himmel oder gar völliger, aber heller Bewölkung eine Polarisation des Himmelslichts nachweisbar ist.

Die Ursache

Das Haidinger-Büschel entsteht im Auge: In der Sehgrube verlaufen Nervenfasern radial nach außen und wirken wie ein Polarisationsfilter. Aus diesem Grund kann der Effekt nicht fotografiert werden, die Figur ist wirklich nur im Inneren des Auges vorhanden.

- [1] Pomozi, I., Horváth, G., Wehner, R.: How the clear-sky angle of polarization pattern continues underneath clouds: full-sky measurements and implications for animal orientation, *The Journal of Experimental Biology* 204, 2933 (2001)
- [2] Haidinger, W.: Über das directe Erkennen des polarisirten Lichts und der Lage der Polarisationssebene, *Poggendorfs Annalen* 63, 29 (1844)



Die Kameras wurden von The Imaging Source (Bremen) zur Verfügung gestellt.

Hochauflösend & ungekühlt

Die Kameras DFK 51AU02 und DMK 51AU02 von The Imaging Source im Test

VON ULLRICH DITTLER

U. DITTLER

▲ Abb. 1: Die Bremer Firma The Imaging Source ist für hervorragende Kameras für Planetenfotografen bekannt. Mit der neuen 51er-Baureihe – links das Schwarzweiß-Modell DMK 51AU02, rechts die Farbkamera DFK 51AU02 – stößt sie in den Bereich der Sonnen- und Mondfotografie vor.

Seit mehreren Jahren sind die verschiedenen Kameras des Bremer Unternehmens The Imaging Source auf dem Markt und haben sich für die Fotografie der Objekte des Sonnensystems vielfach bewährt (vgl. interstellarum 58). Während in den letzten Jahren das erfolgreiche Produktportfolio nur wenig erweitert wurde (vor allem wurde – neben USB und Firewire – die Möglichkeit eines Anschlusses der Kameras über Gigabit-Ethernet (GigE) eingeführt), stellte The Imaging Source nun innerhalb weniger Wochen zwei beachtenswerte Innovationen vor: Zum einen werden die unter Planetenfotografen sehr beliebten Kameras der 21er-Serie (schwarz/weiß-Kamera: DMK 21; Farb-Kameras: DBK 21 und DFK 21) seit kurzem mit dem neuen ICX618-Chip von Sony ausgeliefert: Diese neuen, so genannten EXview-HAD-Sensoren bieten neben der höheren Lichtempfindlichkeit zudem einen erweiterten Spektralbereich bis hin zum infraroten Licht. Als zweite wesentliche Produktneuheit wurde von The Imaging Source kürzlich eine neue Kameralinie eingeführt: die Kameras der 51er-Baureihe, die ergänzend zu der 21er-, der 31er- und der 41er-Kameraserie die Modellpalette des Anbieters von Bildverarbeitungshardware und -software für die Industrie, Medizin und Astronomie nach oben abrunden.

Die Modellpalette der TIS-Astrokameras

Gemeinsam ist allen Astrokameras von The Imaging Source die hochwertige Verarbeitung und das typische würfelförmige blaue Metallgehäuse, das die rund 50mm × 55mm großen und rund 300g leichten Kameras auszeichnet. Die Astrokameras von The Imaging Source gibt es mit vier verschiedenen Chipgrößen: In der 21er-Baureihe arbeiten 1/4"-ICX618-Chips von Sony mit 640×480 Bildpunkten, die bis zu 60 Bilder pro Sekunde aufzeichnen können. In der 31er-Baureihe finden 1/3"-ICX204-Chips (ebenfalls von Sony) mit 1024×768 Bildpunkten Verwendung (diese Modellreihe erlaubt die Aufnahme von bis zu 30 Bildern pro Sekunde) und in der 41-Baureihe kommen 1/2" große ICX205-Chips mit 1280×960 Bildpunkten vom gleichen Hersteller zum Einsatz (die bis zu 15 Bilder pro Sekunde generieren können). Die neue 51er-Baureihe zeichnet sich durch eine Auflösung von 1600×1200 Bildpunkten aus, die Sony auf dem 1/1,8" großen ICX274-Chip unterbringt.

Alle vier Baureihen sind wahlweise als Monochrom- oder Farbkameras erhältlich; bei den Farbmodellen kann der Astrofotograf zudem wählen, ob auf dem Chip schon

Unter den Planetenfotografen ernten die Kameras von The Imaging Source (TIS) viel Anerkennung: Die kleinen, aber leistungsfähigen Chips sind bestens geeignet, um auch von schnell rotierenden Planeten – wie beispielsweise Jupiter – in kurzer Zeit genug Bilder aufzunehmen, um daraus anschließend ein ansprechendes Planetenbild zu gewinnen. Seit Jahreswechsel hat die in Bremen ansässige Firma ihre Produktpalette um Kameras mit einem größeren Chip und einer höheren Auflösung erweitert: Wir betrachten zwei der Kameras der neuen 51er-Serie im Astro-Einsatz.

ein IR-Sperrfilter aufgebracht sein soll oder nicht. Zum Anschluss der Kameras an den Rechner stehen wahlweise ein Firewire-Anschluss (IEEE 1394), ein USB-Anschluss (USB2.0) oder ein Anschluss über Gigabit-Ethernet (GigE) zur Verfügung.

Die zunächst kryptisch klingenden Namen der The Imaging Source-Kameras dienen zur Identifikation der Spezifika der einzelnen Kamera-Modelle: Die drei Buchstaben »DMK« zu Beginn des Kameranamen deuten auf eine Monochrom-Kamera hin, »DFK« weisen eine Kamera als Farbkamera mit IR-Sperrfilter aus und »DBK« bezeichnet Farbkameras ohne integrierten IR-Sperrfilter. Die folgenden Ziffern 21, 31, 41 und 51 beschreiben die Baureihe bzw. Chipgröße, während die Abkürzungen »AU«, »AF« oder »AG« im Namen den USB 2.0-, Firewire- oder GigE-Anschluss spezifiziert.

Die Monochrom-Kamera DMK 51AU02

Für diesen Beitrag wurden freundlicherweise zwei hochauflösende Kameras der neuen Baureihe zur Verfügung gestellt: eine monochrome DMK 51AU02 und eine farbige DFK 51AU02. Zum Lieferumfang der je rund 800€ teuren Kameras gehören neben dem eigentlichen Kameramodul ein 1/4"-Adapter,

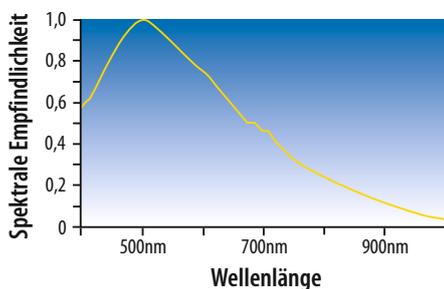


▲ Abb. 2: Der Chip der beiden 51er-Kameras (rechts) im Vergleich zu dem der von Planetenfotografen geschätzten 21er-Baureihe (links).

ein USB-Kabel, eine Software-/Treiber-CD sowie eine einseitige Kurzanleitung. Die würfelförmige DMK 51AU02 beeindruckt zunächst durch ihr solide verarbeitetes Metallgehäuse, das rückseitig einen USB 2.0-Anschluss aufweist und an der Vorderseite über ein C/CS-Gewinde verfügt, in das der mitgelieferte 1¼"-Adapter eingeschraubt werden kann. An der Unterseite des würfelförmigen Kameramoduls befindet sich noch eine kleine Adapterplatte mit Fotogewinden.

Im Inneren der Kamera arbeitet die 1/1,8" große monochrome Version des Sony-Chips vom Typ ICX274AL mit einer Pixelgröße von 4,40µm × 4,40µm und einer Bilddiagonalen von 8,92mm. Die Kamera kann maximal 12 der rund 2 Megapixel großen Bilder pro Sekunde an den angeschlossenen Rechner übermitteln. Als kürzeste Belichtungszeit nennt der Hersteller 1/10000s, als maximale Belichtungszeit werden 60 Minuten angegeben. Der Chip in der Kamera wird nicht gekühlt wie bei den meisten CCD-Kameras für die Deep-Sky-Fotografie. Die von der Kamera aufgezeichneten Bilder werden unkomprimiert in einer Datentiefe von 8 Bit an den angeschlossenen Rechner übertragen.

Ein Blick auf die grafische Darstellung der Lichtempfindlichkeit des monochromen Chips zeigt, dass der ICX274AL seine größte Empfindlichkeit für Licht bei einer Wellenlänge von rund 500nm besitzt, d.h. für blau-grünes Licht. Ausgehend hiervon nimmt sowohl in Richtung des violetten, als auch in Richtung des gelben bzw. roten Lichtes die Empfindlichkeit deutlich ab, wobei



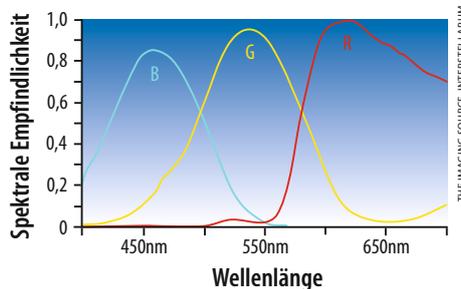
die Flanke in Richtung des Lichtes mit der höheren Wellenlänge weniger steil abfällt. In dem für Deep-Sky-Fotografie interessanten Bereich von 656nm (H α) beträgt die Empfindlichkeit des Chips nur noch rund 60% der maximalen Empfindlichkeit.

Die Farb-Kamera DFK 51AU02

Im Gegensatz zur monochromen Version kommt in der DFK 51AU02 der Farbchip ICX274AQ von Sony zum Einsatz. Während einige technische Daten (wie Bauform, Gewicht, aber auch Chip- und Pixelgröße) der beiden Kameras gleich sind, unterscheiden sich die verwendeten Chips in ihrer Empfindlichkeit erheblich: Die Farbkamera weist die größte Empfindlichkeit im Bereich von 600nm bis 650nm, d.h. im Bereich des orange-roten Lichtes auf. Die Spitze der Empfindlichkeit für grünes Licht liegt bei rund 530nm und für blaues Licht bei 460nm. Insgesamt zeichnet sich der Farbchip durch eine recht gleichmäßige Empfindlichkeit der drei Farben Rot, Grün und Blau aus, während die monochrome Version des Chips ihre Stärke deutlich im Bereich des blauen Lichtes hat. Sinnvollerweise ist die Farb-Kamera – im Gegensatz zur monochromen Version – mit einem aufgedampften IR-Filter versehen.

Die Software IC-Capture.AS

Die Kameras von The Imaging Source werden zusammen mit einer CD ausgeliefert, die neben den notwendigen USB-,



Firewire- und GigE-Treibern auch die Software IC-Capture enthält. IC-Capture ist gut geeignet, um die Funktionen der Kamera zu steuern und Bilder- bzw. Filmsequenzen zu erstellen. Eine ganze Reihe von Programmen von Drittanbietern unterstützt mittlerweile ebenfalls die TIS-Kameras, so dass der Nutzer beim Betrieb auch auf andere – teilweise leistungsfähigere – Produkte zurückgreifen kann: Die zum Teil seit Jahren bewährten Programme AstroTracker, Lucam Recorder, K3CCDTools oder AstroSnap eignen sich beispielsweise ebenfalls gut, um die TIS-Kameras zu steuern. Zur Weiterverarbeitung der Aufnahmen empfiehlt TIS die bekannten Programme AviStack und/oder Registax. Im Rahmen dieses Tests wurden die beiden Kameras mehrheitlich mit Lucam Recorder (Version 2.7) von Heiko Wilkens gesteuert, da der Autor mit dieser Software seit Jahren gute Erfahrungen in Verbindung mit TIS-Kameras gemacht hat.

Die Kameras in der Praxis

Die Adaption der Kameras an das Teleskop gelingt dank des mitgelieferten 1¼"-Adapters (der erfreulicherweise über ein Filtergewinde verfügt) denkbar einfach. Ebenso problemlos verlaufen die Installation der USB-Treiber sowie die Installation der Software IC-Capture dank der mitgelieferten CD.

Sonne

Ein erstes Einsatzfeld bietet sich für die monochrome DMK 51 bei der Sonnenfotografie: In Verbindung mit einem Baader-Herschelkeil und einem SolarContinuum-Filter, aber auch an einem CaK-Sonnenteleskop sowie zudem an einem H α -Sonnenteleskop machte die DMK 51 zunächst Jagd auf

◀ Abb. 3: Spektrale Empfindlichkeit der beiden Modelle DMK 51 und DFK 51.

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



▲ Abb. 4: **Beeindruckende Sonnenaufnahmen** gelingen mit der monochromen Kamera sowohl im Weißlicht (links), als auch mit H α - (Mitte) und Kalzium-Filtern (rechts).

Sonnenflecken und Protuberanzen. Die im Vergleich zu den 21er-, 31er- und 41er-Baureihen größere Chipfläche zeigt schon auf dem Bildschirm des angeschlossenen PC einen deutlich größeren Ausschnitt des Tagesgestirns, so dass ein übersichtlicherer Eindruck der Position der Sonnenflecken und der Anordnung der unterschiedlichen aktiven Regionen zueinander möglich wird, als dies zumindest bei den Kameras der 21- und 31-Baureihe möglich ist. Dass die nur $4,0\mu\text{m} \times 4,0\mu\text{m}$ großen Pixel ein sehr detailreiches Bild produzieren, zeigt sich ebenfalls schon beim Fokussieren. Sowohl bei den Aufnahmen mit dem grünen SolarContinum-Filter als auch bei der Sonnenfotografie im Kalzium-Licht und im H α -Licht wird jeweils nur das Licht eines engen Wellenlängen-Bereichs detektiert – die unterschiedliche Empfindlichkeit des Chips über die verschiedenen Wellenlängen macht sich daher bei der praktischen Fotografie nicht negativ bemerkbar. Das größere Bildfeld und die detailliertere Darstellung erweisen sich als ein echter Mehrwert der Kameras der 51er-Baureihe.

Mond und Planeten

Als dankbares Objekt für die Kameras mit großem Chip bietet sich neben der Sonnenfotografie auch die Fotografie des Mondes

an – denn auch hier kann die Kamera den Vorteil ihres großen Chips sehr gut ausspielen: Während die monochrome DMK am Mond uneingeschränkt überzeugen kann, bringt die Farbkamera keinen Mehrwert; dennoch produziert auch sie bei entsprechenden Einstellungen am Mond sehr gute und überzeugende Graustufenbilder.

Bei der Fotografie der Planeten bringt die größere Chipfläche bei den unter Amateuren üblichen Vergrößerungen keine Vorteile – die maximale Bildfrequenz von 12 Bildern pro Sekunde führt jedoch dazu, dass die Aufnahme entsprechender Sequenzen deutlich länger dauert als bei den TIS-Kameras mit kleineren Chips.

Deep-Sky

Der größere Chip und die höhere Auflösung unterscheiden die Kameras der 51er-Baureihe von den anderen TIS-Kameras. Es liegt daher nahe, dieses größere Bildfeld auch zu nutzen, um Deep-Sky-Objekte zu fotografieren. Die Sternhaufen NGC 2244 und Messier 35 sind attraktive Objekte, die in einer Neumondnacht mit der monochromen DMK 51 fotografiert wurden: Bereits auf 30s-Aufnahmen zeigen sich sehr schön die unterschiedlich hellen Sterne auf einem schwarzen, samtigen Hintergrund.

Um auch die leuchtschwächeren Sterne zu detektieren, wird die Belichtungszeit auf 120s erhöht – und es zeigen sich auf den entstehenden Aufnahmen nicht nur mehr Sterne, sondern auch ein deutliches Ansteigen des Hintergrundrauschens und ein so genanntes Verstärkerglühen in der linken oberen Bildecke (und nicht ganz so stark am oberen rechten Bildrand). Auch wenn die Temperatur in den Aufnahmenächten um den Gefrierpunkt lag, zeigt sich hier doch, dass eine Kamera mit ungekühltem Chip erwartungsgemäß nicht an das geringe Chiprauschen einer gekühlten Astrokamera herankommen kann.

Neben Sternhaufen sind Nebel spannende und herausfordernde Objekte für Astrofotografen. Der Pferdekopfnebel im Sternbild Orion wird stellvertretend für andere Nebelgebiete mit der monochromen TIS-Kamera ins Visier genommen: Leicht beginnt der Pferdekopf sich bereits auf den 75s lang belichteten Aufnahmen abzuzeichnen. Die erstellten 20 Aufnahmen reichen jedoch noch nicht aus, um das Hintergrundrauschen soweit zu eliminieren, dass es nicht mehr stört. Um den Kontrast zwischen Nebelgebieten und Hintergrund zu erhöhen, kommt in einem zweiten Versuch ein 35nm-H α -Filter zum Einsatz: Die Belichtungszeit wird dabei auf 180s pro

▼ Abb. 6: **Auch am Mond gelingen schöne Bilder** (130mm-Refraktor bei 2000mm Brennweite). Von 2500 Einzelbildern wurden jeweils 500 aufaddiert.



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



▲ Abb. 6: Bei diesen unbearbeiteten Aufnahmen von M 1 fällt das Verstärkerrauschen auf, sowohl beim Farbmodell DFK 51 (links) als auch beim monochromen Modell DMK 51 (rechts). Summenbild aus je 10 Aufnahmen à 60s Belichtungszeit, 130mm-Refraktor bei 1000mm Brennweite.

Aufnahme erhöht. Es zeigen sich erwartungsgemäß deutlich kleinere Sternabbildungen, der Kontrast zwischen Nebelgebiet und Hintergrund wird jedoch nicht deutlich größer – ganz im Gegensatz zum Rauschen des Chips und den Aufhellungen an der Bilddecke und am Bildrand.

Um die Leistungsfähigkeit der monochromen Kamera mit der der Farbkamera vergleichen zu können, bietet sich der hochstehende Krebsnebel (M 1) an: An einem 130mm-Refraktor lässt sich aus 10 Aufnahmen à 60s mit der Monochromkamera ein erstes detailliertes Bild gewinnen, bei dem sich das Verstärkerglühen am Bildrand jedoch nicht leugnen lässt. Das aus ebenfalls 60s-Aufnahmen der DFK 51 gewonnene Farbbild zeigt einen weniger detailliert gezeichneten Nebel – dies ist durch die verwendete Bayer-Matrix technisch bedingt – und leider ein deutlich auffälligeres Verstärkerglühen, das rund eine Viertel des Bildes einnimmt.

Auch an anderen Deep-Sky-Objekten wie beispielsweise dem Großen Orionnebel

(M 42) zeigen sich ähnliche Ergebnisse in Bezug auf den Unterschied in den Details zwischen Farb- und Monochrom-Kamera sowie in Bezug auf das Verhalten des Chiprauschens und des Verstärkerglühens.

Fazit

Die Domäne der Kameras von The Imaging Source sind die großen Objekte unseres Sonnensystems: Bei der Fotografie der Sonne und des Mondes können die Kameras ihre Stärken (Übertragung unkomprimierter Aufnahmen an den Rechner, hohe Bildfolge) gut ausspielen. Bei der Fotografie der Sonne – sowohl im Weißlicht, als auch im Kalzium- und H α -Licht – und der Fotografie des Mondes bieten die Kameras der 51er-Baureihe einen beachtenswerten und gerne gesehenen Zugewinn an Auflösung und auch einen Zugewinn an Bildfeld. Bei der Fotografie der Planeten ist das größere Bildfeld für die meisten Amateuerteleskope vermutlich nicht mehr sinnvoll auszunutzen, während eine andere Eigenschaft der neuen

Kameras dort ggf. mehr zu Buche schlägt: die sich auf 12 Bilder pro Sekunde verringere Aufnahme-geschwindigkeit, die bei schnell drehenden Planeten kontraproduktiv wirken kann.

Für die Deep-Sky-Fotografie ist der Einsatzbereich der beiden neuen TIS-Kameras begrenzt: Bei der Fotografie von Sternhaufen können mit noch kurzen Belichtungszeiten

Die Kameras in der Praxis

- ⊕ Hohe und detaillierte Auflösung durch kleine Pixel
- ⊕ großer Chip für Sonnen- und Mondfotografie
- ⊕ Kompakte Bauweise
- ⊕ Hochwertige Verarbeitung
- ⊖ ungekühlte Chips
- ⊖ sichtbares Verstärkerglühen
- ⊖ Für Deep-Sky-Fotografie nur eingeschränkt einsetzbar

ansehnliche Ergebnisse gewonnen werden. Bedingt durch das ungekühlte Betreiben des Chips zeigt sich jedoch schon ab Belichtungszeiten von rund 1 Minute ein Verstärkerglühen am Bildrand, das mit zunehmender Belichtungszeit – ebenso wie das Rauschen – zunimmt. Bedingt durch die für die Farbaufnahmen verwendete Bayer-Matrix zeichnet die Farbkamera ein nicht ganz so detailliertes Bild wie die Monochromkamera, wobei sie vergleichbare Eigenschaften bzgl. Verstärkerglühen und Bildrauschen aufweist.

Im Bereich der Deep-Sky-Fotografie konkurrieren die ungekühlten TIS-Astrokameras mit den größeren Chips in gekühlten und damit deutlich teureren Astrokameras, an deren Leistung sie erwartungsgemäß nicht heranreichen können. Aber gerade für ambitionierte Sonnen- und Mondfotografen bietet sich mit der monochromen DMK 51 eine handliche und leistungsfähige Kamera im 2-Megapixel-Bereich.

Surftipps

Homepage des Autors mit weiteren Aufnahmen:

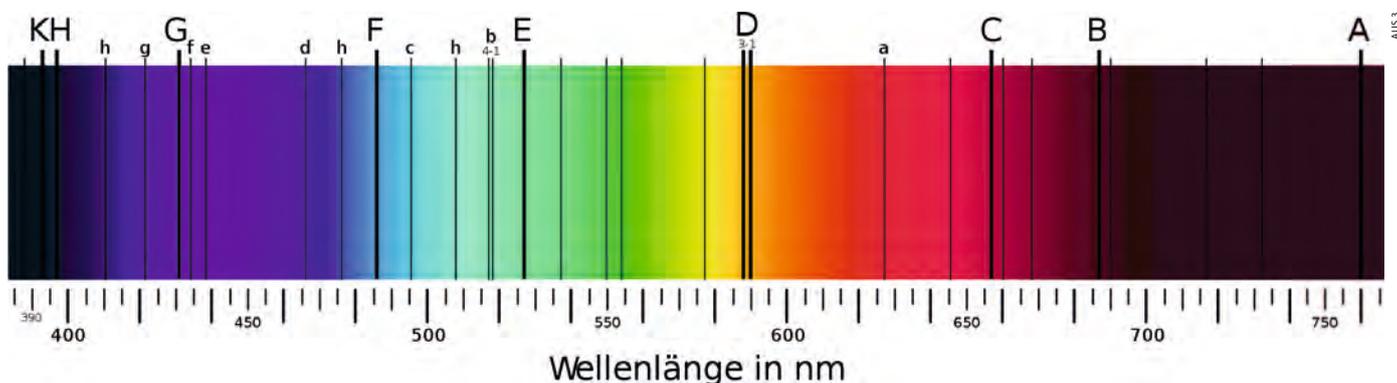
www.sternenstaub-observatorium.de

Homepage des Herstellers

www.astronomycameras.com

Technische Daten der Kameras		
Modell	DMK 51AU (USB)/ DMK 51AG (GigE)	DFK 51AU (USB)/ DFK 51AG (GigE)
Typ	progressive scan	progressive scan
Farbe	nein	ja
IR-Sperrfilter	nein	ja
Auflösung	1600×1200 Pixel	1600×1200 Pixel
Chip	Sony ICX274AL	Sony ICX274
Chipgröße	1/1,8"-CCD (Diagonale: 8,92mm)	1/1,8"-CCD (Diagonale: 8,92mm)
Pixelgröße	4,40µm × 4,40µm	4,40µm × 4,40µm
Datentiefe	8 Bit	8 Bit
Kühlung	keine	keine
Bildrate	max. 12 Bilder/Sekunde	max. 12 Bilder/Sekunde
Belichtungszeiten	1/10000s bis 60min (laut Hersteller)	1/10000s bis 60min (laut Hersteller)
Anschluss	USB2.0/GigE	USB2.0/GigE
Gewicht	265g	265g
Preis	800€	800€

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



▲ Abb. 1: Die wichtigsten Spektrallinien im Sonnenspektrum, die sog. Fraunhoferlinien, klassifizieren die Sonne als G2-Stern. Spektroskopie wird dank CCD-Technik und erschwinglicher Spektrografen auch für Amateure immer interessanter.

Die Fingerabdrücke der Sterne

Ein Spektralatlas für Amateurastronomen

VON RICHARD WALKER

Der »Spektralatlas für Astroamateure« soll eine Publikationslücke für die stark wachsende Sparte der Astrospektroskopie schließen. Konzipiert als Führer durch die stellaren Spektralklassen, ermöglicht er die Identifikation zahlreicher Spektrallinien in gering bis mittelhoch aufgelösten Spektren. Aktuell steht Version 2.0 im Internet zum Download bereit.

Technologische Fortschritte im Bereich der CCD-Kameras, aber auch erschwingliche Spektrografen auf dem Astromarkt, bewirken in Amateurkreisen einen erfreulichen Aufschwung der Spektroskopie. Freewareprogramme und detaillierte Anleitungen erleichtern das Gewinnen, Aufbereiten, Kalibrieren und Normieren der Spektren. Mehrere Publikationen befassen sich auch mit dem Selbstbau von Spektrografen. Die zahlreichen Auswert- und Interpretationsmöglichkeiten für die Spektralprofile leiden jedoch noch an einem deutlichen Defizit an amateurgerechter Literatur. So fehlte bisher ein Atlas für mittelhoch auflösende ($R=\lambda/\Delta\lambda < 10000$) Spektrografen, der die Element- und Ionenidentifikation der wichtigsten Absorptions- und Emissionslinien innerhalb der verschiedenen Spektralklassen erlauben würde.

Ziel und aktueller Stand

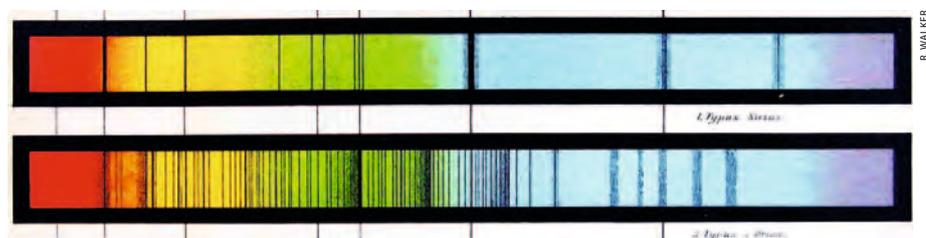
Dieses Atlas-Projekt wird über längere Zeit und etappenweise realisiert. Deshalb ist mittelfristig noch keine Publikation als Buch geplant. Der aktuelle Stand wird jedoch bereits jetzt im PDF-Format zur Verfügung gestellt und kann in Deutsch oder Englisch heruntergeladen werden (vgl. Surftipps). Die gegenwärtige Version 2.0 enthält als Grundstock bereits alle stellaren Spektralklassen, welche dem Durchschnittsamateur zugänglich sind, d.h. von O9,5 bis M5 unter Berücksichtigung der Leuchtkraftklassen. Weiter enthalten sind auch stellare »Exoten« wie die Wolf-Rayet- und Be-Sterne, aber auch die Spektralklassen auf dem Asymptotischen Riesenast, d.h. die Mira-Variablen mit den Zirkonium- und Kohlenstoffsternen

der Klassen S und C. Da keine isolierte Sammlung beschrifteter Spektraltafeln entstehen soll, werden sämtliche Spektren mit ihren klassentypischen Linienmustern eingehend kommentiert. Parallel zum Atlas entsteht das Dokument »Beitrag zur Spektroskopie für Astroamateure«, mit kurzen Theorieblöcken und praktischen Beispielen.

Aus dem Archiv der Astronomiegeschichte

Abgesehen vom sehr gut dokumentierten solaren Spektrum (vgl. Surftipps) erwiesen sich die Recherchen nach breitbandig aufgenommenen und detailliert kommentierten Spektren als aufwändig. Erfolg brachte erst der Einstieg in die Wissenschaftsgeschichte. Als »aktuellstes« Werk und brauchbare Quelle erwies sich der längst vergriffene »Bonner Spektralatlas« von 1975 [1]. Dieser besteht noch aus beschrifteten fotografischen Spektralstreifen und die Wellenlängen sind auf 0,1nm gerundet angegeben. Dieses Werk hat berühmte Vorläufer – jedes für sich ein Meilenstein der jüngeren Astronomiegeschichte! Pater Secchi unterteilte 1860–1870 an der Vatikansternwarte die Spektren in vier Klassen und zeichnete

▼ Abb. 2: Ausschnitt aus Pater Secchis handgezeichnetem Spektralatlas mit den Typen »Sirius« und »Orion« (Beteigeuze mit Titanoxid-Banden).



von Hand den ersten Spektralatlas (Abb. 2) [2]. Etwas später verfeinerten und erweiterten hauptsächlich Pickering und seine Mitarbeiterinnen diese Klassifikation am Harvard-Observatorium. Erst 1943 publizierten Morgan, Keenan und Kellman am Yerkes-Observatorium den sog. »MKK-Atlas« (vgl. Surftipp) [3]. Diesen Tafeln bestehen aus handbeschrifteten fotografischen Spektralstreifen, welche damals aus technologischen Gründen auf den Violet- und Blaubereich des Spektrums limitiert waren.

Aktuelle Quellen

Aktuellere Publikationen wie der Spektralatlas von R. O. Gray, das Buch »Sterne und ihre Spektren« von J. Kaler [4] sowie zahllose einschlägige Veröffentlichungen aus wissenschaftlichen Datenbanken beschränken sich vornehmlich auf die Identifikation weniger Linien innerhalb meist schmalbandiger Spektralabschnitte. 2009 erschien das umfangreiche Werk »Stellar Spectral Classification« von Gray und Corbally [5]. Es richtet sich vorwiegend an Studenten und professionelle Astronomen, bietet aber dem Englisch sprechenden und deutlich fortgeschrittenen Amateur wertvolle Informationen, z.B. zur Bestimmung der dezimalen Subklassen und über die spektralen Besonderheiten seltener Sterntypen. Sehr nützlich ist die Spectroweb-Plattform von Alex Lobel am Royal Belgium Observatory. Sie bietet hochaufgelöste und praktisch vollständig kommentierte Profile einiger Fixsterne ($R=80000$) und der Sonne ($R=350000$), gegenwärtig noch beschränkt auf die Spektralklassen F bis M. Die sehr hohe Liniendichte erschwert jedoch dem Durchschnittsamateur die Verbindung zu seinen meist gering bis mittelhoch aufgelösten Profilen mit $R < 10000$.

Aufnahme der Spektren

Die Spektren werden mit dem DADOS-Spaltspetrografen von Baader Planetarium (vgl. Surftipps), d.h. mit geringer bis mittelhoher Auflösung gewonnen (s. Kasten). Dieser Bereich wird auch in der professionellen Astronomie für sog. Klassifikationsspektren verwendet [5]. Der Großteil der Profile wird mit einem 8"-Schmidt-Cassegrain auf einer parallaktischen Montierung aufgenommen. Ein Klappspiegel zwischen Teleskop und Spektrograf erleichtert die Lokalisierung lichtschwacher Zielobjekte (Abb. 3).



▲ Abb. 3: DADOS-Spektrograf mit Klappspiegel am 8"-SCT. Die DSI III (links) ist als Aufnahme- und die DSI II (rechts) als Spaltkamera eingesetzt. Das Schwalbenschwanzprofil ermöglicht ein problemloses Balancieren des gesamten Aufbaus.

Spaltpositionierung und Autoguiding

Über die DSI II-Color-Kamera werden sowohl das Objekt auf dem Spalt positioniert als auch das Autoguiding mit der PHD-Software und Belichtungszeiten von ca. 1s – 2s durchgeführt. Letzteres kann direkt mit dem Objekt oder bei flächigen Objekten auch mit lichtschwachen Feldsternen durchgeführt werden. Da die Spaltbreite die Auflösung wesentlich beeinflusst, spielt das Seeing eine erfreulich geringe Rolle. Der Parallelbetrieb zweier Kameras, hier mit den Programmen Meade Autostar Envisage und PHD-Guiding, ist auf bestimmten Computern nur möglich, wenn die Spaltkamera erst nach Inbetriebnahme der Aufnahmekamera angeschlossen wird.

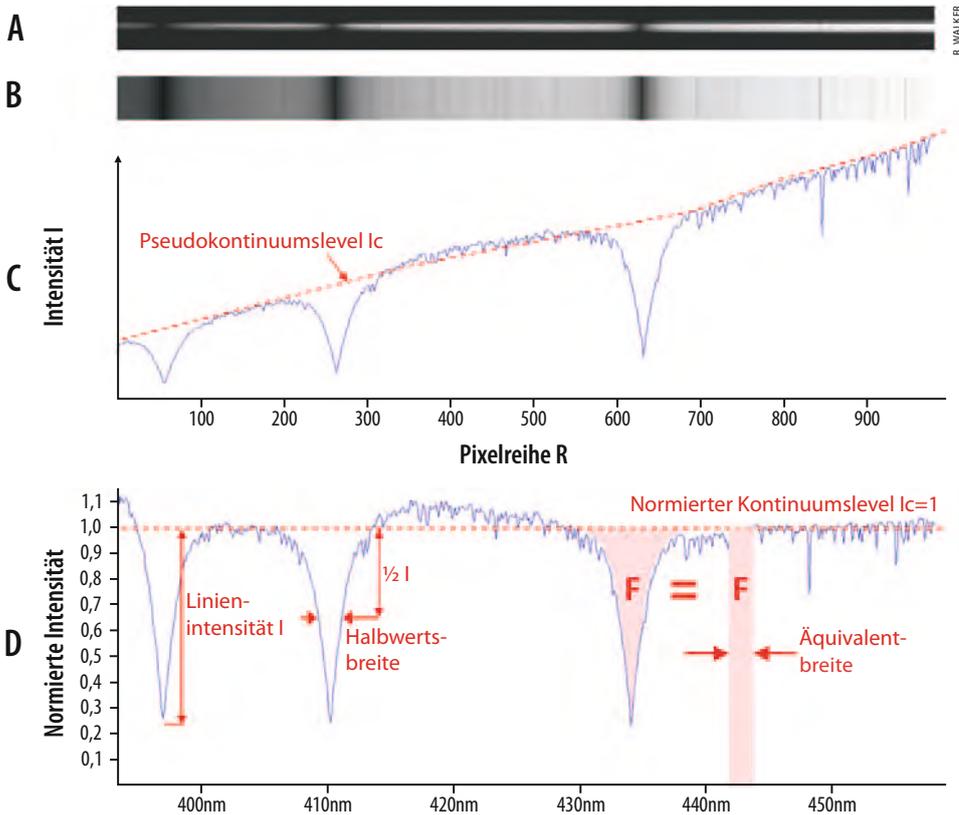
Von der Astrofotografie zum Spektralprofil

Der Bildbearbeitungsprozess in der Spektroskopie ist weitgehend standardisiert. Kosmetische Korrekturen mit Photoshop sind tabu, da sie Artefakte erzeugen und eine wissenschaftliche Auswertung des Profils unmöglich machen würden. Abb. 4 demonstriert diesen Prozess im Blaubereich eines höher aufgelösten Siriuspektrums. Zuerst werden die Spektralaufnahmen mit der Freeware IRIS (vgl. Surftipps)

aufbereitet und aufsummiert. Das Programm mittelt im Summenbild für jede vertikale Pixelreihe die Intensitätswerte und verbreitert das resultierende eindimensionale Spektrum zu einem Streifen. Die Freeware Vspec erzeugt aus diesem Streifen ein 2D-Profil mit dem Intensitätsverlauf aufgetragen über den Pixelreihen. Die rote Linie zeigt das Niveau des »Pseudokontinuums« I_c , dessen Verlauf hauptsächlich von interstellaren, atmosphärischen und instrumentellen Einflüssen abhängt. Theoretisch würde das Kontinuum bei Sirius hier nach »links« zu kürzeren Wellenlängen ansteigen, da dessen Strahlungsmaximum im UV-Bereich liegt.

Kalibration und Normierung des Profils

Schließlich werden die Pixelreihen noch auf die entsprechenden Wellenlängen λ kalibriert (Einheit Nanometer [nm], $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$). Aus historischen Gründen wird heute aber auch häufig noch Ångström (\AA), $1\text{\AA}=0,1\text{nm}$) verwendet. Als Referenzlichtquellen verwenden Amateure im Rotbereich meistens Neonlampen und für breitbandig von blau bis rot reichende Spektren zum Beispiel umgebaute, meist mit Argon gefüllte Glimmstarter für Leuchtstoffröhren. Für die Atlasdarstellung wird noch der Kontinuumsverlauf



▲ Abb. 4: Datenreduktion von der Aufnahme bis zum kalibrierten Spektralprofil. Von oben nach unten: Spektralaufnahme, Spektrum aus den summierten Spektralaufnahmen, Intensitätsverlauf über den Pixelreihen, kalibriertes und normiertes Profil.

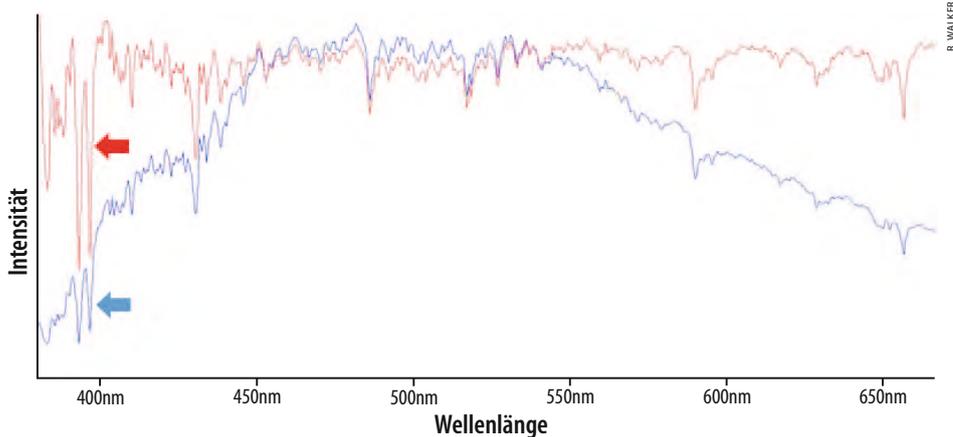
entfernt, d.h. horizontal begradigt, auf $I_c=1$ normiert und die Intensität der Spektrallinien proportional zum ursprünglichen I_c -Wert angepasst. Dazu wird, z.B. mit Vspec, das gesamte Profil durch seinen eigenen Intensitätsverlauf dividiert und damit automatisch auch die Intensität I der Spektrallinien proportional zum ursprünglichen I_c -Wert angepasst (Abb. 5). Für astrophysikalische Untersuchungen können aus diesem Profil nun fundamentale Daten wie die Intensität I , die Halbwertsbreite FWHM und die Äquivalentbreite EW einer Linie bestimmt werden. Der gesamte

Aufbereitungsprozess erfordert mit etwas Routine ca. 30 Minuten.

Profildarstellung im Atlas

Da sich die Linienidentifikation mit Softwareunterstützung oder Linientabellen nur für erfahrene Amateure eignet, verbleibt die herkömmliche Darstellung und Beschriftung klassentypischer Spektren. Der heutige Standard erfordert kalibrierte und normierte Intensitätsprofile, aufgetragen über der Wellenlänge. Diese werden hier noch mit einem synthetisch erzeugten Spektralstreifen ergänzt,

▼ Abb. 5: Sonnenspektrum mit Pseudokontinuum (blau) und begradigtem Verlauf (rot). Die wahre Intensität der Kalziumlinien kommt erst im roten Profil zur Geltung.



welcher vom Vspec-Programm aufgrund des Profilverlaufs generiert wird. Dessen Farbverlauf hilft zur Orientierung im dargestellten Wellenbereich. Je niedriger die Auflösung eines Spektrums und je später (kühler) die Spektralklasse, desto stärker wird das Problem der sog. »Blends«: Was niedrig aufgelöst als eine einzige, meist deformierte Spektrallinie erscheint, entpuppt sich in hochaufgelösten Profilen als Ansammlung vieler Absorptionen unterschiedlicher Elemente und/oder Ionen. Hier sind vernünftige Kompromisse erforderlich, d.h. Blends werden nur mit den intensivsten der beteiligten Elemente beschriftet.

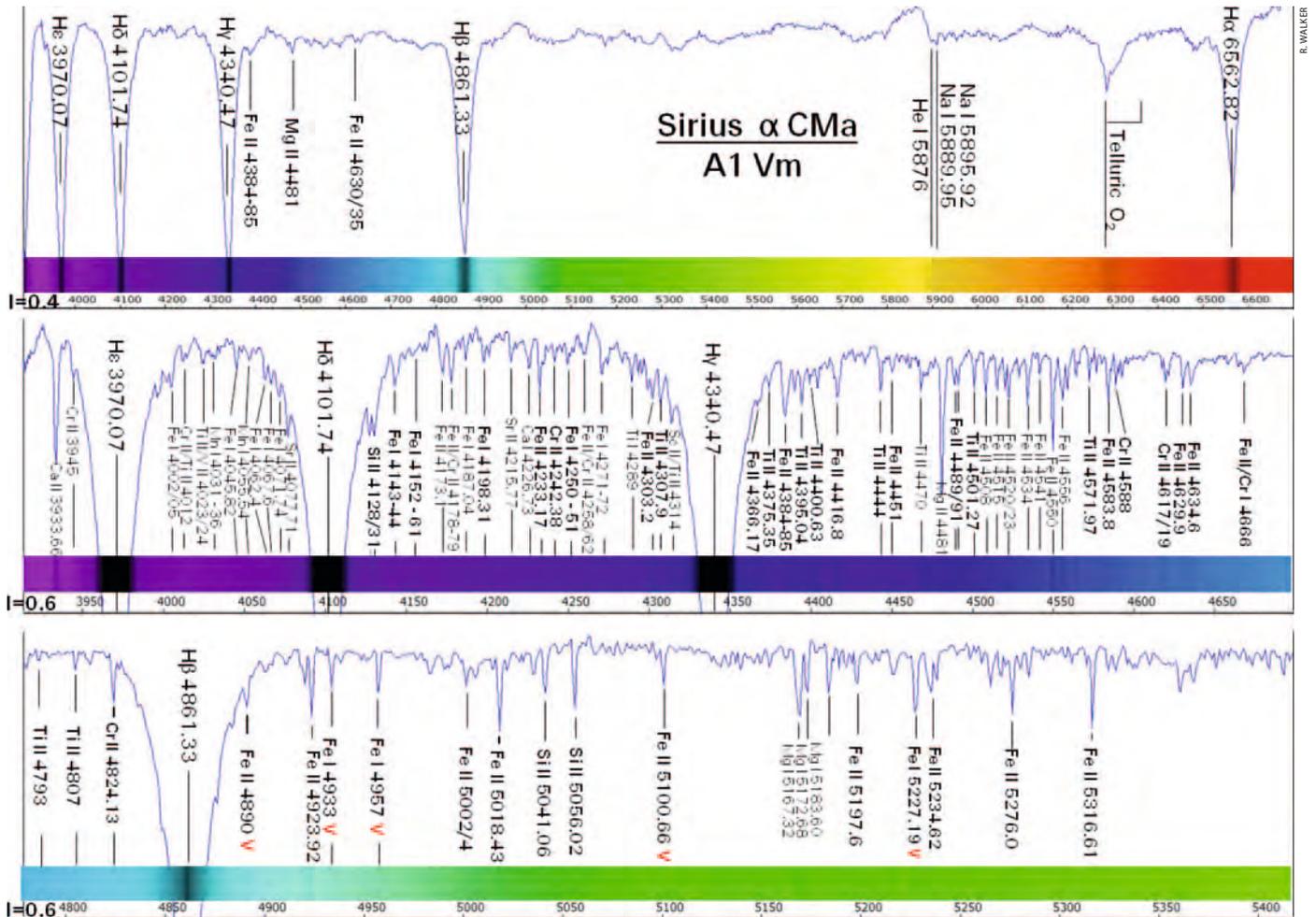
Begradigter Kontinuumsverlauf erleichtert Intensitätsvergleich

Der Verlauf wird begradigt, weil nur so ein grober Intensitätsvergleich zwischen einzelnen Spektrallinien möglich wird. Dies demonstrieren im Sonnenspektrum eindrucklich die beiden Fraunhofer-H- und K-Linien des ionisierten Kalziums (Ca II). Abb. 5 zeigt blau den Verlauf des Pseudokontinuums. Eingebettet am kurzwelligen Ende des Spektrums sind diese Linien nur verkümmert wahrnehmbar (blauer Pfeil). Nach der Entfernung des Kontinuumsverlaufs (rotes Profil) erscheinen sie deutlich als die stärksten Absorptionen, welche die Sonne selbst erzeugt (roter Pfeil), dies obwohl Wasserstoff dort ca. 10000 Mal häufiger vorkommt! Für diesen Effekt verantwortlich ist die Photosphärentemperatur von ca. 5800K, welche quantenmechanisch optimale Voraussetzungen zur Bildung der Ca II-Linien schafft.

Das Siriuspektrum

Das Spektrum des Hauptreihensterns Sirius (Abb. 6) zeigt, typisch für die Spektralklasse A, die eindrucklichen Absorptionen der Wasserstofflinien (H) und die Überlagerung des Profils mit zahlreichen feinen Metalllinien. Auch dafür ist die Photosphärentemperatur von hier ca. 9800K verantwortlich, welche optimale Voraussetzungen zur Bildung der Wasserstofflinien schafft, jedoch deutlich zu heiß ist für die Ca II-Linie bei 393,4nm, welche bei der kühleren Sonne dominiert (Abb. 5). Sie erscheint deshalb nur noch schwach im höher aufgelösten Spektrum. Die langwellige Ca H-Linie bei 396,9nm wird durch die intensive H ϵ -Wasserstoffabsorption sogar völlig verdrängt.

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



▲ Abb. 6: **Siriuspektrum mit den eindrücklichen Wasserstofflinien**, welche durch die dichte Atmosphäre des Hauptreihensterns zusätzlich noch verbreitert werden.

Spektrenvergleich Sirius und Wega

Wega und Sirius sind fast gleich klassifiziert und haben deshalb Sternatmosphären mit vergleichbaren physikalischen Parametern. In diesem Spezialfall verhalten sich unterschiedliche Linienintensitäten der beiden Sterne ungefähr proportional zur Elementhäufigkeit (Abb. 7). Im Profil von Wega ist die Kalziumlinie Ca II bei 393,4nm fast doppelt so intensiv wie bei Sirius. Fast genau umgekehrt ist das Verhältnis bei den Eisenlinien Fe I und Fe II. Wegen dieses relativen Kalziummangels und Eisenüberschusses steht der Suffix »m« in der Spektralklassierung A1Vm von Sirius.

Spektrenvergleich Antares und Ras Algethi

Die Profile der kühlen Roten Riesen Antares und Ras Algethi zeigen die spektrale Veränderung infolge der Temperaturabnahme innerhalb der Spektralklasse M (Abb. 8). Die Temperaturen sind hier für stellare Verhältnisse so niedrig, dass sich

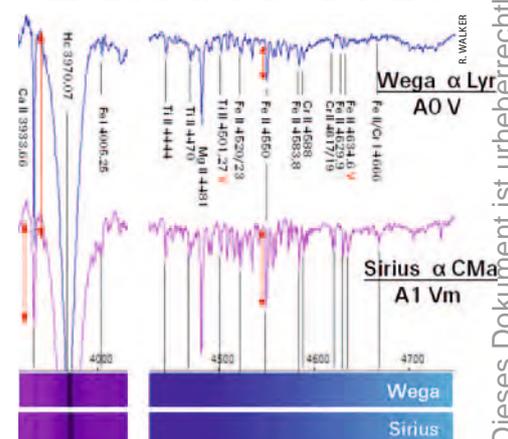
das Molekül Titanoxid (TiO) bilden und in den äußeren Schichten der Sternatmosphäre ansammeln kann. Beim heißeren Antares (ca. 3600K) sind im gesamten Spektrum noch Absorptionen diskreter Elemente und Ionen zu sehen, welche im roten Bereich aber bereits von komplexen TiO-Banden überprägt werden. Beim etwas kühleren Ras Algethi (ca. 3300K) wird außerhalb des Blaubereichs fast das gesamte Profil von eindrücklichen sägezahnförmigen TiO-Absorptionen dominiert.

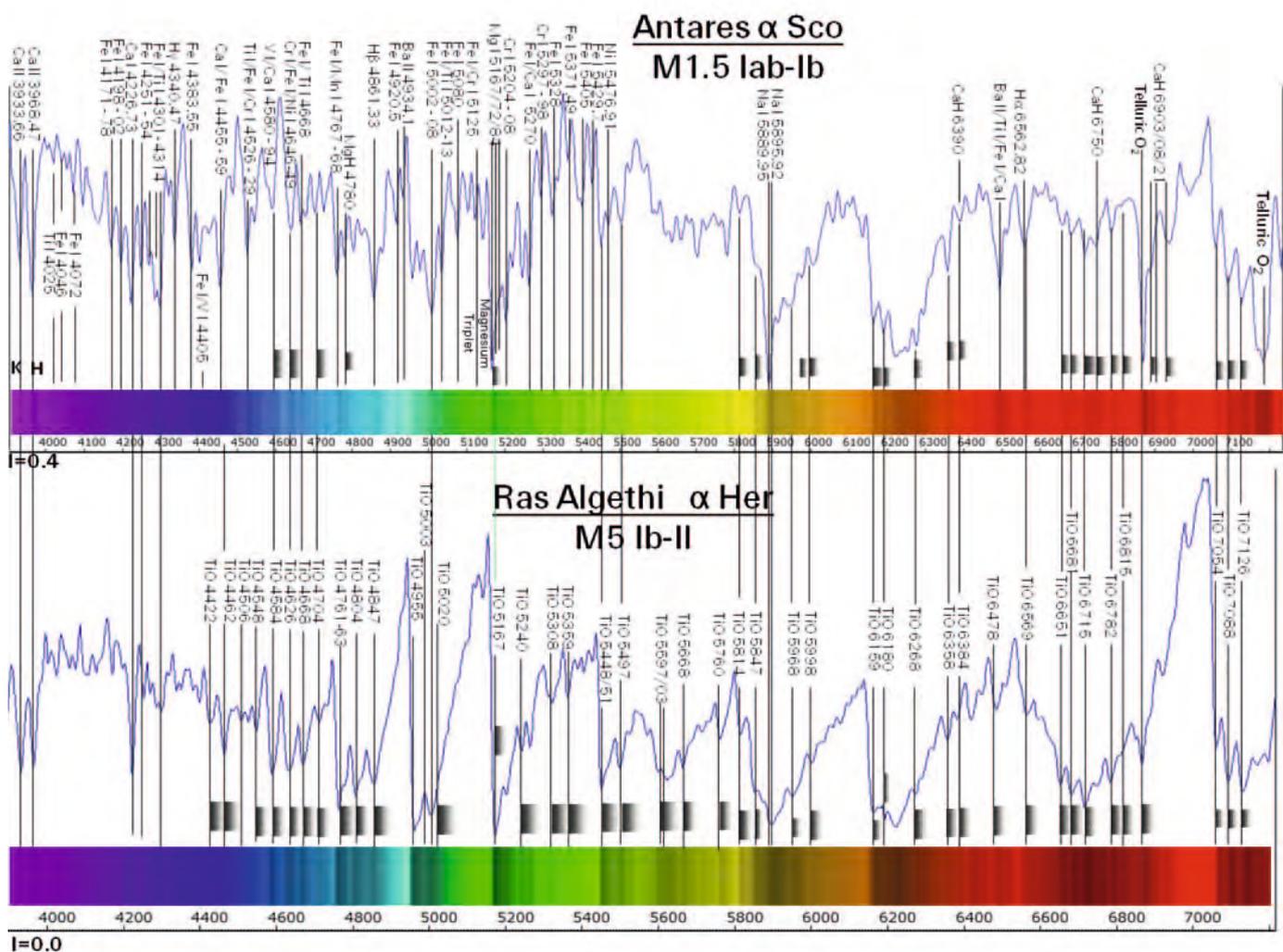
Weitere Ausbauschritte

Gegenwärtig in Bearbeitung sind die Liniendiagnose und Bestimmung der Anregungsklassen bei Emissionsnebeln sowie die »pekuiliären« Ap- und Bp-Sterne, welche, wie Sirius, chemische Auffälligkeiten im Spektrum zeigen. Ferner ist die Vorstellung weiterer extragalaktischer Objekte geplant, welche bisher

► Abb. 7: **Vergleich der Metallhäufigkeit bei Wega (oben) und Sirius (unten)**. Sirius zeigt einen Überschuss an Eisen (Fe II bei 455nm) und einen Mangel an Kalzium (Ca II bei 393,4nm).

erst durch M 31 vertreten sind. Bei extrem lichtschwachen Objekten (z.B. Quasaren) werden auch gering auflösende Transmissionsgitter und für Detailaufnahmen mit hoher Auflösung der SQUES-Echelle-Spektrograf (vgl. Surftipps) zum Einsatz kommen. Bei Gelegenheit sollen zukünftig auch Sonderereignisse wie Kometen oder gar helle Novae/Supernovae spektroskopisch dokumentiert werden. Um Informationsredundanzen zu vermeiden, werden Profile gleicher Spektral- oder Objektklassen nur dann aufgenommen, wenn charakteristische Unterschiede





R. WALKER

▲ Abb. 8: **Spektrenvergleich der M-Klasse:** Antares und Ras Algethi.

Der DADOS-Spektrograf

Der robust und absolut lichtdicht konstruierte DADOS-Spektrograf von Baader Planetarium (vgl. interstellarum 66) ist für Teleskope bis 14" Öffnung bei f/10 optimiert. Mit drei möglichen Spaltöffnungen (25 μ m, 35 μ m und 50 μ m) und zwei verschiedenen Reflexionsgittern (200 und 900 Linien/mm), können Spektralprofile mit geringer oder mittelhoher Auflösung, d.h. mit R-Werten ($\lambda/\Delta\lambda$) von ca. 600 respektive 4000 erzeugt werden. Mit einem 8"-SCT und der CCD-Kamera DSI III Pro liegt die erreichbare Grenzgröße bei ca. 8^m.5. Die erforderlichen Belichtungszeiten mit dem 200L/mm-Gitter liegen für die hellsten Fixsterne im Bereich von wenigen Sekunden und bei 8^m bei ca. 20 Minuten. Der Drehfokussierer mit einem Fokusweg von 55mm ermöglicht den Anschluss der meisten CCD- und Spiegelreflexkameras.

kommentiert werden können. So wird auch zukünftig manch heller Fixstern im Atlas fehlen, weil sein Spektrum bereits durch einen vergleichbaren »Klassenkollegen« repräsentiert wird.

[1] Seitter, W. C.: Atlas für Objektiv Prismen Spektren – Bonner Spektralatlas, Astronomische Institute Bonn, Duemmler, Bonn (1975)

[2] Secchi, A.: Die Sterne, Grundzüge der Astronomie der Fixsterne, Brockhaus, Leipzig (1878)

[3] Morgan, W. W., Keenan, P. C., Kellman, E.: An atlas of stellar spectra, with an outline of spectral classification, The University of Chicago press, Chicago (1943)

[4] Kaler, J.B.: Sterne und ihre Spektren, Astronomische Signale aus Licht, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (1994)

[5] Gray, R. O., Corbally, C. J.: Stellar Spectra Classification, Princeton University Press, Princeton (2009)

Surftipps

Spektralatlas für Astroamateure, R. Walker:

www.ursusmajor.ch/astrospektroskopie/richard-walkers-page/index.html

Hochaufgelöstes, kommentiertes

Sonnenspektrum, Base de données Solaires:

bass2000.obspm.fr/download/solar_spect.pdf

Spektralatlas von Morgan, Keenan und Kellman (MKK):

ned.ipac.caltech.edu/level5/ASS_Atlas/frames.html

Digital Spectral Classification Atlas, Gray:

nedwww.ipac.caltech.edu/level5/Gray/frames.html

DADOS-Spektrograf, Baader Planetarium:

www.baader-planetarium.de/dados/dados.htm

IRIS von Christian Buil:

astrosurf.com/buil

Vspec (Visual Spec), Valerie Desnoux:

astrosurf.com/vdesnoux

SQUES Echelle-Spektrograf:

www.eaglewoptics.com

The Interactive Database of Spectral Standard Star Atlases, Royal Belgium Observatory, A. Lobel:

spectra.freeshell.org/SpectroWeb_news.html

Polsucher passend

Nachrüstung einer GoTo-Montierung für die Astrofotografie

VON MICHAEL SEEBOERGER-WEICHSELBAUM

Eine kleine Montierung wie die Celestron NexStar SE 1 kann problemlos als Reisemontierung eingesetzt werden. Diese verfügt über GoTo und kann mit Hilfe von Batterien betrieben werden. Dies ist für das Fluggepäck ein großer Vorteil. Allerdings verfügt diese Montierung über einen eklatanten Nachteil: Es gibt keine Möglichkeit, einen Polsucher zu integrieren. Dies ist für eine Ausrichtung auf den Himmelsnord- oder -südpol ein Problem, da dies dann mit Kompass und »Blindflug« erfolgen muss. Was für die visuelle Beobachtung noch ausreicht, ist für Astrofotografie untauglich – es sei denn, man baut einen Polsucher nachträglich an.



M. SEEBOERGER-WEICHSELBAUM

▲ Abb. 1: Die Celestron NexStar SE 1-Montierung wird mit selbst angebautem Polsucher auch astrofotografietauglich.

Eine bekannte Reisemontierung für Astrofotografie ist die Astrotrac-Montierung (vgl. interstellarum 60 und 77). Bei dieser befindet sich der Polsucher auf einem Metallarm, der herausgeschwenkt wird. Der Polsucher wird durch ein Loch des Arms gesteckt und mit Hilfe von Magneten gehalten (Abb. 2). Dies führt zu einer guten Ausrichtung auf den Himmelspol und ist für Astrofotografie tauglich, wie viele Beispiele von Amateurastronomen (s. Surf-tips) zeigen. Der Polsucher ist sowohl für die Nord- wie auch die Südhalbkugel einsetzbar. Das rot beleuchtete Sucherbild des Polsuchers zeigt für die Nordhalbkugel drei Sterne, mit denen die Ausrichtung erfolgt. Für die Einjustierung auf der Südhalbkugel werden drei andere Sterne genutzt.

Der Nachbau

Den ausschwenkbaren Arm der Astrotrac kann man für die Celestron NexStar SE 1 nachbauen. In der Mitte der Plattform besitzt die Montierung die Möglichkeit, eine Schraube anzubringen. Dies ist ideal zum Befestigen einer Metallplatte, die in einer bestimmten Größe benötigt wird, damit der Polsucher an der Seite der Basis herauschaut. Wer über keine eigene Werkbank verfügt, kann die Platte bei einem Metallbauer in der entsprechenden Größe aus Aluminium anfertigen lassen.

Ein Metallbauer am Wohnort des Autors fräste die Platte in der gewünschten Größe (Breite: 160mm, Höhe: 5mm, Tiefe: 60mm) sowie die beiden Löcher (Abb. 5). Das kleinere Loch ist für die Schraube vorgesehen und hat einen Durchmesser von 8mm, während das Loch für den Polsucher einen Durchmesser von 35mm besitzt.

Die Befestigung des Polsuchers auf der Metallplatte erfolgt nach dem Vorbild der Astrotrac-Montierung. Bei eBay gibt

es günstig Neodym-Magnete, die auf die Oberseite der Platte gelegt werden und den Polsucher fixieren. Drei Magnetscheiben mit einem Durchmesser von 20mm haben sich als sicheren Halt für den Polsucher herausgestellt (Abb. 4). Man muss nur aufpassen, dass diese nicht zu nahe beieinander liegen – sie ziehen sich dann gegenseitig an und es ist nur noch sehr schwer möglich, die einzelnen Magnetscheiben voneinander zu trennen.

▼ Abb. 2: Das Vorbild: der Polsucher am herauschwenkbaren Arm der Astrotrac-Montierung.



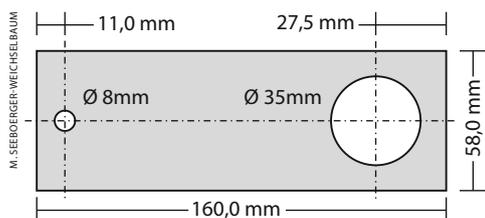
M. SEEBOERGER-WEICHSELBAUM



▲ Abb. 3: **Der Nachbau:** Platte mit Polsucher an der Celestron NexStar SE 1.



▲ Abb. 4: **Drei Neodym-Magnete** halten den Polsucher.



▲ Abb. 5: **Zeichnung und Maße** für die Aluminiumplatte, die den Polsucher hält.

Praxis

Mit Hilfe des Polsuchers der Astrotrac wird die Montierung anhand von drei Sternen, Polaris, δ UMi und 51 Cep, eingenordet, indem man die Sterne mit Markierungen im Sucherbild zur Deckung bringt. Auf der Südhalbkugel

erfolgt die Einjustierung mit Hilfe der Sterne ϵ Hyd, σ Oct, χ Oct. Es müssen nicht alle drei Sterne genutzt werden. Allerdings erhöht sich natürlich die Genauigkeit der Ausrichtung bei der Verwendung von drei Sternen. Damit ist man in der Lage, mit einem 500mm-Objektiv eine Belichtungszeit von 60s zu erzielen, ohne dass

Wie sauber müssen die Frontlinsen bei Astrofotos sein?

Selbst in Fachkreisen wird kontrovers diskutiert, welchen Einfluss Beschädigungen oder Verschmutzungen von Linsen für die damit erstellten Aufnahmen haben. Beim Studium von einschlägigen Online-Gebrauchtmärkten für Fotoobjektive ist in den Produktbeschreibungen regelmäßig zu lesen, dass auf der Frontlinse zwar ein Schaden vorhanden sei, dieser aber »keinerlei Auswirkungen auf die Fotos« habe. Selbst bei Exemplaren mit deutlich sichtbaren Putzspuren, also einer Vielzahl feiner verteilter Kratzer, liest man diesen beruhigenden Satz immer wieder im Begleittext. Gleichzeitig erfährt man vielerorts, man möge eine moderate Verschmutzung der Frontlinse eher tolerieren, statt sie zu oft zu reinigen. Einerseits bestünde bei jedem Reinigungsvorgang das Risiko, die Frontlinse zu verkratzen, andererseits würde der Schmutz ohnehin die Fotos nicht beeinträchtigen. Grund genug, in einer kleinen Testserie zu untersuchen, ob und inwieweit Schmutz oder Schäden auf und an der Frontlinse die Abbildung von Sternen stören.

Test

Dazu wurde der helle Stern Aldebaran mit einem 100mm-Fotoobjektiv aufgenommen. Die Referenzaufnahme

wurde ohne eingeschraubtes Frontfilter gewonnen. Für die nachfolgenden Testaufnahmen wurde ein hochwertiges Klarglasfilter (UV-Sperrfilter) verwendet und sicherheitshalber noch einmal fokussiert, denn die Testreihe wurde bei komplett offener Blende ($f/2,8$) gewonnen, um die Erscheinungen nicht durch Beugungseffekte einer sich schließenden Blende zu überlagern. Das Filter wurde anschließend verschiedenen »Behandlungen« unterzogen, um Schäden oder Schmutz zu simulieren (Abb. 1 oben), wobei jeweils eine Himmelsaufnahme angefertigt wurde. Im unteren Teil der Abb. 1 sind die Ergebnisse zu sehen, die auf die doppelte Größe (aus einem Pixel werden vier) gebracht wurden, um die Effekte besser erkennen zu können.

Auswertung

- Ordentliche Abbildungsqualität des Objektivs bei Offenblende in der Bildmitte.
- Drei Wassertropfen führen zu einer minimalen Weichzeichnung, die Sterne werden ein wenig größer, die Grenzgröße sinkt kaum nennenswert ab, d.h. fast alle Sterne aus (a) sind noch sichtbar.
- Sogar die stark benetzte Linse führt nur zur Weichzeichnung des gesamten Bildes. Die Grenzgröße lässt abermals nach, wenn auch moderat.

- Die extrem starke zentrale Abschattung führt zu einer deutlichen Verminderung der Bildhelligkeit, die hier durch Bildverarbeitung auf das Niveau der anderen Bilder gebracht wurde. Der Durchmesser der Sternabbildungen steigt, während die Grenzgröße dramatisch einbricht. Doch selbst der helle Aldebaran zeigt keine extremen Deformationen.
- Der leichte Fettfilm vermindert die Grenzgröße merkbar, aber nicht drastisch. Schlimmer sind schwache, in beliebigen Winkeln zueinander stehende Spikes, also »Strahlen«, die bei hellen Sternen auftauchen. Wo und wie diese Strahlen verlaufen, hängt von der Struktur des Fettfilms ab, ist also nicht vorhersagbar. Die entstehende Abbildungscharakteristik heller Sterne kann ein Astrofoto merklich beeinträchtigen.
- Ein Kratzer in der Frontlinse führt zur Bildung von zwei Spikes bei hellen Sternen, die umso heller ausfallen, desto länger und tiefer der Kratzer ist. Auch ein Kratzer, der lediglich die Vergütung der Linse betrifft, hat diese Konsequenz. Für Astrofotos bedeutet das eine starke Abwertung.
- Ein Fingerabdruck auf der Linse führt

► Abb. 6: **M 8, aufgenommen mit der Celestron NexStar SE 1 und angebautem Polsucher.** Digitalfoto, 500mm-Objektiv bei Blende 8, Nikon D5000, ISO 1000, 15×60s.

die Sterne als Striche erscheinen. Dies lässt sich sicherlich noch steigern. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel, das vom Autor in Ägypten im Wadi Gimal auf der Celestron NexStar SE 1 mit dem hier beschriebenen Polsucher gemacht wurde. Die Aufnahme von M 8 besteht aus 15 Einzelbildern, die jeweils 1min bei ISO 1000 belichtet und mit DeepSky Stacker gestackt wurden.

Anstelle des Astrotrac-Polsuchers sind auch andere, günstigere Polsucher einsetzbar. Ebenso lässt sich das Prinzip dieser Metallplatte auch auf andere Montierungen übertragen. Für die größere Celestron NexStar SE 2 ist nur die Länge der Metallplatte anzupassen, da die Basis der Montierung einen größeren Durchmesser besitzt.



M. SEIBERGER/WIKISELBAU

Material und Kosten

Metallplatte 160mm × 60mm × 5mm	50€
Polsucher Astrotrac-Montierung	120€
3× Neodym-Magnete	15€
Summe	185€

Surftipps

Fotos mit der Astrotrac von Gain Lee:

cosmicbug.wordpress.com/astrotrac-photography

Fotos mit der Astrotrac bei flickr:

www.flickr.com/groups/569839@N21

zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Deformierung der hellen Sterne. Im vorliegenden Fall entstand ein asymmetrischer Ring, der zudem farbige Artefakte aufweist. Ein Astrofoto wird dadurch entwertet.

Fazit

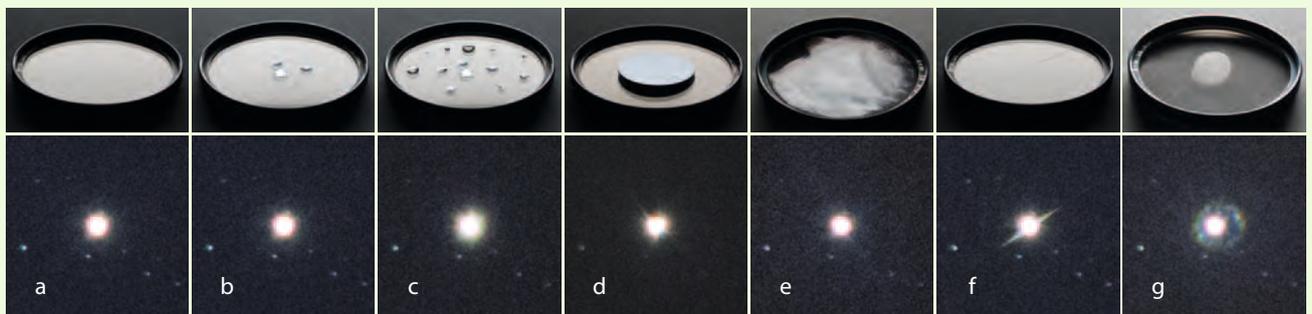
Die Abbildung von Sternen stellt extrem hohe Ansprüche an die verwendete Optik. Schon relativ kleine Störungen machen sich auf den Fotos bemerkbar, insbesondere bei der Wiedergabe heller Sterne. Das bedeutet, dass ein Kratzer in

der Frontlinse, der bei Tageslichtaufnahmen tatsächlich so gut wie nie Spuren hinterlässt, ein Objektiv für den Astroeinsatz praktisch disqualifiziert. Der Astrofotograf sollte daher auf Sauberkeit und Unversehrtheit seiner Objektive bedacht sein.

Die Abblendung eines Objektivs verschlimmert den Einfluss von Schäden oder Verschmutzung, es sei denn, diese befinden sich im peripheren Bereich der Frontlinse, der nach der Abblendung nicht mehr an der Abbildung beteiligt ist.

Kritisch ist auch eine starke Verschmutzung der rückwärtigen Linse, was nicht

Gegenstand dieser Untersuchung war, weil sie durch Objektivdeckel stets gut geschützt werden kann und sollte. Verunreinigungen im Inneren von Objektiven bestehen meist aus winzigen Staubkörnchen, die beim Zoomen oder Fokussieren eingedrungen sind, wenn das Objektiv Luft ansaugt und wieder abgibt. Ihr Einfluss auf die Abbildung kann in der Tat vernachlässigt werden. Eine eigenhändig durchgeführte Demontage von Objektiven ohne Spezialwerkzeug und -kenntnisse führt im Regelfall zum Totalschaden und ist keinesfalls zu empfehlen.



S. SEIP

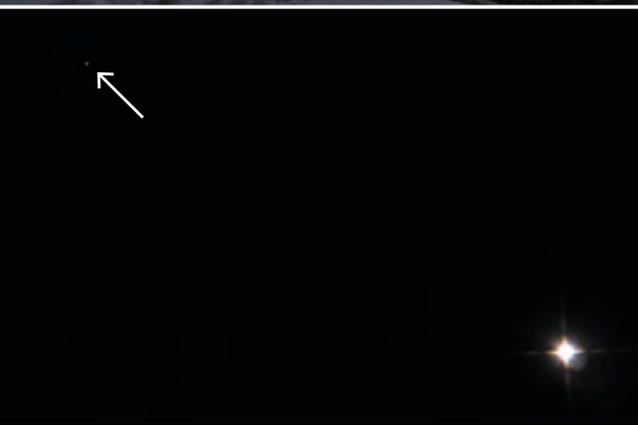
▲ **Ein Kameraobjektiv**, durch verschiedene Verschmutzungen und Kratzer beeinträchtigt (obere Reihe) und die damit unter gleichen Bedingungen aufgenommenen Testfotos von Aldebaran (untere Reihe): **a)** verwendeter UV-Sperrfilter **b)** drei Wassertropfen (z.B. Regen)

c) 16 Wassertropfen **d)** Zentrale Obstruktion (65% des Durchmessers) **e)** ungleichmäßiger, dünner Fettfilm (entstanden z.B. durch eine unsachgemäße Reinigung) **f)** tiefer, fast gerader Kratzer von der Mitte bis zum Rand. **g)** Fingerabdruck in der Linsenmitte.

Die Situationen in e bis g wurden in gerichtetem Licht fotografiert, so dass die Störungen extrem übertrieben gut sichtbar wurden. Beim Durchschauen durch das Filter waren sie kaum erkennbar!

Besondere Bedingungen

► Abb. 1: **Anfang Februar** sorgten Eiskristalle in der Luft für die Entstehung eines 22°-Mondhalos bei Fusch an der Glocknerstraße (Österreich). Zusammen mit seiner 14-jährigen Tochter fotografierte Patrick Hochleitner außer dem Halo auch das Wintersechseck mit den zugehörigen Sternbildern. Digitalfoto, 2.2.2012, 21:00 MEZ, 8mm-Teleobjektiv bei f/5,6, Nikon D5000, ISO 400, 25s. *Patrick & Selina Hochleitner*



► Abb. 3: **Ende Februar** waren die Bedingungen für eine liegende Mondsichel ideal: Die Ekliptik stand relativ steil zum Horizont und der Mond noch nördlich von dieser, so dass sich nach Sonnenuntergang die Sonne scheinbar fast senkrecht unter dem Mond befand. Visuell war der Mond nur kurz und sehr schwierig zu sehen. Digitalfoto, 22.2.2012, 18:30 MEZ, 600mm-Teleobjektiv bei f/5,6, 5DMk2, ISO 3200, 1/30s. *Franz-Peter Pauzenberger, Johann Thellmann.*

◀ Abb. 2: **Eine Woche später** traf in der Abenddämmerung der scheinbar hellste Planet auf den zweitschwächsten: Venus neben Uranus am 9.2.2012, 19:00 MEZ. Das Foto wurde via Okularprojektion mit einem 10mm-Okular erstellt. Für den Druck wurde Uranus leicht aufgehellt. Digitalfoto, 10"-Newton, Canon Powershot S90, ISO 800, 1/25s. *Marco Hodde*



Die letzte Chance

VON STEFAN SEIP

Vielen Astronomen ist das Datum 8. Juni 2004 noch in lebhafter Erinnerung: Nach 122 Jahren zog der Planet Venus während seiner Unteren Konjunktion als dunkle Silhouette vor der Sonne vorbei. Mehr als sechs Stunden dauerte die komplette Passage, so dass genügend Zeit blieb, um das Schauspiel zu fotografieren. Auch Ekhardt Preuß ließ sich die Gelegenheit nicht entgehen, drückte auf den Auslöser und sendete sein Resultat ein (Abb. 1). Bemerkenswert ist die Entstehungsgeschichte der Aufnahme: Ein Stück weiße Pappe wurde, auf dem Fußboden stehend, an eine Wand angelehnt. In einer Hand hielt Herr Preuß ein Fernglas, das aus dem Angebot eines Lebensmittel-Discounters stammt. Das Fernglas projizierte ein Bild der Sonne auf die weiße Pappe. Die andere Hand wurde dazu benutzt, um eine Kamera zu halten und auszulösen! Abgesehen von der fast akrobatischen Leistung imponiert mir der Versuch, mit einfachsten Mitteln und ohne großen Aufwand ein Foto des Venustransits anzufertigen.

Doch das Bild lässt es an Schärfe vermissen, vermutlich aufgrund der fehlenden Möglichkeit, den in einer Hand gehaltenen Feldstecher genau zu fokussieren. Daher habe ich mich einmal darum bemüht, die gleiche Arbeitsweise zu optimieren, ohne dabei die Grundidee der Unkompliziertheit aufzugeben.



▲ Abb. 1: **Venustransit, aufgenommen am 8.6.2004** von Ekhardt Preuß. Leider hat das eingesandte Bild nur eine Fläche von 300×300 Pixel. Außer einer perspektivischen Entzerrung und einer S/W-Konvertierung fand keine Bildverarbeitung statt.

Das Fernglas

Um mein 10×42-Fernglas in aller Ruhe fokussieren zu können, befestigte ich es auf einem Stativ. Das eine Objektiv wurde mit einem Deckel verschlossen und das andere für die Projektion verwendet, um ein Doppelbild zu verhindern. In einen DIN A4-großen Karton schnitt ich zwei Löcher, die okularseitig über das Fernglas geführt wurden, damit das projizierte Sonnenbild nicht nur inmitten des Fernglasschattens positioniert ist, sondern über ein großes abgeschattetes Umfeld verfügt (Abb. 2).

Bei meinen Probeaufnahmen habe ich darauf geachtet, die Fernglasoptik immer nur für relativ kurze Momente dem

gleißenden Sonnenlicht auszusetzen. Im Strahlengang kommt es zur Bündelung der Energie und ich wollte verhindern, dass das Fernglas Schaden nimmt. Zu vermeiden ist auf jeden Fall, dass die Sonne aus dem Gesichtsfeld herauswandert. Dann nämlich steht zu befürchten, dass der Brennpunkt eine Linsenfassung oder Wandung trifft, die schmelzen könnte, wenn sie aus Kunststoff gefertigt ist. Außerdem sind in Fernglasokularen meistens miteinander verkittete Linsen enthalten. Liegen solche Linsen in der Nähe des Brennpunkts, kann der Linsenkitt schmelzen und die Optik damit unbrauchbar werden. Bisher habe ich solche Schäden nur an relativ alten Geräten zu Gesicht bekommen, aber sicher ist sicher.

Apropos Sicherheit: Um sein Augenlicht nicht zu gefährden, verbietet es sich selbstredend, durch das Fernglas zu schauen, während es auf die Sonne gerichtet ist! Anwesende Personen sind über die Gefahr aufzuklären, Kinder in jedem Moment unter Beobachtung zu halten. In Beobachtungspausen sollte das Gerät auf eine andere Stelle des Himmels gerichtet werden.

Projektionsschirm

Auf der Suche nach einem Projektionsschirm wurde ich bei einem Blatt hoch-

◀ Abb. 2: **Ein 10×42-Fernglas**, bei dem ein Objektiv abgedeckt ist. Die Okulare stecken in einem Pappkarton mit Löchern, damit ein Schatten um die projizierte Sonne herum entsteht.



S. SEIP

wertigen Fotopapiers für Tintenstrahldrucker fündig. In der Ausführung »Semimatt« hoffte ich auf eine geringe Reflexneigung bei gleichzeitig strukturloser Fläche. Ich bedruckte es mit vier »Passkreuzen«, die ein exaktes Quadrat bilden. Zuvor hatte ich ausprobiert, welche Größe der projizierten Sonne ungefähr das Optimum bildet: Ist sie zu klein, verschenkt man Details, ist sie zu groß, wird das Bild zu lichtschwach. Ich entschied mich für etwa neun Zentimeter Sonnendurchmesser, folglich druckte ich die Passkreuze im Abstand von zehn Zentimetern. Die Passkreuze sollten später dabei helfen, das schräg aufgenommene und dadurch verzerrt dargestellte Sonnenbild mit Photoshop wieder zu entzerren. Die leicht schräge Aufnahmerichtung ist alternativlos, weil sich bei frontaler Anordnung die Kamera im Strahlengang befände. Meinen so erstellten Projektionschirm zog ich auf eine Schaumstoffplatte auf, die wiederum auf einem Kleinstativ befestigt wurde. Damit war es möglich, sie nach Augenmaß parallel hinter dem Fernglasokular zu positionieren (Abb. 3).

Praxis

Die Gewinnung der Aufnahmen forderte die Überwindung einiger Hürden. Zunächst richtete ich das Fernglas so auf die Sonne aus, dass diese im zentralen Bereich des Gesichtsfeldes lokalisiert war. Der Grund dafür ist, dass die Leistung einer jeden Optik auf der optischen Achse am höchsten ist. Dazu verwendete ich einen speziellen Sonnenfilter aus Filterfolie vor dem Objektiv, um die Position mit dem Blick durch das Okular kontrollieren zu können. Dann nahm ich das Folienschutzfilter ab und brachte meinen Projektionschirm in Stellung. Auch das ist nicht trivial: Während die beste Entfernung vom Fernglas und damit die Größe des Projektionsbildes durch Ausprobieren bestimmt werden kann, ist man bei der orthogonalen Ausrichtung der Projektionsfläche zur optischen Achse auf eine grobe Schätzung angewiesen. Zumindest sollte die projizierte Sonne mit dem bloßen Auge exakt kreisrund erscheinen. Das Sonnenbild wurde anschließend sorgfältig mit dem Fokussierad des Fernglases scharf gestellt.

Die Projektionsfläche fotografierte ich mit einer digitalen Spiegelreflexkamera und einem Makroobjektiv mit etwas

► Abb. 4: **Sonnenflecken am 31. August 2010**, aufgenommen von der Raumsonde SOHO (links) und der im Artikel beschriebenen Anordnung mit einem 10x42-Fernglas und der Projektionsmethode (rechts).

längerer Brennweite ab, um die perspektivische Verzerrung so gering wie möglich zu halten. Ich fertigte mehrere Aufnahmen an, denn bereits bei dieser geringen Vergrößerung macht sich der Einfluss der Luftunruhe bemerkbar.

Ein weiterer Grund für meine Aufnahmeserie war der, dass ich mehrere der schärfsten Fotos aus der Serie »stacken« wollte. Durch die Kombination im »Kappa-Sigma-Clipping-Modus« (vgl. Technikwissen in interstellarum 69) sollte erreicht werden, dass eventuell auf der Projektionsfläche oder im optischen Strahlengang von Fernglas und/oder Kamera befindliche Schmutzpartikel verschwinden und nicht fälschlicherweise für einen Sonnenfleck gehalten werden. Acht Bilder schafften es in die Endauswahl, die ich mit der Software »MaxIm DL« mittelte.

Als problematisch erwies sich die fehlende Nachführung. Relativ rasch bewegt sich das Sonnenabbild auf der Projektionsfläche weiter, so dass zwischen den Aufnahmen immer wieder einmal das Fernglas nachgestellt werden musste. Ein präziser Getriebeneiger zwischen Stativ und Fernglas erleichterte diese Arbeit.

Auswertung

Mein Ergebnis zeigt die Sonne am 31. August 2010 um 10:50 UT (Abb. 4, rechts), als Vergleich eine Aufnahme der Raumsonde SOHO, die zur fast gleichen Zeit entstanden ist. Gut zu erkennen ist ein größerer Fleck, von dem bei etwas gutem Willen sogar die Penumbra sichtbar wird. Nicht bis ins Detail aufgelöst, aber dennoch abgebildet ist eine kleinere Fleckengruppe. Innerhalb der ebenfalls sichtbaren Randverdunklung taucht sogar ein Bereich mit Fackeln am linken Sonnenrand auf.



▲ Abb. 3: **Improvisierter Projektionschirm**, der auf einem Kleinstativ genau ausgerichtet werden kann. Abgebildet sind auch die vier Passkreuze um das Abbild der Sonne.

Prognosen

Ein Venustransit kann mit der beschriebenen »Fernglas-Projektionsmethode« gut dokumentiert werden. Die für dieses Jahrhundert letzte Gelegenheit dazu gibt es am frühen Morgen des 6. Juni (s. S. 18). In Deutschland wird nur das Ende des Transits bei Sonnenaufgang zu sehen sein.

Um einen Merkurtransit mit der geschilderten Methode zu fotografieren, müsste die Auflösung weiter gesteigert werden. Selbst der kleinere der beiden Sonnenflecken im Bild ist noch größer als das Merkurscheibchen am 9. Mai 2016 oder am 11. November 2019. Merkur dürfte knapp an oder gar unter der Auflösungsgrenze liegen; ein Fernglas mit größerer Öffnung wäre dann wohl angebracht.

Leser beobachten

Mitarbeit

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

Beobachtungen einsenden:

www.interstellarum.de/ods.asp

Alle Ergebnisse:

www.interstellarum.de/ods-galerie.asp

Liste behandelter Objekte:

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

Anzahl=alle&Maske=1

Die Objekte der Saison der nächsten 6 Ausgaben

Ausgabe	Name	Sternbild	R.A.	Dekl.	Einsendeschluss
Vorstellung: Nr. 77 Ergebnisse: Nr. 83	NGC 6819	Cyg	19 ^h 41,3 ^{min}	+40° 11'	20.5.2012
	NGC 6791	Lyr	19 ^h 20,9 ^{min}	+37° 46'	
Vorstellung: Nr. 78 Ergebnisse: Nr. 84	NGC 663	Cas	1 ^h 46,0 ^{min}	+61° 15'	20.7.2012
	IC 1805	Cas	2 ^h 33,4 ^{min}	+61° 26'	
Vorstellung: Nr. 79 Ergebnisse: Nr. 85	M 45	Tau	3 ^h 47,0 ^{min}	+24° 7'	20.9.2012
	NGC 1333	Per	7 ^h 4,3 ^{min}	-19° 45'	
Vorstellung: Nr. 80 Ergebnisse: Nr. 86	M 48	Hya	8 ^h 13,7 ^{min}	-5° 45'	20.11.2012
	NGC 3242	Hya	10 ^h 24,8 ^{min}	-18° 38,5'	
Vorstellung: S. 28 Ergebnisse: Nr. 87	M 85	Com	12 ^h 25,4 ^{min}	+18° 11,4'	20.1.2013
	Abell 1656	Com	12 ^h 59,8 ^{min}	+27° 58,8'	
Vorstellung: S. 28 Ergebnisse: Nr. 88	M 10	Oph	16 ^h 57,1 ^{min}	-4° 5,9'	20.3.2013
	IC 4665	Oph	17 ^h 46 ^{min}	+5° 39'	

M 80



▲ **CCD-Aufnahme**, 16"-Hypergraph bei 3200mm, SBIG STL-6303E, 3x10min (L), 3x5min (je RGB), Astronomik IIC-Filter, Aufnahmeort: Farm Tivoli Namibia. *Bernd Flach-Wilken*

M 80

- **8x24-Fernglas:** Bortle 4; nicht einfach – gerade eben direkt sichtbar. Indirekt flächig, keine weiteren Einzelheiten. *Uwe Pilz*
- **70/700-Refraktor:** fst 5^m0; sehr klein und kompakt. Wirkt bei kleiner Vergrößerung (28x) fast wie ein Stern. M 80 hat einen sehr hellen großen Kern. Es sind keine Einzelsterne sichtbar. 56x. *Frank Lange*
- **100/700-Refraktor:** fst 6^m2; M 80 zeigt eine gleichmäßig runde Form. Der Kern ist hell und fast stellar; er geht in schwach leuchtende Randbereiche über. Keine Einzelsterne. 1,4' Durchmesser. 4' nordöstlich befindet sich ein 8^m-Stern. 93x. *Stefan Westphal*
- **200/1000-Newton:** fst 6^m0; diffuser Fleck mit hellem Zentrum, keine Einzelsterne. 140x. *Michael Dütting*
- **254/1250-Newton:** SQM 20^m85/□"; mit 75x ein helles Scheibchen mit einem etwa doppelt so hellen Zentralbereich. Keine Sterne aufgelöst. Bei 125x wirkt das Halo granuliert. *Michael Schumann*
- **355/1780-Newton:** fst 6^m3; SQM-L 21^m6/□"; M 80 erscheint als kreisrunde Nebelscheibe mit steiler Helligkeits- und Konzentrationszunahme zum fast stellaren Zentrum hin. Davor stehen mehrere Dutzend schwache Einzelsterne ähnlicher Helligkeit. Diese verteilen sich weit über die Nebelscheibe hinaus ins Umfeld. 178x. *Michael Zschech*
- **500/2500-Newton:** SQM-L 21^m6/□"; M 80 in etwa 80° Höhe (Farm Tivoli, Namibia) bei mäßigem Seeing. Ein etwa 2,5' großer, markanter Zentralbereich des Kugelsternhaufens erscheint körnig angelöst und zeigt eine starke Konzentration zur Mitte hin, mit einem hellen, unaufgelösten Kerngebiet. Vor diesem Zentralbereich stehen weitere helle Sterne wie »darüber gestreut«. Dieser lockere Halo aus hellen Sternen überragt den Zentralbereich bis auf einen geschätzten Durchmesser von 4'. 357x. *Hubert Schupke*



▲ **Digitalfoto**, 3"-Refraktor bei 384mm, Canon EOS 30D (modifiziert), ISO 800, 20×5min, IDAS LPS-Filter, Mosaik aus drei Aufnahmen. M 80 in rechter oberer Ecke, Aufnahmeort: Somerset West, Südafrika. *Dieter Willasch*

▼ **Digitalfoto**, 8"-Newton bei 920mm, Canon EOS 40D (modifiziert), ISO 800, 20×1min. *Siegfried Kohlert*

▼ **CCD-Aufnahme**, 32"-Ritchey-Chrétien bei 5670mm, SBIG STX KAF-16803, 2×30s (je RGB), Astrodon Gen 2-RGB-Filter, Aufnahme mit dem Schulmann RC-Teleskop des Mt. Lemmon Sky Centers bei Tucson, Arizona, das seit 2011 über das Sierra Stars Observatory Network (SSON) gemietet werden kann. *Jan Wilhelm*

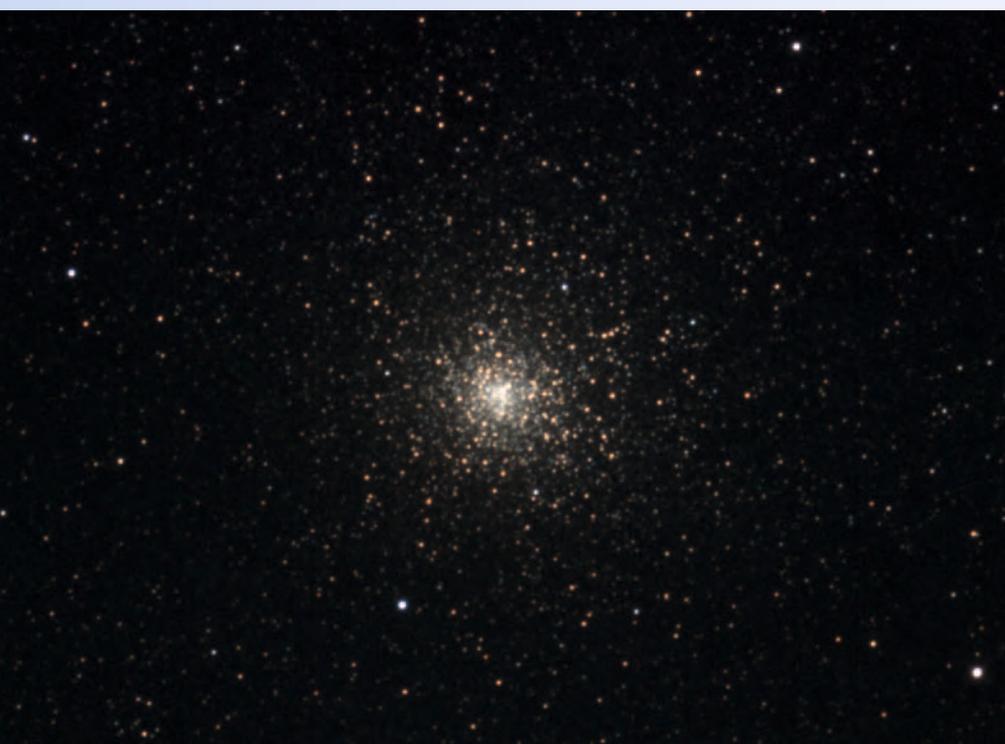


Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

M 62



▲ **Digitalfoto**, 8"-Newton bei 1000mm, Canon EOS 350Da, ISO 800, 6x1min, 53x30s, UV/IR-Sperrfilter. *Torben Simm*



M 62

- **8x24-Fernglas:** Bortle 4; der tiefe Stand des Sternhaufens am mittlereuropäischen Himmel vereitelt die Sichtung mit dem freien Auge. Im Kleinfernglas ist ein erstaunlich großer milchiger Fleck zu sehen, mit Helligkeitszunahme zur Mitte. *Uwe Pilz*
- **7x50-Fernglas:** fst 6^m2; M 62 ist als verschwommener Stern wahrnehmbar. *Stefan Westphal*
- **110/660-Refraktor:** fst 6^m0; der Kugelsternhaufen erscheint sehr hell und kompakt. Die Helligkeit nimmt im Kern zu. Der Randbereich wird diffuser und unregelmäßig hell. Einzelsterne sind nicht sichtbar. Durchmesser 1,4'. 66x. *Stefan Westphal*
- **250/1250-Newton:** fst 6^m1; das Objekt steht nur knapp über den Bergen der Öztaler Alpen. Bei 39x einfach sichtbar als ein runder Nebelball mit hellem Zentrum, nicht auflösbar. Bei höheren Vergrößerungen bis 140x wirkt der Kugelsternhaufen zumindest körnig und im Zentrum blitzen wenige Einzelsterne hervor. Auffällig ist, dass sich der Kern nicht direkt in der Haufenmitte befindet; Gesamtform eckig. *Anne Ebeling*
- **355/1780-Newton:** fst 6^m3; SQM-L 21^m6/□"; M 62 ist sehr sternreich und wirkt dreieckig. Stetige Konzentrationszunahme zum verhältnismäßig großen Zentrum hin. 127x. *Michael Zschech*
- **500/2500-Newton:** SQM-L 21^m6/□"; M 62 in etwa 80° Höhe (Farm Tivoli, Namibia) bei mäßigem Seeing. Der Kugelsternhaufen zeigt eine kontinuierliche Zunahme der Sterndichte zum Zentrum hin, ohne einen abgehobenen Zentralbereich. Ab 227x beginnt sich der Innenbereich in Einzelsterne ähnlicher Helligkeit vor einem körnigen Untergrund aufzulösen, wobei das Zentrum nicht so konzentriert wirkt wie bei M 80. Der äußere Rand wirkt unregelmäßig. Hier ziehen ungleichmäßig verteilte hellere Sterne den Blick auf sich, die aus dem Untergrund hervortreten. 357x. *Hubert Schupke*

◀ **CCD-Aufnahme**, 32"-Ritchey-Chrétien bei 5670mm, SBIG STX KAF-16803, 2x30s (je RGB), Astrodon Gen 2-RGB-Filter, Aufnahme mit dem Schulmann RC-Teleskop des Mt. Lemmon Sky Centers bei Tucson, Arizona, das seit 2011 über das Sierra Stars Observatory Network (SSON) gemietet werden kann. *Jan Wilhelm*

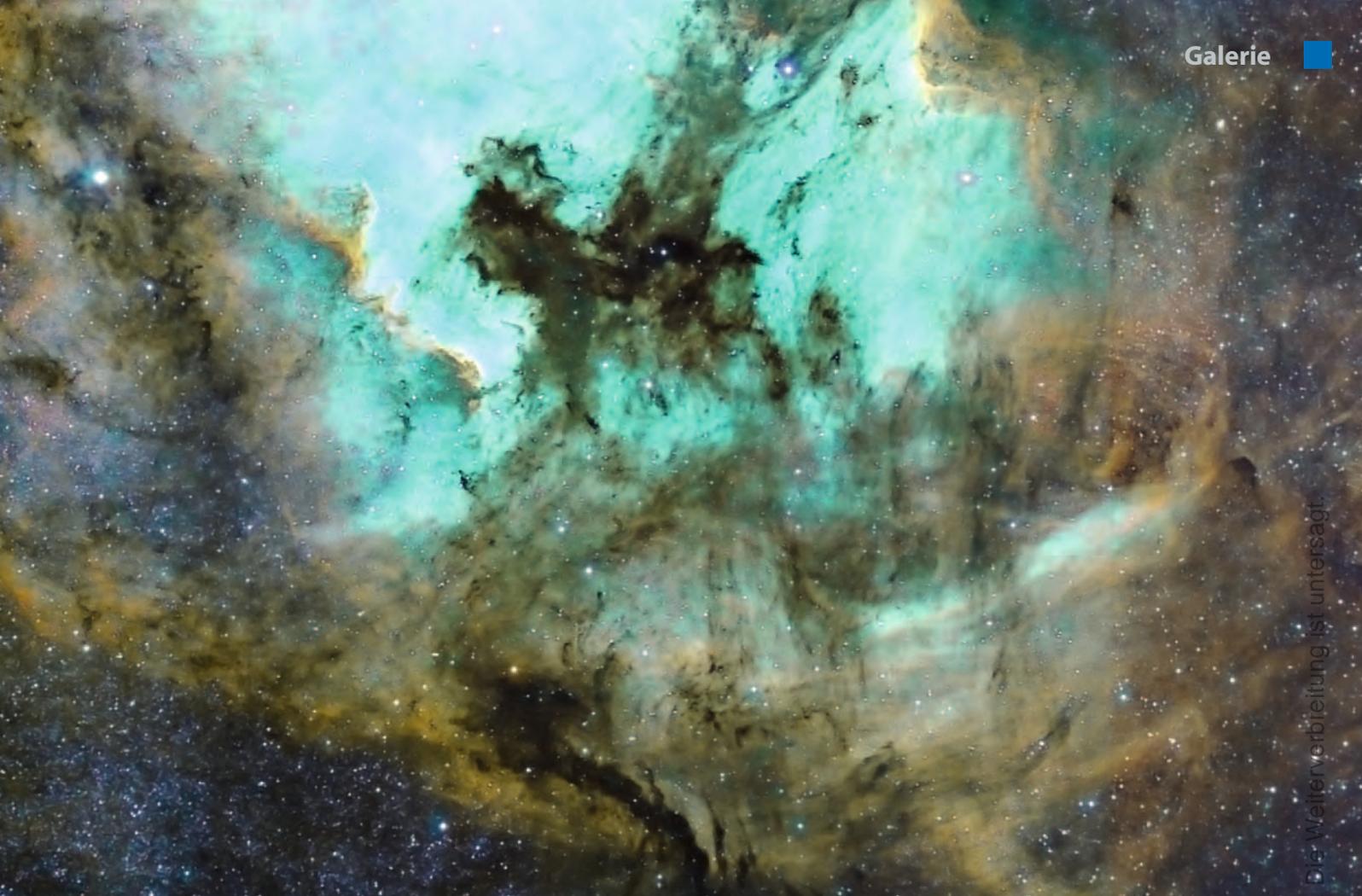
Astrofotos unserer Leser



▲ Abb. 1: **Hantelnebel M 27 in Vulpecula**, CCD-Aufnahme, 8"-Cassegrain bei 1800mm und 1280mm, Alccd6c, 26×10min (L), Atik383L+, 24×10min (je RGB), 18×20min (je Ha und [OIII]), Astronomik-Filter. *Manfred Wasshuber*

▼ Abb. 2: **NGC 6894, ein Planetarischer Nebel in Cygnus**. CCD-Aufnahme, 12"-Ritchey-Chrétien bei 3000mm, SBIG ST-8300M, 80min (L), 20min (je RGB), Baader LRGB-Filter, 2×2-Binning. *Michael Deger*

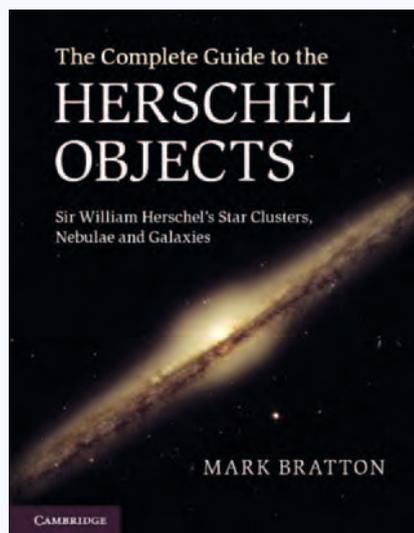




▲ Abb. 3: **Der Nordamerikanebel NGC 7000 und Pelikanebel IC 5070** in Cygnus in Falschfarben nach der HST-Farbpalette. CCD-Aufnahme, 200mm-Teleobjektiv bei $f/3,5$, SBIG STL-11000M, 7×20min (Ha), 6×20min ([OIII]), 6×20min ([SII]). *Dieter Willasch*

▼ Abb. 4: **IC 2574, Zwerggalaxie in Ursa Maior.** Hervorragendes Seeing mit FWHM von 0,9". CCD-Aufnahme, 44"-Newton bei 4900mm, STL-11000, 11×10min (L), 6×10min (je RGB). *Rainer Sparenberg*





▲ **Mark Bratton: The Complete Guide to the Herschel Objects**, Cambridge University Press, Cambridge 2012, ISBN 978-0-521-76892-4, 584 S., ca. 59€

Herschel Objects

Friedrich Wilhelm Herschel, alias Frederick William Herschel, der englische Astronom aus Hannover, gilt als der Begründer der systematischen Durchforschung des Himmels nach Sternhaufen und Nebelflecken. Zwischen 1782 und 1802 entdeckte er 2435 davon mit eigenen Augen am selbst gebauten Fernrohr mit selbst geschliffenem Spiegel. Er ist damit bis heute auch ein Vorbild für Deep-Sky-Beobachter.

Entsprechendes Interesse gilt seinen Objekten, die heute jedoch im Allgemeinen unter ihrer NGC-Nummer bekannt sind. Basis für den NGC war jedoch in großen Teilen der General Catalogue von Wilhelms Sohn John Herschel, der seine Beobachtungen mit denen des Vaters vereinte. Herschel Senior teilte seine Entdeckungen in acht

Klassen ein: von »hellen Nebeln« bis zu »verstreuten Sternhaufen«. Entsprechend vielfältig ist die Liste seiner Entdeckungen: von Planetarischen Nebeln bis zu Galaxien, von Kugelsternhaufen bis zu Galaktischen Nebeln reicht der Reigen.

Brattons Buch stellt alle 2435 Objekte nicht nur vor, der Autor hat auch alle visuell beobachtet. Dies spiegelt sich in den Objektbeschreibungen wider, die in den meisten Fällen von einer Aufnahme aus dem Digital Sky Survey, leider nur selten auch von Zeichnungen begleitet werden. Für Deep-Sky-Beobachter, die jenseits des Messier-Katalogs vordringen wollen, ist dieses Buch ein Füllhorn von Anregungen und Ideen.

■ Ronald Stoyan

iPhone-App: Solar Walk



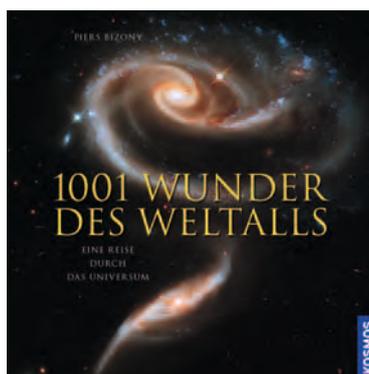
▲ **iPhone-App: Solar Walk**, 180MB, Version 1.9.1., iOS 3.1 oder höher, für iPhone/iPad/iPod Touch, 2,39€

Eine detailliert und liebevoll gestaltete App verbirgt sich hinter dem etwas sperrigen Namen »Solar Walk: 3D Sonnensystem«. Sie bietet nicht nur die zu erwartenden textlichen und tabellarischen Informationen zu den Planeten und

einigen Monden des Sonnensystems (auch Pluto wird in der App noch als Planet angesehen), sie beinhaltet auch Informationen zu neun Satelliten (wie beispielsweise Hubble, ISS, Envisat, ERBS etc.) und zeigt wichtige geographische Formationen auf einigen Planeten auf. Am beeindruckendsten ist jedoch die Möglichkeit, die Ansichten von Planeten, Satelliten, Sternen frei zu drehen und zu zoomen und so die Ansicht der Objekte frei im Raum verändern zu können. Die Möglichkeiten dieser dreidimensionalen Simulation bilden auch die Basis für sieben Videos, die Erscheinungen innerhalb des Sonnensystems animiert simulieren und erklären (mit englischem Sprecher und deutschem Bildschirmtext): Finsternisse, Mondphasen, aber auch die Entstehung von Gezeiten oder der Vergleich der Umfänge von Planeten werden so sehr anschaulich verdeutlicht. Für die Besitzer einer rot/blauen-3D-Brille bietet sich die Möglichkeit, die Ansicht dreidimensional zu genießen; ein netter Gimmick, der den Nutzwert der App jedoch nicht erhöht.

■ Ullrich Dittler

1001 Wunder des Weltalls



▲ **Piers Bizony: 1001 Wunder des Weltalls: Eine Reise durch das Universum**, Franck-Kosmos Verlag, Stuttgart 2012, ISBN 978-3-440-13098-8, 400 S., 39,99€

Man suche sich die schönsten Astroprofifotografien im Netz zusammen, ordne sie nach der Entfernung zu unserer Sonne und mache ein Buch daraus: Dieser nicht unerheblichen Aufgabe hat sich Piers Bizony, ein englischsprachiger Wissenschaftsautor, unterzogen. Sein Werk ist nun in deutscher Übersetzung im Kosmos-Verlag erschienen. Der Hardcover-Bildband im quadratischen Format 23cm x 23cm zeigt auf schwarzem Untergrund gut reproduzierte Bilder aus dem gesamten Universum. Das erste Drittel befasst sich ausschließlich

mit unserem Sonnensystem, dann folgen die Milchstraße, die Galaxien und das Universum als Ganzes. Zu jedem der über 1000 Bilder gibt es kurze Erklärungstexte. Der Vorteil des Buchs, die Anordnung von Planeten, Sternen und Nebeln nach ihrer Entfernung, ist zugleich auch ein Nachteil: Was im Sonnensystem noch sehr gut funktioniert, führt im Bereich der Milchstraße zu einem gewissen Durcheinander. Da stehen z.B. Aufnahmen des Vela-Pulsars im Röntgenbereich neben dem Offenen Sternhaufen M 7 im Skorpion und Dunkelwolken im Widder – einzige Gemeinsamkeit: Entfernung ca. 900 Lichtjahre. Wen das nicht stört, der kann sich allerdings der Faszination einer wilden Kreuzfahrt durchs Universum nicht entziehen. Ein gewisses Grundwissen sollte man allerdings schon mitbringen: Das Buch verzichtet komplett auf Grafiken zum Aufbau des Alls, nur in den Einleitungsseiten der jeweiligen Kapitel wird dies kurz erläutert. Ca. 80% der Fotos stammen aus den NASA-Archiven, Amateuraufnahmen sind sehr dünn gesät. Der Preis des Buchs erscheint mit fast 40€ allerdings etwas hoch, wenn man bedenkt, dass fast alle Bilder und Erklärungen frei verfügbar im Internet vorhanden sind.

■ Hans-Georg Purucker

Termine Juni/Juli 2012

Fachtagung/Workshop

- 1** 2.6.: 2. Norddeutsches Sternwartentreffen, Sternwarte Lübeck, 23564 Lübeck-Eichholz
 i www.astronomie-nord.de
- 3** 2.–3.6.: 15. Tagung der VdS-Fachgruppe »Kleine Planeten«, Archenhold-Sternwarte, 12435 Berlin
 i kpt2012@astw.de,
www.astw.de/kpt_2012
- 10** 28.7.–11.8.: Astronomisches Sommerlager ASL2012, 37444 Sankt Andreasberg/Harz
 i Sonja Burgemeister - VEGA e.V.,
 Golmer Fichten 30, 14476 Potsdam,
 0331/9791054, www.vega-astro.de/index.php/ASL/Sommerlager,
sonja@vega-astro.de

Beobachtungstreffen

- 9** 28.7.: City Star Party, Sternwarte Stuttgart, Zur Uhlandshöhe 41, 70188 Stuttgart
 i Otto Farago, 0711/281871,
otto.farago@sternwarte.de,
www.city-star-party.de

Sonstiges

- 2** 2.–3.6.: Venus Transit Conference, Tromsø Norwegen
 i Amelie Matt, ameliematt@yahoo.no,
site.uit.no/venus2012
- 4** 2.–9.6.: Jugendaustausch mit Russland und Norwegen zum Venustransit
 i Susanne M. Hoffmann,
 05121/3032296, service@fnj-online.de
- 6** 15.–17.6.: 6. Süd Sternfreunde Treffen in Namibia SSFT 2012
 i suedsternfreundetreffen.homepage.t-online.de/html/ssft_2012.html

Gewerbliche Termine

- 5** 3.6.: Tag der offenen Tür bei Meade, 46414 Rhede
 i Meade Europe, Gutenbergstr. 2,
 46414 Rhede, 02872/8074-0, www.meade.de
- 7** 16.6.: Tag der offenen Tür bei Teleskop-Service, 85640 Putzbrunn-Solalinden
 i Teleskop-Service Ransburg GmbH,
 089/1892870, info@teleskop-service.de,
www.teleskop-express.de
- 8** 30.6.: Astro-Fest bei Intercon Spacetec, 86154 Augsburg
 i Intercon Spacetec, 0821/414081,
www.intercon-spacetec.de/mehr/ausstellung/astrofest



Edgar Mädlow (1921–2012)

Am 16.2.2012 verstarb Edgar Mädlow, einer der aktivsten Berliner Sternfreunde, im Alter von 90 Jahren. Er hatte noch fünf Tage vor seinem Ableben zum 90. Geburtstag des ehemaligen Leiters der Wilhelm-Foerster-Sternwarte, Adolph Kunert, die Laudatio gehalten.

Edgar Mädlow kam am 19. Juni 1921 in Berlin-Tiergarten zur Welt. Bereits 1937 wurde er Mitglied der »Himmelskundlichen Arbeitsgemeinschaft« an der Archenhold-Sternwarte in Berlin-Treptow und der Gramatzki-Gesellschaft, in der unter anderen auch Manfred v. Ardenne die neuesten Ergebnisse aus Physik und Astronomie diskutierte. 1939 machte er sein Abitur – da seine Mutter jedoch Jüdin war, war es ihm unter der Nazi-Herrschaft nicht gestattet, zu studieren – so ging er bei seinem Vater in die Lehre als Netzmacher und engagierte sich intensiv an der Archenhold-Sternwarte. 1942 führte er dort die Betreuung der Arbeitsgemeinschaft von Richard Sommer weiter. Seine Mutter überlebte dank ihrer Ehe mit einem Nichtjuden und mit viel Glück den Holocaust – ihr Bruder, Edgar Mädlows Onkel, kam jedoch in Auschwitz ums Leben.

1945 bis 1948 arbeitete er ehrenamtlich als kommissarischer Leiter der Sternwarte Treptow. Die Sternwarte und das Riesensfernrohr

waren im 2. Weltkrieg bei Luftangriffen beschädigt worden, Edgar Mädlow sorgte für die Wiederaufnahme des Sternwartensbetriebs und die vorläufige Instandsetzung des Großen Fernrohrs, so konnte die Sonnenfinsternis am 9. Juli 1945 den Berlinern gezeigt werden. Er veranlasste auch, dass zwei Teleskope und die Bibliothek aus der aufgegebenen Urania-Sternwarte an die Treptower Sternwarte geholt werden. 1949 zog er in den Westsektor und eröffnete in Schöneberg ein eigenes Geschäft für Fischereibedarf, gleichzeitig engagierte er sich beim Aufbau der Wilhelm-Foerster-Sternwarte in einem ehemaligen Offizierscasino an der Papestraße. 1953 wurde der Verein der Sternwarte gegründet und Edgar Mädlow war dessen erster hauptamtlicher Wissenschaftlicher Leiter.

1955 heiratete er die Astrophysikerin Marlene Schubert, die er an der Archenhold-Sternwarte kennen gelernt hatte. Das Bundes-Entsündigungsgesetz ermöglichte es ihm 1957, verspätet ein Studium aufzunehmen. Da es im Westsektor keinen astronomischen Studiengang gab und der Zugang zur Humboldt-Universität aufgrund der politischen Situation immer schwieriger wurde, entschied er sich für das Studium der Meteorologie an der Freien Universität Berlin. Von 1962 bis 1986 arbeitete er am Meteorologischen Institut der Freien Universität.

Edgar Mädlow leitete jahrelang die AG an



der Wilhelm-Foerster-Sternwarte, gab Kurse und hielt über 100 öffentliche Vorträge. Am 29. August 1975 bemerkte er die Nova Cygni beim Grillen mit Freunden und trug durch die Organisation einer schnellen Meldung zur Erforschung der Nova bei. Überregional bekannt wurde er durch seine systematischen Arbeiten vor allem an Jupiter, zu denen er zahlreiche Berichte veröffentlichte. Darunter stehen 12 Jahre ununterbrochener Jupiterbeobachtungen heraus, die er ab 1949 an der Wilhelm-Foerster-Sternwarte durchführte. Doch bereits während des Krieges hatte er regelmäßig Jupiter an der Archenhold-Sternwarte beobachtet und dort eine Gruppe jugendlicher Beobachter geleitet, die zwischen 1938 und 1944 über 1000 Jupiterzeichnungen erstellte.

■ Monika Staesche, Rolf Preuschmann

Demnächst in interstellarum

interstellarum 83



Neuer Marsrover im Anflug

Im August wird auf dem Roten Planeten wieder ein Fahrzeug irdischer Herkunft eintreffen: Der neue Marsrover Curiosity soll die erfolgreiche Reihe der amerikanischen Marsvehikel fortsetzen. Wir nehmen diesen Moment zum Anlass, auf die Geschichte der Marsrover zurückzublicken, und stellen die neue Mission vor.

Technik der Sonnenfotografie

Die Sonne strebt dem Aktivitätsmaximum zu, und Protuberanzen, Filamente und Flares reizen zu Schnappschüssen der Oberfläche – wir zeigen wie.

Test: SBIG ST8300M

Die Kalifornier legen eine neue Kameraserie und Filterräder vor – wir haben sie im Praxistest unter die Lupe genommen.

Heft 83 ist ab 20.7.2012 im Zeitschriftenhandel erhältlich!

aktuell auf www.interstellarum.de

Aktuelle Aufnahmen unserer Leser

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

Objekte der Saison Online

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

Die interstellarum-Einsteigerseiten



Das große Teleskop-Portal von interstellarum



Datenbank mit über 1500 Produkten
472 Komplettgeräte, 346 Tuben mit Optik, 121 Montierungen, 582 Okulare

Der interstellarum-Newsletter

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

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

Impressum

www.interstellarum.de | ISSN: 0946-9915

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

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

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



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



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

Grafik und Layout: Frank Haller, Christian Protzel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Leserhinweise

Bildorientierung: Allgemein: Norden oben, Osten links; Planeten: Süden oben, vorangehender Rand links
Datenquellen: Sonnensystem: Kosmos Himmelsjahr, Ahnerts Kalender für Sternfreunde, Cartes du Ciel; Deep-Sky: Deep Sky Reiseführer, NGC/IC W. Steinicke, Deep Sky Field Guide, CalSky
Koordinaten: äquatoriale Koordinatenangaben, Äquinoktium 2000.0
Helligkeiten: sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit
Deep-Sky-Objekte: DS (Doppelstern), OC (Offener Sternhaufen), PN (Planetarischer Nebel), GN (Galaktischer Nebel), GC (Kugelsternhaufen), Gx (Galaxie), Qs (Quasar), As (Sternmuster)
Kartenverweise: Deep Sky Reiseatlas (DSRA), Uranometria 1. Auflage (Uran.), Fotografischer Mondatlas (FMA)