

INTERAKTIV



Werden Sie Follower des neuen interstellarum Twitter-Dienstes! Die gesamte Redaktion informiert Sie täglich über Neuigkeiten aus der (Amateur-)Astronomie.

📄 www.twitter.com/interstellarum

BUCHTIPP

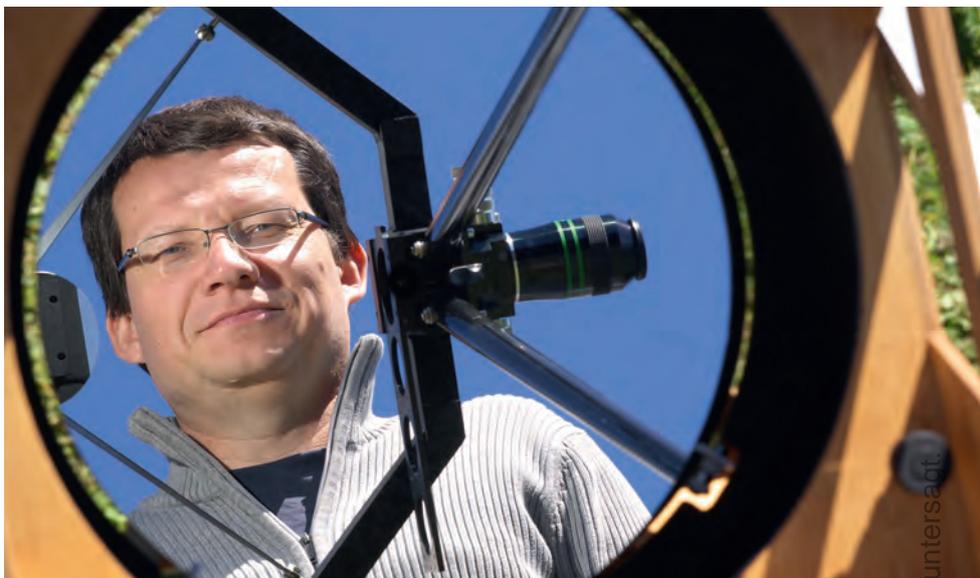


Reiseatlas Mond



Ronald Stoyan,
Hans-Georg Purucker.
ISBN: 978-3-938469-64-4.
Oculum-Verlag. 29,90€

📄 www.oculum.de/oculum/titel.asp?nr=77



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Komet PANSTARRS war nicht der Große Komet, als der er noch 2012 angekündigt wurde. Viele Leser und auch wir in der Redaktion waren enttäuscht von dem Anblick, der mit bloßem Auge eher unscheinbar war – mancher hat PANSTARRS wegen schlechten Wetters gar ganz verpasst. Freuen konnten sich hingegen Astrofotografen, denen der schöne breite Schweif vorbehalten war: Unsere Fotostrecke zeigt die schönsten der vielen Einsendungen (Seite 32). Alle der über 90 Bildergebnisse sind bei www.kometenaktuell.de zusammengestellt.

Hoffen wir, dass Komet ISON im Herbst nicht ebenso enttäuscht – was man sich derzeit erhoffen kann, sagt Ihnen unser Kometen-Experte Burkhard Leitner (Seite 24).

Noch vor wenigen Jahren Science-Fiction, jetzt statistisch belastbare Fakten: Es gibt Milliarden Planeten in der Milchstraße. Und darunter sind auch viele, die in Größe, Masse sowie den Charakteristika und dem Abstand zu ihrem Stern mit der Erde vergleichbar sind. Neue Studien gehen davon aus, dass der nächste erdgroße und bewohnbare Stern sich nicht weiter als 16 Lichtjahre entfernt von der Erde befindet – also quasi direkt vor unserer Haustür! Daniel Fischer berichtet in seinem Hauptartikel von diesen faszinierenden neuen Erkenntnissen (Seite 12). Und Ullrich Dittler zeigt, dass Exoplaneten auch für Amateure in Reichweite sind. Sein Übersichtsartikel (Seite 36) beschreibt die Nachweismöglichkeiten und liefert die Grundlage für die neue Rubrik Exoplaneten aktuell (Seite 10), in der wir Ihnen ab sofort jedes halbe Jahr einen konkreten Stern für die Beobachtung vorschlagen.

Sehr gefreut haben wir uns über das Ergebnis unserer kürzlichen Leserumfrage! 44% von Ihnen haben die Veränderungen in Inhalt und Layout seit Jahresbeginn positiv aufgenommen, nur 3% empfinden eine Verschlechterung. Insgesamt geben 53% der Leser dem Heft die Note 1, 42% die Note 2 – damit haben wir uns im Vergleich zu 2011 steigern können, als 45% Note 1 und 47% Note 2 vergaben. Auch beim Newsletter konnten wir die Akzeptanz verbessern: 2011 fanden ihn 91% gut oder sehr gut, jetzt stolze 97%. Und ebenso kommt unser Video-Podcast *interstellarum Sternstunde* immer besser an: 91% finden die Sendung gut oder sehr gut, 7% mehr als 2011. Viele weitere Zahlen finden Sie in unserer Auswertung (Seite 73). Herzlichen Dank für Ihren Zuspruch – empfehlen Sie uns weiter!

clear skies

Ronald Stoyan



Planeten überall

Eine Milchstraße voller Exoplaneten

Hintergrund

Forschung aktuell

- 8 **Aeolis Mons – irdisch beleuchtet**
- 8 Planck bestätigt Kosmologie, doch Fragen bleiben
- 9 Neues Sternsystem – nur 6,5Lj entfernt

Amateure & Wissenschaft

- 10 Exoplanet HD189733b

Hauptartikel

- 12 Planeten überall**
Eine Milchstraße voller Exoplaneten

interstellarum Newsletter

kostenlos!

Nummer	Erscheinungsdatum
188	17.5.2013
189	31.5.2013
190	14.6.2013
191	28.6.2013
192	12.7.2013

www.interstellarum.de/newsletter.asp

Himmel

Ereignisse

- 18 **Treffen des inneren Zirkels**
Begegnung von Merkur und Venus am 20. Juni
- 19 Der Stier blinzelt
- 19 Himmelsvater trifft Kriegsgott

Sonnensystem

- 22 **Sonne aktuell**
Maximum erst 2014 oder 2015?
- 23 **Planeten aktuell**
Tanz der Ovale
- 24 **Kometen aktuell**
Warten auf ISON

Sternhimmel

- 27 **Objekt der Saison für Einsteiger**
M 57
- 28 **Objekt der Saison für Stadtbeobachter**
M 92
- 29 **Objekt der Saison für Landbeobachter**
NGC 5466

Praxis

Kometen

- 32 **Der März-Komet 2013**
PANSTARRS im Bild

Deep-Sky

- 36 **Exoplaneten im Visier**
Tipps und Tricks für den Nachweis ferner Planeten
- 41 **100 Quadratgrad Himmel**
Am Kopf des Schwans

Know-how

- 46 **Schritt-für-Schritt**
Wie kann man den Hantelnebel zeichnen?

interstellarum Himmelskalender

Ausgabe 88 vom 17.5.2013

Einzelpaket 1,79€, Jahresabo 8,99€
Für Heft-Abonnenten kostenlos!

www.interstellarum.de/app-himmelskalender.asp

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



Der März-Komet 2013

32



Volles Feld mit Mittelformat

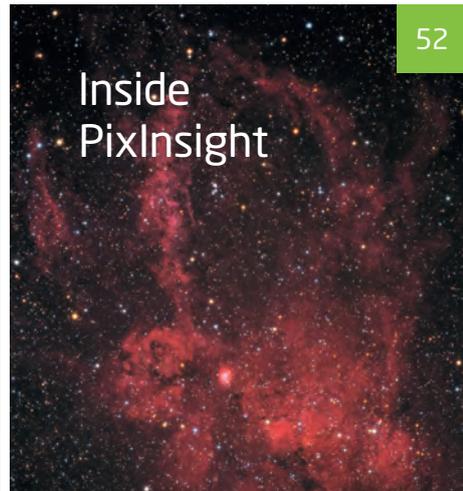
Objektive für großformatige CCD-Kameras

48



Exoplaneten im Visier

36



Inside PixInsight

52



Sommer-Highlights

56

Technik

Astrofotografie

48 Volles Feld mit Mittelformat

Objektive für großformatige CCD-Kameras

52 Inside PixInsight

Ein Workshop für Astrofotografen, Teil 3

Know-how

56 Schritt-für-Schritt

Welche Kamera hat weniger Dunkelstromrauschen?

Beobachtungen

Erlebnis

60 Das Analemma von Kitzeck

Ein Jahr lang der Sonne auf der Spur

Objekte der Saison

63 Leser beobachten

M 10 und IC 4665

Galerie

66 Sommer-Highlights

aus dem Fotowettbewerb »Astrofotograf des Jahres«

Rückblick

68 Spur trifft Kegel

Szene

Bericht

70 Der Blick voraus

Ein Bericht von der CEDIC 2013

Termine

71 Termine für Sternfreunde

Rezensionen

72 Raum und Zeit

72 Android-App: Mobile Observatory

Umfrage

73 Zeugnisse für interstellarum & Co.

Eine Kurzauswertung unserer Leserumfrage 2013

Astro-Markt

74 Private Kleinanzeigen

74 Gewerbliche Anzeigen

interstellarum Sternstunde



Live vom ATT am 25.5.2013!

- Live-Übertragung von der Messe mit Interviews und Beiträgen
- Die Highlights sehen Sie Anfang Juni in der geschnittenen Zusammenfassung

www.interstellarum.de/video.asp

Aeolis Mons – irdisch beleuchtet

von Daniel Fischer

NASA/JPL-Caltech/MSSS

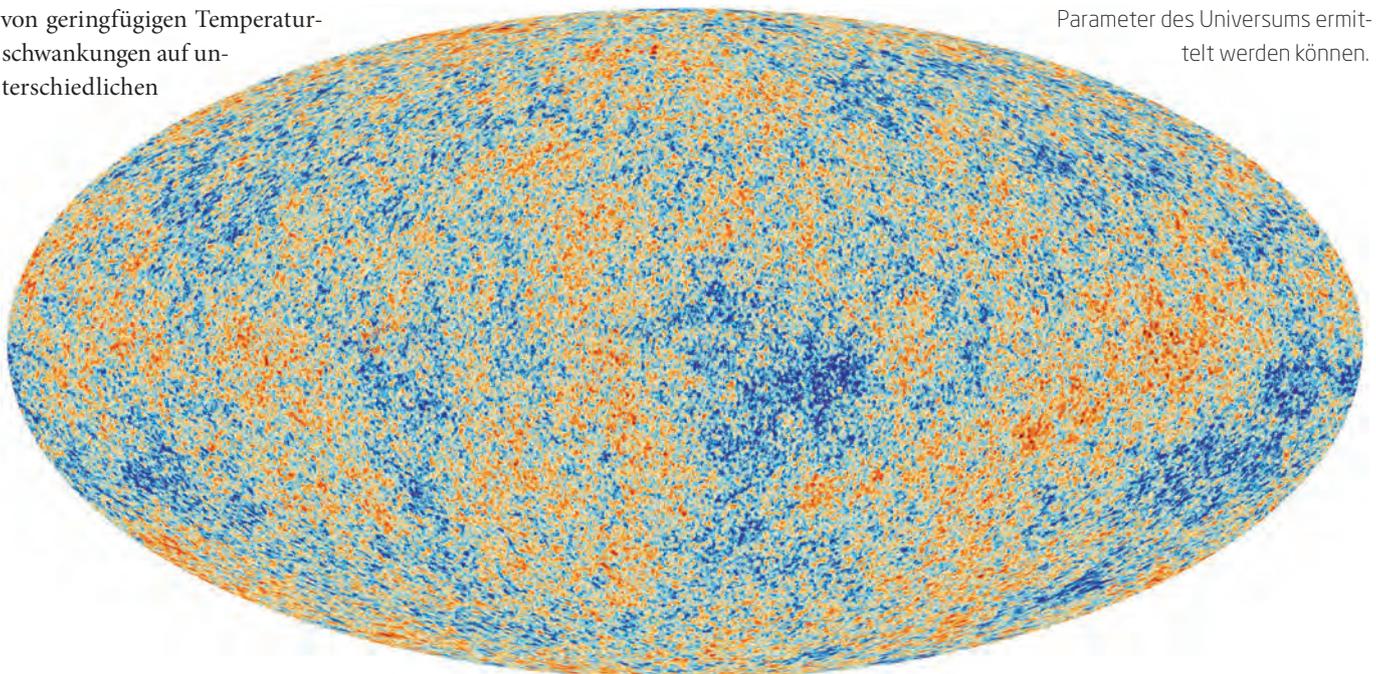
Der große Berg im Zentrum des Marskraters Gale – Aeolis Mons – ist das zentrale Motiv in einem Panorama aus Dutzenden Aufnahmen der »Mastcam« des Rovers Curiosity – so gezeigt, wie ihn die Farben unter irdischen Lichtverhältnissen erscheinen lassen würden. Der trübe orangefarbene Marshimmel taucht alles in ein einfarbiges Licht, und der Berg (von dem Curiosity nur eine Flanke sehen kann, der eigentliche Gipfel ist verdeckt) erscheint den Kameras in einem matten Gelb. Die Bildbearbeitung, die irdische Lichtverhältnisse vortäuscht, nutzen Geologen, um Gesteinsarten leichter erkennen zu können.

Planck bestätigt Kosmologie, doch Fragen bleiben

Ein Satellit, 29 wissenschaftliche Arbeiten, 1500 Seiten anspruchsvolle Astrophysik: Seit dem 21. März weiß die Menschheit – alle Daten stehen jedem frei zur Verfügung – erheblich mehr über die großen Eigenschaften ihres Universums. Aus den Radiokarten des ganzen Himmels, die der ESA-Satellit Planck seit 2009 erstellt hat, ist die Reststrahlung des Urknalls mit nie dagewesener Präzision extrahiert worden. Das Muster von geringfügigen Temperaturschwankungen auf unterschiedlichen

Winkelskalen bestätigt exzellent das seit rund 15 Jahren etablierte »Standardmodell« der Kosmologie. Aus seinem Größenspektrum ergeben sich dabei geradezu zwangsläufig fundamentale Zahlen über den heutigen Kosmos und seine Ingredienzien: Etwa dass die gewöhnliche Materie knapp 5% und die Dunkle Materie 27% der Energiedichte des Alls ausmachen, während die Dunkle Energie mit 68%

▼ **Abb. 2: Das beste Bild der Kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung aller Zeiten**, mit 50 Mio. Pixeln in der Sphäre: gewonnen aus den Himmelsdurchmusterungen des Planck-Satelliten und Subtraktion aller Vordergrundquellen von nah bis fern sowie Effekten durch die Bewegung der Erde. Zu sehen sind winzige Schwankungen der Temperatur der Hintergrundstrahlung auf unterschiedlichen Größenskalen – ein Muster, aus dem zahlreiche Parameter des Universums ermittelt werden können.



ESA und Planck Collaboration

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



die 100% – und damit ein geometrisch flaches Universum – komplettiert. Ein anderes Ergebnis ist, dass das Universum 13,8 Mrd. Jahre alt ist und dass die aktuelle Expansionsgeschwindigkeit – die Hubble-Konstante also – 67km/s/Mpc beträgt, mit einer Standardabweichung von etwas mehr als 1. Genau das ist aber eins von mehreren Problemen, die das Universum nach Planck aufwirft: Viele direkte Messmethoden haben die Hubble-Konstante in den vergangenen Jahren nämlich auf klar über 70km/s/Mpc bestimmt, mit ähnlich kleinen Fehlerbalken – ein Widerspruch mit hoher Signifikanz! Würde man der Planck-Analyse aber populäre Hubblekonstanten um

74km/s/Mpc aufzwingen, so wäre es vorbei mit der eleganten Beschreibung des gemessenen Strahlungsmusters. Hier sind große Debatten zwischen dem Planck-Team und dem Rest der astronomischen Welt zu erwarten: Haben alle anderen Beobachter systematische Fehler gemacht – oder ist die Struktur des Kosmos noch komplizierter als das von Planck gezeichnete Bild, etwa mit zeitlich variabler Dunkler Energie? Dann würde der Satellit doch noch einen Weg zur viel beschworenen »Neuen Physik« eröffnen, während er sonst genau besehen nur Bekanntes bestens bestätigt hat. Etwa die Zahl der Neutrino-Familien, die bei dreien bleibt, und alle sind extrem massearm. Noch etwas

anderes, das Planck zwar nicht entdeckte, aber sicherer denn je bestätigte, weist vielleicht in unerwartete Richtungen: Bei Winkelskalen um 10° passen Theorie und Messungen nicht mehr gut zusammen, und die großen warmen und kalten Zonen scheinen auch nicht gleichmäßig genug am Himmel verteilt. Ob diese »Anomalien« etwas zu bedeuten haben oder doch nur zufällige Fluktuationen sind, wird schon seit Jahren energisch diskutiert, und auch Planck hat keine eindeutigen Lösungen aufgezeigt. Die Mission des Satelliten ist indes noch nicht zu Ende: Seine Messungen gehen weiter, und die Analysen erst recht – Anfang 2014 gibt es die nächsten Enthüllungen.

Neues Sternsystem – nur 6,5Lj entfernt

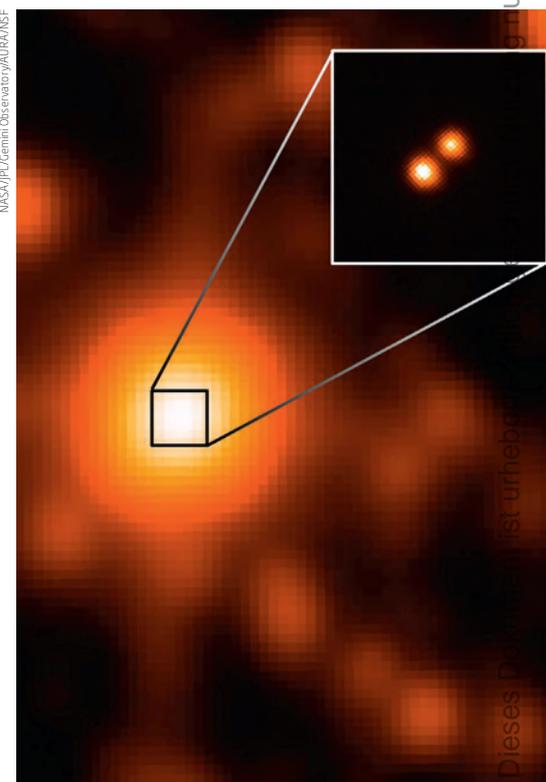
Braune Zwerge, die zwar Deuterium-, aber keine Wasserstoff-Fusion zustandebringen, sind vielleicht keine Sterne in der eigentlichen Wortbedeutung – aber auf jeden Fall ist ein Pärchen aus zwei dieser Gebilde das sonnennächste »Stern«-System, das seit fast einem Jahrhundert entdeckt wurde. Und das dritt-nächste bekannte: Die Braunen Zwerge in 6,5Lj Abstand werden nur von Alpha Centauri sowie knapp von Barnards Pfeilstern »geschlagen«. Entdeckt wurde das System vom Infrarot-Satelliten WISE bei seiner mehrfachen Himmelsdurchmusterung: Die Quelle war jedes Mal ein gehöriges Stück am Himmel weiter gewandert und lag damit verdächtig nah. Rasch fand man sie auch in früheren Daten bis zum Palomar Sky Survey aus den 1950er-Jahren, maß eine Parallaxe von einer halben Bogensekunde – und stellte schließlich bei Detailbeobachtungen von der Erde aus auch noch fest, dass es sich nicht um einen, sondern sogar um zwei Braune Zwerge handelt. Der Fund Brauner

Zwerge in der Nachbarschaft der Sonne durch den WISE-Satelliten war statistisch klar erwartet worden: Eine Überraschung ist die Entdeckung also nicht. Aber nun bietet sich das nahe Pärchen ideal etwa für die Suche nach Planeten an. [Luhman, Astrophys. J., im Druck]

► Abb. 3: WISE J104915.57-531906 aus der Sicht des IR-Satelliten WISE und des südlichen Gemini-Teleskops, das das vermeintliche Einzelobjekt als enges Paar Brauner Zwerge mit 1,5" oder 3AE Abstand voneinander entlarvt (Ausschnitt).

SURFTIPPS

- Gemini-Teleskope:
☞ www.gemini.edu
- Plancks Homepage:
☞ planck.esa.int



...ur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist un...

Dieses Dokument ist urheber...

Exoplaneten aktuell

HD189733b

HD 189733	
R. A.	20h 0min 44s
Dekl.	+22° 42min 39"
Entfernung	63Lj
Helligkeit	7 ^m 67
Masse	0,8±0,4 Sonnenmassen
Radius	0,79 Sonnenradien

HD 189733b (Planet)	
Entdeckungsdatum	2005
Umlaufzeit	2,22 Tage
Exzentrizität	0,004
Große Halbachse	0,0314AE
Radius Planet	1,14 Jupiterradien

◀ Abb. 1: Mit dem Weltraumteleskop Hubble konnte spektroskopisch beobachtet werden, wie die Atmosphäre des Exoplaneten HD 189733b nach einer Eruption verdampfte (künstlerische Darstellung).

Nur wenige Bereiche der Astronomie entwickeln sich derzeit so rasant wie die Suche und Entdeckung von Exoplaneten. Seit der Entdeckung des ersten Exoplaneten 51 Pegasi b im Jahre 1995 wird die Suche nach einer zweiten Erde von zahlreichen Forschungsteams weltweit engagiert vorangetrieben – mit großem Erfolg: Bisher wurde die Entdeckung von 870 Exoplaneten bestätigt (Stand: 15.3.2013); mehr als 130 davon allein im vergangenen Jahr.

Wie im Beitrag auf Seite 36ff gezeigt wird, sind mehrere Dutzend der gefundenen Exoplaneten mit der Transit-Methode auch mit den Mitteln eines Amateurs nachweisbar.

Ein sehr dankbarer Kandidat für den Einstieg in die Exoplanetenbeobachtung für Amateure ist HD 189733b. Der Exoplanet zog in den vergangenen Monaten spektakulär die Aufmerksamkeit der Forscher (erneut) auf sich.

Exoplanet HD 189733b

Der Riesenplanet HD 189733b wurde am 11. Oktober 2005 vom Satelliten Hipparcos entdeckt. HD 189733b gehört mit einer Größe von etwa 1,15 Jupitermassen zur Gruppe der »Heißen Jupiter« und umkreist den Fixstern HD 189733 in einer Entfernung von rund 0,0312AE (ca. 4,7 Mio. km). Der Stern HD 189733 ist ein

Gelber Zwerg (Spektraltyp K1) im Sternbild Vulpecula, rund 63Lj entfernt. Ein Umlauf des Exoplaneten HD 189733b dauert nur 2,22 Tage (53 Stunden) und führt zu einer beobachtbaren Verdunkelung von etwa 2,5%, wobei der Transit des Planeten vor seinem Stern insgesamt nur 109 Minuten dauert. HD 189733b ist der erste extrasolare Planet, auf dem Wasser und Methan nachgewiesen wurden, wobei Wasser wegen der Oberflächentemperatur von etwa 900°C in gasförmigem Zustand vorkommt.

Mit dem Hubble-Weltraumteleskop wurde im Rahmen einer Routinebeobachtung vor wenigen Monaten ein Ausbruch des Sterns HD 189733 im Röntgenlicht festgestellt, der seine Helligkeit im Röntgenbereich vervierfachte.

Der extrasolare Planet wurde dabei so stark bestrahlt, dass wenige Stunden später zudem beobachtet werden konnte wie Teile der Exoplaneten-Atmosphäre verdampften.

Die große Helligkeit des Sterns (7^m67), die schnelle Umlaufzeit des extrasolaren Planeten HD 189733b und die relativ große Verdunkelung machen HD 189733b zu einer sehr guten Wahl, wenn es um den Einstieg in die Exoplanetenbeobachtung geht. Das Aufsuchen des Systems wird durch die unmittelbare Nachbarschaft zum bekannten Hantelnebel M 27 vereinfacht.

Im Sommer lässt sich ein Transit von HD 189733b bei mehreren Gelegenheiten beobachten (vgl. Tabelle). Mit dem auf Seite 36ff beschriebenen Vorgehen ist Amateuren schon mit nur 3" Öffnung der Nachweis von HD 189733b gelungen!

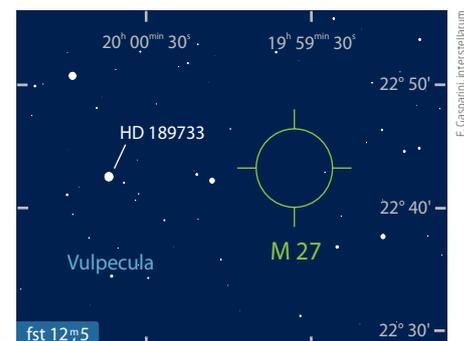
► Ullrich Dittler

▼ Abb. 2: Aufsuchkarte von HD 189733 (nahe des Hantelnebels M 27).

Transits von HD 189733b

Datum (Beginn)	Beginn des Transits (Höhe über dem Horizont)	Ende des Transits (Höhe über dem Horizont)
7.6.2013	23:09 MESZ (25°)	0:59 MESZ (44°)
19.6.2013	1:23 MESZ (45°)	3:12 MESZ (65°)
27.6.2013	22:22 MESZ (31°)	0:11 MESZ (49°)
9.7.2013	0:36 MESZ (58°)	2:25 MESZ (65°)
20.7.2013	2:49 MESZ (61°)	4:39 MESZ (46°)
28.7.2013	23:48 MESZ (62°)	1:38 MESZ (64°)

Nur Transitereignisse mit einer Höhe > 20° sind aufgeführt



F. Gasparini, Interstellarium

Planeten überall

Eine Milchstraße voller Exoplaneten

von Daniel Fischer

Noch vor einem Vierteljahrhundert war es pure Spekulation, dass Planetensysteme wie das der Sonne der Regelfall im Universum sein sollten: Nur dieser eine Fall war bekannt, und Hoffnung, Planeten fremder Sterne nachzuweisen, gab es kaum. Wie sich das Bild gewandelt hat: Mit mehreren Methoden waren bis Ende März 2013 schon rund 870 Exoplaneten in der Milchstraße aufgespürt. Und verlässliche Hochrechnungen bevölkern sie mit hundert Milliarden Planeten – darunter vielen erdähnlichen und zum Teil auch lebensfreundlichen.

...waren Zwerge. Die Weiterverarbeitung ist...

Die ersten Entdeckungen fremder Planeten waren noch alle über den mühsamen Weg der Radialgeschwindigkeit zustande gekommen. Von jedem Kandidatenstern müssen dazu Dutzende extrem präziser Spektren aufgenommen werden. Wenn sich der Stern, beeinflusst durch die Schwerkraft eines Planeten, mit wenigen Metern oder gar nur Zentimetern pro Sekunde wenig vor und zurück bewegt, dann verschieben sich die Spektrallinien rhythmisch um einen winzigen Betrag. Rund 500 Planeten von 390 Sternen sind auf diese Weise seit den 1980er-Jahren gefunden worden.

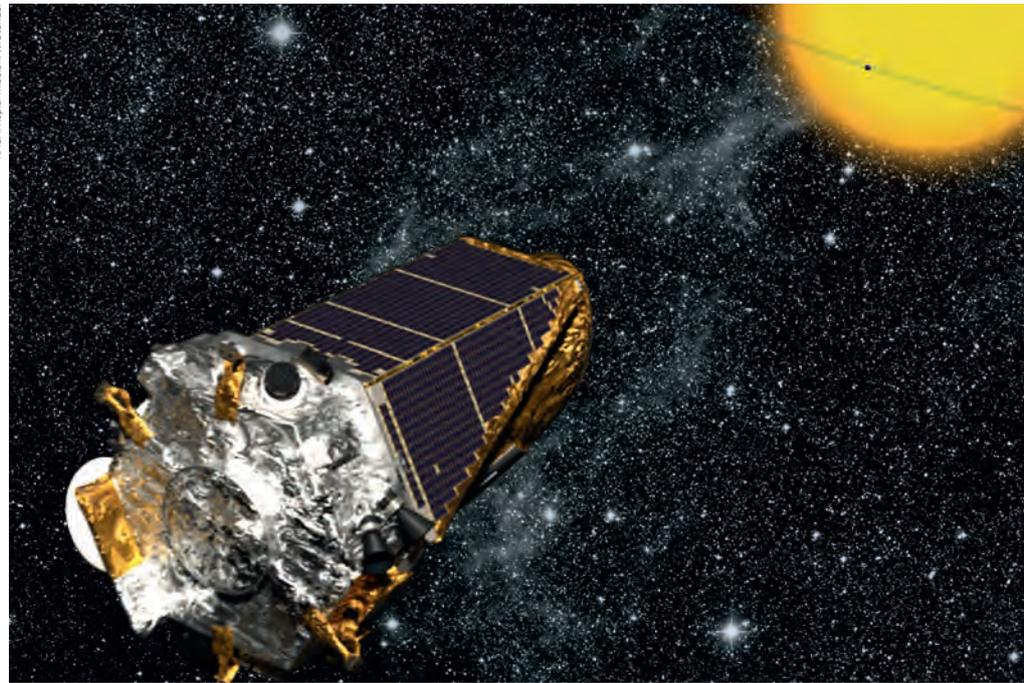
Ganz anders funktioniert die Transitmethode, die sogar Amateurastronomen offensteht (siehe Artikel S. 36), wenn nur die Helligkeit des Zielsterns hinreichend genau gemessen werden kann. Dazu muss ihr geringfügiger Rückgang erkannt werden, wenn ein Planet vor dem Sternscheibchen vorbei zieht – natürlich bei mehreren dieser Durchgänge in gleichmäßigem Abstand, um sicherzugehen.

Die Kepler-Revolution

Rund 300 weitere Exoplaneten sind auf diesem Weg schon beobachtet oder entdeckt worden, 114 davon durch den großen NASA-Satelliten Kepler, eine wahre Planetenentdeckungsmaschine. Kepler starrt permanent mit einem Schmidt-Teleskop und einer großen CCD-Kamera auf dasselbe Sternfeld im Sternbild Schwan und zeichnet fortlaufend die Lichtkurven von rund 190000 Sternen auf. Deren Helligkeit schwankt aus zahlreichen Gründen, und auch wiederkehrende Einbrüche bedeuten noch lange nicht, dass ein Planet um einen Stern kreist. Es ist ein langer Weg, bis aus einem ersten Verdacht ein überzeugender Planet geworden ist: Nur im Idealfall gibt es auch einen spektroskopischen Radialgeschwindigkeitseffekt, der dann direkt auch die Masse des durchgehenden Objekts liefert und seine Planetennatur beweist.

Die meisten Kepler-Sterne sind aber für ausreichend gute Spektroskopie zu weit entfernt und damit zu lichtschwach – oder die Planetenmassen sind einfach zu gering, um

◀ **Abb. 1: Bis vor Kurzem Science-Fiction, nun statistisch gesicherte Realität:** Gibt es erdähnliche Exoplaneten an »jeder Ecke« der Milchstraße? Die künstlerische Darstellung zeigt ein besonders enges Planetensystem um den Stern KOI-961: Drei Planeten zwischen Mars- und Erdgröße bewegen sich hier auf engen Bahnen um einen roten Zwergstern.



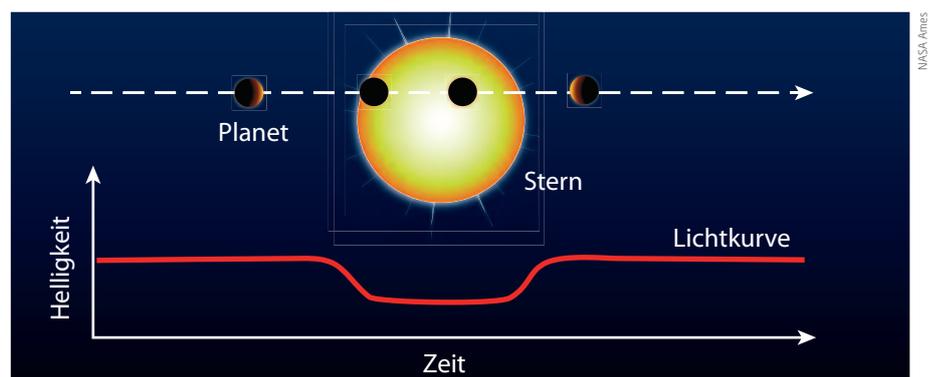
▲ **Abb. 2: Das Weltraumteleskop Kepler bei der Beobachtung eines Planetendurchgangs in einer künstlerischen Darstellung** – in der Realität starrt der Satellit permanent auf dasselbe Himmelsfeld im Schwan.

sich überhaupt auf diesem Wege bemerkbar zu machen: Das gilt ganz besonders für die vornehmlich interessanten erdgroßen Planeten auf erdähnlichen und damit relativ sternfernen Umlaufbahnen um sonnenähnliche Sterne. Dann hilft in der Regel nur das systematische Ausschließen von alternativen Erklärungen für die periodischen Absenkungen der Lichtkurve, um einen Planeten als deren Ursache plausibel zu machen. Bedeckungsveränderliche Sterne entlang der Sichtlinie sind dabei eine der wesentlichen Quellen vorgetäuschter Planetentransits, aber es gibt noch einige mehr. In jedem Einzelfall sind mitunter aufwendige Nachbeobachtungen mit Großteleskopen erforderlich, so dass derartige Validierungen nur bei besonders interessanten Kandidaten versucht werden.

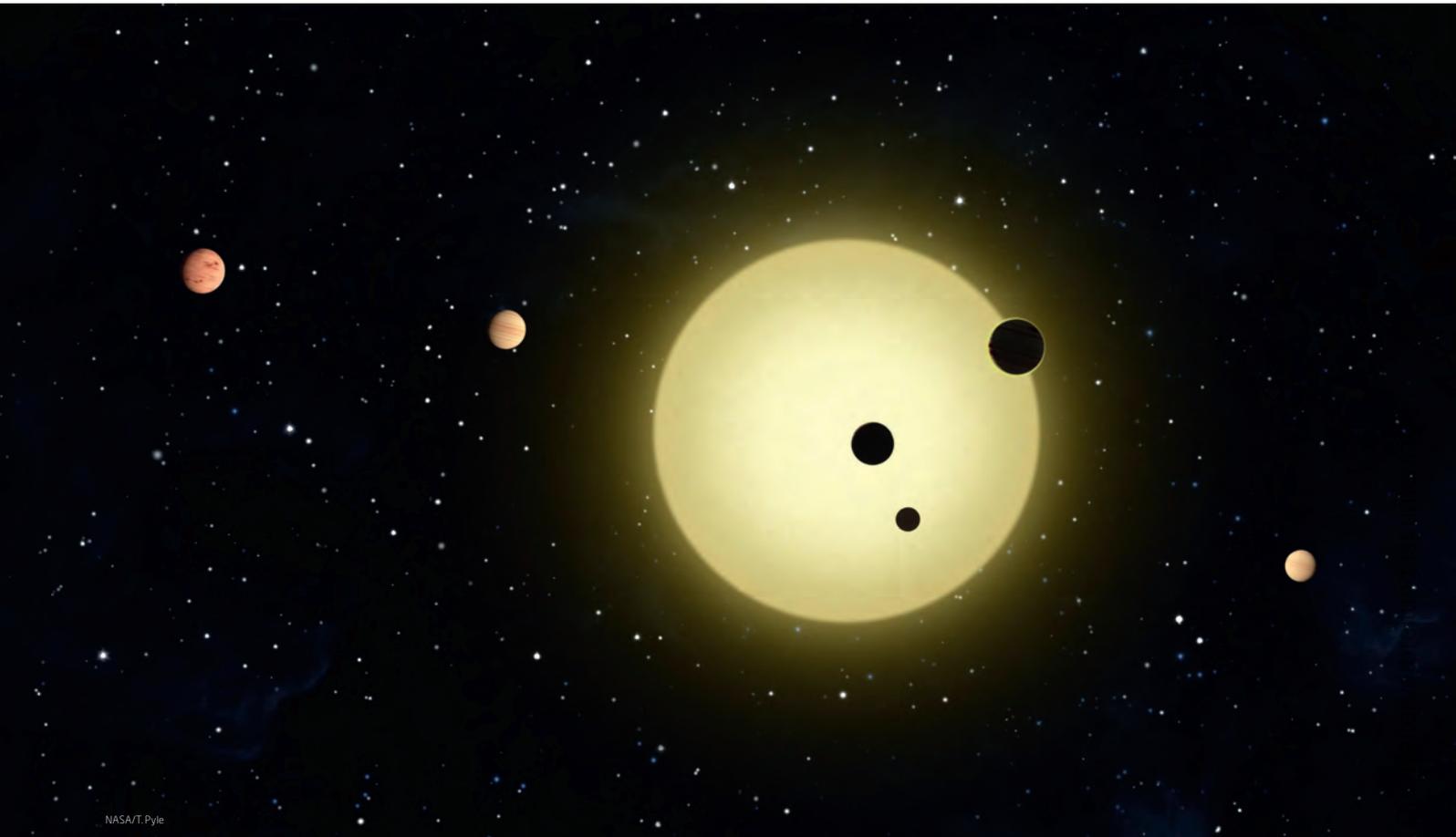
Echte und falsche Planeten

Rund 20000 Mal hat es bei Kepler seit Beginn seiner Beobachtungen 2009 schon die niedrigste Alarmstufe gegeben, bei 13000 verschiedenen Sternen [1]: Von diesen »Threshold Crossing Events«, so schätzt man, ist allerdings jedes zweite eine Niete, und statistische Untersuchungen an diesem Katalog haben nur einen begrenzten Wert. Anders ist das schon bei den »Kepler Objects of Interest« oder KOI, die bereits mehrere Hürden genommen haben: Bis Ende Februar dieses Jahres waren dies immerhin 2321 Fälle bei 1790 verschiedenen Sternen. Hier spricht man schon gerne von »Planetenkandidaten«. Und da es dreimal so viele davon gibt wie alle bisher mit sämtlichen Methoden zusammen

▼ **Abb. 3: Das Prinzip der Transitmethode zur Aufspürung von Exoplaneten:** Der Planet zieht vor dem Sternscheibchen vorbei, dessen Helligkeit lässt leicht nach – und der dunkle Himmelskörper ist nachgewiesen, obwohl aus der Ferne nur die Lichtkurve eines Sterns gemessen wurde.



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



NASA/T. Pyle

▲ Abb. 4: Sechs Planeten kreisen um den Stern Kepler 11: Da kann es sogar passieren, dass zwei oder drei davon gleichzeitig Durchgänge vor dem Stern vollführen.

gefundenen Planeten, und diese auch – alle vom selben Instrument aufgespürt – einen viel homogenen Datensatz bilden, ist die Versuchung groß, mit den KOI Statistiken über das Wesen von Planetensystemen zu treiben. Zunächst litten solche Analysen unter erheblicher Ungewissheit, wie viele falsche Planeten den Jahr für Jahr wachsenden KOI-Katalog eigentlich bevölkern: Mal wurde energisch für nur 4%, dann wieder für bedenkliche 35% Anteil an Fehlern argumentiert.

Weithin als zuverlässigste Bestimmung der »falsch positiven Rate« unter den Keplerkandidaten wird eine Arbeit von Anfang dieses Jahres [2] gesehen, die akribisch alle denkbaren Fehlerquellen durchging und jedes Mal die Frage stellte, wie oft sie für das Messverfahren des Satelliten und seine Auswertprozedur einen Planeten vortäuschen sollten. 90,6% der Keplerkandidaten sind tatsächlich Exoplaneten, lautet das erfreuliche Ergebnis dieser Studie!

Bei den besonders häufigen »kleinen Neptunen« mit 2 bis 4 Erddurchmessern (zur Klassifikation vgl. Kasten) – die Keplermethode liefert zunächst nur Durchmesser, keine Massen – kommt es demnach zu den wenigsten Fehldeutungen in nur 6,7% der Fälle. Aber

auch 87,7% der Kandidaten für Exoplaneten von ungefährem Erddurchmesser (80% bis 125%) sind statistisch gesehen echte Planeten und so zumindest potenzielle »zweite Erden«. Angesichts der letztlich doch erfreulich geringen Fehlerquote unter den KOI erscheint es also vollaufgerechtfertigt, sie bei statistischen Betrachtungen kurzerhand als Planeten zu betrachten – und die Häufigkeit und Größenverteilung der Keplerfunde als repräsentativ für die Exoplaneten der Milchstraße insgesamt zu verwenden.

Planeten: Regel statt Ausnahme

Riesenplaneten mit 6 bis 22 Erddurchmessern treten demnach bei 5,2% aller Sterne auf und »große Neptune« bei 3,2%, jeweils mit Umlaufzeiten bis 418 Tagen erfasst. Aber dann geht die Planetenrate steil nach oben und erreicht 31% für »kleine Neptune« (2 bis 4 Erddurchmesser, Perioden bis 245 Tage) und 30% für »Supererden« (1,25 bis 2 Erddurchmesser, maximal 145 Tage). Erdähnliche Planeten schließlich (0,8 bis 1,25 Erddurchmesser, Perioden bis 85 Tage) kommen bei 18,4% aller Sterne vor. Zusammengenommen besitzen damit rund 70% aller Sterne Planeten

irgendeiner Größe mit Perioden unter 400 Tagen. Zieht man noch in Betracht, dass erdgroße Planeten auf fernen Bahnen heute noch nicht in den Keplerdaten zu finden sein können, lässt sich mit einiger Zuversicht die Aussage treffen: Praktisch alle sonnenähnlichen Sterne haben ein Planetensystem! Kühn hochgerechnet gibt es damit in der Milchstraße mit ihren 100 bis vielleicht 400 Milliarden Sternen auch mindestens 100 Milliarden Planeten, davon mindestens 17 Milliarden von etwa Erdgröße.

Extrapolationen dieser Art – dass also praktisch jeder Stern über mindestens einen Planeten irgendeiner Größe verfügen sollte – hört man zwar schon seit Jahren in der Exoplanetenszene, basierend auf Entdeckungen mit der Radialgeschwindigkeitsmethode und namentlich dem damit besonders erfolgreichen HARPS-Spektrographen der ESO. Aber so sauber aus echten Daten berechnet wie jetzt aus der Kepler-Ernte wurde ein Planetenreichtum der Milchstraße noch nie.

Ein Planet kommt selten allein

Eine weitere Erkenntnis aus den Keplerentdeckungen ist dabei, dass kleine

Planeten bei Sternen der Spektraltypen M, K, G, F und A ungefähr gleich häufig vorkommen und dass eine lange vermutete Abhängigkeit von der Sternmasse nicht zu bestehen scheint: Die entscheidenden Prozesse des Zusammenballens einer zirkumstellaren Scheibe zu Protoplaneten, wie immer seine einzelnen Phasen nun im Detail ablaufen, ist offensichtlich generell erfolgreich und nicht nur in bestimmten stellaren Umgebungen. Auch haben 43% der Keplerkandidaten einen Nachbarn: Ein System mit sechs Transitplaneten gleichzeitig ist schon bekannt, und mit fünf gibt es bereits 11, mit vier 44, mit drei 112 und mit zwei Planeten 299 Systeme.

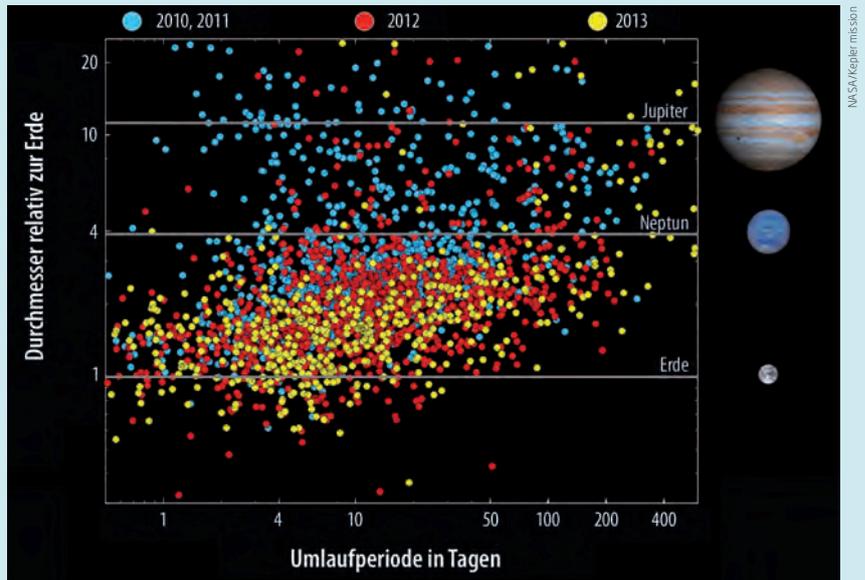
Fundamentale Aussagen über den Planetenreichtum der Milchstraße rufen natürlich nach einer unabhängigen Bestätigung: Eine zweite Keplermission gibt es zwar nicht (und der europäische CoRoT-Satellit bietet sich mit einer erheblich höheren Rate falscher Planeten nicht für solcherlei statistische Untersuchungen an) – aber es gibt völlig neue Analysen der Keplerdaten durch andere Arbeitsgruppen, zum Beispiel mit dem neuen Suchalgorithmus TERRA, spezialisiert auf Transits kleiner Planeten. Nach der Durchforstung jener 12000 Kepler-Sterne mit den saubersten Lichtkurven wurden 129 Planetenkandidaten mit weniger als 6 Erddurchmessern lokalisiert – von denen die Keplerforscher selbst 47 zunächst glatt übersehen hatten [3]. Für hundert dieser Kandidaten konnten die Durchmesser ihrer Sterne und damit auch die Durchmesser der Planeten selbst genau ermittelt werden – und es wurde akribisch untersucht, wie leicht mit der Keplertechnik ein kleiner Planet übersehen werden könnte. In der Planetenstatistik konnte damit eine künstliche Vollständigkeit simuliert werden.

Grenze bei zwei Erddurchmessern

Zwischen sechs und zwei Erddurchmessern steigt das Planetenaufkommen in der TERRA-Statistik steil an: ein Phänomen, das nicht nur die zuvor erwähnte Analyse, sondern auch schon frühere Forschungen angedeutet hatten. Aber bei etwa zwei Erddurchmessern ist abrupt Schluss, und die Planetenpopulation erreicht ein Plateau bis zu einem Erddurchmesser hinab (wo Keplers Nachweismöglichkeiten schwinden). Diese Aussage gilt hart für sternnahe Planeten mit 5 bis 50 Tagen Umlaufzeit – und der scharfe Knick in der Verteilung deutet nach Ansicht der TERRA-Auswerter auf

BASISWISSEN

Klassifikation von Kepler-Exoplaneten



▲ Die tatsächlichen 2740 Planetenkandidaten Keplers, die bis Anfang 2013 mindestens zwei klare Durchgänge vor ihren Sternen vollzogen, aufgetragen gegen ihre Umlaufzeiten und ihre Durchmesser. Horizontale Linien markieren dabei die Durchmesser von Jupiter (140000km), Neptun (50000km) und Erde (12750km). Unterschiedliche Farben codieren, wie schnell die Keplerplaneten gefunden wurden.

Als Repräsentanten der drei grundlegenden Arten von Planeten in fremden Planetensystemen dienen als Maßstäbe diejenigen des Sonnensystems: Jupiter, Neptun und die Erde.

Da in vielen Exoplanetensystemen vor allem den Größenbereich zwischen der Erde und dem knapp viermal größeren Neptun besetzt ist, werden derartige Planeten »Supererden« genannt, die größeren unter ihnen mitunter auch »kleine Neptune«: Eindeutig definiert sind all diese Begriffe ebenso wenig wie die Grenze zwischen »Exo-Erden« und »Supererden«, die aber meist bei 1,25 Erddurchmessern gesetzt wird. Erschwerend kommt hinzu, dass in der

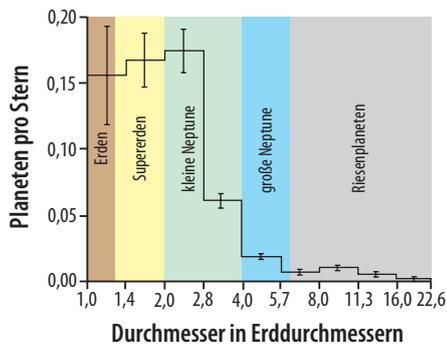
Exoplanetologie zunächst die Massen der – über ihre Schwerkraft – gefundenen Planeten die Hauptrolle spielten und erst mit der Entdeckungsflut des Keplersatelliten die Durchmesser wichtiger wurden, da man die Massen seiner Planeten fast nie kennt. Da die Masse im Wesentlichen mit dem Volumen und daher der dritten Potenz des Durchmessers steigt, sind die Massenunterschiede zwischen den verschiedenen Planetentypen viel größer: Supererden in diesem Sinne sind Planeten mit 1 oder 2 bis knapp 14 Erdmassen, denn dies ist die Masse des Uranus (der trotz knapp größeren Durchmessers rund 15% massärmer als der Neptun ist).

unterschiedliche Prozesse der Planetenbildung ober- und unterhalb der Grenze von zwei Erddurchmessern hin. Auch im aktuellen Entdeckungsbild mit der Radialgeschwindigkeitsmethode ist ein steiler Anstieg der Zahl sternnaher Planeten mit in diesem Fall abnehmender Masse zu erkennen: Massearme bzw. kleine Planeten auf sehr engen Umlaufbahnen sind der häufigste Typ in der Milchstraße. Und ausgerechnet solche Planeten mit mehr als einer

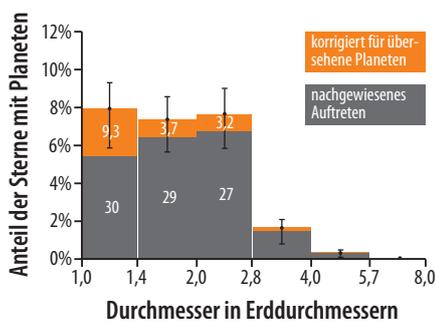
bis höchstens vier Erddurchmessern fehlen im Sonnensystem komplett.

Mit einer Überraschung am ganz unteren Ende der Größenskala hat die Keplermission ebenfalls dieses Jahr für Aufsehen gesorgt: Der innerste der drei Planeten des Sterns Kepler-37 ist nicht einmal so groß wie der Merkur und nur wenig größer als der Erdmond! [4] Mit einem Fall kann man natürlich keine Statistik betreiben, aber die Veröffentlichung endete doch mit einem kuriosen

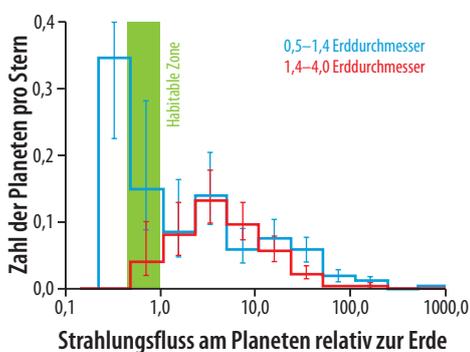
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



▲ Abb. 5: So häufig sind Exoplaneten in der Milchstraße: die mittlere Zahl der Planeten mit Umlaufzeiten bis 85 Tagen in einem bestimmten Durchmesserintervall für Sterne der Spektralklassen F, G, K und M, ermittelt aus Daten des Kepler-Teleskops und – das ist neu – korrigiert für alle bekannten Fehlerquellen in beide Richtungen, die also Planeten vortäuschen, aber auch ihre Entdeckung verhindern können.



▲ Abb. 6: Eine alternative Untersuchung zur Planetenhäufigkeit in Abhängigkeit von ihrem Radius für Umlaufzeiten von 5 bis 50 Tagen. Zwischen 4,0 und 2,8 Erdradien steigt die Planetenrate sprunghaft an, unterhalb von 2,8 bleibt sie aber weitgehend konstant – ein weiterer steiler Anstieg zu noch kleineren Planeten findet nicht statt.



▲ Abb. 7: Die Planetenhäufigkeit gegen die Einstrahlung für erdähnliche Planeten (blau) und Planeten mit 1,4 bis 4 Erdradien (rot), während die habitable Zone in Grün eingezeichnet ist.

Satz: Der Fund von Kepler-37b »verleiht dem Glauben Gewicht, dass das Planetenvorkommen mit abnehmender Größe exponentiell ansteigt«, hieß es da. Abgesehen von der in einer astrophysikalischen Veröffentlichung ungewohnten »Glaubens«-Aussage steht diese Schlussfolgerung in Widerspruch zu den Keplerstatistiken mit ihrem abrupten Abflachen der Planetenzahl schon beim doppelten Erddurchmesser. Darauf angesprochen distanzieren sich jetzt der erste Autor und auch zwei Koautoren der Kepler-37-Arbeit, die wiederum an den neuen Statistiken beteiligt waren, gegenüber interstellarium von dem kuriosen Schlusssatz: Als man die Veröffentlichung im September 2012 eingereicht habe, sei noch nicht zu erkennen gewesen, dass die Größenverteilung insgesamt ein eindeutiges Plateau zeige. Hier könne man sehen, wie schnell sich die Erforschung der Exoplaneten weiterentwickle, meint der führende Autor verschmitzt. Und ob der mondgroße Kepler-37b nun ein Ausreißer sei oder doch Überraschungen bei ganz kleinen Planeten andeute, darauf weisen alle drei, könne man schließlich noch nicht wirklich sagen.

Bewohnbare Welten vor unserer Haustür

Da solch kleine Welten kaum mehr eine Atmosphäre halten könnten, sind sie für die Suche nach potenziell bewohnbaren Welten wenig interessant, im Gegensatz zur steigenden Zahl der Keplerfunde rund um einen Erddurchmesser. Eine weitere aktuelle Statistik speziell für die kleinsten Kepler-Sterne [5] bekräftigt, dass rund 87% dieser M-Zwergsterne mit weniger als 4000 Kelvin Temperatur über einen Planeten zwischen einem halben und vier Erddurchmessern verfügen und jeder zweite Stern über eine Art »zweite Erde« mit 0,5 bis 1,4 Erddurchmessern. Mehr noch: Grob 15% der kühlen Kepler-Sterne besitzen solch eine »Erde« in der habitablen Zone, wo flüssiges Wasser auf der Oberfläche möglich wäre. Die Zahl könne leicht zwischen 30% und 10% liegen, fast sicher aber über 4% – und ebenso wahrscheinlich (zu 95%) ist, dass sich der nächstgelegene etwa erdgroße und bewohnbare Planet innerhalb von 5 Parsec oder 16 Lichtjahren Entfernung von der Sonne befindet! Solch eine Aussage hätte man noch vor wenigen Jahren allenfalls in einem Science-Fiction-Roman gefunden, doch heute folgt sie zwanglos aus der Statistik der Keplerentdeckungen.

Konkret gefunden hat Kepler bisher rund 100 Planeten solch kühler Zwergsterne, bei denen dies besonders leicht ist: Es gibt 12-mal mehr davon in der Milchstraße als G-Sterne wie die Sonne (70% aller Sterne gehören zum Typ M), und ihre Durchmesser sind geringer, so dass »fremde Erden« im Transit eine viel stärkere Abnahme der Sternhelligkeit bewirken. Im Schnitt besitzt ein M-Zwerg ziemlich genau einen Planeten [6]. Wegen ihrer geringeren Temperaturen liegen ihre habitablen Zonen auch näher an den Sternen, so dass Planeten darin in weit unter einem Jahr umlaufen, typischerweise fünf Transits pro Erdjahr erleben und damit schneller sicher nachgewiesen sind. Frühere Bedenken, dass Planeten von M-Zwergen generell lebensfeindlich wären, weil sie gebunden rotierten oder von häufigen Stern-Flares gebraten würden, gelten heute als weniger kritisch.

Drei Planetenkandidaten in der habitablen Zone von K- und M-Zwergen hat Kepler schon aufgespürt, und die hochgerechnete Verteilung der Planeten relativ zur habitablen Zone ist erfreulich: Während größere Planeten (1,4 bis 4 Erddurchmesser) eher zu viel Strahlung ihrer Sterne erhalten, erhält ein größerer Anteil der »Zweiterden« (0,5 bis 1,4 Erddurchmesser) ungefähr so viel wie die Erde.

Habitabel: ein Begriff im Wandel

Die Einstrahlung allein ist es aber nicht, die einen Planeten letztlich zu einer lebensfreundlichen Welt macht: Seine physikalischen Eigenschaften und die Zusammensetzung seiner Atmosphäre – in den seltensten Fällen bei Exoplaneten direkt spektroskopisch festzustellen – beeinflussen erheblich, ob flüssiges Wasser vorkommen kann oder nicht. Ein 20 Jahre altes Modell für all diese Einflüsse wird gerade kräftig revidiert und verschiebt dabei auch gleich die habitable Zone des Sonnensystems merklich: Sie reicht jetzt von 0,99AE bis 1,70AE, d.h., die Erde liegt nur knapp innerhalb dieses Bereichs. Vorher waren es 0,95AE bis 1,65AE gewesen. Unter den Keplerplaneten bzw. -kandidaten liegen 52 in den habitablen Zonen ihrer Sterne, die meisten davon Super-Erden oder neptunartige, aber auch fünf Exemplare, die höchstens den doppelten Erddurchmesser haben [8]. Der erdähnlichste Kandidat in Sachen Durchmesser und Einstrahlung wäre dabei zurzeit KOI 3010.01, der – keine Überraschung – um einen K- oder M-Zwerg kreist. [7]

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

IM DETAIL

Die habitable Zone

Die Definition klingt so einfach: Die bewohnbare oder habitable Zone eines Sterns ist der Abstandsbereich, in dem Wasser auf der Oberfläche eines Planeten flüssig sein kann. Aber wie weit diese Zone reicht, ist sogar in unserem Sonnensystem umstritten, denn ihre Grenzen verändern sich stark mit Annahmen über die Atmosphäre des Planeten. Insbesondere reicht es nicht, nur die »Gleichgewichtstemperatur« eines Planeten zu kennen, also die Temperatur, die der Planet hätte, wenn er wie ein idealer Körper strahlen würde: Die Oberfläche reflektiert dann die einfallende Sonnen- oder Sternstrahlung gemäß seiner Albedo zum Teil und absorbiert den Rest. Ein immer vorhandener Treibhauseffekt durch eine Atmosphäre wird dabei nicht berücksichtigt. Für die Erde beträgt diese Temperatur 258 Kelvin = -15°C. Ein Planet *könnte* bewohnbar sein, wenn seine Gleichgewichtstemperatur zwischen 175K (-98°C) und 270K (-3°C) liegt. Ob er es ist tatsächlich ist, hängt indes von den Details sehr komplexer Klimamodelle ab. Am inneren Rand der habitablen Zone besteht diesen Modellen zufolge die

Atmosphäre eines im Grunde erdähnlichen Planeten fast komplett aus Wasserdampf. Einfache Modelle liefern eine Grenze von 0,84AE, jenseits derer das Wasser schnell in den Weltraum verloren geht. Komplexere Modelle, bei denen viel Wasser in die Stratosphäre gelangt (»feuchtes Treibhaus«) führen zu einer Grenze bei 0,95AE oder laut einer ganz neuen Arbeit sogar 0,99AE. Die Erde wäre demnach nur so gerade ein bewohnbarer Planet! Der Effekt von Wolken modifiziert diese Werte allerdings noch einmal.

Am äußeren Rand der habitablen Zone besteht die Atmosphäre vor allem aus Kohlendioxid. Modelle liefern für einen Stern wie unsere Sonne 1,67AE ohne den effektiv wärmenden Einfluss von CO₂-Wolken und sogar 2,4AE bei einem Bewölkungsgrad von 100%. Der Mars ist folglich eigentlich ein bewohnbarer Planet - und war es in seiner Vergangenheit vermutlich auch. Allerdings genügt er einem anderen Kriterium nicht: Er ist zu klein und konnte seine Atmosphäre nicht halten.

Exoplaneten kreisen allerdings oft nicht um sonnenähnliche Sterne: Andere haben

nicht nur andere Leuchtkraft, sondern auch andere Spektren. Das verändert die Grenzen der habitablen Zone noch einmal, und zwar auf kompliziertere Weise, als eine einfache Verschiebung der habitablen Zone aufgrund der geringeren oder größeren Abstrahlung vermuten lässt. So hat der Rote Zwerg Gliese 581 einen Begleiter, den Planeten d, 0,22AE von seiner kühlen Sonne entfernt, auf dem es bei jeder denkbaren Atmosphäre ausfrieren würde, wenn der Stern das Spektrum der Sonne hätte. Da er aber viel Strahlung im Infraroten und fast keine im Ultravioletten abgibt, kann der Planet durchaus flüssiges Wasser an der Oberfläche haben, wenn seine Atmosphäre dicht genug ist. Gegenwärtig werden 40 bis 50 der 2740 Keplerkandidaten in der habitablen Zone ihrer Sterne angesiedelt, alle allerdings deutlich größer als die Erde: Wie die Größe die Habitabilität einschränkt, oder ob diese Planeten womöglich Monde in der passenden Größe besitzen, steht auf einem anderen Blatt.

► Susanne Hüttemeister

Wendet man nun die neue Definition der habitablen Zone auf die Keplerstatistik der Planeten solcher Zwergsterne [5] an, dann steigt ihr Anteil bewohnbarer Planeten von ungefährem Erdformat erheblich, in einen Bereich um erstaunliche 50% [9]. Und auch Abschätzungen anhand der Planetensuche bei Zwergsternen mit der Radialgeschwindigkeitsmethode waren auf einen Anteil von 40% - mit einem großen Fehlerbalken - gelangt. Ein verblüffendes Ergebnis: Von jenen Sternen, die 70% aller in der Milchstraße ausmachen, hat offenbar jeder zweite einen erdähnlichen Planeten, auf dem es flüssiges Wasser geben dürfte - und das nächstgelegene Exemplar müsste nur ein rundes Dutzend Lichtjahre entfernt sein. Diese ganz frischen Einsichten - teilweise erst Mitte März dieses Jahres publiziert - könnten der Exoplanetensuche noch mehr Schwung verleihen und auch das Interesse an aufwendigen optischen Weltraumteleskopen wiederbeleben, die vielleicht in der Lage wären, eine gar nicht so ferne Zweite Erde genauer unter die Lupe zu nehmen - und all das

letztlich auf der Basis von nichts weiter als den ultrapräzisen Lichtkurven von 150000 Sternen, die der Keplersatellit geliefert hat und noch weiter liefert.

- [1] Tenenbaum, P. et al.: Detection of Potential Transit Signals in the First Twelve Quarters of Kepler Mission Data, <http://arxiv.org/abs/1212.2915>
- [2] Fressin, F. et al.: The false positive rate of Kepler and the occurrence of planets, <http://arxiv.org/abs/1301.0842>
- [3] Petigura, E. A. et al.: A plateau in the planet population at twice the size of Earth, <http://astro.berkeley.edu/~petigura/eta-earth.pdf>
- [4] Barclay, T. et al.: A sub-Mercury-sized planet, *Nature* 494, 452 (2013)
- [5] Dressing, C. D., Charbonneau, D.: The Occurrence Rate of Small Planets around Small Stars, <http://arxiv.org/abs/1302.1647>
- [6] Swift, J. J. et al.: Kepler-32 as a prototype for the formation of compact planetary systems throughout the Galaxy, <http://arxiv.org/abs/1301.0023>
- [7] Kopparapu, R. K. et al.: Habitable Zones Around

Main-Sequence Stars: New Estimates, <http://arxiv.org/abs/1301.6674>

- [8] Gaidos, E.: Candidate Planets in the Habitable Zones of Kepler Stars, <http://arxiv.org/abs/1301.2384>
- [9] Kopparapu, R. K.: A revised estimate of the occurrence rate of terrestrial planets in the habitable zones around kepler m-dwarfs, <http://arxiv.org/abs/1303.2649>

SURFTIPPS

Kepler-Homepage:

☞ kepler.nasa.gov

Extrasolar Planets Encyclopaedia:

☞ exoplanet.eu

Exoplanet Archive:

☞ exoplanetarchive.ipac.caltech.edu

Exoplanet Data Explorer:

☞ exoplanets.org

ExoPlanet News:

☞ exoplanet.org.uk



W. Vollmann

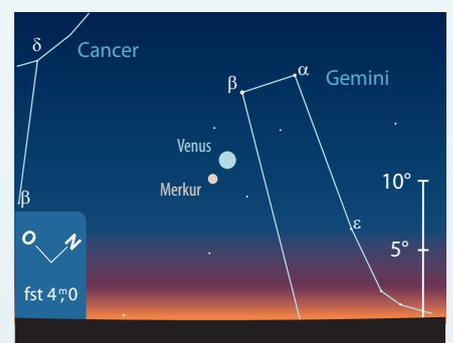
▲ Abb. 1: Merkur und Venus treffen sich am 20. April am Abendhimmel. Eine ähnliche Konstellation fand am 2.4.2010 statt.

Treffen des inneren Zirkels

Begegnung von Merkur und Venus am 20. Juni

Die beiden inneren Planeten Merkur und Venus, bewegen sich im Juni von der Sonne weg Richtung Osten. Dabei verbessern sich die Sichtbarkeitsbedingungen der beiden Planeten spürbar – sie trotzten der Dämmerung und können am Abendhimmel beobachtet werden. Am 12. Juni erreicht Merkur seine größte östliche Elongation mit $24^\circ 17'$ und ist dabei $+0^m 6$ hell. Danach verlangsamt sich seine scheinbare Geschwindigkeit und Venus hat die Möglichkeit, rasch zu ihm aufzuschließen. Am 20. Juni begegnen sich beide Planeten, dabei steht Merkur $1^\circ 57'$ südlich der Venus. Um diese Begegnung auch beobachten zu können ist eine freie Sicht zum Westhorizont notwendig: Das Planetenpaar ist rund 22° von der Sonne entfernt und steht zum Sonnenuntergang je nach Beobachtungsort

$10^\circ - 15^\circ$ über dem Horizont. Die Helligkeit von Merkur hat seit der größten Elongation allerdings bereits wieder um eine halbe Größenklasse abgenommen und beträgt dann $+1^m 3$. Venus ist dagegen nahezu konstant in ihrer Helligkeit und mit $-3^m 9$ auch in der hellen Dämmerung kurz nach Sonnenuntergang gegen 21:30 MESZ für das bloße Auge bereits ein auffälliges Objekt tief am westlichen Horizont. Sie kann daher hervorragend als Aufsuchhilfe dienen, wenn man versucht, Merkur mit bloßem Auge in der Abenddämmerung zu finden. Mit einem Fernglas sollte das Auffinden des sonnennächsten Planeten dagegen keine großen Probleme darstellen. Nach dieser Begegnung vergrößert sich der Abstand zwischen beiden Planeten wieder rasch: Merkur schwenkt nach Süden ab, bewegt sich wieder scheinbar auf die Sonne zu



F. Casparini, interstellarum

▲ Abb. 2: Merkur und Venus am 20.6. kurz nach Sonnenuntergang.

und wird von ihr überstrahlt. Venus läuft der Sonne voraus, ohne jedoch vorerst der Dämmerung entfliehen zu können.

► André Knöfel

INTERAKTIV



Bleiben Sie bei der Beobachtung am Ball!
Die Redaktion informiert Sie per Twitter
über aktuelle Ereignisse am Himmel:
🐦 www.twitter.com/interstellarium

Astronomische Ereignisse im Juni/Juli 2013

8.6.	17:56 MESZ	Neumond
12.6.	18:48 MESZ	Merkur in größter östlicher Elongation 24,3°
16.6.	19:24 MESZ	Mond Erstes Viertel
18.6.	22:06 MESZ	Mond bei Spika (Mond 0,77° südlich)
19.6.	1:00 MESZ	Goldener Henkel (Mondjura) sichtbar
19.6.	18:11 MESZ	Jupiter in Konjunktion
20.6.	9:35 MESZ	Merkur bei Venus (Merkur 1,9° südlich)
21.6.	7:04 MESZ	Sommersonnenwende
23.6.	13:32 MESZ	Vollmond (größter Vollmond des Jahres, Durchmesser 33,462')
27.6.	11:15 MESZ	Maximum Juni-Bootiden Dauer: 22.6. – 2.7., ZHR variabel
30.6.	6:54 MESZ	Mond Letztes Viertel
2.7.	0:00 MESZ	Pluto in Opposition (14 ^m 0)
5.7.	4:15 MESZ	Mond bedeckt ε Tauri (Austritt)
5.7.	16:45 MESZ	Erde im Aphel (1,0167AE)
8.7.	9:14 MESZ	Neumond
9.7.	20:42 MESZ	Merkur in Unterer Konjunktion
16.7.	5:18 MESZ	Mond Erstes Viertel
17.7.	0:18 MESZ	Mond bei Saturn (Mond 4,3° südlich)
22.7.	8:47 MESZ	Mars bei Jupiter (Mars 47,1' nördlich)
22.7.	20:16 MESZ	Vollmond
29.7.	19:43 MESZ	Mond Letztes Viertel
30.7.	6:30 MESZ	Maximum Südliche δ-Aquariden, Dauer: 12.7. – 23.8., ZHR=16
30.7.	6:30 MESZ	Maximum α-Capricorniden, Dauer: 3.7. – 15.8., ZHR=5
30.7.	10:48 MESZ	Merkur in größter westlicher Elongation 19,6°

Zeiten bezogen auf die Mitte des deutschen Sprachraums (Nürnberg)

Der Stier blinzelt

Mond bedeckt ε Tauri am 5. Juli

In den frühen Morgenstunden des 5. Juli bedeckt die schmale Mondsichel den Stern Ain, auch das »Auge des Stiers« genannt. Dahinter verbirgt sich der gelb-orange Stern ε Tauri, +3^m5 hell und etwa 155Lj von uns entfernt und bekannt als ein Sternsystem mit einem Exoplaneten: Epsilon Tauri b – vermutlich ein Gasplanet.

Der Eintritt am hellen Mondrand, drei Tage vor Neumond, kann nur im äußersten Osten oder Norden des deutschen Sprachraumes sinnvoll beobachtet werden. Aber auch dort ist dies nur möglich, wenn eine freie Sicht zum östlichen Horizont besteht: Der Eintritt findet nämlich nur wenige Grad über dem Horizont statt. Der Austritt am dunklen Mondrand ist dagegen in ganz Zentraleuropa zu sehen. Auch hier ist eine freie Horizontsicht unabdingbar, denn zwischen Eintritt und Austritt vergehen gerade einmal rund 30–40 Minuten.

Der Stern verschwindet in der Nähe des Kraters Gerard am östlichen Mondrand und wandert hinter dem nördlichen Mond-Polargebiet zum im Schatten liegenden Austrittsort beim Mare Humboldtianum. Zum Austrittszeitpunkt steht die



▲ Abb. 3: Ein- und Austrittspositionen von ε Tauri am Mond am 5. Juli.

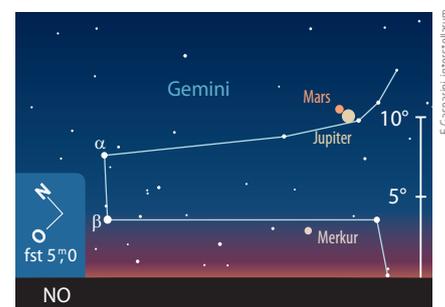
Sonne je nach Beobachtungsort noch 5° bis 10° unter dem Horizont, d.h., die nautische bzw. bürgerliche Dämmerung ist bereits voll im Gange. Der Mond ist dabei rund 35° von der Sonne entfernt.

► André Knöfel

Himmelsvater trifft Kriegsgott

Begegnung von Jupiter und Mars am 22. Juli

Im Juli folgt Mars der Sonne langsam in ihrem Lauf am Himmel in östlicher Richtung. Da die scheinbare Bewegung der Sonne nur wenig schneller ist als die des Mars, verbessern sich seine Sichtbarkeitsbedingungen nur langsam. Auf seinen Weg überholt er am 22. Juli den Riesenplaneten Jupiter. Beide Planeten stehen dann nur noch 47' auseinander, wobei der strahlende Jupiter mit -1^m9 südlich des +1^m6 hellen Roten Planeten steht und in der Morgendämmerung als Aufsuchhilfe dienen kann. In unmittelbarer Nähe, westlich des Jupiter, befindet sich der Stern μ Gemini, der mit einer Helligkeit von 2^m9 allerdings keine Konkurrenz zu den Planeten ist und nur kurzzeitig der Dämmerung trotzt. Beide Planeten gehen an diesem Morgen gegen 3:30 MESZ rund



▲ Abb. 4: Jupiter, Mars und Merkur am 22.7. zum Beginn der Bürgerlichen Dämmerung.

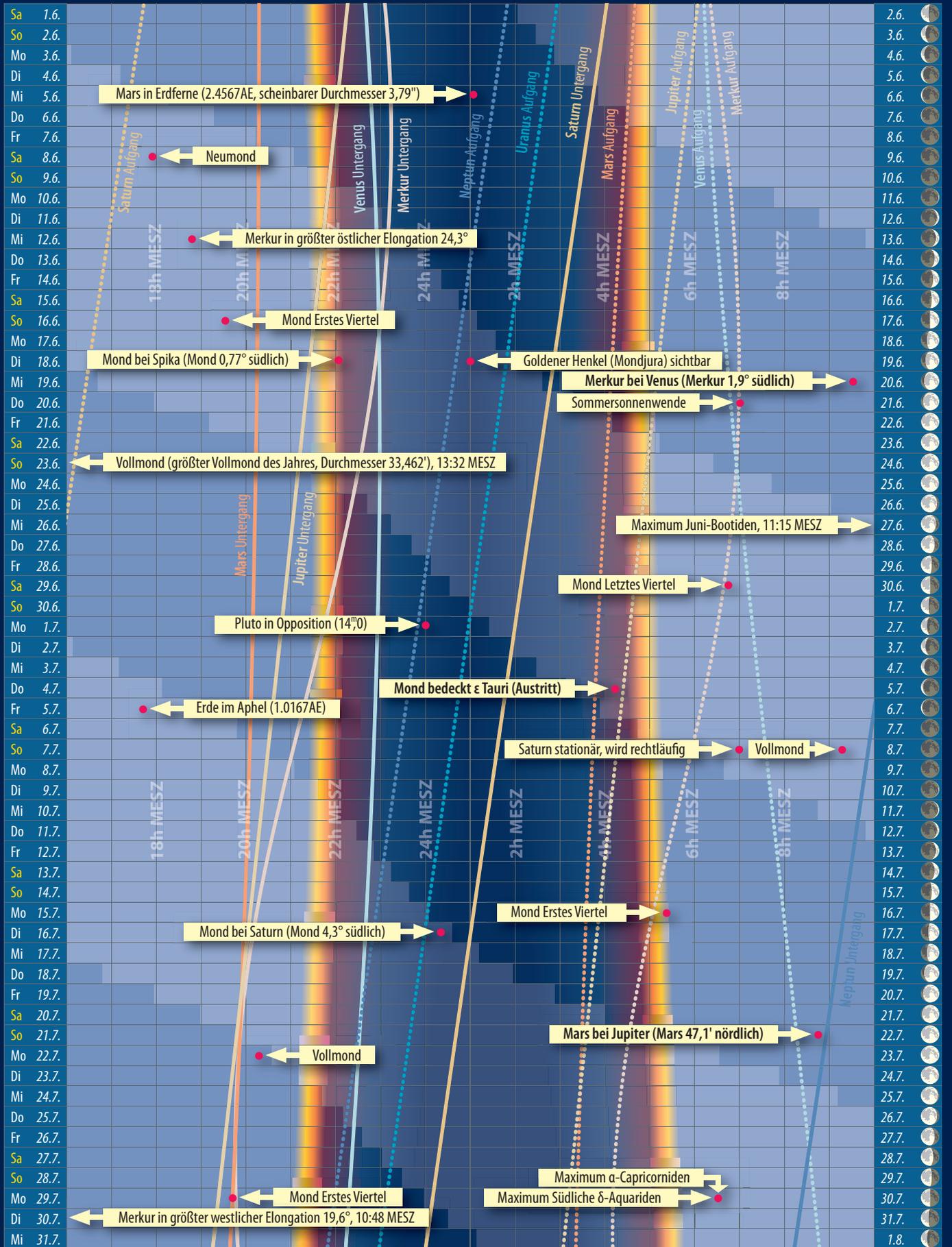
zwei Stunden vor der Sonne auf und stehen zum Beginn der bürgerlichen Dämmerung gegen 5:00 MESZ rund 10° über dem Nordost-Horizont.

► André Knöfel

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

Dämmerungsdiagramm für Juni/Juli 2013

Himmel



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

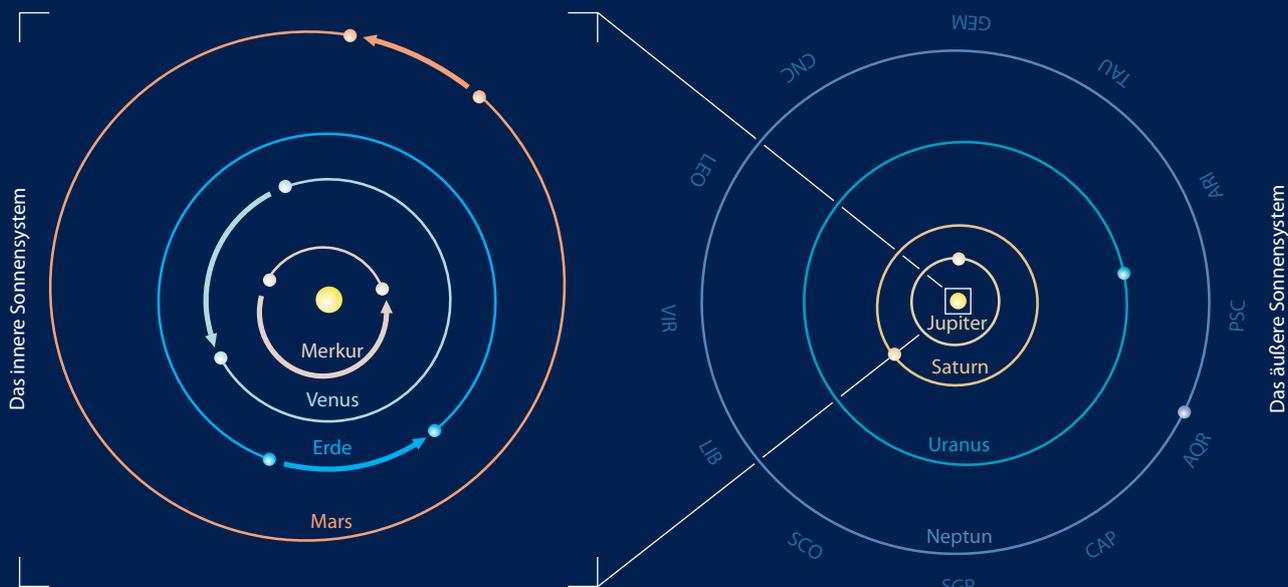
Der Lauf der Planeten im Juni 2013



Der Lauf der Planeten im Juli 2013



Die Planeten auf ihren Bahnen im Juni/Juli 2013



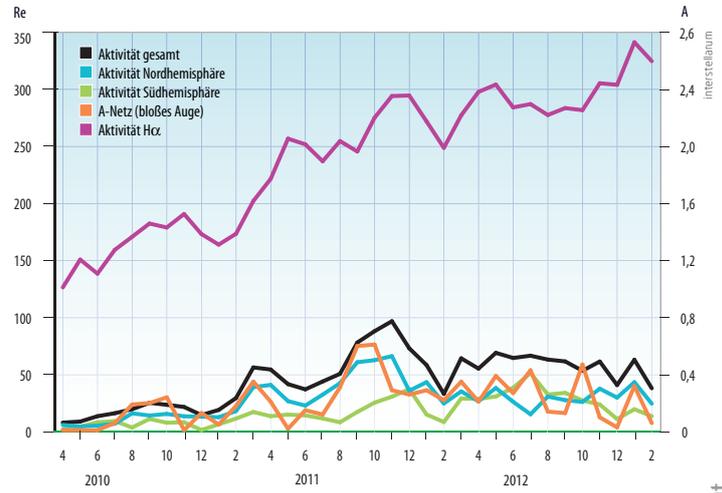
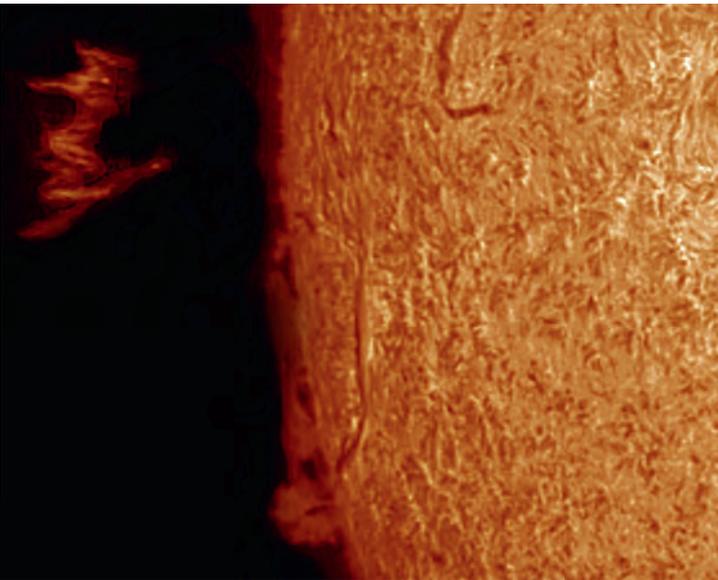
Die Planeten im Fernrohr im Juni/Juli 2013

Zeitraum 1.6.–31.7.

Planet	1.6.	20.6.	10.7.	31.7.
Merkur	−0 ^m 3 63,1% 6,4"	1 ^m 2 24,6% 9,5"	4 ^m 9 0,9% 11,8"	0 ^m 1 40,5% 7,6"
Venus	−3 ^m 9 95,7% 10,2"	−3 ^m 9 83,1% 12,5"	0 ^m 5 99,8% 17,7"	−1 ^m 9 100,0% 32,1"
Mars	1 ^m 4 99,6% 3,8"	1 ^m 6 97,9% 3,9"	5 ^m 8 99,9% 3,5"	7 ^m 9 100,0% 2,3"

Additional information: Jupiter (Io, Europa, Galymed, Kalisto), Saturn (Titan), Uranus, and Neptune are also shown with their respective moons.

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



◀ Abb. 1: Schwebende Protuberanz am 2.2.2013, 14:05 MEZ, 4"-Refraktor bei 2600mm, 1/5s, Coronado Solarmax 60 + 2020 Telezentrik. Erich Kopowski

Sonne aktuell Maximum erst 2014 oder 2015?

Das Jahr 2013 begann vielversprechend mit einer spürbar höheren Sonnenaktivität: Fünf E- und zwei F-Gruppen konnten in der ersten Dekade gezählt werden und die Zahl der Aktivitätsgebiete stieg auf 14 am 6. Januar an. Der Anstieg war jedoch nur von kurzer Dauer und so sank die Fleckenhäufigkeit – wie in den letzten Monaten häufig zu beobachten – wieder auf sehr niedrige Werte ab, so dass um dem 20. herum nur noch maximal drei Fleckengruppen zu sehen waren. Es ist nur dem kurzfristigen Anstieg in den ersten Tagen des neuen Jahres zu verdanken, dass im Januar 30 neue Fleckengruppen registriert werden konnten.

Der Niedergang setzte sich im Februar fort, wo nur 17 neue Gruppen beobachtet wurden, von denen keine die höchsten Waldmeierklassen E und F erreichte, und man gleich an mehreren Tagen nur zwei Aktivitätsgebiete zu sehen bekam.

Im Gegensatz zum Weißlicht fiel die Aktivität im H α -Bereich relativ bescheiden aus,

5 M-Flares im Januar folgte nur noch einer im Februar, so dass es auch in diesen beiden Monaten wieder keine nennenswerte Polarlichtaktivität gab, die vom deutschen Sprachraum aus sichtbar gewesen wäre.

Die diskontinuierliche Entwicklung der Sonnenaktivität seit dem Minimum Ende 2008 bringt sämtliche Vorhersagen zum Maximumszeitpunkt gehörig durcheinander: So favorisiert das Marshall Space Flight Center der NASA seit ein paar Monaten ziemlich konstant den Herbst 2013, weist aber zugleich auf eine Spitze im ausgeglichenen Mittel im Februar 2012 hin, wo die bislang höchste Aktivität des gesamten 24. Fleckenzyklus gemessen wurde – bei einer Höhe der ausgeglichenen Mittel von 67, was fast dem Maximum des 14. Zyklus im Februar 1906 entspricht.

Anders sehen dies NASA-Kollegen um Dr. Tony Philips, die im Mai 2013 und 2014, eventuell auch 2014/2015 ein Doppelmaximum erwarten, das höher ausfallen soll als die Aktivität im Februar 2012. Sie verglichen in ihrer Arbeit die Maxima der Jahre 1989 und 2001 und begründen den zu erwartenden – mehr als deutlichen – Anstieg mit der in der Tat zu beobachtenden Unausgewogenheit der Aktivität auf den beiden solaren Hemisphären. Bislang hat der Norden nämlich den aktiveren Part übernommen, während auf der Südhalbkugel kaum (größere) Fleckengruppen auftauchten. Das ist durchaus kein außergewöhnliches Phänomen, denn oft

ist in der ersten Hälfte eines Zyklus eine Hemisphäre aktiver als die andere, was sich aber spätestens nach dem Maximum ausgleicht.

Im Lichte der beiden derzeit heiß diskutierten Vorhersagen betrachtet, weiß man heute genauso viel wie vor einem halben Jahr: Erst die Beobachtung wird zeigen, ob wir das Maximum schon überschritten haben oder es uns noch bevorsteht.

► Manfred Holl

INTERAKTIV



- Senden Sie uns Ihre Fotos, Zeichnungen und Beschreibungen! Sämtliche Ergebnisse werden auf sonneaktuell.de, eine Auswahl im Heft veröffentlicht!
☞ www.interstellarium.de/aktuelleereignisse.asp
- Bestimmen Sie die H-alpha-Relativzahl durch eigene Beobachtungen:
☞ www.interstellarium.de/halpha-ergebnisse.asp

SURFTIPPS

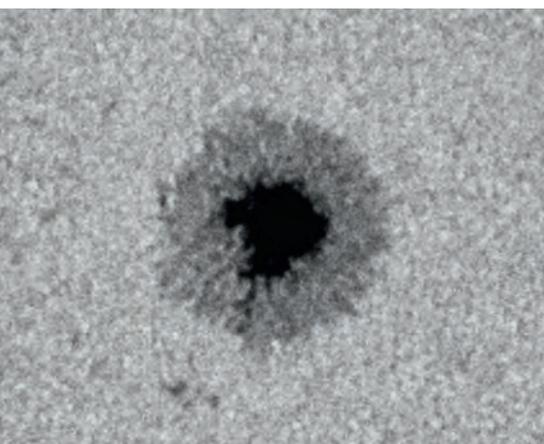


Neueste Vorhersage zum 24. Fleckenzyklus:

☞ science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2013/01mar_twinpeaks

Australische Wetter-/Sonnenseite:

☞ www.ips.gov.au/Solar



◀ Abb. 2: Einpoliger Sonnenfleck am 2.2.2013, 14:25 MEZ, 4"-Refraktor bei 4000mm, 1/125s, Solar Continuum Filter. Erich Kopowski



▲ Abb. 1: Jupiter zeigte Mitte März interessante kurzlebige Strukturen um das Oval BA. Hier hatten sich weitere Ovale herausgebildet. 16.3.2013, 14"-SCT. Christopher Go

Planeten aktuell Tanz der Ovale

Jupiter hat sich vorübergehend von der Himmelsbühne verabschiedet – nicht jedoch ohne noch einmal für Aufmerksamkeit zu sorgen.

Nach wie vor dominierte ein breites NEB mit benachbartem NTB den Planeten. Im Februar kehrte auch das weiter nördlich angrenzende dunkle Band zurück: Dunkle kleine Flecken, manche erinnerten an einen kleinen Mondschatten, zeigten das sich wieder belebende NNTB an. Im NEB bildeten sich dunkle Flecken heraus – ein typisches Anzeichen für die bevorstehende Breitenschumpfung des Bandes. Es ist zu erwarten, dass Jupiter im Herbst mit einem deutlich schmaleren NEB und gut sichtbaren dunklen Barren an dessen Nordrand wieder erscheint.

Am meisten Aufmerksamkeit erreichten jedoch Geschehnisse um das letzte verbliebene Oval im STB (BA alias »Red Junior«).

Der orange erscheinende Fleck kollidierte mit einem dunklen Bandrest des STB. Dabei bildeten sich offenbar neue Ovale in Rotationsrichtung hinter BA heraus. Ob sie von längerer Lebensdauer sind, können Amateurfotografen in der neuen Jupitersaison ab August selbst herausfinden.

Saturn ließ es in den zurückliegenden Monaten ruhig angehen: Nach dem im letzten Heft berichteten kleinen Fleck wurden weitere derartige Ereignisse nicht gesichtet.

Dafür tritt **Venus** auf den Beobachtungsplan: Im Juni und Juli herrschen gute Bedingungen für eine Tagbeobachtung des Planeten dank der großen Horizont Höhen. Dabei kann versucht werden, Wolkenstrukturen auf dem Planeten nachzuweisen, wofür die zu mehr als 80% beleuchtete Scheibe ideal geeignet ist.

► Ronald Stoyan



► Abb. 2: Kleine dunkle Flecken kündigen neue Aktivität im NNTB an, während sich im noch breiten NEB dunkle Flecke herausbilden. Oben: 3.3.2013, 19:01 MEZ, 9,25"-SCT bei 6800mm, Basler Ace, RGB-Filter. *Torsten Edelmann* Unten: 3.3.2013, 18:13 MEZ, 20"-Refraktor bei mm, DMK 21AU618, Astronomik RGB-Filter. *Thomas Winterer*

► Abb. 3: Saturn zeigte sich weitgehend strukturlos. 4.3.2013, 14"-SCT bei 8400mm, DMK 21AU618, Astrolumina RGB-Filter. *Rudolf Hillebrecht*

INTERAKTIV



Senden Sie uns Ihre Beobachtungen – Fotos, Zeichnungen und Beschreibungen! Alle Ergebnisse werden auf planetenaktuell.de veröffentlicht, eine Auswahl davon im Heft! Nutzen Sie den direkten Upload:

☞ www.interstellarum.de/aktuelleereignisse.asp



Kometen aktuell Warten auf ISON

Bevor im September der mit Spannung erwartete (aber derzeit unbeobachtbare) C/2012 S1 (ISON) am Morgenhimmel auftauchen wird (vgl. Kasten), können Kometenfreunde einige schwächere Kometen beobachten. Besonders die mondlosen Nächte zu Monatsbeginn sollten dafür genutzt werden. Teleskopisch können noch die beiden hellen Frühjahrskometen PANSTARRS und Lemmon am Nordhimmel aufgefunden werden.

◀ Abb. 1: Komet C/2012 F6 (Lemmon) mit seinem ausgeprägten Plasmaschweif am 5.2.2013. CCD-Aufnahme, 22:06 MEZ, 4,2"-Refraktor bei 530mm, SBIG STL-11000M, Sternfeld 5min (je RGB), Komet 6×5min (je RGB). Bildbearbeitung mit Maxim DL5, Photoshop. Aufnahmeort: Somerset West, Südafrika. Dieter Willasch

INTERAKTIV



Senden Sie uns Ihre Fotos, Zeichnungen und Beschreibungen! Alle Ergebnisse werden auf kometenaktuell.de, eine Auswahl im Heft veröffentlicht!

☞ www.interstellarum.de/aktuelleereignisse.asp

Die beiden Schweifsterne sind inzwischen stark verblasst – ihre Helligkeit dürfte nur noch im Bereich von 9^m bis 10^m liegen.

C/2011 L4 (PANSTARRS) – ein bebildeter Rückblick auf Seite 32 – ist nach wie vor zirkumpolar und kann während der kurzen Juni-Nächte in kleineren und mittleren Teleskopen verfolgt werden. Nach seiner Polpassage Ende Mai führt ihn seine Bahn nun in südlicher Richtung durch das Sternbild Kleiner Bär. Anfang Juli erreicht der etwa 10^m helle Komet das Sternbild Drache, Ende Juli wechselt er in den

PRAXISTIPP

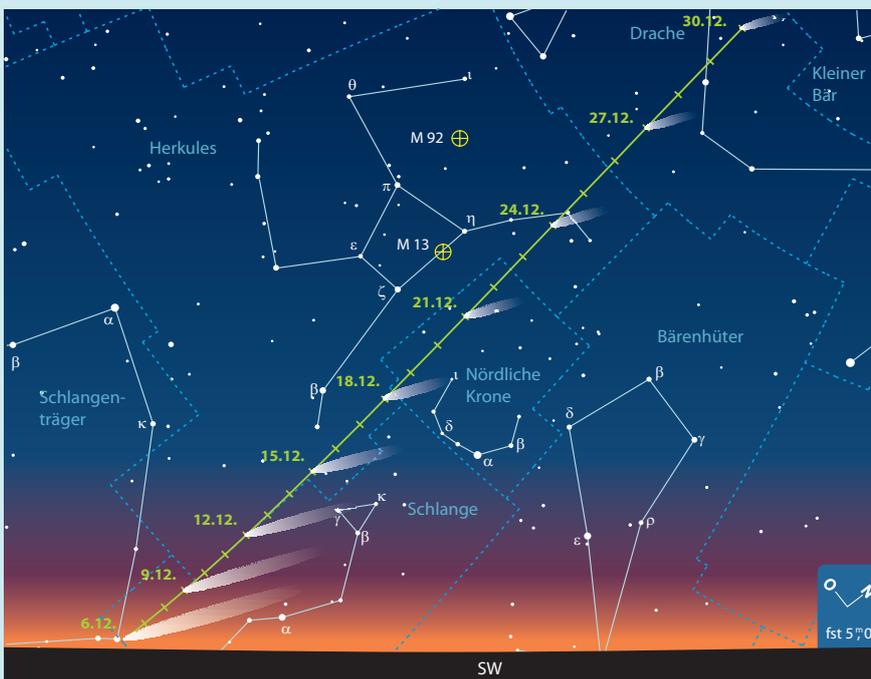
ISON: ein Großer Komet im November/Dezember?

Seit Hale-Bopp 1997 warten mitteleuropäische Sternfreunde auf einen hellen beeindruckenden Kometen. McNaught bot 2007 nur am Südhimmel ein großes Schauspiel und PANSTARRS enttäuschte die Erwartungen weitgehend (vgl. S. 32). Im Herbst könnte das Warten aber ein Ende haben mit der Erscheinung von Komet ISON.

C/2012 S1 (ISON) wurde am 21. September 2012 durch Vitali Nevski und Artyom Novichonok am ISON-Observatorium nahe Kislowodsk (Russland) entdeckt. Mit dem 400mm-Teleskop der Sternwarte machten die beiden Amateure Aufnahmen im Bereich der Sternbilder Zwillinge und Krebs. Ein sich langsam bewegendes Objekt der Helligkeit

18^m wurde im Sternbild Krebs entdeckt und an das Minor Planet Center (MPC) gemeldet. Da die kometare Natur erst einen Tag später festgestellt wurde, kam es zur Namensgebung nach dem Observatorium, sonst wäre der Komet »Nevski-Novichonok« getauft worden.

Am 23. September, noch vor der offiziellen Bekanntgabe der Entdeckung, gab es Bahnrechnungen von M. Meyer, die auf einen Sonnenstreifer hindeuteten. Eine Periheldistanz zwischen 0,01AE und 0,03AE und ein Perihel zwischen Oktober und November ließen auf einen spektakulären Kometen hoffen. Mit Hilfe von Vorentdeckungsaufnahmen vom 28. Dezember 2011 konnte am 24. September 2012 bereits eine sehr genaue offizielle Bahn mit einem Perihel am 28. November 2013 in 0,012AE Abstand bekannt gegeben werden. Die Bahn hat gewisse Ähnlichkeiten mit jener von C/1680 V1 (Kirch), dem Großen Kometen von 1680. Da es nur sehr wenige Kometen dieser Art gibt, welche bei einer Periheldistanz von weniger als 0,05AE nicht zur Kreutz-Familie gehören, wird eine Verbindung in irgendeiner Form vermutet.



◀ Aufsuchkarte für C/2012 S1 (ISON) im Dezember 2013 am Abendhimmel.

Bärenhüter, wo er langsam aus der Reichweite von Amateurteleskopen verschwinden wird.

Auch **C/2012 F6 (Lemmon)** ist zirkumpolar und könnte Anfang Juni noch etwa 9^m hell sein. Er wandert in nördlicher Richtung durch das Sternbild Andromeda und ist im ersten Monatsdrittel unweit der Andromeda-Galaxie M 31 zu finden. Abzuwarten bleibt, ob noch Reste seines zu Jahresbeginn ausgeprägten Plasmawehrs erkennbar sein werden. Zu Sommerbeginn erreicht Komet Lemmon das Sternbild Kassiopeia, wo er bis Mitte Juli das Milchstraßenband durchqueren wird. Im Sternbild Kepheus endet dann bei einer Helligkeit von etwa 12^m auch die Sichtbarkeit dieses Kometen für Amateure.

Diesen Sommer bietet sich auch die vorübergehend letzte Gelegenheit, den für seine Ausbrüche bekannten **29P/Schwassmann-Wachmann** unter guten Bedingungen aufzusuchen. Er erreicht zukünftig immer südlichere Abschnitte seiner Bahn. In den kommenden Jahren wird er bei einer Deklination zwischen -25°

und -30° in Waage, Skorpion und Schütze sehr tief stehen. Erst 2017 erreicht er dann wieder im Sternbild Steinbock größere Horizonthöhen.

Die Helligkeit dieses interessanten Kometen sinkt zwischenzeitlich auf 13^m bis 15^m ab, während der etwa alle 50 Tage auftretenden Ausbrüche erreicht er aber meist etwa 10^m bis 11^m. Eine Überwachung – fotografisch oder visuell – ist für entsprechend ausgerüstete Amateure sehr zu empfehlen. Zu finden ist dieser ungewöhnliche Komet am südlichen Rand des Sternbildes Jungfrau.

► Burkhard Leitner

SURFTIPPS

C/2011 L4 (PANSTARRS)
bei Cometography:

☞ www.cometography.com/lcomets/2011l4.html

C/2012 F6 (Lemmon)
bei Kometeninfo:

☞ www.kometen.info/2012f6.htm

29P bei Seiichi Yoshida:

☞ www.aerith.net/comet/catalog/0029P/2019.html

Kometen im Juni/Juli 2013

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	Helligkeit
C/2011 L4 (PANSTARRS)	6.6.2011	10.3.2013 (0,30AE)	5.3.2013 (1,09AE)	März bis August 2013	9 ^m bis 12 ^m
C/2012 F6 (Lemmon)	23.3.2012	24.3.2013 (0,73AE)	5.2.2013 (0,98AE)	Mai bis August 2013	9 ^m bis 12 ^m
29P/Schwassmann-Wachmann	15.11.1927	15.4.2019 (5,74AE)	8.10.2019 (4,76AE)	Mai bis August 2013	Ausbrüche bis 10 ^m

Der Komet blieb den ganzen Herbst und Winter 2012 beobachtbar, am 22. November gab es die erste visuelle Sichtung bei einer Helligkeit von 16^m.5. Mitte Dezember wechselte er in das Sternbild Zwillinge, wo er sich bis Ende Juli 2013 aufhalten wird. Von Juni bis August wird der Komet nicht beobachtbar sein, da er zu sonnennah steht. Im September, wenn C/2012 S1 am Morgenhimmel wieder beobachtbar wird, könnte die Helligkeit bereits zwischen 10^m und 11^m betragen.

Ende September wechselt der Schweifstern vom Sternbild Krebs ins Sternbild Löwe, der Winkelabstand zur Sonne beträgt dann wieder über 50° und die interessante Beobachtungsphase wird eingeläutet. Anfang Oktober steht der nun rasch heller werdende Komet ganz in der Nähe des Planeten Mars, den er den ganzen Monat über begleiten wird. Zur Monatsmitte findet man den nun etwa 8^m hellen Kometen unweit von Mars und Regulus am östlichen Morgenhimmel. Ab 6. November ist ISON im Sternbild Jungfrau angelangt und könnte mittlerweile mit bloßem Auge sichtbar sein. Die Entfernung zur Erde sinkt nun auf unter 1AE und die Bewegung am Himmel wird zunehmend rascher.

Am 18. November passiert der etwa 2^m.5 helle Komet den Hauptstern der Jungfrau,

Spika. Der Abstand wird dabei nur 20' betragen, die Koma wird den Stern sogar bedecken. Am 22. November erreicht der ca. 1^m.0 helle Komet das Sternbild Waage. Am Morgen des 23. und 24. begegnet er noch den Planeten Merkur und Saturn, danach endet die Morgensichtbarkeit. Sollte die Helligkeit den Prognosen entsprechen, wird Komet ISON aber weiterhin auch rund um das Perihel am Taghimmel beobachtbar bleiben: Die maximale Helligkeit könnte am 28. November zwischen -6^m und -10^m erreichen und der Komet wird in nur 2° Abstand an der Sonnenscheibe vorbeiziehen. Durch den Effekt der Vorwärts-Streuung könnte die Helligkeit sogar auf etwa -12^m ansteigen!

Ab dem 29. November ist der Komet nördlich der Sonne und kann wahrscheinlich weiterhin am Taghimmel gesichtet werden. Der Schweifstern wandert jetzt direkt in Richtung Norden und der zu erwartende extrem lange Schweif wird ebenfalls in diese Richtung weisen. Der Winkelabstand und auch die tatsächliche Entfernung zur Sonne vergrößern sich nun, während die Entfernung zur Erde abnimmt. Anfang Dezember sollte der Komet bald nach Sonnenuntergang eine spektakuläre Erscheinung am abendlichen Südwest-Horizont sein. Am 4. Dezember

wechselt er vom Sternbild Skorpion kommend in den Schlangenträger, die Helligkeit könnte dann noch immer im negativen Magnitudenbereich liegen.

Zwischen 10. und 18. Dezember wandert Komet ISON entlang der Grenzen der Sternbilder Schlange und Herkules nach Norden. Zu Weihnachten wird C/2012 S1 im Sternbild Herkules zirkumpolar und sollte bei einer Helligkeit von rund +3^m nach wie vor ein prächtiges Objekt darstellen. Bis zum Jahresende durchquert er noch das Sternbild Drache und wird zu Jahresbeginn 2014 nahe des nördlichen Himmelspols die Phase der Freisichtigkeit beenden. Im Januar kann der zunehmend schwächer werdende Schweifstern noch im Fernglas in den Sternbildern Kepheus und Giraffe verfolgt werden. Anfang Februar erreicht er den Perseus und Anfang März den Fuhrmann, wo er schließlich im April langsam außer Sichtweite geraten wird.

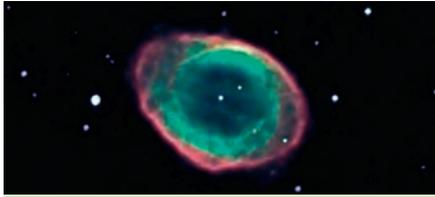
Komet C/2012 S1 hat durchaus die Voraussetzungen, der hellste Komet seit Menschengedenken zu werden. Dazu müsste er heller als C/1965 S1 (Ikeya-Seki) werden, der im November 1965 auf -10^m geschätzt wurde. Wir werden Sie an dieser Stelle, im interstellarum-Newsletter und über unseren Twitter-Dienst auf dem Laufenden halten.

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

Objekte der Saison

Beobachtungsempfehlungen für Juni/Juli 2013

Himmel



für Einsteiger
M57 (PN)



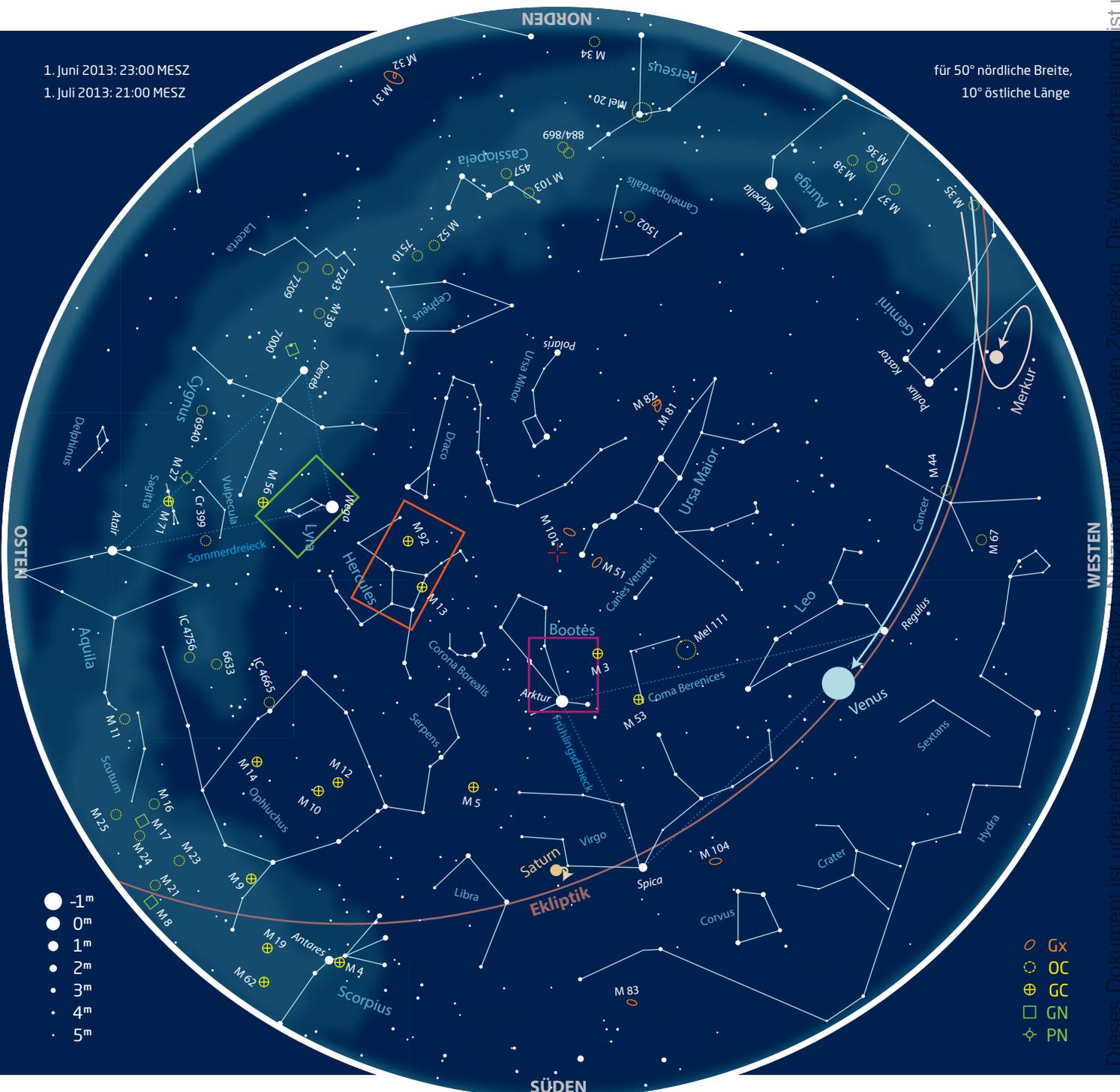
für Stadtbeobachter
M92 (GC)



für Landbeobachter
NGC 5466 (GC)

1. Juni 2013: 23:00 MESZ
1. Juli 2013: 21:00 MESZ

für 50° nördliche Breite,
10° östliche Länge



- -1^m
- 0^m
- 1^m
- 2^m
- 3^m
- 4^m
- 5^m

- Gx
- OC
- ⊕ GC
- GN
- ◇ PN

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

Objekt der Saison für Einsteiger M57

M57, der berühmte Ringnebel, steht weit oben auf der Beobachtungsliste des beginnenden visuellen Beobachters. Die vielfach gezeigten bunten Bilder des Nebels in Büchern und im Internet sind faszinierend und versprechen spannende Eindrücke im Teleskop. Doch der Beobachtungsalltag ist meistens grau, denn anders als auf der Fotografie zeigt sich M57 im kleineren Teleskop lediglich als nebliger grauer – allerdings faszinierender – Rauchring. Trotzdem ist eine Beobachtung nicht trist, denn hinter dem schwachen Abbild steckt eine Menge spannender Astrophysik.

Entdeckt wurde der Planetarische Nebel von dem französischen Astronomen Antoine Darquier de Pellepoix, der auch maßgeblich zur Namensgebung dieser Objektklasse beitrug [1]. Er beschrieb den Nebel im Januar 1779 als »sehr matt, aber perfekt begrenzt; er ist so groß wie Jupiter und ähnelt einem verlöschenden Planeten«. Tatsächlich ist der Nebel die abgestoßene Hülle eines ursprünglich sonnenähnlichen Sterns. Nach dem Verbrauch ihres Brennstoffs nach etwa 10 Milliarden Jahren blähen sich diese Sterne um ein Vielfaches ihres ursprünglichen Durchmessers auf und werden zu sog. Roten Riesen wie z.B. Arktur im Sternbild Bärenhüter. Die äußerste Schicht dieser Giganten wird im Laufe der weiteren Entwicklung abgestoßen, während der Kern des Sterns sich zu einem etwa erdgroßen Weißen Zwerg entwickelt, der allmählich erkaltet und schließlich erlischt. Nach der Entstehung ist der Weiße Zwerg aber noch ein



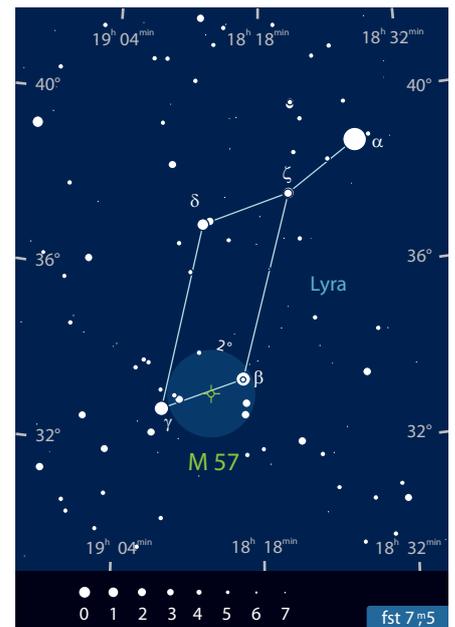
sehr heißes Objekt, im Fall von M57 besitzt der Zentralstern eine Oberflächentemperatur von ca. 100000°C und eine Leuchtkraft, die derjenigen der Sonne entspricht. Angeregt durch die starke ultraviolette Strahlung des Sterns, leuchtet die vorher abgestoßene Hülle schließlich im sichtbaren Licht auf: Ein Planetarischer Nebel zeigt sich. Bei M57 war das vor 10000 bis 20000 Jahren der Fall, und auch unsere eigene Sonne wird in ca. 5 Milliarden Jahren diese Entwicklung durchlaufen.

Mit einer scheinbaren Größe von $1,4' \times 1'$ und einer Helligkeit von $8^m,8$ kann der Planetarische Nebel bereits mit einem Teleskop von 60mm auch in Stadtnähe oder bei Mondlicht als kleines Nebelscheibchen gesehen werden. Dafür ist eine Vergrößerung von mindestens 30x erforderlich. Die typische Ringstruktur von M57 bleibt bei dieser Vergrößerung allerdings verborgen. Diese ist ansatzweise bei 60x zu erkennen und kommt bei 100x deutlich zum Vorschein. Für das Auffinden des Nebels eignen sich γ oder β Lyrae. Am besten, man beginnt bei einem der beiden Sterne und fährt langsam mit dem Teleskop bei möglichst niedriger Vergrößerung die Verbindungslinie ab und achtet auf einen leicht unscharfen »Stern«, der sich nicht richtig fokussieren lässt.

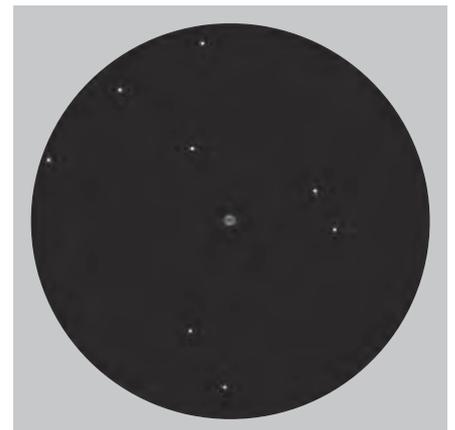
Mit der Vorstellung der Entstehungsgeschichte von M57 im Hinterkopf ist die Sichtung des kleinen Rauchrings noch einmal doppelt so spannend.

► Lambert Spix

▲ Abb. 1: Für Fotografen ist es reizvoll, die ästhetischen Farben des Planetarischen Nebels herauszuarbeiten. Sebastian Voltmer



▼ Abb. 2: M57 im Teleskop mit 60mm Öffnung, Vergrößerung 60x, Gesichtsfeld: 1°. Lambert Spix



PRAXISTIPP

Fernglastipp: M57

Der Planetarische Nebel ist auch im kleinen Kompakt-Fernglas mit 30mm Öffnung erfolgreich zu sichten. Da bei dieser Vergrößerung M57 nur wie ein 9^m -Stern erscheint, sind dazu ein dunkler Himmel und eine Sternkarte erforderlich, ohne die eine Identifikation des richtigen »Sterns« nur schwer gelingen wird. Nach dem erstmaligen Auffinden ist der Ringnebel später aber relativ einfach – etwa in der Mitte der beiden südlichen Ecksterne des Leierparallelogramms – wiederzuerkennen.

[1] Steinicke, W.: Historic NGC/IC: www.klima-luft.de/steinicke/ngcic/Expl_Hist_NGCIC.htm (2013)

Objekt der Saison für Stadtbeobachter M92



▲ Auf lang belichteten Aufnahmen kommt die volle Pracht des Kugelsternhaufens M 92 zum Vorschein. *Johannes Schedler*

Das weitläufige Sternbild des Herkules zeigt sich im Zenit des früh-sommerlichen Stadthimmels vor allem in Form des zentralen Trapezes und ist bekannt für seine Kugelsternhaufen. So gilt etwa M 13, der sog. »Herkules-Haufen«, neben M 3 in den Jagdhunden als einer der Schönsten seiner Art. M 92 führt dagegen in der Liste gern besuchter Deep-Sky-Objekte eher ein Schattendasein und dies, obwohl er nur rund 8° nordöstlich von M 13 entfernt ist. Mit einer scheinbaren Helligkeit von 6^m5 und einer Größe von 14' ist M 92 jedoch deutlich schwächer und kleiner als der berühmte Nachbar. M 92 ist 26000Lj von der Sonne entfernt und besitzt 400000 Sonnenmassen, wozu vor allem Weiße Zwerge und Neutronensterne beitragen. In astrophysikalischer Hinsicht interessant ist die Tatsache, dass es sich bei M 92 um einen metallarmen Kugelsternhaufen handelt, dessen Alter auf der Grundlage gegenwärtiger Sternentwicklungsforschung auf ca. 14 Mrd. Jahre geschätzt wird [1].

Viele Wege führen zu M 92. Der bequemste beginnt bei π Herculi, dem nordöstlichen Eckstern des Trapezes. π Her bildet im Sucher mit ρ Her (4^m6) und ρ Her (4^m5) ein auffälliges Dreieck. Von dieser Sterngruppe um π Her, die bei einer Vergrößerung von 15× noch gut ins Sichtfeld passt, geht es dann rund 6° nach Norden, bis M 92 als ein recht heller Lichtpunkt auftaucht, der bei genauem Hinschauen und exakter Fokussierung als

verwaschenes Fleckchen erscheint: M 92 ist identifiziert und es erstaunt den Beobachter, dass dieses Knötchen eine tatsächliche Ausdehnung von 108Lj hat [2].

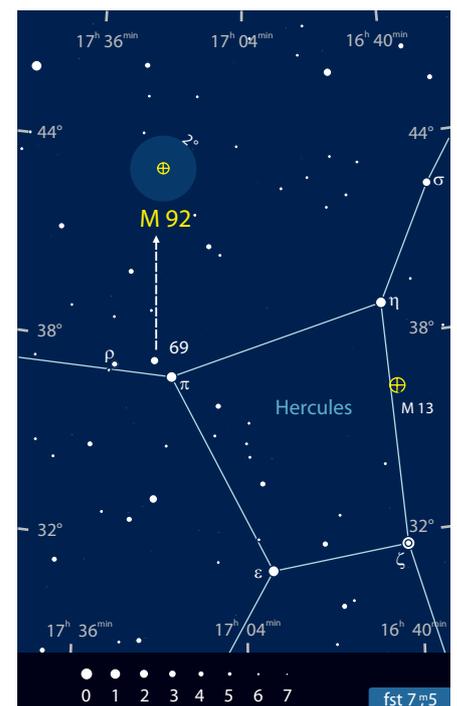
Bei höherer Vergrößerung gewinnt dann M 92 langsam an Fläche und nimmt eine scheibchenförmige Gestalt an. Dabei ist der Kern des Kugelhaufens ausgesprochen hell und steht damit in starkem Kontrast zu einem weit schwächeren Halo, was M 92 ein fast »kometenhaftes« Aussehen verleiht. Einen ganz ähnlichen Eindruck muss wohl vor 232 Jahren Charles Messier gehabt haben, als er zu der Nummer 92 seines Katalogs notierte: »Auffälliger, schöner Nebel von großer Helligkeit... Er enthält keinen Stern; das Zentrum ist hell und leuchtend, von Nebel umgeben & ähnelt dem Kern eines großen Kometen...«. Entdeckt wurde M 92 allerdings gut drei Jahre zuvor, am 27. Dezember 1777 von Johann Elert Bode, der den Kugelsternhaufen von Berlin aus beobachtet hatte.

Wie bei jedem Kugelsternhaufen am Stadthimmel stellt sich die spannende Frage, ob das gelingt, was Messier versagt blieb: Lässt sich das kometenhafte Nebelscheibchen so auflösen, dass eine Granulation der Mitgliedersterne erkennbar wird? Mit einem 80mm-Refraktor ist dies dem Verfasser auch bei sehr guten Sichtverhältnissen in der Stadt nicht, zumindest nicht in befriedigender Weise, gelungen. Mit einem 120mm-Refraktor erschien M 92 bei 112,5× deutlich größer

und zugleich unschärfer, wobei hin und wieder Einzelsterne im Halo als Lichtblitze auftauchten. Das beste Bild ergab schließlich der Blick durch ein 200mm-Spiegelteleskop. Bei recht guten Stadt-Bedingungen (SQM: 19^m2/□") deutete sich bei 125× eine leichte Granulation an, die bei 250× deutlicher wurde. Erforderlich waren dann aber ein geduldiges längeres Hinsehen und stetiges Nachfokussieren. M 92 ist damit für den Stadtbeobachter eine veritable Herausforderung für laue Frühsommernächte, aber auch ein überaus lohnendes Objekt.

► Karl-Peter Julius

- [1] Stoyan, R.: Atlas der Messier-Objekte, Glanzlichter des Deep Sky, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
 [2] Koch, B., Korth, S.: Die Messier-Objekte, Kosmos-Verlag, Stuttgart (2010)



INTERAKTIV



Senden Sie uns Ihre Beobachtungen - Fotos, Zeichnungen und Beschreibungen zu den drei Objekten der Saison! Alle Ergebnisse werden auf interstellarum.de, eine Auswahl im Heft veröffentlicht! Nutzen Sie den direkten Upload:

🔗 www.interstellarum.de/ods.asp

Objekt der Saison für Landbeobachter NGC 5466

Das Sternbild Bärenhüter (lat.: Bootes) zählt zu den klassischen Konstellationen des Nordhimmels. Sein Hauptstern – der orange leuchtende Arktur – ist der hellste Stern des Nordhimmels und somit ein markanter Fixpunkt am Frühlingshimmel. Der Bärenhüter dehnt sich auf einer Fläche von über 900 Quadratgrad aus und belegt somit Platz 13 in der Rangliste der größten Sternbilder. Trotz seiner Ausdehnung finden sich nur wenige hellere Deep-Sky-Objekte in Bootes. Das hellste Objekt ist der 9^m2 helle Kugelsternhaufen NGC 5466 mit einem scheinbaren Durchmesser von 9'.

Die Entdeckung des Kugelsternhaufens gelang Wilhelm Herschel in der Nacht des 17. Mai 1784 zusammen mit den zwei ebenfalls in Bootes angesiedelten Galaxien NGC 5635 und NGC 5735 [1]. Herschel beschrieb das Objekt nach der Beobachtung im 18,7"-Teleskop als Haufen sehr schwacher und komprimierter Sterne, von denen zahlreiche vor einem nebligen Hintergrund aus unaufgelösten Sternen erkennbar sind. Reverend T. W. Webb bezeichnet NGC 5466 Ende des 19. Jahrhunderts als schwache weiße Wolke mit einem Durchmesser von 5' – 6'. Während das Objekt im ersten NGC-Katalog noch als Sternhaufen bezeichnet wurde, erschloss sich dessen wahre Natur mit den ersten fotografischen Aufnahmen deutlich. 1915 charakterisierte P. J. Melotte NGC 5466 nach Analyse der »Franklin-Adams-Charts«, einem frühen fotografischen Himmelsatlas, erstmals als Kugelsternhaufen.

Aus astrophysikalischer Sicht handelt es sich bei NGC 5466 um einen entfernten und relativ massearmen Kugelsternhaufen. Er ist einer der Prototypen der Shapley-Sawyer Konzentrationsklasse XII. Diese beinhaltet nur Kugelsternhaufen mit nahezu fehlender zentraler Konzentration. NGC 5466 befindet sich in einer Entfernung von etwa 52000Lj [2]. Der Abstand zum galaktischen Zentrum beträgt momentan etwa 49500Lj, jedoch führt seine Umlaufbahn den Haufen sehr exzentrisch bis in eine Entfernung von 130000Lj hinaus. Vor etwa 50 Millionen Jahren kreuzte der Kugelsternhaufen in einer Entfernung von nur 26000Lj zum Milchstraßenzentrum die galaktische Scheibe. Aufgrund der einwirkenden Gravitationskräfte hat NGC 5466 bei diesem Vorgang wahrscheinlich einen Teil seiner Sterne verloren [3]. Mithilfe des Sloan Digital Sky Survey konnte ein Gezeitenschweif aus herausgerissenen Sternen identifiziert werden, der sich über 45° am Himmel erstreckt. Trotz

dieses Masseverlusts besitzt der Sternhaufen momentan noch etwa 50000 Sonnenmassen. Da Kugelsternhaufen zu den ältesten Objekten im Universum zählen und alle Sterne des Haufens etwa zur gleichen Zeit entstanden, erwartet man in solchen Objekten auch eher alte Sternpopulationen. Harris et al. [5] entdeckten in NGC 5466 jedoch neun sogenannte »Blaue Nachzügler« (blue stragglers). Hierbei handelt es sich um leuchtkräftige, blaue Sterne – also Objekte, die scheinbar erst vor kurzer Zeit entstanden sind. Des Rätsels Lösung ist der Massentransfer in einem engen, aber bereits alten Doppelsternsystem. Hierbei fließt vom massereichen Stern des Systems soviel Masse zum Begleiter, dass dieser im Hertzsprung-Russell-Diagramm nicht mehr der klassischen Entwicklung von der Hauptreihe zum Riesenast folgt.

NGC 5466 befindet sich im westlichen Bereich des Sternbildes Bärenhüter an der Grenze zum Sternbild Jagdhunde. Als Ausgangspunkt zum Aufsuchen eignet sich sowohl das Starhopping über Arktur und 12 Bootis als auch der Schwenk vom nur 5° entfernten Kugelsternhaufen M 3, der fast auf der gleichen Deklination liegt. Anders als klassische Kugelsternhaufen weist NGC 5466 eine sehr geringe Flächenhelligkeit auf und reagiert äußerst empfindlich auf jegliche Art von Lichtverschmutzung. Unter dunklem Landhimmel ist der Kugelsternhaufen hingegen schon im Sucher oder Fernglas als kleines blasses Wölkchen erkennbar. In kleinen Teleskopen erinnert NGC 5466 eher an eine Galaxie. Er bleibt diffus und zeigt nur eine schwache zentrale Aufhellung. Mit 8" Öffnung erwacht das Objekt zum Leben und mit indirekter Sicht blitzen schon einige schwache Sterne aus der körnigen Nebelmasse. In größeren Teleskopen ist der Haufen ein visueller Leckerbissen mit zahlreichen aufgelösten Sternen. Die asymmetrische und fast schon zerrissene Erscheinung

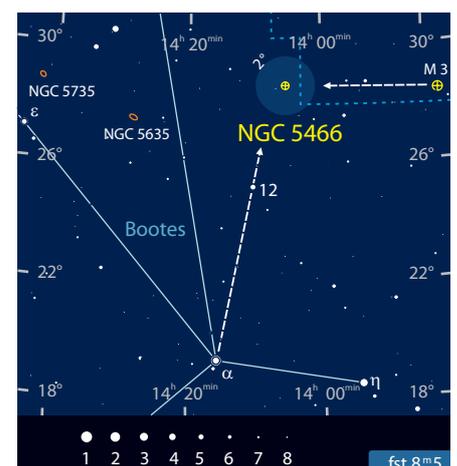


▲ NGC 5466 ist ein entfernter Kugelsternhaufen mit schwacher, zentraler Konzentration. Stefan Heutz, Wolfgang Ries, Michael Breite

verdeutlicht die auf den Haufen einwirkenden Kräfte. Aufgrund des relativ blassen Zentrums können Fotografen tiefe Aufnahmen gewinnen, ohne das Zentrum zu überbelichten. Auch Aufnahmen mit Teleobjektiven zur gleichzeitigen Abbildung mit M 3 bieten sich an.

► Matthias Juchert

- [1] Steinicke, W.: Historic NGC/IC: www.klima-luft.de/steinicke/ngcic/Expl_Hist_NGCIC.htm (2013)
- [2] Fellhauer, M. et al.: The tidal tails of NGC 5466, MNRAS 380, 749 (2007)
- [3] Odenkirchen, M.; Grebel, E. K.: The Tidal Perturbation of the Low Mass Globular Cluster NGC 5466, Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. 327, 284 (2004)
- [4] Harris, H. C. et al.: Variable blue straggler stars in NGC 5466, Astron. Soc. Pac. Conf. 11, 90 (1990)



Der März-Komet 2013

PANSTARRS im Bild

von Burkhard Leitner

SURFTIPPS

Alle Leserbilder:

www.kometenaktuell.de

Flugbericht:

skyweek.wordpress.com/2013/03/17/panstarrs-naher-per-flugzeug-so-wars-da-oben/

▲ Abb. 1: **Weniger hell als erhofft:** Am 12. März war der Komet erstmals in der Abenddämmerung zusammen mit der jungen Mondsichel zu sehen. Digitalfoto, 200mm-Teleobjektiv bei f/4,5, Canon EOS 60D, ISO 800. *Maciej Libert*

Sternfreunde allerorten hofften auf einen hellen Schweifstern, doch der Komet C/2011 L4 (PANSTARRS) hielt sich leider weitgehend an die zuletzt negativen Prognosen und eine positive Überraschung blieb aus. Seine Erscheinung im März glich ein wenig der von McNaught im Jahr 2007 – allerdings nicht was die Helligkeit betraf, sondern eher die schwierigen Beobachtungsbedingungen tief über dem westlichen Horizont.

Das Helligkeitsmaximum erreichte der Komet pünktlich zum Perihel am 10. März mit etwa $+1^m,5$. Zu diesem Zeitpunkt gelangen auch vereinzelt erste Beobachtungen von Mitteleuropa aus. Gutes Wetter erlaubte dann am 12. März zahlreiche Sichtungen und Fotos. Mit dem bloßen Auge erschien der Komet sternförmig, war aber nur schwierig zu erkennen. Im Fernglas bot sich ein besseres Bild des am hellen Dämmerungshimmel stehenden Schweifsterns. Die nahe stehende Mondsichel konnte am 12. März und auch am folgenden Abend als Aufsuchhilfe und als stimmungsvolles Fotomotiv genutzt werden. Bei wechselhaften

Wetterbedingungen wurden rund um die Monatsmitte vor allem aus Deutschland viele erfolgreiche Kometenbeobachtungen gemeldet. Der Komet war dabei etwa $2^m,0$ hell.

Ab dem 20. störte weniger der zunehmende Mond als vielmehr der häufig bedeckte Himmel die Bemühungen der Sternfreunde. Nach dem Vollmond am 27. wurde PANSTARRS auch am Morgenhimmel sichtbar, die Helligkeit hatte aber inzwischen beträchtlich nachgelassen und betrug zum Monatsende nur noch etwa $3^m,5$. Zum Highlight dieses insgesamt etwas enttäuschenden Kometen wurde dann die Begegnung mit der Andromeda-Galaxie Anfang April.

ERLEBNIS

Kometenjagd in 12500m Höhe



▲ PANSTARRS aus dem Flugzeugfenster, fotografiert während des ersten Flugabschnitts. *Frank Gasparini*

Die Vermutung, dass über den Wolken die Freiheit grenzenlos ist, wird sicher keine durchgängige Zustimmung finden.



▲ Abb. 2: Auch am 13. März ließ sich der Komet zusammen mit dem Mond abbilden. Digitalfoto, 200mm, Canon EOS 6D, 10x1s. *Waldemar Skorupa*



► Abb. 3 (oben rechts): PANSTARRS am 14. März – nach wie vor am hellen Dämmerungshimmel. Digitalfoto, 3,5"-Refraktor bei 498mm, Canon EOS 6D, 5x4s. *Norbert Mrozek*



▲ Abb. 4: Mit etwas längerer Brennweite ließ sich der relativ kleine Komet am 15. März auch formatfüllend abbilden. Digitalfoto, 8"-Newton bei 780mm, Canon EOS 40D, ISO 800. *Claudia und Thomas Winterer*

Mit Sicherheit ist dort aber die Sicht auf das Firmament nicht getrübt durch Wolken, Dunst und Staub, die häufig astronomische Beobachtungen erschweren oder gar komplett vereiteln: Grund genug für knapp 60 Passagiere, sich am 16.3.2013 am Flughafen Köln-Bonn einzufinden, um an dem von Organisator Stefan Krause von Eclipse-Reisen.de angebotenen »Kometenflug« teilzunehmen und einen freien Blick auf Komet PANSTARRS zu erhaschen. Gestärkt von einem reichhaltigen Buffet und nach Instruktionen durch den Veranstalter über den Flugverlauf, traten die Passagiere um 19:22 Uhr in der Boeing 737-700 ihre Reise zum Kometen an. In steilem Steigflug erreichte der Pilot schon bald die maximal mögliche Flughöhe von 12500m. Innerhalb von zwei Stunden

Gesamtflugzeit wurde über Deutschland ein Zick-Zack-Kurs geflogen, so dass von jeder Seite der Maschine für jeweils ca. zweimal 15 Minuten die Möglichkeit bestand den Kometen zu beobachten. Während der ersten Transekte stand der Komet auf der linken Seite in der schwindenden nautischen Dämmerung und war mit dem bloßen Auge als diffuses Sternchen zu erkennen, im Fernglas zeigten sich bereits Schweifstrukturen. Die besten Bedingungen herrschten nach einer 180°-Wende während der zweiten Transekte: Dank der Flughöhe stand PANSTARRS bereits in einem tiefdunklen Bereich des Himmels, trotz der noch anhaltenden astronomischen Dämmerung. Der gekrümmte Staubschweif und die hellere innere Koma waren im Fernglas so gut

zu sehen wie auf den seinerzeit besten erdgebundenen Fotos.

Doch die Sichtbedingungen wurden durch den tiefer sinkenden Kometen rasch schlechter. Im dritten Flugabschnitt konnte man den Kometen schon langsam in einer Dunstschicht untergehen sehen, die sich tief unter dem Flugzeug am Horizont abzeichnete. Im vierten Abschnitt war er nicht mehr zu erkennen, da die besagte Dunstschicht durch das Licht der schmalen Mondsichel leicht aufgehellte war. Dass dieser außergewöhnliche Flug nicht nur bei Amateurastronomen auf lebhaftes Interesse stieß, zeigte sich an der Begleitung durch zwei Kamerateams und zahlreichen Medienberichten.

► Frank Gasparini



▲▼ Abb. 5: Der dicht über dem Horizont stehende Komet ließ sich gut mit interessanten Landschaften und Gebäuden kombinieren. Oben: 19. März, Digitalfoto, 19:54 MEZ, 300mm-Teleobjektiv bei f/2,8, Canon EOS 5DMk2, ISO 1600, 2s. *Franz-Peter Pauzenberger* Unten: 15. März, Digitalfoto, 260mm-Teleobjektiv bei f/5,6, Canon EOS 5D, ISO 400, 2×15s mit Nachführung, 8s ohne Nachführung. *Andreas Eisele*



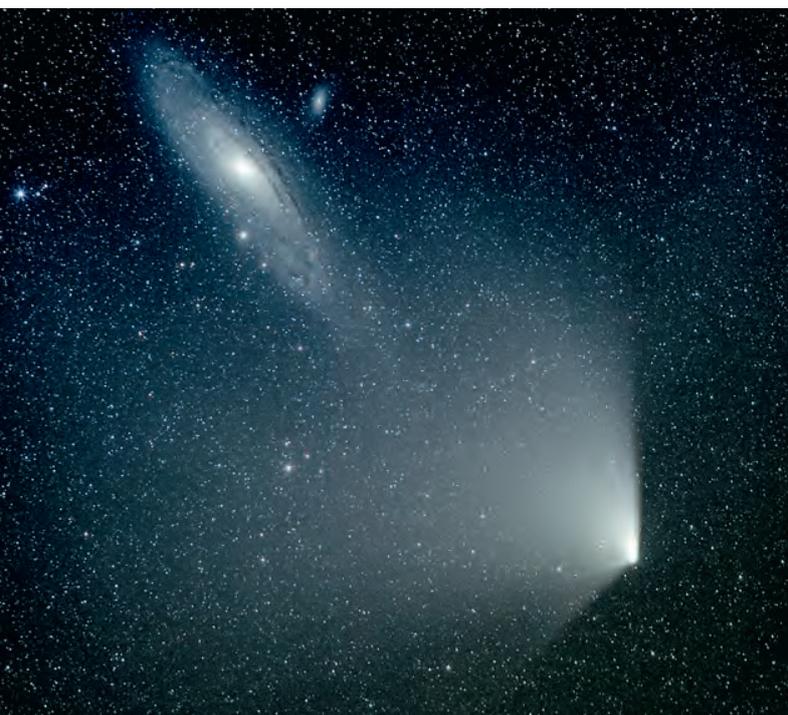
▲ Abb. 6: Auf dieser Detailaufnahme vom Morgen des 8. April erkennt man den extrem weit aufgefächerten Staubschweif. Der Strahl links unten besteht aus besonders großen Staubpartikeln. CCD-Aufnahme, 4:40 MESZ, 4"-Refraktor bei 540mm, FLI PL 16803, 300s (L), 80s (je RGB). *Gerald Rhemann*





▲▼ Abb. 7: Am 1. und 2. April ergab das Rendezvous mit der Andromeda-Galaxie ein spektakuläres Fotomotiv. Oben: CCD-Aufnahme, 200mm-Teleobjektiv bei f/3,5, SBIG STL11000M, 5×30s (L), 4×30s (R), 4×30s (G), 8×30s (B), LRGB-Filter. *Stefan Binnewies, Rainer Sparenberg* Unten: Digitalfoto, 200mm-Teleobjektiv bei f/4, Canon EOS 5D Mark2, ISO 800, 6×4min. *Thilo Schramm*

▼ Abb. 8: Diese Aufnahme vom 15. April zeigt den weit aufgefächerten Staubschweif mit einem markanten Staubstrahl links unten. CCD-Aufnahme, 4"-Refraktor bei 650mm, SBIG STL-11 000, 12×3min (L), 8×3min (je RGB), Astronomik-Filter. *Rudi Dobesberger*



Exoplaneten im Visier

Tipps und Tricks für den Nachweis ferner Planeten

von Ullrich Dittler

↖
HD 189733

S. Kohler

▲ Abb. 1: Planeten um ferne Sonnen sind nicht nur den professionellen Sternwarten vorbehalten. Schon mit kleinen Teleskopen lassen sich Exoplaneten nachweisen – wie etwa beim Stern HD189733 unweit des Hantelnebels.

Die systematische und professionelle Suche nach Planeten außerhalb unseres Sonnensystems hat inzwischen zur Entdeckung von rund 870 extrasolaren Planeten geführt (vgl. Artikel S. 12). Die Beobachtung von Exoplaneten ist jedoch nicht nur den großen Sternwarten vorbehalten: Schon mit durchschnittlichen Amateurlinienteleskopen kann die Existenz einiger Exoplaneten fotografisch nachgewiesen werden. Dieser Beitrag zeigt – in Ergänzung zur neuen Rubrik »Exoplaneten aktuell« (vgl. S. 10) – die notwendige Technik zum Nachweis von Exoplaneten auf.

Die Suche nach neuen Planeten treibt seit jeher Astronomen an. Die Verfügbarkeit von Teleskopen führte bis Ende der 1980er-Jahre zur Entdeckung bis dahin unbekannter weiterer Planeten, Zwergplaneten und Kleinplaneten unseres

Sonnensystems. Die Verfügbarkeit moderner CCD-Technik ermöglichte Mitte der 1990er-Jahre die Entdeckung von Planeten in anderen Sonnensystemen. Es waren die beiden Schweizer Wissenschaftler Michel Mayor und sein Mitarbeiter Didier Queloz

vom Departement für Astronomie der Universität Genf, denen es 1995 mittels Spektroskopie gelang, einen um den sonnenähnlichen Stern 51 Pegasi rotierenden Planeten mit der halben Größe Jupiters nachweisen. Kurz darauf konnten andere Wissenschaftler

das Vorhandensein und die gemessene Umlaufzeit des Planeten 51 Peg b von 4,2 Tagen um den Stern bestätigen – die Sensation der Astronomen war perfekt!

51 Peg ist nur der Anfang

Für ihre Entdeckung nutzten Mayor und Queloz das in Südfrankreich positionierte 1,93m-Teleskop des Observatoire de Haute Provence. In Anerkennung ihrer herausragenden Leistungen wurde für die Wissenschaftler anschließend das Leonhard-Euler-Teleskop in La Silla (Chile) gebaut. Seit 1998 ist dieses 1,2m-Teleskop einsatzbereit. Das auf rund 2400m Höhe positionierte Instrument wird seither erfolgreich zur Suche nach Exoplaneten eingesetzt – so gelang damit beispielsweise schon bald die Entdeckung eines Exoplaneten um Gliese 86 – der erste Fund mit diesem Teleskop.

Neben erdgebundenen Teleskopen werden bei der Suche nach Exoplaneten zunehmend auch Weltraumteleskope eingesetzt: Die wichtigsten und erfolgreichsten hierunter sind das von der NASA seit 2009 betriebene Weltraumteleskop Kepler und das von der französischen Weltraumagentur CNES betriebene Weltraumteleskop CoRoT. Kepler beobachtet im Rahmen seiner Suche nach Exoplaneten einen festen Ausschnitt mit rund 190000 Sternen im Sternbild Schwan – wobei die Suche sich vor allem auf Planeten in der Größe der Erde und Planeten in der sogenannten habitablen Zone (d.h. in einer Zone, in der man davon ausgeht, dass erdähnliche Temperaturen herrschen und daher Wasser auch in flüssiger Form vorkommen kann) fokussiert. Die Beobachtungen mit CoRoT hingegen mussten Ende 2012 aufgrund eines Computerdefekts vorläufig eingestellt werden. Bisher gelang es leider nicht, das Instrument wieder in Betrieb zu nehmen. (zur CoRoT-Mission allgemein: vgl. interstellarum 52, 82).

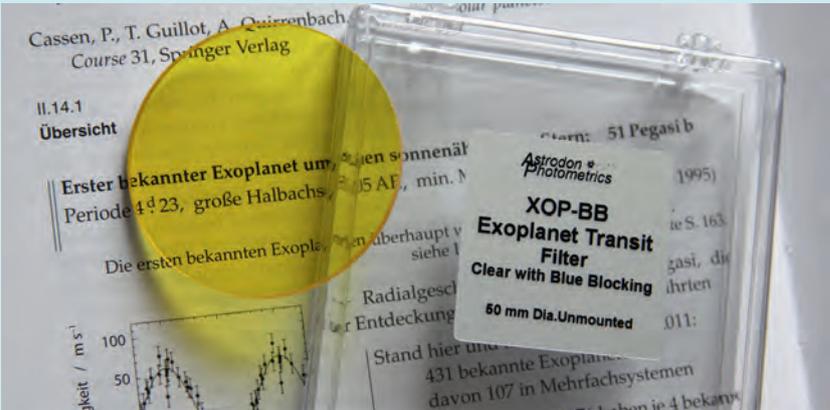
Typologie der Exoplaneten

Noch in diesem Jahr wird mit der Entdeckung des 1000. Exoplaneten gerechnet, wobei die Zahl der Neuentdeckungen in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat: Während in den ersten fünf Jahren nach der Entdeckung von 51 Peg b insgesamt nur vier Planeten gefunden wurden, waren es allein im vergangenen Jahr rund 150 Neuentdeckungen – und in den vergangenen fünf Jahren mehr als 570 neue Planeten.

Ebenso wenig wie sich die Planeten

PRAXISTIPP

Ausrüstung zur Exoplaneten-Beobachtung



▲ Ein nützliches Hilfsmittel kann ein Filter sein, das die besonders im blauen Spektralbereich störenden Effekte des Seeing unterdrückt, wie etwa das »Exoplanet Filter« der Firma Astrodon.

- Schmidt-Cassegrain-Teleskope mit 8" bis 14" Öffnung haben sich bewährt. Diese Teleskope bieten dadurch, dass sie oft in einer Gabelmontierung betrieben werden, einen besonderen Vorteil: Die Beobachtung eines Exoplanetentransits sollte bei möglichst hohem Stand des Sterns erfolgen und zieht sich meist über mehrere Stunden hin. Bei parallaktisch montierten Teleskopen wird daher oft ein Umschlagen notwendig, was mit einer Neuausrichtung des Teleskops, ggf. einer Neuausrichtung der Kamera und einem Neustart des Guiders verbunden ist. Dies ist nicht nur eine unschöne Unterbrechung, sondern führt in der Regel auch dazu, dass die Aufnahmedaten einiger Minuten während des Transits fehlen. Hier haben die in Gabelmontierungen auf einer Polhöhenwaage montierten SC-Teleskope den Vorteil, dass die Beobachtung des Transits nahtlos ohne Unterbrechung erfolgen kann.
- Die Größe der Öffnung des verwendeten Teleskops hat natürlich Einfluss auf die Anzahl der beobachtbaren Exoplaneten: Mit 8"-Optiken lassen sich gut Transits von bekannten Exoplaneten bei Sternen von ca. 12^m bis 14^m nachweisen (wobei die Beobachtung umso

leichter fällt, je größer die Helligkeitsschwankung ist, die der Transitplanet verursacht), lichtschwächere Sterne erfordern größere Teleskopöffnungen; wobei unter sehr guten Bedingungen auch schon Transite mit 60mm-Teleskopen oder gar mit Teleobjektiven beobachtet werden konnten (vgl. interstellarum 82).

- Ein Guiding des Teleskops während der Transitbeobachtung ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass der beobachtete Stern während der gesamten mehrstündigen Beobachtungszeit auf dem Chip gehalten wird.
- Als Kamera sollte eine 16-Bit-Astro-CCD-Kamera verwendet werden; vorteilhaft ist eine thermoelektrische Kühlung, um das Chiprauschen zu reduzieren. Bei der Größe des Aufnahmekchips ist darauf zu achten, dass im Bildfeld neben dem Transitstern noch weitere – etwa gleichhelle – Sterne abgebildet werden, da diese später bei der Bildauswertung als Referenzsterne benötigt werden. Bei der Kamerasteuerung kann auf zahlreiche Produkte zurückgegriffen werden – wichtig ist nur, dass die Kamera selbstständig Aufnahmeserien abarbeiten und nummeriert abspeichern kann.

unseres Sonnensystems gleichen, so wenig gleichen sich die Exoplaneten – die Klassifikation der extrasolaren Planeten orientiert sich daher auch an der Klassifikation der Planeten unseres Sonnensystems:

- Aktuell stehen die erdähnlichen Gesteinsplaneten (oder terrestrischen Exoplaneten) im Fokus des Interesses, da man sich auf diesen ähnliche Bedingungen wie auf der Erde erhofft und damit von guten

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

Bedingungen für die Entstehung von Leben ausgeht, zumindest dann, wenn terrestrische Exoplaneten sich in der habitablen Zone um einen Stern befinden. Gesteinsplaneten mit deutlichen größeren Massen als unsere Erde werden »Supererden« genannt.

- Der Gruppe der Gasplaneten, die beispielsweise Jupiter in unserem Sonnensystem ähneln, gehören zahlreiche der gefundenen extrasolaren Planeten an; dies liegt daran, dass sie aufgrund ihrer Größe leichter detektiert werden können. Gasplaneten, die mit kurzen Umlaufzeiten und geringem Abstand um ihren Stern kreisen, werden »Hot Jupiters« genannt – der von Mayor und Queloz entdeckte 51 Peg b gehört zu dieser Gruppe. Ebenfalls zu dieser Gruppe gehören die »Hot Neptuns«, Exoplaneten, die in Größe und Zusammensetzung eher an den Planeten Neptun unseres Sonnensystems erinnern.

Planeten vor ihren Sonnen ...

Durch die große Nähe der extrasolaren Planeten zu ihrem Stern ist eine direkte Beobachtung dieser meist unmöglich – die erste anerkannte direkte Beobachtung eines Exoplaneten gelang der ESO erst 2008 mit dem Very Large Telescope (VLT) in Chile: Auf zwei Aufnahmen war eine Bewegung des Exoplaneten Fomalhaut b auf der Keplerbahn um seinen Stern zu sehen. Nur wenig später gelang eine zweite direkte Aufnahme eines Exoplaneten: So konnten am Gemini North-Observatorium auf Hawaii und am Keck-Observatorium Planeten um den Stern HR 8799 im Sternbild Pegasus auf Infrarotaufnahmen abgebildet werden.

Bei den meisten Exoplaneten ist jedoch nur ein indirekter Existenznachweis möglich – hierfür eignen sich vor allem drei Methoden: die Transitmethode, der Nachweis durch die Messung der Radialgeschwindigkeit sowie der Nachweis durch Gravitationslinsenwirkung.

Die Transitmethode gewinnt in den letzten Jahren bei der Entdeckung von Exoplaneten zunehmend an Bedeutung. Das Prinzip ist recht einfach: Zieht ein Exoplanet aus Sicht der Erde vor seinem Stern vorbei, so ist – ähnlich wie beim Durchzug der Venus vor der Sonne im vergangenen Jahr – eine Bedeckung zu beobachten, die dazu führt, dass die Helligkeit des Sterns scheinbar abnimmt. Die Weltraumteleskope Kepler und CoRoT beobachten daher zahlreiche Sterne und messen regelmäßig deren Helligkeit, um durch die Transitmethode neue Exoplaneten aufzuspüren; eine systematische Schwankung in der gemessenen Helligkeit eines Sterns kann auf den Transit eines Exoplaneten hinweisen.

... oder neben ihnen

Sollte die Bahn des Planeten nicht mit der Sichtebeine des Beobachters übereinstimmen, so wird kein Transit zu beobachten sein. In Fällen, in denen der Beobachter senkrecht auf die Planetenbahn blickt, eignet sich daher die Radialgeschwindigkeitsmethode besser: Da Planet und Stern um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisen, kommt es zu leichten Taumelbewegungen des Sterns. Diese rhythmische Bewegung des Sterns kann astrometrisch nachgewiesen werden, wobei die Bewegung umso größer ausfällt, je größer die Planetenmasse im Vergleich zur Sternmasse

ist. Während sich Mehrfach-Planetensysteme mit der Transitmethode im systematischen Verlauf der entstehenden Lichtkurve recht einfach nachweisen lassen, zeigen sie bei der Messung der Radialgeschwindigkeit ein recht komplexes Bild.

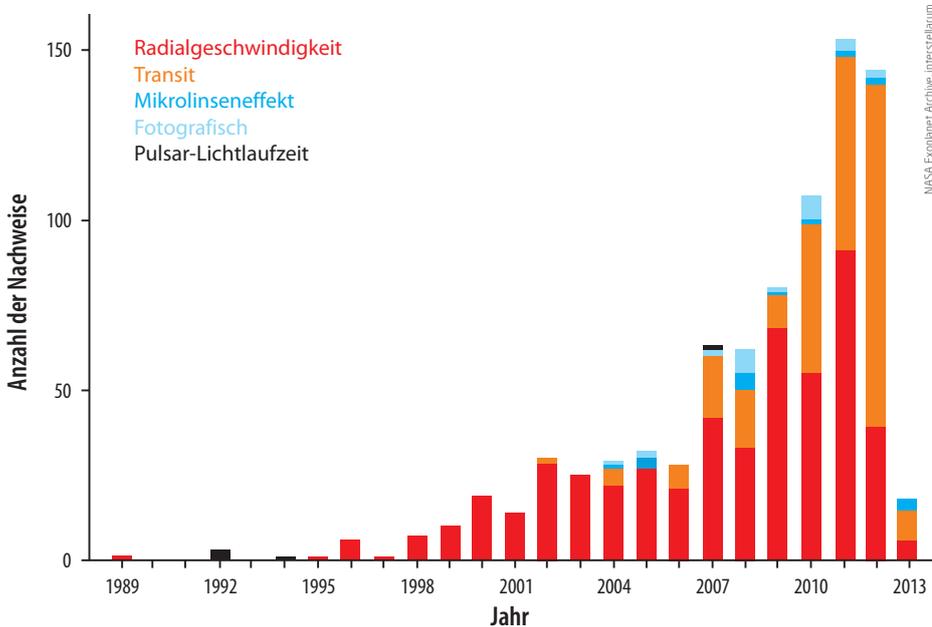
Eine deutlich geringere Rolle bei der Entdeckung neuer Planeten spielt hingegen die Mikrolinsenmethode, bei der Licht eines Hintergrundsterns seine Intensität in Abhängigkeit von massereichen Objekten im Vordergrund ändert. Werden Schwankungen in der Helligkeit eines Hintergrundsterns beobachtet, so kann dies auch auf Exoplaneten im Vordergrund zurückzuführen sein.

Amateure kommen ins Spiel

Für den Nachweis von Exoplaneten durch Amateure bietet sich die Transitmethode an: Wird bereits vor der Bedeckung des Sterns durch seinen Exoplaneten damit begonnen, die Helligkeit des Sterns kontinuierlich mit einer an das Teleskop adaptierten CCD-Astrokamera aufzuzeichnen, so zeigt sich bei der softwaretechnischen Datenauswertung später in der entstehenden Kurve der Sternhelligkeit eine Verringerung durch den Transit des Exoplaneten vor dem Stern. Am Ende des Transits nimmt die Helligkeit dann wieder zu, auch diese Zunahme zeigt sich in den Messdaten der Sternhelligkeit. Das Prinzip ist also recht einfach, in der Praxis sind jedoch bei der Auswahl der für den Nachweis verwendeten Hard- und Software einige Details zu beachten (vgl. Kasten).

Vorbereitung einer Beobachtungsnacht

Bei der Deep-Sky-Beobachtung wird ein zu beobachtendes Objekt meist so ausgewählt, dass es im aktuellen Monat in Zenitnähe steht. In den nächsten Tagen wartet man dann auf eine klare Nacht, um die visuelle oder fotografische Beobachtung durchführen zu können. Die Beobachtung von Exoplaneten erfordert eine etwas andersartige Vorbereitung: Welche Exoplanetentransits sich zur Beobachtung anbieten, hängt stark vom Standort des Beobachters, von seiner verwendeten Ausrüstung und natürlich ganz wesentlich von der Länge der Nacht ab. Ergänzend zu den regelmäßig in der neuen interstellarum-Rubrik »Exoplaneten aktuell«



◀ Abb. 2: Aktuelle Statistik der Exoplaneten-Entdeckungen und der dabei verwendeten Methoden.

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

IM DETAIL

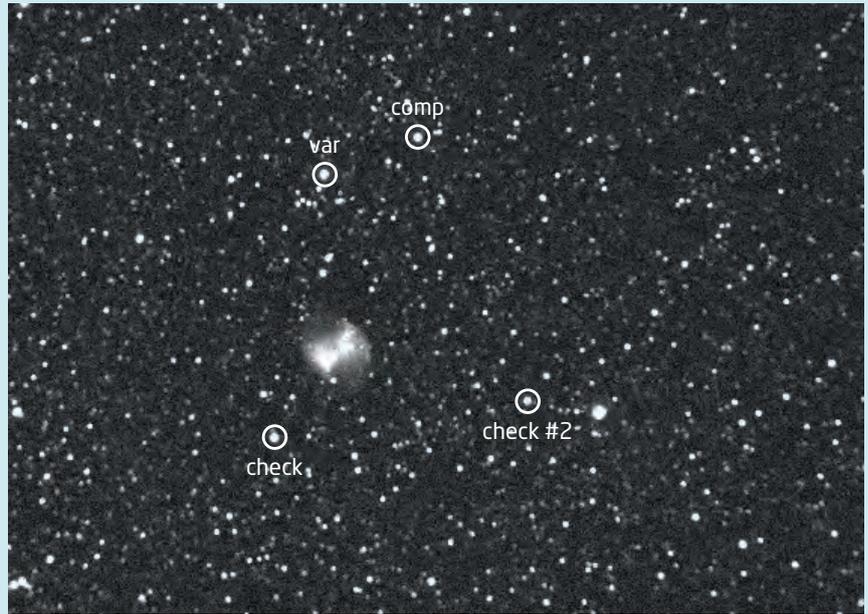
Workflow am Beispiel von HD189773

Der Stern HD189773 etwa 10' westlich des Hantelnebels ist 7^m.67 hell. Der durch Transits des Exoplaneten ausgelöste Helligkeitsabfall beträgt 0^m.028 und dauert 110 Minuten.

An einem kleinen 102mm/800mm-Refraktor, der auf einer parallaktischen Montierung betrieben wurde, war eine monochrome Astrokamera vom Typ SBIG STL-11000 angeschlossen. Nachgeführt wurde diese Kamera-Teleskop-Kombination mit einem parallel-betriebenen Leitrohr (72mm/400mm-Refraktor) mit angeschlossener Guidingkamera SG-4. Diese Kombination ist für Transit-Dokumentationen alles andere als optimal, da das Teleskop eine recht kleine Öffnung besitzt, der Chip eine für die Beobachtung von Exoplaneten unnötig große Chipfläche verwendet (und damit das Gesamtvolumen der später auszuwertenden Datenmenge unnötig vergrößert) und die Verwendung einer parallaktischen Montierung auch nur deshalb unkritisch war, da der Transit erst nach dem Meridiandurchgang des Sterns stattfand und so eine Beobachtung ohne Umschlagen des Teleskops durchgeführt werden konnte.

Nach dem Aufsuchen des Muttersterns wurde die Sternabbildung leicht defokussiert, die automatische Nachführung der Kamera-Teleskop-Kombination gestartet und mittels der Software zur Kamerasteuerung (CCDOps) die Belichtungszeit ausprobiert, die eine Ausbelichtung des Sterns mit rund 75% der maximalen Belichtung ermöglicht; in diesem Fall ergab sich hierfür eine Belichtungszeit von 30 Sekunden. Eine knappe Stunde vor dem vorausgesagten Transit wurde die Aufnahmeserie gestartet. Bedingt durch die Belichtungszeit und den anschließenden Download des Bildes, der ebenfalls jeweils rund 30 Sekunden beanspruchte, ergab sich eine Aufnahmeserie, die etwa ein Bild pro Minute lieferte. Es entstand so eine umfangreiche Bildfolge, die in einem weiteren Schritt softwaretechnisch ausgewertet werden konnte.

Als Auswertungssoftware bot sich die Verwendung der kostenfreien Software Muniwin (vgl. Surfipps) an: Nach dem Anlegen eines neuen Projektes zur Erstellung

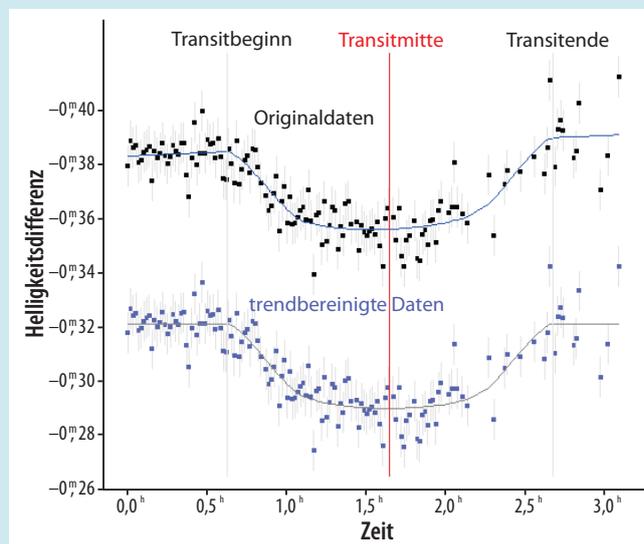


U. Dittler

▲ Leicht defokussierte Aufnahme der Sternregion um den Hantelnebel (M 27) mit dem markierten Mutterstern, Vergleichssterne und zwei weiteren Prüfsternen (Norden rechts).

einer Lichtkurve konnten die Aufnahmen der Aufnahmeserie importiert werden, der zusätzliche Import von Hell- und Dunkelbildern ermöglichte dann die automatisierte Korrektur aller Rohaufnahmen der Serie. Nach der anschließenden Auswahl des Muttersterns und der Vergleichs- bzw. Prüfsternen konnte die photometrische Auswertung der Aufnahmen gestartet werden. Im Ergebnis berechnete Muniwin nicht nur den Helligkeitsverlauf des Transitsterns gegenüber dem Vergleichssterne, sondern die Helligkeitsunterschiede zwischen allen markierten Sternen

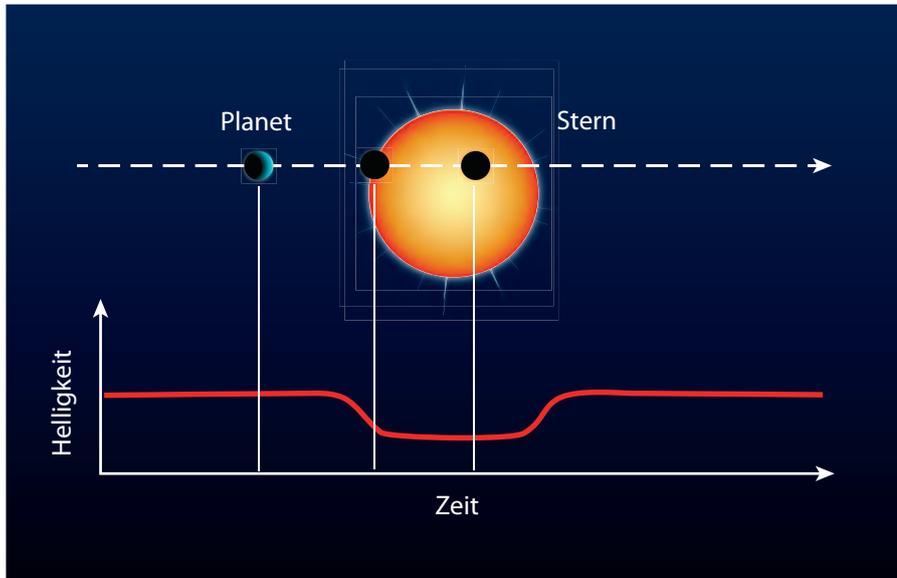
(Transitstern, Vergleichssterne und Prüfsternen). Dies hat den Vorteil, dass man sich sehr schnell einen Überblick über die Qualität der Aufnahmen und der gewählten Vergleichssterne machen kann, da die Helligkeitsunterschiede zwischen den Prüfsternen eine gerade Linie und keine Kurve ergeben sollten (da die Helligkeit dieser Sterne ja während der Aufnahmeserie unverändert geblieben sein sollte). Wählt man versehentlich einen variablen Stern oder zufällig einen anderen Stern mit Transit aus, so wird dies in der grafischen Darstellung schnell deutlich.



U. Dittler, interstellarium

◀ Grafische Darstellung des Helligkeitsverlaufs während des Transits von HD189733, gewonnen mit der CCD-Kamera STL-1100 an einem 4"-Refraktor bei 800mm Brennweite.

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



◀ Abb. 3: Das Prinzip der Transitmethode: Der Planet geht vor dem Mutterstern vorbei, damit ist eine Absenkung der scheinbaren Helligkeit verbunden.

ein oder mehrere Prüfsterne, die ebenfalls zur Berechnung der Helligkeitsentwicklung herangezogen werden. Die Darstellung der in den Aufnahmen gefundenen Helligkeitsschwankungen erfolgt dann in einer anschaulichen grafischen Kurve des Helligkeitsverlaufs.

Die auf diese Weise gewonnenen Daten eines Exoplaneten-Transit können der Exoplanet Transit Database zur Verfügung gestellt werden, um so dazu beizutragen, die Umlaufzeiten des beobachteten Exponenten exakter zu berechnen. Darüber hinaus entsteht eine Sammlung an Beobachtungsdokumentationen, die auch zeigen, mit welcher Ausrüstung welche Leistungen möglich sind.

Fazit

Die Suche nach Exoplaneten ist derzeit eine mit Hochdruck von professionellen Astronomen betriebene Aufgabe in der Astronomie. Es steht zu vermuten, dass die Faszination auch zunehmend auf Amateur-astronomen überspringt und der Nachweis von Exoplaneten ein weiteres spannendes Betätigungsfeld für Amateure wird. Es ist dabei erstaunlich, wie einfach der Nachweis von Exoplaneten schon mit dem üblichen Amateurteleskopen gelingt: Es ist daher zu wünschen, dass sich viele Amateure auf dieses spannende Beobachtungsfeld einlassen – interstellarum möchte Sie dabei mit der neuen Rubrik »Exoplaneten aktuell« begleiten und unterstützen.

SURFTIPPS

Exoplanet Transit Database:

🔗 var2.astro.cz/ETD/index.php

Enzyklopädie extrasolarer Planeten:

🔗 exoplanet.eu

Amateur Exoplanet Archive:

🔗 brucegary.net/AXA/x.htm

Exoplanet Observing for Amateurs:

🔗 brucegary.net/book_EOA/x.htm

Exoplanet-Archiv der NASA:

🔗 exoplanetarchive.ipac.caltech.edu

Auswertungs-Software:

🔗 c-munipack.sourceforge.net

zu findenden Beobachtungsempfehlungen (vgl. S. 10) können beispielsweise in der von tschechischen Astronomen betriebenen Exoplanet Transit Database nach Eingabe des Beobachtungsortes individuelle Listen von Transits bekannter Exoplaneten erstellt werden (vgl. Surfipps).

Bei der Auswahl eines zu beobachtenden Transits ist neben der Helligkeit des Sterns vor allem die zu erwartende Verdunkelung zu berücksichtigen: Für Anfänger bieten sich zunächst die Exoplaneten-Transits an, die einen Helligkeitsabfall von mindestens 2% verursachen und bei Sternen heller als 10^m zu beobachten sind. Kurze Transitzeiten vereinfachen zudem die Beobachtung und führen schnell zu sichtbaren Ergebnissen und Erfolgserlebnissen. Bei der Auswahl eines zu beobachtenden Transits sollte zudem darauf geachtet werden, dass sowohl Beginn als auch Ende des Transits hoch über dem Horizont sichtbar sind – eine Transitbeobachtung im Zenit ist meist einfacher und vielversprechender als eine Beobachtung in Horizontnähe.

Durchführung der Transitbeobachtung

Nach der Auswahl eines passenden Exoplanetentransits sollte die Aufzeichnung der Sternhelligkeit rund eine Stunde vor dem Beginn des Transits beginnen. Da sich im Rahmen des ggf. mehrstündigen Transits die Position des Sterns am Himmel deutlich ändert, ist zu erwarten, dass sich allein durch die Höhe des Sterns über dem Horizont und damit verbundenen Seeing-Effekten dessen Helligkeit ändert. Bruce L. Gary empfiehlt in seinem Standardwerk »Exoplanet Observing for Amateurs« daher,

ggf. bei der Beobachtung einen CCB-Filter (Clear-with-Blocking-Blue-Filter) zu verwenden, der die atmosphärisch bedingte Helligkeitsschwankung mindert. Auch die amerikanische Firma Astrodon bietet unter dem Namen »Exoplanet Transit Filter« einen entsprechenden, aber nicht ganz preiswerten Filter an.

Nach dem Aufsuchen des Sterns, dessen Positionierung zentral auf dem Aufnahmechip und dem Starten des Guiders, kann der Stern des Exoplaneten kontinuierlich fotografiert werden, wobei es sich als hilfreich erwiesen hat, die Sternabbildung etwas zu defokussieren (so dass sich das Sternlicht auf mehrere Pixel verteilt) und darauf zu achten, dass die maximale Sättigung der Sternabbildung etwa 70% bis 75% beträgt, um den Einfluss des Rauschens zu vermindern und ein Ausbrennen der Pixel zu vermeiden.

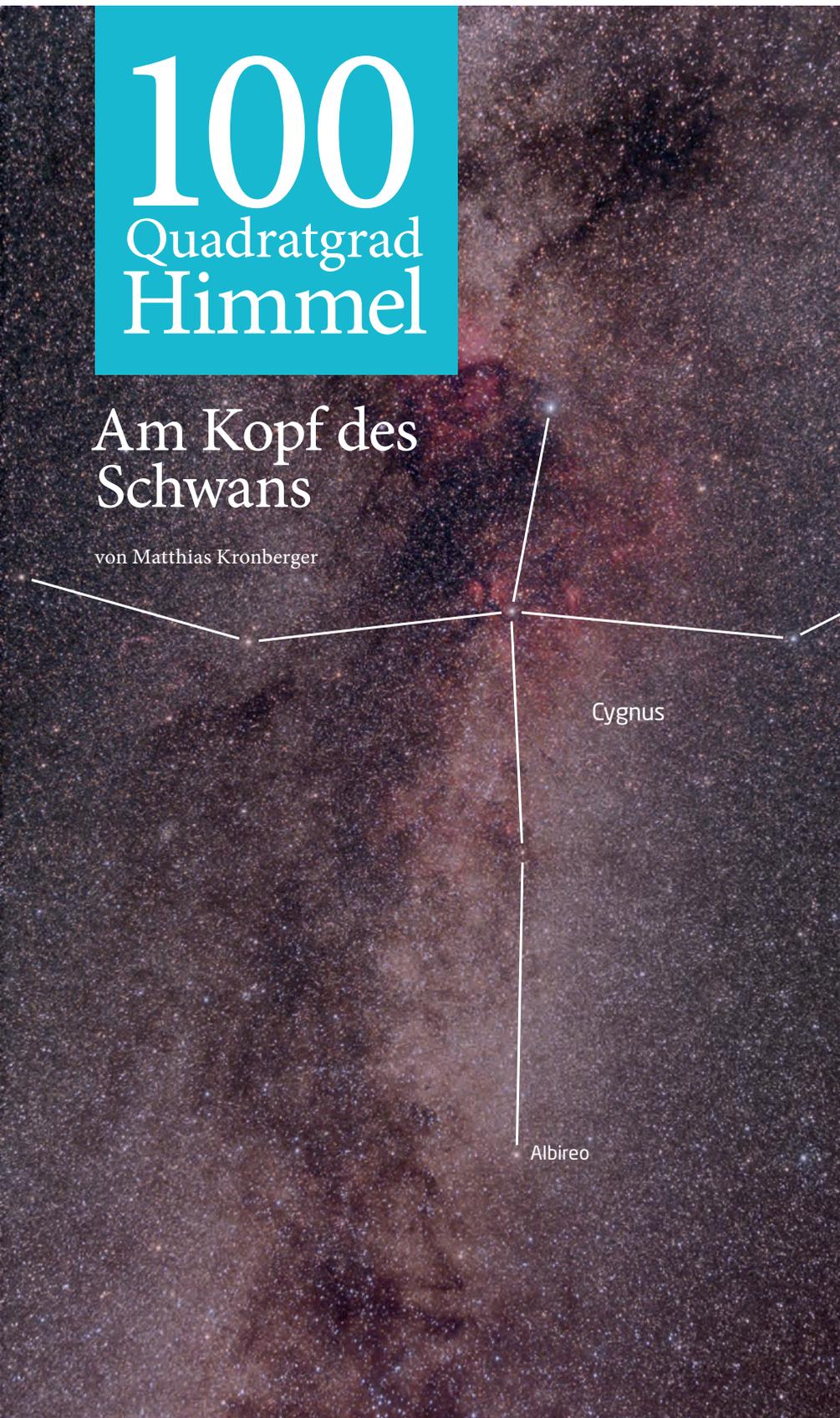
Auswertung der gewonnenen Daten

Zur Auswertung bieten sich verschiedene Software-Lösungen an, viele davon wurden vor einigen Jahren ursprünglich für den Nachweis Veränderlicher Sterne entwickelt und sind daher heute entsprechend ausgereift. Grundsätzlich sind zunächst alle Aufnahmen mit Dunkelbildern und Flatfields zu bearbeiten, um auf diesem Weg mögliche Fehler in den Aufnahmen zu entfernen. Anschließend sind die Bilder aufeinander auszurichten, um fehlende Exaktheit in der Nachführung auszugleichen. Für die photometrische Bearbeitung ist nicht nur der Mutterstern des Exoplaneten zu markieren, sondern zusätzlich ein – möglichst gleich heller – Vergleichssterne sowie

100 Quadratgrad Himmel

Am Kopf des Schwans

von Matthias Kronberger



◀ Abb. 1: Die Milchstraße im Schwan ist der für mitteleuropäische Beobachter hellste Teil unserer Galaxis. In diesen Sternfluten liegen zahlreiche interessante Deep-Sky-Objekte. *Walter Koprolin*

Wie bei dem in interstellarium 82 beschriebenen Feld in den Sternbildern Pfeil und Füschesen bietet sich auch für die Erkundung der Milchstraßenfluten im südlichen Schwan der helle Doppeltstern Albireo (β Cyg) als Ausgangspunkt an, der am südwestlichen Ende der Sternwolke steht. Ein weiterer nützlicher Bezugspunkt für die Erkundung dieses Himmelsfelds ist der Stern φ Cyg, der nordöstlich von Albireo zu finden ist.

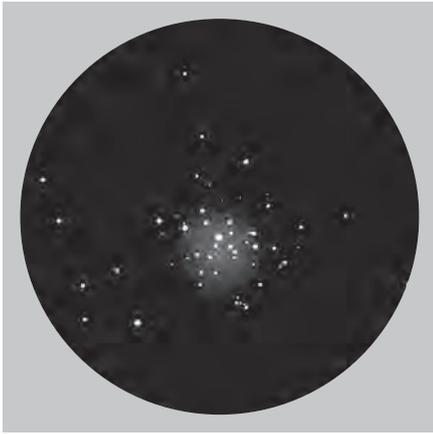
Sterne über Sterne

Schwenkt man das Teleskop von Albireo zu φ Cyg, so wandert der Blick zunächst über die hellsten und sternreichsten Gebiete dieses auch Cygnuswolke genannten Milchstraßenabschnitts. Schon im kleinen Teleskop ist der Anblick des dichten, teils von deutlich gelben und orangeroten Sternen durchsetzten Sternengewimmels von berückender Schönheit und lässt mich zuweilen an einen stellaren Vogelschwarm denken, der gemeinsam mit Schwan und Adler über unsere Köpfe hinweg zieht. Nur wenige von Mitteleuropa aus erreichbare Regionen der Milchstraße bringen uns den Sternreichtum unserer Galaxis derart eindrücklich nahe! Allerdings erschwert die schiere Menge an Sternen das Navigieren im Feld doch deutlich, was auch durch das Fehlen markanter Orientierungspunkte in der Region bedingt ist. Speziell mit größeren Teleskopen kann es deshalb selbst bei niedriger Vergrößerung schwierig sein, den Überblick zu behalten.

Ein seltenes Exemplar

Interessanterweise sind trotz des reichen Sternfelds helle Offene Sternhaufen in dieser Himmelsregion deutlich unterrepräsentiert. Umso mehr sticht deshalb der kleine, aber feine Offene Haufen NGC 6834 hervor; er befindet sich am östlichen Rand der Milchstraßenwolke, wo sie allmählich in die von der lang gestreckten Dunkelwolkenzusammenballung des Great Rift dominierten Region entlang des Galaktischen Äquators übergeht. Beim Lokalisieren des Haufens orientiert man sich am besten an Albireo und φ Cyg, mit denen der Haufen ein sehr flaches gleichschenkliges Dreieck bildet. Schon mein 10×50-Fernglas zeigt den Sternhaufen als kleinen, nebligen Fleck am Rand der Cygnuswolke. Bei meiner ersten teleskopischen Beobachtung des

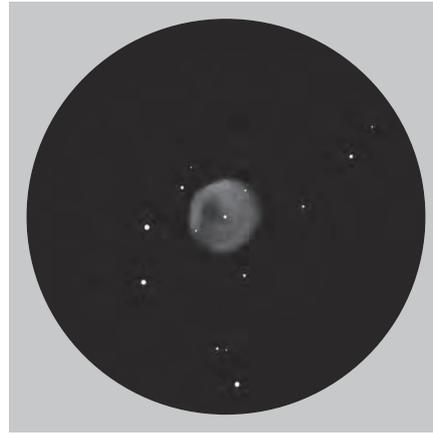
Der große, nach Süden die Milchstraße hinab fliegende Schwan ist eines der markantesten Sternbilder am sommerlichen Nachthimmel. Die hellen Milchstraßenwolken im Zentrum dieser Figur bestehen dabei nicht nur durch ihren Sternreichtum: Sie beinhalten zudem eine Vielzahl bemerkenswerter Deep-Sky-Objekte, deren Durchmesser teils nur wenige Bogensekunden, teils mehrere Quadratgrad beträgt.



Objekts mit einem 114mm-Newton erwies sich dieser als ein kleiner, dichter und heller Haufen von annähernd elliptischen Umrisen. Den besten Eindruck machte der Haufen auf mich einige Jahre später bei einer Beobachtung mit meinem 10"-Newton: Bei 175× zeigte sich NGC 6834 als ein hübscher, stark konzentrierter, von einer Ost-West orientierten Kette aus fünf bis sechs helleren Sternen dominierter Haufen mit einigen Dutzend Mitgliedern in unregelmäßiger, annähernd trapezförmiger Anordnung und einer etwas abgesetzten Fünfergruppe im Süden.

Planetarische Nebel: mal alt ...

In der unmittelbaren Nachbarschaft von NGC 6834, etwas mehr als 30' in ostsüdöstlicher Richtung entfernt, befindet sich ein weiteres interessantes Ziel, das allerdings ein Mindestmaß an verfügbarer freier Öffnung zur erfolgreichen Beobachtung bedingt: NGC 6842 gehört nämlich zu den schwächeren Planetarischen Nebeln des NGC und ist deshalb nicht ganz einfach im Sternfeld zu identifizieren. Die Lichtschwäche ist auch seiner Größe von knapp 1' geschuldet, die ein Produkt seines für einen Planetarischen Nebel schon etwas fortgeschrittenen Alters von einigen tausend Jahren ist und in Kombination mit seiner Gesamthelligkeit von nur knapp



13^m zu einer recht geringen Flächenhelligkeit führt. Die Minimalöffnung zur erfolgreichen Beobachtung dürfte bei etwa 8" liegen, wobei ein [OIII]-Filter den Kontrast signifikant verbessert. Mein 10"-Newton zeigt den Planetarischen Nebel unter gutem Landhimmel bei 125× als schwache runde Aufhellung bei indirektem Sehen. Mit 15" Öffnung ist das Objekt wesentlich einfacher wahrzunehmen und schon ohne Filter bei 160× als blasser, rundlicher Schimmer im reichen Sternfeld gut auszumachen. Mit [OIII]-Filter erscheint der Nebel dank des verbesserten Kontrasts bei 160× als recht helle, perfekt runde Scheibe mit leicht diffuser Begrenzung; genaue Beobachter mögen bemerken, dass der Südostquadrant des Nebels etwas dunkler wirkt als die übrigen Teile der Scheibe. Bei einer Steigerung der Vergrößerung lässt sich bei ungefilterter Beobachtung und indirektem Sehen zudem der 16^m helle Zentralstern erhaschen.

... mal jung ...

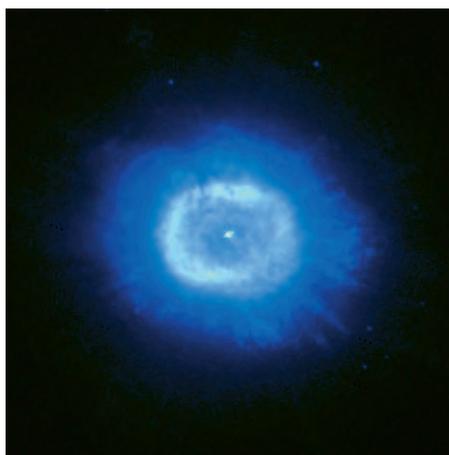
Schwenkt man von NGC 6842 zurück zu ϕ Cyg und von dort aus knapp 1° nach Westen und um 20' Richtung Norden, gelangt man zu einem weiteren Exemplar aus der Familie Planetarischer Nebel – allerdings einem mit gänzlich anderer Charakteristik als NGC 6842. Tatsächlich wurde He 2-438 alias PK

◀ Abb. 2: Zwei eher unbekannte Objekte sind NGC 6834 (links) und NGC 6842 (rechts). Links: Zeichnung mit 8"-Newton, 160×. Jaakko Saloranta. Rechts: Zeichnung mit 27"-Newton, 419×. Uwe Glahn

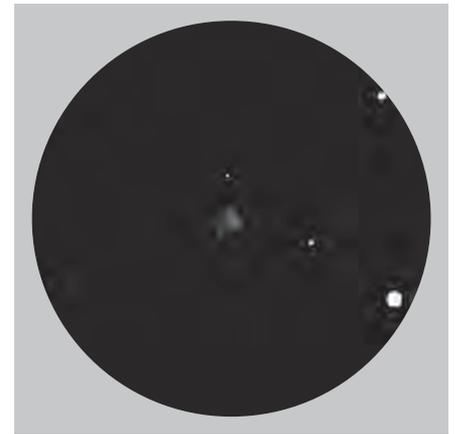
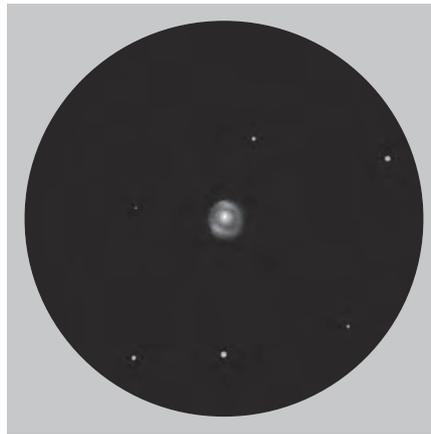
64+5.1 aufgrund seiner Kompaktheit trotz visueller Gesamthelligkeit von immerhin 10^m4 zunächst nicht als Nebel erkannt, sondern vom deutschen Astronomen Friedrich Wilhelm Argelander unter der Bezeichnung BD +30° 3639 als Stern eingetragen. Erst im ausgehenden 19. Jahrhundert wurden bei spektroskopischen Durchmusterungen Hinweise auf eine intensiv im Licht der Wasserstofflinien leuchtende Nebelhülle um den Stern gefunden. Dem Entdecker der Nebelhülle, dem amerikanischen Astronomen William Campbell, verdankt der Planetarische Nebel auch seine im englischen Sprachraum populäre Bezeichnung »Campbell's Hydrogen Star«.

Für den visuellen Beobachter zeichnet sich He 2-438 durch zwei Eigenheiten aus, die ihn zu einer absoluten Besonderheit unter den Planetarischen Nebeln des Nordhimmels machen: Zum einen weist das Objekt – unüblich für einen Planetarischen Nebel – nur geringe Emission in der [OIII]-Linie auf, was bei Beobachtungen den H β -Filter zur ersten Wahl macht. Dies ist dem jugendlichen Alter des Nebels (und der damit verbundenen, für einen Zentralstern relativ geringen Temperatur von knapp 42000°C) geschuldet, welches laut neueren Untersuchungen knapp 800 Jahre beträgt. Wirklich zu etwas Besonderem wird der Planetarische Nebel jedoch durch die Kombination aus der doch recht intensiven Wasserstoffemission und den kompakten Dimensionen der Nebelhülle: Dies macht He 2-438 zu einem der wenigen Deep-Sky-Objekte, in denen schon mit relativ kleinen Öffnungen das rötliche Leuchten der H α -Linie des Wasserstoffs wahrgenommen werden kann! Mein 10"-Newton etwa zeigt He 2-438 unter gutem Landhimmel bei 235× als einen dezent rot getönten Fast-Stern, um den sich bei Einsatz eines H β -Filters ein schwacher, knapp 30" durchmessender Halo abzeichnet. Mit 15" Öffnung erscheint das Objekt bei 160× ohne Filtereinsatz deutlich orangerot; bei 420× verschwindet der Farbeindruck etwas, dafür zeigt sich nun die kompakte, nur knapp 5" durchmessende Nebelhülle klar vom 11^m hellen weißlichen Zentralstern getrennt und lässt bei ruhiger Luft auch ihre Ringform ansatzweise erkennen.

◀ Abb. 3: Campbells Stern He 2-438 (links) und Minkowskis Fußabdruck M 1-92 (rechts) auf Aufnahmen des Hubble Space Telescope.



► Abb. 4: Im **Amateurteleskop** erfordern Campbells Stern He 2-438 (links) und Minkowskis Fußabdruck M 1-92 (rechts) hohe Vergrößerungen. Beide Zeichnungen am 16"-Newton, 697×. *Uwe Glahn*



... mal juvenil

Bietet He 2-438 einen Einblick in das früheste Entwicklungsstadium eines Planetarischen Nebels, liefert das nächste Objekt einen Eindruck von den Vorgängen, die unmittelbar vor dessen Erblühen aus seinem Staub- und Gaskokon ablaufen. Bedingt durch seine überschaubare Ausdehnung von nur wenigen Bogensekunden stellt sich das Auffinden von Minkowskis Fußabdruck **M 1-92** im dichten Sternfeld wie zuvor als nicht ganz einfach dar, sollte aber mit einer genauen Aufsuchkarte kein unüberwindbares Problem sein. Orientieren kann man sich dabei an den Sternen 9 Cyg und HIP 96530 südwestlich von ϕ Cyg, auf deren Verbindungslinie das Objekt etwa mittig zu finden ist. Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble zeigen das Objekt als einen bipolaren Nebel mit dunkler zentraler Einschnürung und nach außen hin spitz zulaufenden Gas- und Staubbblasen, wobei die südöstliche Komponente aufgrund der vorgelagerten äquatorialen Staubscheibe deutlich schwächer erscheint. Im Unterschied zu He 2-438 sind Nebelfilter bei M 1-92 nicht hilfreich, da dessen Leuchten zum überwiegenden Teil auf reflektiertes Licht des

noch vergleichsweise kühlen Zentralsterns zurückzuführen ist.

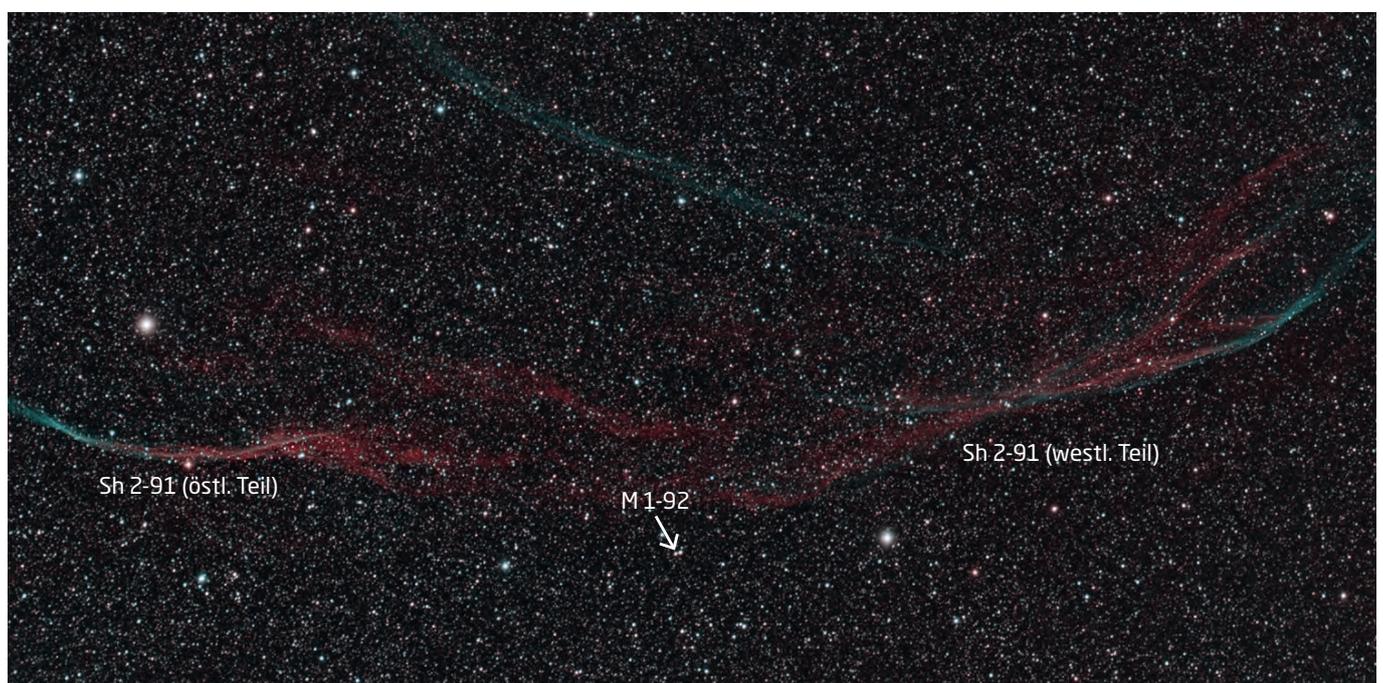
Im Teleskop zeigt sich das Objekt trotz 12^m Helligkeit bei geringer Vergrößerung und oberflächlicher Betrachtung nur wenig spektakulär und wirkt lediglich wie ein leicht unscharfer Stern 1' östlich eines 10^m oder 11^m hellen optischen Begleiters. Interessant wird es hingegen bei höheren Vergrößerungen: Mit 10" Öffnung etwa zeigen sich beide Komponenten bei 235× schon gut getrennt und wirken wie ein kompakter Doppelnebel. Mit 15" Öffnung erscheint die hellere Komponente bei 420× als helle, nach Nordwesten hin leicht keilförmige Verdichtung von 2" bis 3" Größe. Um einiges schwächer präsentiert sich hingegen die südöstlich davon gelegene, durch ein sehr schlankes, aber deutlich hervortretendes dunkles Band von der Nordwestkomponente getrennte zweite Nebelblase; bei indirektem

Sehen wirkt diese aber dennoch formgleich wie der erste hellere Teil.

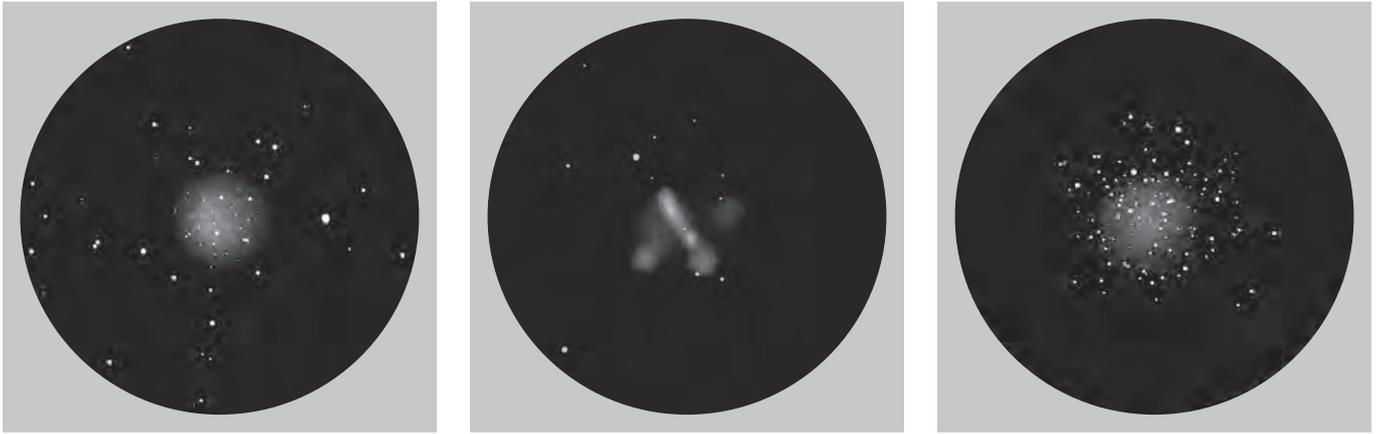
Eine Sternexplosion und ihre Folgen

Stellen die drei letztgenannten Objekte unterschiedliche Stadien der letzten Lebensphase eines typischen Milchstraßensterns dar, zeugt das nächste Objekt vom wesentlich gewalttätigeren Ende eines Sternlebens, wenn mehr Masse im Spiel ist. Tatsächlich ist erst seit etwas mehr als 30 Jahren bekannt, dass es neben dem die hellen Filamente NGC 6960 und NGC 6992 umfassenden Cygnusbogen noch einen zweiten visuell beobachtbaren Supernovaüberrest im Sternbild Schwan gibt: Auch bekannt unter dem Namen SNR G65.3+5.7, verteilen sich dessen hellere Filamente auf einer Fläche

▼ Abb. 5: Neben dem bekannten **Cirrusnebel** ist Sharpless 91 der zweite Supernovaüberrest im Sternbild Schwan. Der Planetarische Nebel PK 64+5.1 sowie der protoplanetarische Nebel M 1-92 befinden sich im gleichen Feld. 4.1"-Refraktor bei 380mm, Falschfarbenaufnahme mit den Farbkanälen Rot = Ha (4h 15min), Grün + Blau = [OIII] (1h 30min). *Stephane Zoll*



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



▲ Abb. 6: Zwischen Schwan und Leier stehen mit M 56 (a), NGC 6765 (b) und NGC 6791 (c) drei unterschiedliche und gleichwohl lohnenswerte Ziele. Zeichnungen mit 8"-Newton, 196×. Jaakko Saloranta (a, c), 27"-Newton, 586×. Uwe Glahn (b)

von knapp 4°×4° und ragen damit zum Teil hinüber in das benachbarte Sternbild Leier. Das Objekt erscheint somit ähnlich groß wie sein ungleich bekannteres Pendant, ist aber fast doppelt so weit von uns entfernt und entsprechend wesentlich älter. Die versprengten Nebelfasern sind deshalb weitaus unauffälliger und schwieriger zu beobachten; zusätzlich erschwerend wirkt dabei aber auch der enorme Sternreichtum der Region, der bei Beobachtungen mit Schmalbandfiltern zum Auftreten von reflexionsbedingten »Scheinnebeln« führt, die nur allzu leicht mit den zart leuchtenden Filamenten verwechselt werden können. Genaues Kartenmaterial ist deshalb speziell für die Beobachtung der schwächeren Nebelteile unabdingbar (vgl. Surfipps).

Die beiden hellsten und am einfachsten beobachtbaren Abschnitte der ausgedehnten Nebelblase befinden sich an deren Südrand, südlich von ϕ Cyg bzw. nördlich von 9 Cyg und M 1-92. Auch unter der gemeinsamen Katalogbezeichnung **Sharpless 91** bekannt, sind diese beiden Filamente unter ausgezeichneten äußeren Bedingungen bereits mit 8"

Öffnung erreichbar. Mein 10"-Newton zeigt unter Alpenhimmel den östlicheren Teil des Bogens unmittelbar südlich von ϕ Cyg bei 75× und Einsatz eines [OIII]-Filters relativ einfach als kurzes, leicht gebogenes Filament, das sich zwischen zwei 10^m-Sternen hindurchschmiegt; ebenfalls sicher, aber etwas schwieriger wahrzunehmen ist hingegen das etwas breitere, großteils auf eine reiche Sternwolke projizierte Filament nördlich von 9 Cyg. Mit 15" Öffnung zeigt sich der Bogen südlich von ϕ Cyg unter hochalpinen Bedingungen bei 114× und 160× mit [OIII]-Filter bei indirektem Sehen auffällig als geschwungenes Band mit hellerem Nordostende. Der weiter westlich gelegene Nebelteil kann ebenfalls gut als ein breites, an seinem Westende in ein schwächeres nördliches und ein helleres südliches Band gegabeltes und sich nach Osten hin bis zu einer kleinen Sterngruppe erstreckendes Band wahrgenommen werden. Mit etwas Geduld können unter sehr guten äußeren Bedingungen weitere Teile der Blase erhascht werden, so etwa ein sich zwischen ϕ Cyg und He 2-438 hindurchschwingendes Nebelband

sowie die auch als **Sharpless 94** katalogisierte Ostkante des Supernovarests. Interessant ist auch ein namenloser Nebelteil in Nordosten der Blase: Hier ließ sich mit 15" bei 228× und UHC-Filtereinsatz ein knapp 30" langes, aber nur wenige Bogensekunden breites, in Nord-Süd-Richtung ausgerichtetes helles Filament nachweisen, das nach Nordwesten hin in ein diffuses gebogenes Band ausläuft. Weitere visuell erreichbare Nebelteile umfassen etwa den nördlich von Sharpless 94 gelegenen Sharpless 96 sowie einen breiten schwachen Bogen am Nordrand der Schale.

Erholsames in der Leier

Wer nach der Beobachtung der schwachen Nebelfetzen von SNR G65.3+5.7 etwas Abwechslung und Erholung sucht, wird über der Grenze zum Sternbild Leier beim Kugelsternhaufen **M 56** fündig. Mit einem gut eingenordeten äquatorial montierten Teleskop lässt sich dieser leicht lokalisieren, indem man von ϕ Cyg einige Grad in Richtung Westen schwenkt; aber auch per Starhopping ist

Deep-Sky-Objekte im Herzen des Sommerdreiecks

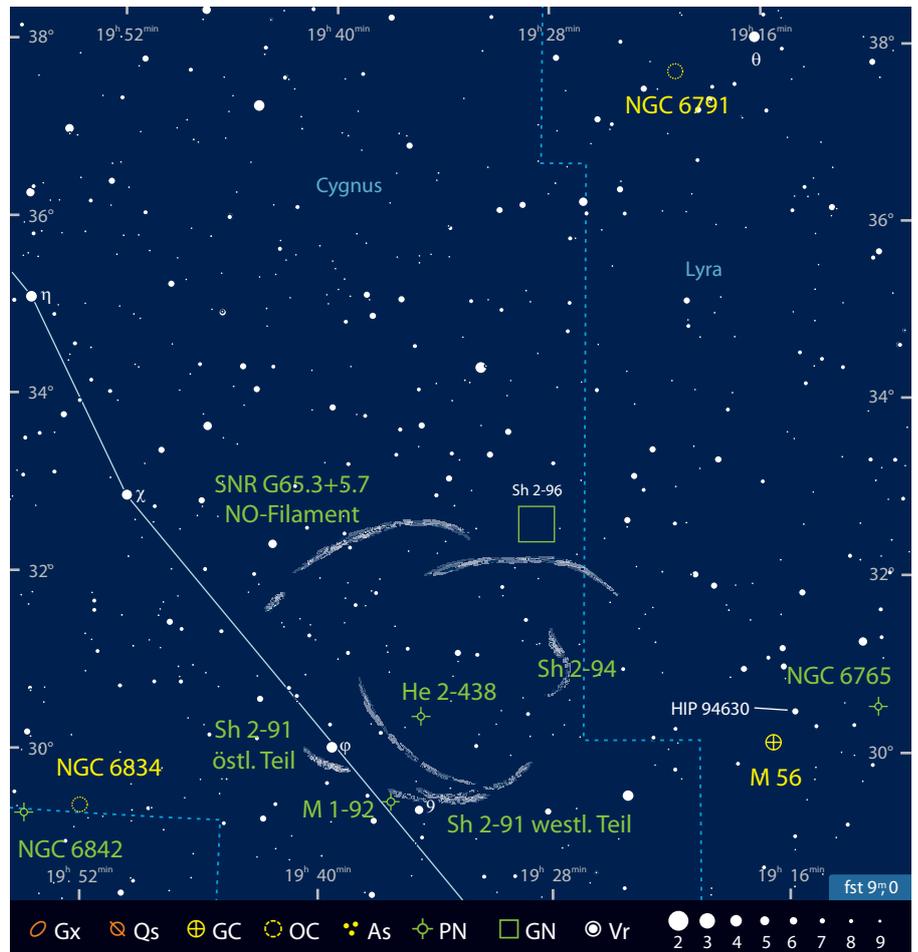
Name	Typ	R.A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Bemerkung	DSRA/Uran.
NGC 6834	OC	19 ^h 52,2 ^{min}	+29° 24'	7 ^m 8	5'	Sterne ab 10 ^m	-/30
NGC 6842	PN	19 ^h 55,0 ^{min}	+29° 17'	13 ^m 5	57"	[OIII], Zentralstern 16 ^m	-/30
He 2-438	PN	19 ^h 34,7 ^{min}	+30° 31'	11 ^m 3	> 8"	Campbell's Hydrogen Star, H β , 11 ^m -Zentralstern	-/30
M 1-92	PPN	19 ^h 36,3 ^{min}	+29° 33'	11 ^m 7	16"×8"	Minkowskis Fußabdruck	14/30
Sh 2-91 (westl. Teil)	SNR	19 ^h 33,0 ^{min}	+29° 33'	-	50"×10'	Teil von SNR G65.3+5.7, [OIII]	-/30
Sh 2-91 (östl. Teil)	SNR	19 ^h 39,2 ^{min}	+29° 52'	-	30"×1'	Teil von SNR G65.3+5.7, [OIII]	-/30
Sh 2-94	SNR	19 ^h 27,9 ^{min}	+31° 28'	-	18"×1,5'	Teil von SNR G65.3+5.7, [OIII]	-/30
Nordost-Filament	SNR	19 ^h 42,9 ^{min}	+31° 44'	-	30"×5"	Teil von SNR G65.3+5.7, UHC	-/-
Filament bei He 2-438	SNR	19 ^h 36,0 ^{min}	+31° 14'	-	45"×2'	Teil von SNR G65.3+5.7, [OIII]	-/-
M 56	GC	19 ^h 36,6 ^{min}	+30° 11'	8 ^m 3	8,8'	Sterne ab 13 ^m	14/30
NGC 6765	PN	19 ^h 11,1 ^{min}	+30° 33'	13 ^m 1	40"	[OIII], Zentralstern 16 ^m	-/30
NGC 6791	OC	19 ^h 20,9 ^{min}	+37° 46'	9 ^m 5	10'	Sterne ab 14 ^m	-/30

das Objekt schnell aufgefunden. Schon mein 8x50-Sucher reicht für eine erfolgreiche Sichtung von M 56 aus und zeigt den Kugelhaufen problemlos als kleines, 8^m helles Nebelbällchen mit etwas hellerem Zentrum. Mein 4,5"-Newton offenbart einen recht großen, zur Mitte hin graduell heller werdenden Nebelfleck, löst jedoch auch bei kleiner Austrittspupille noch keine Mitgliedssterne auf. Mit 10" Öffnung erscheint der Haufen unter gutem Landhimmel hingegen bei 235x bereits als dichter, schön aufgelöster Ball aus Sternen mit etwa dreieckigem Zentralbereich. Mit 15" präsentiert sich M 56 schließlich als ein bis ins Zentrum aufgelöster Sternschwarm, wobei die Sternanordnung insgesamt etwas lockerer erscheint als bei anderen Objekten seiner Art. Mehrere geschwungene Sternstraßen im Halo verleihen dem Objekt dabei einen fast lebendigen, turbulenten Eindruck.

Ein Planetarisches Himmelskreuz

Ein im Vergleich deutlich schwächeres, nichtsdestotrotz aber ebenso interessantes Beobachtungsobjekt findet man in der unmittelbaren Nachbarschaft von M 56. Besitzer von äquatorial montierten Teleskopen sind beim Aufsuchen dabei wieder im Vorteil: Am einfachsten lässt sich das Objekt auffinden, indem man den 6^m hellen Stern HIP 94630 nordwestlich von M 56 anvisiert und von dort ein knappes Grad nach Westen schwenkt. Mit Teleskopen ab 6" bis 8" Öffnung offenbart sich dort mit NGC 6765 ein weiterer, allerdings etwas ungewöhnlicher Vertreter aus der Gruppe der Planetarischen Nebel, der im Vergleich zu NGC 6842 trotz beinahe identischer Gesamthelligkeit aufgrund seiner größeren Kompaktheit (die allerdings wiederum nicht an jene von He 2-438 und M 1-92 heranreicht) wesentlich einfacher zu beobachten ist.

Unter gutem Landhimmel sticht der zentrale Balken des als bipolar oder irregulär kategorisierten Objekts bereits mit 10" und 235x plus [OIII]-Filter schön als kleiner, auffällig elongierter Nebelfleck im Feld hervor, der aufgrund seines deutlich nach Nordosten verschobenen Helligkeitsschwerpunkts eine klare asymmetrische Ausprägung aufweist. Mit 15" zeigt der Balken bei Vergrößerungen ab 300x und Einsatz eines [OIII]-Filters ein weiteres, diesmal etwa zentral gelegenes Helligkeitsmaximum, allerdings scheint er nach Südwesten hin nun spitz zuzulaufen, was den asymmetrischen Eindruck noch weiter verstärkt. Beiderseits des Balkens sind bei indirektem Sehen mit dieser Öffnung zudem zwei



rundliche Knoten zu sehen, die gemeinsam mit dem länglichen Hauptkörper eine Kreuzform bilden. Abgerundet wird der doch einigermaßen bizarre Anblick des Objekts noch von einem schwachen Sternchen in der Flucht des Balkens.

Ein Sternwölckchen zum Abschluss

Der Offene Sternhaufen NGC 6791 steht in der nordwestlichen Ecke des Himmelsfelds. Als eines der ältesten bekannten Objekte seiner Klasse bildet der Sternhaufen gemeinsam mit den hellen Sternen θ und η Lyr ein flaches, etwa gleichschenkliges Dreieck und ist somit relativ einfach zu lokalisieren. Zwar sollte man angesichts von nur 9^m.5 Gesamthelligkeit und einer Ausdehnung von 10' kein Sternfeuerwerk erwarten; unter dunklem Himmel ist das extrem sternreiche Objekt jedoch ein reizvolles Ziel. Um des besseren Gesamteindrucks willen sind bei der Beobachtung von NGC 6791 dabei eher niedrigere Vergrößerungen anzuraten. Schon in meinem 8x50-Sucher ist NGC 6791 unter gutem Landhimmel als sehr blasse Aufhellung wahrnehmbar, einzelne Sterne zu erkennen liegt angesichts von Maximalhelligkeiten von etwas über 14^m mit dieser Öffnung aber noch weit jenseits der Möglichkeiten. Anders

mein 10"-Newton: Dieser zeigt den Sternhaufen zwar bei Übersichtsvergrößerung noch als blassen Nebelfleck, bei Vergrößerungen um 175x allerdings bereits teilweise aufgelöst. Mit 15" Öffnung schließlich ist der Haufen bei 114x und indirektem Sehen zumindest für mich ein absoluter Leckerbissen: Er erscheint dann als großes, rundliches Leuchten, über das sich zwei bis drei Dutzend verstreute Sternchen pittoresk in Schleifenmustern anordnen. Auch dank der starken Konzentration der Sternchen zur Mitte hin erinnert NGC 6791 damit frappant an eine schwache lockere Ausgabe des insgesamt etwa gleich großen M 56; als dessen jüngerer und kleinerer Cousin er trotz seines hohen Alters von 8 Mrd. Jahren aber auch durchaus angesehen werden kann.

SURFTIPPS

Aufsuchkarte für SNR G065.3+05.7:
www.reinervogel.net/index.html/?artikel/Sh91_SNR_e.html

Schmalband-Aufnahmen von SNR G065.3+05.7:
www.astrosurf.com/zoll/images/G65_3__5_7.html

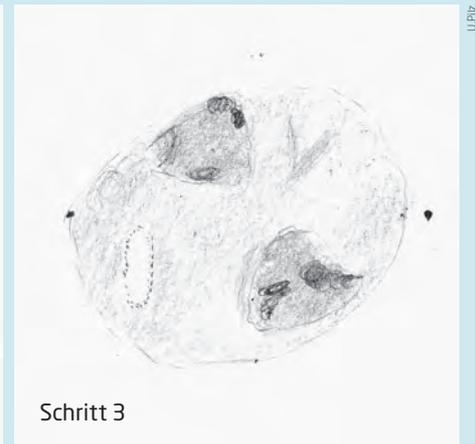
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



▲ Abb. 1: Position des Nebelzentrums im Sternfeld.



▲ Abb. 2: Umriss des Nebels und der auffälligen hellen und dunklen Gebiete in ihm.



▲ Abb. 3: Ergänzung der feinen Helligkeitsabstufungen des Nebels.

Schritt-für-Schritt

Wie kann man den Hantelnebel zeichnen?

von Uwe Pilz

Der Planetarische Nebel M 27 im Sternbild Föchschen, genannt Hantelnebel, ist eines der Prachtstücke des Sommerhimmels. Er ist der hellste Planetarische Nebel des Nordhimmels und bietet für jedes Instrument etwas. Um die Zeichenschritte nachzuvollziehen, sollte ein Instrument von mindestens 4" Öffnung benutzt werden. Die Zeichnung entstand an einem 12,5"-Newton bei Vergrößerungen zwischen 72x und 144x.

1. Sternumfeld und Lage des Nebels

Beim Blick ins Aufsuchokular fällt M 27 sofort ins Auge. Die Vergrößerung wird so weit erhöht, bis sich der beste Gesamtanblick ergibt. Mit dieser Vergrößerung werden die

charakteristischen Sternmuster in der Umgebung des Nebels gezeichnet. Es ist zu entscheiden, ob man den Anblick des Gesichtsfeldes zeichnen möchte, oder nur den Ausschnitt, welcher den Nebel enthält. Diese Anleitung geht von einem Ausschnitt aus, das ist für Teleskope ohne Nachführung auch einfacher.

Es ist zweckmäßig, zunächst einige helle Sterne einzeichnen, welche das Zeichenfeld begrenzen. Die Positionen der Sterne werden zunächst mit einem harten Bleistift schwach markiert. Danach wird akribisch geprüft, ob die Positionen zueinander stimmen und ggf. korrigiert. Um die Sternhelligkeiten angemessen wiederzugeben, bildet man Klassen etwa gleichheller Sterne. Da in diesem Schritt sehr schwache Sterne nicht eingetragen werden, sind drei bis vier Klassen ausreichend.

Am Schluss markiert man die Position des Nebelzentrums mit einem harten Bleistift oder einem Estompen.

2. Umrisse und wichtigste Einzelheiten

Ziel dieses Schrittes ist es, die äußeren Umrisse von M 27 maßstabsgerecht in die Zeichnung einzusetzen. Da der Nebel recht viele Einzelheiten bietet, ist man versucht, ihn zu groß zu zeichnen. Dies gilt insbesondere dann, wenn man ein ausgedehntes Sternfeld benutzt.

Die Umrisse werden mit einem harten Bleistift eingetragen. Zunächst achtet man

auf die Achsenlage der ovalen Figur und vor allem auf die korrekte Größe in Bezug auf die Sternmuster. Anschließend schaut man stärker auf die Besonderheiten des Umrisses. Hervorzuheben ist etwa die irreguläre Form des Ostrand.

Anschließend zeichnet man die beiden großen hellen Gebiete im Inneren ein und auch die deutlich sichtbare dunklere Stelle: Dunkle Stellen werden mit Punktlinien umrahmt. Im Abschluss dieses Schrittes hat man bereits eine vorzeigbare Zeichnung, die wesentliche Details von M 27 beinhaltet.

3. Feine Helligkeitsabstufungen ergänzen

Nebelobjekte zeigen feine Helligkeitsunterschiede, die sich erst durch die anhaltende Beobachtung und Indirektes Sehen erschließen. Dieser Teil der Zeichnung verlangt deshalb eine lang andauernde Beobachtung – die Prüfung, ob Einzelheiten tatsächlich real sind. Die feinen Helligkeitsunterschiede in den zwei hellen Gebieten der Hantel erfordern besondere Aufmerksamkeit, damit die Graduierung des Leuchtens und die genaue Lage wiedergegeben werden. Die Details in den schwächeren Nebelteilen sind hingegen nicht leicht zu entdecken und erfordern den Einsatz des gesamten beobachterischen Geschicks. Insbesondere sollte mit verschiedenen Vergrößerungen gearbeitet werden.

PRAXISTIPP

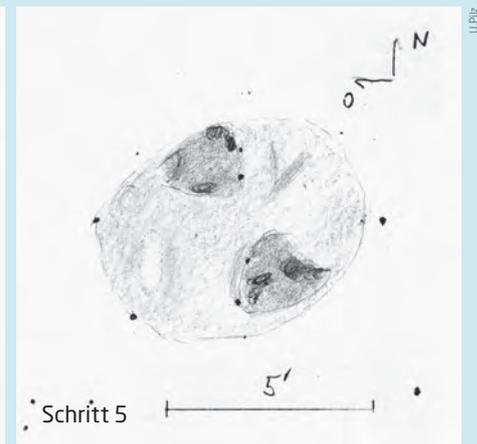
Ausrüstung und Material

- Mit schwachem Rotlicht beleuchtete Zeichenunterlage
- Zeichenkarton
- Bleistifte verschiedener Härtegrade
- Filzwischer (Estompen)
- Radiergummi



Schritt 4

▲ Abb. 4: Ergänzung der schwachen Sterne.



Schritt 5

▲ Abb. 5: Letzte Überarbeitung, Maßstab und Himmelsrichtungen.

Die Anwendung von Nebelfiltern hingegen erfordert eine zweite Zeichnung: In einem Bild sollten entweder Details ohne Filter oder solche mit Nebelfilter vereint werden.

Erschwert wird dieser Schritt dadurch, dass nach dem Zeichnen auch unter schwachem Rotlicht die Augen einige Sekunden Anpassung benötigen, um feinste Einzelheiten am Okular zu erfassen.

4. Schwache Sterne ergänzen

Am wichtigsten für diese Zeichnung sind Sterne im Inneren des Nebels oder direkt angrenzende Sterne. Diese werden zuerst eingesetzt. Da es sich um ein kleines Gebiet handelt, ist es unproblematisch, deren Lage im Nebel genau zu erfassen. Schließlich werden die schwächeren Sterne des Umfeldes ergänzt. Hier ist wieder viel Sorgfalt bei der Positionierung nötig: Wie bei den hellen Sternen wird die Position zunächst behelfsmäßig mit einem harten Stift eingesetzt und kontrolliert/korrigiert.

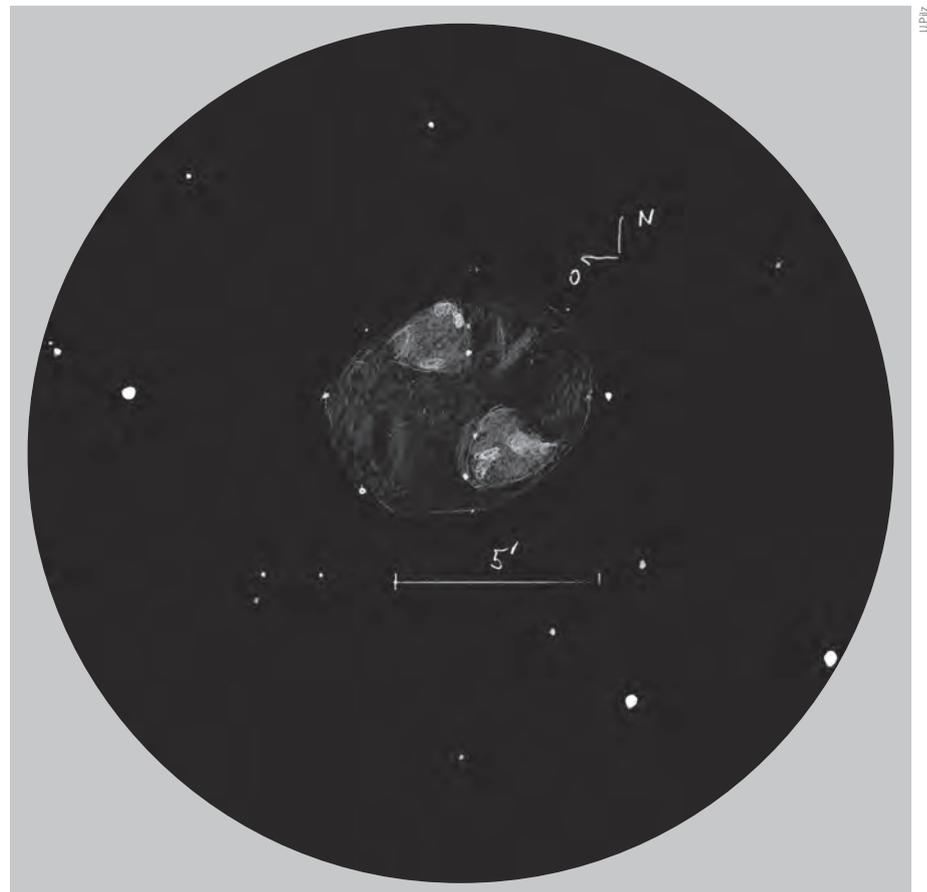
5. Zeichnung fertigstellen

Der letzte Feinschliff sollte am Schreibtisch erfolgen, mit gutem Licht und in einer

warmen Umgebung. Zu jeder Zeichnung gehören allgemeine Angaben wie Beobachtungsdatum und Instrument, aber auch ein Maßstabsbalken und die Angabe der Himmelsrichtungen. Aber auch die Zeichnung selbst gewinnt durch eine Überarbeitung.

Am Fernrohr als homogen gesehene Grautöne haben möglicherweise eine Strichstruktur durch die verwendenden Stifte. Dies kann man mit einem Estompen verbessern, um einheitliche Grautöne zu erhalten. Die gestrichelte Linie, welche das dunkle Nebelgebiet umreißt, stört. Sie wird mit einem

zugeschnittenen Radiergummistück entfernt. Wenn die Zeichnung als elektronisches Bild benötigt wird, muss sie eingescannt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Scanner-einstellungen so vorgenommen werden, dass der Kontrast am Bildschirm weitgehend mit dem des Papieroriginals übereinstimmt. Man kann erwägen, die Zeichnung zu invertieren. Dies ergibt einen besonders natürlichen Eindruck. Allerdings ist die Erkennbarkeit der Einzelheiten im Original einfacher: Das Auge kann helle Töne besser differenzieren als dunkle.



INTERAKTIV



Haben Sie Fragen zur visuellen Beobachtung und Beobachtungstechnik? Unser Experte Uwe Pilz beantwortet Sie an dieser Stelle! Unser Anfrageformular finden Sie unter:

☞ www.interstellarum.de/knowhow.asp

Volles Feld mit Mittelformat

Objektive für großformatige CCD-Kameras

von Ullrich Dittler

U. Dittler

▲ Abb. 1: **Riesiges Feld:** Die Aufnahme der Himmelsregion um den Nordamerikanebel (NGC7000) mit einem 150mm-Mamiya-Mittelformatobjektiv zeigt, wie viel Himmel großformatige CCD-Kameras zeigen können, wenn sie mit der geeigneten Aufnahmeoptik kombiniert werden. Summenbild aus 6 Aufnahmen von je 10min Belichtungszeit (7nm-H α -Filter).

Trotz des zunehmenden Einsatzes von DSLR auch in der Astrofotografie sind CCD-Kameras nach wie vor die Aufnahmeinstrumente der Wahl, wenn es um die Anfertigung von lang belichteten und tiefen Ast-roaufnahmen geht; bei der Erstellung von Schmalbandaufnahmen sind sie gar unumgänglich. CCD-Ka-meras werden zunehmend preiswerter und ihre Chips größer – zu groß für viele Aufnahmeoptiken. Eine interessante Option, um CCD-Kameras ohne Bildvignettierung einzusetzen, sind Fotoobjektive für Mittelformatkameras.

Chips bis zur Größe von rund 23mm × 15mm (d.h. bis zu einer Chipdiagonalen von rund 27mm) – dies entspricht der Größe der in preiswerten DSLR verbauten APS-C-Sensoren – werden in der Regel problemlos und ohne nennenswerte optische Fehler von den meisten Amateurlinientelestroskopen ausgeleuchtet. Der Umstieg von DSLR-Kameras auf Astro-CCD-Kameras mit den bekannten Chips KAF-3200 über KAF-8300 bis hin zu Kameras mit KAI-4022 kann daher meist problemlos erfolgen, ohne dass neue optische Schwächen des verwendeten Teleskops zutage treten.

Große Chips, hohe Anforderungen

Anders verhält es sich, wenn CCD-Kameras mit Vollformatchip – oder gar größer – eingesetzt werden: Bei Kameras mit Detektoren aus der KAI-11000-Reihe misst die Aufnahmefläche 35mm × 24mm, beim KAF-6303-Chip 27,7mm × 18,5mm. Diese großen Chips setzen Optiken voraus, die ein Bildfeld von mindestens 43mm fehlerfrei und gleichmäßig ausleuchten. Sollte neben den Aufnahmechips im Kameragehäuse auch noch ein Guiding-Chip eingebaut sein, so vergrößert sich das Bildfeld, das fehlerfrei und gleichmäßig ausgeleuchtet sein sollte sogar auf mindestens 50mm. Bei Kameras mit 16803-Chip (36,8mm × 36,8mm) ist sogar ein Bildfeld von 52mm (bzw. rund 60mm bei Verwendung eines internen Guiding-Chips notwendig).

Nicht wenige Teleskope in Amateurhand sind nicht in der Lage, ein solch großes Bildfeld fehlerfrei zu bedienen, so dass der Einsatz einer neuen und großformatigen CCD-Kamera nicht selten zunächst einmal

frustrierend beginnt, wenn die ersten Bilder heruntergeladen werden und am Bildrand Verzerrungen und/oder Vignettierungen zeigen. Der Einsatz eines Reducers/Flatteners mag in einigen Fällen Abhilfe versprechen – eine Alternative wäre der Einsatz eines lichtstarken Astrographen, d.h. eines für die Astrofotografie optimierten Teleskops (vgl. Themenheft Teleskope 2012). Es gibt aber auch preiswertere Alternativen.

Mittelformatobjektive als Alternative?

Noch zu Zeiten der filmbasierten Fotografie erlebte die Mittelformatfotografie, d.h. die Fotografie mit 4,5cm × 6cm bis 6cm × 9cm großen Negativ- oder Dia-Rollfilmen einen enormen Aufschwung. Neben Luxus-Herstellern wie Hasselblad (aus Schweden) und Rollei (aus Deutschland) dominierten die japanischen Hersteller Pentax und Mamiya den Markt. Alle Hersteller entwickelten auch ein umfangreiches Angebot an Mittelformatobjektiven, die diese großen Filmnegative ausleuchten. Bedingt durch den Bedeutungsverlust der filmbasierten Fotografie finden sich zahlreiche dieser Objektive inzwischen für kleines Geld bei den einschlägigen Internetauktionsplattformen wieder: gepflegte lichtstarke 80mm-Mittelformatobjektive mit Blende f/2,8 können beispielsweise für um 100€ ersteigert werden. Auch 150mm-Objektive mit der Lichtstärke f/2,8 sind erhältlich; die Gebrauchtpreise hierfür starten bei 300€. In diesem Preisbereich liegt auch ein Mittelformatobjektiv mit 210mm Brennweite bei f/4.

Auch längere Brennweiten wurden für die Mittelformatkameras hergestellt, wegen des



▲ Abb. 2: Mittelformatobjektive älteren Datums lassen sich mit modernen CCD-Kameras zu effektiven Weitfeldinstrumenten kombinieren, wie hier ein 80mm-Mittelformatobjektiv von Mamiya an einer SBIG STL-11000.

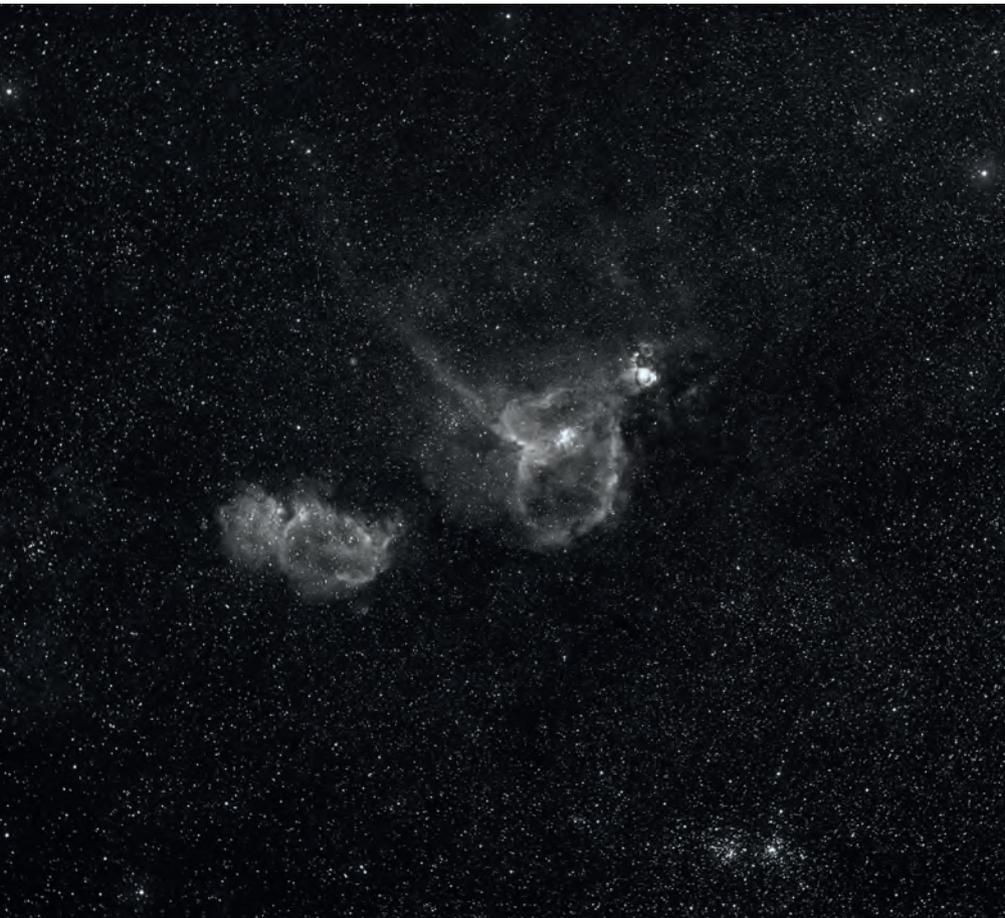
geringeren Angebots auf dem Gebrauchtmarkt steigen hier jedoch die Preise schnell an. Insgesamt zeigt ein Blick in die bekannten Online-Auktionshäuser, dass die verbreiteten japanischen Mamiya- und Pentax-Objektive zahlreicher – und damit auch preiswerter – angeboten werden, als die entsprechenden Linsen des schwedischen Herstellers Hasselblad, für dessen Edel-Optiken leicht die doppelten oder dreifachen Preise aufgerufen werden.

Die genannten Objektive wurden ursprünglich für die mindestens 4,5cm × 6cm großen Negative der Mittelformatkameras hergestellt; die Objektive bedienen damit eine Bilddiagonale von mindestens rund

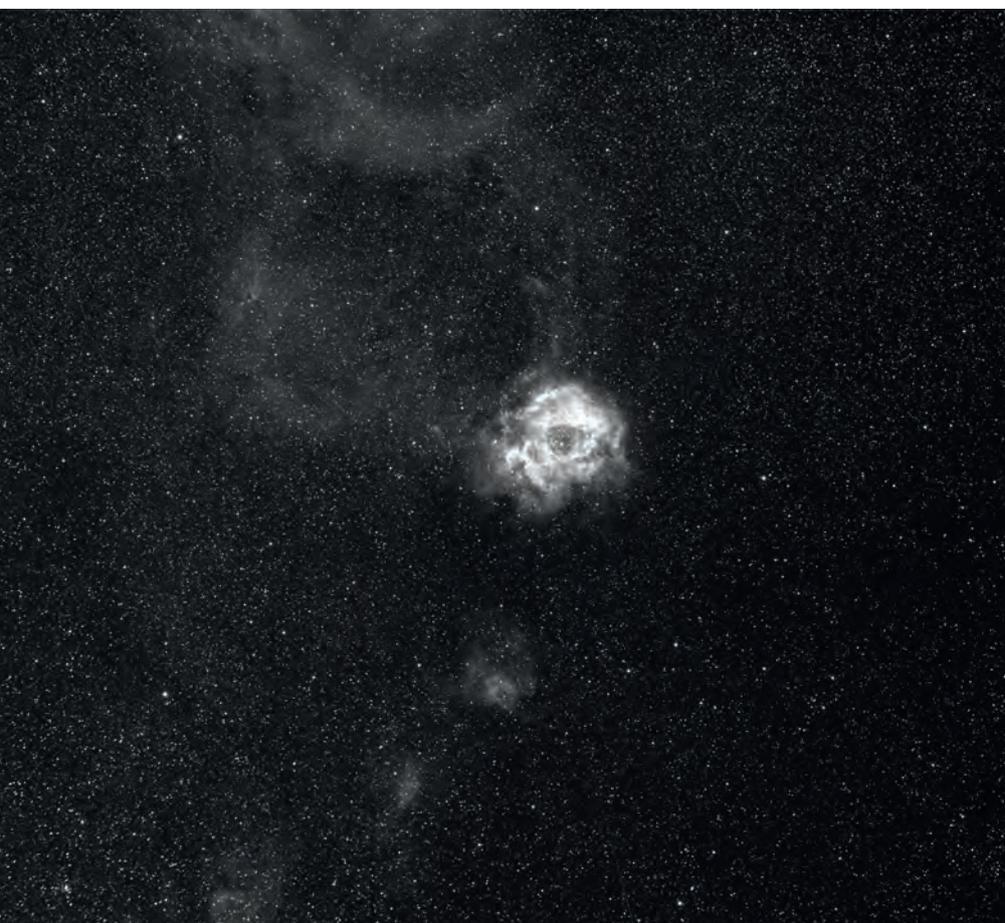
▼ Abb. 3: Zwei Adapterlösungen zum Anschluss von Mittelformatobjektiven an großformatigen CCD-Kameras: a) eine Kombination zweier Adapter (Mittelformatbajonett/Canon-Bajonett und Canon-Bajonett/Kamera), b) ein Adapter vom Mittelformat-Bajonett direkt auf den Kameraanschluss. Beachtlich ist der unterschiedliche freie Durchlass der Lösungen: Bei der Kombination der beiden Adapter mit Canon-Bajonett (c) ergibt sich ein freier Durchlass von rund 40mm. Bei der Verwendung des speziellen Adapters zum Anschluss von Mittelformatobjektiven an der CCD-Kamera steht ein Durchlass von 50mm zur Verfügung (d).



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



▲▼ Abb. 4: Beispielbilder, aufgenommen mit einem 150mm-Mittelformatobjektiv von Mamiya mit SBIG STL-11000. Oben: Aufnahme der Himmelsregion um den Herznebel (IC1805/IC 1848), 10×10min, 7nm-Ha-Filter. Unten: Aufnahme der Himmelsregion um den Rosettennebel, 8×10min, 7nm-Ha-Filter.



75mm und sind damit – auf den ersten Blick – bestens geeignet, um auch größere CCD-Chips gleichmäßig auszuleuchten.

Anschluss an die Kamera

Zum Anschluss von Mittelformatobjektiven an eine Astro-CCD gibt es zwei unterschiedliche Möglichkeiten: Zum einen gibt es für sehr viele Astro-CCD-Kameras Adapter, die den Anschluss von handelsüblichen Canon- oder Nikon-Objektiven ermöglichen (die Preise sind je nach Hersteller recht unterschiedlich) und diese Adapter lassen sich natürlich auch mit Adaptern kombinieren, die den Anschluss von Mittelformat-Objektiven an das Canon- oder Nikon-Bajonett ermöglichen (der Preis für diese Adapter beträgt rund 50€). Diese Lösung ist relativ preiswert, hat jedoch den Nachteil, dass die Kombination aus zwei Adaptern die Objektiv nicht ganz spielfrei trägt und auch die freie Öffnung dieser beiden kombinierten Adapter nur rund 40mm beträgt. Die Mittelformatobjektive können daher ihre Stärke an dieser Adapterkombination nicht voll ausspielen.

Alternativ fertigt die Firma Gerd Neumann kundenspezifische Adapter, die den Anschluss von Mittelformatobjektiven direkt an der kundenspezifischen CCD-Astrokamera ermöglicht. Der im Rahmen dieses Beitrags verwendete Adapter zum Anschluss der Mamiya-Objektive an die SBIG STL-11000 bietet – bei einem Preis von 230€ – die Möglichkeit, die Objektiv spielfrei und verkippungsfrei an der Kamera zu adaptieren. Darüber hinaus bietet der Adapter eine freie Öffnung von 52mm, so dass die Mittelformatobjektive ihre Stärke auch an dem Vollformatchip der CCD-Kamera ausspielen können.

Im nächtlichen Einsatz

Inwieweit die lichtstarken, aber gebrauchten und in die Jahre gekommenen Mittelformatobjektive mit modernen CCD-Chips von Astro-CCD-Kameras zusammenspielen, sollten einige Objektiv später im nächtlichen Einsatz beweisen.

Die im Rahmen dieses Beitrags verwendete Astro-CCD-Kamera vom Typ SBIG STL-11000 verfügt zum einen über einen integrierten Guiding-Chip und zum anderen über ein integriertes Filterrad, so dass es sich anbot, im Herbst und Winter mit der Kamera zunächst auf die Jagd nach ausgedehnten Nebelgebieten in Ha zu gehen.

Im nächtlichen Einsatz zeigte sich, dass die Verstellung des Fokus an den gebrauchten Mamiya-Objektiven recht leicht vonstatten ging – so leicht, dass der Fokus sich bei einem Schwenk der Kamera-Objektiv-Kombination über den nächtlichen Himmel immer wieder verstellte. Diese Defokussierung musste leider auch bei längeren Aufnahmeserien beobachtet werden. Da die aus Kunststoffhebel und Kabelbindern bestehende Lösung keine Möglichkeit zur Arretierung der Fokusposition bietet, kann mit ihr zwar einigermaßen exakt fokussiert werden – der Fokus ging jedoch während der Aufnahmeserie wieder verloren (vgl. Praxistipp).

Deutlich besser im nächtlichen Einsatz schlug sich die FixFokus-Fokussierhilfe: Ein feinfühliges Fokussieren war mit der Mikrometerschraube problemlos möglich – und diese Fokussierhilfe arretiert anschließend gleichermaßen die Fokusposition, so dass sich auch bei mehrstündigen Aufnahmeserien der Fokus nicht unerwartet verstellte. Die rund 7mm Verstellweg der Mikrometerschraube erwiesen sich als ausreichend, um auch bei der Verwendung verschiedener Farb- oder Schmalbandfilter stets den exakten Fokus einstellen zu können.

Bei der verwendeten Astro-CCD ist der Aufnahmechip – bedingt durch den im Gehäuse ebenfalls integrierten Guidingchip – nicht mittig zur optischen Achse der Aufnahmeoptik positioniert. Dies führt auch bei Verwendung der lichtstarken Mamiya-Mittelformatobjektive zu einer leichten Abschattung an einer Chipseite. Diese schwache Vignettierung kann jedoch durch den Einsatz von Flats bei der Bildbearbeitung komplett eliminiert werden.

Die für die analogen Filme entwickelten Optiken liefern voll aufgeblendet auch an den modernen Astro-CCD-Kameras ein gutes Bild; die Abbildungsqualität kann durch leichtes Abblenden, beispielsweise auf $f/4$, weiter gesteigert werden.

Fazit

Auf der Suche nach lichtstarken Optiken für moderne, großformatige Astro-CCD-Kameras lohnt es sich, einen Blick auf gebrauchte Mittelformatobjektive zu werfen: Bereits die »nur« für $4,5\text{cm} \times 6\text{cm}$ -Mittelformat gerechneten preiswerten japanischen Optiken liefern an Astro-CCD-Kameras ein überzeugendes Bild. Wie mag das Ergebnis erst aussehen, wenn die qualitativ

PRAXISTIPP

Hilfen zur Fokussierung

Die Steuerung der Blende erfolgt manuell. An den Mittelformatobjektiven kann meist eingestellt werden, ob die Blendensteuerung durch die angeschlossene Mittelformatkamera erfolgen soll – diese Funktion wird bei Verwendung an einer Astro-CCD-Kamera natürlich nicht unterstützt – oder ob die Blendenwahl am Objektiv direkt erfolgt. Im Gegensatz zu modernen DSLR-Objektiven verfügen die alten Mittelformatobjektive weder über einen Autofokus noch über Bildstabilisatoren. Um auch mit den Mittelformatobjektiven den exakten Fokuspunkt zu finden, gibt es verschiedene Hilfen: Eine sehr preiswerte Möglichkeit ist die Anbringung eines kleinen Kunststoffhebels mit einem klassischen Kabelbinder am Fokus-Ring des Objektivs (Hebel und zwei Kabelbinder sind im Paket für rund 10€ erhältlich). Mit diesem Hebel

lässt sich dann halbwegs feinfühlig die Fokusposition des Objektivs verändern, während auf dem angeschlossenen Computermonitor das Kamerabild und die Sternabbildung kontrolliert werden können. Leider hat bei dieser preiswerten Lösung der Hebel ein wenig Spiel, so dass die Verschiebung des Fokus nicht immer so feinfühlig erfolgt wie gewünscht. Eine sehr durchdachte Lösung zur feinen Fokussierung von Objektiven ist unter dem Namen »FixFokus« von der Fa. Astrotech erhältlich: Dieser Fokussieraufsatz besteht im Wesentlichen aus einer Mikrometerschraube, die den Fokusring des Objektivs sehr feinfühlig – und dank ihrer $1/100\text{mm}$ -Einteilung auch jederzeit reproduzierbar – verschiebt. Diese (mit knapp 90€) nicht ganz preiswerte Lösung zur exakten Fokussierung arbeitet zuverlässig und spielfrei.



U. Dittler

▲ Zwei Lösungen für das manuelle Scharfstellen: mit Kabelbinder befestigter Kunststoffhebel zur Fokussierung am 80mm-Mittelformatobjektiv (links) und Mikrometerschraube zur Fokussierung am 150mm-Mittelformatobjektiv (rechts).

hochwertigeren und für $6\text{cm} \times 6\text{cm}$ -Filme gerechneten Objektive von Hasselblad das Bild des nächtlichen Sternhimmels auf den CCD-Chip bannen?

Ein faszinierender Effekt des Einsatzes der lichtstarken Mittelformatobjektive für die Astrofotografie liegt zudem darin, dass die meist kurzbrennweitigen Objektive einen deutlich größeren Himmelsausschnitt abbilden und so die bekannten Objekte eingebettet in ihrem meist weniger beachteten Umfeld zeigen.

SURFTIPPS

Homepage des Autors:

☞ www.sternenstau-observatorium.de

Mittelformat auf Astro-CCD-Adapter:

☞ www.gerdneumann.net

FixFokus FF65 Feinfokussierer:

☞ astrotech.de/produkte/fokussierer-ff65-4

Fokussierhilfe aus Kunststoff:

☞ tinyurl.com/c98o2b5

Inside Pix Insight

Ein Workshop für Astrofotografen

von Daniel Gütl

Teil 3: Entrauschen und Schärfen

© Gütl

▲ Abb. 1: Sharpless 157, eine Nebelregion in der Herbstmilchstraße an der Grenze zwischen Cassiopeia und Cepheus. Die gesamte Bearbeitung des HaRGB-Komposites wurde mit PixInsight durchgeführt.

Jeder der schon einmal ein Astrofoto bearbeitet hat, kennt die Probleme: das Bildrauschen dominiert, da zu wenig Belichtungszeit genutzt werden konnte. Weitere Daten zu beschaffen ist jedoch nicht mehr möglich. Und die Spiralstruktur der Galaxie ist einfach nicht so scharf wie auf anderen Bildern – wie bekommt man das hin? Einige Werkzeuge in PixInsight stellen sich diesen Problemen. Wichtig ist jedoch zu beachten, wann diese angewendet werden.

Wie so oft in der astronomischen Bildbearbeitung ist es hier schwierig einen Erfolg zu erzielen, ohne zusätzliche Artefakte in das Bild einzubringen. Falsches Anwenden der richtigen Werkzeuge kann deshalb zu sehr schlechten Ergebnissen führen.

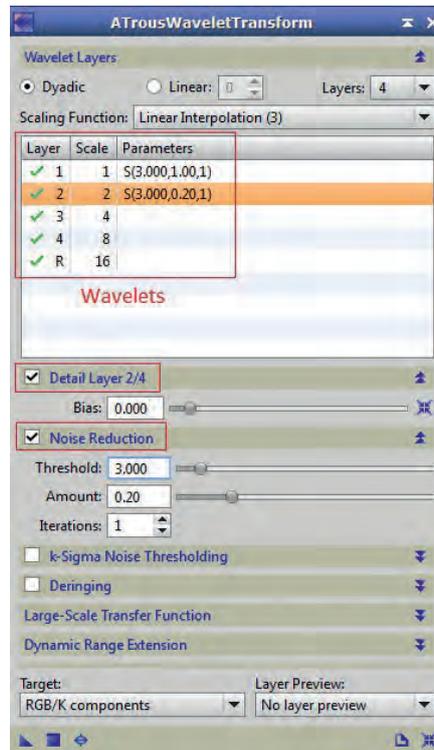
Rauschreduktion im linearen Bereich

Das Werkzeug »AtrousWaveletTransform« greift direkt auf die einzelnen Ebenen eines Bildes, »Wavelets« genannt, zu. Die 1. Wavelet-Ebene besteht dabei aus allen Details, die genau einen Pixel groß sind, das 2. Wavelet aus Details, die vier Pixel (analog 2x2-binning) groß sind.

Mit »AtrousWaveletTransform« hat man die Möglichkeit, einzelne Ebenen extra auszuwählen und so sehr gezielt auf Rauschstrukturen bestimmter Größe einzugehen. Eine Verwendung von Masken ist anzuraten, da sonst auch helle Details wie Sterne mit bearbeitet werden, wodurch die Schärfe im Bild leidet. Diese Methode wurde speziell dafür entwickelt, schon im linearen Datenbereich angewandt zu werden.

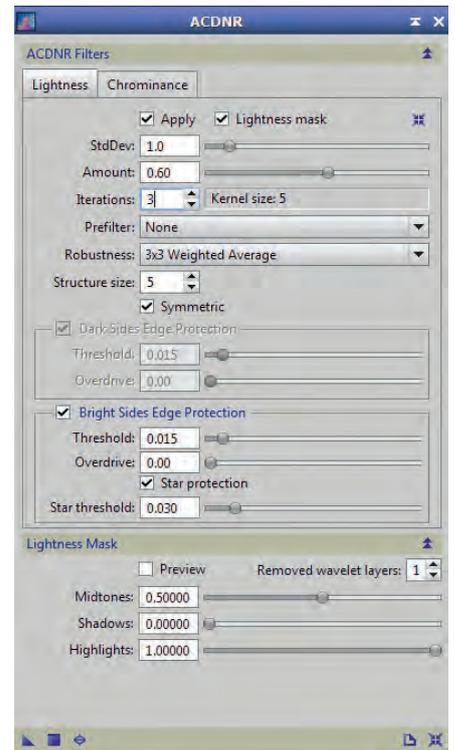
Ein Anwendungsgebiet für dieses Tool ist ein erster Bearbeitungsschritt zur Reduzierung des Rauschens, nachdem man ein kalibriertes LRGB-Bild erstellt hat. Es greift generell im linearen Bereich und dient speziell dazu, Rauschstrukturen von wenigen Pixeln Größe abzuschwächen.

Als erstes wählt man die »Scaling Function« (Standard: Linear 3), welche für



▲ Abb. 2: In »AtrousWaveletTransform« kann man im linearen Bereich sowohl Schärfe als auch Entrauschen. »Bias« im Bereich »Detail Layer« muss erhöht werden, um zu schärfen.

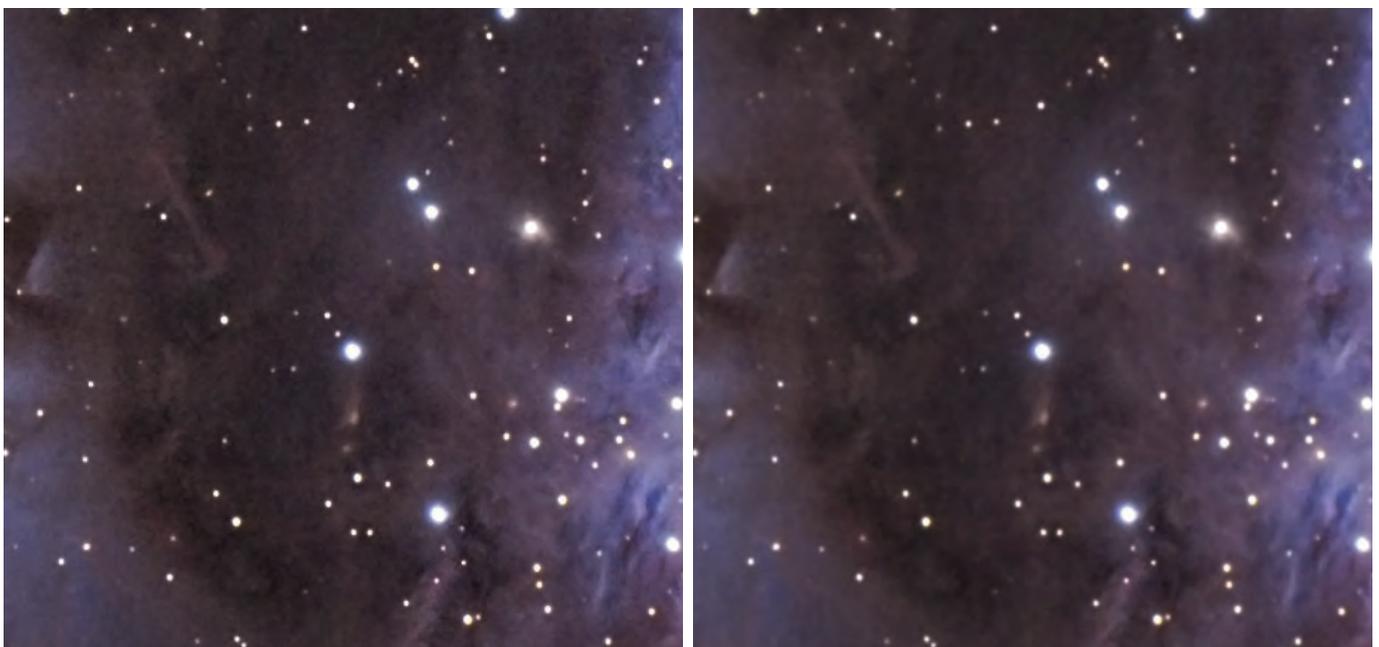
Rauschen in kleinem Maßstab optimiert ist. Für jede Ebene können nun eigenständig Werte für die Rauschreduzierung eingegeben werden. Dafür benötigt man nur die Funktion »Noise Reduction« und ihre drei Parameter: »Threshold« (welche Ausreißer sollen entfernt werden), »Amount« (wie stark wirkt die Reduzierung) und »Iterations« (Wiederholungen des Vorganges). Zu empfehlen ist



▲ Abb. 3: Die Funktion »ACDNR« dient der Rauschreduzierung von Astrofotos mit nichtlinearen Bilddaten.

es, mit den Standardwerten in den ersten zwei Wavelets (1 und 2) zu starten und die Echtzeitvorschau zu aktivieren. Wenn man den Haken bei »Detail Layer« setzt und den Biaswert erhöht, wird das Bild geschärft. So erfüllt dieses Werkzeug eine Doppelfunktion. Dies wird jedoch nicht empfohlen, da andere Funktionen in PixInsight wesentlich besser beim Schärfen funktionieren.

▼ Abb. 4: Ein Astrofoto vor (links) und nach einer Entrauschung durch ACDNR (1,5 Pixel Stdev, 0,40 Amount, 3 Iterations) im nichtlinearen Bereich.



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

PRAXISTIPP

Verwendete Werkzeuge

Atrous Wavelet Transform:

- ☞ Process → Multiscale Processing → AtrousWaveletTransform

ACDNR:

- ☞ Process → Noise Reduction → ACDNR

GreyC Storation:

- ☞ Process → Noise Reduction → GreyCstoration

SCNR:

- ☞ Process → Noise Reduction → SCNR

Multiscale Median Transform:

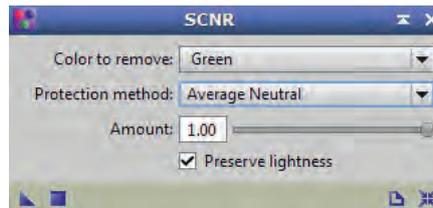
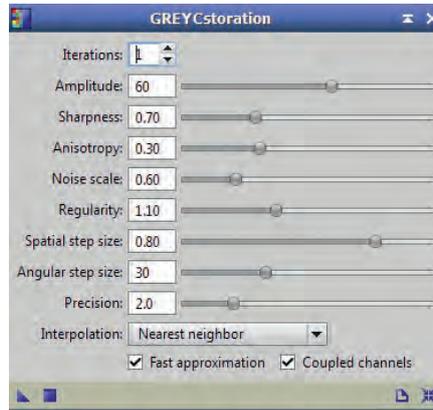
- ☞ Process → Multiscale Processing → MultiscaleMedianTransform

Rauschreduktion im nichtlinearen Bereich

»Adaptive Contrast Driven Noise Reduction« (kurz ACDNR, Process → Noise Reduction → ACDNR) eignet sich für den nichtlinearen Bereich. Es gliedert sich in zwei Abschnitte, den Helligkeitsbereich (»Lightness«) und den Farbbereich (»Chrominance«). Durch einen Haken bei »apply« kann dieser aktiviert oder deaktiviert werden.

Bei diesem Werkzeug wird man mit einigen Einstellungen konfrontiert: Der Haken bei »Lightness Mask« schaltet eine automatisch generierte Helligkeitsmaske zu, die unter dem Menüpunkt Lightness Mask konfiguriert werden kann. Dies ist nur dann notwendig, wenn man zuvor keine Maske für das Bild generiert hat. Die Helligkeitsmaske schützt dann vor allem Sterne und helle Stellen des Bildes vor einer Rauschreduzierung.

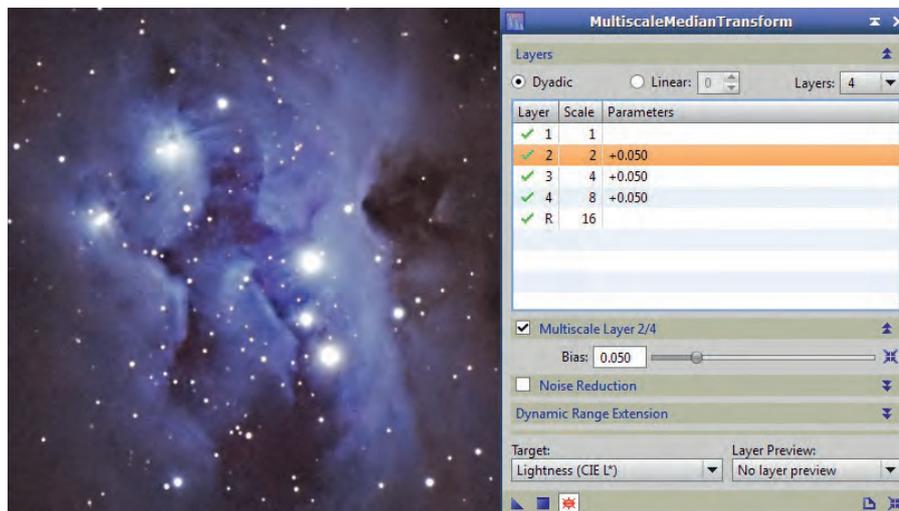
»StdDev« ist die Standardabweichung des Tiefpassfilters und sollte im Normalfall



zwischen 1 und 2 liegen. »Amount« gibt die Stärke des Effekts an. »Iterations« sind die Wiederholungen des Prozesses. Hier kann es sinnvoll sein, den »Amount« zu verringern und dafür die »Iterations« zu erhöhen (ausprobieren!). »Structure size« gibt an, ab welcher Größe eine Struktur vom Algorithmus ausgenommen ist, also geschützt wird. Größe 5 bedeutet hier z.B., dass Sterne größer als 5x5 Pixel nicht mehr betroffen sind. Außerdem können in dieser Funktion noch extra Parameter für den Schutz heller und dunkler Strukturen eingestellt werden, wobei hier die Standardwerte meist schon sehr gute Ergebnisse liefern (Echtzeitvorschau aktivieren und ausprobieren wird empfohlen!).

Rauschreduktion analog zu Photoshop

»GreyCStoration« ist keine eigentliche PixInsight-Funktion, sondern ein Werkzeug, das



◀ Abb. 5: »GreyCstoration« bietet viele Regler, unter denen Laien sich wenig vorstellen können, hier hilft leider nur ausprobieren! Für Astrofotos ist diese Funktion nicht zu empfehlen.

▼ Abb. 6: Das einfachste Werkzeug um schnell Farbrauschen in einem Kanal zu vermindern ist »SNCR«. Es müssen nur die Stärke »Amount« und der Farbkanal eingestellt werden.

als Plugin integriert wurde. Es ist bereits in vielen anderen Bildbearbeitungsprogrammen (u.a. Gimp) vorhanden und wurde auf Wunsch von Programmnutzern eingebaut. Es eignet sich zur leichten Rauschminderung im nichtlinearen Bereich, wobei hier jedoch ACDNR meist bessere Ergebnisse liefert. GreyC Storation wird empfohlen, wenn man ein Tageslichtbild mit PixInsight bearbeiten möchte (auch das ist möglich!), aber wenn man mit ACDNR umgehen kann, bleibt es nur zweite Wahl.

Reduktion von Farbrauschen in einem Farbkanal

»Subtractive Chromatic Noise Reduction« (kurz SCNR) ist sehr nützlich am Ende einer Bildbearbeitung, wenn noch ein Farbstich geblieben ist. Dies kommt oft vor bei DSLR-Bildern im Grünkanal (da hier die Bayermatrix Grün doppelt gewichtet) oder wenn generell Farbrauschen in einem Farbkanal stärker vorhanden ist. Die Anwendung von SCNR ist dabei denkbar einfach, in den Standardeinstellungen liefert es schon gute Ergebnisse. Die Funktion muss nur in der Intensität angepasst werden und kann auch öfters hintereinander eingesetzt werden. Dabei muss man jedoch darauf achten, dass der Weißabgleich der Sterne sich nicht ändert. Probleme kann es geben, wenn man grüne Nebelanteile im Bild hat (z.B. bei Planetarischen Nebeln). Hier würde bei den Standardeinstellungen auch der Nebel angegriffen werden. Abhilfe schafft hier die Methode »Maximum Neutral«.

Schärfen in PixInsight

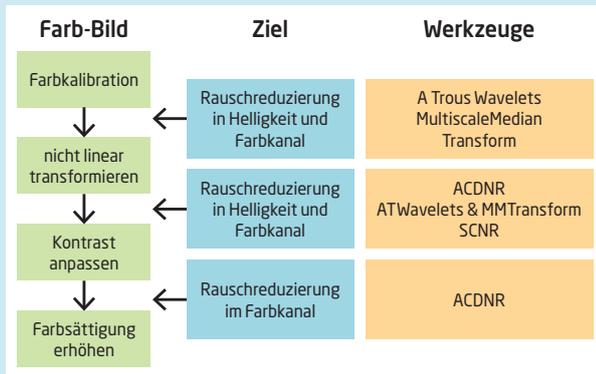
Das »Modul Multiscale Median Transform« (kurz MMT) wirbt mit artefakt-freiem Schärfen im Gegensatz zu den meist benutzten unscharfen Masken oder dem Schärfen mit einem Hochpassfilter.

◀ Abb. 7: Zum Schärfen in »MultiscaleMedianTransform« muss man den gewünschten Wavelet-Layer auswählen und den Biaswert ändern.

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

PRAXISTIPP

Die richtige Reihenfolge



▲ Die Ziele der Rauschreduzierung und die Stellen im Workflow, wo die jeweiligen Methoden verwendet werden sollten. Anstatt einmal am Ende der Bildbearbeitung eine Rauschreduzierung durchzuführen, kann schon während der Bearbeitung öfters und zielführender eingegriffen werden. Diese Strategie wurde erstmals 2004 von Juan Conejero vorgeschlagen.

Rauschreduzierung sollte immer einer der ersten Schritte nach Erstellung des Farbbildes (und Farbkalibrierung) sein, es ist also ein Prozess, der im linearen Bereich am besten funktioniert. Man sollte hier sehr vorsichtig vorgehen, weniger ist hier oft mehr. Details müssen geschützt und das Bild muss sorgfältig analysiert werden, um Bildrauschen und Bilddetails voneinander zu unterscheiden. Um Farbrauschen entgegen zu wirken, sollte die Rauschreduzierung vorgenommen werden, bevor man die Sättigung eines Bildes anhebt, nicht erst anschließend, wenn das Rauschen dann deutlicher auftritt.

Außerdem kann auch eine Rauschreduzierung ähnlich dem AtrousWavelet-Tool durchgeführt werden. Man selektiert auch hier das Wavelet der jeweiligen Größe und stellt über den Biaswert die Stärke des Effektes ein. Die Echtzeitvorschau zeigt sofort, was sich am Bild ändert.

Von Vorteil ist es, bei »Target« die Luminanz oder die Helligkeit auszuwählen, da man sonst zusätzliches Farbrauschen in das Bild bringt. Nicht vergessen darf man, dass Schärfe das Gegenteil von Weichzeichnen (Entrauschen) ist, hier sollte man also auch mit Helligkeitsmasken arbeiten und nur helle Details scharfzeichnen. Das MMT-Werkzeug verhindert dabei, dass sich dunkle Höfe (Ring-Artefakte) um Sterne und Bereiche sehr starken Kontrastes bilden.

In der nächsten Ausgabe geht es um Deconvolution und darum, wie man richtig Nebel aufhellt.

SURFTIPPS



Weitere Tutorials zum Thema Masken:

www.skypixels.at/pixinsight_tutorials.html



◀ Abb. 1: Vorbereitete Testkamera, bei der alle notwendigen Einstellungen vorgenommen worden sind: die Wahl der Bildaufzeichnung im RAW-Format, die manuelle Belichtungssteuerung mit 10s Belichtungszeit und die manuelle Einstellung des ISO-Wertes, hier ISO 400.

(»Darkframe«) kann das Dunkelstromrauschen gut erfasst werden, wenn man von einem betragsmäßig kleineren, statistischen Anteil einmal absieht.

Sehr aufschlussreich kann es sein, eine Messreihe zu starten, bei der ein ausgesuchter Parameter variiert wird, um das Rauschverhalten in Relation zu diesem Parameter zu bestimmen. Dafür infrage kommen der ISO-Wert, die Belichtungszeit oder, falls entsprechende Testumgebungen geschaffen werden können, auch die Temperatur. Verändert wird während der Testreihe nur der jeweils ausgesuchte Wert, während alle anderen in einer praxisnahen Einstellung belassen werden.

Im folgenden Beispiel möchte ich das Rauschverhalten einer alten mit einer aktuellen Digitalkamera bei verschiedenen ISO-Werten vergleichen.

1. Vorbereitungen treffen

Bei der Gewinnung der Testaufnahmen sind einige Punkte zu beachten. Versetzen Sie die Kameras in den manuellen Modus (Einstellung »M«) und stellen Sie die Belichtungszeit auf beispielsweise 10s ein (Abb. 1). Die Kameras sollten einige Stunden Zeit haben, sich an die Temperatur der Testumgebung anzupassen. Statt eines Objektivs wird ein Gehäusedeckel in das Bajonett eingesetzt. Um Lichteinfall durch das Okular zu vermeiden, empfehle ich für die Durchführung der Testreihe eine völlig dunkle Umgebung.

Schritt-für-Schritt

Welche Kamera hat weniger Dunkelstromrauschen?

von Stefan Seip

Der Kampf der Astrofotografen mit dem elektronischen Bildrauschen will nicht enden, auch wenn sich immer neue Kameramodelle mit Versprechungen in dieser Hinsicht gegenseitig überbieten. Tatsächlich kann ein ungünstiges Signal-zu-Rausch-Verhältnis ein ansonsten gelungenes Astrofoto stark beeinträchtigen. Daher ist es nicht grundlos, bei der Suche nach Maßnahmen, die das Bildrauschen in Grenzen halten, alle Register zu ziehen. Dazu

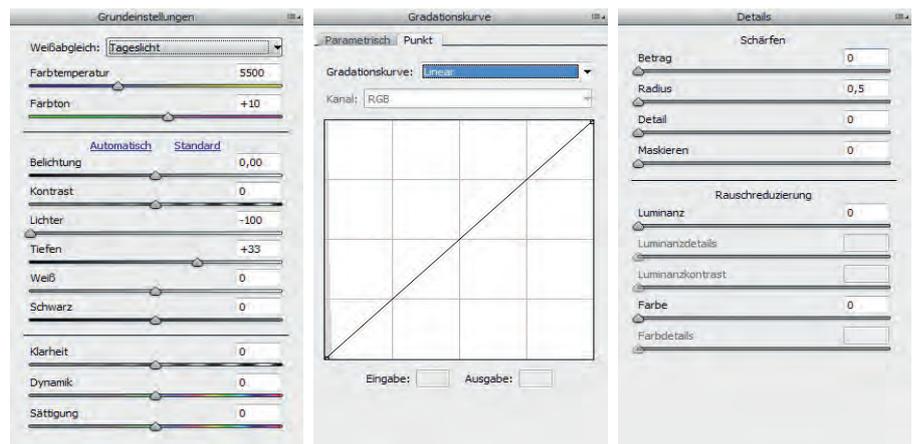
gehört auch die immer wieder auftauchende Frage, ob nun dieses oder jenes Kameramodell dem jeweils anderen überlegen ist.

In diesem Beitrag möchte ich aufzeigen, wie das relative Dunkelstromrauschen digitaler Kameras selbst gemessen werden kann. Unter dem Dunkelstromrauschen wird jener Rauschanteil verstanden, den eine Digitalkamera während einer Belichtung auch dann produziert, wenn kein Licht auf den Sensor fällt. Durch ein Dunkelbild

▼ Abb. 2: Unter dem Stichwort »Bildqualität« lässt sich das RAW-Format einstellen. RAW-Formate mit reduzierter Auflösung (hier: »mRAW«, »sRAW«) sind zu vermeiden, es sei denn, man möchte das Rauschverhalten gerade dieser Dateiformate untersuchen.



▼ Abb. 3: Drei wichtige Register des RAW-Konverters »Adobe Camera Raw 7.3«, von links nach rechts »Grundeinstellungen«, »Gradationskurve« und »Details« mit den jeweils empfohlenen Einstellungen.



2. Dunkelbilder anfertigen

Lösen Sie nun pro Kamera und ISO-Wert einmal aus, um Dunkelbildaufnahmen zu produzieren. Währenddessen sind die Kameras wie folgt zu konfigurieren: Die Bildqualität muss auf »RAW« eingestellt sein (Abb. 2). Alle Einstellungen in den Kameramenüs, die zu einer Rauschverminderung beitragen sollen, sind zu deaktivieren: Namentlich sind das Dinge wie »Rauschreduzierung bei Langzeitbelichtung«, »High ISO Rauschreduzierung« und ähnlich klingende Menüeinträge.

3. RAW-Dateien entwickeln

Bei der RAW-Konvertierung müssen Sie streng darauf achten, dass a) für alle Aufnahmen exakt die gleichen Einstellungen verwendet werden und b) dabei rauschreduzierende oder schärfende Einflüsse unterbleiben. Für das Beispiel »Adobe Camera Raw 7.3« sollen die wichtigen Einstellungen genannt werden: Zunächst ist der Weißabgleich für alle Aufnahmen identisch einzustellen, etwa »Tageslicht«. Weiter geht es mit der Registerkarte »Gradationskurve«, wo Sie die Einstellung »Linear« wählen. Schließlich bewegen Sie in der Registerkarte »Details« sämtliche Regler auf »Null«, also an den linken Anschlag (Abb. 3). Alle nicht genannten Einstellungen verbleiben in ihrer jeweiligen Standardposition.

Es empfiehlt sich, die getätigten Einstellungen abzuspeichern, damit sie für zukünftige Tests dieser Art in identischer Weise wieder abrufbar sind. Dazu klickt man in dem Balken, der den Namen der Registerkarte enthält, auf das kleine Symbol auf der rechten Seite. In dem erscheinenden Menü findet sich der Punkt »Einstellungen speichern...«

4. Im JPG-Format speichern

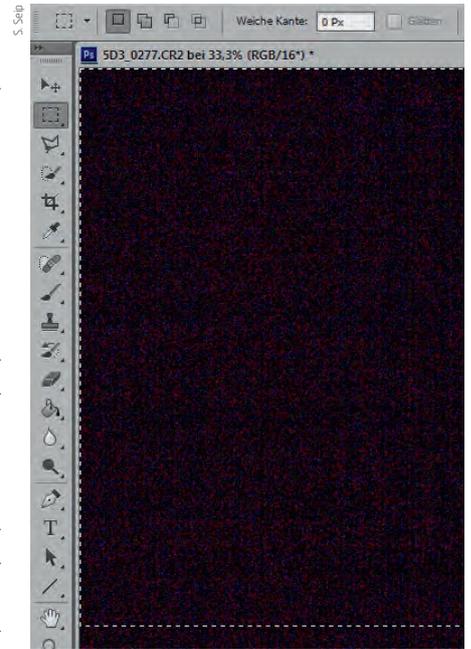
Aus den entwickelten Aufnahmen schneiden Sie einen immer gleich großen Bereich heraus, beispielsweise ein 1500 mal 1500 Pixel großer Ausschnitt. Er darf keinesfalls größer sein als das, was die Testkamera mit der geringsten Pixelzahl zu bieten hat.

Die Bildausschnitte sind freilich immer am gleichen Ort vorzunehmen, etwa die linke, obere Bildecke. Wählen Sie in Photoshop zunächst das Auswahl-Rechteckwerkzeug (Tastenschlüssel M) und stellen Sie bei den Eigenschaften dieses Werkzeugs »Feste Größe« mit den Parametern »1500Px« als Breite und Höhe ein. Mit der Maus schieben Sie das durch einen Klick ins Bild entstehende Quadrat jeweils in die stets gleiche Bildecke, ohne aber über den Bildrand hinauszuschießen (Abb. 4). Danach wählen Sie den Befehl »Bild/Freistellen«, der das Dunkelbild auf die Ausmaße des ausgewählten Quadrats zuschneidet.

Das so entstandene Bild speichern Sie mit dem Befehl »Datei/Speichern unter...« im Format »JPEG« und stellen unter »Bildoptionen« bei der »Qualität« den Maximalwert ein, also 12. Vergeben Sie einen »redenden Dateinamen«, um den Überblick zu bewahren, also etwa »D30_Dark_10sek_ISO400«. Als Referenzbild ohne jegliches Rauschen können Sie mit dem Befehl »Datei/Neu...« eine ebenfalls 1500 mal 1500 Pixel große Datei erstellen und auf die gleiche Weise als JPG abspeichern.

5. Auswertung

Die Dateigröße erlaubt nun einen mittelbaren Rückschluss auf das enthaltene Bildrauschen: Je größer die Datei ist, desto

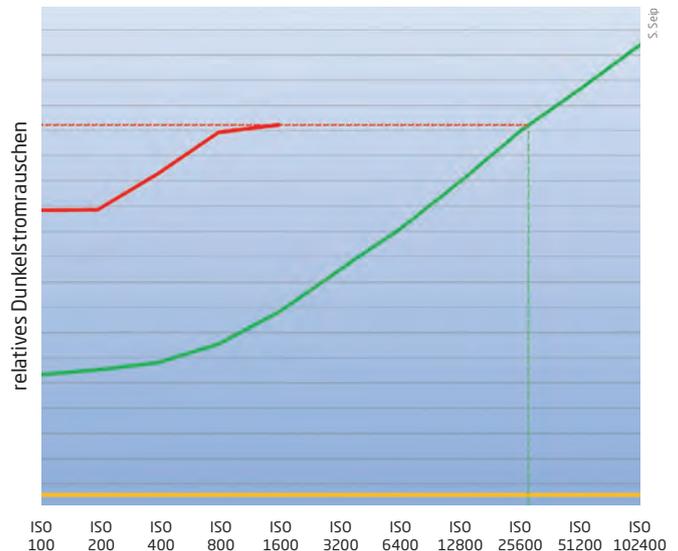


▲ Abb. 4: Platzierung eines Auswahlrechtecks mit der fixen Größe 1500 x 1500 Pixel in Photoshop.

weniger kann es dem JPG-Kompressionsalgorithmus gelingen, die Dateigröße klein zu halten, desto »unterschiedlicher« sind Helligkeit und Farbigkeit der einzelnen Pixel. Um die Dateigröße auf das Byte genau zu ermitteln, verwenden Sie am besten die »Eingabeaufforderung« (DOS-Fenster) von Windows mit dem »dir «-Befehl oder klicken die Dateien im Windows-Explorer einzeln mit der sekundären Maustaste an, wählen im Kontextmenü den Eintrag »Eigenschaften«. Unter »Größe« finden Sie den gesuchten Wert.

Die ermittelten Zahlenwerte können Sie zur besseren Darstellung in ein Tabellenkalkulationsprogramm eingeben und daraus anschauliche Graphen erzeugen (Abb. 5).

► Abb. 5: **Auswertung der Messreihe.** Verglichen wurde das Dunkelstromrauschen einer alten Kamera (Canon EOS D30 aus dem Jahr 2000, rote Kurve) mit dem eines aktuellen Modells (Canon EOS 5D Mark III, Markteinführung 2012, grüne Kurve). Die gelbe Kurve zeigt das Niveau des Referenzwertes, gebildet von einer Datei ohne jegliches Rauschen. Das relative Dunkelstromrauschen der aktuellen Kamera bewegt sich auf erheblich (!) niedrigerem Niveau als bei der alten Kamera, obwohl deren



Pixel absolut gesehen größer sind (D30: Kantenlänge eines Pixels 10,5µm; 5D Mark III: 6,25µm). Der maximale einstellbare ISO-Wert bei der D30 beträgt 1600. Das dabei auftretende Dunkelstromrauschen gleicht dem der 5D Mark III bei ISO 25600 (gestrichelte Linien).

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

INTERAKTIV

Haben Sie Fragen zur Astrofotografie und Bildbearbeitung? Unser Experte Stefan Seip beantwortet sie an dieser Stelle! Unser Anfrageformular finden Sie unter: www.interstellarum.de/knowhow.asp

Das Analemma von Kitzeck

Ein Jahr lang der Sonne auf der Spur

von Robert Pölzl



Verwendung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

September 2011: Ich sitze gerade in meinem Zimmer in 1200m Höhe, während mein Fernrohr in der nahe gelegenen Sternwarte Fotos der Galaxie NGC 470 macht. Während ich mich bei einer Tasse Tee aufwärme, blättere ich das interstellarum-Heft Nr. 77 Juli/August 2011 durch – eher um die aktuellen CCD-Fotos von Astrofotografen zu bewundern. Doch der interessante mehrseitige Bericht über das Analemma – seine Hintergründe und wie man so ein Analemma fotografieren kann – fasziniert mich. Vor allem die Aussage, dass es im mitteleuropäischen Raum noch kein Analemma gibt, war Anlass um ernsthaft darüber nachzudenken, selbst eines zu erstellen.

Vorbereitung ist alles

Ein Analemma wird auch als »Himmelsche Acht« bezeichnet und zeigt die Sonne bzw. ihre Position im Laufe eines Jahres. Jedes Mal zur gleichen mittleren Ortszeit (bzw. zur gleichen Zeit, gemessen in UT – Universal Time) im Abstand zwischen 7 und maximal 14 Tagen fotografiert man denselben Himmelsausschnitt, fügt diese Bilder dann in einem Grafikprogramm zusammen und reduziert sie dann zu einem Bild.

Bislang hatte ich mit der Fotografie von Sonne bzw. Planeten überhaupt nichts am Hut. Aber die Ausrüstung, die man zum Fotografieren eines Analemmas benötigt, war vorhanden: Ein Fotostativ, eine digitale Spiegelreflexkamera mit einem Weitwinkelobjektiv und ein selbstgebauter Filter mit Baader-Sonnenfilterfolie.

Ich lebe ca. 15 km westlich der steirischen Landeshauptstadt Graz. Südlich der Alpen gibt es viele Sonnenstunden und das Klima hier ist wesentlich trockener und stabiler als in den Alpen bzw. nördlich davon. Es wird bestimmt am Wetter liegen, warum die meisten Analemmas aus Griechenland, Spanien oder aus anderen trockenen Regionen stammen. Also war für mich klar, dass ich möglichst weit in den Süden unseres Landes ausweichen muss, um oft klare Sicht auf unsere Sonne zu haben.

Fündig bin ich in der für ihren guten Wein bekannten Region Kitzreck im Sausal geworden bei 46,781578° Nord, 15,453901° Ost. Anscheinend benötigt guter Wein das gleiche Wetter wie ein Analemmafotograf. Kitzreck

◀ Abb. 1: Das Analemma von Kitzreck, aufgenommen vom 29. September 2011 bis 17. September 2012. Die Kirchturmspitze diente als Referenzmarke.

bedeutete aber auch eine Autofahrt von ca. 1 Stunde. Trotzdem schien es mir die einzige Möglichkeit, alle 5 bis 14 Tage ein Foto der Sonne zu gewinnen. Die Frage nach dem Wo war also geklärt.

Windrad und Kirchturm

Ebenfalls klar war mir, dass ich keine Möglichkeit hatte, eine fix montierte Vorrichtung, auf die ich meine Kamera auflegen konnte, zu verwenden. Ich musste also eine Technik finden, die mit einem Stativ eine exakt reproduzierbare Ausrichtung auf den Himmel ermöglichte. Desweiteren fehlte mir anfangs ein passendes Vordergrundmotiv. Der Vordergrund soll dem Bild eine regionale Note geben, aber der »Himmelschen Acht« auch nicht die Show stehlen.

Mit einem Kompass bewaffnet suchte ich viele Stunden in dieser Gegend nach einem optimalen Platz, bis ich diesen dann direkt bei der Kirche von Kitzreck vorfand. Die Kirche stand leicht westlich des Meridians und bot mit ihrem Kirchturm perfekte ortsfeste Punkte für die Ausrichtung mit dem Fotoapparat. Zusätzlich war auch ein für die Weingegend typischer »Klapotetz« im Bild, ein Windrad, welches durch seine klappernden Geräusche die Vögel von den süßen Weintrauben fernhalten soll.

Ich musste die Kamera exakt am selben Ort aufstellen und mit ihr auf den gleichen Himmelsausschnitt zielen. Das war möglich, indem ich die drei Positionspunkte des Stativs am Boden mit weißer Farbe markierte. Die Stativbeine wurden immer ganz herausgezogen.

Um die wahre Veränderung der Sonne festzuhalten, muss die Kamera exakt auf denselben Himmelsausschnitt zeigen. Dabei kommen die Autofokuspunkte, welche man beim Blick durch den Sucher findet, und die Kirche als Referenzpunkt ins Spiel.

Nach dem Fokussieren am Horizont schaltete ich den Autofokus am Objektiv aus und brachte immer denselben der Autofokuspunkte mit der Spitze des Kirchturmes in Deckung. Ich wählte mit dem Standardobjektiv meiner Canon EOS 350Da (18mm–55mm f4,5) 1/200s, Blende f/11 und ISO 200 bei eingestellter minimaler Brennweite von 18mm.

Ana ... was?

Das erste Foto war am 29.9.2011 im Kasten – eine Zeit, zu der in jeder Weingegend Hochsaison ist. Als ich mit dem Aufbau von Stativ und Kamera fertig war, kam

eine Dame vorbei und meinte, dass dieses Bild nichts werden kann, da ich gegen die Sonne fotografiere.

»Danke für den Hinweis, aber ich verwende einen speziellen Sonnenfilter, da funktioniert das.«

»Ah das klingt ja sehr interessant, machen Sie da was Besonderes?«

»Ja, das wird ein sogenanntes Analemma.«

»Ana ... was?«

Nach einer kurzen Erklärung, was denn nun ein Analemma ist und dass dies ein Jahresprojekt ist, fragte die Touristin dann, wie viele Aufnahmen ich denn bereits gemacht habe. Nach der kurzen Antwort: »Das ist meine erste Aufnahme« verabschiedete sich die Dame mit einem zarten Lächeln in den nächsten Weingarten.

Einige Tage später bei der 2. Aufnahme stieß ich auf ein kleines Problem, das ich bislang noch nicht bedacht hatte. Der Kamerakopf des Stativs ist auch seitlich neigbar – und somit kam eine weitere Variable ins Spiel. Ich löste das von nun an, indem ich das Kameragehäuse (im Hochformat verwendet) mithilfe der Wasserwaage exakt senkrecht ausrichtete.

Die Wochen vergingen. Regelmäßig blickte ich auf die Wettervorhersage und plante so die künftigen Aufnahmen einige Tage im Voraus – ein großer Vorteil war auch, dass ich beruflich in dieser Gegend fast täglich unterwegs war und meine Termine selbst planen konnte. Hat das Wetter gepasst, nutzte ich die Mittagspause, um ein Foto der Sonne zu machen.

PRAXISTIPP

Eigenes Analemma anfertigen

- Standort mit möglichst vielen Sonnenstunden wählen
- kleine Brennweite von ca. 10mm – 18mm bevorzugen
- Stativ verwenden, immer am gleichen Standort mit gleicher Kameraausrichtung
- ganzjährig zugänglicher Standort
- ortsfeste Referenzmarke (Gebäude) im Bild
- Winter und Sommersonnenwende im Bildfeld bedenken
- Uhrzeit auf mindestens 5s genau bestimmen



R. Polzi

Speicherkarte im PC zuhause oder ich vergaß das Handy (Zeit per Internet synchronisiert) für die Bestimmung der exakten Uhrzeit. An einem Sonntag, an dem ich mich wieder sehr spät auf den Weg nach Kitzreck machte und dementsprechend schnell unterwegs war, hatte ich die Belichtungszeit zwar bereits während der Fahrt eingestellt, das Stativ später blitzschnell aufgebaut, die Kamera in die korrekte Position gebracht und dann durch den Sucher geschaut. Keine Sonne zu sehen, was ist los? Gibt's ja nicht! Habe ich mich verschaut?

Nach kurzer Überlegung war es mir eingefallen: Die Umstellung auf die Sommerzeit hatte ich vergessen – es war zwar 12:05 MEZ, aber ich vergaß, dass ich während der Sommerzeit auf 13:05 MESZ warten musste. So konnte ich mich 60 Minuten entspannen ...

Das Ende naht

Langsam nahm die himmlische Acht aus vielen Sonnenpunkten ihre besondere Form an und es ging im Herbst in die »Zielgerade«.

Am 17.9.2012 um 13:05 MESZ war es dann endlich soweit – heute werde ich fertig! Früh morgens lag eine zarte Nebeldecke im Tal und die Weinstöcke trugen ihr Laub bereits in herbstlichen Farben. An diesem Morgen musste mir auch das Vordergrundbild gelingen. Und da war sie nun – die Kulisse, die ich so lange gesucht hatte. Die Aufnahme der Ortschaft Kitzreck unter tief blauem Himmel mit dem für die Region so typischen Klapotetz. Später zu Mittag war dann die letzte von 37 Sonnenaufnahmen im Kasten und eine riesige Zufriedenheit kam über mich.

Rückblickend war es für mich ein Jahr, das ich sehr intensiv mit den Jahreszeiten erlebte. Wenn man regelmäßig im Abstand von zehn Tagen bei Sonnenschein die gleiche Strecke durch Wälder fährt, die Wiesen und Gräser abseits der Straße sieht, die Blumen in ihrem Jahreszyklus erlebt und nicht zuletzt den Weinstock von der Knospe bis zur Lese begreifen kann, schließt sich der Kreis im Bewusstsein: Der Stand der Sonne geht mit der Natur Hand in Hand.

SURFTIPPS

Homepage des Autors:

www.astrofotos.at

Hintergrund:

www.analemma.com

Die Zeitgleichung:

www.schulphysik.de/strutz/zeitgl.pdf

▲ Abb. 2: Das Analemma mit dem ausgewählten Vordergrundmotiv. Dieses Bild ist das eigentliche Ergebnis meiner ein Jahr in Anspruch nehmenden Arbeit.

Der Winter schlägt zu

Die nächsten Aufnahmen im Abstand von ca. zehn Tagen waren problemlos verlaufen – war es doch ein sehr trockener Winter, von Nebel keine Spur und auch von Schnee war weit und breit nichts zu sehen. Bis zum 16.2.2012: ein kristallblauer Himmel nach dem Durchzug einer Kaltfront und ca. 10cm Neuschnee. Als ich am Parkplatz in Kitzreck angekommen war, empfing mich eine zarte und gleichmäßige Schneedecke. Wo waren meine Markierungen für das Stativ? Gut, dass ich mir bereits vorher meinen Standort anhand der Verlängerung einer nahe liegenden Hausmauer gemerkt hatte!

Um nun die Markierungen auf dem Asphalt zu finden, habe ich zuerst an der vermuteten Stelle mit den Schuhen den Schnee etwas weggeschicht. Der Rest des Schnees wurde mit einer Gas-Lötlampe entfernt – trotzdem war es knapp und erst nach gut 20 Minuten konnte ich das Stativ auf die markierten Punkte stellen – wäre die Schneedecke dicker gewesen, hätte ich hier mehr Zeit einplanen müssen und eine Schneeschaukel benötigt.

Das Jahr nahm seinen Lauf und die Erde ihre Bahn um unsere Sonne. Durch die Routine, die sich im Lauf der vielen Bilder einschlich, passierten aber auch einige Panzen. So vergaß ich zum Beispiel zwei Mal die

Leser beobachten:

M 10



▲ Abb. 1: **Digitalfoto**, 8"-Newton bei 920mm, Canon EOS 350 D (modifiziert), ISO 1600, 30×20s, 38×60s. *Ulf Manfred Schliemann*

▲ Abb. 2: **Digitalfoto**, 8"-Newton bei 920mm, Canon EOS 40D (modifiziert), ISO 800, 19×10min. *Siegfried Kohlert*



▲ Abb. 3: **CCD-Aufnahme**, 6"-Refraktor bei 1090mm, SBIG STL-11000M, 10×5min (je RGB), Baader RGB-Filter. *Manuel Jung*



▲ Abb. 4: **CCD-Aufnahme**, 8"-Ritchey-Chrétien bei 1600mm, ALccd 10, 16×10min, IDAS LPS-2-Filter. Aufgenommen in Wuppertal. *Michael Schmitz*

BEOBACHTUNGEN

M10

- **10×50-Fernglas:** fst 5^m0; zu sehen ist ein kleiner, schwacher »Wattebausch« zusammen mit M12 im Feld.

Michael Schumann

- **120/1000-Refraktor:** fst 4^m5; ziemlich mittig im Schlangenträger gelegen, konnte der Kugelsternhaufen mit Sucher und einem 32mm-Okular (31×) gefunden werden. Bei 91× fielen bereits die vielen umliegenden und dem Sternhaufen vorgelagerten Sterne auf, welche etwas heller als die meisten Haufensterne waren. Bei 167× ergab sich ein schönes Bild, welches den Kugelsternhaufen am Rand auflöste, zur Mitte hin körnig wirkte, aber weiterhin die vielen, feinen Vordergrundsterne zeigte.

Stefan Deichsel

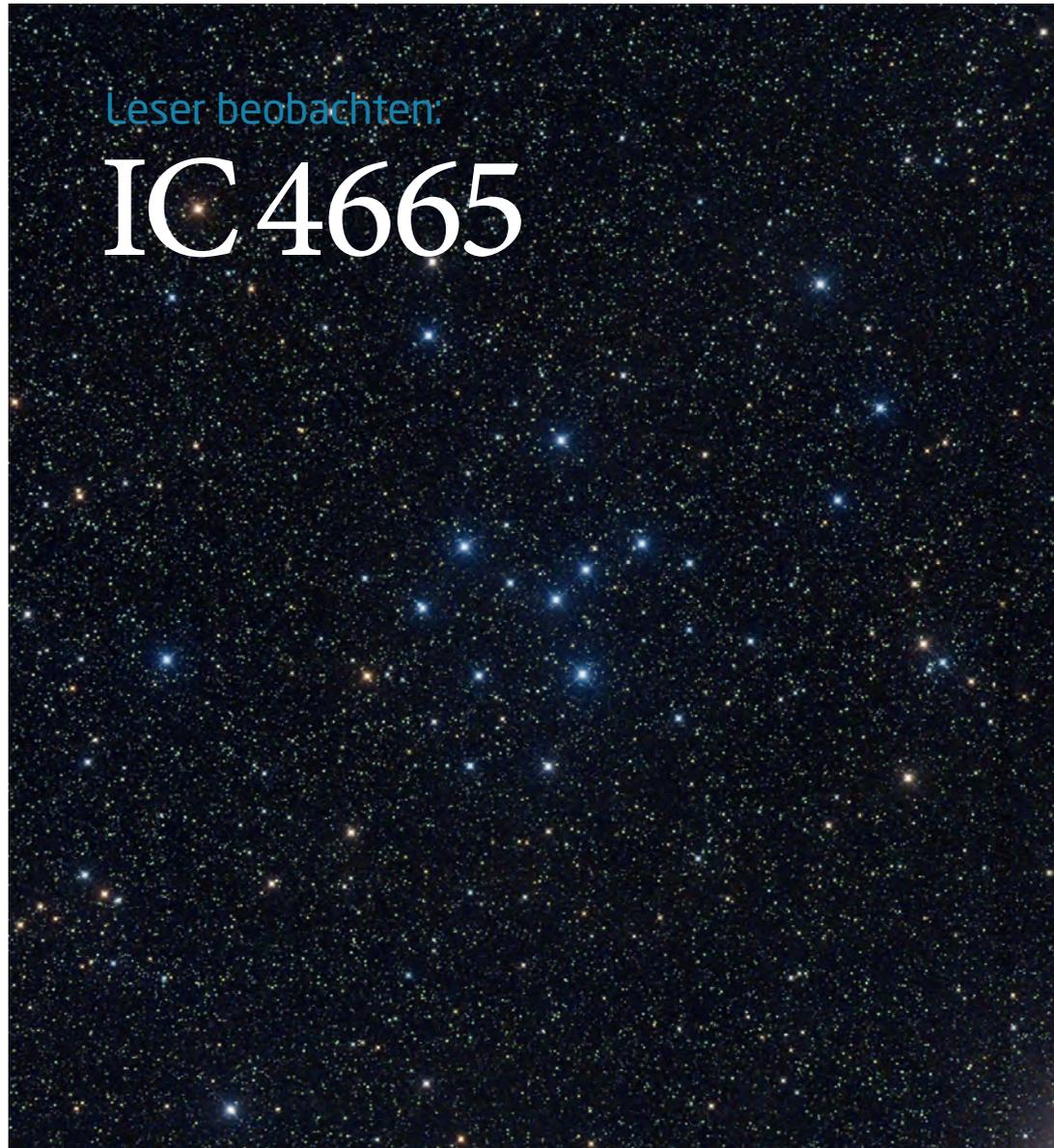
- **200/800-Newton:** Hell und gut sichtbar. Mittlere Größe. Etwas oval. Kein deutliches Zentrum. Ich kann bis zur Mitte einzelne Sterne erkennen. Wenige Arme ragen aus dem Haufen heraus. Der Rand ist gleichmäßig begrenzt. 228×. *Gerd Kohler*

- **254/1200-Newton:** fst 4^m5; bei 37,5× ist deutlich ein helles Nebelfleckchen erkennbar, bei 80× wirkt das Ganze schon körnig, bei 133× und Indirektem Sehen sind teilweise Einzelsterne erkennbar. Bei einer zweiten Beobachtung (fst 5^m5) erscheint M10 schon bei 80× am Rand teilweise in Einzelsterne aufgelöst. *Dirk Hohlfeld*

► Abb. 2: CCD-Aufnahme, 6"-Astrograph bei 500mm, Atik 16HR, 10×3min (L), 5×3min (je RGB), Baader LRGB-Filter. Aufgenommen auf der Sternwarte Gahberg am 26. und 27.5.2012. *Markus Blauensteiner*

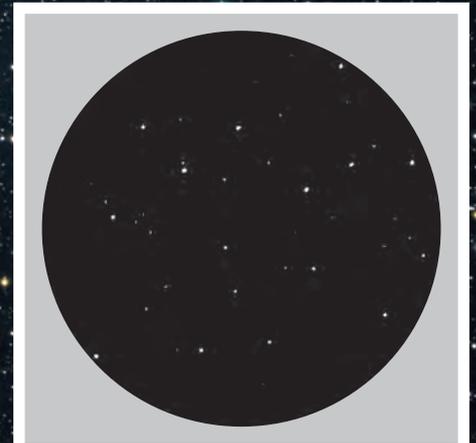
Leser beobachten:

IC 4665



▲ Abb. 1: Digitalfoto, 7"-Astrograph bei 500mm, Canon EOS 5D (modifiziert), ISO 400, 21×5min. Aufgenommen bei der Starparty auf dem Gurnigel (Schweiz) am 18.8.2012. *Martin Mutti*





▲ Abb. 3: CCD-Aufnahme, 24"-Hypergraph bei 1800mm, STL-11000M, 4×5min (je RGB), von Deutschland aus ferngesteuerte Belichtung auf der Insel Kreta, Skinakas-Observatorium. *Stefan Binnewies, Josef Pöpsel*

▲ Abb. 4: Zeichnung, 5,1"-Newton: fst 6^m0; 81×, Jacobsdorf (Brandenburg). *Jürgen Kapiske*

BEOBSACHTUNGEN

IC 4665

- **Bloßes Auge:** fst 6^m5; eindeutig sichtbar als ziemlich schwacher Nebelfleck in der Milchstraße. *Wolfgang Vollmann*
- **10×50-Fernglas:** fst 4^m2; Etwa 10 Sterne sind zu erkennen. Hübscher Anblick. *Michael Schumann*
- **16×70-Fernglas:** fst 6^m5; sehr lockerer großer Sternhaufen. Über 45' Durchmesser sind zerstreut 15 Sterne zu erkennen. *Wolfgang Vollmann*
- **150/750-Newton:** Ein locker verteilter Sternhaufen mit 50 bis 60 hellen Sternen. In der Mitte vom Sternhaufen erkenne ich eine leichte Konzentration,

in deren Umgebung sich noch einige vereinzelte Sterne befinden. Eine helle halbkreisförmige Sternkette fällt besonders auf. Der Sternhaufen ist für kleine Vergrößerungen geeignet, er füllt fast schon das gesamte Feld aus. 19×. *Gerd Kohler*

- **200/800-Newton:** Groß. Passt gerade noch ins Feld (2°). Locker und unregelmäßig angeordnet. 100 bläulich-weiße Sterne. Zur Hälfte helle, zur anderen Hälfte schwache Sterne. 33×. *Gerd Kohler*
- **254/1270-Newton:** SQM-L 20^m9/8"; bereits bei Aufsuchvergrößerung im

Okular auffallend. Der Haufen besteht aus recht hellen Sternen, die bereits relativ weit getrennt voneinander stehen (49×). Der Doppelstern Σ 2212 ist bei 79× leicht in zwei unterschiedlich helle Komponenten zu trennen. Aus zwei gleichhellen Sternen besteht Σ 2212, der bei 190× getrennt ist. Das Paar A 1161 erscheint bei 270× und mäßigem Seeing elongiert, eventuell gelegentlich auch getrennt. Der abgeschätzte Positionswinkel von 270°±30° passt gut zum Literaturwert von 284°. *Hans-Georg Purucker*

Sommer-Highlights

aus dem Fotowettbewerb
»Astrofotograf des Jahres«

INTERAKTIV



Die Teilnahme am Fotowettbewerb von Astrosysteme Austria (ASA) und interstellarum ist noch bis 30.6.2013 möglich. Die Gewinner erwarten Preise im Gesamtwert von über 15000€!

☞ www.interstellarum.de/fotowettbewerb-asa.asp

▲ Abb. 1: NGC 5907, Galaxie im Drachen. CCD-Aufnahme, 4,7"-Refraktor bei 765mm, ALccd 6c Pro, 23×15min, 35×10min, Canon EOS 1000Da, 71×10min.
Patrick Hochleitner, Dieter Beer

▼ Abb. 2: NGC 6559, Emissionsnebel im Schützen. CCD-Aufnahme, 10"-Newton bei 900mm, QSI 583ws, Astronomik-Filter, 65min (je RB), 45min (G). *Kai Wiechen*

privaten Zwecke





▲ Abb. 3: NGC 6888 – der Crescentnebel im Schwan. CCD-Aufnahme, 7"-Refraktor bei 1260mm, FLI ML 16803, 27×20min (H α), 25×20min ([OIII]), 31×20min ([SII]), 5min (je RGB), 3nm-Astrodon-Filter, Tone-Mapping-Methode. *Rolf Geissinger*

▼ Abb. 4: NGC 7217, Galaxie im Pegasus. CCD-Aufnahme, 12,5"-Newton bei 1650mm, ATIK 4000, Baader 2"-LRGB-Filter. 22×10min (L), 5×10min (je RGB). *Richard Müller*



Spur trifft Kegel

▲ Abb. 1: **Helles Meteor auf La Palma** am 15.6.2012, 23:00 MESZ. Digitalfoto, 24mm-Objektiv bei f/4, Canon EOS 60D, ISO 800, 30s. Bei der Bearbeitung von Bildern für Zeitrafferaufnahmen stach eines hervor, welches ein helles Meteor enthielt. *Markus Noller*

▼ Abb. 2: **Zodiakallicht** am 4.3.2013, 20:00 MEZ. Digitalfoto, 8mm-Weitwinkelobjektiv bei f/5,6, Nikon D5100, ISO 800. Vier Aufnahmen mit je 4,5min – 5min Belichtungszeit wurden zu einem Summenbild addiert. *Frank Wächter*

Der Blick voraus

Ein Bericht von der CEDIC 2013

von Ronald Stoyan

Szene



H. Raab

▲ Abb. 1: Das futuristische Ars Electronica Center in Linz ist die ideale Umgebung für eine zukunftsorientierte Astro-Tagung. »Deep Space« heißt passenderweise der Saal des Hauses, in dem mit aufwendiger 3D-Projektionstechnik beeindruckende Präsentationen möglich sind.



H. Raab

Der Blick über den Tellerrand – diese Perspektive bieten im deutschen Sprachraum nicht viele Veranstaltungen für Amateurastronomen. Eine glänzende Ausnahme ist die Central European Digital Imaging Conference (CEDIC) in Linz, die vom 1. bis 3. März 2013 bereits zum dritten Mal stattfand.

120 Teilnehmer aus 18 europäischen und außereuropäischen Nationen waren angezogen. Auf doppelte Weise erweiterten diese ihren Horizont: Der persönliche Kontakt ermöglicht einen Erfahrungsaustausch, wie

◀ Abb. 2: Der finnische Astrofotograf Jukka-Pekka Metsävainio, Stammgast der CEDIC, ist für seine extremen Schmalbandfilter-Komposite berühmt. Dieses Jahr verblüffte er mit einer fantasiereichen 3D-Umsetzung seiner Bilder, die sogar einen Flug durch die dargestellten Objekte hindurch zeigte.

er sonst kaum realisierbar ist – mit griechischen Amateurastronomen, iranischen Fotografen oder chilenischen Sternwartenbetreibern. Es wird direkt erlebbar, welche starke Einigungskraft die Astrofotografie über alle Grenzen hinweg hat.

Doch die CEDIC blickte diesmal auch weit voraus in die Zukunft der Astrofotografie: 3D-Animationen hoch entwickelter Schmalbandfilterkomposite, Remote-Sternwarten an den besten Plätzen der Welt und neue Möglichkeiten von Bildbearbeitungsprogrammen wie Theli und PixInsight wurden vorgestellt. Einen markanten Kontrapunkt setzte die Retrospektive von Astrofoto-Papst David Malin.

Man kann nur hoffen, dass diese im deutschen Sprachraum einmalige Tagungsreihe fortgesetzt wird – die internationale und zukunftsorientierte Perspektive ist so andernorts nicht zu finden.

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

Termine für Sternfreunde

Juni/Juli 2013

Fachtagungen/Workshops

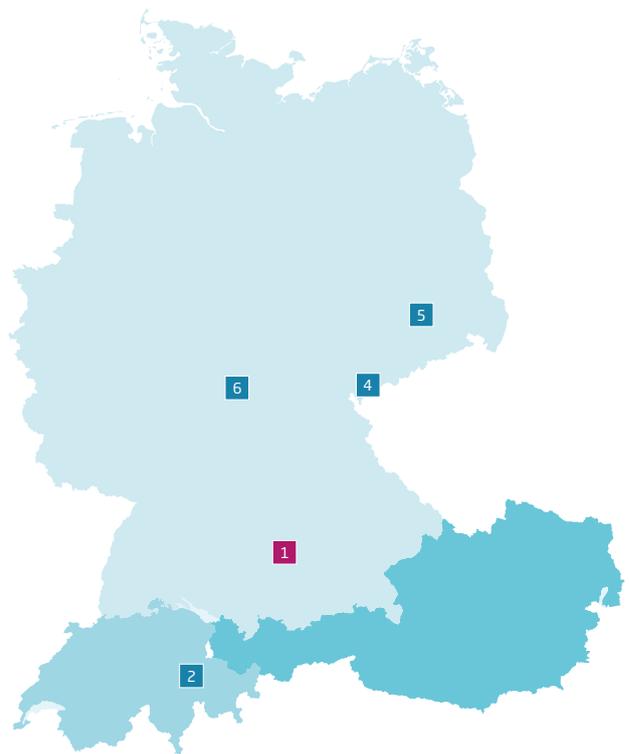
- 2** 22.–23.6.: **Kleinplanetentagung 2013**
CH-7153 Falera, Schweiz
www.kleinplanetentagung.ch

Beobachtungstreffen

- 3** 5.–7.7.: **7. SüdSternFreundeTreffen SSFT 2013**
Otjiwa Lodge, Namibia
www.suedsternfreundetreffen.homepage.t-online.de
- 5** 26.–28.7.: **8. Sächsisches Teleskoptreffen (STT)**
01616 Strehla
www.sternenfreunde-riesa.de/stt.php

Sonstiges

- 4** 21.7.–10.8.: **International Astronomical Youth Camp (IAYC) 2013**
08248 Klingenthal, Deutschland
www.iayc.org/content/first-info-iayc-2013
- 5** 28.7.–11.8.: **Astronomisches Sommerlager ASL2013**
97653 Bischofsheim/Rhön
www.vega-astro.de/sommerlager

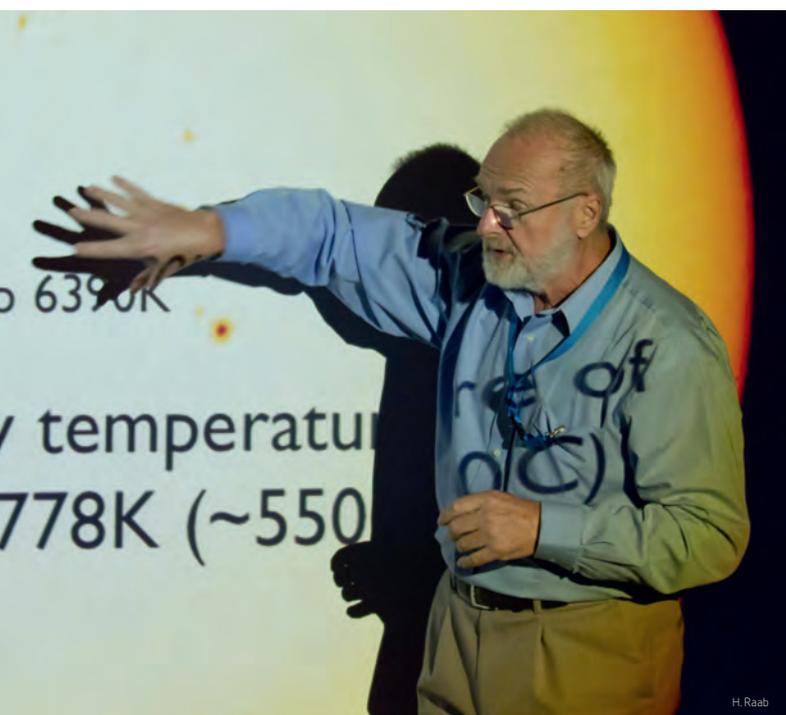


Kommerzielle Termine

- 1** 15.6.: **Astrofest 2013 bei Intercon Spacetec**
86154 Augsburg
www.intercon-spacetec.de/mehr/ausstellung/astrofest

▼ Abb. 3: Der Australier David Malin, Pionier der modernen Astrofotografie, war der am weitesten gereiste Teilnehmer. In gekonnter Manier verband er Fotografie und Wissenschaft.

▼ Abb. 4: Zur CEDIC gehört auch eine Verkaufsmesse gehobener Astrofoto-Ausrüstung mit Ausstellern aus Großbritannien, Italien, Deutschland und Österreich.



Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen Gebrauch und darf nicht für andere Zwecke weiterverbreitet werden. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Raum und Zeit



Andreas Müller: *Raum und Zeit, Vom Weltall zu den Extradimensionen – von der Sanduhr zum Spinschaum*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012, ISBN 978-3-8274-2858-5, 209 S., 19,95€

Raum und Zeit sind uns so vertraut wie einem Fisch das Wasser, in dem er schwimmt. Wie Isaac Newton

können wir uns zwar vorstellen, dass Dinge in Raum und Zeit geschehen, aber nicht, dass Raum und Zeit selbst veränderlich sind. Albert Einstein verband diese beiden Begriffe, indem er zeigte, dass die Zeit keine eigenständige Größe ist, sondern vom Beobachter abhängt. Seitdem sprechen Physiker von der Raumzeit. Einsteins Gravitationstheorie bot dann die Möglichkeit, die Einwirkung von Körpern auf die Raumzeit und ihre zeitliche Entwicklung zu untersuchen. Das war die Geburtsstunde der modernen Kosmologie. Das in der Reihe *Astrophysik aktuell* erschienene Taschenbuch des Astronomen Andreas Müller präsentiert auf knappen Raum den Stand der Dinge. Zunächst zeigt der Autor, wie sich unser Gefühl vom Fließen der Zeit in der Physik niederschlägt, nämlich als thermodynamischer und kosmologischer Zeitpfeil. Um dies zu verstehen, erhält der Leser einen Schnellkurs zum Standardmodell der Teilchenphysik. In dem anschließenden Kapitel behandelt der Autor Einsteins Gravitationstheorie, daraus resultierende Weltmodelle und die Raumzeitkrümmung durch kompakte Objekte.

Die Entwicklung des Universums wird bestimmt vom Verhältnis der Dunklen

Materie zur Dunklen Energie. Kann man umgekehrt die zeitliche Entwicklung des Kosmos beobachten, ergeben sich daraus die Anteile. Wie Andreas Müller erläutert, liefern gleich drei unabhängige Methoden das gleiche Resultat: die Beobachtung der kosmischen Hintergrundstrahlung, die Untersuchung von Supernovae und die Entwicklung von Galaxienhaufen. Dieser Erfolg der Kosmologie ist auch ein Höhepunkt des Buches, das der Autor dann mit modernen Theorien der Quantenkosmologie ausklingen lässt.

Der Text des Buches ist rein beschreibend, einfache Formeln wie die Lorentztransformationen werden nicht ausgeschrieben oder hinreichend motiviert. Das ist sehr schade, denn gerade die Spezielle Relativitätstheorie bietet die Gelegenheit, grundlegende Konzepte der Physik mit den Mitteln der Schulmathematik nachzuvollziehen. Einsteins Revolution begann nicht mit abstrakten mathematischen Konzepten, sondern mit dem Nachdenken über die uns vertrauten Begriffe Raum und Zeit.

► Stefan Taube

Android-App Mobile Observatory



Android-App: *Mobile Observatory*, 14MB, Version 1,94, Android 2.1 oder höher, 3,99 €

Die Android-App »Mobile Observatory« ist eine leistungsfähige digitale Sternkarte, die – besonders auf größeren Tablet-Bildschirmen – gleichermaßen gut geeignet ist, um eine Beobachtungsnacht am Teleskop vorzubereiten als auch um interessierten Laien den Sternhimmel näher zu bringen. Für einen schnellen Überblick am nächtlichen Himmel stellt die App die Ansicht des Sternhimmels in Abhängigkeit von Standort und Blickrichtung des Beobachters dar. Der Teleskopbesitzer kann sich darüber hinaus mit der Zoom-Funktion einen detaillierteren Überblick über sein Beobachtungsgebiet verschaffen und profitiert gleichermaßen von der Möglichkeit sich Telradkreise einblenden zu lassen.

Zu allen sichtbaren Objekten gibt es jeweils umfangreiche weiterführende Informationen (inkl. Auf- und Untergangszeiten, Helligkeit etc.). Darüber hinaus kann der Anwender sich auch tagesaktuell die

attraktivsten Objekte des Abendhimmels zur Beobachtung vorschlagen lassen. Die App bietet zudem die Möglichkeit tagesaktuelle Infos zur Sichtbarkeit von Kometen anzuzeigen oder sehr umfangreiche Informationen zu einzelnen Sternbildern zu präsentieren, wobei hierunter nicht nur Auf- und Untergangszeiten fallen, sondern auch die Sichtbarkeit der Sternbilder im Jahresverlauf grafisch dargestellt wird; aber auch weiterführende Infos zu den einzelnen Sternen und einigen Deep-Sky-Objekten des Sternbilds (die App kennt die Messier- und Caldwell-Objekte) sind verfügbar. Wem das alles noch nicht reicht, der kann dem Link zu der jeweiligen Objektbeschreibung in Wikipedia folgen. »Mobile Observatory« ist eine sehr umfangreiche und grafisch ansprechend ausgeführte App, deren Anschaffung sich für Amateurastronomen sicherlich lohnt.

► Ullrich Dittler

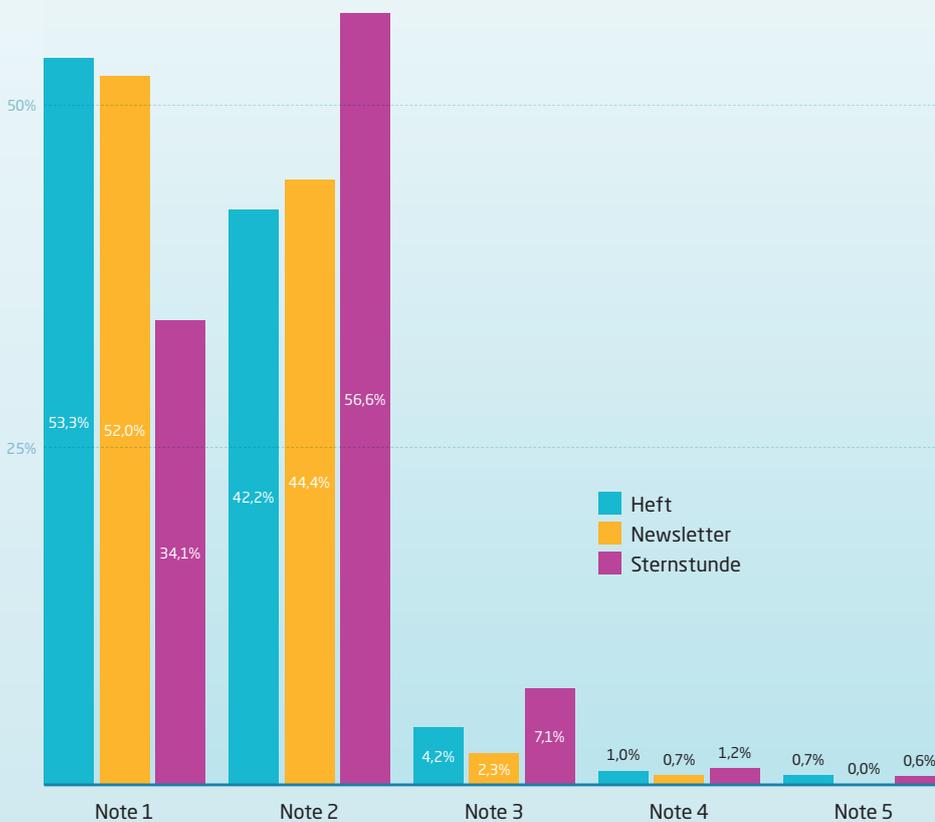
Zeugnisse für interstellarum & Co.

Eine Kurzauswertung unserer Leserumfrage 2013

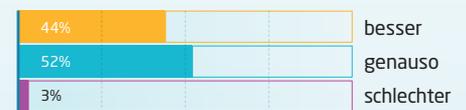
von Ronald Stoyan

Von Anfang März bis Mitte April hatten Sie das Wort – und 620 Leserinnen und Leser von interstellarum bzw. Nutzer unserer Online- und Video-Angebote haben teilgenommen. Hier sind einige Ergebnisse. Den von einer Mehrheit gewünschten zusätzlichen Informationsdienst gibt es übrigens seit Anfang März unter twitter.com/interstellarum.

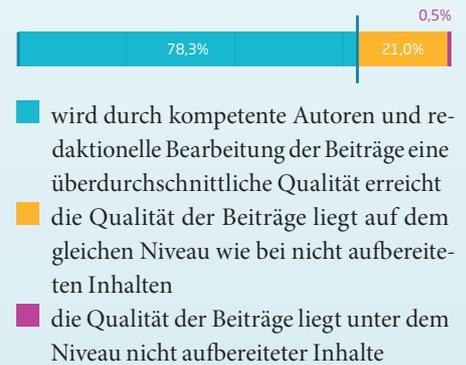
Ihre Zeugnisse



Das neue interstellarum-Konzept gefällt mir...



Beim interstellarum-Newsletter...



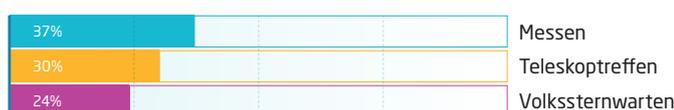
Ich wünsche mir eine zusätzliche tägliche Informationsquelle zum Newsletter bei aktuellen Anlässen:



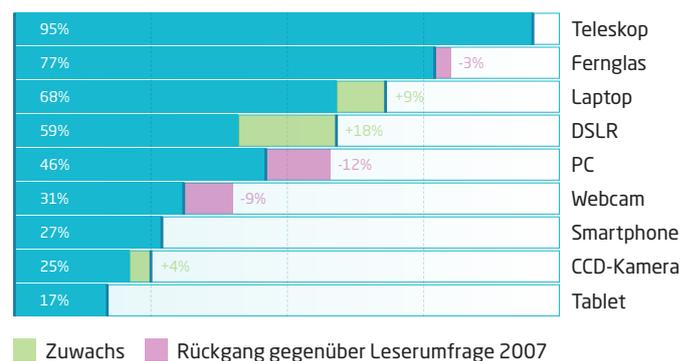
Die interstellarum-Leser sind...



Die interstellarum-Leser besuchen...



Die interstellarum-Leser nutzen für Ihr Hobby...



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

Kleinanzeigen

Verkaufe wegen Neuorientierung mein wenig benutztes 333mm Newton-Teleskop, F=4,5, f=1497mm auf C14-Gabelmontierung, Celestron-Sucher 8x50mm, schon bei mittlerer Vergrößerung sind sehr kontrastreiche Beobachtungen möglich, auch der Sonne. Das synchronmotorgesteuerte Teleskop ist fest auf einer mit feststellbaren Rollen versehenen Bodenplatte montiert. Der Preis ist bei Selbstabholung Verhandlungssache.

► Karl Bühle, Tel.: 03302/2092401

Verkaufe Meade 8"SC ACF auf LXD75 Montierung mit Autostar Steuerung; Netzteil und Batteriebetrieb; Meade 2" Zenitspiegel; bel 9x60 Sucher; elektr. Fokussierung, Tauschutzkappe; 2 Gegengewichte; Baader Microstage Kamerahalter; Piggyback Kamerahalter; 2" Okulare Hyperion 17mm und 21mm; 1 ¼"-Okulare Meade 26mm, 15mm, 6,4mm; bel. Fadenkreuzokular Baader Micro Guide 12,5mm; 1 ¼" variables Mondfilter; VB 1.500€.

► Friedhelm Böll, E-Mail: friedhelm.boell@googlemail.com, Tel.: 02237/61517

Verkaufe neuwertige 10Micron GM2000 mit GoTo Steuerung QCI V2.7 Ultraport. 2x12kg, 2x6kg Edelstahlgegengewichte + Säulenadapter und 11 Monate Garantie für nur 8500€.

► Ralph Harter, E-Mail: rharter@nexgo.de, Tel.: 0175/5523697

Verkaufe klassisches Celestron C11, neuwertig, da nur zweimal benutzt, mit Zweiarm-Gabelmontierung, verstärkter Polhöhenwiege, schwerem Dreibein-Stativ, Celestron Ultima-Okulare 30mm und 18mm, 2"-Zeiss-Zenitprisma von Baader, 8x50-Sucherfernrohr mit beleuchtetem Fadenkreuz, originaler Rollenkoffer für Tubus und Gabel. Ehemaliger NP ca. 14.000DM. VHB 3.900€.

► Michael Altmann, E-Mail: ma@aie.de, Tel.: 0731/1597354

Verkaufe Meade 12"LX200ACF, 3 Jahre alt, auf azimutaler Montierung mit Dreibeinstativ, Bildfelderrotator, Zenitprisma, 2 Okularen, Breitbandfilter, CCD-Focal-Reducer, Meade Camera-Adapter und Piggyback-Kamerahalterung (alles originalverpackt) für 3.000€ möglichst an Selbstabholer (Raum FD).

► Jens Mueller, E-Mail: kontakt@skyhunter509.de, Tel.: 0160/4707600

interstellarium 89



Ab 19.7.2013 im Handel.

interstellarium

Thema Sonne



Seit 19.4.2013 im Handel.

INTERAKTIV



Senden Sie uns Ihre Texte und Bilder!

interstellarium veröffentlicht Ihre Texte zu allen Bereichen der praktischen Astronomie. Wir freuen uns über Ihre Artikel, Bilder und Beschreibungen!

Objekte der Saison für die kommenden Ausgaben

Name & Sternbild	Vorstellung	Ergebnisse	Einsendeschluss
M 26 (Sct), M 25 (Sgr)	Heft 83	Heft 89	20.5.2013
IC 1848 (Cas), NGC 1245 (Per)	Heft 84	Heft 90	20.7.2013
NGC 1981 (Ori), NGC 1535 (Eri)	Heft 85	Heft 91	20.9.2013
M 81/82 (UMa), NGC 2392 (Gem), NGC 3079 (UMa)	Heft 86	Heft 92	20.11.2013
M 3 (CVn), M 106 (CVn), NGC 4244 (CVn)	Heft 87	Heft 93	20.1.2014
M 57 (Lyr), M 92 (Her), NGC 5466 (Boo)	S. 26-29	Heft 94	20.3.2014

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.interstellarium.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 orthographische und sprachliche Korrekturen vorzunehmen. Eingesandte Beiträge werden nicht sinnstiftend verändert bzw. gekürzt ohne Einverständnis des Autors. Der Verlag übernimmt keine Haftung für unverlangt eingesandtes Material.

Abonnement

8 Hefte jährlich: 6 Ausgaben zweimonatlich + 2 Sonderhefte
59,90€ (DE, AT), 64,90€ (CH, Ausland)
www.interstellarium.de/jahresabo.asp

Abo-Service

Sylvia Schaub, aboservice@interstellarium.de, 09131/970694

Impressum

interstellarium

Zeitschrift für praktische Astronomie
gegründet 1994 von Jürgen Lamprecht, Ronald Stoyan, Klaus Veit

Verlag

Oculum-Verlag GmbH, Spardorfer Str. 67, 91054 Erlangen

Geschäftsführung

Ronald Stoyan

Chefredaktion

Ronald Stoyan

Redaktion

Daniel Fischer, Dr. Frank Gasparini, Dr. Hans-Georg Purucker
redaktion@interstellarium.de

Kolumnen

Prof. Dr. Ullrich Dittler, Kay Hempel, Manfred Holl, Matthias Juchert, Karl-Peter Julius, André Knöfel, Burkhard Leitner, Uwe Pilz, Stefan Seip, Lambert Spix, Wolfgang Vollmann

Astrototos

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

Herstellung

Christian Protzel, Frank Haller

Grafik

Frank Haller, Dr. Frank Gasparini, Stephan Schurig, Arnold Barmettler

Anzeigen

es gilt die Preisliste Nr. 14 vom 1.11.2012
www.interstellarium.de/mediainfo.asp

Anzeigenleitung

Anne-Katrin Pawelek, werbung@interstellarium.de, 09131/970694

Vertrieb (DE, AT, CH)

Verlagsunion KG, Am Klingenberg 10, 65396 Walluf, ISSN 0946-9915

Hinweise für Leser

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/JC W. Steinicke, Deep Sky Field Guide, GalSky

Koordinaten: äquatoriale Koordinatengaben, Äquinoktium 2000.0

Helligkeiten: sofern nicht anders angegeben V-Helligkeit

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

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

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

