fokussiert

Ronald Stoyan, Chefredakteur

Titelbild: **Wie sähe die Milchstraße wohl aus, wenn wir sie von außen betrachten könnten?** Aktuelle wissenschaftliche Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Galaxis nicht nur zwei große Spiralarme besitzt, sondern insgesamt vier (siehe Titelgeschichte ab Seite 14). Das Bild zeigt die Grand-Design-Spirale von M 51, einer der schönsten ihrer Art am Himmel, fotografiert mit dem Hubble Space Telescope. *STScI/AURA*

Liebe Leserinnen und Leser,

das große Interesse am ersten Themenheft Teleskope ist die erhoffte positive Reaktion der Leserschaft, die uns in der Entscheidung bestärkt, die Zeitschrift von sechs auf acht Hefte pro Jahr zu erweitern. Zahlreiche Bestellungen lassen darauf schließen, dass wir thematisch mit einer dem boomenden Teleskopmarkt gewidmeten Publikation ins Schwarze treffen könnten.

Ungewohnt ist noch der veränderte Rhythmus – diesmal können Sie das nächste interstellarum-Heft schon in nur vier Wochen in Händen halten. Was wir für Sie vorbereitet haben, können Sie in unserer Vorschau nachlesen (Seite 78).

Einige Leser, darunter auch langjährige Abonnenten, haben den Wunsch geäußert, weiterhin nur sechs Hefte im Abonnement zu erhalten und auf die Themenhefte zu verzichten. Diese Möglichkeit können wir leider nicht anbieten, denn sie führte genau zum Gegenteil unseres Vorhabens: Ausdrückliches Ziel ist eine Erweiterung der bestehenden Zeitschrift, nicht die Veröffentlichung von zusätzlichen Produkten außerhalb des Abonnements. Acht Hefte pro Jahr stellen dabei eine Kompromisslösung dar, weil uns eine Preissteigerung auf über 60 Euro bei zehn Heften zu hoch erschien. Acht Hefte sind aber nicht mit dem Monatsrhythmus vereinbar, sodass nur die Erscheinungsweise als Extra-Heft in Frage kam.

Was mit einem nicht in das Abonnement eingebundenen Heft passieren kann, mussten wir beim interstellarum-Jahrbuch »Das Astronomische Jahr« erleben: Nach hoffnungsvollem Beginn erreichten die Verkaufszahlen nicht annähernd das Niveau der Zeitschrift. Das Jahrbuch muss eingestellt werden und wird für 2009 nicht mehr erscheinen.

Das 60. interstellarum-Heft geht auch mit einigen personellen Veränderungen einher. Stephan Schurig, seit Heft Nr. 16 interstellarum-Redakteur, verlässt die Zeitschrift. Die grafische Weiterentwicklung des Heftes, die die Vervielfachung der Auflage ab 2001 erst möglich gemacht hat, ist zu großen Teilen seinem Einsatz zu verdanken, ebenso die Entwicklung des Online-Angebots der Zeitschrift. Die Layout-Aufgaben hatte Stephan schon vor einem Jahr an Diana Hoh abgegeben, für den Internet-Auftritt der Zeitschrift zeichnet inzwischen Frank Haller verantwortlich.

Ebenfalls verabschiedet hat sich unser langjähriger Autor und Kolumnist Ulrich Beinert. Seine Rubrik »Technik-Wissen« übernimmt der bekannte Astrofotograf Stefan Seip, der in diesem Heft auch mit der neuen Einsteigerkolumne »First Light« seinen Einstand feiert (Seite 66): Beginnende Astrofotografen können ihm ihre ersten Bildergebnisse senden – unser Experte bespricht mögliche Fehlerursachen und gibt Verbesserungsvorschläge.

Bleiben Sie uns treu!

Ihr

Ronald Stoyan

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

Hintergrund

■ Hauptartikel

14 **Das neue Bild der Milchstraße**
Wie viele Spiralarme hat die Galaxis?

19 **Astro-Wissen: Wie entstehen die Spiralstrukturen der Galaxien?**

■ Schlagzeilen

10 **Cassiopeia A – galaktische Supernova erstrahlt erneut**

11 Ein sterbender Riese
Drei Super-Erden

12 **Raumfahrt aktuell: Venus Express tiefer gelegt**

Himmel

■ Ereignisse

20 **Kleinplanet Vesta in Opposition**
Mond bedeckt Plejaden am 13. November

21 Saturnmondereignisse mit Rhea und Titan
Merkur am Morgenhimmel

■ Sonnensystem

24 **Sonne aktuell: Das Minimum lässt auf sich warten**

25 **Planeten aktuell: Duell der roten Flecken**

26 **Kometen aktuell: Die Suche nach 85P/Boethin**

■ Sternhimmel

29 **Astronomie mit bloßem Auge: Uranus**
Astronomie mit dem Fernglas: Metis

30 **Objekt der Saison: M 33**

32 **Objekt der Saison: NGC 404**

32 **Veränderlicher aktuell: δ Cephei**

Praxis

■ Sonne

34 **Die Vielfalt einer Finsternis**
Impressionen der Sonnenfinsternis vom 1. August

■ Planeten

39 **Virtuell durchs Sonnensystem**
Die freie 3D-Simulation Celestia

■ Kometen

42 **Explosiver Komet**
Der Helligkeitsausbruch des Kometen 17P/Holmes

aktuell auf www.interstellarum.de

astroeinstieg.de
by interstellarum Zeitschrift für praktische Astronomie

Die interstellarum-Einsteigerseiten

AstronomieNewsletter

Beobachtungen, Forschung, Szene
aktuell informiert alle 14 Tage

Astroschnäppchen AstronomieNewsletter

ausgewählte Angebote für
interstellarum-Leser

Online-Ressourcen

Einstieg ins Hobby Astronomie
Teil 4: Das erste Teleskop
Einstieg ins Hobby Astronomie
Teil 5: Benutzung eines Teleskops

■ Deep-Sky

46 **Deep-Sky-Nächte für Großstadtbeobachter**
In der Herbstmilchstraße zwischen M 39 und M 52

50 **Exotische Sterne**
Gamma-Ray-Burst 080319B

52 **Praxis-Wissen: Wie bestimmt man die Luftruhe?**

Technik

■ Produktvergleich

53 **Die astronomische A-Klasse**
Reisemontierung AstroTrac TT320 im Test

■ Astrofotografie

59 **Große Nebel – kleine Optik**
Fotografie galaktischer HII-Regionen mit dem Teleobjektiv

63 **Technik-Wissen: Wie funktionieren Zenitspiegel, Zenitprisma und Amiciprisma?**

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

Das neue Bild der Milchstraße

14

Wie viele Spiralarme hat die Galaxis?

Beobachtungen

- Rückblick
65 Astro-Impressionen
- First Light
66 Den Sternen folgen
- Objekte der Saison
68 NGC 457 / M 76
- Galerie
72 Astrofotos unserer Leser

Service

- Szene
76 Termine für Sternfreunde: Oktober/November 2008
- Rezensionen
74 Titan Unveiled
75 Virtual Moon Atlas 6
Observing Comets
- Astromarkt
74 Kleinanzeigen

1 fokussiert
2 Inhaltsverzeichnis
6 Leserhinweise
78 Vorschau, Impressum

Produktvergleich:
Die astronomische A-Klasse Reisemontierung AstroTrac TT320 im Test

51

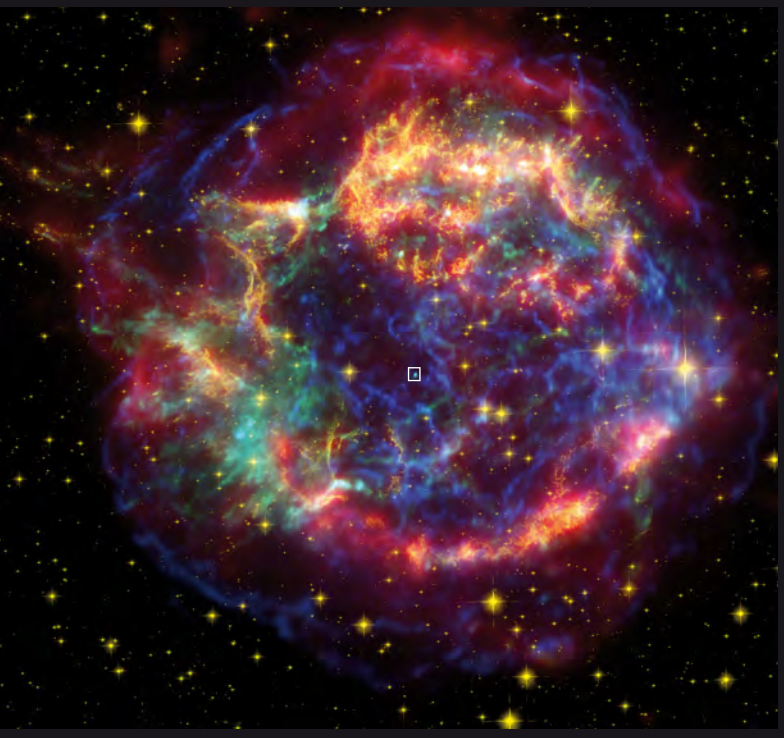
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken.

von Susanne und Peter Friedrich

Cassiopeia A – galaktische Supernova erstrahlt erneut

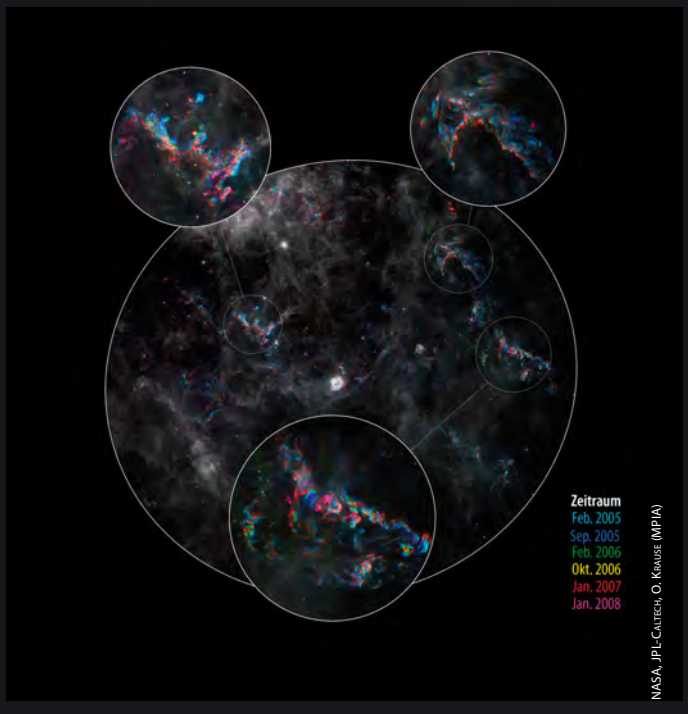
Eine Supernova ist der spektakuläre Todeskampf eines massereichen Sterns, in dem er für wenige Tage oder Wochen eine Galaxie wie das Milchstraßensystem mit seinen mehr als 100 Milliarden Sternen überstrahlt. Cassiopeia A ist einer der bekanntesten Überreste einer solchen Sternexplosion, die um das Jahr 1680 stattgefunden haben muss und möglicherweise von John Flamsteed, dem ersten Astronomer Royal in Greenwich, beobachtet wurde. Seit der Einführung moderner Beobachtungsmethoden hat sich jedoch kein derartiger Ausbruch in unserer Milchstraße ereignet. Supernova-Ausbrüche konnten daher im Detail bisher nur in fernen Galaxien untersucht werden. Es gab also bisher keine Möglichkeit, die Ergebnisse der detaillierten Studien, die sich an einem nahen Supernova-Überrest durchführen lassen, mit den Eigenschaften einer spektroskopisch untersuchten Supernova zu verknüpfen.

Der Überrest Cassiopeia A liegt nur elftausend Lichtjahre von der Erde entfernt und ist daher eines der am besten untersuchten Objekte. Das Licht der Supernova, die vor mehr als elftausend Jahren explodierte, passierte die Erde im 17. Jahrhundert. Jetzt gelang die »posthume« Spektroskopie der längst verblassten Supernova, weil die Astronomen mehrere kurzlebige Reflexe des damaligen Lichtblitzes an Staub- und Gaswolken in der Umgebung von Cassiopeia A entdeckten: Der Umweg einiger Lichtbündel über die Reflexion an diesen Wolken hat aufgrund der endlichen Geschwindigkeit des Lichtes zu derartigen Verzögerungen geführt, dass sie die Erde erst heute erreichen. Bereits 2005 wurden mit Hilfe des Weltraumteleskops Spitzer solche »Lichtechos« im infraroten Spektralbereich gefunden: Sobald Verdichtungen im interstellaren Staub vom Lichtblitz der Supernova erreicht und aufgeheizt werden, geben sie ihre Wärmestrahlung für einige Tage und Wochen im Infraroten ab. Da die infraroten Lichtechos die aktuelle Lage der radial nach außen laufenden Lichtfront markieren, konnten sie benutzt werden, um die viel schwächeren optischen Lichtechos aufzuspüren, die aus dem ursprünglichen, an den Staubverdichtungen nur gestreuten Licht der Supernova bestehen und deshalb die gesamte spektroskopische Information über die ursprüngliche Sternexplosion enthalten. Nur für wenige Wochen, etwa so lange, wie die damalige Supernova etwa ihre maximale Helligkeit besaß, leuchten diese Lichtechos auf. In ihrem Spektrum treten sowohl Wasserstoff- als auch Heliumlinien auf, womit die Supernova zum seltenen Typ IIb gehört. Solche Supernovae entstehen dadurch, dass ein massereicher Roter Überriese mit etwa 20 Sonnenmassen auf der Hauptreihe am Ende seines Lebens, nach vorherigem Verlust eines Großteils seiner äußeren wasserstoffreichen Hülle einen Kol-



NASA, JPL-Caltech, O. Krause (MPIA)

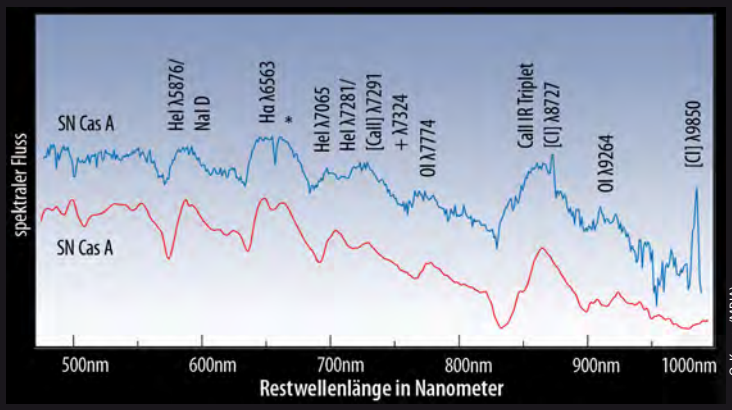
Abb. 1: Falschfarbenbild des Supernova-Überrestes Cassiopeia A, aufgenommen mit dem Röntgensatelliten Chandra im Röntgenbereich (blau und grün), dem Weltraumteleskop Hubble im Optischen (gelb) und mit dem Weltraumteleskop Spitzer im mittleren Infrarot (rot). Sterne und das von der Supernova-Explosion mit schweren Elementen angereicherte Gas leuchten besonders im Optischen, während die Emission im Infraroten warmen Staub im Überrest zeigt. Das kompakte türkise Objekt (im Kästchen) ist der nur im Röntgenbereich sichtbare Neutronenstern.



NASA, JPL-Caltech, O. Krause (MPIA)

Abb. 2: Der Supernova-Überrest Cas A (Mitte) mit interstellaren Staubwolken (grau) in seiner Umgebung in einer Montage von Infrarot-Aufnahmen des Weltraumteleskops Spitzer. Das Bild ist aus sechs über einen Zeitraum von drei Jahren aufgenommenen Einzelbildern zusammengesetzt. Über diesen Zeitraum unveränderte Infrarotstrahlung erscheint grau, während die aufgrund von Lichtechos zeitlich veränderliche Strahlung farbig erscheint. Blau entspricht dabei einem früheren, rot einem späteren Zeitpunkt. Der große Kreis hat einen Radius von 200 Bogenminuten oder 650 Lichtjahren.

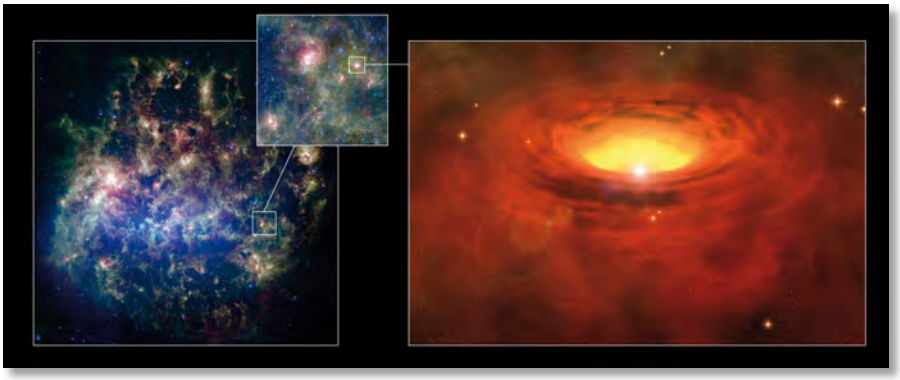
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



laps seines inneren, heliumreichen Kerns erfährt: Er kollabiert unter seiner eigenen Last und wirft dabei einen Teil der verbliebenen Hülle schlagartig ab. Zurück bleibt (wie in diesem Fall) ein Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch. Das abgeworfene Material enthält vor allem Helium und Wasserstoff und entfernt sich mit vielen Tausend Kilometern pro Sekunde in alle Richtungen. Es wechselwirkt dabei heftig mit der interstellaren Materie in der Umgebung, wobei das hoch angeregte Gemisch aus stellarer und interstellarer Materie den Supernova-Überrest bildet. [Pressemitteilung MPIA 08-05-29, Science 320, 1195 (2008)]

Abb. 3: Das Spektrum eines Lichtechos, verglichen mit dem Spektrum der typischen IIb-Supernova 1993 J. Sie stimmen im wesentlichen überein, deutlich sind die charakteristischen, breiten Emissionslinien des Wasserstoffs und Heliums zu erkennen.

Ein sterbender Riese



Der Rote Überriese WOH G64 in der Großen Magellanschen Wolke (links) ist von einem gigantischen Staubtorus umgeben (künstlerische Darstellung, rechts).

Laut Theorie stößt ein alternder Stern große Materiemengen in Form eines heftigen Sternwinds aus. So entsteht allmählich eine dicke Hülle oder ein Materiering aus unterschiedlichen Molekülen und Staub. Bereits seit Jahrzehnten versuchen die Forscher zu verstehen, wie genau massereiche Sterne in ihren späten Entwicklungsstadien derart große Mengen von Material verlieren, bevor sie ihr Leben als Supernova beenden. Die vielleicht beste Möglichkeit dazu bietet die Untersuchung der Hülle, die einen alten Stern umgibt. Um die für solch eine Beobachtung notwendige Auflösung zu erhalten, wurden zwei der vier 8,2m-Teleskope des VLT kombiniert; das auf diese Weise entstandene Interferometer erreichte das Auflösungsvermögen eines virtuellen 60m-Teleskops. Damit wurde der Stern WOH G64 in der Großen Magellanschen Wolke in zwei Frequenzbändern im mittleren Infrarotbereich beobachtet und zum ersten Mal eine detaillierte Ansicht eines Sterns außerhalb unserer Milchstraße gewonnen. Das ist ein wichtiger erster Schritt, um zu verstehen, wie sterbende Sterne in anderen Galaxien sich von denen in unserer eigenen unterscheiden. Der Überriese in der letzten Phase seines Lebens, dessen Durchmesser fast dem der Saturnbahn entspricht, wird von einem dicken Staubring umgeben und nicht von einer sphärischen Hülle, wie man früher vermutete. Die Ausdehnung des gesamten Staubrings ist gewaltig: Allein der innere Rand des Rings liegt bei 120AE, also dem 120-fachen des Abstands der Erde von der Sonne. Die gesamte Ausdehnung des Staubrings dürfte beinahe ein Lichtjahr messen.

Die Gesamtmasse des Sterns WOH G64 zum Zeitpunkt seiner Entstehung dürfte nach Modellrechnungen ungefähr 25 Sonnenmassen betragen haben, von denen inzwischen 3–9 Sonnenmassen durch einen heftigen Sternwind in den Staubring hinausgeblasen worden sind. In 1000 oder 10000 Jahren wird der Stern als Supernova explodieren. Angesichts der Masse von WOH G64 ist zu erwarten, dass diese Supernova ähnlich hell wird wie die Supernova 1987A und auf der Südhalbkugel der Erde ebenfalls mit dem bloßen Auge zu sehen sein dürfte. Die Supernova-Explosion wird den überwiegenden Teil der Masse von WOH G64 in den Raum schleudern – und damit Rohmaterial liefern für die Entstehung der nächsten Generation von Sternen. [Presseinformation der MPG SP/2008(112), ESO Science Release 15/08, Astron. Astrophys. 484, 371]

Drei Super-Erden

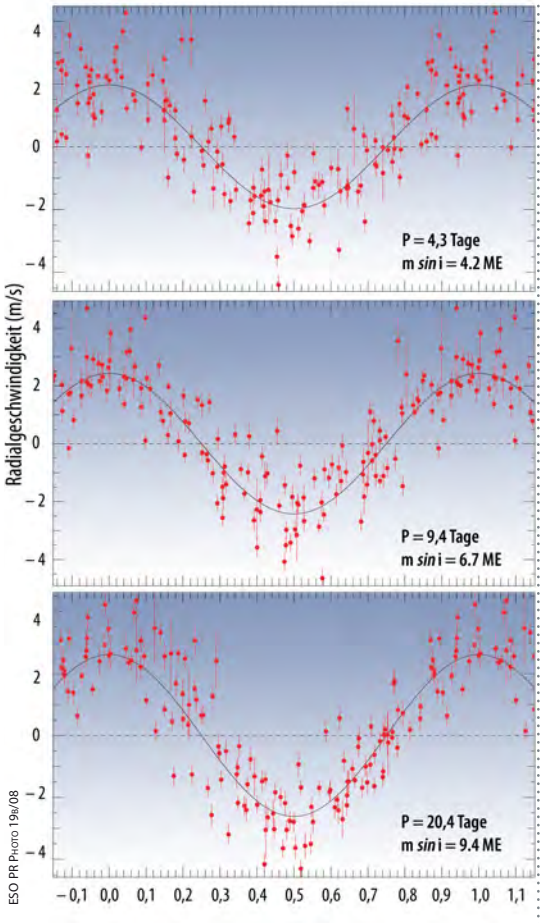
Die Zahl der Planeten-Kandidaten, die man um andere Sterne gefunden hat, hat sich mittlerweile auf über 300 erhöht. Man muss bei den meisten Systemen von Kandidaten sprechen, da man, solange der Sichtwinkel unter dem man auf das System blickt nicht bekannt ist, nur eine Untergrenze für die Masse angeben kann. Nur bei Planeten, die für einen Erdbeobachter einen Transit vor ihrem Zentralgestirn zeigen, ist der Inklinationswinkel (in diesen Fällen ca. 90°) und damit auch die Masse genau bekannt. Die meisten Planeten wurden durch eine Verschiebung von Spektrallinien gegenüber ihrer Ruheposition im Spektrum der Sterne entdeckt. Diese Verschiebung entsteht durch die gemeinsame Bewegung des Sterns und seines Planeten oder seiner Planeten um den gemeinsamen Schwerpunkt. Je massereicher ein Planet ist, umso größer ist die Bewegung seines Zentralgestirns, und je kürzer seine Umlaufszeit, umso kürzer kann die Messreihe sein, um ihn nachzuweisen. Dies ist der Grund, warum zu Beginn der Entdeckungen nur extrasolare Planeten mit einigen Jupitermassen in sternnahen Orbits gefunden wurden. Mittlerweile laufen Messreihen seit Jahrzehnten mit im-

Surftipps

JPL/NASA: www.jpl.nasa.gov
Space Telescope Science Institute: www.stsci.edu
ESO Presse Mitteilungen: www.eso.org/outreach/press-rel
Max-Planck-Gesellschaft: www.mpg.de

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

mer besseren Instrumenten, so dass auch Planeten mit der 2–10-fachen Erdmasse, sog. Super-Erden, entdeckt werden können. Der Stern HD 40307 wird gleich von drei Super-Erden mit Massen von mindestens 4,2, 6,8, und 9,2 Erdmassen und Umlaufzeiten von 4,3, 9,6, und 20,5 Tagen umkreist. Im Rahmen einer Untersuchung von etwa 200 sonnennahen G- und K-Sternen, zu denen auch HD 40307 gehört, wurden bei 30%±10% der Sterne neptunähnliche Planeten oder Super-Erden mit Umlaufperioden unter 50 Tagen gefunden. [ESO Science Release 19/08, arXiv:0806.4587 (2008)]



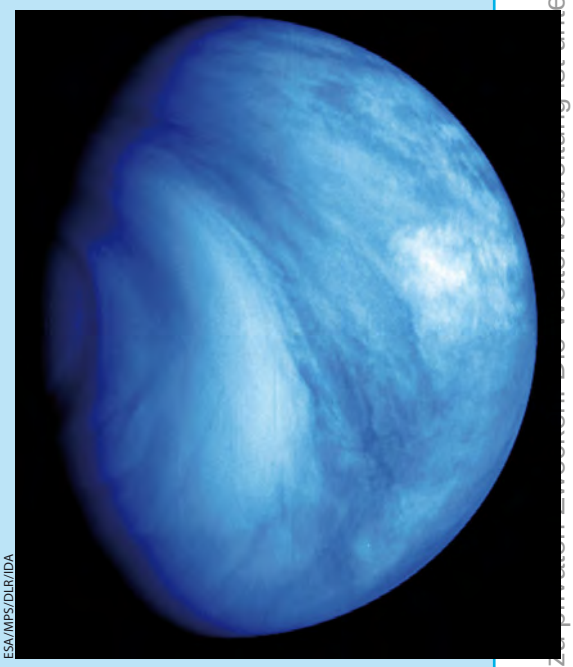
Radialgeschwindigkeitskurven für die drei entdeckten Supererden. Dazu werden die Verschiebungen der Spektrallinien im Spektrum des Zentralgestirns gemessen und entsprechend der Umlaufperiode des Planeten aufgetragen. Die Störungen durch die jeweils anderen zwei Planeten werden abgezogen.

Raumfahrt aktuell
Venus Express tiefer gelegt

Eine Serie von Bahnmanövern zwischen dem 13. Juli und 4. August hat den planetennächsten Bahnpunkt des Orbiters Venus Express von ursprünglich 250km bis 400km Höhe auf nur noch 185km bis 300km verringert – und das ist vielleicht nur der erste Schritt von zunehmend kühneren Experimenten mit der ESA-Mission, die bereits in ihrer ersten Verlängerung ist. Störungen vor allem durch die Schwerkraft der Sonne sorgen dafür, dass das Perizentrum der elliptischen 24-Stunden-Bahn um den Planeten ständig etwas schwankt, aber nun wurde in vier Schritten der Mittelwert systematisch verringert. Abwechselnd sorgte jeweils eine Triebwerkszündung im Apozentrum dafür, dass dieser mit 66000km fernste Bahnpunkt noch etwas weiter vom Planeten weg rückte, tags darauf sorgte ein zweites Manöver für eine Absenkung des Perizentrums. In diesen beiden Punkten lässt sich ein Orbit besonders effizient verändern: Nur wenige Minuten oder gar Sekunden Zündung sind nötig, um die Bahnhöhe um mehrere Kilometer zu verändern.

Mit der ersten großen Änderung der Bahn des Venus Express seit Mai 2006 – deren 24-Stunden-Periode dabei nicht verändert wurde – verfolgt die ESA gleich fünf wissenschaftliche Ziele, und vor allem der Teilchendetektor ASPERA und das Magnetometer MAG profitieren:

- Die räumliche Verteilung neutraler und geladener Teilchen kann nun über einen größeren Höhenbereich untersucht werden.
- Die Sonde dringt jetzt tiefer in die Ionosphäre der Venus ein, deren Obergrenze zwischen 225km und 240km schwankt.
- Das Magnetfeld der Venus kann genauer untersucht werden, sowohl der planetennahe Bereich des von außen (durch den Sonnenwind) induzierten Feldes als auch ein vielleicht existierendes Feld, das der Planet selbst erzeugt.
- Der Nachweis von Strahlung, die auf Gewitterblitze zurückgehen könnte und die der Venus Express bereits aus größerer Höhe registrierte, wird verbessert.
- Und der Orbiter reibt sich nahe des Perizentrums bereits so stark an der oberen Venusatmosphäre, dass sich eine kumulative Abbremsung durch Verfolgung seiner Bahn messen lässt, was wiederum die Dichte der Hochatmosphäre verrät.



Dieses Falschfarbenbild der Venus wurde mit der Venus Monitoring Camera (VMC) von Venus Express aufgenommen und zeigt die Südhalbkugel vom Äquator (rechts) bis zum Südpol (links im Bild).

Unterhalb von 200km Bahnhöhe steigt die Reibung deutlich an, und um ihren subtilen Effekt nachzuweisen, wurde die Bahn des Venus Express während ihrer Absenkung immer wieder mit den großen Antennen von New Norcia (ESA) und des Deep Space Network (NASA) verfolgt. Noch nicht genehmigt ist eine spätere erneute Absenkung des Perizentrums: Dann würde die Atmosphärenreibung so stark, dass sie auch die Beschleunigungsmesser an Bord des Orbiters registrieren würden. Man hätte es dann mit so genanntem Aerobraking zu tun, bei dem die Reibung Energie raubt und die Bahn – kontrolliert – schrumpfen lässt. Wenn überhaupt, dann wird dieses riskante Experiment aber erst in einer erneuten Missionsverlängerung nach dem Mai 2009 gewagt.

■ Daniel Fischer

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

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

Das neue Bild der Milchstraße

Wie viele Spiralarme hat die Galaxis?

von Daniel Fischer

»Die Milchstraße verliert zwei Arme«, »Zwei Spiralarme degradiert« oder gar »Die amputierte Milchstraße«: Schrill waren die Schlagzeilen, die Anfang Juni aus einer großen Astronomentagung in den USA drangen. War nun endlich geklärt, dass wir – zur allgemeinen Überraschung – in einer Spiralgalaxie mit zwei Armen (und einem gewaltigen zentralen Balken) wohnen? Im Gegenteil: Auf derselben Tagung wurden, leider nicht annähernd so stürmisch, ebenso überzeugende Belege für die bekannte vierarmige Spiralstruktur präsentiert! Wie kann das alles zusammen passen – und wie sieht unsere Milchstraße tatsächlich aus, die uns von oben zu betrachten verwehrt ist?

Schon gut 150 Jahre ist es her, dass die ersten Astronomen darüber spekulierten, die Milchstraße könnte ein spiralförmiges Sternsystem sein. Bereits Wilhelm Herschel hatte 1785 aus der Verteilung der Fixsterne am Himmel geschlossen, dass wir uns in einer linsenförmigen Struktur befinden, und sein Sohn John vermutete in manchen nebelhaften Deep-Sky-Objekten vergleichbare gigantische Sternsysteme in großer Entfernung von unserem eigenen. Als der dritte Earl of Rosse mit seinem Riesenteleskop bei einem Dutzend dieser Objekte – zum Beispiel Messier 51 – eine ausgeprägte Spiralstruktur fand, wurde dies noch nicht als ein zwingendes Argument für ihre extragalaktische Natur gesehen. Die Spiralen schienen eher zu Wolken in unserer Milchstraße zu passen, in denen Gas zusammenströmt und bald ein neuer Stern entsteht – eine populäre Alternativdeutung der kosmischen »Nebelflecke«. Viele Jahrzehnte blieb die Natur der »Spiralnebel« unklar, und erst Anfang des 20. Jahrhunderts setzte sich die Erkenntnis durch, dass unsere Milchstraße nur eine Galaxie unter vielen ist (von denen zwei Drittel der 1500 hellsten eine Spiralstruktur besitzen). Doch die erste Arbeit, in der – in Analogie zu Rosses Zeichnungen – die Milchstraße als Spiralgalaxie interpretiert wurde, war schon 1852 erschienen [1]. Und bald waren detaillierte Überlegungen gefolgt, wie man aus Sternzählungen in verschiedenen Richtungen – wie sie schon der alte Herschel gepflegt hatte – Details dieser Spirale herauslesen könne [2].

Ist unsere Milchstraße eine Spiralgalaxie?

Doch Fortschritte ließen lange auf sich warten, sehr lange: Fast ein Jahrhundert verging, und noch 1950 konnte Otto Struve die Frage »Ist unsere Milchstraße eine Spiralgalaxie?« nicht eindeutig beantworten [3]: Auch die umfassende Stellarstatistik durch Jacobus Kapteyn Anfang des Jahrhunderts hatte letztlich keinen Durchbruch gebracht. Das Hauptproblem war der Staub zwischen den Sternen, der weiter entfernte Sonnen schwächer erscheinen oder gar verschwinden lässt: Diese

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu private

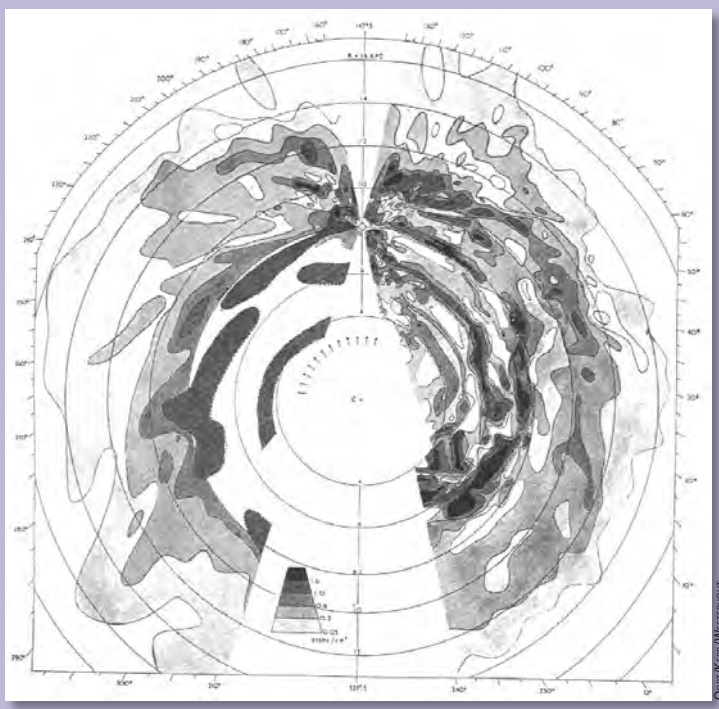
NASA/JPL-Caltech, Stsmay-Cambron

Abb. 1: Wie sieht unsere Milchstraße von oben aus? Das linke Modell mit zwei dominanten und zwei unbedeutenden Armen basiert auf der Häufigkeit alter Sterne in unterschiedlichen Sichtlinien in nahen Infraroten und zeigt auch einen kürzlich gefundenen zweiten inneren »3-Kiloparsec-Arm« und einen sehr ausgeprägten zentralen Balken, den noch kein anderes Modell derart dominierend sah; die Sonne sitzt unterhalb des Zentrums. Das rechte Modell mit vier Armen geht auf die Emission zweier interstellarer Gase im fernen Infraroten zurück, die in den Armen besonders konzentriert sein sollten. Echte Bildsegmente fremder Galaxien, insbesondere einer Hubble-Aufnahme von M 51, wurden hier mit mehreren Grafikprogrammen gemäß dem besten Modell (Abb. 9) zusammengefügt. Die inneren Arme und der Balken sind hier weggelassen, aber einen moderaten Balken darf man sich dazu denken.

Extinktion verfälscht das Erscheinungsbild der Milchstraße am Himmel derart, dass Rückschlüsse auf ihre komplette dreidimensionale Struktur allein aus Sternzahlen im sichtbaren Licht schlicht unmöglich sind. Doch mit den rasanten Fortschritten der beobachtenden Astronomie nach dem zweiten Weltkrieg keimte Hoffnung auf: Gab es etwas in Spiralarmen, das man trotz des Staubes nachweisen und benutzen konnte, um ihren Verlauf nachzuzeichnen? Den ersten Durchbruch brachte Baades Entdeckung, dass bei der Andromeda-Galaxie die leuchtkräftigen O- und B-Sterne in den Spiralarmen liegen. Und dieselben Sterne ließen sich auch in der Milchstraße finden und mit Entfernungen versehen: Im Jahre 1952 begannen sich zum ersten Mal, Spiralarme in Sonnennähe abzuzeichnen [8]. Auch HII-Regionen, die durch solch heiße Sterne zum Leuchten anregt werden, eignen sich zum Kartieren der nahen Arme. Spätestens in 15000 Lichtjahren Distanz aber bildet die interstellare Absorption eine regelrechte Mauer [5], und im sichtbaren Licht reicht der Blick in der Galaktischen Ebene gar nur 1000 Lichtjahre weit.

Radioteleskope durchleuchten die Galaxis

Praktisch zeitgleich, im Frühjahr 1951, wurde jedoch ein ganz neues Fenster in den Kosmos geöffnet: Radioastronomen in den USA und den Niederlanden wiesen zum ersten Mal die Strahlung des neutralen Wasserstoffs bei einer Wellenlänge von 21cm nach [4]. Diese kuriose Emission, die auf das gele-



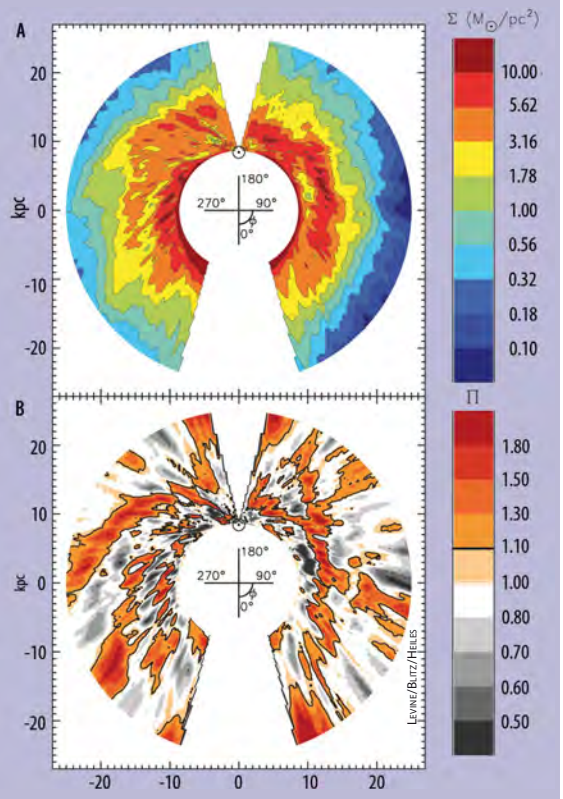
Oort/Kerr/Westerhout

Abb. 2: Eine klassische Karte der Milchstraße, erstellt vor genau 50 Jahren: Gezeigt ist die Verteilung des neutralen Wasserstoffs, wobei der Abstand von der Erde aus dem Dopplereffekt der 21cm-Radiolinie mittels eines angenommenen Rotationsmodells der Galaxis berechnet wurde. Schemenhaft wird eine Spiralstruktur erkennbar, bei der aber viel Interpretationsbedarf besteht.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu private

Abb. 3: So enthüllt sich die Spiralstruktur der Milchstraße anhand von HII-Regionen, beobachtet im optischen Spektralbereich (Kreise) und im Radiobereich (Quadrate): Eine symmetrische vierarmige Struktur scheint am besten zu passen. Mit 1 ist der Sagittarius-Carina-Arm bezeichnet, 2 der Scutum-Crux-Arm, 1' der Norma-Arm und 2' der Perseus-Arm. Schraffiert sind in dieser ebenfalls klassischen Karte von 1976 jene Bereiche der Arme, die für die stärkste Radiokontinuums- wie Neutralwasserstoffemission sorgen, die am Ort der Sonne (S) gemessen wird.

Abb. 4: Moderne Messungen des neutralen Wasserstoffs in der Milchstraße, bis in ihre Außenbereiche: oben die Oberflächendichte, unten mittels unscharfer Maskierung herausgearbeitete Über- und Unterdichte.



gentliche Umkippen des Elektronenspins im Wasserstoffatom zurückgeht, hat einen Vor- und einen Nachteil: Sie durchdringt Staub und Gas der Milchstraße problemlos, doch es gibt keinerlei direkte Möglichkeit, die Entfernung zu der strahlenden Quelle zu messen. Da die Spektrallinie aber scharf definiert ist, fällt ihre Dopplerverschiebung auf, wenn sich der »Sender« gegenüber der Erde bewegt. Benötigt wird also ein Rotationsmodell der Milchstraße (die sich innen schneller dreht als außen), um die Dopplermessungen in Entfernungen umzuwandeln: Hier sind allerlei Annahmen erforderlich, und in bestimmten Richtungen liefert die Umrechnung auch kein eindeutiges Ergebnis [5]. Bis heute ist das Problem gleich geblieben: Der Wasserstoff liefert ein nahezu globales Bild (außer vom Raum direkt hinter dem Milchstraßenzentrum), doch es ist verschwommen und voll potenzieller systematischer Fehler. Direkte Entfernungsmessungen zu einzelnen Objekten der Milchstraße sind praktisch nur in der Umgebung der Sonne möglich. Das Ziel muss sein, mit beiden Techniken zum selben Bild der Spiralstruktur zu gelangen.

Vierarmiges Standardmodell

Die Fortschritte in den 1950-er Jahren waren rasant: Schon zwei Jahre nach dem ersten Nachweis der 21cm-Strahlung gab es grobe Karten der ganzen Milchstraße, und bis 1958 waren sie erstaunlich präzise geworden (Abb. 3) [7]: Die Galaxis schien in der Hubble-Klassifikation vom Typ Sb zu sein, also eine Spirale ohne Balken mit einem strukturlosen Kernbereich und gut definierten Armen [6]. Zwar erkannten die Radioastronomen in dem Bild mehrere lange, durchgehende Strukturen, aber manch optischer Astronom hatte seine Zweifel an deren Realität und zeichnete lieber eigene Arme anhand der hellen Sterne [8]. Die Techniken waren an ihre Grenzen gestoßen, und die nächsten Jahre tat sich nicht viel – bis 1976 ein ziemlich klares Bild einer vierarmigen Spirale veröffentlicht wurde, das auf der räumlichen Verteilung von HII-Regionen fußte [9]. Eine Unzahl Messungen war hier verarbeitet, Distanzen zu hunderten anregenden Sternen und Radialgeschwindigkeiten von über 1000 ionisierten Wasserstoffwolken, sowohl anhand der roten Hα-Linie wie auch einer Radiolinie bestimmt und zu einem Rotationsmuster der Milchstraße zusammengeführt worden. Das Ergebnis waren zwei symmetrische Arm-Paare (Abb. 3), und erfreulicherweise war die Radiostrahlung sowohl im Kontinuum wie auch in der 21cm-Linie just da am höchsten, wo der Blick von der Sonne aus entlang einer Tangente an einem der Arme fiel. Noch 30 Jahre später ist dieses Bild der Milchstraße – nunmehr vom Hubble-Typ Sc – für viele Astronomen geradezu ihr Standardmodell. Vor zehn Jahren galten die Radiokarte von 1958 und die H II-Karte von 1976 als die besten Versuche, die Milchstraße zu verstehen, deren Typ heute zwischen Sb und Sc angesiedelt wird, überdies mit Anzeichen für einen zentralen Balken.

Eine unsymmetrische vierarmige Spirale?

Die Forschung ging weiter: Ein halbes Jahrhundert nach der ersten 21cm-Karte wurde ein neues Bild der Wasserstoffverteilung publik, das bis in größere Distanz vom galaktischen Zentrum (80000 Lichtjahre) reichte [15] und durch unscharfe Maskierung geschärft war (Abb. 4) – das symmetrische Bild der Arme wollte indes nicht recht dazu passen (Abb. 4 unten). Besser ließ sich eine dezidiert unsymmetrische vierarmige logarithmische Spirale den Radiomessungen anpassen, mit doppelt so großem Öffnungswinkel wie bei den meisten früheren Spiralrekonstruktionen in der Literatur (Abb. 4 oben). Eine weitere Methode, um die Galaxis mit Radioteleskopen zu kartieren, bedient sich der starken Emission von Kohlenmonoxid: Wiederum über den Dopplereffekt wird aus spektralen Verschiebungen der Linien die Entfernung bestimmt. Der jüngste Erfolg der CO-Beobachter [21] ist der Nachweis eines kleinen Spiralarms auf der »Rückseite« des galaktischen Zentrums, der das genaue Spiegelbild des schon in den 1950er Jahren entdeckten »expandierenden 3-kpc-Arms« auf unserer Seite der Milchstraße ist und wie dieser am Ende des zentralen Balkens ansetzt (Abb. 5). Aber für die aktuelle Kontroverse um die Zahl ihrer großen Spiralarme sorgen zwei Methoden, die letztlich wieder an Herschels Idee erinnern: Ausgewertet und mit Modellen verglichen wird – ohne Kenntnis der Entfernungen – die Verteilung von Gaswolken bzw. Sternen am Himmel – allerdings im Infraroten (IR), wo der kosmische Staub ähnlich gut durchdrungen wird wie im Radiobereich.

Oder doch nur zwei?

Erste Sternzählungen im IR-Licht schienen noch gut zu einer vierarmigen Spirale zu passen, [10] doch dann wurde das Bild

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

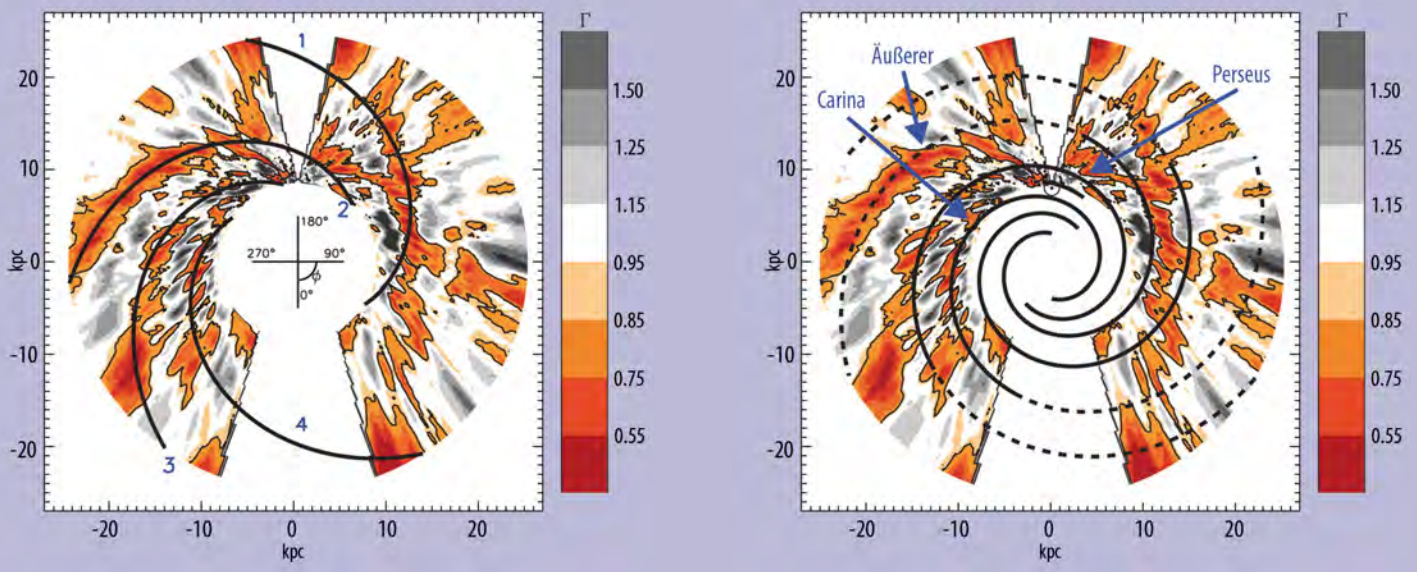


Abb. 5: Welche Spiralstruktur passt besser zu der neuen Kartierung des neutralen Wasserstoffs? Links eine neuartige vierarmige Spirale, die den Daten angepasst wurde, rechts das alte – symmetrische – Modell, das auf Beobachtungen an HII-Regionen basiert; wo die Kurven durchgezogen sind, gilt es als verlässlich, weiter außen ist es extrapoliert. Es passt nicht wirklich [15].

verwirrend: Ferninfrarote Emission interstellaren Gases bei 240µm lieferte die altbekannten vier Arme – aber im K-Band, wo man vor allem Sterne sieht, zeichneten diese eine zweiarmige logarithmische Spirale! [11] Genauer gesagt: Dort, wo man eine Tangente an zwei der vier Arme erwarten sollte, war die Zahl der Sterne nicht erhöht, was sich bald bestätigen sollte. [12] Zweiarmige Spiralen sind auch in der Mehrheit, wenn man andere Galaxien im K-Band beobachtet, zuweilen

Abb. 6: Das Paar der inneren »3-Kiloparsec-Arme« der Milchstraße in schematischer Darstellung; derjenige hinter dem Galaktischen Zentrum wurde erst jetzt klar nachgewiesen, der vordere schon vor 50 Jahren. Die Symmetrie dieser Arme gilt auch als weiterer Beleg für einen zentralen Balken unserer Milchstraße.

im Unterschied zum Bild im sichtbaren Licht: Kann es sein, dass Gas und Sterne unterschiedlichen Dichtemustern folgen? Den nächsten großen Fortschritt brachte das Spitzer Space Telescope, Ende 2003 gestartet und mit großen infraroten Himmelsdurchmusterungen beschäftigt. Eine davon war GLIMPSE, die einen Katalog mit Millionen Punktquellen in Richtung der inneren Milchstraße und damit ein detailliertes Bild der Sternverteilung lieferte – und wieder passte eine zweiarmige Spirale besser [14], denn der Sagittarius-Arm machte sich einfach nicht bemerkbar. Außerdem verstärkten sich frühere Hinweise auf einen substanziellen Balken im galaktischen Zentrum, so dass sich ein neues großes Bild der Milchstraße anbot (Abb. 1 links): zwei Arme, die an den Enden eines langen Balkens beginnen [16]. Dank einer Pressekonferenz auf der 212. Tagung der American Astronomical Society im Juni 2008 in St. Louis [18] wurde es quasi über Nacht in den Medien bekannt. Die beiden »verschwundenen« Arme seien schon noch da, wurde erklärt, aber dort hätte wohl die Sternentstehung nicht recht funktioniert: Von oben betrachtet, sähe die Galaxis eindeutig zweiarmig aus; auch die Symmetrie der beiden 3kpc-Arme passe dazu.

Junge versus alte Sterne

Fast unbeachtet von den Medien, da ohne Pressekonferenz, wurden jedoch auf genau derselben Tagung auf einem Poster [17] schlagkräftige Argumente für die gewohnte vierarmige Gestalt der Milchstraße präsentiert, wie auch schon einige Jahre zuvor [13]: Auch hier hatten die Autoren nach den bekannten Arm-Tangenten gesucht – und sie alle gefunden! Sie hatten sich ebenfalls der Messungen eines NASA-Satelliten bedient, des Cosmic Background Explorer, der nicht nur Kosmologie betrieben sondern u.a. auch Himmelskarten im Ferninfraroten geliefert hatte. Ausgewertet wurde die Emission von [CII] und [NII] bei 128µm bzw. 205µm: In diesen verbotenen Linien kühlt sich interstellares Gas besonders gut ab, und so sollten sie die Spiralarme besonders deutlich nachzeichnen. Die zu erwartenden Tangenten sind alle klar zu erkennen (Abb. 7): Unter allen Modellen passt klar ein vierarmiges mit asymmetrischen Armen (Abb. 8), 2-, 3- und mehr-als-4-armige scheiden aus – und damit die meisten der in den letzten 50 Jahren publizierten rund 70 (!) unterschiedlichen Ideen. Erscheint unsere Milchstraße von außen also völlig anders (Abb. 1 rechts) als in der Spitzer-Version? Sicher dürfte einzig sein, dass die Milchstraße im Licht der alten Sterne (Spitzer) anders aussieht als wenn man Gas (COBE) und junge Sterne betrachtet: »Das ist etwas, was man verstehen muss,« sagt Tom Steiman-Cameron von den »Vierarmigen«, der »sehr überrascht war«, dass das Spitzer-Teleskop den Sagittarius-Arm nicht sehen kann.

Eine wichtige Erkenntnis

Der erstaunliche Widerspruch zwischen dem Bild der Milchstraße im Licht junger und alter Sterne: Das ist, auf den Punkt ge-

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

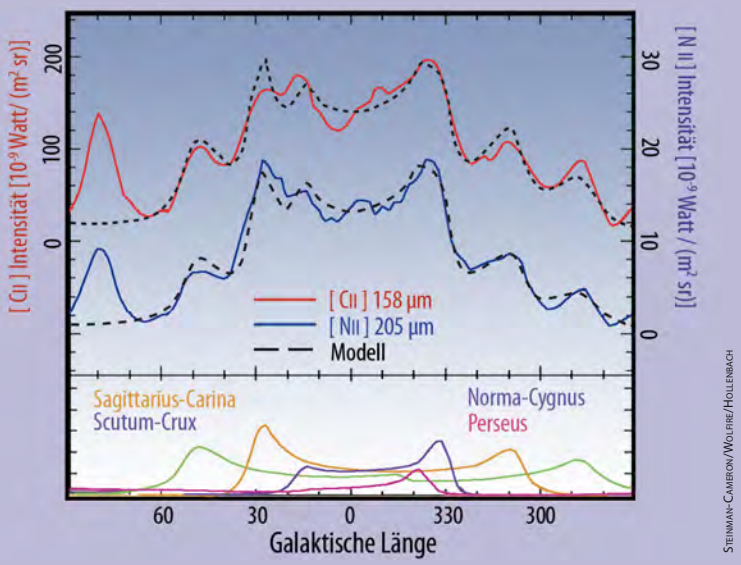


Abb. 7: Messung und Modellierung der interstellaren Gasemission; ganz unten die Anteile der [CII]-Emission verschiedener Spiralarme zur Gesamtstrahlung, die COBE in verschiedenen Richtungen maß (das Bild für [N II] sieht praktisch gleich aus). []

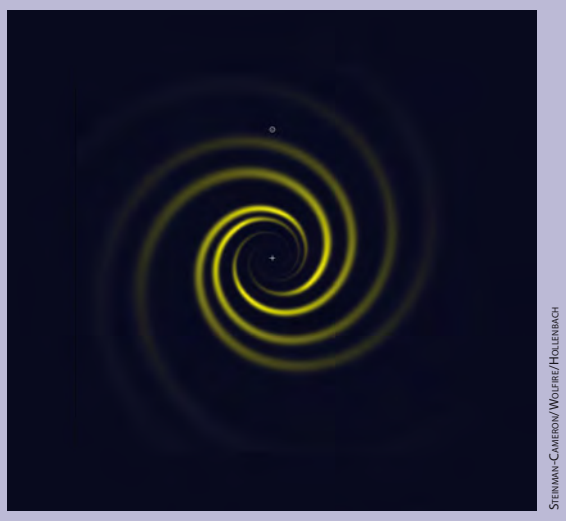


Abb. 8: Das ist das prinzipielle Gesicht unserer Milchstraße – wenn man die Emission interstellaren Gases zugrunde legt, wie sie der COBE-Satellit maß: Unter zahllosen getesteten Spiralmodellen passt dieses am besten.

bracht, die eigentliche Sensation der AAS-Tagung und nicht, dass die Milchstraße die Hälfte ihrer Arme »verloren« hätte! Schon testen Gasdynamiker, ob in derselben Galaxie ein 2- und ein 4-armiges Muster koexistieren können. »Es mag auch andere Gründe geben, warum der Sagittarius-Carina-Arm in den Spitzer-Daten nicht auftaucht, aber in fast jeder anderen Studie der Spiralstruktur klar auftritt«, sagt Steiman-Cameron: »Wie auch immer, wenn man die Milchstraße von außen betrachten würde, sind es die jungen, heißen, blauen, staubigen Spiralarme, die leicht zu sehen sind. Bei allem, was man aus früheren Studien weiß, ist es schwer zu glauben, dass dies auf den Sgr-Car-Arm nicht zutrifft.« Steiman-Cameron ist aber zuversichtlich, dass man die Spitzer- und COBE-basierten Modelle wie auch alle früheren Erkenntnisse über die Spiralstruktur der Milchstraße unter einen Hut bringen können wird. Und ganz neue Datenqualität winkt schon am Horizont: So verspricht der GAIA-Satellit der ESA im kommenden Jahrzehnt dramatisch genauere Entfernungen zu O- und B-Sternen und damit die absoluten Entfernungen zumindest der sichtbaren Teile der Spiralstruktur [20] erheblich zu verbessern. Fünfzig Jahre nach der ersten »guten« Karte der Milchstraße ist noch vieles so unklar wie einst. Aber angesichts der wachsenden Datenfülle und auch -vielfalt liegt die große Synthese vielleicht nicht mehr fern. Und wir werden endlich wissen, in was für einer Galaxie wir eigentlich leben.

[1] Alexander, S.: The Milky Way – a spiral, Astron. J. 2, 101 (1852)
[2] Proctor, R. A.: A new Theory of the Milky Way, MNRAS 30, 50 (1869)
[3] Struve, Is the Milky Way a Spiral Galaxy? Sky & Tel. 9, 263 [1950]
[4] Oort, J. H.: Measures of the 21-cm Line Emitted by Interstellar Hydrogen, Vistas in Astronomy 1, 607 (1955)
[5] Oort, J. H.: Die Spiralstruktur des Milchstraßensystems, Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft 7, 83 (1956)
[6] Becker, An Analysis of the Milky Way, Vistas in Astronomy 2, 1515 (1956)
[7] Oort, J. H., Kerr, F. J., Westerhout, G.: The galactic system as a spiral nebula, MNRAS 118, 379 (1958)
[8] Struve, O.: The Spiral Structure of the Milky Way, Sky & Telelescope 18, 364 (1959)
[9] Georgelin, Y. M., Georgelin, Y. P.: The Spiral Structure of Our Galaxy Determined from H II Regions, Astron. Astrophys. 49, 57 (1976)
[10] Ortiz, R., Lépine, J. R. D.: A model of the Galaxy for predicting star counts in the infrared, Astron. Astrophys. 279, 90 (1993)
[11] Drimmel, R.: Evidence for a two-armed spiral in the Milky Way, Astron. Astrophys. 358, L13 (2000)
[12] Drimmel, R., Spergel, Three-dimensional structure of the Milky Way disk: The Distribution of Stars and Dust beyond 0.35 Rsolar, Astrophys. J. 556, 181 (2001)
[13] Steiman-Cameron, T., Wolfire, M., Hollenbach, D.: Spiral structure of the Milky Way: The state of affairs, Astrophysics and space science library 319, 793 (2004)
[14] Benjamin, R. A. et al.: First GLIMPSE results on the stellar structure of the Galaxy, Astrophys. J. 630, L149 (2005)
[15] Levine, E. S., Blitz, L., Heiles, C.: The Spiral Structure of the Outer Milky Way in Hydrogen, Science 312, 1773 (2006)
[16] Benjamin, R. A.: The Spiral Structure of the Galaxy: Something Old, Something New…, ASP Conference Series 387, 375 (2008)
[17] Steiman-Cameron, T. Y., Wolfire, M., Hollenbach, D.: The Geometry of the Galaxy's Spiral Arms, Poster 18.09 auf der 212. AAS-Tagung, St. Louis, (2008)
[18] Clavin, W.: Two of the Milky Way's spiral arms go missing, JPL News Release 2008-094 (2008)
[19] Aguilar, D. A., Pulliam, C.: Milky Way mapping project finds surprisingly slow stars, CfA Press Release 2008-12 (2008)
[20] Bailer-Jones, C. A. L.:What will Gaia tell us about the Galactic disk? Proceedings of IAU Symposium No. 254; arXiv0806.2575 (2008)
[21] Dame, T. M., Thaddeus, P.: A new spiral arm of the galaxy: the far 3-Kpc arm, Astrophys. J. Letters im Druck, arXiv0807.1752 (2008)

Der Autor dankt R. Benjamin und T. Steiman-Cameron für detaillierte E-Mail-Interviews.

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

von Peter und Susanne Friedrich

Wie entstehen die Spiralstrukturen der Galaxien?

Dies ist eine Fragestellung, die bis heute in der Astrophysik nicht abschließend beantwortet ist. Galaxien rotieren in der Regel differentiell mit einer nach außen abnehmenden Winkelgeschwindigkeit. Eine z.B. vom Zentrum ausgehende radiale Struktur würde daher mit der Zeit zu einer spiralförmigen Verteilung auseinander gezogen. Ein Spiralarm, der stets aus den selben Sternen und Gaswolken bestünde, würde sich jedoch bereits nach wenigen Umläufen (etwa 10^8 Jahren) vollständig aufwickeln – und somit verschwinden. Um die beobachteten Galaxien mit Spiralarmen zu erklären, muss man annehmen, dass sich Spiralarme entweder nach dieser Zeitspanne neu bilden oder aber dass es sich um dynamische Strukturen wie wellenartige Störungen in einer ursprünglich rotationssymmetrischen Galaxie handelt.

Obwohl sich Bertil Lindblad bereits in den 1920er Jahren mit diesem Problem befasst hatte, führten erst die Arbeiten von Lin und Shu [1] zu einer quantitativen Beschreibung der Phänomene. Sie nehmen an, dass Sterne und interstellares Gas durch Gravitationswechselwirkung in Gegenwart der differentiellen Rotation eine Dichtewelle aufrecht erhalten. Durch die Erhöhung der Massendichte in der Welle wird eine entsprechende spiralförmige Störung im Gravitationspotential erzeugt, die nun wiederum auf die Bewegung der Sterne und damit auf die Sternverteilung wirkt. Da sich eine Dichtewelle relativ zur Materie bewegen kann, braucht sie nicht an der differentiellen Rotation teilnehmen und wird daher auch nicht aufgewickelt. Danach würde die Sonne etwa alle 100 Mio. Jahre eine solche Dichtewelle durchlaufen, wofür sie etwa 10 Mio. Jahre braucht. Die Tatsache, dass sich junge stellare Objekte und interstellare Materie auf die Spiralarme konzentrieren, lässt sich in diesem Bild damit erklären, dass durch die sich relativ zu Sternen und Gaswolken bewegende Dichtewelle Gaswolken komprimiert werden, kollabieren und anschließend Sterne bilden. An der Stelle, wo die Dichtewelle »gerade« durchgelaufen ist, sollte man also ein Band heller blauer Sterne und HII-Regionen beobachten. Dahinter sollten etwas ältere Sterne und Sternhaufen folgen, während die alte Sternpopulation fast gleichförmig verteilt sein sollte. Genau dies wird beobachtet.

STScI PRC05-12A

Die Grand Design Spirale M 51. Solche Strukturen ergeben sich nach der Dichtewellen-Theorie.

Allerdings ist nicht geklärt, wodurch solche Dichtewellen ausgelöst werden. Viele der »Grand Design«-Spiralen wie M 51 besitzen Begleiter oder Balken, so dass vermutet wird, dass diese die Dichtewellen antreiben [2]. Das Modell der **Stochastic Self-Propagative Star Formation (SSPSF)** kann möglicherweise keine solchen Spiralen erklären, aber kleinräumige Strukturen wie Sporne und Filamente und irreguläre Systeme. Im Wesentlichen geht es davon aus, dass ein Sternentstehungsgebiet weitere Sternentstehung in der Nachbarschaft auslöst, wodurch sich die fortpflanzende Sternentstehung als Welle durch die Galaxie bewegt. Deren Rotation erzeugt dann die Spiralstruktur. Allerdings ergeben sich in diesem Modell sehr strukturreiche Galaxienscheiben. Meist besitzen sie keinen einzigen Arm, der sich weiter als 30° verfolgen lässt. Typischerweise sind in diesen Modellgalaxien keine zwei symmetrische gegenüberliegende Arme zu sehen, sondern Arme und Teile von Armen sind über die Scheibe verteilt.

Eine offene Frage ist auch die Zeitskala, auf der Spiralarme existieren. Nach der Theorie von Lin und Shu stellen diese Dichtewellen nur eine, wenn auch die stärkste Störung in einer Galaxienscheibe dar. Im Laufe der Zeit stellt sich demnach zwischen Verstärkung und Dämpfung ein Gleichgewicht ein, so dass die Spiralstruktur ad infinitum bestehen bleibt. Oder aber existieren Spiralstrukturen nur in einer Übergangsphase, die sich nach einigen galaktischen Umläufen auflösen und die »Grand Design«-Spiralen als amorphe, zerfetzte Spiralen mit wenig Struktur hinterlassen?

Während man heute Magnetfelder als Ursache der Spiralstruktur ausschließt, kann man bei der Dichtewellen-Theorie und dem Modell der **Stochastic Self-Propagative Star Formation** keine Präferenzen angeben. Beobachtungen in der Milchstraße lassen sogar den Schluss zu, dass beide Theorien mehr oder weniger zur Erklärung der Details notwendig sind.

[1] Lin, C. C., Shu, F. H.: On The Spiral Structure Of Disk Galaxies, Astrophys. J. 140, 646 (1964)

[2] Kormendy, J., Norman, C. A.: Observational Constraints on driving mechanisms for spiral density waves, Astrophys. J. 233, 539 (1979)

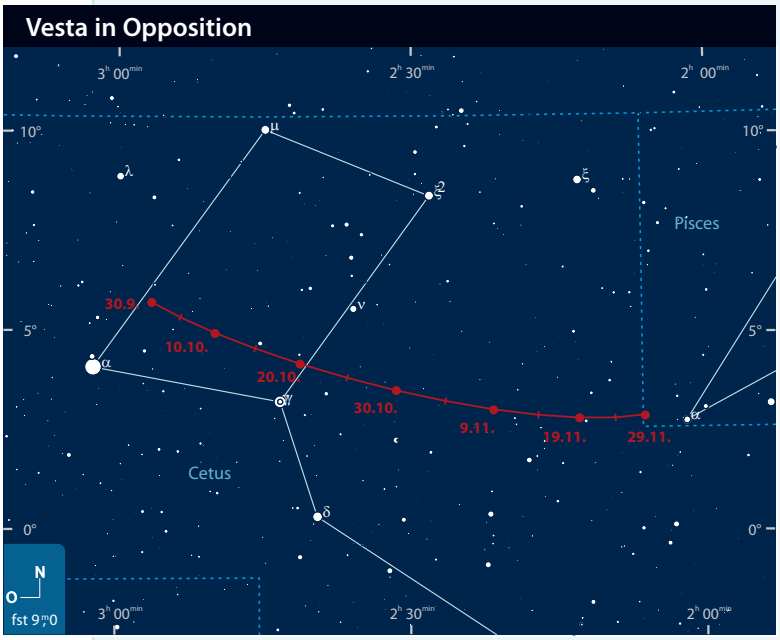
[3] Danforth, C.: The Origins of Spiral Arms, casa.colorado.edu/~danforth/science/spiral (1998)

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

Himmelsereignisse im Oktober/November 2008

Kleiner Planet groß in Szene

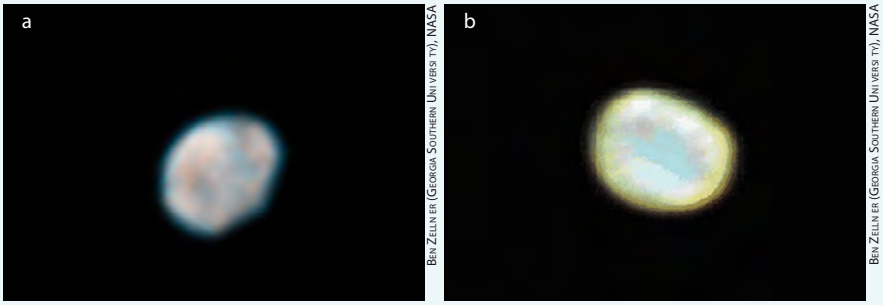
Kleinplanet Vesta in Opposition



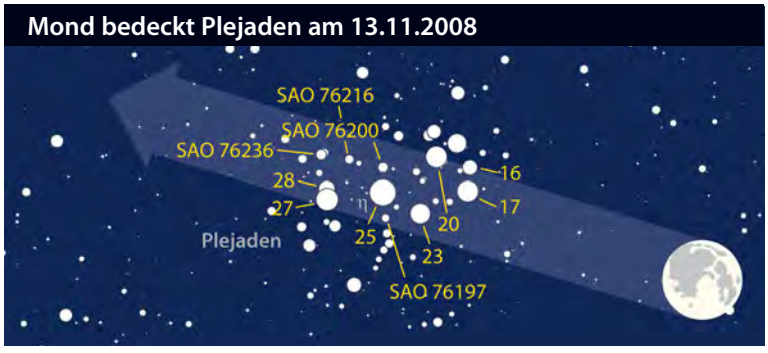
Nur fünf Asteroiden erreichen in ihrer Oppositionsstellung Helligkeiten, die es auch Besitzern von sehr kleinen Teleskopen oder Ferngläsern erlauben, diese zu beobachteten, denn sie werden dabei heller als 7m. Neben (1) Ceres, (2) Pallas, (3) Juno und (7) Iris ist das (4) Vesta, die zum Monatswechsel Oktober/November 2008 ihren Oppositionspunkt erreicht und dabei mit einer Helligkeit von 6m,4 beobachtet werden kann. Vesta steht dabei im Sternbild Walfisch etwa 2,5° westlich des Sternes Kaffaljidhmah (γ Cet) und kulminiert um Mitternacht in rund 40° Höhe über dem Horizont.

Vesta wurde am 29. März 1807 von Heinrich Olbers in Bremen entdeckt und von Carl Friedrich Gauß auf den Namen getauft, da Gauß maßgeblich an der ersten Bahnberechnung beteiligt war. Für die Wissenschaft ist Vesta in vielerlei Hinsicht ein spannendes Forschungsobjekt: In den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts konnte durch fotometrische Untersuchungen die Rotationsdauer zu 10h 40min bestimmt werden, wobei der Lichtwechsel ungleichmäßig erschien und man auf eine sehr unterschiedlich reflektierende Oberfläche schloss. Dies bestätigten Aufnahmen vom Hubble Space Telescope in den 1980er Jahren, die einen rund 460km (!) großen Einschlagskrater am Vesta-Südpol zeigen. Bei Untersuchungen des sehr markanten Reflexionsspektrums von Vesta zeigte sich, dass einige Meteorite in irdischen Sammlungen sehr ähnliche Spektren zeigen – man vermutet daher, dass diese Achondrite, die nach ihren Klassen der Howardite, Eukrite und Diogenite auch »HED-Clan« genannt werden, von Vesta stammen und der große Krater auf Vesta deren Ursprung ist. Außerdem hat man einige kleinere Asteroiden entdeckt, die ebenfalls diese signifikanten Reflexionsspektren besitzen. Auch da vermutet man, dass wir in diesen Asteroiden Überreste der kosmischen Katastrophe sehen, die Vesta einmal erlitten hat. Man bezeichnet die mehr als 200 Asteroiden daher auch als Vestoiden. Neue Erkenntnisse versprechen sich die Wissenschaftler aus der Dawn-Mission, die im vergangenen Jahr gestartet ist und auf ihrem Weg zum Asteroiden Ceres auch für mehr als ein halbes Jahr Vesta intensiv untersuchen soll. Im Herbst 2011 wird die Sonde bei Vesta erwartet.

■ André Knöfel



Die Oberfläche Vestas nach Aufnahmen des Hubble Space Teleskops (a) und des Keck-Teleskops (b).



Mond bedeckt Plejaden am 13. November

Am Abend des 13. November kommt es zu einer zentralen Begegnung von Vollmond und Plejaden. Dabei werden zwischen 19:00 MEZ und 22:00 MEZ fast alle helleren Plejadensterne bedeckt. Die hellsten sind Maia (20 Tauri) mit 3m,8, die allerdings wie auch 16 Tauri nur für südöstliche Beobachtungsorte (Wien) bedeckt

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

wird, Alkyone (η Tauri) mit 3^{m},0 und Atlas (27 Tauri) mit 3^{m},8. Mond und Plejaden stehen im Osten und steigen im Laufe der Begegnung von etwa 15° auf über 40° über dem Horizont auf. Bei der Beobachtung mit bloßem Auge und einem Fernglas werden die Plejadensterne wegen der Vollmondhelligkeit vollkommen überstrahlt. Lediglich in größeren Teleskopen bei höherer Vergrößerung sind die Bedeckungen der einzelnen Sterne nachzuvollziehen. Die Bedeckung der Plejaden durch den Mond ist nur eines von vielen Ereignissen einer seit dem Jahr 2006 laufenden Reihe. Zu solchen Serien kommt es immer dann, wenn die Knoten der Mondbahn zur Ekliptik so positioniert sind, dass unser Trabant den richtigen Abstand zur Ekliptik aufweist. Da die Knoten selbst nicht fest sind, sondern entlang der Ekliptik wandern, finden solche Bedeckungsserien nur in mehrjährigem Abstand statt.

■ Peter Friedrich

Saturnmondereignisse mit Rhea und Titan

Ereignisse mit Rhea und Titan

Datum	Beginn	Ereignis
8.10.	06:52:12 MESZ	Rhea VA
15.10.	05:25:26 MESZ	Rhea DE
24.10.	04:58:34 MESZ	Rhea SE
24.10.	06:34:53 MESZ	Rhea DE
2.11.	04:56:14 MEZ	Rhea SE
11.11.	03:05:34 MEZ	Rhea SA
11.11.	03:58:10 MEZ	Rhea DA
11.11.	05:53:38 MEZ	Rhea SE
13.11.	03:07:04 MEZ	Titan BE
18.11.	02:33:38 MEZ	Rhea BE
20.11.	03:57:12 MEZ	Rhea SA
20.11.	04:57:17 MEZ	Rhea DA
20.11.	06:50:44 MEZ	Rhea SE
27.11.	03:34:02 MEZ	Rhea BE
29.11.	03:17:19 MEZ	Titan BE
29.11.	04:48:59 MEZ	Rhea SA
29.11.	05:54:59 MEZ	Rhea DA

Die Ringkantenstellung von Saturn im Jahr 2009 rückt näher, und parallel nehmen auch Anzahl und Häufigkeit der Ereignisse der Saturnmonde zu. Im Oktober wird erstmals der zweitgrößte Saturnmond Rhea davon betroffen, im November kommt es zu den ersten Ereignissen mit Titan. Am 20.11. ist ein kompletter Schattenvorübergang von Rhea zu sehen – das Schattenpünktchen misst allerdings nur 0,2", die Beobachtung bleibt deshalb großen Teleskopen vorbehalten. Leichter zu sehen sind die beiden Bedeckungsenden von Titan am 13.11. und 29.11., wenn der größte Saturnmond wieder aus dem Planetenschatten auftaucht. Ereignisse der anderen Saturnmonde sind für jeden Tag im interstellarum-Jahrbuch »Das Astronomische Jahr 2008« tabelliert.

■ Peter Friedrich

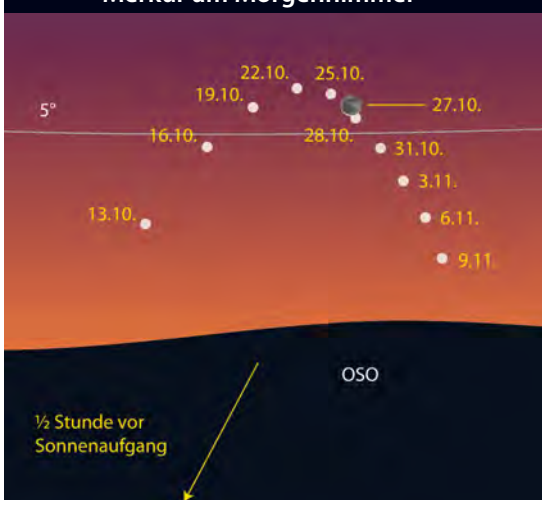
Astronomische Ereignisse im Oktober/November 2008

6.10.	22:53:02 MESZ	Merkur in Unterer Konjunktion
7.10.	11:04:17 MESZ	Mond Erstes Viertel
9.10.	23:00:00 MESZ	Goldener Henkel (Mond-Jura) zu sehen
14.10.	22:02:31 MESZ	Vollmond
21.10.	–	Orioniden (ORI), Dauer: 2.10.–7.11., ZHR: 23
21.10.	13:54:41 MESZ	Mond Letztes Viertel
22.10.	04:05:59 MESZ	Mond passiert M 44 1° 12' südlich
22.10.	**12:02:48 MESZ**	**Merkur in größter westlicher Elongation 18,3°**
29.10.	00:13:55 MEZ	Neumond
29.10.	16:43:41 MEZ	Vesta erreicht größte Helligkeit 6^{m},5
30.10.	**02:40:41 MEZ**	**Vesta in Opposition**
6.11.	05:03:27 MEZ	Mond Erstes Viertel
6.11.	20:06:00 MEZ	Mond passiert Neptun 0° 21' nördlich
8.11.	22:41:59 MEZ	Mond passiert Uranus 3° 12' nördlich
13.11.	07:17:23 MEZ	Vollmond
13.11.	**20:35:59 MEZ**	**Mond bedeckt Plejaden**
15.11.	19:01:04 MEZ	Mond bedeckt 139 Tau 4^{m},9
15.11	23:30:00 MEZ	Mond passiert M 35 1° 55' nördlich
17.11.		Leoniden (LEO), Dauer: 10.11.–23.11., ZHR: 15+
19.11.	22:30:47 MEZ	Mond Letztes Viertel
20.11.	00:18:00 MEZ	Mond passiert α Leo 2° 21' südlich
24.11.	04:35:59 MEZ	Mond passiert α Vir 3° 11' südlich
25.11.	17:52:00 MEZ	Merkur in Oberer Konjunktion
27.11.	–	Mira im Maximum
27.11.	17:54:39 MEZ	Neumond

Auszug aus: Das Astronomische Jahr 2008, interstellarum Jahrbuch; Zeiten bezogen auf Mitte des deutschen Sprachraums (Nürnberg)

Merkur am Morgenhimmel

Merkur am Morgenhimmel



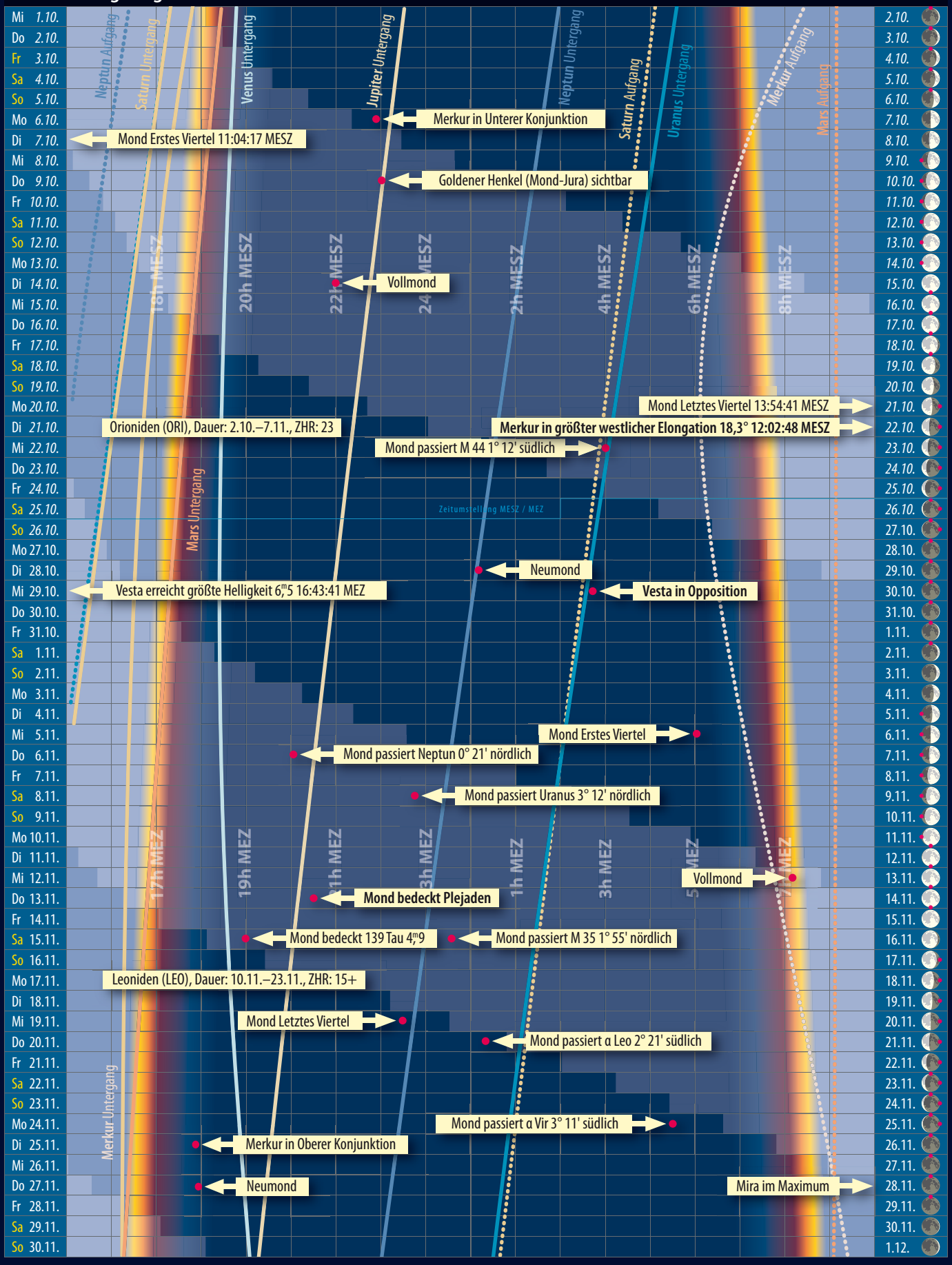
Zur einzigen guten Morgensichtbarkeit von Merkur im Jahr 2008 kommt es in der Zeit vom 12. Oktober bis zum 3. November. Die Ekliptik steigt zu dieser Jahreszeit steil über dem morgendlichen Ost- bis Südosthorizont auf, so dass Merkur bei Sonnenaufgang schon eine Höhe von bis zu 16° erreicht hat. Der sonnennahe Planet erreicht am 22. Oktober mit 18,3° seine größte westliche Elongation. Die Beobachtung des dann –0^{m},5 hellen Planeten ist allerdings nur vor Sonnenaufgang möglich. Die günstigste Beobachtungszeit liegt zwischen 40 und 60 Minuten vor dem Sonnenaufgang, in der die Bürgerliche Dämmerung noch nicht begonnen hat und Merkur zwischen 7° und 10° hoch über dem Osthorizont aufgespürt werden kann. Wie immer zur größten Elongation zeigt sich der Planet als »Halbmerkur«, was aber angesichts des 7,3" großen Merkurscheibchens und der Horizontnähe im Teleskop nur bei gutem Seeing zu erkennen ist. Beobachtet man Merkur über den ganzen Sichtbarkeitszeitraum, so kann man auch feststellen, wie er sich von der Sichelgestalt Mitte Oktober zur fast voll beleuchteten Scheibe wandelt. Dabei nimmt auch die Helligkeit auf –0^{m},9 zu.

■ Peter Friedrich

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

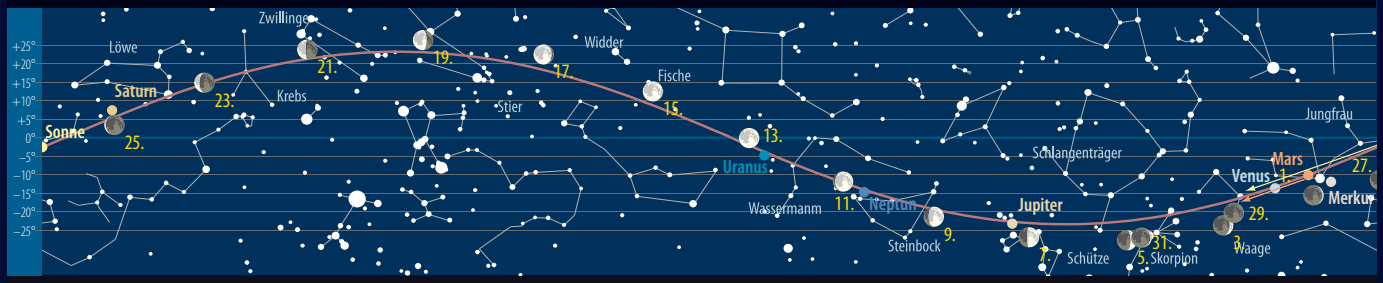
Das Sonnensystem im Oktober/November 2008

Dämmerungsdiagramm im Oktober/Nobember 2008

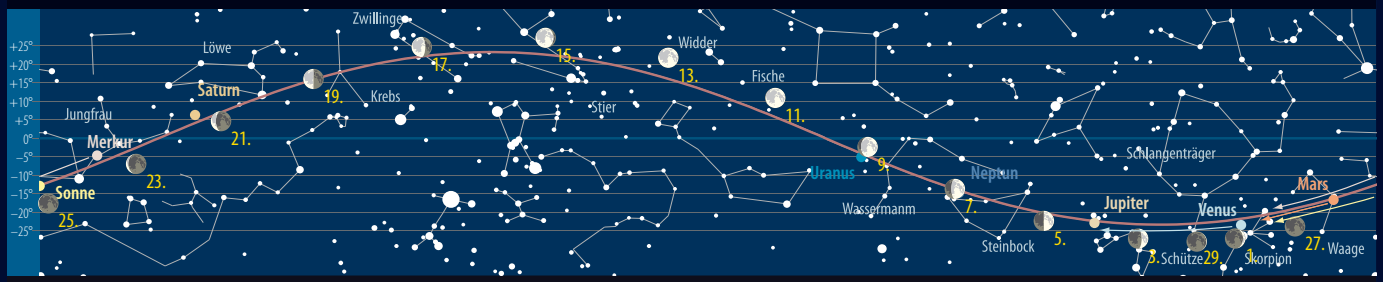


Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

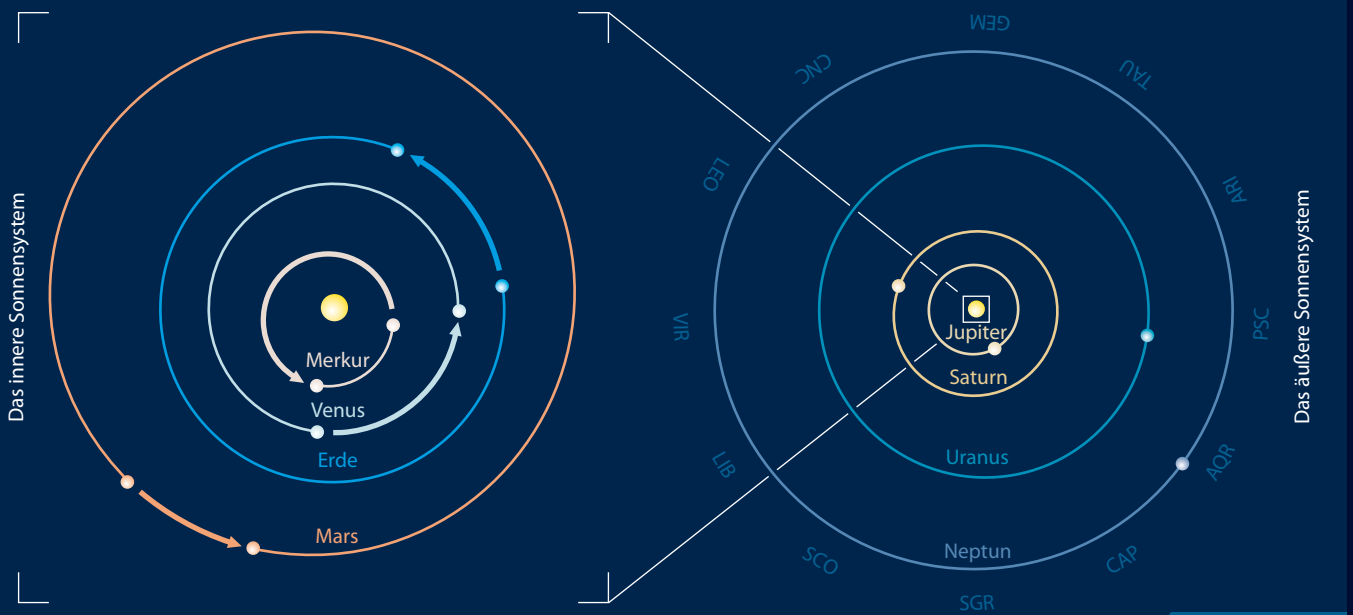
Der Lauf der Planeten im Oktober 2008



Der Lauf der Planeten im November 2008

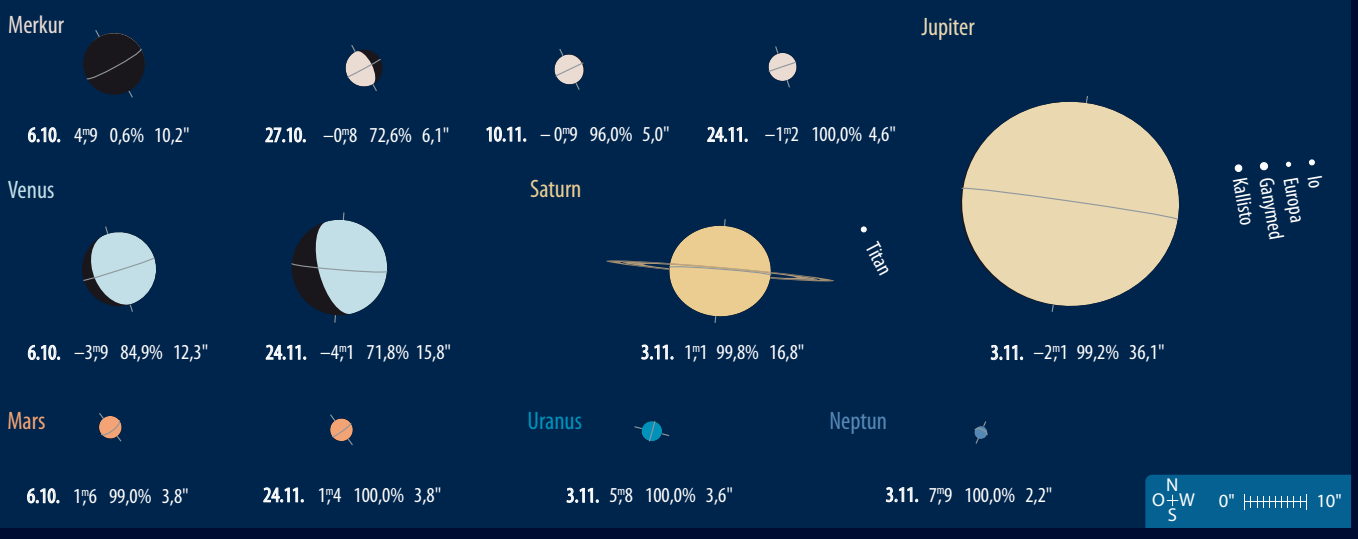


Die Planeten auf ihren Bahnen im Oktober/November 2008



Zeitraum 1.10.–30.11.

Die Planeten im Fernrohr im Oktober/Novmeber 2008



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

Sonne aktuell **Das Minimum lässt auf sich warten**

Die Meldung sorgte für Aufsehen und Besorgnis in Wissenschaftlerkreisen: Auf der Fachtagung zum Thema »Solar Variability, Earth's Climate and the Space Environment« Anfang Juni im amerikanischen Bundesstaat Montana stellte Saku Tsuneta vom japanischen National Astronomical Observatory Ergebnisse vor, die mit der Sonnensonde HINODE gewonnen wurden und die scheinbar auf ein sehr langes und tiefes Sonnenfleckenminimum hindeuten. Es wurden Befürchtungen laut, die Sonne könnte vor einem kleinen Maunder-Minimum stehen: Von 1645 bis 1715 war die Fleckentätigkeit der Sonne schon einmal nachweisbar für 70 Jahre nahezu zum Erliegen gekommen und aufgrund der Tatsache, dass seit etwa zwei Jahren keine nennenswerte Flecken- und Hα-Tätigkeit auf der Sonne beobachtet werde, schloss man auf ein ähnliches, bevorstehendes Szenario.

Dem widerspricht David Hathaway, Sonnenphysiker vom Marshall Space Flight Center der NASA, allerdings ganz energisch. Das, was gerade beobachtet wird, sei ein ganz normaler Vorgang im Verlauf eines Fleckenzyklus und es habe schon früher Zyklen gegeben, in denen die Phase der inaktiven Sonne deutlich mehr als die zwei bisher beobachteten Jahre gedauert habe. Der Grund für die aufgetretene Panik, so Hathaway weiter, liege darin begründet, dass man sich an die Länge der früheren Minima nicht mehr richtig erinnert. Er hat alle Fleckenzyklen seit 1749 untersucht und ist dabei zu dem Ergebnis gekommen, dass die durchschnittliche Länge eines Fleckenzyklus 131 Monate ±14 Monate beträgt. Der gegenwärtige Zyklus dauert bereits 142 Monate, bewegt sich damit aber durchaus noch im Rahmen der Toleranz. Was außerdem gegen die These eines neuen Maunder-Minimums spricht, ist die Tatsache, dass bereits Flecken des neuen Zyklus beobachtet wurden, zuletzt Anfang Mai.

Selbst wenn noch einige Monate mit sehr geringer Sonnenaktivität vergehen sollten – darauf deuten aktuelle Prognosen derzeit hin – ist weiter davon auszugehen, dass um die Jahre 2012 bis 2014 das nächste Fleckenmaximum eintritt.

■ Manfred Holl

Surftipps

Phillips, T.: Was läuft falsch auf der Sonne? www.astrolabium.net/archiv_science_nasa/science_nasa_juli2008/11-7-2008.php

Deiters, S.: Ruhige Sonne fasziniert Wissenschaftler, www.astronews.com/news/artikel/2008/06/0806-013.shtml

Kehse, U.: Pause auf der Sonne, www.wissenschaft.de/wissenschaft/news/292106.html

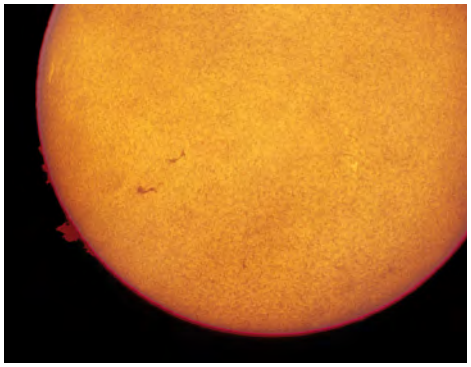
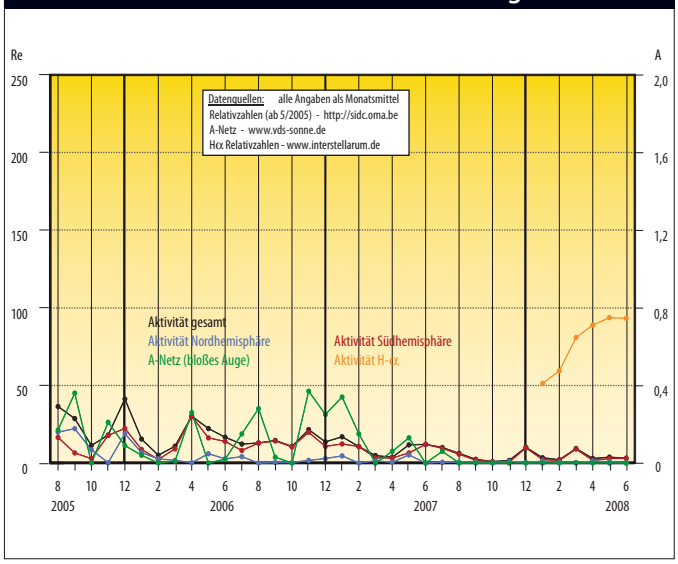


Abb. 1: Kleiner Sonnenfleck am 16.6.2008, 15:57 MESZ, 3"-Refraktor bei 1200mm Brennweite, Herschelprisma, Fuji Finepix S5700. *Erich Kopowski*

Abb. 2: Hα-Details vom 16.6.2008, 15:51 MEZ, 3"-Refraktor bei 5000mm Brennweite, Coronado Solarmax 60 + 2020 Telezentrik, Fuji Finepix S5700. *Erich Kopowski*

Relativzahlen und Flecken mit bloßem Auge



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

Planeten aktuell **Duell der roten Flecken**

Jupiter stand in den vergangenen Wochen im Fokus der Planetenbeobachter. Drei rote Flecken sollten sich nahezu gleichzeitig begegnen: der seit 150 Jahren beobachtete Große Rote Fleck (GRF), das aus den vor 60 Jahren entstandenen ehemals drei weißen Flecken (WOS) zusammengeschmolzene Oval BA, sowie ein erst im Februar auf Amateuraufnahmen entdeckter kleiner roter Fleck. Letzterer zog bereits vor der Begegnung die Aufmerksamkeit auf sich, beanspruchte er doch dieselbe Breite und damit Strömungszone wie der GRF. Jedoch passte seine Geschwindigkeit nicht zur Strömung am Südrand des SEB – statt sich in Richtung größerer Längen zu bewegen, lag die Driftrate bei –0,2° bis –0,4° pro Tag: Ein Zusammentreffen mit dem GRF war also unvermeidlich. Gleichzeitig näherte sich auch WOS-BA mit –0,3° pro Tag dem GRF – ein derartiges Zusammentreffen dreier Wirbelsysteme war zuvor noch nicht beobachtet worden.

Wie erwartet passierte WOS-BA störungsfrei den GRF – dies geschieht aufgrund der unterschiedlichen Driftraten beider Objekte regelmäßig etwa alle zwei Jahre, ohne dass Auswirkungen auf einen der beiden Stürme zu beobachten wären. Der kleine neu entdeckte Fleck geriet jedoch in die Mühlen zwischen beiden Antizyklonen: Am Rand des GRF angekommen, zog ihn die Rotation des großen Flecks mit einer Dauer von 4,5 Tagen auf dessen Südseite mit und transportierte ihn auf die andere Seite des GRF. Zwischen GRF und WOS-BA wurde der Fleck aufgerieben: Einige Teile trieben auf der anderen Seite des GRF im selben Driftsinn wie vorher weiter, andere blieben gefangen in der Rotation des GRF.

Dokumentiert wurde diese Begegnung durch Amateurbeobachter auf der ganzen Welt – ein lebendiges Gegenbeispiel für die Behauptung, Amateur-Planetenbeobachtung sei heute nutzlos.

■ Ronald Stoyan

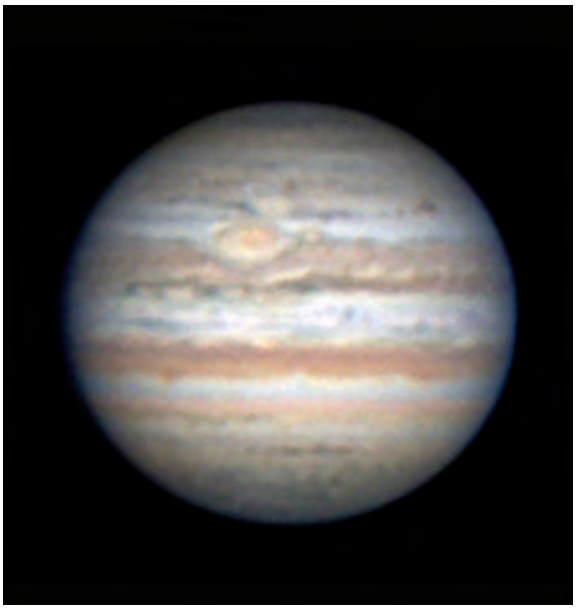


Abb. 1: Jupiter am 22.6.2008 um 1:25:00 MESZ mit den drei roten Flecken. 16"-Newton bei 7000mm, DMK 21AF04.AU, IR-RGB Astronomik-Filter. *Thomas Winterer, Claudia Winterer*

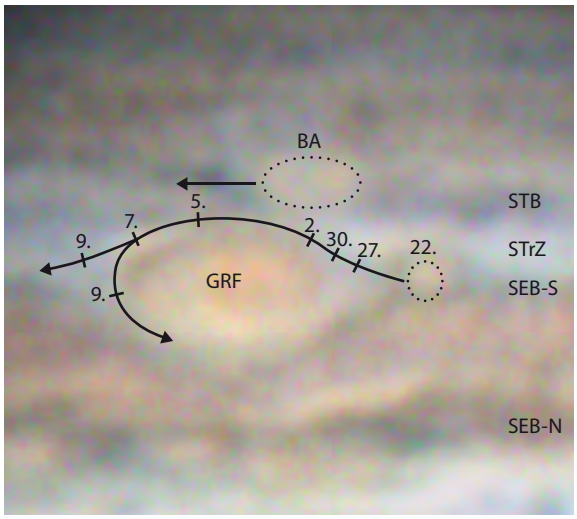


Abb. 2: Ausschnitt aus Abb. 1 mit der Umgebung des GRF vor Beginn der Begegnung. Pfeile zeigen die Bewegung der Flecken in den darauf folgenden Tagen.

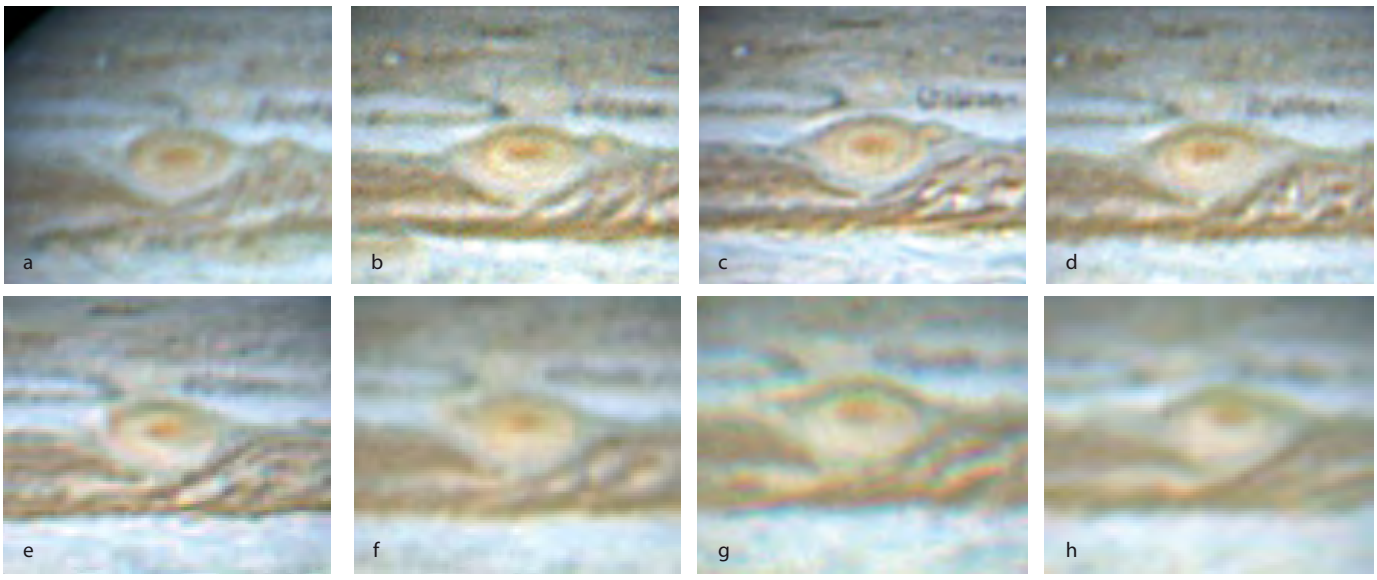


Abb. 3: Sequenz der Begegnung der drei roten Flecken im Juni/Juli 2008. *Isao Miyazaki*
a) 20.6.2008; b) 27.6.2008; c) 30.6.2008; d) 2.7.2008; e) 5.7.2008; f) 7.7.2008; g) 9.7.2008; h) 15.7.2008

Surftipps

Aktuelle Jupiteraufnahmen:
www.pvol.ehu.es/index.jsp?action=iopw
Auswertung der BAA: www.britastro.org/jupiter/2008report04.htm

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

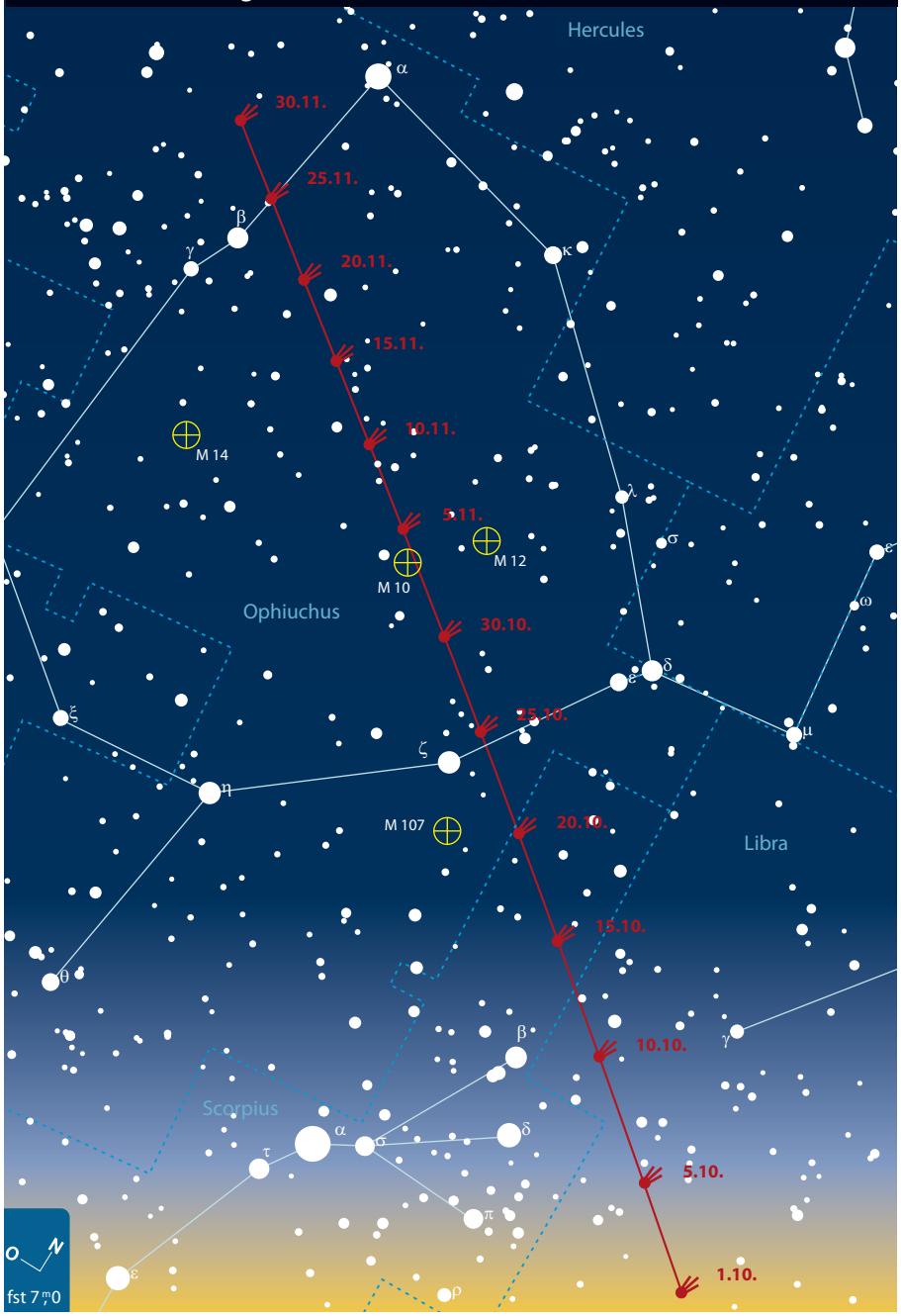
Kometen aktuell
Die Suche nach 85P/Boethin

Im Herbst 2007 kam es zur intensivsten Suchaktion nach einem astronomischen Objekt aller Zeiten: Beteiligt waren die zehn größten Teleskope der Erde, darunter das Subaru 8,2m-Teleskop, das VLT mit drei 8,2m-Teleskopen, das Gemini 8,1m-Teleskop und zusätzlich das Spitzer-Weltraumteleskop. Das Ziel dieser aufwändigen Suche war der periodische Komet **85P/Boethin**, zu diesem Zeitpunkt mehr als 5AE von der Erde entfernt und als sternförmiges Objekt 23. Größenklasse erwartet. Dennoch waren die Astronomen zuversichtlich, den Kometen im Bereich der Milchstraße im Sternbild Skorpion aufzufinden. Boethin war als weiteres Ziel für die Kometensonde »Deep Impact« nach ihrem erfolgreichen Rendezvous mit 10P/Tempel im Juli 2005 ausgewählt worden. Die Sonde wurde inzwischen in »EPOXI« umbenannt und für weitere Aufgaben programmiert. Sie soll während der mehrere Jahre dauernden Anflugphase Sterne mit extrasolaren Planeten beobachten.

85P/Boethin wurde am 4. Januar 1975 von Leo Boethin auf den Philippinen entdeckt. Bei seiner ersten Wiederkehr 1986 erreichte er überraschend eine Helligkeit von $7^{m},5$, konnte aber seither nicht mehr beobachtet werden. Daher wäre eine Wiederentdeckung und Beobachtung des Kometen bis zum Jahresende 2007 notwendig gewesen, um die nicht exakt genug bestimmte Bahn des Kometen für den Vorbeiflug der Sonde im Dezember 2008, zu verbessern. Leider hatte die groß angelegte Suche keinen Erfolg – der Komet blieb unauffindbar und als neues Zielobjekt für »EPOXI« wurde der Komet 103P/Hartley ausgewählt, der nun im Oktober 2010 angeflogen werden soll. Einige Astronomen vermuten, 85P könnte zerbrochen sein, und da er bis Mitte des Jahres 2008 nicht wiederentdeckt werden konnte, wird diese Annahme immer wahrscheinlicher. Sollte Boethin doch noch gefunden werden, könnte er allerdings diesen Herbst und Winter auch für Amateure ein lohnendes Objekt werden. Das Perihel würde für den 16. Dezember erwartet, die Erdnähe für den 23. Dezember und 85P könnte dann etwa $7^{m},0$ erreichen. Im Oktober und November würde die Bahn des Kometen durch die Sternbilder Schütze, Steinbock und Wassermann führen und Boethin wäre gut am Abendhimmel zu beobachten. Die prognostizierte Helligkeit würde Anfang Oktober $10^{m},0$ betragen, Ende November könnte sie auf etwa $7^{m},5$ angestiegen sein.

Die erste Kometenentdeckung des Jahres 2008 gelang Robert McNaught mit dem 0,5m-Schmidt-Teleskop in Siding Spring (Australien) am 10. Januar 2008, fast genau ein Jahr nachdem sein berühmter Komet C/2006 P1 durch sein Perihel gegangen war. Das Objekt 14. Größenklasse war die 40. Entdeckung McNaughts, der gebürtige Schotte ist damit der mit Abstand erfolgreichste, menschliche Kometenentdecker.

C/2008 A1 (McNaught) am Abendhimmel



Surftipps

Monats- und Jahresübersichten, Aufsuchkarten, Bilder: www.kometarium.com
Aktuelle Neuigkeiten, Bilder, Beobachtungen: kometen.fg-vds.de
Aufsuchkarten, Beobachtungshinweise: www.ki.tng.de/~winnie/kometen/einstieg.html
Geschichtliches zu Komet 85P/Boethin: cometography.com/pcomets/085p.html
interstellarum-Newsletter: www.oculum.de/interstellarum/newsletter.asp

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

C/2008 A1 (McNaught) kommt am 29. September in Sonnennähe und wird Anfang Oktober langsam über den mitteleuropäischen Horizont steigen. Nach der erfreulichen Helligkeitsentwicklung im Sommer zu schließen, als er noch am Südhimmel stand, könnte er nun etwa $6^{m},0$ hell sein. Leider wird der Sonnenabstand nur zwischen 35° und 45° betragen und der Schweifstern damit ein Objekt des frühen Abends bleiben. Zu Monatsbeginn steht McNaught im Sternbild Waage und geht mit Ende der astronomischen Dämmerung um etwa 20 Uhr MESZ unter. Bis zum Monatsende ist der Komet in den Schlangenträger gewandert und die Beobachtungszeit verlängert sich auf immerhin 90 Minuten. Die Helligkeit wird gleichzeitig auf etwa $7^{m},0$ abgesunken sein, der Komet entfernt sich jetzt zunehmend von Erde und Sonne. Im November ändert sich wenig an den Untergangszeiten – McNaught versinkt weiterhin recht genau um 20 Uhr MEZ am westlichen Horizont – durch die nun immer früher endende Dämmerung bleibt der Komet nun aber immerhin gut zwei Stunden lang sichtbar. Eine interessante Begegnung findet am 3. November statt, wenn der Schweifstern nahe am Kugelsternhaufen M 10 vorüberziehen wird. Die Helligkeit nimmt stetig weiter ab, bis Ende November wird der Komet nur noch etwa $8^{m},5$ hell sein.

Ein weiteres interessantes Objekt für Kometenbeobachter entdeckte der australische Amateurastronom John Broughton bereits am 17. Juli 2006 mit einem 0,25m-Spiegelteleskop: **C/2006 OF2 (Broughton)** war zu diesem Zeitpunkt $18^{m},2$ schwach und befand sich noch weit außerhalb der Jupiterbahn in einer Sonnenentfernung von 7,7AE. Zunächst wurde er als ungewöhnlicher Asteroid eingestuft, erst rund zwei Monate später gelang der Nachweis einer Koma. Es war Broughtons zweite Kometenentdeckung nach P/2005 T5. Der Komet durchlief sein Perihel in nur 2,4AE Entfernung am 15. September 2008, dennoch sollte er im Oktober und November eine maximale Helligkeit von etwa $10^{m},0$ erreichen. Er steht dabei sehr günstig am Nachthimmel und ist zirkumpolar im Bereich der Sternbilder Giraffe und Luchs zu finden.

Aktuelle Informationen zu allen beobachtbaren helleren Kometen finden Sie wie gewohnt im interstellarum-Newsletter.

■ Burkhard Leitner

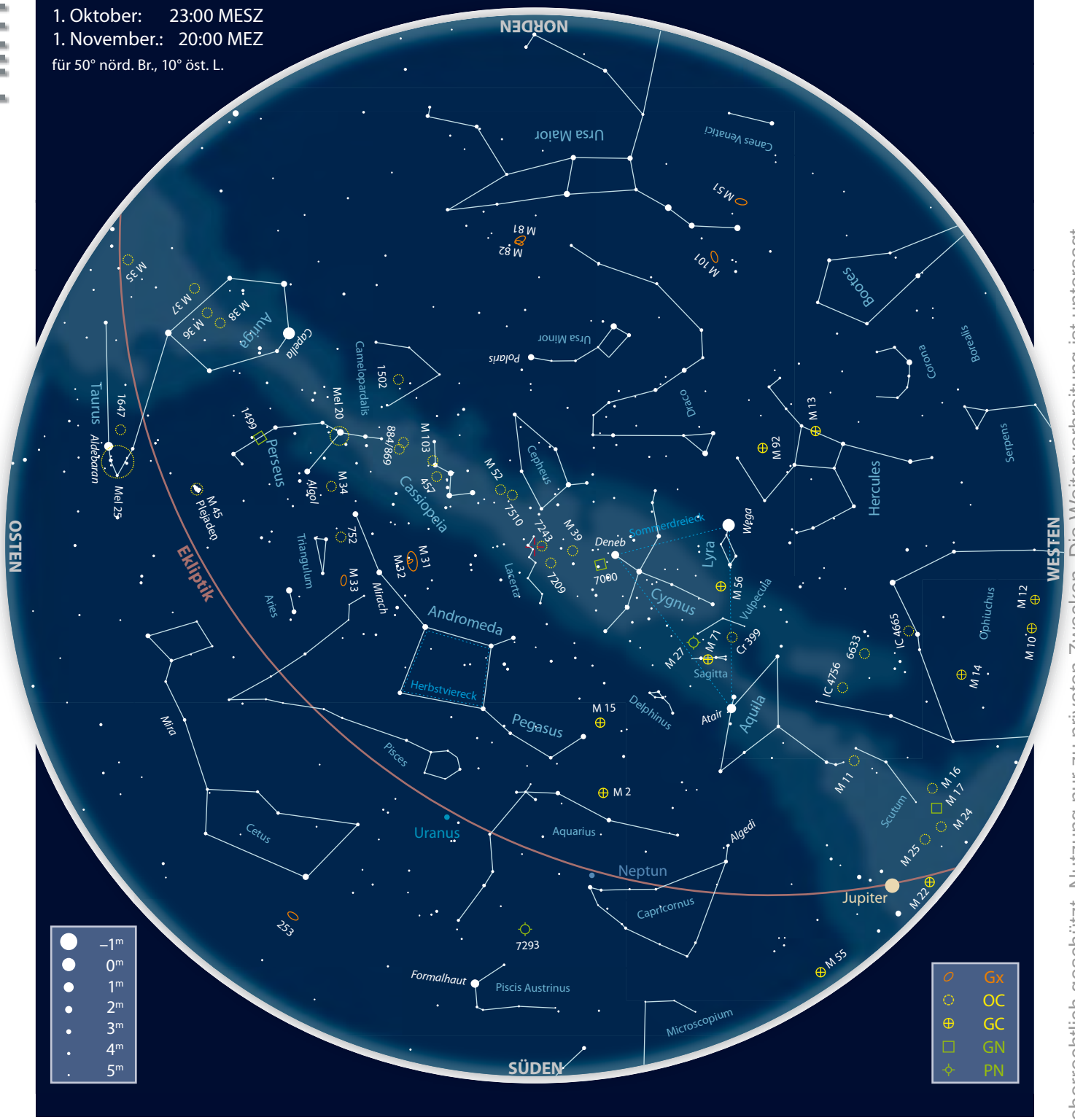
Kometen im Oktober/November

Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erwartete Helligkeit
C/2008 A1 (McNaught)	10.1.2008	29.9.2008 (1,07AE)	4.9.2008 (1,32AE)	Oktober bis Dezember	6^{m}
C/2006 OF2 (Broughton)	17.7.2006	15.9.2008 (2,43AE)	9.12.2008 (1,77AE)	Juli bis Februar	10^{m}
85P/Boethin	4.1.1975	16.12.2008 (1,15AE)	23.12.2008 (0,87AE)	September bis März	7^{m}

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

Der Sternhimmel im Oktober/November 2008

1. Oktober: 23:00 MESZ
1. November.: 20:00 MEZ
für 50° nörd. Br., 10° öst. L.



Name	Empfehlung für	Typ	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Entfernung	DSRA/Uran.
Uranus	bloßes Auge	Planet	$23^h\ 20^{min}\ 55^s$ (1.11.)	−5° 4' 9" (1.11.)	5,7–5,8	3,7"–3,5"	2864–2976 Mio. km	23
(9) Metis	Fernglas	Asteroid	$2^h\ 50^{min}\ 24^s$ (1.11.)	+11° 18' 8" (1.11.)	8,5–9,4		171–195 Mio. km	16
M 33	Teleskop	Gx	$1^h\ 33{,}9^{min}$	+30° 48'	5,7	71'×42'	2,74 Mio. Lj	8
NGC 604	Teleskop	GN	$1^h\ 34^{min}\ 33^s$	+30° 47'	11,5 (b)	2'	2,74 Mio. Lj	8
NGC 404	Teleskop	Gx	$1^h\ 9{,}4^{min}$	+35° 43,1'	10,0	3,9'×4,3'	10,8 Mio. Lj	8
δ Cephei	Digital Kamera	Vr	$22^h\ 29^{min}\ 10^s$	+58° 24' 55"	3,5–4,4	5,366341d	891Lj	7

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

Herbstliche Herausforderungen

Astronomie mit bloßem Auge **Uranus**

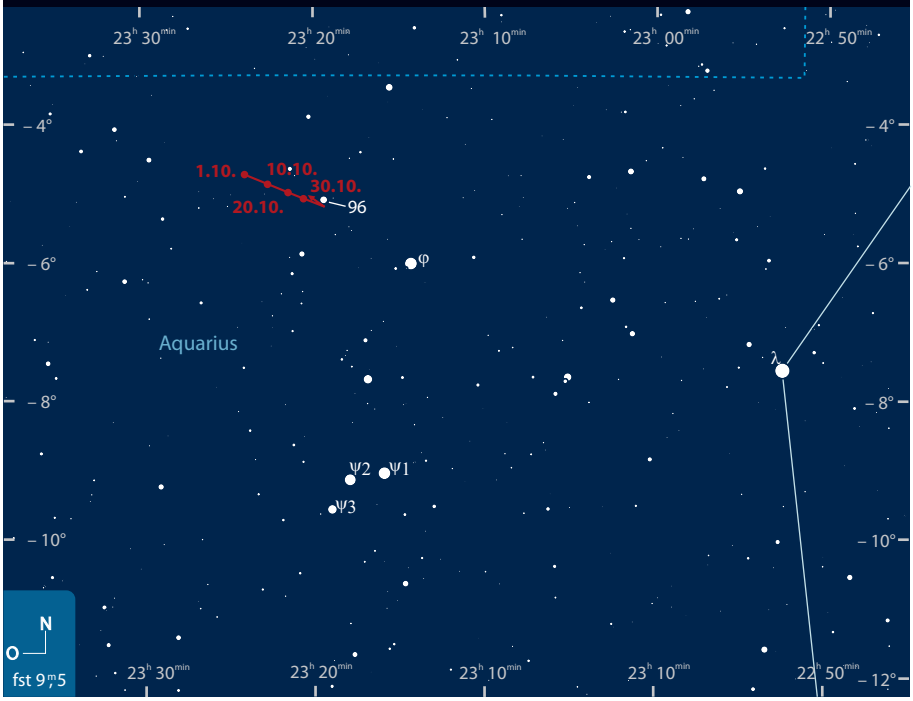
Auch wenn die späte Entdeckung des Uranus durch W. Herschel im Jahre 1781 es anders vermuten lässt – der drittgrößte Planet des Sonnensystems ist bereits mit dem bloßen Auge erkennbar.

Aufgrund seiner langen Umlaufperiode von etwa 84 Jahren und der damit verbundenen langsamen Verschiebung zwischen den Feldsternen fällt die Planetennatur kaum auf. Nachteilig für Mitteleuropa wirkte sich seit einigen Jahrzehnten die Position in den südlichen Bereichen der Ekliptik aus. Seitdem Uranus 1988 den südlichsten Punkt durchschritten hat, verbessern sich die Sichtbarkeitsbedingungen jedoch allmählich wieder. 2008 erreicht er für die Mitte Deutschlands bereits wieder eine Kulminationshöhe von 35° und ab 2012 kehrt Uranus mit der Überschreitung des Himmelsäquators an den Nordhimmel zurück. Obwohl die Oppositionsstellung 2008 bereits am 13. September erfolgte, ist die Abnahme der Helligkeit aufgrund der enormen Entfernung weitaus geringer ausgeprägt als z.B. bei Jupiter oder Mars. So schwankt der Wert nur zwischen 5^{m},7 Anfang Oktober und 5^{m},8 Ende November. Durch die Verlagerung der Sichtbarkeit an den Abendhimmel und die längeren Nächte bestehen nun sogar angenehmere Beobachtungsbedingungen.

Für eine erfolgreiche Sichtung sollte der Himmel im Zenit eine Grenzgröße von mindestens 6^{m},5 aufweisen. Da im Gegensatz zur nebligen Erscheinung vieler Deep-Sky-Objekte Verwechselungsgefahr mit einem Feldstern besteht, ist auch eine genaue Aufsuchkarte, die alle mit bloßem Auge sichtbaren Sterne zeigt, notwendig. Startpunkt ist das Dreieck aus den Sternen λ Aquarii, χ Aquarii und dem markanten Dreiergestirn ψ^{1}/ψ^{2}/ψ^{3} Aquarii. Etwa 1,5° nordöstlich von χ Aqr findet sich der 5^{m},5-Stern 96 Aqr, auf den sich Uranus im Laufe des Monats Oktober zu bewegt und mit dem er nahezu den gesamten November über ein enges Paar bildet. Dies könnte eine interessante Gelegenheit bieten, Uranus als schwächere Komponente dieses »Doppelsterns« sicher zu identifizieren.

■ Matthias Juchert

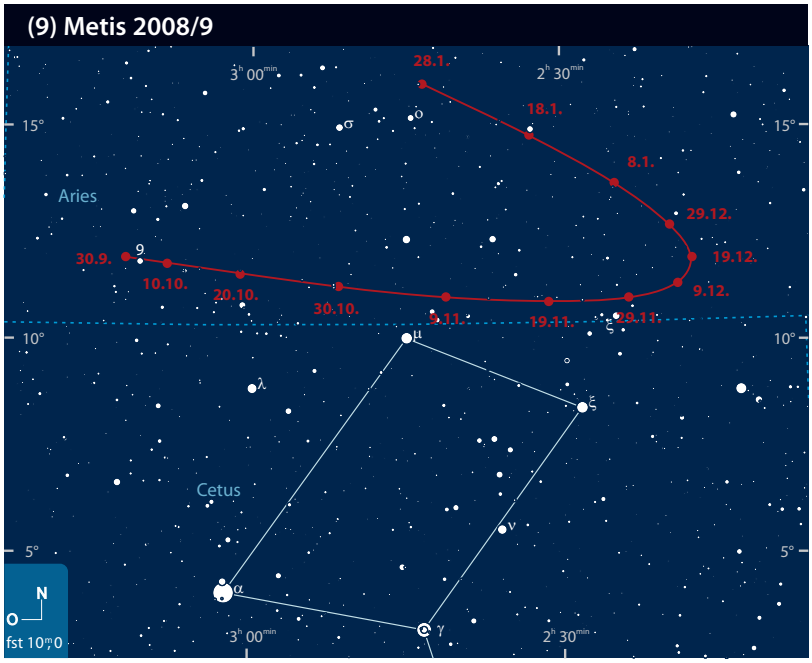
Uranus 2008



Astronomie mit dem Fernglas **Metis**

Wie sich aus mikroskopisch kleinen Staubpartikeln Planeten formen, wird mit aufwändigen Computersimulationen und Beobachtungsprojekten erforscht. In der Planetenentstehung ist ein erstes Zwischenstadium erreicht, wenn sich aus der Zusammenballung winziger Staubteilchen ein Gesteinsbrocken von Kilometergröße gebildet hat. Massereiche Objekte dieser so genannten Planetesimale können sogar bis zu 500km groß werden. Wenn ein Körper dieser Größe durch weitere Kollisionen aufgeschmolzen wird, kann durch den Einfluss der eigenen Schwerkraft der Prozess der Differenzierung in Gang gesetzt werden. Dabei sinken die schweren Elemente ins Innere, während sich die leichteren chemischen

(9) Metis 2008/9



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

Verbindungen (Silikate) weiter außen ablagern. Nach der Ausbildung einer Kern- und Mantelregion weist der Gesteinsbrocken einen für terrestrische Planeten typischen Aufbau auf: Er ist differenziert. Diese Vorstufen der Planetenentstehung lassen sich heute als differenzierte Kleinkörper im Asteroidengürtel finden.

Wie Spektralanalysen von (9) Metis und (113) Amalthea zeigten, sind diese Asteroiden vermutlich Überreste desselben Mutterkörpers. Während Amalthea aus dem Mantel stammen soll, gilt Metis eher als ein Überrest des Kerns: ein Kernfragment aus Nickel und Eisen eines differenzierten Asteroiden, der vor einer Jahrmilliarde durch eine Kollision vollständig zerstört wurde. Aus diesem gewaltigen Ereignis blieb Metis als größtes Bruchstück übrig.

Bereits Anfang September kann Metis mit einem 10×50-Fernglas als Lichtpunkt 10. Größenklasse entdeckt werden. Für vier Monate bleibt dieser interessante Asteroid bis ins neue Jahr hinein mit einem gängigen Fernglas sichtbar. Dabei befindet er sich die ganze Zeit im südlichen Teil des Sternbilds Widder, dicht an der Grenze zum Walfisch. In der Nacht des 4. November steht er in Opposition zur Sonne und bleibt die ganze Nacht beobachtbar. Der $4^{m},3$ helle Stern μ Ceti, an dem der 190km große Asteroid ca. 1° nördlich vorbei läuft, dient als gute Aufsuchhilfe. Bei einer typischen Opposition bleibt Metis meist nur ein Lichtpunkt der 9. Größenklasse, doch mit $8^{m},5$ fällt diese Sichtbarkeitsperiode besonders hell aus; die letzte noch hellere Opposition liegt schon elf Jahre zurück.

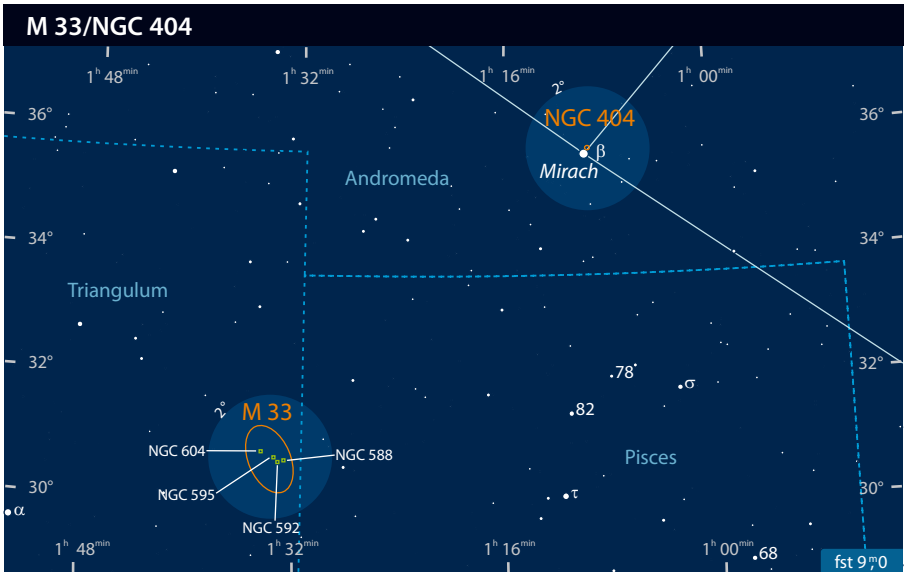
■ Nico Schmidt

Objekt der Saison **M 33**

Der herbstliche Galaxienhimmel findet seinen Höhepunkt in den beiden grandiosen, zur Lokalen Gruppe gehörenden Spiralen M 31 und M 33. Während der Andromedanebel M 31 dabei vor allem durch schiere Größe und Helligkeit besticht, ist es bei M 33 der enorme Reichtum an beobachtbaren Details, der diese Galaxie zu einem der faszinierendsten Ziele des gesamten gestirnten Himmels macht.

M 33 rangiert in Punkto scheinbarer Helligkeit nach den Magellanschen Wolken und der Andromedagalaxie an vierter Stelle unter den Galaxien der Lokalen Gruppe und gilt – mit Ausnahme von M 81 – als das fernste Objekt, das mit freiem Auge beobachtet werden kann. Allerdings ist die Galaxie auch unter exzellenten Bedingungen visuell sehr unauffällig, und so nimmt es nicht wunder, dass sie in vorteleskopischer Zeit noch unbekannt war. Erste Hinweise auf einen Nebel im Bereich des Sternbildes Dreieck finden sich in den Schriften des sizilianischen Astronomen Hodierna, wobei allerdings die Identifikation von M 33 unsicher bleibt. Sicher ist hingegen die Beobachtung von M 33 durch Charles Messier im August 1764: Er sieht mit seinem 3"-Spiegel einen »Nebel […] von weißlichem Licht und beinahe regelmäßiger Dichte, jedoch ein bisschen heller innerhalb 2/3 seines Durchmessers« – eine Beschreibung, die den Anblick der Galaxie im kleinen Teleskop treffend wiedergibt. Der außerordentliche Detailreichtum von M 33 wird wenige Jahre danach von den Herschels notiert; 1849 entdeckt Lord Rosse die Spiralstruktur der Galaxie.

Der Gelehrtenstreit ob der galaktischen oder extragalaktischen Natur von M 33 kumuliert in den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts, als zunächst der niederländische Astronom Adriaan van Maanen eine Rotation, Parallaxe und Eigenbewegung von M 33 nachzuweisen glaubt (und damit das Objekt unserer galaktischen Umgebung zuordnet), allerdings nur zwei Jahre später von Edwin Hubble widerlegt wird, der über die Beobachtung von Cepheiden die extragalaktische Natur des Objekts beweist [1, 2]. Glaubt Hubble allerdings noch an eine Entfernung von knapp unter 1 Million Lichtjahre, hat sich mittlerweile ein Wert von 2,6 bis 2,8 Mio. Lichtjahren als Standard etabliert [3]. Zwar wurde dieser Wert durch eine kürzlich erschienene Studie eines Bedeckungsveränderlichen in Frage gestellt [4], mittlerweile durchgeführte Messungen an Wassermasern in der Galaxie deuten jedoch darauf hin, dass der Standardwert doch korrekt sein dürfte [5]. Letztgenannte Studie erbrachte übrigens auch den erstmaligen direkten Nachweis der Rotation und Eigenbewegung der Galaxie, wobei die erhaltenen Werte um mehrere Größenordnungen geringer sind als jene, die van Maanen nachzuweisen vermeinte.



M 33 besitzt bei einer Gesamthelligkeit von $5^{m},7$ eine scheinbare Ausdehnung von 71' × 42', was einem wahren Durchmesser von etwa 60000Lj entspricht. Ihre recht offene Struktur und die nur wenig ausgeprägte zentrale Wölbung weist sie als Spirale vom Typ Sc oder Scd aus. Die Galaxie weist zwei Haupt- und mehrere Nebenspiralarme auf und besitzt eine Gesamtmasse zwischen 10 und 40 Mrd. Sonnenmassen. Im Zentrum befindet sich ein 14^{m} heller Sternhaufen von knapp 85000 Sonnenmassen, der zwei Sternpopulationen von 40 Mio. und 1 Mrd. Jahren Alter enthält [6]. Ein superschweres schwarzes Loch, wie es in den Zentren von M 31 und der Milchstraße vorhanden ist, konnte bis jetzt allerdings noch nicht nachgewiesen werden [7]. M 33 zeigt wie viele Galaxien der Lokalen Gruppe eine Blauverschiebung ihrer Spektrallinien und bewegt sich mit knapp 40km/s auf die Milchstraße zu [5].

Unter den vielen prominenten Sternentstehungsgebieten in M 33 sticht vor allem

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

die im nördlichen Arm gelegene Region NGC 604 heraus. Sie gehört mit einem Durchmesser von 1500Lj zu den größten bekannten HII-Regionen überhaupt. In ihrem Zentrum befinden sich über 200 heiße junge Sterne mit Massen zwischen 15 und 120 Sonnenmassen, die den Nebel bereits erodiert und eine zentrale Höhlung geschaffen haben. Das Alter des gesamten Komplexes beträgt etwa 3 Mio. Jahre [8]. Die Galaxie enthält mindestens 800 Veränderliche, darunter etwas mehr als ein Dutzend blaue Überriesensterne (engl.: luminous blue variables, LBVs), die Maximumshelligkeiten von bis zu $14^{m}_{,}5$ aufweisen und damit zu den am leichtesten beobachtbaren Einzelobjekten der Galaxie gehören. Trotz der großen Anzahl an jungen Sternen wurde bislang jedoch noch keine Supernova in M 33 beobachtet.

Aufgrund der geringen Flächenhelligkeit hängen die Sichtbarkeit von M 33 und die Erreichbarkeit von Strukturen innerhalb der Galaxie kritisch von den Beobachtungsbedingungen ab. Obwohl in Punkto Gesamthelligkeit etwas heller als M 13, stellt die freisichtige Beobachtung von M 33 eine Herausforderung an Beobachter und Himmel dar und gelingt zweifelsfrei nur unter extrem gutem Himmel mit einer Grenzgröße größer als $6^{m}_{,}8$. M 33 erscheint dann bei indirektem Sehen als geisterhafter, elliptischer Nebelfleck knapp 4° westnordwestlich von α Tri. Im Fernglas erscheint M 33 unter diesen Bedingungen auffällig und zeigt bereits ansatzweise den nördlichen Arm; in stadtnahen Gegenden hingegen bleibt die Galaxie auch in größeren Instrumenten ein diffuser, lichtschwacher Nebelschimmer.

Sind die Bedingungen gut bis hervorragend, bietet bereits ein 5-Zöller Raum für ausgedehnte Beobachtungen, wobei eine möglichst niedrige Vergrößerung anzuraten ist. Der nördliche Spiralarm erscheint kompakter und heller als sein südliches Pendant und gipfelt in der $11^{m}_{,}3$ hellen und 1' durchmessenden HII-Region NGC 604 10' nordöstlich des Zentrums, die unter Einsatz eines Schmalbandfilters bereits mit 2,5" Öffnung erreichbar ist. Der südliche Hauptarm erscheint fleckiger und diffuser und erreicht seine größte Helligkeit etwa 10' südwestlich des Kerns. Zwischen diesen beiden Armen deuten sich weitere Spiralarme sowie die Regionen NGC 588, 592 und 595 als schwache Nebelflecken an. Mit steigender Öffnung offenbart sich eine Vielzahl weiterer Assoziationen und Nebelgebiete [9], die teilweise auf Schmalbandfilter reagieren und M 33 ein ungewöhnlich feingliedriges und fantastisch strukturreiches Aussehen verleihen. Mit großen Teleskopen ab 14" Öffnung zeigt NGC 604 eine hufeisenförmige Gestalt; mit 20" sind hingegen bereits die hellsten Sterne bzw. Sterngruppierungen im dunklen Zentralbereich des Emissionsnebels erreichbar. Beobachter ab 16" Öffnung können sich zudem an den mehr als 20 Kugelsternhaufen und offenen Sternhaufen heller als 17^{m} versuchen, die zurzeit in M 33 bekannt sind [10].

Bernhard Hubl

Die Spiralstruktur von M 33 kommt nicht nur auf tiefen Fotos zur Geltung, sondern ist unter dunklem Himmel auch visuell zu sehen.

■ Matthias Kronberger

[1] van Maanen, A.: Investigations of proper motion. Tenth paper: Internal motion in the spiral nebula Messier 33, N.G.C. 598, Astrophys. J. 57, 264 (1923)

[2] Hubble, E.: Cepheids in spiral nebulae, The Observatory 48, 139 (1925)

[3] McConnachie, A. W. et al.: Distances and metallicities for 17 Local Group galaxies, MNRAS 356, 979 (2005)

[4] Bonanos, A. Z. et al.: The first direct distance determination to a detached eclpising binary in M 33, Astrophys. J. 652, 313 (2006)

[5] Brunthaler, A. et al.: The geometric distance and proper motion of the Triangulum Galaxy (M 33), Science 307, 1440 (2005)

[6] Long, K. S., Charles, P. A., Dubus, G.: Hubble Space Telescope spectroscopy of the nucleus of M 33, Astrophys. J. 569, 204 (2002)

[7] Gebhardt, K. et al.: M 33: a galaxy with no supermassive black hole, Astron. J. 122, 2469 (2001)

[8] Gonzalez Delgado, R. M., Perez, E.: The massive stellar content of the HII region NGC 604 and its evolutionary state, MNRAS 317, 64 (2000)

[9] Jiang, L. et al.: Multicolor photometry of 145 of the H II regions in M 33, Astron. J. 124, 3179 (2002)

[10] Sarajedini, A., Mancone, C. L.: A catalog of star cluster candidates in M 33, Astron. J. 134, 447 (2007)

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

Objekt der Saison **NGC 404**

Das Aufsuchen von Deep-Sky-Objekten kann eine nicht zu unterschätzende Herausforderung für den Beobachter darstellen. Trotz ausgefeilter Methoden wie Starhopping sowie exakter Sternkarten muss der Weg zum Objekt der Begierde oft hart erkämpft werden. Doch es gibt auch dankbare Objekte, wie die Galaxie NGC 404 im Sternbild Andromeda. Durch ihre Lage nur 9' nordwestlich des 2^m-Sterns Mirach oder β Andromedae lässt sie sich direkt über ihren Leitstern ansteuern und wird treffender Weise auch als »Geist von Mirach« bezeichnet.

Digitized Sky Survey

Die Galaxie NGC 404 liegt unmittelbar neben dem hellen Stern β And.

Die Entdeckung von NGC 404 geht auf Wilhelm Herschel zurück, der die Galaxie in der Nacht des 13. September 1784 auffand. 1784 war das erste Jahr, in dem sich Herschel intensiv den Deep-Sky-Objekten des Herbsthimmels widmen konnte. Das Wetterglück hatte er offenbar auf seiner Seite. Immerhin gelangen ihm in sage und schreibe 14 Nächten des Monats September Neuentdeckungen, die heute eine NGC-Bezeichnung tragen [1]. So war es auch in der Nacht des 13. September 1784, in der ihm neben NGC 404 noch 15 weitere Erstbeobachtungen gelangen. Die Galaxie war prädestiniert für Herschels Suchstrategie, denn er zentrierte als Bezugspunkt immer einen hellen Stern, von dem aus er die unbekannten Nebel vermessen konnte. In seiner Beschreibung vermerkte er, dass die Galaxie recht hell erschien, obwohl sich der strahlend helle β And mitten im Gesichtsfeld seines 18,7"-Teleskops befand. Lord Rosse erlag bei seinen Beobachtungen im 19. Jahrhundert der Täuschung, die Galaxie in Einzelsterne auflösen zu können. Diese Auflösung gelang jedoch erst vor wenigen Jahren mit Hilfe des HST und moderner CCD-Technik.

Am Himmel findet sich NGC 404 etwa auf halbem Weg zwischen M 31 und M 33, was immer schon die These einer möglichen Zugehörigkeit zur Lokalen Gruppe genährt hat. Lange Zeit herrschte große Unsicherheit bezüglich der Entfernung und so finden sich in der Literatur Werte zwischen 5 und 35 Millionen Lichtjahren. Erst in jüngerer Vergangenheit konnte durch Tonry et al. [2] mit Hilfe der Oberflächenhelligkeitsfluktuation der heute akzeptierte Wert von 10,8 Millionen Lichtjahren berechnet werden. Dieser Wert wurde wenig später von Karachentsev et al. [3] durch Vermessung des Riesenasts bestätigt. Somit liegt NGC 404 knapp außerhalb der Lokalen Gruppe und stellt eine isoliert gelegene S0-Galaxie dar. Del Río et al. [4] weisen auf den ungewöhnlich hohen Gasgehalt der Galaxie hin und erklären diesen durch den Zusammenstoß mit einer irregulären Zwerggalaxie, der sich vor etwa 1 Milliarde Jahren ereignet hat und bei dem die Zwerggalaxie völlig zerstört wurde. Morphologisch präsentiert sich uns die Galaxie nahezu in Draufsicht (face-on), wobei neben dem auffallend hellen Kern auf hochauflösenden Aufnahmen auch markante Staubstrukturen in Zentrumsnähe hervortreten.

Die außergewöhnliche Nähe zum 2^m-Stern Mirach und das damit verbundene einfache Aufsuchen machen die Galaxie zu einem häufig besuchten Schaustück. Die Nähe zum Stern fordert jedoch ihren Tribut: In einem normalen Fernglas wird es selbst unter optimalen Bedingungen kaum gelingen, einen Blick auf das Objekt zu ergattern, denn aufgrund der niedrigen Vergrößerung verschmilzt das matte Leuchten der Galaxie mit dem Glanz Mirachs. Somit sind Teleskope die Instrumente der Wahl. Unter sehr guten Bedingungen bestehen selbst mit 2" bis 3"-Teleskopen Chancen, einen Blick auf die Galaxie zu erhaschen [5]. Hierzu sollte der helle Stern jedoch möglichst außerhalb des Gesichtsfelds positioniert werden und auch eine entsprechend hohe Vergrößerung zum Einsatz kommen. Ab 6"–8" Öffnung ist die Galaxie selbst bei Aufsuchvergrößerung und mit Mirach im Feld gut erkennbar. Bisweilen suchen die Beobachter die Galaxie im weiteren Umfeld und sind dann überrascht, wie kompakt das Paar aus Stern und Galaxie in Wirklichkeit ist. NGC 404 erscheint dann als mittelgroßer, rund-ovaler Nebel ohne weitere Details und ist auch mit direktem Sehen gut erkennbar. Ab etwa 12" Öffnung sind bei hoher Vergrößerung weitere Details erkennbar. Insbesondere der helle, stellare Kern wird von vielen Beobachtern bemerkt. Die Differenzierung von Halo und Zentralgebiet gestaltet sich schon schwieriger und stellt bereits den höchsten Detaillierungsgrad der ansonsten gleichförmigen Galaxie dar.

■ Matthias Juchert

[1] Steinicke, W.: Historic NGC, www.klima-luft.de/steinicke/ngcic/Historic_NGC.txt (2008)
[2] Tonry, J. L. et al.: The SBF Survey of Galaxy Distances. IV. SBF Magnitudes, Colors, and Distances, Astrophys. J. 546, 681 (2001)
[3] Karachentsev, I. D. et al.: The very local Hubble flow, Astron. Astrophys. 385, 21 (2002)
[4] Del Río et al.: High-Resolution H I Observations of the Galaxy NGC 404: A Dwarf S0 with Abundant Interstellar Gas, Astron. J. 128, 89 (2004)
[5] O'Meara, S. J.: Deep-Sky Companions: Hidden Treasures, Cambridge University Press (2007)

Veränderlicher aktuell **δ Cephei**

δ Cephei ist wegen seiner Helligkeit, seiner Amplitude, seiner Periode und seiner leichten Auffindbarkeit ein typischer Einsteigerstern für die Beobachter von Veränderlichen Sternen. Das heißt aber nicht, dass es ein langweiliger Stern ist, mit dem sich zu beschäftigen nicht lohnt.

Zunächst ist er der Namensgeber der Cepheiden, einer Veränderlichenklasse, die es ermöglicht hat, das Universum zu vermessen und Aussagen zum Alter und der Expansion des Universums zu machen. Wie zuerst von Henrietta Swan Leavitt 1912 nachgewiesen, besteht eine Abhängigkeit zwischen der Leuchtkraft eines Cepheiden und seiner Periode. An der Verfeinerung dieser so genannten »Perioden-Leuchtkraft-Relation« wird auch heute noch intensiv gearbeitet: Je genauer sie bekannt ist, desto genauer kennen wir die Entfernung zu entfernten Galaxien. Nicht zufällig war eines der »key-pro-

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

jects« des Hubble-Weltraumteleskops (HST) die Bestimmung der Hubble-Konstanten mit einer Genauigkeit von 10% anhand von Cepheiden [1].

2002 ist es mit dem Hubble-Teleskop erstmals gelungen, eine verlässliche trigonometrische Parallaxe zu einem Cepheiden zu bestimmen, und dieser Cepheide war δ Cephei, der Namensgeber [2]. Das Team um G. H. Benedict arbeitete dabei mit einem der drei Fine Guidance Sensors, die in der Hauptsache der Lageregelung des Teleskops dienen, aber für astrometrische Studien ideal geeignet sind. Das Ergebnis war die bis dahin in dieser Genauigkeit nicht erreichbare Parallaxe von 3,66 Millibogensekunden, was einer Entfernung von 891 Lichtjahren entspricht.

Einige Jahre später ist es wiederum mit δ Cephei gelungen, die Baade-Wesselink-Methode rein empirisch zu eichen [3]. Bei der Baade-Wesselink-Methode wird die Größenänderung eines Sterns, die sich spektroskopisch anhand der Radialgeschwindigkeit ermitteln lässt, in Beziehung gesetzt zu der interferometrisch messbaren Durchmesseränderung. Bei Kenntnis einer Konstanten, des so genannten Projektionsfaktors, folgt daraus die Entfernung. Die Radiusänderungen der Cepheiden waren bis dahin nur aufgrund der Helligkeits- und Farbvariationen und physikalischer Sternatmosphärenmodelle geschätzt. Durch direkte Messungen der Radiusänderungen von δ Cephei konnte der Projektionsfaktor bestimmt und die Baade-Wesselink-Methode auf eine solide Basis gestellt werden. Der gemessene mittlere scheinbare Durchmesser beträgt gerade einmal 1,475 Millibogensekunden mit der sehr geringen Unsicherheit von nur 0,004 Millibogensekunden. Aus der bekannten Entfernung folgt, dass δ Cephei einen durchschnittlichen Radius von 43 Sonnenradien hat.

Für Veränderlichenbeobachter ist es ein wichtiges Ziel, den genauen Zeitpunkt der Maxima bei den Cepheiden zu bestimmen. Von einigen Vertretern kennt man die Maxima der letzten 150 Jahre und kann ermitteln, ob sich die Periode verkürzt oder verlängert

Peter Wienerrother

Abb1: δ Cephei ist einer der hellsten Sterne des Sternbilds Cepheus.

oder anderen Schwankungen unterworfen ist, beispielsweise aufgrund des Lichtzeit-Effekts bei Cepheiden, die sich in Doppelsternsystemen befinden. δ Cephei gehört zu den Cepheiden, deren Periode sich verkürzt [4].

Für δ Cephei reicht zwar auch das bloße Auge, um verwertbare Beobachtungen zu gewinnen, reizvoll ist es aber, sich mit neuen Techniken an bekannten Objekten zu versuchen. Für den Helligkeitsbereich von δ Cephei ist eine einfache Digicam der Preisklasse 100€ bis 150€ vollkommen ausreichend. Zur Bearbeitung und Messung der Aufnahmen bietet sich die freie Software IRIS an [5]. Die Lichtkurve zeigt, was eine Canon IXUS 70 bei δ Cephei erreichen kann. Sicherlich ist die Streuung der Helligkeiten größer als bei einer digitalen Spiegelreflexkamera und mit dem Ergebnis einer CCD-Kamera gar nicht zu vergleichen. Beeindruckend ist dennoch, dass mit einer einfachen Kamera, die heute in den meisten Haushalten vorhanden ist, schöne und auswertbare Lichtkurven gewonnen werden können.

■ Béla Hassforther

[1] Freedman, W. L.: The Hubble Space Telescope Key Project on the Extragalactic Distance Scale, astro.u-strasbg.fr/howfar/freedman.html

[2] Benedict, G. H. et al.: Astrometry with the Hubble space telescope: a parallax of the fundamental distance calibrator δ Cephei, Astron. J. 124, 1695 (2002)

[3] Merand A. et al.: The projection factor of delta Cephei. A calibration of the Baade-Wesselink method using the CHARA Array, Astron. Astrophys 438, L9 (2005)

[4] Turner, D. G.: Monitoring the Evolution of Cepheid Variables, 1998, Journal of the American Association of Variable Star Observers 26, 101

[5] IRIS, Download und Infos: www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.ht

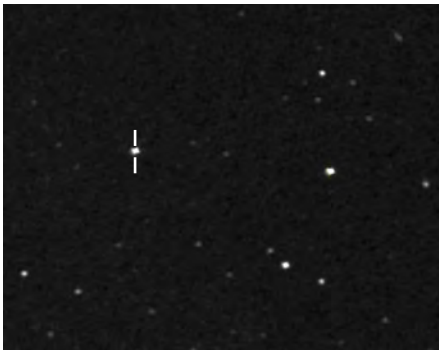
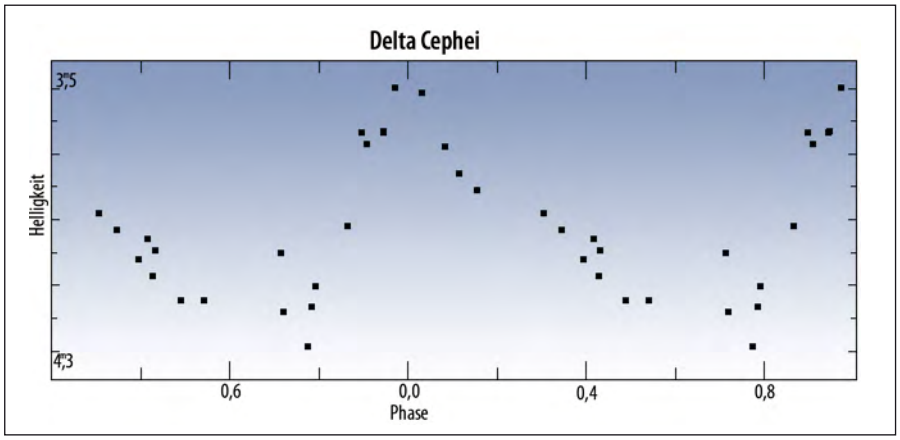


Abb. 2: Originalaufnahme (oben) und Lichtkurve (links) von δ Cephei, ermittelt mit einer Digicam (Canon IXUS 70). Jeder Punkt ist das Mittel der Messungen aus rund 6 Aufnahmen, die jeweils 15s bei Blende 2,8 in der Weitwinkeleinstellung bei 5,8mm Brennweite aufgenommen wurden. Eine Nachführung ist bei dieser Kombination von Belichtungszeit und Brennweite nicht erforderlich. Die Verarbeitung und das Ausmessen der Aufnahmen wurde mit der freien Software IRIS durchgeführt. Die gezeigte Lichtkurve besteht aus 23 Wertepaaren, für die also fast 140 Aufnahmen gewonnen werden mussten. Anzustreben sind mindestens 40 Wertepaare, was innerhalb einer Beobachtungssaison kein Problem darstellt. Reduziert wurden die Beobachtungen mit einer Periode von 5,3663 Tagen auf einen gemeinsamen Zeitraum.



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

Die Vielfalt einer Finsternis

Impressionen der Sonnenfinsternis vom 1. August

von Daniel Fischer

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

Von Flugzeugen oder Eisbrechern aus, in einer russischen Großstadt oder in den Steppen und Wüsten Zentralasiens: Wohl selten war die Auswahl so groß gewesen für die Beobachtung einer totalen Sonnenfinsternis wie am 1. August 2008, wobei freilich kein Ort wirklich leicht (oder kostengünstig) zu erreichen war. Die Wetterstatistik hatte zwischen »fast unmöglich« zu Beginn des Totalitätsstreifens in Nordkanada und dem nordpolaren Eismeer über »50:50« in Sibirien bis zu »fast garantiert« in Nordwestchina variiert – aber wie schon bei der letzten totalen Sonnenfinsternis vor zwei Jahren war am entscheidenden Tag fast die gesamte Zone.

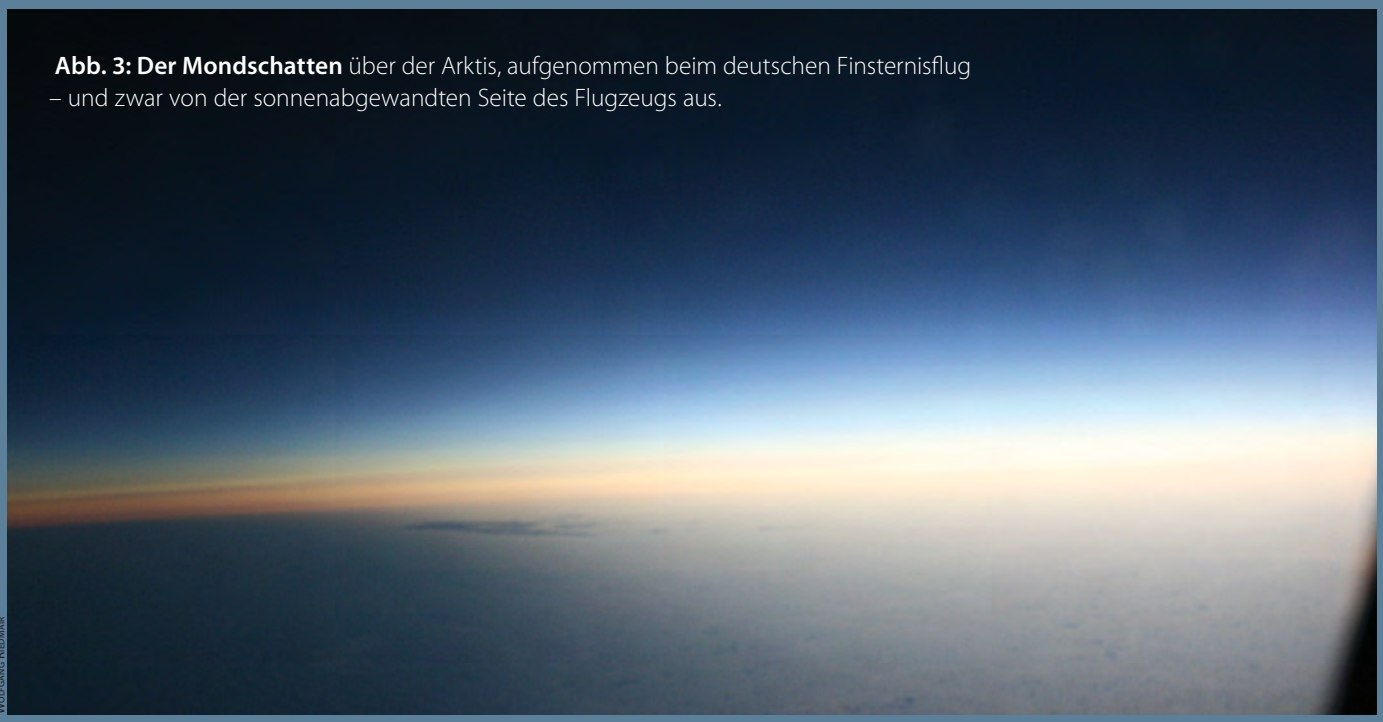
Nicht nur in der klimatologisch bevorteilten Region Westchina/Ostmongolei, sondern auch im Raum Nowosibirsk in Sibirien und selbst im fast immer wolkenverhangenen Eismeer konnte die Sonnenkorona vielerorts ohne Beeinträchtigung betrachtet werden, zusammen mit oft dramatisch intensiven Himmelsfarben. Und auch am Ende der Finsterniszone in der Mitte Chinas war die Totalität nur wenige Grad über dem Horizont überraschend deutlich – wenn auch stark gerötet – zu sehen, dem allgegenwärtigen schwülen Dunst dieser Jahreszeit zum Trotz. Über allem schwebten zudem zwei Flugzeuge voller Sonnenfinsternisbeobachter, ein großes aus Deutschland 7° vom Nordpol entfernt und ein kleines aus Kanada, das acht zu allem entschlossene Beobachter im letzten Moment gechartert hatten: Zumindest am Beginn des Totalitätsstreifens war es doch nicht klar geworden. Aber auch die letztlich erfolgreichen Bodenbeobachter in Asien hatten vielfach zittern müssen.

Abb. 1: Trotz schlechter Wetterstatistiken konnte die Sonnenfinsternis gesehen werden. Diese digitale Serienaufnahme der Sonnenfinsternis entstand über dem wetterverwöhnten Ob-See in Russland. Links die auffällige Venus, näher an der Sonne Merkur.

Nordpol, 9:45 UT

Wolfgang Reidmair

Abb. 2: Fraglos der bequemste Weg, sich von Deutschland aus der Sonnenfinsternis zu nähern, war der spezielle Beobachtungsflug, der schräg durch die Totalitätszone schneiden und die Zeit im Kernschatten merklich verlängern würde. Finsternisflüge bieten nahezu 100% Wettersicherheit und den transparentesten denkbaren Himmel, aber die Qualität der Fensterscheiben und die Möglichkeit zum Einsatz größerer Optik lassen oft zu wünschen übrig. Der Blick auf den Kernschatten auf der Erde aus 10km Höhe ist einmalig, der Blickwinkel aus den kleinen Fenstern typischer Passagierjets dagegen eingeschränkt.



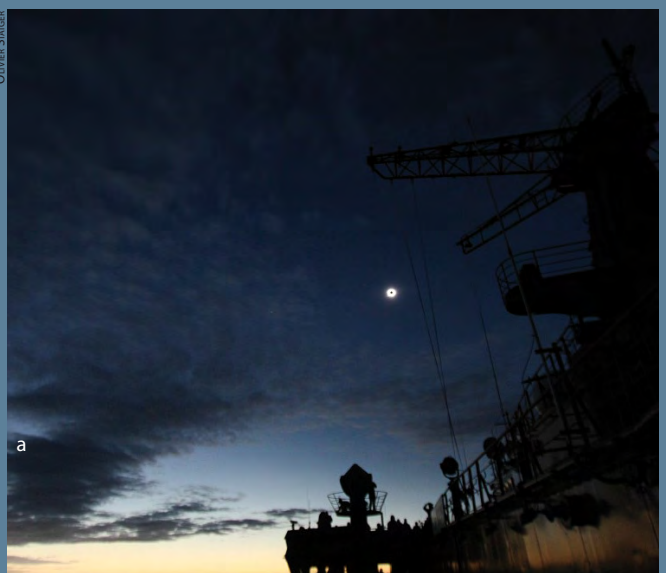
Wolfgang Reidmair

Abb. 3: Der Mondschatten über der Arktis, aufgenommen beim deutschen Finsternisflug – und zwar von der sonnenabgewandten Seite des Flugzeugs aus.

Nördliches Eismeer, 10:05 UT

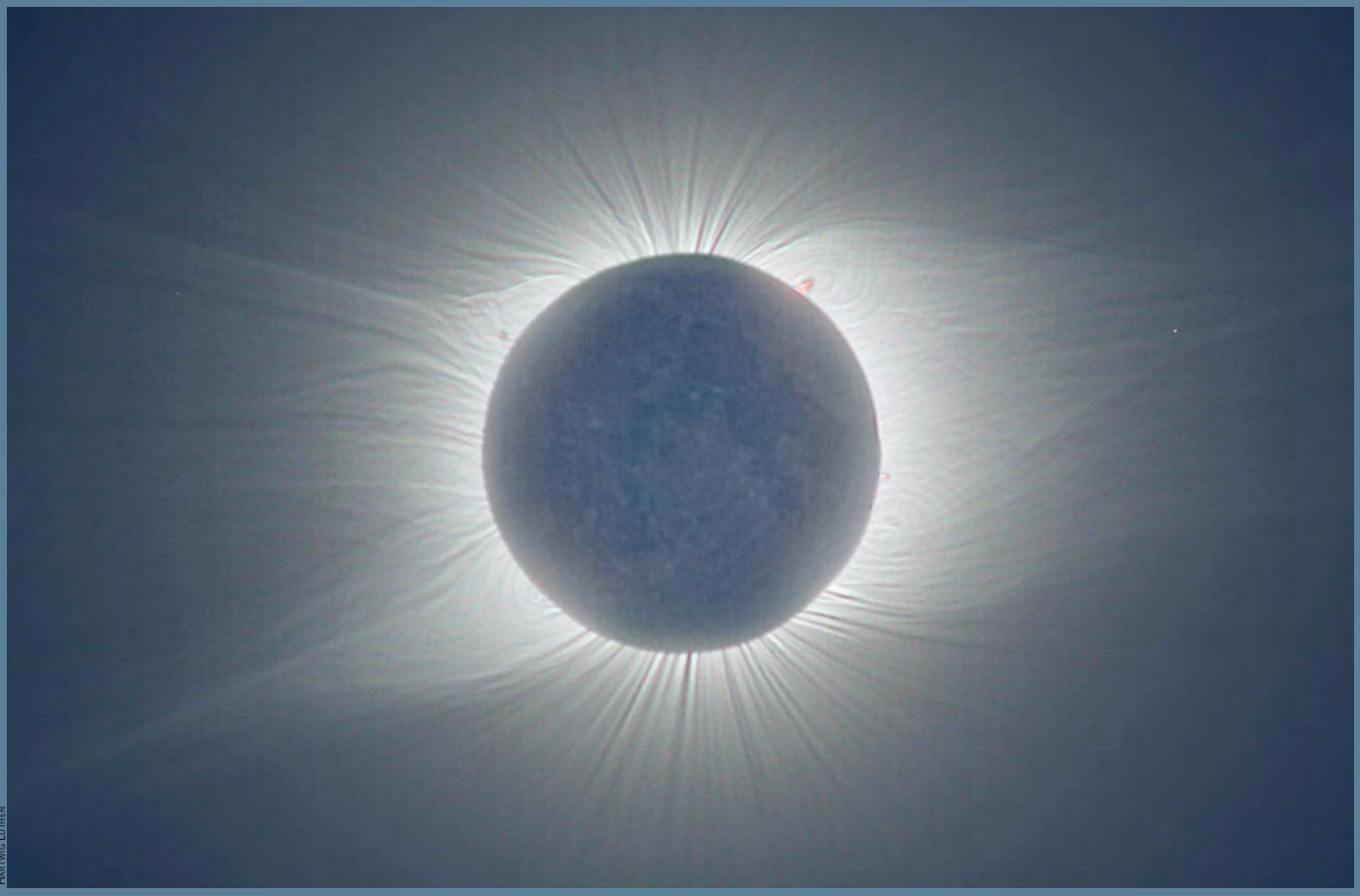
Abb. 4: Klare Sicht auf die Sonnenfinsternis an Bord eines russischen Eisbrechers in der Barents-See auf dem Rückweg vom Nordpol. Für andere arktische Kreuzfahrer verschwand die Finsternis allerdings im Nebel, den die Abkühlung durch den Mondschatten noch verstärkte.

Oliver Staiger



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

Sibirien, 10:50 UT



Hartwig Lüthen

Abb. 5: Ein Komposit der Sonnenkorona aus 24 Aufnahmen aus Kochenowo nahe Nowosibirsk mit 1/500s bis 2s Belichtungszeit, die mit einem 500mm-Objektiv und Blende 8 sowie einer mit der Software »Eclipse Orchestrator« automatisch gesteuerten Canon EOS 350Da entstanden. Komponiert wurde mit Fitswork und primär einer Larson-Sekanina-Filterung; das eingefügte Mondgesicht ist ein Stack aus vier 2s-Aufnahmen.

Matthias Kleinke, Christoph Rollwagen

Abb. 6: Eine langbelichtete Einzelaufnahme der Korona; der Innenbereich geht dabei – auf Digitalaufnahmen – zwangsläufig in die Sättigung. Aufgenommen mit einer Canon EOS 350D an einem 72/432mm-Apochromat mit Komakorrektor.

Matthias Kleinke, Christoph Rollwagen

Abb. 7: Innere Korona und Protuberanzen, kurz nach dem 2. Kontakt – die Spitze einer besonders großen Protuberanz auf der anderen Seite lugt bereits hervor. Aufnahmedaten wie Abb. 6.

Dieses Dokument ist nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Xinjiang/China, 11:05 UT

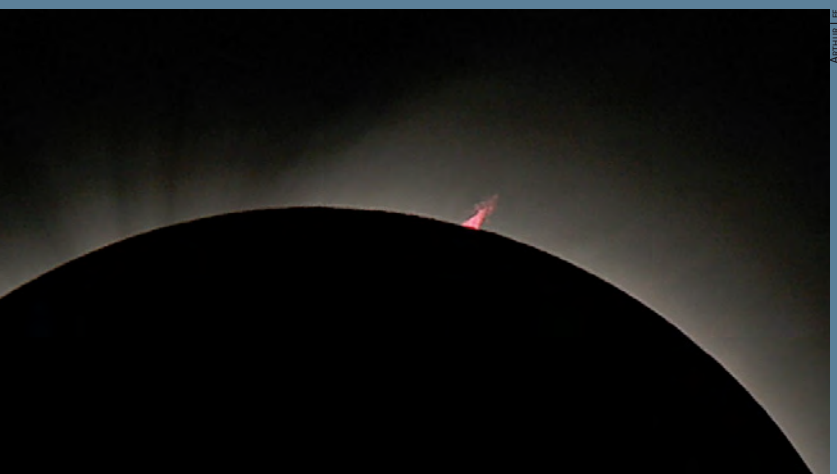
Daniel Fischer

Abb. 8: Kurz vor dem zweiten Kontakt in Weizixia ist die Sonnensichel durch einen »Naturfilter« zu sehen, bevor sie sich rechtzeitig von dieser wohl meistverfluchten Wolke Chinas befreien konnte. Panasonic DMC-TZ2-Kompaktkamera mit 10-fachem optischem Zoom.

Arthur Lee

Arthur Lee

Abb. 9: Doppelter Diamantring beim zweiten Kontakt, dazu zahlreiche kleine Protuberanzen: aufgenommen in Nordwestchina mit einem 4,1"-Refraktor bei 864mm Brennweite, EOS Canon D40.



Arthur Lee

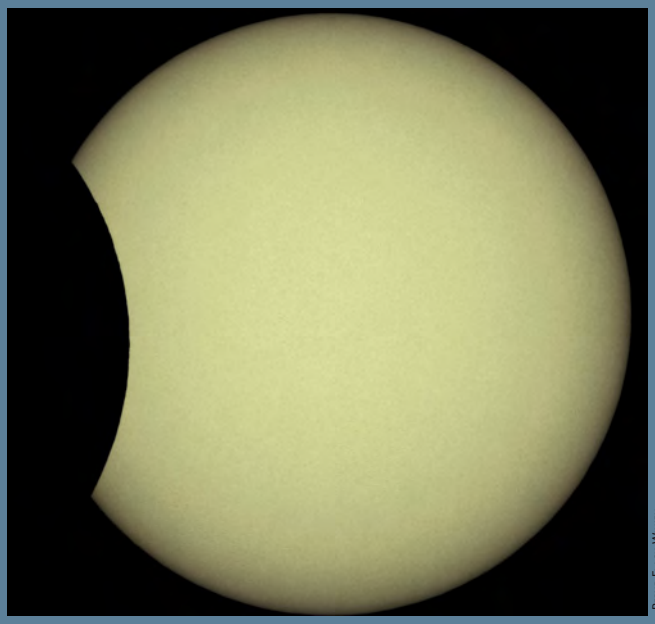
Abb. 10: Zahlreiche Protuberanzen kurz nach dem 2. Kontakt, aufgenommen in Nordwestchina mit einem 4,1"-Refraktor bei 864mm Brennweite, EOS Canon D40.

Abb. 11: Die große Protuberanz kurz vor dem 3. Kontakt. 4,1"-Refraktor bei 864mm Brennweite, EOS Canon D40.

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

Partielle Finsternis in Mitteleuropa

Peter Wienerroither



Bernd Flach-Wilken

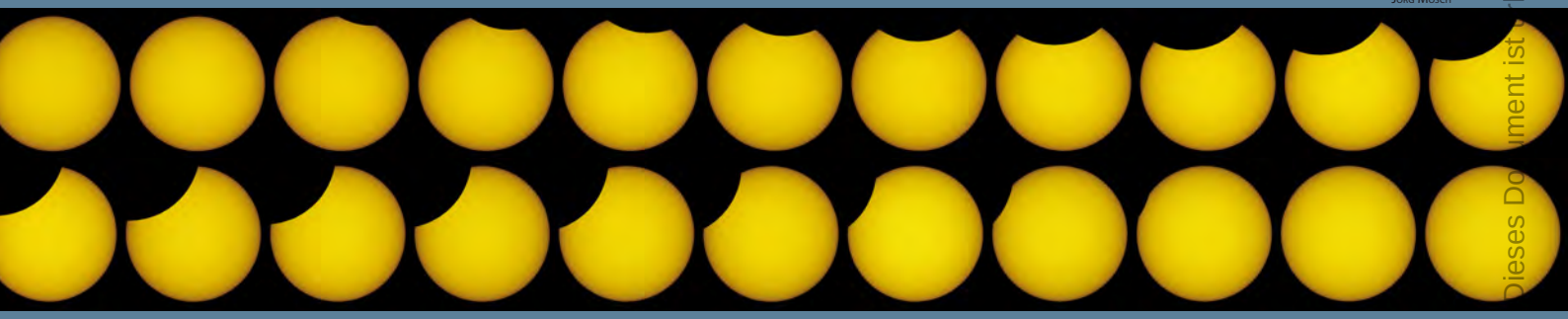
Abb. 12: Reihenaufnahme der partiellen Sonnenfinsternis mit einem Teleobjektiv bei 120mm, Canon EOS 5D, ISO 100, Baader Solar-Filter, Komposit, 5min-Intervall.

Im deutschen Sprachraum herrschte weitgehend durchwachsenes Wetter, das stark an den 11.8.1999 erinnerte. Die meisten Bilder aus dem Leserkreis zeigen deshalb die Sonne nur hinter Wolken. Einige Sternfreunde hatten jedoch mehr Glück.

◀ **Abb. 13: Partielle Phase mit detailreichem Mondrandprofil um 11:53 MESZ,** aufgenommen mit einem 7"-Refraktor und 1600mm Brennweite (Foliensonnenfilter) und einer Pentax K20D Digitalkamera bei ISO100 und 1/1250 s Belichtungszeit.

Abb. 14: Die Finsernis im Komplettdurchlauf ohne Wolkenstörung, aufgenommen mit einem 4"-Refraktor bei 800mm Brennweite. Herschelprisma, Nikon D2X bei ISO125.

Jörg Mosch



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

VIRTUELL DURCHS SONNENSYSTEM

Die freie 3D-Simulation Celestia

von Ulrich Dickmann

Haben Sie sich schon einmal gefragt, wie der Saturn aussehen würde, wenn Sie auf dem Raumfahrzeug Cassini oder einem Gesteinsbrocken der Saturnringe säßen? Oder hätten Sie gerne den Abstieg der Sonde Huygens auf den Saturnmond Titan aus nächster Nähe mit eigenen Augen verfolgt? Würden Sie gerne einmal den Mondschatten auf der Erde aus dem All während einer Sonnenfinsternis mit den Augen der Besatzung der ISS sehen? Sie meinen, solche Anblicke würden Ihnen niemals zuteil werden? Doch, denn das alles, und noch viel mehr, ist möglich mit der 3D-Weltraumsimulation »Celestia«!

Abb. 1: Vom Hubble Space Telescope einen Blick in die Sterne: Die 3D-Weltraumsimulation »Celestia« macht diesen Traum wahr.

Die vom Amerikaner Chris Laurel im Jahr 2001 initiierte Software liegt inzwischen in der Version 1.5.1 für die Betriebssysteme Windows, Linux und Mac in verschiedenen Sprachen vor. Als OpenSource-Projekt (GNU GPL) ist sie frei und kostenlos im Internet verfügbar und wird schon seit Jahren von den Weltraumagenturen ESA und NASA für bestimmte Zwecke eingesetzt (siehe Surftipps). Diese Tatsache macht deutlich, dass es sich um eine seriöse und wissenschaftlich ernsthafte Software handelt und nicht etwa um ein PC-Game, wie der Begriff »3D-Simulation« möglicherweise suggerieren könnte. Auch namhafte Astronomiezeitschriften illustrieren gelegentlich ihre Beiträge mit Abbildungen, die mit Celestia generiert wurden und in so manchen wissenschaftlichen Fernsehsendungen stößt man auf erklärende Celestia-Sequenzen. Doch obwohl das Programm selbst raumfahrttechnischen Ansprüchen genügt, ist es auch von interessierten Weltraumenthusiasten und Amateurastronomen leicht zu bedienen. Man muss kein Astrophysiker sein oder ein Astronautentraining absolviert haben, um mit Celestia dreidimensionale Ausflüge zu den Planeten und Monden unseres Sonnensystems oder in ferne Galaxien unternehmen zu können.

Am Monitor ins All

Schon beim Start des Programms fliegt man ausgehend von der Sonne zur Erde und verweilt dort in einem Orbit über ihr. Mit etwas Fantasie wird der Computermonitor zum Fenster eines imaginären Raumschiffs und ob der hohen grafischen Qualität der Darstellung glaubt man, sich wahrhaftig im All zu befinden und auf unsere blaue Kugel mit vorüber ziehenden Wolken und die hauchzarte von Streulicht gefärbte Atmosphäre zu blicken. Das volle Darstellungspotential kann die Software freilich nur ausspielen, wenn eine einigermaßen hochwertige Grafikkarte im Computer »werkelt«. Mit Hilfe der Nummerntasten oberhalb des Tastenfeldes gelangt man schnell zu den weiteren Planeten unseres Sonnensystems. Die Oberflächentexturen der Planeten, Monde, Asteroiden und anderen Objekte wurden meist aus Realbildern erstellt, sofern diese verfügbar sind. Unbekannte Gebiete (z.B. auf Merkur) wurden

Abb. 2: Die Darstellung der Himmelskörper lässt sich mit vielen Optionen beeinflussen.

anhand der umliegenden Merkmale interpretierend aufgefüllt, können aber auch deutlich als unerforschte Bereiche strukturlos dargestellt werden. Wer mag, kann sogar auf beliebigen Objekten landen und sich so zum Beispiel ein Bild davon machen, wie

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

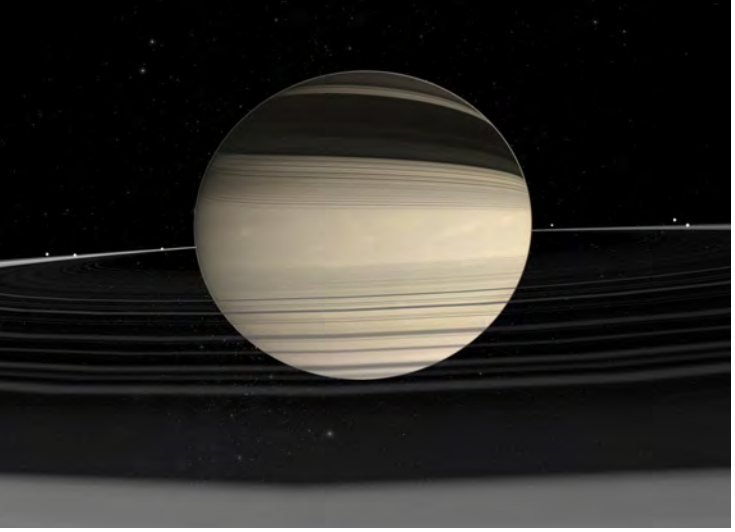


Abb. 3: Begeben Sie sich zu den Saturn-Ringen und werden Sie ein Teil des Ringsystems, das den Planeten umkreist.

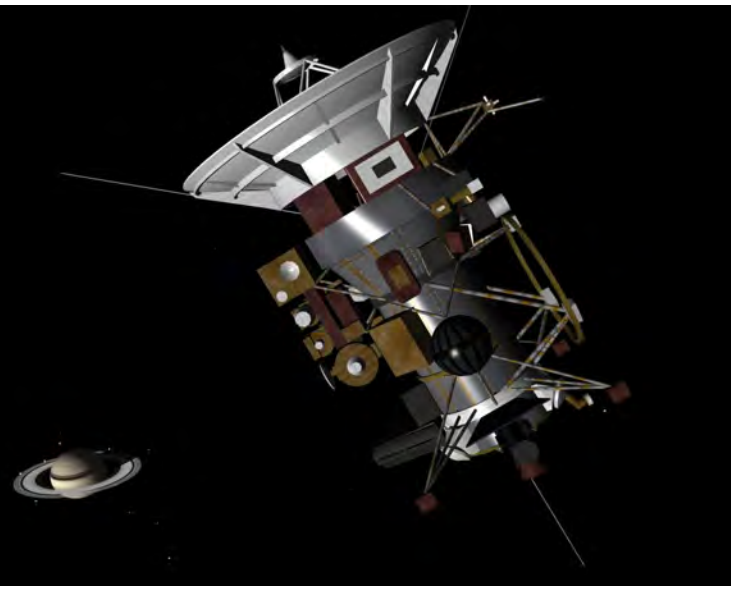


Abb. 4: Drehen Sie mit der Raumsonde Cassini ein Paar Runden um Saturn…

der Mars aus Sicht seines Mondes Deimos aussieht. Mit Celestia kann man praktisch überall landen; sei es auf einem Solarpaneel des Weltraumteleskops Hubble (Abb. 1) oder auf einem der drei planetaren Begleiter des Sterns Gliese 581.

Celestia selbst braucht beim Betrieb keine Internetverbindung, es sei denn, man möchte über die angezeigten Objekte mehr erfahren. Über das Kontextmenü des jeweiligen Objekts kann man dazu eine entsprechende Internetseite (SIMBAD oder nineplanets.org) mit ausführlichen Informationen zum Objekt aufrufen.

Erweiterungen und Anpassungen

Celestia verfügt in der Basisinstallation über mehr als 112500 Sterne aus diversen Katalogen wie HIP, HD, SAO und anderen. Die Stern-Datenbank kann aber auch auf bis zu 2 Millionen Sterne ergänzt werden. Durch den modularen Aufbau ist es nämlich jederzeit möglich, das Programm mit so genannten Add-Ons (Zusätze zum Programm) beliebig zu erweitern und an die eigenen Interessensgebiete anzupassen. Das fängt mit wesentlich höher auflösenden Oberflächentexturen an und hört noch lange nicht mit der Integration von Raumschiffen aus Sciecne-Fiction-Filmen auf. Auch selbst laufende Touren mit erklärenden Untertiteln werden als Add-Ons angeboten. Insbesondere die Touren, die praktisch wie ein Film ablaufen, werden gerne von Sternwarten und Schulen als lehrreicher Bestandteil von Führungen oder im Unterricht eingesetzt. Für die Add-Ons steht eine gesonderte Download-Zentrale im Internet bereit (siehe Surftipps).

Mittels Tastenkombinationen oder über zahlreiche Menüs lässt sich das Erscheinungsbild des Weltraums in Celestia den eigenen Wünschen anpassen. So können zum Beispiel Wolken, Atmosphären und Ringschatten oder Orbitlinien, Objekt- und Sternbildnamen ein- oder abgeschaltet werden, man kann bestimmen, ob Raumschiffe, Galaxien, Nebel und andere Objekte überhaupt angezeigt werden sollen (Abb. 2) oder zu welchem Zeitpunkt die Szene dargestellt wird. Dabei werden die Örter der Objekte in unserem Sonnensystem gemäß der VSOP87-Theorie hinreichend genau berechnet. Wer es noch präziser möchte, kann alternativ auch DE405- oder 406-Ephemeriden des Jet Propulsion Laboratory der NASA (JPL) in Celestia einbinden.

Präzise Trajektorien von Raumsonden, Planeten, Satelliten, Kometen oder Asteroiden können mit so genannten SPICE-Kernels der Navigation and Ancillary Information Facility (NAIF) ebenfalls von Celestia verarbeitet werden. Das Informationssystem »SPICE« unterstützt Wissenschaftler bei der Planung und Auswertung von wissenschaftlichen Beobachtungen durch Raumsonden und dient den Raumfahrtingenieuren bei der Planung und Ausführung von Missionsaktivitäten. Wer es nicht ganz so wissenschaftlich und genau wissen muss, ist aber auch mit der »normalen« Genauigkeit der Objektpositionen sehr gut bedient.

Unterwegs im Weltraum

Wer sich nun zum Beispiel den Saturn genauer ansehen möchte, begibt sich mit zwei Tastenanschlägen dort hin und navigiert sich mit der Computermaus oberhalb der Saturnringe (Abb. 3). Nach dem Einspielen eines speziellen Cassini-Add-Ons kann man alternativ auch mit diesem Raumfahrzeug seine Runden um den Saturn ziehen (Abb. 4) oder sich gar eine über 60minütige Vorführung der Cassini-Mission inklusive des Abstiegs der Sonde Huygens auf Titan ansehen (Abb. 5, Add-On auf der deutschen Celestia-Website). Wer Celestia lieber als ein imaginäres Raumschiff verstehen möchte, kann sich mittels bestimmter Tasten (zur Kontrolle der Schub- und Bremsdüsen, Rollwinkelverstellung, Neigungswinkel usw.) oder mit einem angeschlossenem Joystick frei durch den Weltraum bewegen und so sein »eigenes Raumschiff« kommandieren. Es gibt fast nichts, was sich mit dem Programm nicht visualisieren lässt. Mit dem integrierten Finsternis-Sucher lassen sich sämtliche Finsternisse im Sonnensystem berechnen und natürlich auch anzeigen. Eindrucksvoll lässt sich beispielsweise quasi aus nächster Nähe beobachten, wie drei Mondschatten über den Jupiter wandern und gleichzeitig der Mond Io vom Mond Ganymed beschattet wird (Abb. 6). Neben einem Sonnensystem-Browser, in dem die Objekte des gerade aktiven Systems mittels einer Baumstruktur ausgewählt werden können, verfügt Celestia auch über einen Stern-Browser, der die Auswahl und

Systemvoraussetzungen

Prozessor: mind. 800 MHz (besser mehr)
Arbeitsspeicher: mind. 128 MB (empfohlen: ab 512 MB)
Grafikkarte: mind. 128 MB Grafikspeicher, OpenGL-Unterstützung ab 1.4 (empfohlen: 2.0)

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

Sortierung von Sternen in einer Liste nach bestimmten Kriterien ermöglicht (Absolute und scheinbare Helligkeit, Entfernung, Spektralklasse, nahe oder ferne Sterne, Sterne mit oder ohne planetarische Begleiter usw.). Dass die uns am Himmelsgewölbe zweidimensional erscheinenden Sternbilder tatsächlich nicht auf derselben Ebene liegen lässt sich mit Celestia anschaulich deutlich machen, wenn die Sternbildlinien aktiviert sind und man sich aus unserer Milchstraße entfernt. Celestia beschränkt sich natürlich nicht nur auf unser Sonnensystem oder unsere Milchstraße. Wer mag, kann ferne Galaxien besuchen oder zu eindrucksvollen Nebeln reisen und sich diese dreidimensional aus unterschiedlichen Perspektiven und in schillernden Farben ansehen (Abb. 7, erfordert entsprechende Add-Ons).

Nach der Installation deutschsprachig

Mit einer Downloadgröße von etwa 20MB ist das Setup-Programm für Celestia auch für Analog- oder ISDN-Verbindungen noch akzeptabel. Das englischsprachige Setup ist schnell und einfach erledigt und Celestia präsentiert sich seit Version 1.5.0 nach dem Start sofort in der Landessprache des Betriebssystems. Auf der deutschen Celestia-Website finden Sie zusätzlich eine speziell auf die deutsche Sprache angepasste Version, die mittels eines deutschsprachigen Installationsassistenten leicht über die Originalversion installiert werden kann und eine verbesserte und umfangreichere deutschsprachige Unterstützung bietet. Dort finden Sie auch zahlreiche deutschsprachige Add-Ons.

Surftipps

Celestia-Website (engl.):
www.shatters.net/celestia/
Deutsche Celestia-Website:
www.celestia.info
Add-On-Zentrale:
www.celestiamotherlode.net
Mars Express Seite der ESA:
www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express/SEM4GC374OD_1.html
Celestia bei der NASA:
learn.arc.nasa.gov/planets/

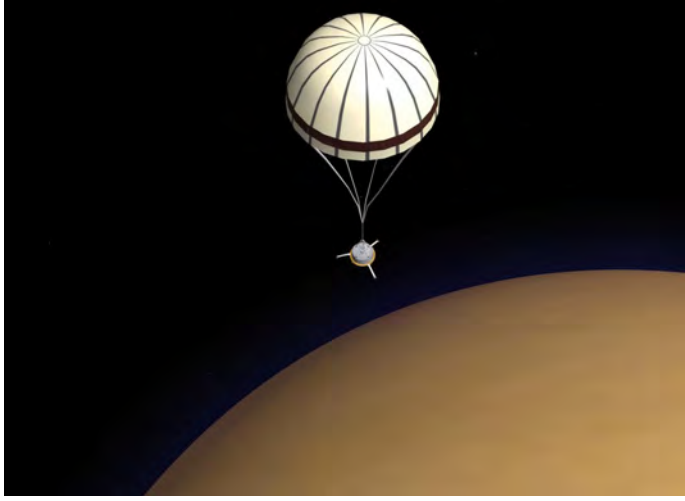


Abb. 5: …oder begleiten Sie die Sonde Huygens bei ihrem Abstieg zur Oberfläche des Titan.

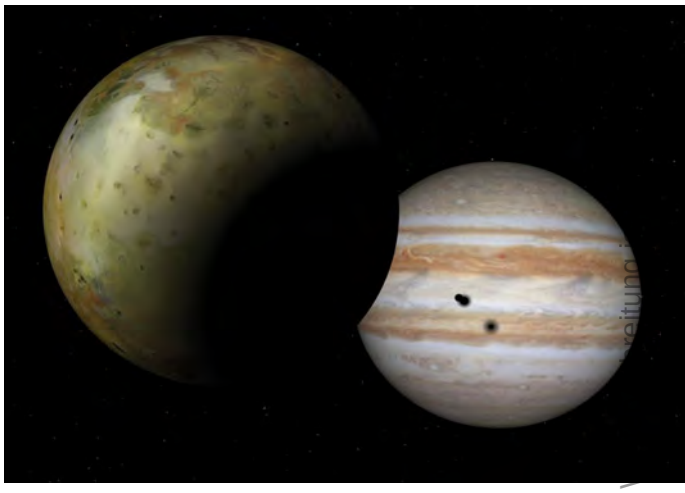


Abb. 6: Während Io von Ganymed verfinstert wird, sieht man auf Jupiter die Schatten von Io, Ganymed und Kallisto.

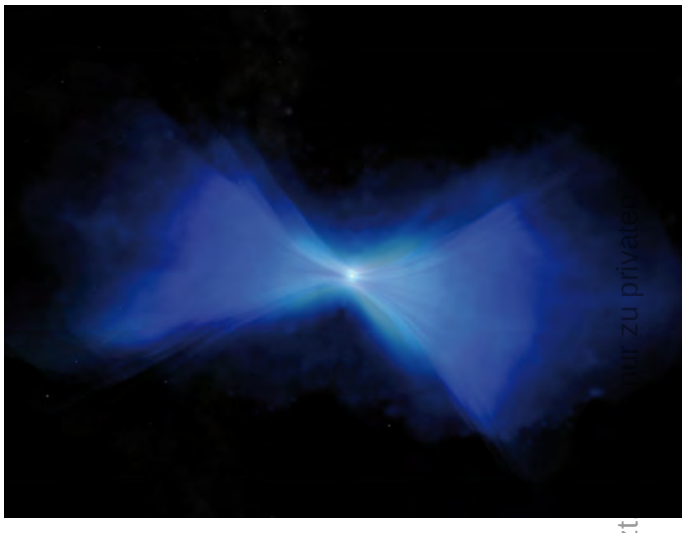


Abb. 7: Der Boomerang-Nebel als kältester bekannter Ort im Universum lässt sich als Add-On in Celestia einspielen.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt

Explosiver Komet

Der Helligkeitsausbruch des Kometen 17P/Holmes

von Wolfgang Vollmann

Michael Jäger

Abb. 1: Ein explosiver Gast: Komet 17P/Holmes am 5.11.2007, zwei Wochen nach dem dramatischen Helligkeitsausbruch. Die innere Koma ist mit dem Larson-Sekanina Filter bearbeitet, um Details zu zeigen (vgl. Kasten). Das Verfahren zur Addition normaler Aufnahmen mit durch den Filter bearbeiteten Aufnahmen wurde von Michael Jäger entwickelt. 200/540- Astrograph, Sigma 6303 CCD-Kamera.

Im Spätherbst und Winter bescherte Komet 17P/Holmes den Beobachtern ein grandioses Schauspiel. Es begann mit einem Helligkeitsausbruch von 15 Größenklassen am 24. Oktober 2007, in den Wochen danach verblasste der Komet langsam, während seine Größe gleichzeitig gewaltig zunahm. Wie hat sich das Erscheinungsbild des Kometen im letzten halben Jahr geändert und was konnten Amateure beobachten?

Mit freiem Auge erschien der Komet in den ersten Tagen nach dem Ausbruch sternartig. Anfang November begannen einige Beobachter den Kometen als kleines Nebelchen zu sehen, danach wurde die Kometennebelwolke mit freiem Auge immer größer und blasser, auch eine zentrale Verdichtung war nun zu erkennen. Am 14.11.2007 war der Komet als etwa vollmondgroße, zentral verdichtete Wolke deutlich mit freiem Auge sichtbar. In den folgenden Wochen dehnte sich der Komet weiter aus und verblasste zunehmend, vor allem bei aufgehelltem Himmel. Mitte Februar 2008 war der Komet so groß und blass geworden, dass er nur unter sehr klarem dunklem Himmel noch mit freiem Auge zu erkennen war. Im März 2008 verglichen manche Beobachter den nun extrem schwierig mit freiem Auge sichtbaren Kometen schon mit dem Gegenschein [5, 6], der schwachen, mehrere Grad großen Aufhellung des Zodiakallichts gegenüber der Sonne.

Surftipps

Aufsatz von Sekanina: www.cfa.harvard.edu/icq/sek_icq30_3.pdf

Gesamthelligkeit des Kometen

Hat nun die Gesamthelligkeit des Kometen so stark abgenommen oder hat sich das Kometenlicht nur auf eine größere Himmelsfläche verteilt? Die Helligkeit eines sternartig erscheinenden Kometen lässt sich auch visuell gut mit Sternen vergleichen, etwa wie bei der Helligkeitsschätzung eines Veränderlichen Sterns; das gelingt mit etwas Übung auf ca. $0^{m}{,}1$–$0^{m}{,}2$ genau [2]. Bei einem flächig erscheinenden Kometen ist die Helligkeitsschätzung viel schwieriger. Am häufigsten verwenden Beobachter die Methode von J. B. Sidgwick: Zuerst wird Helligkeit und Durchmesser des scharf gestellten Kometen genau gemerkt. Danach wird das Fernglas/Fernrohr so unscharf gestellt, dass die Vergleichssterne denselben scheinbaren Durchmesser wie der scharf gestellte Komet aufweisen. Bei mehrmaligem scharf-unscharf-stellen und vergleichen der Helligkeit ist eine Schätzung der Gesamthelligkeit auf wenige Zehntel Größenklassen genau möglich. [3]

Bei einem hellen Kometen wie 17P/Holmes im Helligkeitsausbruch ist ein kleines 8×30-Fernglas zur Helligkeitsbestimmung ausreichend. Bald musste aber auf einen kleinen »Refraktor« mit 28mm Objektivdurchmesser und 100mm Brennweite bei 3-facher Vergrößerung gewechselt werden, den ich aus einem alten Teleobjektiv und einem 30mm-Okular gebastelt hatte – nur so ließen sich die Vergleichssterne auf den zunehmend größer werdenden Kome-

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

tendurchmesser unscharf stellen! Mit der Sidgwick-Methode wurde auf diese Art die Gesamthelligkeit des Kometen zwischen dem 26.10.2007 und 11.2.2008 ermittelt. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 dargestellt – weitere Helligkeitsschätzungen vieler Beobachter weltweit liefern ein sehr ähnliches Ergebnis [4].

Absolute Helligkeit

Natürlich erscheint der Komet schwächer, wenn er sich von uns entfernt. Am 24.10.2007 (Beginn des Helligkeitsausbruchs) war 17P/Holmes 1,64 Astronomische Einheiten (AE), also 245 Millionen Kilometer von der Erde entfernt – gegen Ende der Sichtbarkeitsperiode, ein halbes Jahr später am 24.4.2008, schon mehr als doppelt so weit nämlich 3,80AE (569 Millionen Kilometer). Allein dadurch sank seine scheinbare Helligkeit auf weniger als ein Viertel ab.

Komet Holmes erreichte am 4. Mai 2007 seine Sonnennähe (Perihel), seither entfernt er sich von der Sonne und wird auch dadurch schwächer. Zwischen dem 24.10.2007 und 24.4.2008 nahm die Sonnenentfernung des Kometen von 2,44 auf 3,21AE zu (von 364 auf 480 Millionen Kilometer).

Um die Helligkeit eines Kometen unabhängig von seiner wechselnden Entfernung von Erde und Sonne zu ermitteln, wird eine so genannte »absolute Helligkeit« definiert. Mit dieser Helligkeit würde uns der Komet bei einem Abstand von jeweils 1AE von Sonne und Erde erscheinen. Sie berechnet sich aus der Formel: Absolute Helligkeit (H10) = Gesamthelligkeit – 5 log Erdabstand (AE) – 10 log Sonnenabstand (AE).

Kometenfotos mit dem Larson-Sekanina-Filter

In den Wochen nach dem Helligkeitsausbruch war die Koma visuell im Fernrohr nicht immer gleichmäßig hell zu sehen. In Richtung Sonne zeigte sich der Komarand etwas heller und es gab auch kleine Helligkeitsvariationen in der Koma selbst, die sich aber mit einem 200mm-Newton bei Vergrößerungen zwischen 27× und 208× nicht genau fassen ließen.

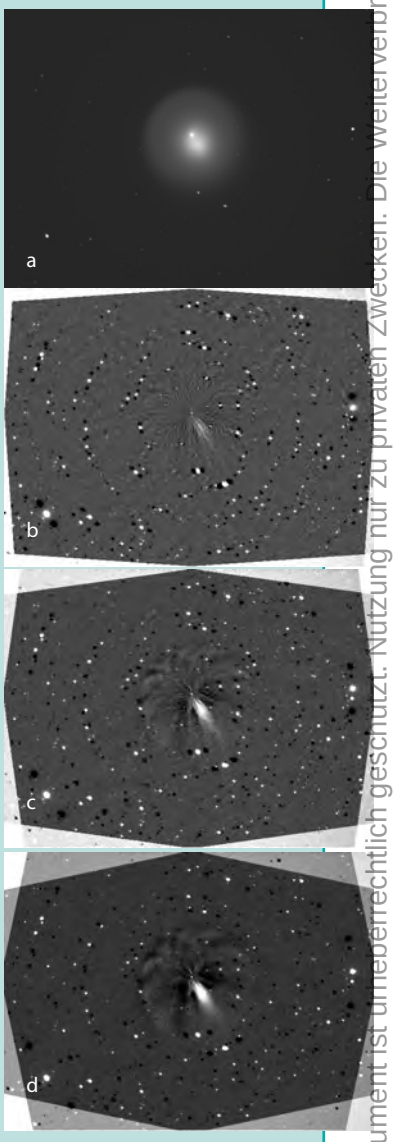
Viel detaillierter zeigen CCD-Aufnahmen diesen Bereich, vor allem wenn sie mit Hilfe des Larson-Sekanina Algorithmus [10] bearbeitet wurden (siehe auch [15]). Dieser Algorithmus eignet sich zur Verstärkung radialer und kreisförmiger Helligkeitsgradienten, wie sie z.B. bei einem Kometen mit runder Koma, sternartigem Kern und einer vom Kern ausgehenden schwach hellen radialen Struktur, etwa einem nach außen gerichtetem Staubstrahl, auftreten. Dabei geht man folgendermaßen vor:

1. Das Originalbild sollte ein genügend großes Signal-zu-Rausch-Verhältnis und einen großzügigen Bildmaßstab besitzen.
2. Bestimmung des Orts des sternartigen Kerns auf ein Pixel oder besser
3. Drehung des Originalbildes im Uhrzeigersinn um den im 2. Schritt ermittelten Punkt
4. Drehung des Originalbildes gegen den Uhrzeigersinn um den im 2. Schritt ermittelten Punkt
5. Mittelwert der beiden gedrehten Bilder aus dem 3. und 4. Schritt berechnen. Das ergibt ein Bild mit verdoppelten Sternen und gleichmäßigerer Koma, das heißt radiale Strukturen werden etwas »weggemittelt«. Nach dem Mitteln können die Bilder aus 3. und 4. gelöscht werden.
6. Subtrahieren des gemittelten Bildes aus 5. vom Originalbild aus 1. Das Ergebnis ist jetzt ein Rotationsdifferenzbild! Dabei wird die (gleichmäßige) Koma nahezu vollständig wegsubtrahiert, eventuell vorhandene schwache radiale Strukturen in der Koma vom Originalbild bleiben aber erhalten! Die doppelten Sterne aus dem gemittelten Bild aus 5. erzeugen zwei dunkle, doppelte Sterne, die versetzt um den Drehwinkel den hellen Stern als Bildverarbeitungsartefakt begleiten.
7. Helligkeit und Kontrast skalieren, damit Details besser erkennbar werden.
8. Ähnlich funktioniert ein Differenzbild mit verschobenem Mittelpunkt für tangentiale und kreisförmige Strukturen in der Koma.

Am 31.10.2007 entstand von 22:29 bis 22:37 MEZ die erste Abbildung (a). Es ist ein Komposit aus 24 je 10s belichteten Aufnahmen mit einem 130mm-Refraktor mit 484mm Brennweite und CCD-Kamera SBIG ST237A, zentriert und addiert auf den Kometen mit Astrometrica. Norden ist oben.

Bei Anwendung des Larson-Sekanina-Filters wurde ebenfalls auf den Kometenkern zentriert. Danach wurden die Einzelbilder im und gegen den Uhrzeigersinn rotiert. Die zweite Abbildung (b) zeigt das Ergebnis bei einer Rotation um ±4°: Drei helle radiale Strahlen gehen vom Kometenkern etwa Richtung »5 Uhr« aus. Die Sterne erhalten wie durch den Filter üblich zwei dunkle »Begleiter« als Bildverarbeitungs-Artefakt. Die nächste Version (c) zeigt das Ergebnis bei einer Rotation um ±8°: Die hellen radialen Strahlen sind gut zu sehen. Es erscheinen auch Fontänen in der Koma, die vom Kern ausgehen und in Sonnenrichtung am Rand der Koma »umdrehen«. Diese Staubfontänen sind auch besonders gut auf der Aufnahme von Michael Jäger (Abb. 1) zu sehen. Die letzte Abbildung (d) ist um ±12° rotiert: Die Fontänen erscheinen jetzt noch etwas deutlicher.

Die Bilder zeigen sehr schön die Staubstrukturen in der Koma, die sich auch aus den Aufnahmen am Stadtrand von Wien mit Hilfe der digitalen Bildverarbeitung »herausholen« lassen. Angeregt dazu wurde ich durch die Aufnahmen von Richard Berry [11], dem Mitautor des benutzten Programms AIP4WIN [12] und durch Michael Jäger [13], der diese Technik in einem Vortrag im Januar 2008 in Wien präsentierte.



Vier verschieden bearbeitete Aufnahmen (Brennweite 484mm) von Komet 17P/Holmes: a) unbearbeitetes Originalbild; b) mit Larson Sekanina Filter, rotiert um ±4° ; c) mit Larson Sekanina Filter, rotiert um ±8° ; d) mit Larson Sekanina Filter, rotiert um ±12°

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

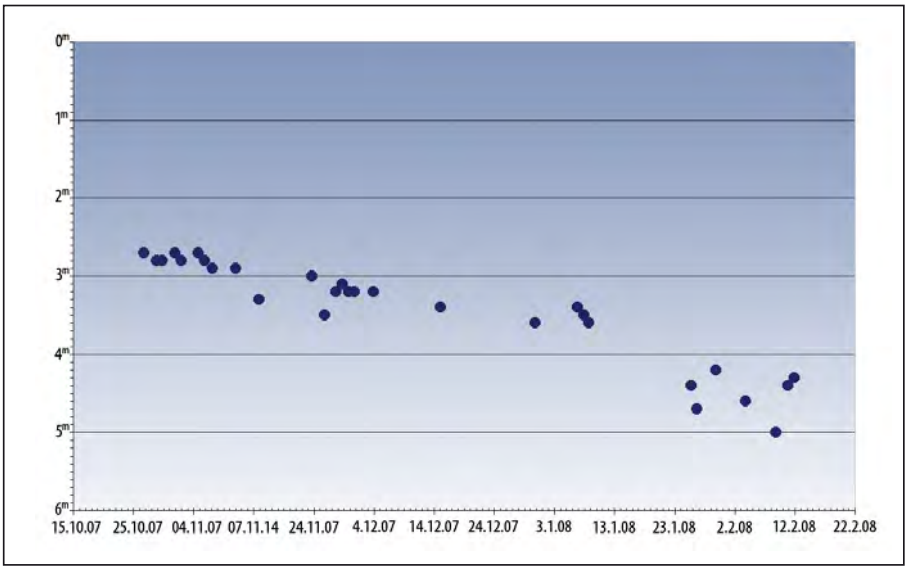


Abb. 2: Visuelle Gesamthelligkeit des Kometen 17P/Holmes vom 26.10.2007 bis 11.2.2008 geschätzt mit der Sidgwick-Methode.

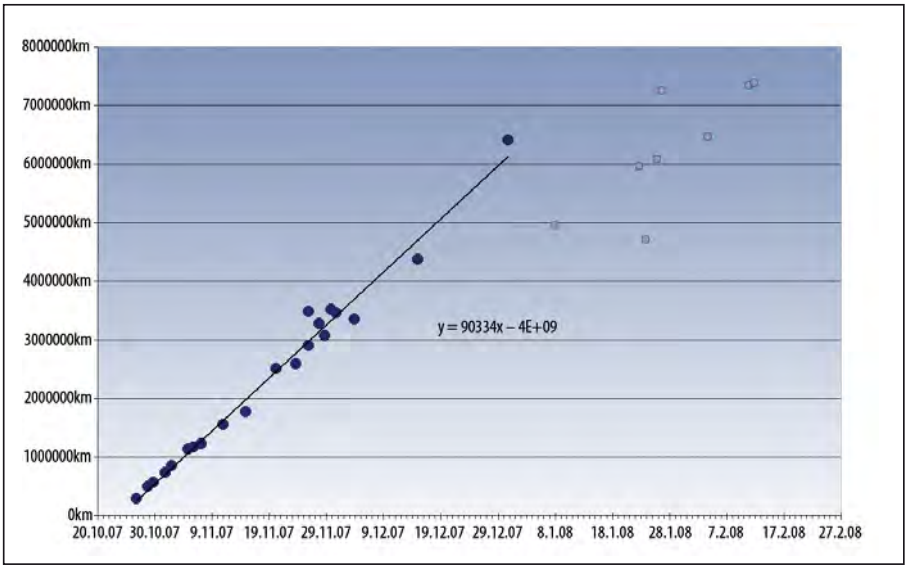


Abb. 3: Entwicklung des Komadurchmessers des Kometen 17P/Holmes. Der beobachtete Winkeldurchmesser ist mit der Kometenentfernung auf lineares Maß in Kilometer umgerechnet. Beobachtungen bis Anfang Januar 2008 sind dunkel gezeichnet und mit einer linearen Ausdehnung (Gerade) darstellbar, die Beobachtungen nachher erfassen offenbar nur mehr einen Teil der immer mehr verdünnten Koma und sind hell dargestellt.

Daraus kann man zu einem bestimmten Termin die aktuelle Helligkeit ableiten, sofern absolute Helligkeit und Entfernung bekannt sind. Den Abstand des Kometen von Sonne und Erde zu einem bestimmten Zeitpunkt ermittelt man am bequemsten mit einem guten Sternkartenprogramm wie z.B. Cartes du Ciel. [7]

Interessant ist, dass die absolute Helligkeit H10 des Kometen 17P/Holmes vom Beginn des Helligkeitsausbruchs bis zumindest Februar/März 2008 konstant blieb! Aus 29 Helligkeitsschätzungen zwischen dem 26.10.2007 und dem 11.2.2008 ergab sich ein Wert von $-2^{M}\!,1$ mit einer Streuung von nur $0^{m}\!,2$. Die Kometenhelligkeit stieg also beim Ausbruch auf diesen Wert an und blieb über mindestens viereinhalb Monate gleich – gesehen aus 1AE Entfernung von Erde bzw. Sonne! Sollte der Komet diese Helligkeit halten, könnte er Anfang September 2008 am Morgenhimmel immer noch mit einer Helligkeit von 7^{m} sichtbar sein. Wahrscheinlich hat sich die Koma dann aber schon so weit ausgedehnt, dass es selbst unter sehr dunklem Himmel nur mehr äußerst schwierig (oder unmöglich?) sein wird, den Kometen zu sehen bzw. aufzunehmen.

Ausdehnung der Koma

Auch 17P/Holmes war wie andere helle Kometen im Fernrohr auch bei höherer Vergrößerung prächtig. Neben einem schwachen nahezu sternartigen Kern, dem so genannten »falschen Kern« – der echte Kern mit einem Durchmesser von wenigen Kilometern ist in einer hellen Staubhülle verborgen – zeigte die Koma des Kometen einen ziemlich deutlichen Rand. In Abb. 1 vom 5.11.2007 zeigt der Komet eine große bläuliche Gaskoma, die auch für einige Wochen im Fernglas erkennbar war. Darin ist gelblich die Staubkoma eingebettet, die im Fernrohr einen sehr deutlichen Rand zeigte, also nicht diffus immer schwächer wurde wie sonst sehr oft bei anderen Kometen.

Den Durchmesser des Randes der Koma bestimmte ich durch möglichst genaues Einzeichnen in einen vorbereiteten Stern-

Abb. 4: Komet 17P/Holmes, Kompositaufnahme vom 5. und 10.3.2008. Der Komet passiert den California-Nebel NGC 1499.

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

kartenausdruck [7] und durch Schätzen des Durchmessers im Verhältnis zur Entfernung von zwei Sternen. Auch für die Messung der Winkelentfernung dieser Sterne am Himmel bietet Cartes du Ciel [7] Hilfe. Das Verfahren lieferte gerade bei 17P gute Werte (siehe Abb. 3)!

Bis Anfang Januar 2008 war die Staubkoma auf diese Art gut zu schätzen und zeigt eine gleichmäßige Zunahme des Durchmessers von 1,1' pro Tag, was in der Kometenentfernung 90000 Kilometer pro Tag (1km/s) entspricht. Auch verschiedene andere Autoren ermittelten eine Abströmgeschwindigkeit von 0,5km/s vom Kern [8, 9] – das gleiche Ergebnis wie bei den einfachen visuellen Durchmesserschätzungen!

Wie groß und durchsichtig die Kometenkoma mittlerweile geworden war, ist in Abb. 4 zu erkennen: Sie zeigt 17P bei der Passage des California-Nebels im Perseus (NGC 1499) am 5. und 10.3.2008.

Zusammenfassung

Komet 17P/Holmes war sowohl visuell mit einfachsten Hilfsmitteln als auch mit CCD-Aufnahmen ein bemerkenswertes Objekt und es bleibt weiter spannend, wie sich der Komet in den folgenden Monaten verändert – im April 2008 war er nur noch auf CCD-Aufnahmen erkennbar, der Kernbereich nur noch 16^m–17^m hell. Über die Ursache des enormen Helligkeitsausbruchs gibt es viele Spekulationen, aber noch keine Gewissheit. Die gut unterstützte Hypothese von Zdenek Sekanina [16] geht von einer explosionsartigen Freisetzung eines größeren Teils von Kometenmaterial aus. Der genaue Mechanismus dieser Explosion ist allerdings noch nicht aufgeklärt.

Die Helligkeit der Zentralregion

An 15 Abenden beobachtete ich mit der CCD Kamera an einem 130mm-Refraktor bei einer Brennweite von 484mm. Mein Ziel war die genaue Ortsbestimmung, die zwischen dem 31.10.2007 und dem 5.4.2008 gut gelang. Die Ergebnisse sind in mehreren Veröffentlichungen [14] nachzulesen.

Die Software Astrometrica ermittelt auch die Helligkeit der Zentralregion des Kometen. Die Helligkeitsmessungen der ungefilterten Aufnahmen sind nicht direkt mit denen anderer Beobachter vergleichbar. Aber da sie alle mit dem gleichen Fernrohr unter den gleichen Bedingungen gewonnen wurden, sind sie zumindest untereinander vergleichbar.

Im Diagramm sind die Helligkeitsmessungen der Zentralregion des Kometen 17P/Holmes in Größenklassen im Lauf der Zeit dargestellt. Die Messungen streuen recht stark um eine halbe Größenklasse oder mehr. Dennoch ist zu erkennen, dass die Zentralregion des Kometen 17P/Holmes seit dem enormen Helligkeitsausbruch Ende Oktober 2007 kontinuierlich schwächer wurde. Im Rahmen der Messgenauigkeit (ca. 0^m5) sind keine weiteren größeren Helligkeitsausbrüche nachweisbar. Der Komet wurde also 2007/2008 nicht wie im Jahre 1892/93 zwei Monate nach dem ersten Helligkeitsausbruch nochmals um mehrere Größenklassen heller.

Michael Jäger

Abb. 5: Komet 17P/Holmes am 8.12.2007 um 19:10 MEZ. Seit November 2007 bildete sich eine parabelförmige Grenze der Staubkoma auf der sonnenzugewandten Seite (oben) aus. Auf der sonnenabgewandten Seite (unten) ist deutlich das »Ausfransen« und Auflösen der Staubkoma zu erkennen. Vom Kern Richtung unten ist auch die helle lanzettförmige Staubstruktur sichtbar, die visuell vor allem im Fernglas das Erscheinungsbild des Kometen im Dezember 2007 prägte. 114/320-Mini-Astrograph, 5×100s, 180s (je RGB).

[1] Leitner, B.: Komet Holmes – Überraschung am Herbsthimmel, interstellarum 56, 39 (2008)
[2] Braune, W.: Das Beobachten Veränderlicher Sterne, www.bav-astro.de/visuelle/index.html
[3] Bortle, J.: How to Estimate a Comet's Brightness, www.skyandtelescope.com/observing/objects/comets/3304211.html
[4] Seichi Yoshida: 17P/Holmes (2007), www.aerith.net/comet/catalog/0017P/2007.html
[5] Wikipedia, Die freie Enzyklopädie: Gegenschein, de.wikipedia.org/wiki/Zodiakallicht
[6] Beobachtungsberichte auf der Kometen-Mailingliste: tech.groups.yahoo.com/group/comets-ml
[7] Cartes du Ciel: astrosurf.com/astropc/cartes/index.html
[8] Kronk, G.: Cometography: 17P/Holmes, www.cometography.com/pcomets/017p.html
[9] The International Comet Quarterly: The 1892/3 and 2007 Outbursts of Comet 17P/Holmes, www.cfa.harvard.edu/icq/17P_outburst.html
[10] Larson, S. M.; Sekanina, Z.: Coma morphology and dust-emission pattern of periodic Comet Halley. I – High-resolution images taken at Mount Wilson in 1910, Astron. J. 89, 57 (1984)
[11] Berry, R.: www.wvi.com/~rberry/astronomy/cometholmes/cometholmes.htm
[12] Berry, R., Burnell, J.: Handbook of Astronomical Image Processing, Willmann-Bell, Richmond (2005)
[13] Jäger, M.: Vortrag vor dem Österreichischen Astronomischen Verein am 19.1.2008
[14] Minor Planet Center Electronic Circulars, www.cfa.harvard.edu/iau/services/MPEC.html
[15] Hattenbach, J.: Tiefer Himmel für wenig Geld, interstellarum 56, 61 (2008)
[16] Sekanina, Z.: Exploding Comet 17P/Holmes. ICQ 30, 3 (2008)

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

Deep-Sky-Nächte für Großstadtbeobachter

In der Herbstmilchstraße zwischen M 39 und M 52

von Karl-Peter Julius

Der Herbst ist die Zeit der Offenen Sternhaufen. Die Messier-Objekte M 39 im Sternbild Schwan und M 52 in der Cassiopeia zählen auch unter Stadtastronomen zu den beliebtesten Herbstobjekten dieser Art. Wer sie beobachtet, sollte nicht versäumen, auch jenen Sternhaufen einen Besuch abzustatten, die sich quasi auf dem Weg von M 39 zu M 52 befinden. Hier verläuft der Galaktische Äquator, ein Himmelsabschnitt, der das Grenzgebiet der Sternbilder Cygnus, Lacerta, Cepheus und Cassiopeia durchläuft und einen Blick in die Tiefen unserer galaktischen Heimat erlaubt. Die heutige Beobachtungstour ist vor allem deswegen reizvoll, weil man hier auf eine Fülle von Sternhaufen trifft, deren Entfernungen zu uns erheblich differieren und die die unterschiedlichsten scheinbaren und realen Helligkeiten und Größen aufweisen. Auch Einsteiger können diese Vielfalt beobachten – und dies sogar bei mäßigen Sichtverhältnissen.

M 39: ein »City-Sternhaufen«

M 39 ist Ausgangspunkt der Beobachtungstour mit einem 4"-Refraktor. Der mit gut viereinhalb Größenklassen recht helle Sternhaufen liegt ca. 12° nordöstlich von Deneb, dem auffallend leuchtkräftigen Überriesen, der das nördliche Ende des Schwans markiert und daher auch von wenig geübten Beobachtern problemlos am herbstlichen Großstadthimmel auszumachen ist. Um M 39 zu finden, kann man versuchen, mit dem Sucher den nordöstlichen Bereich von Deneb nach einem auffallenden Nebelfleck zu durchmustern. Ist dies wegen der Aufhellung des Himmels nicht möglich, empfiehlt es sich – vielleicht zunächst mit einem Fernglas – von Deneb aus über 57, ξ, 68 und ρ bis zu π^2 Cygni zu springen, allesamt Sterne der dritten bis vierten Größe, die einen großräumig nach Nordwesten geöffneten Halbkreis bilden. M 39 liegt westlich von ρ und π^2 Cygni und bildet mit beiden Sternen in etwa ein gleichschenkliges Dreieck.

M 39 ist dank seiner scheinbaren Größe und der Leuchtkraft seiner Mitglieder ein vorzügliches »City-Objekt«. Auch bei mäßigen Sichtverhältnissen erkennt man schon mit geringer Vergrößerung drei kettenförmig angeordnete Sterne, die den Haufen dominieren, sowie einige schwächere Lichtpunkte, die zum Teil recht attraktive Paare bilden [1]. Verwendet man ein Weitfeld-Okular, so entfaltet sich der Sternhaufen besonders prächtig. Insgesamt blickt man auf eine Sternansammlung, deren wirklicher Durchmesser neun Lichtjahre beträgt, eine Strecke, die ungefähr der Entfernung unserer Sonne zu Sirius entspricht. M 39 ist damit ein verhältnismäßig kleiner Sternhaufen, der im Okular nur deswegen so groß erscheint, weil er mit einer Distanz von rund 1000 Lichtjahren unserem Sonnensystem relativ nahe steht.

NGC 7209 und 7243: von Messier geschmäht

Dreimal so weit entfernt, nämlich jeweils 3000 Lichtjahre, sind die beiden Sternhaufen NGC 7209 und NGC 7243. Sie stehen ca. 9°–11° östlich von M 39 und gehören damit schon dem Sternbild Lacerta an. Der südliche von beiden, NGC 7209, erscheint wegen der großen Distanz schwächer ($7^{m}\!,\!7$) und vor allem kleiner (15') als M 39, besitzt jedoch mit 30 Lichtjahren den dreifachen realen Durchmesser. Trotz seiner geringen scheinbaren Größe ist der Haufen relativ leicht aufzufinden: Zunächst fährt man von M 39 3° südlich zurück auf ρ Cygni, schwenkt dann im rechten Winkel 5,5° nach Osten und erkennt eine markante Formation von drei 5^{m} bis 6^{m} hellen Sternen. Gut 1,5° nördlich davon liegt dann inmitten locker verteilter Feldsterne NGC 7209. Bei derart kleinen Sternhaufen bewährt sich übrigens der Einsatz eines Zoom-Okulars. Zwar erreicht es in der Regel nicht ganz die Qualität eines guten Okulars mit Festbrennweite, man kann aber recht schnell und bequem die Vergrößerung ermitteln, die schließlich den schwachen Haufen sichtbar werden lässt. So auch bei NGC 7209: Ab 50-facher Vergrößerung gibt sich, unter Umständen erst mit indirektem Sehen, eine haufenähnliche Ansammlung schwächster Lichtpunkte zu erkennen, wobei vier hellere Sterne herausragen.

Wenn man von NGC 7209 weiter in nordöstliche Richtung schwenkt, erkennt man im Sucher im Abstand von knapp 4° zwei Sterne der vierten bzw. fünften Größenklasse, von denen der hellere, östlich gelegene die Bezeichnung 4 Lacertae trägt. Ziemlich exakt in der Mitte beider Sterne liegt NGC 7243, ein Sternhaufen mit einer Helligkeit von $6^{m}\!,\!4$ und einer Größe von 20'. Selbst bei mäßigen Sichtverhältnissen und mit geringer Vergrößerung lässt sich der Haufencharakter dieser Sternansammlung erkennen. Bei 50× entpuppt er sich als ein ideales »City-Objekt«, das an Glanz und Leuchtkraft einem Messier-Sternhaufen durchaus ebenbürtig erscheint. Gleichwohl liegen zwischen der Entdeckung von M 39 durch Charles Messier im Oktober 1764 und dem Auffinden von NGC 7243 durch Wilhelm Herschel im Jahre 1788

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

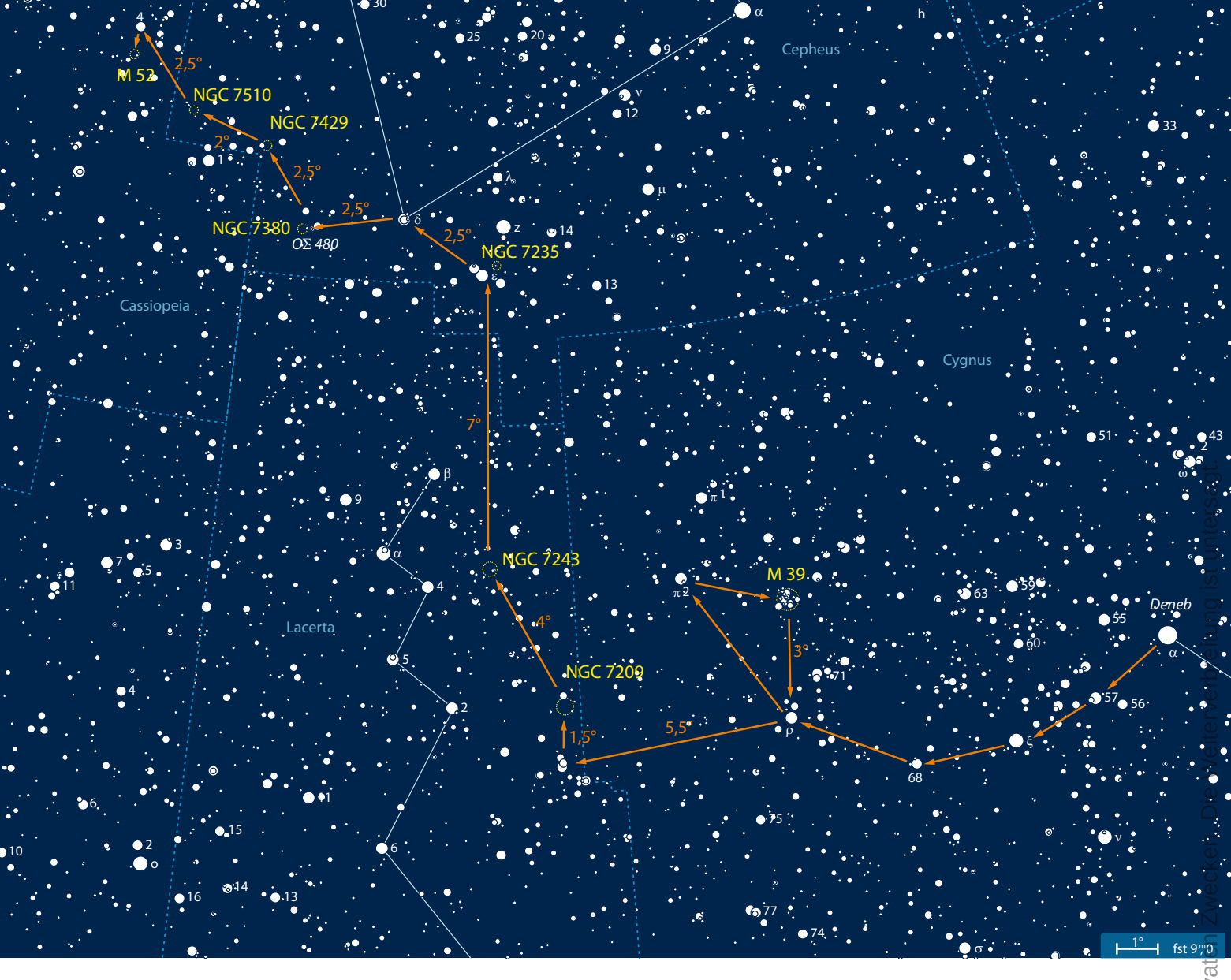


Abb. 1: Die Herbstmilchstraße zwischen Deneb und Kassiopeia.

immerhin 24 Jahre. Vielleicht ist die Tatsache, dass NGC 7243 von Messier »übersehen« wurde, ein Indiz dafür, dass er bei der Suche nach den kometenähnlichen Nebeln ganz gezielt nach bestimmten Objekten fahndete – oder aber schlichtweg ein Beweis für die mäßige Qualität seiner Instrumente: Der Franzose entdeckte M 39 mit einem nicht-achromatischen Handfernrohr, dessen Qualität selbst heutigen Billigfernglässern unterlegen war [2], Wilhelm Herschel dagegen benutzte bei seinen Himmelsdurchmusterungen einen Reflektor mit einer Öffnung von 18,7"!

NGC 7235 und 7380: in den Tiefen des Herbsthimmels

Mit dem Besuch des nächsten Sternhaufens nähert man sich immer mehr dem Galaktischen Äquator und taucht zugleich noch tiefer in unsere Milchstraße ein: NGC 7235 ist mit $7^{m}_{,}7$ ähnlich schwach wie NGC 7209, erscheint aber mit 6' erheblich kleiner – kein Wunder, denn der Sternhaufen liegt über 10000 Lichtjahre entfernt und befindet sich damit bereits im Perseus-Arm unserer Milchstraße. NGC 7235 ist daher auch ein sehr schwieriges Objekt, dem die Amateurliteratur bislang wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat. Allerdings liegt der kleine, dem Sternbild Cepheus zugehörige Sternhaufen in einem markanten Feld hellerer Feldsterne, was seine Aufsuche etwas erleichtert. Man braucht von NGC 7243 nur ca. 7° nördlich schwenken bis man auf eine unübersehbare Kette aus drei Sternen trifft. Bei geringer Vergrößerung erkennt man nordwestlich von ε Cephei, dem mittleren, $4^{m}_{,}2$ hellen Stern dieses Trios, einen Stern neunter Größenklasse, an dem NGC 7235 »klebt«. Bei 50-facher Vergrößerung ist ε Cephei noch am südöstlichen Okularrand sichtbar und das Aufflackern einzelner Lichtpünktchen deutet an, dass sich im Zentrum des Gesichtsfeldes ein Sternhaufen befindet. Man sollte also hoch vergrößern, um möglichst viele Sterne der rund 100 Mitglieder [3] aufzuspüren.

Das Licht des nächsten Sternhaufens, NGC 7380, ist zu uns ebenfalls über 10000 Jahre unterwegs. Um die Mitglieder des 1787 von Karoline Herschel entdeckten Haufens aufzuspüren, muss man von ε Cephei knapp 4° nordöstlich auf den Veränderlichen δ Cephei ($3^{m}_{,}4$–$4^{m}_{,}2$) schwenken und dann 3° östlich zu einer als langgestrecktes Dreieck formierten Sterngruppe. Der südlichste Stern dieses Dreiecks ist der Doppelstern OΣ 480, der sich bereits bei 40× sehr gut in die beiden $7^{m}_{,}6$ und $8^{m}_{,}6$ hellen Komponenten trennen lässt. Mit zunehmender Vergrößerung offenbart sich dann ein prächtiger Sternhaufen, der schließlich mit 142× das gesamte Okular ausfüllt. Dass man NGC 7380 trotz der riesigen Distanz auch von der Stadt heraus beobachten kann, liegt an seiner immensen realen Größe. Die Angaben hierzu schwanken allerdings von 25Lj [4] bis hin zu 66Lj [5].

NGC 7429 und 7510: unbekannte Größen

Auch über den Offenen Sternhaufen NGC 7429, die nächste Station auf den Weg

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

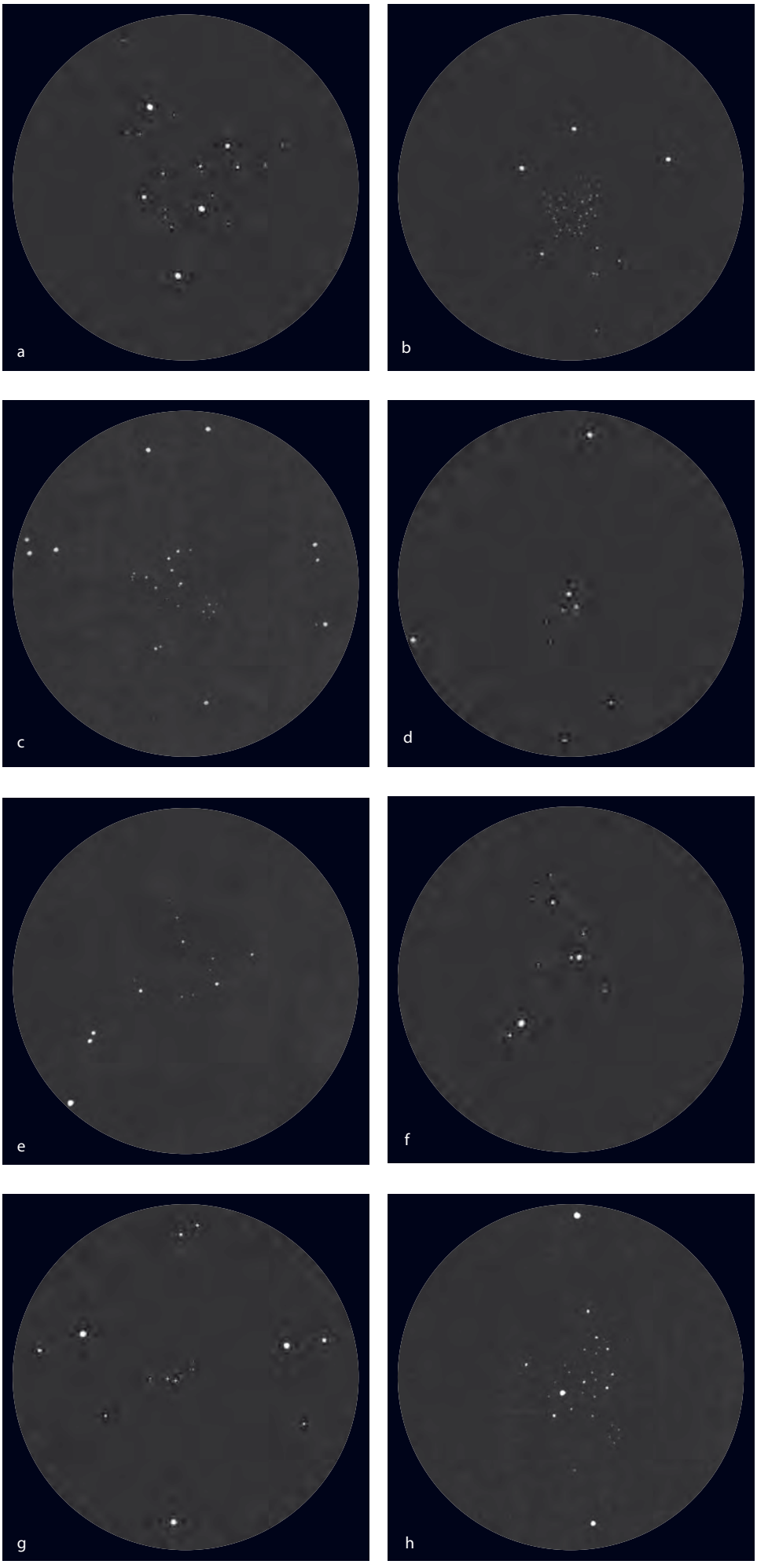


Abb. 2: Sechs Sternhaufen in der Herbstmilchstraße: a) M 39, b) NGC 7209, c) NGC 7243 (4"-Refraktor, 50×), d) NGC 7235, e) NGC 7380, f) NGC 7429, g) NGC 7510, h) M 52 (6"-Newton, 120×). Zeichnungen von *Lambert Spix*.

zu M 52, ist wenig bekannt, außer dass er relativ spät (1829) durch John Herschel entdeckt wurde und von uns rund 6300 Lichtjahre entfernt ist [3]. Den 15' großen Haufen erreicht man, indem man vom nördlichen Stern des soeben erwähnten Dreiecks 2,5° nordöstlich schwenkt. Exakt zwischen den dann auftauchenden Sternen sechster Größenklasse liegt eine Sternansammlung, die sich allerdings erst bei hoher Vergrößerung als solche zu erkennen gibt. Mit 111-facher Vergrößerung blitzen bei indirektem Sehen einige nadelfeine Punkte auf, die einen Sternhaufen allenfalls erahnen lassen. Interessant ist dieses Objekt trotzdem, denn an seinem Rand liegt ein Doppelstern, der sich bereits bei 40× in eine starke A- und in eine schwache B-Komponente trennen lässt.

NGC 7510 ist dagegen sehr viel bekannter, was wohl auch an seiner markanten Gestalt liegt, die häufig als knoten- oder pfeilförmiges Dreieck beschrieben wird [6]. Der Offene Haufen steht präzise auf dem Galaktischen Äquator und ist mit $7^{m}_{.}9$ und 3' Durchmesser noch ein wenig lichtschwächer und kleiner als die bisher besuchten Objekte. NGC 7510 erreicht man von NGC 7429 aus, indem man 2° nordöstlich schwenkt bis zwei Sternenpaare im Okular auftauchen, die als Doppelsterne mit großem Abstand erscheinen. Mit zunehmender Vergrößerung wird zwischen diesen beiden Pärchen tatsächlich eine knotenförmige Ansammlung von Lichtpunkten erkennbar, die sich schließlich bei 142× in acht bis zehn Einzelsterne auflöst.

M 52: empfindliche Schönheit

Das Ziel der heutigen Tour entlang des Galaktischen Äquators, der Offene Sternhaufen M 52, liegt bereits im Sternbild Cassiopeia, ist aber von NGC 7510 gut zu erreichen. Hilfreiche Dienste leistet dabei der 5^{m}-Stern 4 Cassiopeiae, der sich bei einem nordöstlichen Schwenk um 2,5° auffallend in den Sucher oder ins

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

Deep-Sky-Objekte in der Herbstmilchstraße

Name	Typ	Sternbild	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Größe/Abstand	DSRA/Uran.
M 39	OC	Cyg	$21^h\,32{,}2^{min}$	+48° 27'	$4^m{,}6$	30'	7/86
NGC 7209	OC	Lac	$22^h\,05{,}1^{min}$	+46° 29'	$7^m{,}7$	25'	7/87
NGC 7243	OC	Lac	$22^h\,15{,}1^{min}$	+49° 54'	$6^m{,}4$	21'	7/87
NGC 7235	OC	Cep	$22^h\,12{,}4^{min}$	+57° 16'	$7^m{,}7$	4'	–/57
NGC 7380	OC	Cep	$22^h\,47{,}6^{min}$	+58° 04'	$7^m{,}2$	20'	7/58
OΣ 480	DS	Cep	$22^h\,46{,}1^{min}$	+58° 04'	$7^m{,}6/8^m{,}6$	30,7"	–/–
NGC 7429	OC	Cep	$22^h\,56{,}0^{min}$	+59° 58'	–	14'	/58
NGC 7510	OC	Cep	$23^h\,11{,}1^{min}$	+60° 34'	$7^m{,}9$	4'	7/58
M 52	OC	Cas	$23^h\,24{,}8^{min}$	+61° 36'	$6^m{,}9$	16'	7/58(15)

niedrig vergrößernde Okular schiebt. M 52 liegt knapp 1° südlich von 4 Cas. Vergleicht man M 52 mit dem Ausgangsobjekt M 39, so erscheint der 1774 von Messier entdeckte Haufen halb so groß (16') und um knapp zweieinhalb Größenklassen schwächer (6m,9) als M 39, was nicht zuletzt daran liegt, dass M 52 mit 4600 Lichtjahren gut fünf Mal so weit entfernt liegt [2]. Obwohl der Haufen mit rund 170 Mitgliedern ein recht sternreiches Objekt darstellt, lässt er sich am Großstadthimmel nicht leicht identifizieren und reagiert schon auf marginale Aufhellungen sehr sensibel. In einer sternklaren Nacht mit einer visuellen Grenzgröße von über 4m erscheint M 52 mit 25-facher Vergrößerung als ein kleines Nebelfleckchen, das sich bei 110-facher Vergrößerung in 15 bis 20 unterschiedlich helle Lichtpunkte auflösen lässt. Bei starker Lichtverschmutzung oder unter Mondlicht ist dagegen häufig nur ein schwaches Y-förmiges Gebilde von vier Sternen erkennbar, wobei ein gelblich-orangefarbener Stern im Südwesten dominiert.

[1] Lamprecht, J.: Objekt der Saison M 39, interstellarum 42, 26 (2005)
[2] Stoyan, R.: Atlas der Messier-Objekte, Oculum-Verlag, Erlangen (2006)
[3] Archinal, B. A., Hynes, S. J.: Star clusters, Willman-Bell, Richmond, VA (2003)
[4] Finlay, W. H.: Concise Catalogue of Deep-sky Objects, Springer-Verlag, London (2003)
[5] Crossen, C., Rhemann, G.: Sky Vistas, Springer Verlag, Wien (2003)
[6] Stoyan, R.: Deep Sky Reiseführer, Oculum-Verlag, Erlangen (2004)

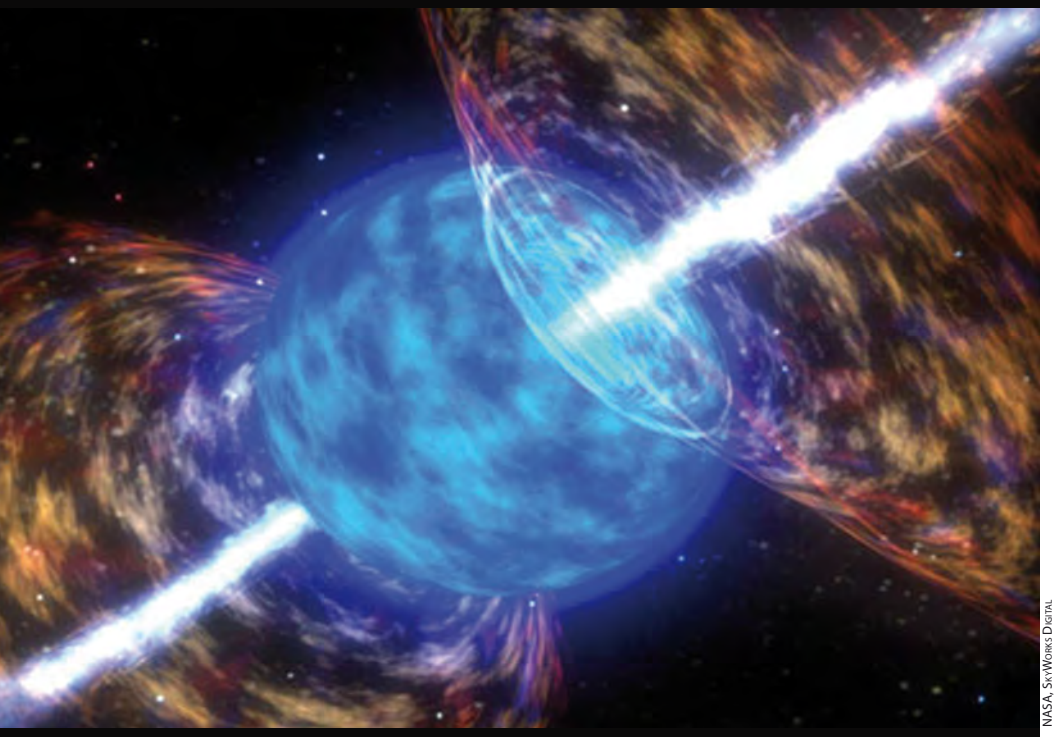
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Exotische Sterne

Gamma-Ray-Burst 080319B

von Nico Schmidt

Die Galaxie M 33 ist mit einer Entfernung von 3 Millionen Lichtjahren das entfernteste mit dem bloßen Auge noch sichtbare Himmelsobjekt, das in den Herbstmonaten unter sehr dunklem Himmel (indirekt) beobachtbar ist. Doch die Sternexplosion der absoluten Superlative, die am Morgen des 19. März 2008 aufblitzte, setzte einen neuen Entfernungsmaßstab. Für einen kleinen Moment leuchtete ein neuer Stern am Himmel auf, dessen Licht durch das halbe Universum gereist war und dennoch als ca. $5^{m},5$ heller Lichtpunkt im Bootes sichtbar wurde! Mit einer Entfernung von 7,5 Milliarden Lichtjahren war das kosmische Leuchtfeuer tausendfach weiter entfernt als M 33 – Deep-Sky-Beobachtung erreichte eine neue Dimension.



NASA, SkyWorks Digital

Abb. 1: An den Polen eines blau leuchtenden Wolf-Rayet-Sterns durchbrechen ultra-relativistische Jets die Oberfläche des Sterns: der Beginn einer gewaltigen Sternexplosion.

Von der Supernova zur Hypernova

Um genau 7:12:49 MEZ registrierte das Weltraumteleskop Swift bereits seinen zweiten Gammastrahlenausbruch (Gamma Ray Burst, GRB) des Tages. Bei GRBs handelt es sich um kurze Strahlungsausbrüche im Bereich der hochenergetischen Gammastrahlung. In einem typischen Gammablitz wird 1019 (10 Trillionen) Mal mehr Energie freigesetzt als in der Sonne – allein in einer Sekunde; dabei dauern die meisten Bursts nur eine Sekunde bis zu ein paar Minuten. Damit sind sie die energiereichsten Explosionen im Universum. Was sich hinter diesen kurzzeitigen Strahlungsausbrüchen verbirgt, versucht man seit ihrer Entdeckung vor rund 40 Jahren zu verstehen. Heute weiß man, dass Supernovae des Typs Ib/c mit jenen intensiven Ereignissen im Gammabereich verknüpft sein können. Hinter einer Ib/c-Supernova, die in bestimmten Fällen als Hypernova [1] in Erscheinung treten kann, verbirgt sich der gewaltige Sterntod eines sehr massereichen Sterns mit 30 Sonnenmassen und mehr. Das Spektrum dieser Sternexplosionen ist gekennzeichnet durch das Fehlen von Wasserstofflinien, was darauf schließen lässt, dass die Vorgängersterne Wolf-Rayet-Sterne waren, die zuvor in heftigen Sternwinden ihre Wasserstoffhülle abgestoßen haben. Übrig bleibt ein heliumreicher Stern der Spektralklasse O mit hunderttausendfacher Sonnenleuchtkraft.

Ausgelöst wird die Supernova, wenn der Sternkern direkt zu einem Schwarzen Loch kollabiert. Dieses bildet zwei Plasmastrahlen aus, die aus der Materie des noch kollabierenden Wolf-Rayet-Sterns gespeist werden [2]; er wird quasi von innen ausgehöhlt. An den Polen durchstoßen die eng gebündelten Jets binnen weniger Sekunden die Oberfläche des Sterns [3], der gerade in einer leuchtenden Hypernova zerrissen wird und die Himmelsbühne verlässt. In diesen beinahe lichtschnellen Materiestrahlen entsteht die typische Gammastrahlung, die, wenn die Jetachse zur Erde orientiert ist, als das kurze Aufleuchten eines Gammablitzes sichtbar wird. Anschließend an das kurze Maximum der Gammastrahlung, entsteht das so genannte Nachglühen (Afterglow) und kann vom Röntgen- bis zum langwelligen Radiobereich des elektromagnetischen Spektrums nach-

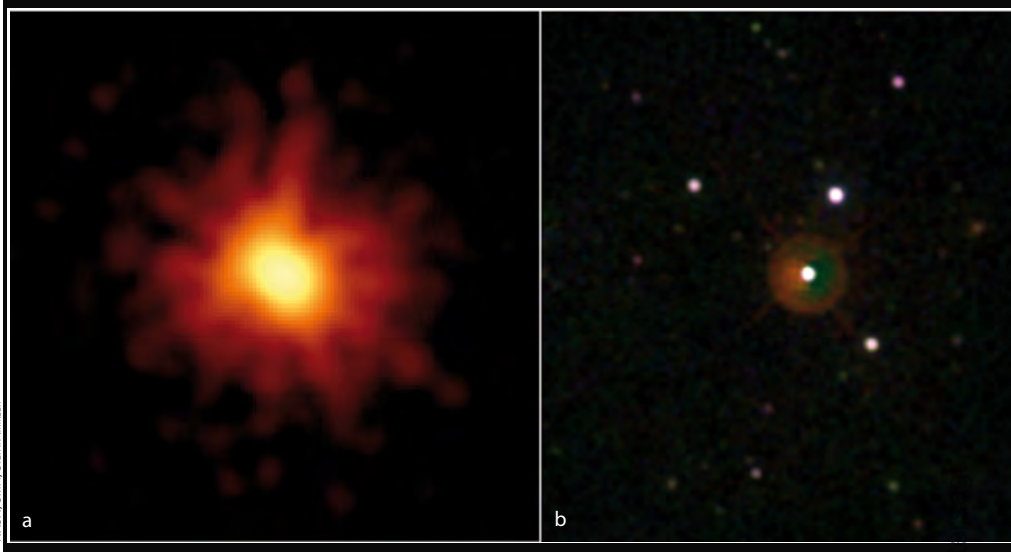
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

gewiesen werden. Die Afterglow-Emission entsteht durch Wechselwirkung des hochrelativistischen Plasmas mit umliegender Sternmaterie oder dem interstellaren Medium und kann bis zu Monaten in unterschiedlichen Spektralbereichen sichtbar bleiben. Für die Astrophysiker hat das Nachleuchten große Bedeutung, denn mit ihm lässt sich die Entfernung des GRBs direkt bestimmen.

Heller als 10 Millionen Galaxien

Nach der vom GCN (Gamma Ray Burst Coordinates Network) an jenem Mittwochmorgen ausgehenden Alarm-Meldung wurde mit zahlreichen Teleskopen das Nachleuchten im Bereich der Röntgen- bis zur Infrarotstrahlung untersucht. Und wie bereits wenige Stunden später berichtet wurde, gelang mit automatischen Kamerasystemen, darunter das so genannte »Pi of the Sky« am Las Campanas-Observatorium in Chile, das Unglaubliche: Die Teleskope hatten zufällig die richtige Himmelsregion im Blickfeld, um den Gamma Ray Burst vor (!), während und nach dem Aufblitzen aufzuzeichnen. Mit den Aufnahmen ließ sich die Entwicklung eines sehr hellen optischen Lichtblitzes verfolgen. GRB 080319B war der erste »naked-eye Gamma Ray Burst« – im Frühlingssternbild Bootes war er kurzzeitig als ein $5^{m}{,}8$-Stern sichtbar! Die bessere zeitliche Auflösung der TORTORA-Kamera registrierte sogar $5^{m}{,}3$ [4]. Für etwa eine halbe Minute war der spektakulär helle Gammastrahlenausbruch mit dem bloßen Auge sichtbar, für mehr als zwei Minuten hätte man ihn sogar im Fernglas beobachten können. Und in der folgenden Nacht war mit CCD-Kameras an 8"- und 10"-Teleskopen das Nachglühen noch optisch nachweisbar.

Etwa eine Stunde nach der Entdeckung konnte bereits am VLT durch Beobachtungen des Afterglows die Entfernung des GRBs bestimmt werden. Mit einer Rotverschiebung von 0,937 ereignete sich der visuell sichtbare Gammastrahlenausbruch in unglaublichen 7,5 Milliarden Lichtjahren Entfernung. Aus dem resultierenden Entfernungsmodul von $43^{m}{,}89$ [5], ergibt sich seine absolute Helligkeit von $-38^{M}{,}6$. Und damit übertrifft er die leuchtkräftigste Supernova (2005ap mit $-22^{M}{,}7$) und lässt sogar den hellsten Quasar (3C 454.3 mit $-31^{M}{,}4$) hinter sich. In Vielfachen der Sonnenleuchtkraft ausgedrückt: Der GRB 080319B strahlte insgesamt 250 Billiarden Mal heller als die Sonne! Ein einzelner Stern leuchtete für einen winzigen Augenblick heller als 10 Millionen Milchstraßen.



NASA, Swift, Stefan Immler

Abb. 2: Mit dem Röntgenteleskop (a) und Ultraviolet/Optical Telescope (b) des Satelliten Swift entstanden diese beiden Aufnahmen des Rekord-GRBs 080319B.

Der Gamma Ray Burst 080319B

Name	Typ	Sternbild	R. A.	Dekl.	Helligkeit	Entfernung
GRB 080319B	GRB	Bootes	$14^{h}\,31^{min}\,41{,}07^{s}$	+36° 18' 9,7"	$5^{m}{,}3$	7,5 Mrd. Lj

Die Suche nach der Supernova

Astrophysiker hoffen jetzt Hinweise auf die Supernova zu finden, die hinter dem extremen Gammastrahlenausbruch vom 19. März 2008 steckt. Zwischen dem Ausbruch einer Supernova und dem Erreichen des Helligkeitsmaximums, d.h. bis das Licht die abgestoßenen Hüllen durchdringt, vergehen je nach Leuchtkraft etwa zwei Wochen bis drei Monate, in denen die Helligkeit allmählich zunimmt. Im Fall des Rekord-GRBs könnte das Maximum auch erst Ende Juli auftauchen [6]. Versteckt in der Lichtkurve des Nachleuchtens sollte spätestens dann ein erstes Anzeichen der mit dem Gamma Ray Burst assoziierten gewaltigen Supernova erkennbar sein. Wir dürfen ebenfalls gespannt sein, welche interessanten Einblicke uns das erst kürzlich gestartete Gammastrahlen-Weltraumteleskop GLAST in die gigantischsten Explosionen im Universum ermöglichen wird.

[1] Paczyński, B.: GRBs as Hypernovae, arXiv:astro-ph/9712123v1 (1997)
[2] Woosley, S. E.: Gamma-ray bursts from stellar mass accretion disks around black holes, Astrophys. J. 405, 273 (1993)
[3] MacFadyen, A., Woosley, S. E.: Collapsars – Gamma-Ray Bursts and Explosions in »Failed Supernovae«, Astrophys. J. 524, 262 (1998)
[4] Racusin, J. L. et al.: GRB 080319B: A Naked-Eye Stellar Blast from the Distant Universe, eingereicht bei Nature, arXiv:0805.1557v1 (2008)
[5] Bloom, J. et al.: Observations of the Naked-Eye GRB 080319B: Implications of Nature's Brightest Explosion, eingereicht bei Astrophys. J., arXiv:0803.3215v2 (2008)
[6] Dado, S., Dar, A., De Rújula, A.: Is there anything special about GRB 080319B?, arXiv:0804.0621v1 (2008)

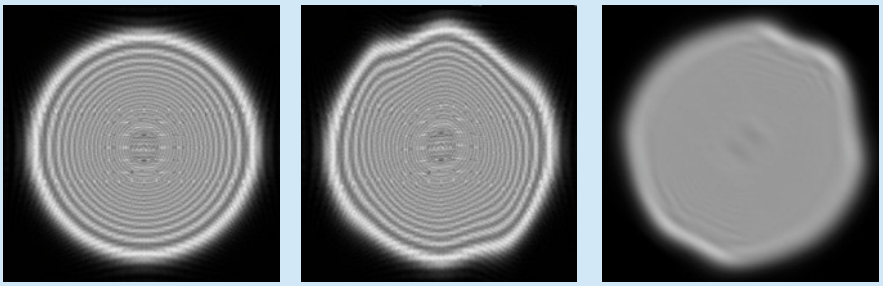
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitu

von Uwe Pilz

PRAXISWISSEN

Wie bestimmt man die Luftruhe?

Die Beobachtung von Mond, Planeten, Doppelsternen und vielen Planetarischen Nebeln erfordert ein hoch vergrößertes, aber ruhiges und scharfes Bild im Okular. In den meisten Nächten wird die Grenze der Vergrößerungsfähigkeit nicht durch die Leistungsfähigkeit des Fernrohrs, sondern durch die Luftruhe der Atmosphäre bestimmt. Schon ein Instrument mit 150mm Öffnung lässt sich an vielen Abenden nicht ausnutzen. Die Ursache für die unruhigen Bilder sind Turbulenzen, also die Vermischung von wärmerer mit kälterer Luft. In den dadurch entstehenden Luftschlieren wird das Licht unterschiedlich gebrochen. Es ergibt sich ein Hüpfen von Sternen und ein Wabern der Planetenscheiben, die sog. Richtungsszintillation (Seeing). Ein anderer Effekt ist schon mit dem freien Auge zu sehen und äußert sich im Funkeln der horizontnahen Sterne, der (Helligkeits-)Szintillation.



Beugungsfigur eines unscharf eingestellten Sterns bei Luftruhe (links). Bei mäßig unruhiger Luft beginnt die Figur zu wabern (Mitte). Sehr unruhige Luft verhindert, dass die feinen Beugungslinien erkennbar bleiben (rechts).

Zur vollständigen Beobachtungsdokumentation gehört eine Einschätzung des Seeings. Sie gestattet es, die eigenen Beobachtungen zu werten und den sinnvollen Vergrößerungsbereich für den Beobachtungsabend zu bestimmen. Es existieren verschiedene Skalen zur Einschätzung der Luftruhe. Bei der von Eugène Antoniadi eingeführten Skala wird der Zustand der Atmosphäre am Bild im Okular eingeschätzt. Sie ist vom verwendeten Instrument und der benutzten Vergrößerung abhängig, welche mit angegeben werden müssen. Am eigenen Instrument sollte deshalb stets eine feste Vergrößerung, z.B. 150× benutzt werden. Die von Instrument und Vergrößerung abhängige Skala von Stathis Kafalis bezieht sich auf den sehr stark unscharf eingestellten Polarstern [1]. Die Defokussierung, sollte bei jeweils identisch sein gleich sein. Im Gegensatz dazu benutzte William Pickerung die Beugungsringe an einem 5"-Refraktor zur Beurteilung der Luftruhe, womit eine Abschätzung in Bogensekunden möglich ist. Da die Größe der Beugungsringe von der Öffnung des Instrumentes abhängig ist, muss diese ebenfalls vermerkt werden.

Tab. 1: Luftruhe nach Antoniadi

I	perfektes Bild, ohne die geringste Bildunruhe
II	leichte Wallungen, aber Phasen der Ruhe, die wenigstens einige Sekunden lang sind
III	mittelmäßiges Luftruhe, auffälliges Bildzittern
IV	schlechtes Seeing, ständig störendes Wabern
V	sehr schlechtes Seeing, welches kaum das Anfertigen einer grobe Skizze zulässt

Tab. 2: Luftruhe nach Kafalis

0	perfekt	auch über sehr lange Zeiträume völlig unveränderliche Beugungsfigur (Austrittspupille AP 0,5mm)
1		stillstehende Beugungsfigur, nur ganz selten schwaches Zappeln (AP 0,7mm)
2		häufiges Zappeln der Beugungsfigur, deren Gesamtform bleibt jedoch erhalten (AP 1mm)
3		Beugungsfiguren wabern, sind aber noch deutlich erkennbar (AP 1mm)
4		Beugungsmuster kaum noch zu sehen (AP 1mm)
5		gleichmäßig beleuchtete wabernde Scheibe, ohne jede Beugungsmuster
6	sehr schlecht	auch bei Anwendung gering vergrößernder Okulare sind keine Beugungsmuster zu erkennen

Tab. 3: Luftruhe nach Pickering

1	sehr schlecht	Stern ist zwei Mal so groß wie der Durchmesser des dritten Beugungsringes mit 13", falls der Ring überhaupt gesehen werden kann.
2	sehr schlecht	Sterne sind gelegentlich größer als der Durchmesser des dritten Beugungsringes (6,7").
3	schlecht bis sehr schlecht	Das Bild ist etwa so groß wie der Durchmesser des dritten Beugungsringes (6,7") und in der Mitte heller.
4	schlecht	Das zentrale Sternscheibchen (Airy disk) ist oft zu sehen. Teile der Beugungsringe (Bögen) sind an hellen Sternen zu erkennen.
5	günstig	Das zentrale Sternscheibchen ist immer zu sehen. Bögen der Beugungsringe sind oft sichtbar an hellen Sternen.
6	günstig bis gut	Das zentrale Sternscheibchen ist immer zu sehen. Kurze Bögen der Beugungsringe sind immer sichtbar.
7	gut	Das zentrale Sternscheibchen ist manchmal scharf begrenzt. Beugungsringe sind als lange Bögen oder vollständige Kreise zu sehen.
8	gut bis hervorragend	Das zentrale Sternscheibchen ist immer scharf begrenzt. Die Beugungsringe sind als vollständige Kreise oder lange Bögen zusehen, aber in Bewegung.
9	hervorragend	Der innerste Beugungsring ist ruhig. Die äußeren Ringe sind gelegentlich in Ruhe.
10	hervorragend/ perfekt	Das ganze Beugungsbild ist vollständig ruhig.

[1] Kafalis, S., Pilz, U.: Wie funktioniert eigentlich… die Bestimmung der Luftruhe? Magellan 1 (2002)

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

Die astronomische A-Klasse

Reisemontierung AstroTrac TT320 im Test

von Sighard Schräbler

Eindrucksvolle Deep-Sky-Aufnahmen lassen sich nur unter wirklich dunklem Himmel anfertigen, die Ausrüstung muss daher reisetauglich sein. Ist die Masse des Astrogepäcks auf einer Fernreise auf etwa 10kg begrenzt, dann wird es schwierig, eine geeignete Montierung zu finden. Richard Taylor von Astrotrac Limited beschreitet mit seiner einachsigen Scherenmontierung innovative Wege. AstroTrac ist eine Art Plattform, die den Himmel anhält, indem sie für eine Kamera oder ein kleines Teleskop die Erddrehung ausgleicht. Software und moderne Elektronik erlauben dabei eine Vereinfachung der traditionellen Mechanik.

Abb. 1: Kreuz des Südens mit Kohlensack, aufgenommen in Padang Bai, Bali, Indonesien auf 8° südlicher Breite am 2.4.2008. Mond nach letztem Viertel, knapp über dem Horizont, 85mm-Objektiv f/1,8 abgeblendet auf f/2,3, Kamera EOS 20Da mit Timer TC-80 N3, Empfindlichkeit ISO 3200, 4×2min belichtet, Dunkelbilder wurden automatisch nach jeder Aufnahme abgezogen, Überlagerung der Rohbilder im CR2-Format.

Astronomische Kleinantriebe arbeiten meist mit Schnecke und Schneckenrad. Deep-Sky-Aufnahmen erfordern dabei eine Drehgeschwindigkeit von einer Umdrehung pro siderischem Tag (23h 56min 4s oder 86164s), entsprechend einer Winkelgeschwindigkeit von 15" pro Sekunde. Hohe Genauigkeit und Gleichmäßigkeit der Nachführung sind wichtig, denn jede Bogensekunde Abweichung kann bei längeren Brennweiten schon zu unerwünschten Strichspuren führen. Je größer das Schneckenrad, desto genauer, aber auch desto schwerer und teurer wird die Nachführung.

Das AstroTrac-Prinzip

An dieser Stelle setzt das Konzept des AstroTrac an: Statt eines riesigen Schneckenrades von 60cm Durchmesser ist nur ein Segment davon realisiert, das sich mit einer scherenartigen Bewegung öffnet. Um eine teure Verzahnung zu vermeiden, kommt ersatzweise ein linearer Spindel-Gewindetrieb zum Einsatz. Die maximale Scherenöffnung ist mit 35° groß genug für einen durchgehenden Betrieb über zwei Stunden; die Montierung beginnt ihren Betrieb aus Stabilitätsgründen erst bei 5°.

Die Konstruktion führt nur angenähert zu einer Kreisbewegung mit konstanter Winkelgeschwindigkeit. Durch Mitzählen der Spindeldrehungen ist die aktuelle Position bekannt, somit kann die nichtlineare Übersetzung auf elektronischem Wege kompensiert werden – Mikrocontroller-Technik macht es möglich. Der Motor beschleunigt dabei seine Geschwindigkeit auf dem gesamten Weg um (1 – cos(35°/2) / cos(5°/2)) = 4,6%.

Die Größe des virtuellen Rades und die geringe Steigung der Gewindespindel von nur 0,3mm pro Umdrehung bringen einen weiteren Vorteil mit sich: Der antreibende Schrittmotor kann direkt mit der Spindel verbunden werden, die Übersetzung von anfangs 6177:1 ist groß genug, um auf störende Zwischengetriebe gänzlich verzichten zu können. Eine Spindeldrehung dauert etwa 14s, ein Mikroschritt des Motors von 0,5° (180 Vollschritte bzw. 720 Mikroschritte pro Umdrehung) bewegt die Montierung effektiv um ca. 0,3". Die Mikroschrittfrequenz ist mit ca. 50Hz groß genug, um keine störenden Schwingungen anzuregen und andererseits klein genug für eine angenehme Rückspulzeit von 110s mit 64-facher Nachführgeschwindigkeit.

Das Prinzip der Scherenmontierung erinnert stark an die Scharnier- oder Holzklappen-Montierung (auch »Astrofrust« oder engl. »barn door«). Solche Montierungen sind bauartbedingt wenig belastbar, denn die Entfernung von Stativ bis Kugelkopf ist groß im Verhältnis zum Lagerdurchmesser. Meist kommen dünne,

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weitergabe und Veröffentlichung ist untersagt.

Kurzbeschreibung

- Einachsige Scherenmontierung mit Schrittmotor-Spindeltrieb zur Nachführung von Kameras mit Weitwinkel-Objektiven bis hin zu kleinen Teleskopen
- Bedienung: Montage auf einem Kamerastativ mit Neigekopf oder fester Polwiege, Ausrichten mit Hilfe des Polsuchers, Ausklappen und Start-Taste drücken. Weitere Bedientasten zum Rückspulen der Spindel und zum Abschalten der Spindelbeleuchtung und des Warngeräuschs beim Erreichen der Endposition.
- Befestigung über 3/8"-UNC Fotogewinde auf beiden Seiten, zusätzlich drei Gewindebohrungen M3, 3×120° auf Teilkreis mit 32mm Radius
- Masse 1340g, Tragfähigkeit bis zu 10kg
- Abmessungen 85mm × 44mm × 437mm (zusammengeklappt)
- Versorgung 7–14V DC, 0,25A bei 12V
- Periodischer Fehler kleiner als 6" (4σ), aufstellungsbedingter Driftfehler typisch 0,15" pro Sekunde (~1% der Erddrehung)
- Bis zu 90s fehlerfreie Belichtungszeit in der Nähe des Himmelsäquators für eine digitale Spiegelreflexkamera mit 7,4µm-Pixeln und 360mm Objektivbrennweite
- Betriebsdauer ohne Rückspulen bis zu 2 Stunden. Rückspulen mit 64-facher Geschwindigkeit in 110s
- Preis: 625€, Polsucher mit Strichplatte für Nord- und Südhimmel 175€
- zusätzlich benötigt werden Stativ, Polwiege, Versorgung, Kugelkopf und astrofotografische Kameraausrüstung

interstellarum-Produktvergleich

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

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

Mehr über unsere Test-Grundsätze und bereits erschienene Berichte können Sie auf www.interstellarum.de nachlesen.

nicht spielfreie Klavierband-Lager zum Einsatz. Scharniermontierungen können daher trotz des ähnlichen Antriebsprinzips und einer ähnlichen Geometrie selten mehr als 2kg Nutzlast tragen. Die AstroTrac-Scherenmontierung ist in dieser Hinsicht viel günstiger aufgebaut: Ein axial spielfrei vorgespanntes Kegelrollen-Lager mit 75mm Durchmesser in Verbindung mit einem Abstand Stativ–Kugelkopf von nur 24mm versprechen hohe Tragfähigkeit. Laut Datenblatt kann die Montierung bis zu 10kg Nutzlast aufnehmen – und das bei einem Eigengewicht von nur 1340g. Ist das wirklich möglich? In diesem Fall würde der AstroTrac sogar zehnfach schwereren Montierungen Konkurrenz machen. Man könnte gemäß dieser Aussage damit ein 8"-Cassegrain oder einen lichtstarken Refraktor mit 130mm Öffnung nachführen.

Testarrangement

Der AstroTrac TT320 musste seine Fähigkeiten in drei Disziplinen zeigen:

- Betrieb unter großer Belastung: Wie lange kann man einen kleinen Refraktor mit Kamera fehlerfrei in einem Areal des Himmelsäquators nachführen? Erwartungsgemäß ist ein dreizölliger Refraktor schon zu schwer für die Reisemontierung. Gelingt es dennoch unter leichter Windlast unverwackelte Aufnahmen anzufertigen?
- Messung des Nachführfehlers mit der Webcam bei 1m Brennweite: Ist der Antrieb mit Feingewindespindel frei vom Periodischen Fehler? Wie groß ist die Drift aufgrund verbleibender Aufstellungsfehler? Kann die elektronische Geschwindigkeitssteuerung eine konstante Nachführgeschwindigkeit über volle zwei Stunden aufrecht erhalten?
- Reisetauglichkeit: Mitnahme im Fluggepäck nach Bali und Übersetzen nach Lembongan (8° südliche Breite), Deep-Sky-Aufnahmen unter südlichen Sternen. Die Aufnahmebrennweite beträgt zwar nur 85mm, durch die Äquatornähe gerät die Aufstellung jedoch zu einem Balanceakt mit maximaler Kragarmbelastung. Um das Balanceproblem zu lösen wurde eigens eine feste Polwiege mit Gegengewichten konstruiert.

Betrieb unter großer Belastung

Die Leistungsfähigkeit einer Montierung lässt sich am besten am Himmelsäquator testen, hier ist die scheinbare Himmelsbewegung mit 15" pro Sekunde am größten. Es bietet sich an, im Winter ein Gebiet in der Nähe der Gürtelsterne des Orions oder im Frühjahr den Stern Regulus im Löwen (+12° Deklination) zu fotografieren.

Der Testaufbau besteht aus einem massiven Manfrotto-Stativ mit Video-Schwenk/Neigekopf 501 als Polwiege, der AstroTrac-Montierung, einem großen Lin-

Abb. 2: AstroTrac TT320 auf fester Polwiege für 50° Breite (Nord und Süd) und schwerem Stativ. Für das Nachführen von Kameras mit Normalobjektiven genügt auch ein deutlich leichteres Stativ.

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

Abb. 3: Nordamerika-Nebel NGC 7000, aufgenommen in der Nähe von Frankfurt am Main mit einem 3"-Refraktor bei 360mm Brennweite. Auf die 3"-Frontlinse wurde behelfsmäßig ein 2"-Hα-Filter gelegt. Kamera EOS 20Da, Empfindlichkeit ISO 3200, 25×75s belichtet und überlagert.

hof Kugelkopf 3675, dem Pentax 75 SDHF-Refraktor mit 0,72×-Reducer (360mm f/4,8), sowie einer digitalen Spiegelreflexkamera Canon EOS 20Da mit Pixeln von 7,4µm Kantenlänge.

Zunächst zeigt sich der Aufbau den Anforderungen nicht gewachsen, immer wieder kommt es zu Strichspuren, jedoch ist nicht der AstroTrac, sondern der Videokopf die Schwachstelle. Videoköpfe sind darauf ausgelegt, auch halb zugespannt noch eine gedämpfte Bewegung zuzulassen, damit es beim Filmen zu einem sanften Schwenk kommt. Genau diese Funktion führt bei Verwendung des Videokopfes als Polwiege zu den Strichspuren: Langsam senkt sich der massive Videokopf unter der vereinten Last von Teleskop und Kamera. Die einseitige Belastung ausgleichende Gegengewichte sind nicht vorgesehen. Man muss die Schrauben also sehr fest anziehen.

Je größer die Masse und je länger die Brennweite der Optik, desto leichter kommt es zu Strichspuren. Drift, Periodischer Fehler und Verwackeln durch Windlast sind die wesentlichen Fehlerursachen. Bei sehr genauer Polausrichtung und Windstille gelingen mit dem beschriebenen Aufbau punktförmige Aufnahmen des Orionnebels mit bis zu 90s Belichtungszeit. Da im Experiment alle Aufnahmen der Serie gleich gut gelingen, spielt der periodische Fehler offensichtlich keine Rolle.

Messung des Nachführfehlers

Um den Nachführfehler sichtbar zu machen, wurde die Brennweite des kleinen Refraktors mit einer Barlow-Linse auf 1000mm verlängert. Die Kleinbildkamera weicht einer Webcam der Bauart ToUCam 740k mit Pixeln von 5,6µm Kantenlänge. In dieser Konfiguration wird ein Abbildungsmaßstab von 1,16"/Pixel erreicht, das theoretische Auflösungsvermögen der dreizölligen Optik liegt bei 1,52".

Zur Messung des Nachführfehlers eignet sich insbesondere der »Drift Explorer« in der Software K3CCD. Die Aufbereitung der Messdaten übernimmt ein Skript in der Programmiersprache Matlab. Von der gemessenen Positionsabweichung über der Zeit in x- und y-Richtung des Bildsensors, die dank Korrelationsprinzip in K3CCD Sub-Pixel-Auflösung erreicht, interessiert nur der Betrag. Aus dessen zeitlichem Verlauf folgt durch statistische Auswertung die Drift (Steigung der Ausgleichsgeraden) und der Periodische Fehler (Vierfaches der Standardabweichung σ enthält 95% der Abweichungen von der Ausgleichsgeraden). Aus der Fast Fourier Analyse erhält man zusätzlich die zeitliche Fehlerperiode. Das Ergebnis einer der Messreihen zeigt exemplarisch die Abbildung im Kasten zur Genauigkeit.

Die Messungen bestätigen die praktischen Versuche. Der periodische Fehler fällt mit knapp 6" für eine statistische 4σ-Bewertung sehr klein aus. 20" bis 50" sind für zehnfach schwerere Deutsche Montierungen der Normalfall. Die Periode des Fehlers von 14s entspricht der visuell beobachteten Drehgeschwindigkeit der Spindel. Entscheidend für die maximale Belichtungszeit ist jedoch der Driftfehler. Da alle Messreihen mit geringer, mittlerer und fast voll geöffneter Scherenstellung zu ähnlich guten Ergebnissen bezüglich der Drift kommen, kann man sagen, dass diese kleine Reisemontierung ihre Motorgeschwindigkeit den geometrischen Verhältnissen korrekt anpasst und über die vollen zwei Stunden gleich gut nachführt.

Mögliche Ursachen für den verbleibenden Driftfehler sind eine falsche Geschwindigkeit, Refraktion der Atmosphäre und in den meisten Fällen schlichtweg ungenaue Aufstellung. Es lohnt sich daher auf

Abb. 4: Spiralgalaxie M 101 mit Nachbargalaxie NGC 5474 (unten). Deutlich ist die Auswirkung einer früheren Begegnung mit M 101 zu erkennen, der Kern der kleineren Galaxie erscheint verschoben. Belichtung 26×80s bei ISO 1600 mit 3"-Refraktor bei 360mm Brennweite und 5×60s bei ISO 3200 mit 300mm-Teleobjektiv bei f/5,6.

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

Die erforderliche Genauigkeit

Um die maximale Belichtungszeit für ein Areal des Himmelsäquators abzuleiten, muss zunächst der zulässige Nachführfehler abgeschätzt werden. Dabei darf ein Stern während der unkorrigierten Nachführzeit nicht weiter wandern als über ein »effektives« Pixel. Das Verhältnis von Bogensekunden am Himmel und µm auf dem Chip entspricht für kleine Winkel einfach der Brennweite der Optik, allerdings müssen dafür die Winkel noch von Radianten in Bogensekunden umgerechnet werden. Es folgt demnach:

zulässige Abweichung = effektive Pixelgröße / Brennweite × 180 / π·60·60"

Im dargestellten Beispiel wurden für die Kombination aus EOS 20Da (effektive Pixelgröße 4×7,4µm) und einem Refraktor von 360mm Brennweite eine zulässige Abweichung von 17" berechnet. Daraus folgt (siehe orange farbigen Pfeil) eine mögliche Belichtungszeit gemäß dieser Messung von bis zu 105 Sekunden bei optimaler Aufstellung.

Auswertung des Nachführfehlers in K3CCD und Matlab. Bei nicht exakt ausgerichteter Montierung driftet ein Stern (hier: Regulus) mit konstanter Geschwindigkeit. Die Schwankungen um die Mittelposition kennzeichnen den periodischen Fehler, der hier 5,97" beträgt und sich etwa alle 13,95s wiederholt.

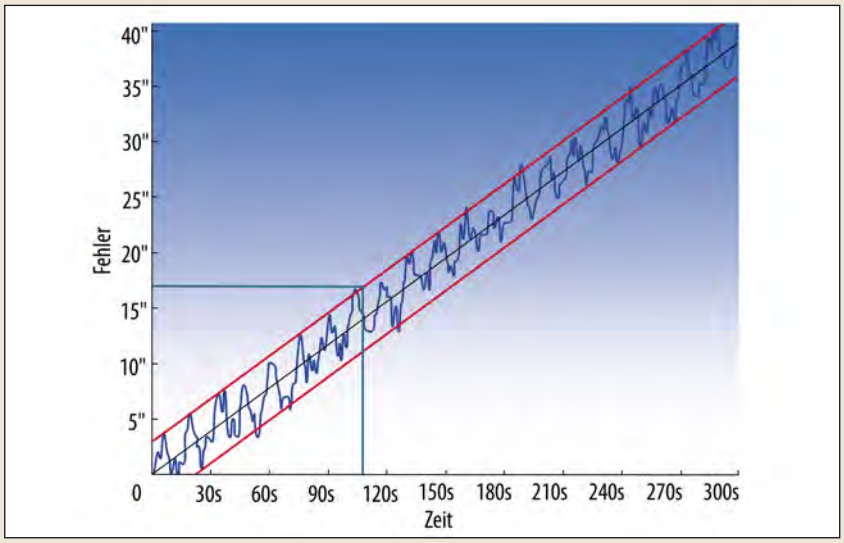


Abb. 5: Die beleuchtete Strichplatte im AstroTrac Sucher: Durch grobe Ausrichtung anhand der Sternbilder und Feinausrichtung gemäß den Passmarken gelingt die Aufstellung auch ohne Kenntnis von Datum und Uhrzeit.

jeden Fall, den Polsucher mitzubestellen, auch wenn er nicht billig ist, denn ohne Polsucher wird man die Montierung kaum so gut aufstellen, dass der Driftfehler unter 0,15"/s bleibt. Um mit dem Polsucher genau ausrichten zu können, müssen mindestens zwei Sterne mit den Passmarken der Strichplatte zur Deckung gebracht werden.

Reisetauglichkeit

Mit dem AstroTrac im Handgepäck ist Ihnen die Aufmerksamkeit der Sicherheitskontrolleure am Flughafen gewiss, Vergleichbares hat man noch nie unter dem Röntgenapparat gesehen. Es könnte hilfreich sein, die Anleitung mitzunehmen, um letzte Zweifel auszuräumen, dass es sich nicht um eine Waffe handelt. Nach einer Vorführung dürfen Sie die Nachführung schließlich mit in die Kabine nehmen.

Bali und Lembongan liegen auf gut 8° südlicher Breite, und im Frühjahr steht der schönste Teil der südlichen Milchstraße von Skorpion bis Achterschiff hoch am Himmel, meist hüllt sich der südliche Pol in Äquatornähe jedoch in Wolken. Da die meisten Aufnahmen in Südrichtung geplant sind, muss insbesondere der Azimut der Polausrichtung stimmen. Die unkritische Elevation folgt für bewölkten Pol aus der vorgegebenen Schräge der festen Polwiege. Die flache Oberfläche der Polwiege muss dazu grob eine Parallele zum Horizont bilden, alternativ leistet eine Wasserwaage auf der Polwiege gute Dienste. Aufpassen muss man nun bei der Inbetriebnahme der Montierung: Auf der Südhalbkugel wird sie ungewohnter Weise rechtsherum ausgeklappt, die Gravur auf der Deckplatte erinnert daran. Der Polsucher zeigt für den südlichen Himmelspol zwei kreuzförmige Marken für Sterne des Sternbildes Oktans und – sehr hilfreich für die Orientierung – zusätzlich die Richtung zum Kreuz des Südens bzw. zum hellen Stern Achernar, auch bekannt als α Eridani, nahe der Grenze zum Sternbild Hydrus. Wenn es draußen richtig dunkel wird, ist die mitgelieferte Beleuchtung allerdings auch auf der kleinsten Stufe noch deutlich zu hell. Außerdem verschiebt sich die Lage der Sterne geringfügig gegenüber

Surftipps

AstroTrac Homepage:
www.astrotrac.com
K3CCD-Software: www.pk3.org/Astro/index.htm?k3ccdtools.htm
Homepage des Autors:
de.geocities.com/Astrourlaub2008/

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

Abb. 6: Milchstraße im Skorpion mit Sternhaufen NGC 6231 (rechts) und Katzenpfoten-Nebel NGC 6334 (oben), Daten wie Abb. 1, jedoch 7×2min ohne Filter und 5×2min durch ein 15nm Hα-Filter belichtet.

der Strichplatte, wenn man das Auge relativ zum Okular bewegt. Man achte daher auf einen mittigen Einblick in den Sucher.

In der Anleitung steht, man betreibe den AstroTrac mit 12V Gleichspannung. Erfreulicherweise genügen aber schon die 7,4V des Li-Ionen-Akkus einer Canon EOS-Kamera. Die Akkus der Bauart BP-511A besitzen ein eigenes, kameraunabhängiges Sicherheitsmanagement. Die mittlere Stromaufnahme der Kamera während der Langzeitbelichtung ist etwa zwei Mal größer als die der Nachführung. Es ist daher gefahrlos möglich, die Nachführung aus den Akkus zu speisen. Das ist ein großer Vorteil, denn der Akku ermöglicht bei 25°C bis zu 3×2h Nachführbetrieb. Entsprechende Reserveakkus und das passende Ladegerät hat man auf Reisen ohnehin dabei. Das Ladegerät besitzt die passenden Kontaktfedern, um den Akku anzuzapfen. Es muss lediglich um ein zusätzliches Kabel zum TT320 ergänzt werden. Es bleibt zu erwähnen, dass mit einem Eingriff in das Ladegerät dessen Garantie erlischt.

Für Temperaturen unter 0°C sind Li-Ionen-Akkus mit wasserbasierten Elektrolyten allerdings nicht die beste Wahl. Aus dem Warmen kommend friert der Elektrolyt im Akku bei –5°C nach ca. 50 Minuten ein, der Stromfluss kommt reversibel zum Erliegen, bis es wieder wärmer wird.

Fazit

Die AstroTrac-Montierung kann begeistern – noch nie zuvor sind mit einer so leichten Ausrüstung derartig tiefe Astroaufnahmen gelungen. Auch wenn diese Reisemontierung plus Zubehör nicht billig ist, so muss man doch anerkennen, dass sie aufgrund ihrer genialen Konstruktion den Gleichlauf und die Tragfähigkeit einer viel größeren, klassischen Montierung bietet. Die Montierung erfüllt zudem den Grundsatz, dass an einem guten Design nicht zu viel Ding sein darf.

Astrogepäck mit AstroTrac

Anzahl	Ausrüstung	Gewicht
1×	AstroTrac TT320	1340g
1×	AstroTrac Polsucher	130g
1×	Kamera Canon EOS 20Da + Li-Ionen-Akku + CF-Karte	770g
1×	modifiziertes Ladegerät CB-5L	120g
1×	Serien- & Langzeittimer TC-80N3	83g
3×	Li-Ionen-Akku BP511A 7,4V, 1390mAh für Kamera und Nachführung	243g
1×	Objektiv 15mm f/2,8 Fisheye	336g
1×	Objektiv 35mm f/1,4 + Blende	691g
1×	Objektiv Nikkor 85mm f/1,8 + Adapter + 15nm Hα-Filter + Blende	508g
1×	Gitzo Carbon-Stativ, 5 Elemente	980g
1×	Eigenbau-Polwiege	565g
1×	Linhof Kugelkopf 3675 (Typ III)	1018g
2×	Gegengewichte	1160g
1×	Zubehör für die Sensorreinigung	300g
1×	mobile Festplatte EPSON P-3000 + Sternkarten digital gespeichert	455g
1×	passendes Ladegerät A351H + Kabel	212g
1×	LED-Taschenlampe	156g
5×	Fototaschen und wasserdichte Beutel	1250g
1×	Fernglas Pentax 8×42	802g
1×	Refraktor 75 SDHF + Rohrschelle + 0,72× Reducer + EOS-Adapter	2,5kg
Summe	Gesamtes Astrogepäck	13,6kg

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten

Abb. 7: Der ρ Ophiuchi-Komplex und Stern Antares im Skorpion, keine Region zeigt mehr Farbe am Himmel als diese. Daten wie Abb. 1, jedoch 8×2min belichtet.

Unter großer Last gibt eher die Polwiege als die Montierung nach, daher wird eine feste Polwiege passend zur geographischen Breite empfohlen. Für eine feste Polwiege genügt ein Alu-Winkel, ein Frästeil oder eine verschraubte Holzkonstruktion als guter Ersatz für teure und wenig geeignete Video-Schwenk-Neigeköpfe. Die benötigten Verstellelemente für Azimut und Elevation des Pols sind bereits am Stativ vorhanden. In Äquatornähe und für schwere Instrumente empfiehlt sich aus Balancegründen der Einsatz von Gegengewichten an der Polwiege.

Zur Versorgung eignen sich insbesondere die in der Kamera verwendeten Li-Ionen-Akkus. Obwohl die Mindestspannung von 7,4V deutlich unter den geforderten 12V liegt, lässt sich der TT320 bis zu 3×2 Stunden mit dem zur Canon EOS 20Da gehörenden Akku BP-511A (Kapazität 1390mAh) betreiben. Der Polsucher sollte auf jeden Fall mitbestellt werden, denn ohne genaue Ausrichtung ist der Driftfehler deutlich größer als die erreichbaren 0,15" pro Sekunde.

Abb. 8: Das Zentrum der Milchstraße liegt hinter dichten Dunkelwolken, die sichtbares Licht nicht zu durchdringen vermag. Die Dunkelwolke auf der rechten Seite erstreckt sich bis in die Gegend des Sterns Antares im Skorpion und ist als Pfeifen-Nebel bekannt, Daten wie Abb. 1, jedoch 4×2min belichtet.

Literatur

[1] Stubinitzky, J.: Eine einfache Montierung für Astrofoto-Einsteiger, interstellarum 24, 66 (2002)

[2] Beinert, U.: Technik-Wissen: Wie lang kann belichtet werden, um noch punktförmige Sterne zu erhalten? interstellarum 58, 65 (2008)

[3] Martin, A., Kleemann-Böker, K.: CCD-Astronomie in 5 Schritten, Oculum-Verlag, Erlangen (2004)

[4] Roth, G. D.: Handbuch für Sternfreunde, Band 1 Technik und Theorie, 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York (1989)

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

Große Nebel – kleine Optik

Fotografie galaktischer HII-Regionen mit dem Teleobjektiv

VON JÜRGEN STEIN

Die ausgedehnten Sternentstehungsgebiete in unserer Galaxis sind für den Astrofotografen besonders interessant: Schwach leuchtende Gasnebel, Dunkelwolken, und junge Sternhaufen bilden die sichtbaren Bereiche solcher Gebiete und dehnen sich am Himmel oftmals über ein Mehrfaches des Vollmonddurchmessers aus. Bei Verzicht auf maximale Auflösung können diese Objekte mit mittelgroßen CCD-Kameras und gewöhnlichen Teleobjektiven fotografiert werden. Schmalbandfilter verbessern die Abbildungsleistung der Objektive und enthüllen Details der meist lichtschwachen Gebilde.

Riesige Wolken, die aus Wasserstoff, Helium und Staub bestehen, bevölkern die Ebene unserer Galaxie. In manchen wird das Wasserstoffgas von heißen Überriesen in ihrer Umgebung zum Leuchten im rötlichen Licht der Hα-Linie angeregt, in anderen reflektiert nur der Staub das Licht naher Sterne, da deren Strahlung nicht energiereich genug ist, um den Wasserstoff anzuregen. Diese Nebel erscheinen meist blau. Vor dieser schwach leuchtenden Kulisse zeichnen sich nicht leuchtende Wolken als Dunkelnebel ab.

Im Wechselspiel zwischen Gravitationskraft und Strahlungsdruck bilden sich bizarre Gebilde, die reizvolle Motive für den Astrofotografen darstellen. Einzelobjekte oder Gruppen von Gas- und Dunkelnebeln dehnen sich dabei nicht selten über Bereiche von 3°–5° oder mehr Grad am Himmel aus. Um diese Objekte auf CCD zu bannen bedarf es keiner großen Teleskope – Teleobjektive mit Brennweiten von etwa 100mm bis 200mm sind die erste Wahl.

Abb. 1: Der Rosettennebel im Hα-Licht. Trotz eines Durchmessers von 1,5° wirkt der Nebel bei einer Brennweite von 180mm geradezu klein. Aufgenommen im Rhein-Main-Gebiet, 4×10 Minuten belichtet mit ST-2000XM und Hα-Filter, Nikon-Objektiv 180mm, Blende 4.

Geeignete Ausrüstung

Aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit eignen sich Schwarz/Weiß-CCD-Kameras hervorragend für die Fotografie solcher, meist lichtschwacher Objekte – zu möglichen Alternativen siehe Kasten. Da HII-Regionen den größten Teil ihrer Strahlung im sichtbaren Spektralbereich im Licht der Hα-Linie abgeben, ist die Verwendung eines schmalbandigen Hα-Filters sehr empfehlenswert. Es lässt praktisch die gesamte Strahlung des Objektes durch und blockiert die Strahlung aus anderen Wellenlängenbereichen vollständig. Bei Reflexionsnebeln ist diese Technik natürlich nicht anwendbar. Die große Ausdehnung der Objekte wirft dagegen bei Verwendung der CCD-Technik einige Probleme auf: Ein Himmelsbereich, der sich über ein Vielfaches des Vollmonddurchmessers erstreckt, muss auf einem vergleichsweise kleinen elektronischen Sensor abgebildet werden. Dazu können unterschiedliche Aufnahmetechniken angewendet werden

Surftipps

Homepage des Autors: www.ccdastrophoto.com
Bicolor-Technik: www.starrywonders.com/bicolortechnique.html
Weitfeldfotografie: www.skyandtelescope.com/howto/astrophotography/

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

CCD-Techniken zur Abbildung großer Himmelsfelder			
Technik	»Herkömmliche« CCD-Fotografie mit großformatigem Chip und Astrographen	Mosaiktechnik mit mittelgroßem Chip und Astrographen	Weitwinketechnik mit mittelgroßem Chip und Teleobjektiv
Beispiel CCD-Sensor*	KAI 11002M, 4008×2672 Pixel, Pixelgröße: 9µm	KAI2020, 1600×1200 Pixel, Pixelgröße: 7,4µm	KAI2020, 1600×1200 Pixel, Pixelgröße:7,4µm
Beispiel Optik	Flatfield-Astrograph 500mm Brennweite	Astrograph 500mm Brennweite	Teleobjektiv 180mm Brennweite
Auflösung	3,7"	3,1"	8,5"
Feld	4,2° × 2,8°	1,4° × 1,0°	3,8° × 2,8°
Anzahl Aufnahmefelder für ein ca. 3°× 3° großes Feld	1	mindestens 9	1
Vorteile	hohe Auflösung und Abbildungsqualität	preiswerte Optik, hohe Lichtstärke, einfache Nachführung	
Nachteile	Ausrüstung sehr teuer	lange Gesamtbelichtungszeit, hoher Aufwand bei der Bildbearbeitung, verzerrungsfrei abbildende Optik erforderlich	geringe Auflösung, Farbfehler der Optik (Reduktion durch Schmalbandfilter)

*Die in der Tabelle genannten CCD-Sensoren stellen Beispiele dar, andere Sensoren sind genauso gut oder besser verwendbar. Die Werte gelten für S/W-Kameras, die über den gesamten Spektralbereich empfindlich sind.

Abb. 2: Der Pferdekopfnebel B33 in seiner nebelreichen Umgebung porträtiert. 7×10 Minuten belichtet, übrige Daten wie in Abb. 2.

(siehe Tabelle): Die üblichen Optiken im Brennweitenbereich von etwa 500mm erfordern CCD-Chips im Kleinbild-Format. Mit kleineren Sensoren können die ausgedehnten Objekte bei solchen Brennweiten nicht mehr mit nur einer Aufnahme aufgenommen werden. Die Mosaiktechnik muss angewendet werden, bei der mehrere überlappende Aufnahmen einer Himmelsregion erstellt und im Computer zu einem einzigen Bild zusammengesetzt werden.

Die Verwendung von Teleobjektiven mit Brennweiten im Bereich von etwa 100mm bis 200mm in Kombination mit mittelgroßen S/W-CCD-Chips ermöglicht es dagegen, solch große Himmelsbereiche mit nur einer einzigen Aufnahme abzubilden. [1] Die Gesamtbelichtungszeit und der Aufwand in der nachgelagerten Bildbearbeitung halten sich in erträglichen Grenzen. Auch wenn solche Objektive im normalen Fotogebrauch als Teleobjektive gelten, sind sie aus astronomischer Sicht Weitwinkeloptiken. Die erzielten Auflösungen liegen bei jeder der genannten Techniken unterhalb des Seeing bedingten Wertes von etwa 2" pro Pixel. Somit wird bei jeder Technik etwas Auflösung verschenkt, am meisten bei der Weitwinkeltechnik, die hier ihren größten Nachteil hat. Gasnebel sind meistens schwach strukturiert und weisen nur wenige feine Details auf, so dass ein solcher Auflösungsverlust oft noch tolerierbar ist. Hochwertige, gut korrigierte Kleinbild- oder Mittelformat-Optiken sind recht preisgünstig, insbesondere, wenn es sich um gebrauchte Objektive mit manuellem Fokus handelt. Die astrofotografische Eignung eines Objektivs muss durch entsprechende Tests ermittelt werden. Dabei bringen schmalbandige Filter weitere Vorteile: Viele Teleobjektive sind für astronomische Zwecke im Hinblick auf ihre Abbildungsleistung nicht hinreichend korrigiert. Dies gilt insbesondere für Farbfehler aufgrund unzureichender apochromatischer Eigenschaften der Optiken. Eine Verbesserung kann man durch Abblenden um ein oder zwei Blendenstufen erreichen. Bei Verwendung von Schmalbandfiltern werden diese Abbildungsfehler praktisch bedeutungslos und es kann bei voller Öffnung fotografiert werden.

Wichtige Verbindungen

Zur Verbindung zwischen Kamera und Teleoptik wird ein spezieller kurz bauender Adapter benötigt, der für einige Kamera-Objektivkombinationen im Fachhandel bezogen werden kann. Dieser Adapter muss auch die Möglichkeit bieten, entsprechenden Farb- oder Schmalbandfilter

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

in den Strahlengang hinter dem Objektiv zu bringen, da Objektivfilter sehr teuer sind. Eventuell kann ein entsprechender Adapter unter Berücksichtigung des Hersteller-spezifischen Abstandes von Objektivbefestigungsring zur Brennebene im Eigenbau erstellt werden. Für die Befestigung des Instrumentariums auf einer parallaktischen Montierung kann je nach Kameramodell ein vorhandener Fotoanschluss verwendet werden. Um die Kamera relativ zur Rektaszensions- und Deklinationsrichtung drehen zu können, sollte zusätzlich ein entsprechender Fotoadapter oder Stativkopf auf der Montierungsplatte befestigt werden.

In der Praxis

Der Betrieb einer Kamera-Objektiv-Kombination unterscheidet sich praktisch nicht von dem einer CCD-Kamera an einem astronomischen Teleskop. Kritisch ist jedoch die Fokussierung: Ein Streifen Klebeband, der vor der Sonnenblende angebracht wird, erzeugt ein Beugungsmuster, mit dem exakt scharf gestellt werden kann. Der Schärfebereich ist aufgrund des großen Öffnungsverhältnisses extrem klein, die Fokussierung erfordert äußerste Sorgfalt. Bei längeren Aufnahmeserien ist der exakte Fokus immer wieder zu überprüfen.

Die Bearbeitung der Ergebnisse erfolgt analog zu CCD-Aufnahmen, die bei längeren Brennweiten gewonnen wurden. Besondere Aufmerksamkeit muss den Sternabbildungen gewidmet werden: Aufgrund der geringen Auflösung werden schwächere Sterne nur noch auf einige wenige Pixel – im Extremfall auf nur ein Pixel – abgebildet. Sie erscheinen dann nicht mehr rund, sondern wirken unnatürlich kantig. Hier kann z.B. die Drizzle-Technik [2] helfen, die die Auflösung der Aufnahme im Nachhinein steigert. Einfacher ist es, die Bilder zur Bearbeitung entsprechend zu vergrößern und dann entsprechende Glättungsfilter auf die Sternabbildungen anzuwenden.

Fazit

Die Fotografie ausgedehnter Himmelsregionen mit herkömmlichen Teleoptiken erlaubt es dem Astrofotografen, auch ausgedehnte Himmelsregionen auf einen vergleichsweise kleinen CCD-Sensor abzubilden. Hα-Filter – für die Fotografie schwach leuchtender Gasnebel ohnehin empfehlenswert – steigern die Abbil-

Alternativen zu S/W-CCD-Kameras

Bei der Verwendung Digitaler Spiegelreflexkameras oder Color-CCD-Kameras müssen einige Besonderheiten beachtet werden: Sensoren solcher Kameras sind in einem speziellen Raster aufgebaut, der sog. Beyer-Matrix. Dabei bildet eine Gruppe von jeweils vier Pixeln, die mit unterschiedlichen Mikrofiltern versehen sind (1× rot, 1× blau, 2× grün), ein Superpixel. Auflösung und Empfindlichkeit des Chips sind damit z.B. im Hα-Licht deutlich reduziert. Teleobjektive, die an solchen Kameras verwendet werden, sollten daher in einem breiten Spektralbereich gut korrigiert sein, um Luminanz (L)- und herkömmliche Farbaufnahmen (RGB-Aufnahmen) zuzulassen, nur wenige Teleoptiken sind dafür (entsprechend abgeblendet) geeignet.

Abb. 3: Himmelsausschnitt im Sternbild Cassiopeia, der reich an unterschiedlichen Objekten ist: Fast im Bildzentrum steht der Bubble-Nebel NGC 7635, nordöstlich davon der dichte Sternhaufen M 52. Nördlich und nordwestlich von NGC 7635 werden weitere schwache Nebelbereiche sichtbar, deren hellster Teil der kompakte und schalenförmig strukturierte NGC 7538 ist. Südlich dieser Objekte sieht man die Filamente von Sharpless 157, in die zahlreiche Dunkelnebel und kleinere Sternhaufen eingebettet sind. Der helle und sehr kompakte Sternhaufen am nordwestlichen Arm von Sharpless 157 ist NGC 7510. 7×10 Minuten belichtet bei Blende 2,8, übrige Daten wie in Abb. 2.

Die Weiterverbreitung ist untersagt.

dungsleistung solcher Objektive erheblich. In Kombination mit anderen Schmalbandfiltern sind auch Farbaufnahmen möglich. Die Detailauflösung ist zwar begrenzt, dafür sind die Optiken vergleichsweise preisgünstig und die Aufnahmetechnik aufgrund der kurzen Brennweiten einfach zu beherrschen.

[1] Mandel, S.: Wide-Field Imaging with CCD Cameras, Sky & Telescope 103 No. 2, 117 (2002)
[2] Wasshuber, M.: Kurze Brennweite – große Auflösung, Die Drizzle-Technik für Astrofotografen. interstellarum 52, 60 (2007)

Bicolor-Technik

Diese Bildbearbeitungs-Technik wurde von Steve Cannistra (siehe Surftipps) eingeführt und erfordert nur zwei Schmalbandaufnahmen für die Erstellung einer Farbaufnahme, die einer echten RGB-Farbaufnahme ähnelt. Die Bicolor-Methode hat im Gegensatz zu anderen »Falschfarbentechniken« den Vorteil, Sternfarben weitgehend zu erhalten, bzw. weiße Sterne ohne starke farbige Halos zu produzieren. Dazu wird einer Hα-Aufnahme der rote Kanal und einer [OIII]-Aufnahme der blaue Kanal zugewiesen. Der grüne Kanal wird durch Multiplikation der [OIII]-Aufnahme mit der Hα-Aufnahme erzeugt.

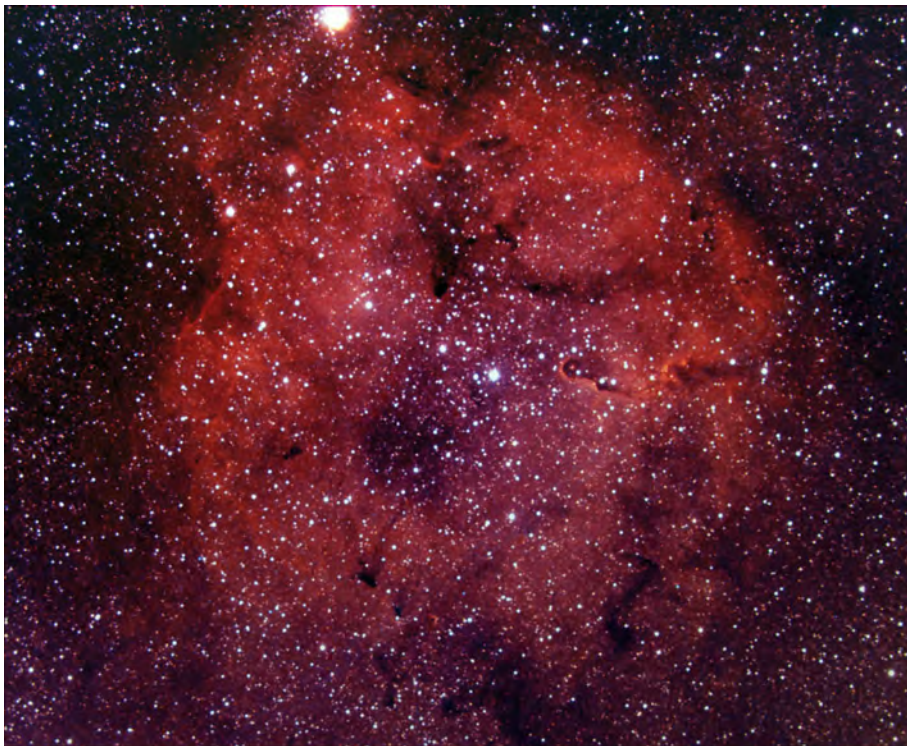


Abb. 4: Trotz optischer Einschränkungen des Teleobjektivs oder der am Beobachtungsort vorhandenen Himmelsaufhellungen muss auf Farbaufnahmen nicht verzichten werden: Eine Hα- und eine [OIII]-Aufnahme wurden nach dem Bicolor-Verfahren (siehe Kasten) kombiniert. Die HII-Region IC 1396 ist fast in voller Größe abgebildet, sie hat einen Durchmesser von 3°. Im Inneren befindet sich der Stern HD 206267 vom Spektraltyp O5, der den gesamten Nebel zum Leuchten anregt. Er ist Bestandteil eines jungen Sternhaufens im Zentrum von IC 1396. Von Westen ragt der Elefantenrüssel-Nebel vdB 142 in die HII-Region hinein. Zahlreiche weitere dunkle Globulen und Staubstreifen weisen auf stark verdichtete Materie hin. Der helle Stern am nördlichen Bildrand ist μ Cephei, einer der hellsten und größten Sterne unserer Milchstraße. Bicolor-Aufnahme, zusammengesetzt aus 7 Hα-Aufnahmen, je 10 Minuten belichtet und 7 [OIII]-Aufnahmen, je 5 Minuten belichtet bei Blende 2,8, übrige Daten wie in Abb. 2.

Abb. 5: Dass sich die Mosaiktechnik auch mit hochwertigen Teleobjektiven erfolgreich anwenden lässt, zeigt diese Aufnahme: Die HII-Regionen IC 1805 und IC 1848 im Sternbild Cassiopeia sind hier komplett abgebildet. Das Bildfeld wurde aus 6 Einzelbildern zusammengesetzt und umspannt ein Feld von 5,1° × 4,6°. Neben den beiden riesigen HII-Regionen sind zahlreiche weitere Objekte zu erkennen, unter ihnen der Sternhaufen NGC 1027 zwischen den beiden Gasnebeln gelegen und die kompakte und helle Nebelstruktur NCG 1795 am nordwestlichen Rand von IC 1805. Unterhalb von IC 1805 sind interessanterweise die beiden der lokalen Gruppe nahe gelegenen Galaxien Maffei I und II zu erkennen, die erst 1968 auf Infrarot-Durchmusterungen im Band der Milchstraße entdeckt wurden. Mosaik-Aufnahme aus 6 Hα-Aufnahmen jeweils 6×10 bzw. 7×10 Minuten belichtet, Gesamtbelichtungszeit 6h 20min. Blende 2,8, übrige Daten wie Abb. 2.

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

TECHNIKWISSEN

von Ulrich Beinert

Wie funktionieren Zenitspiegel, Zenitprisma und Amiciprisma?

Das klassische Bild eines Fernrohrs ist eine zum Himmel ragende Röhre, durch die der Beobachter vom hinteren unteren Ende aus die Sterne beobachtet. Doch Refraktor, Maksutov- und Schmidt-Cassegrain-Teleskope lassen sich nur mit einem kleinen, aber wichtigen Hilfsmittel auch ergonomisch benutzen. Damit der Beobachter nicht unter das Fernrohr kriechen muss, um ins Okular zu blicken, gibt es optische Bauteile, die den Strahlengang in eine beobachterfreundliche Lage umlenken.

In der Grundausstattung vieler Einsteigergeräte sind ein Zenitprisma oder ein Zenitspiegel enthalten. Sie werden in der Regel mit einem Umlenkwinkel von 90° hergestellt. Aber es gibt auch andere Umlenkwinkel, der üblichste davon ist 45°.

- Beim Zenitspiegel befindet sich in einem Gehäuse ein planer und perfekt polierter Oberflächenspiegel.
- Das Zenitprisma hat keine verspiegelten Flächen, sondern ist ein Dreikantblock aus plan poliertem Glas mit einem 90°- und zwei 45°-Winkeln (im Falle eines 90°-Prismas). Ein- und Austrittsflächen sind die Flächen, die im 90°-Winkel zueinander stehen. Da das Material des Prismas eine höhere Brechzahl hat als die Luft, werden Lichtstrahlen an der langen Kante des Prismas totalreflektiert.

Refraktoren, Maksutov- und Schmidt-Cassegrain-Teleskope erzeugen ein auf dem Kopf stehendes, seitenverkehrtes Bild (entspricht einer um 180° gedrehten Mond- oder Sternkarte). Mit Zenitspiegel oder -prisma entsteht ein zwar aufrechtes, jedoch immer noch seitenverkehrtes Bild im Vergleich zum Anblick mit bloßem Auge.

Eine Abwandlung des Zenitprismas ist das Amiciprisma. Hier ist die lange Kante des Prismas nicht flach, sondern dachförmig ausgeführt, weshalb es auch als Dachkantprisma bekannt ist. Es erlaubt die aufrechte und seitenrichtige Beobachtung: Lichtstrahlen, die sich links und rechts der Senkrechten des Prismas befinden wechseln durch die zusätzliche optische Fläche die Seite, bevor sie aus dem Prisma wieder austreten. Die resultierende Bildorientierung entspricht dem Anblick mit bloßem Auge. Das Lesen von Sternkarten und die Orientierung auf Mond und Planeten wird somit erheblich erleichtert.

Eine Besonderheit stellt das Pentaprisma dar. Es ist ein fünfseitiges Prisma, bei dem zwei unverspiegelte Seiten als Ein-und Austrittsflächen sowie zwei verspiegelte Seiten als Reflexionsflächen benutzt werden. Bleiben die Reflexionsflächen unverspiegelt, werden wegen des steilen Lichteinfalls nur 4% des Lichts reflektiert und das Prisma eignet sich in Kombination mit einem Neutraldichtefilter zur Sonnenbeobachtung. Eine dem Amici-Prisma ähnliche Dachkant-Variante des Pentaprismas wird häufig im Sucher von Spiegelreflexkameras verwendet.

Wie bei jedem optischen Bauteil können auch Zenitspiegel und -prisma das Bild verschlechtern. Je mehr optische Flächen das Bauteil hat, desto größer ist die Gefahr solcher Bildfehler. Der Zenitspiegel hat eine optische Fläche, Prismen dagegen mindestens drei. Während beim Spiegel lediglich optische Fehler auftreten können, birgt ein Prisma zusätzlich noch die Gefahr von Farbfehlern. Da der Strahlengang im Fernrohr am Ort des Prismas nicht ganz parallel ist, fällt das Licht nicht senkrecht auf dessen Eintrittsfläche und wird dadurch an Ein- und Austrittsfläche je nach Wellenlänge unterschiedlich gebrochen. Durch diesen Dispersion genannten Effekt kommt es zu Farbfehlern. Je größer das Öffnungsverhältnis, desto stärker ist er, da der Eintrittswinkel der Lichtstrahlen in das Prisma stärker von der Senkrechen abweicht. Auch in der Teleskopoptik bereits vorhandene Farbfehler werden u.U. noch verstärkt.

Abb. 1: **Zenitprismen** gibt es in verschiedenen Ablenkungswinkeln, z.B. mit 90° (oben) oder 45° (unten).

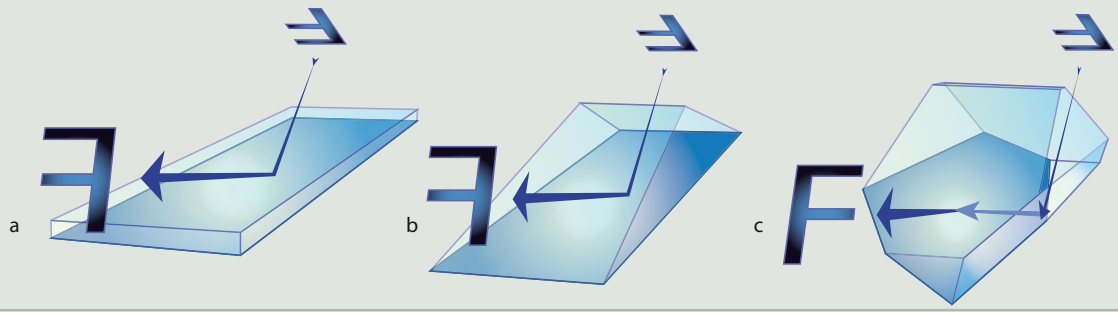


Abb. 2: Das Fernrohr (Refraktor, Maksutov- oder Schmidt-Cassegrain) liefert ein auf dem Kopf stehendes, seitenverkehrtes Bild (hier der Buchstabe »F«). Mit Zenitspiegel (a) entsteht durch Reflexion an der verspiegelten Oberfläche ein aufrechtes, aber immer noch seitenverkehrtes Bild. Das gleiche Ergebnis liefert das Zenitprisma (b) durch Totalreflektion der Lichtstrahlen an der langen Kante des Prismas. Durch den Dachkantschliff an der langen Kante des Amiciprismas (c) entsteht ein aufrechtes, seitenrichtiges Bild.

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

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

Astro-Impressionen

Mond mit Saturn, Mars und Regulus am 6.7.2008. Canon EOS 400D. *Fred Borngartz*

Nachleuchtspur etwa 10 Minuten nach dem Aufleuchten eines –7^{m} hellen Boliden am 2.7.2008 um 1:45 MESZ. 80mm-Teleobjektiv, Canon EOS 350D, 800 ASA, 15s. *Anke Morbitzer*

Der aufgehende Mond über Wangerooge bei Ebbe, fotografiert vom trocken gefallenen Katamaran »Lorbas«. *Ulrich Schatka*

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

First Light
Den Sternen folgen

von Stefan Seip

Für den Auftaktbeitrag der neuen Rubrik »First Light« hat Guido Conen einige seiner Astrofotos zugeschickt. Herr Conen beschäftigt sich nach einer längeren Pause wieder mit der Astronomie und neuerdings auch der Fotografie von Deep-Sky-Objekten. Dazu steht ihm eine digitale Spiegelreflexkamera (Canon EOS 300D) sowie eine spezielle Astrokamera (Meade Deep Sky Imager) zur Verfügung. Manche seiner Fotos zeigen bei genauerem Hinsehen etwas längliche Sternabbilder aufgrund einer nicht perfekten Nachführung während der Belichtungszeit.

Bekanntlich verursacht die Eigenrotation der Erde, dass sich der Sternenhimmel langsam über unseren Köpfen von Ost nach West dreht. Bei fotografischen Aufnahmen lichtschwacher Deep-Sky-Objekte wie Gasnebel, Galaxien oder Sternhaufen sind lange Belichtungszeiten notwendig, um die Objekte abzubilden. Wird die Kamera der Himmelsdrehung nicht oder nicht korrekt nachgeführt, werden die Sterne strichartig verformt dargestellt und die Aufnahme ist verdorben.

Um längere Belichtungszeiten zu realisieren, ist eine parallaktische Montierung erforderlich, bei der eine Achse parallel zur Erdachse ausgerichtet werden muss. Das bedeutet, diese Achse muss exakt auf den Himmelspol zeigen, in dessen Nähe der Polarstern steht. Das korrekte Aufstellen einer parallaktischen Montierung wird als »Einnorden« bezeichnet und ist eine der Grundvoraussetzungen für erfolgreiche Langzeitbelichtungen. Bei vielen Montierungen kann diese mit einem Polsucher durchgeführt werden, oder es bleibt die recht komplizierte Methode nach Scheiner.

Wer bereits eine Digitalkamera sein Eigen nennt, kann auch diese nutzen um eine Montierung einzunorden. Man benötigt nur einen Stern im Süden und eine Software, die die Abweichung der Position eines Sterns von einer Aufnahme zur nächsten grafisch darstellen kann: MaxIm, CCDOPS und K3CCDTools seien stellvertretend genannt.

1. Die Montierung muss grob (nach Schätzung) eingenordet werden.
2. Das Fernrohr wird nach Süden auf einen Stern in etwa 40° Höhe (Himmelsäquator) ausgerichtet.
3. Die Kamera wird so angeschlossen, dass die Pixelzeilen zur Stundenachse, die Pixelspalten zur Deklinationsachse parallel laufen. Um das zu erreichen, lässt man die Stundenachse der Montierung mit hoher Geschwindigkeit laufen (z.B. 16-fache Sterngeschwindigkeit) und belichtet währenddessen wenige Sekunden lang. Die Kamera muss nun so lange gedreht werden, bis die sichtbaren Sternspuren auf dem Chip exakt den Pixelzeilen folgen.
4. Nun stellt man einen helleren Stern ein und startet die Software, um im Nachführmodus (Guiding) die Drift dieses Sterns darzustellen, während die Kamera kontinuierlich Aufnahmen macht. Wichtig ist, dass kein Guiding stattfindet, d.h. dass die dazu notwendigen Kabel ausgesteckt sind.

Abb. 1: Dieser Bildausschnitt des Orionnebels zeigt strichförmige Sterne, wie sie durch eine schlecht eingenordete Montierung bei langen Belichtungszeiten entstehen können.

Guido Conen

Mitarbeit

Ihre ersten Astrofotos sind nicht so gelungen, wie Sie es sich vorgestellt haben? Sie wollen wissen, was Sie bei Aufnahmetechnik und Bildbearbeitung verbessern können? Senden Sie uns Ihre ersten Fotoversuche! Die Bilder werden von unserem Experten Stefan Seip begutachtet. Anhand Ihres Bildes werden Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt und beispielhaft gezeigt, was in Ihrer Aufnahme steckt. Machen Sie mit und senden Sie uns Ihre Aufnahmen!

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

Abb. 2: Diese Aufnahme entstand bei 16-facher Sterngeschwindigkeit und drei Sekunden Belichtungszeit: Die Sterne bewegen sich exakt den Pixelzeilen entlang. In diesem Fall ist die Kamera im richtigen Winkel am Teleskop angeschlossen.

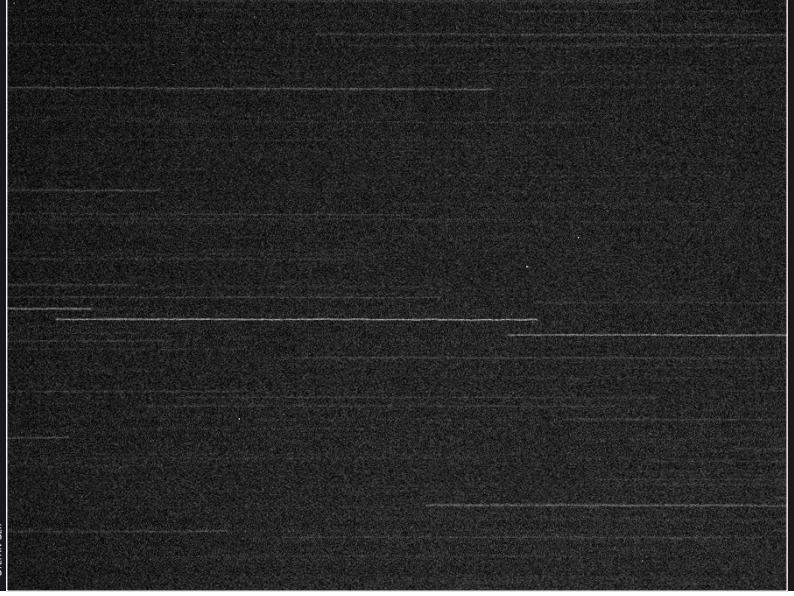
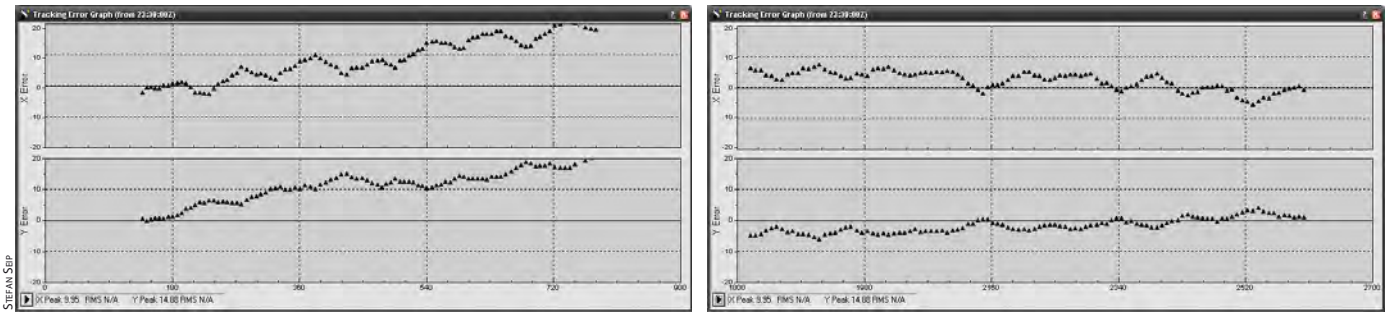


Abb. 3: In der Praxis sehen die Kurven nicht ganz so glatt aus: links ein reales Beispiel einer nicht korrekt eingenordeten Montierung, rechts nach einer deutlichen Verbesserung der Einnordung. ▼

Stefan Seip



Stefan Seip

Bei einer perfekt eingenordeten und nachführenden Montierung würde die Abweichung in x-Richtung (Rektaszension) und y-Richtung (Deklination) auf Null bleiben. Das wird in der Praxis jedoch nicht der Fall sein: Die Abweichung in y-Richtung repräsentiert den Drift des Sterns in Deklination. Es wird anfangs eine ansteigende oder abfallende Gerade zu sehen sein. Durch Korrekturen der Azimuteinstellung der Montierung kann erreicht werden, dass die Gerade schließlich horizontal verläuft und damit optimiert ist.

Die Abweichung in x-Richtung stellt sich in der Praxis als eine mehr oder weniger sinusförmige Kurve dar, die sich im Idealfall weder nach oben, noch nach unten »aufschaukelt«. Die Sinuskurve ergibt sich durch den periodischen Schneckenfehler, einer mechanischen Gangungenauigkeit, der alle herkömmlichen Schneckenantriebe unterliegen. Ziel ist es, durch Korrekturen der Polhöhe zu erreichen, dass die Sinuskurve auf Dauer horizontal verläuft, ohne nach oben oder nach unten auszubrechen.

Da die Messungen der Sternpositionen beim Guiding subpixelgenau erfolgen, können entsprechende Abweichungen und Trends sehr rasch erkannt werden. Durch immer kleiner werdende Korrekturen in Azimut und Polhöhe lässt sich die Einnordung in relativ kurzer Zeit optimieren. Danach ist zumindest ein häufiger Grund für strichförmige Sterne bei Langzeitbelichtungen aus dem Weg geräumt.

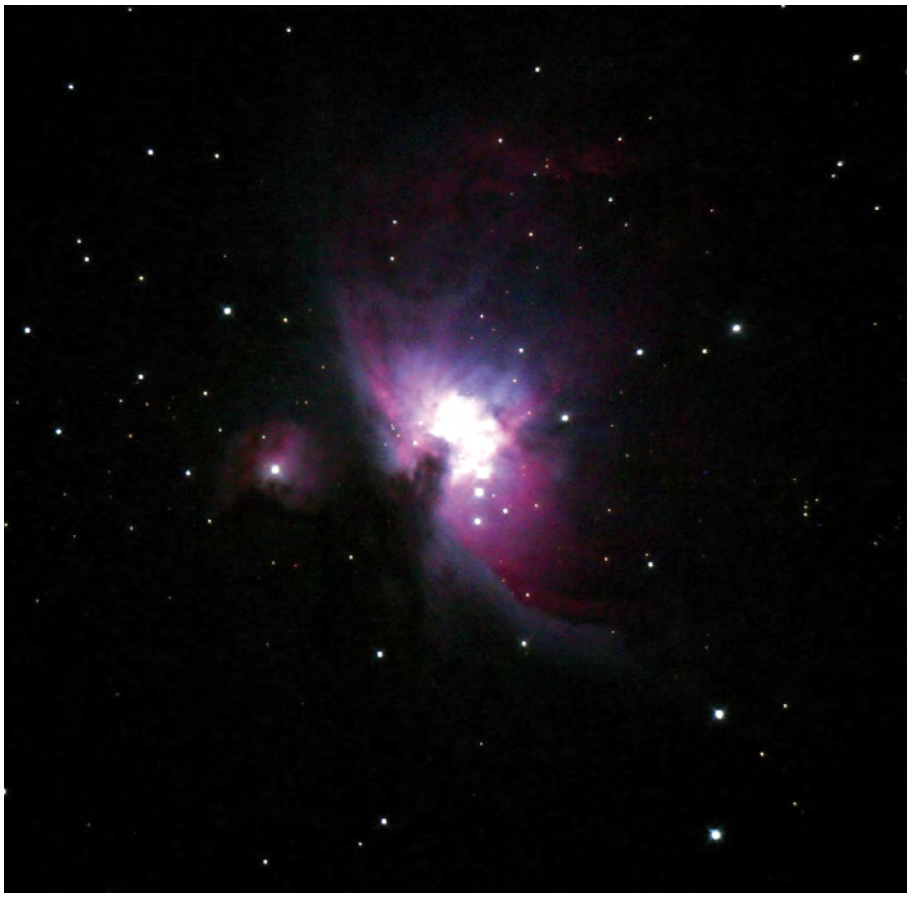


Abb. 4: 45 Sekunden Belichtungszeit reichten Guido Conen, um mit seiner Canon EOS 300D und einem 10"-Newton-Teleskop bei f/4,7 diese Aufnahme des Orion-Nebels zu gewinnen, bei der die Nachführung perfekt funktionierte.

Surftipps

Homepage des Bildautors:
www.einsteiger-astronomie.de
Homepage von Stefan Seip:
www.astromeeting.de

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

Objekte der Saison

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

Die Objekte der Saison der nächsten 6 Ausgaben

Ausgabe	Name	Typ	Sternbild	R.A.	Dekl.	Einsendeschluss
Nr. 61, Dez./Jan. 2009	M 38	OC	Aur	$05^h 28{,}6^{min}$	+35° 50'	20.9.2008
	IC 410	GN	Aur	$05^h 22{,}6^{min}$	+33° 31'	
Nr. 62, Feb./Mär. 2009	M 46	OC	Pup	$07^h 41{,}8^{min}$	–14° 49''	20.11.2008
	M 47	OC	Pup	$07^h 36{,}6^{min}$	–14° 30'	
Nr. 63, Apr./Mai 2009	M 106	Gx	CVn	$12^h 19{,}0^{min}$	–47° 18'	20.1.2009
	NGC 4449	Gx	CVn	$12^h 28{,}2^{min}$	–44° 06'	
Nr. 64, Jun./Jul. 2009	M 12	GC	Oph	$16^h 47{,}2^{min}$	–01° 57'	20.3.2009
	NGC 6210	PN	Her	$16^h 44{,}5^{min}$	+23° 48'	
Nr. 65, Aug./Sep. 2009	M 27	PN	Vul	$19^h 59{,}6^{min}$	+22° 44'	20.5.2009
	M 71	GC	Sge	$19^h 53{,}8^{min}$	+18° 47'	
Nr. 66, Okt./Nov. 2008	M 33	Gx	Tri	$01^h 33{,}9^{min}$	+30° 48'	20.7.2009
	NGC 404	Gx	And	$01^h 09{,}4^{min}$	+35° 43'	

NGC 457

CCD-Aufnahme, 12"-Newton bei 1380mm, ST10XME, 17×120s (L), 5×300s (R), 5×300s (G), 5×450s (B), Astronomik LRGB-Filter. *Andreas Rörig*

Digitalfoto, 4,5"-Refraktor bei 805mm, mod. Canon 20D, ISO 800 ASA, 14×5min Sekunden, interner Dunkelbildabzug. *Rainer Sparenberg* ▶

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

CCD-Aufnahme, 4,5"-Newton bei 440mm, ST2000XM, 30×3min (L), 5×3min (je RGB). *Michael Deger*

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

NGC 457

16×70-Fernglas: fst 5^{m},0; der Sternhaufen ist sehr deutlich zu sehen. Heute sehe ich die Männchenfigur (»ET«) sehr deutlich und sie geht mir nicht mehr aus dem Kopf: im Südosten ist φ Cas und noch ein hellerer Stern (die Augen). Einige Sterne bilden die ausgebreiteten Arme, eine Sternkette etwa von Nordosten nach Südwesten. Im Nordwesten bilden zwei Sterne die Füße. Ich zähle 20 Sterne, die zum Haufen zu gehören scheinen. φ Cas ist gelb zu sehen, dieser Eindruck ist noch stärker bei größerer Öffnung und Vergrößerung. *Wolfgang Vollmann*

70/700-Refraktor: fst 5^{m},0; der Eulenhaufen hat seinen Namen zu Recht verdient. Sehr leicht kann mit die Form eines fliegenden Vogels mit weit ausgebreiteten Flügeln nachvollziehen. Auffällig ist dabei die orange Farbe des hellsten Sterns des Haufens (Auge), im Vergleich zu den restlichen weißen Sternen. 28–56×. *Frank Lange*

102/500-Refraktor: fst 5^{m},1; erinnert an ET mit Augen, Körper und Armen. Im gleichem Gesichtsfeld ist auch NGC 436 zu sehen, wie ein kleiner Fleck nordwestlich von NGC 457. 20×. *Rony De Laet*

200/800-Newton: sehr schöner Haufen. Voll aufgelöst. Die Form erinnert an eine Eule mit ausgebreiteten Flügeln. Zwei helle Sterne im Süden bilden die Augen. Im Osten steht ein auffälliger orange gefärbter Stern. Im Haufen sind verschieden helle Sterne, es sind aber vor allem helle Sterne zu sehen. 57×. *Gerd Kohler*

200/1200-Refraktor: fst 5^{m},3; lockerer Offener Sternhaufen. Eulenform sehr schön erkennbar, φ Cas gelblich und zweite Komponente SAO 22187 bläulich weiß, Haufensterne sind wesentlich lichtschwächer. 49×. *Guido Wollenhaupt*

CCD-Aufnahme, 8"-SCT bei 1280mm, ST7, 5×60s. *Heino Niebel*

CCD-Aufnahme, 12"-Newton bei 1200mm, Starlight SXV-H9, 20×30s (L), L-Filter. *Martin Bässgen*

M 76

10×50-Fernglas: Bortle 3; nur stellar. Erfordert indirektes Sehen. 10×. *Uwe Pilz*

102/660-Refraktor: fst 5^{m},0; bei 17× nicht einfach zu sehen: sehr kleiner Nebelfleck, etwa rund, bei indirektem Sehen. 73× zeigt den Nebel länglich und etwa hantelförmig: zwei etwa kugelförmige Nebelgebilde in Kontakt, lange Achse etwa nach Positionswinkel 160°. Schön! *Wolfgang Vollmann*

105/1470-Cassegrain: fst 4^{m},8; M 76 zeigt zwei Teile mit einigen Flecken darin. 60–120×. *Rony De Laet*

200/800-Newton: Schon ohne Filter ist der Nebel sehr deutlich zu sehen. Mit [OIII]-Filter und indirektem Sehen ist der Nebel länglich, ca. 2:1, und hat eine Hantelform. Dunkler Einschnitt in der Mitte. Beide Hanteln haben eine ovale Form und sind strukturiert. Mit dem [OIII]-Filter ist der Nebel etwas schwächer als ohne Filter. [OIII]; 170×. *Gerd Kohler*

120/1020-Refraktor: detailreiches Objekt bei 102× und 170×; besonders die Westseite des länglichen Barrens erscheint hell mit zwei besonders hellen sternartigen Stellen; Ostseite schwächer, aber auch hier Verdichtungen; mit UHC-Filter werden die hellen Stellen noch heller, aber kein Detail kommt dazu; Ausnahme: mit Filter sind bei schwacher Vergrößerung die schwachen Ausläufer zu sehen; auf der Ostseite nach Norden, auf der Westseite nach Süden. *Ronald Stoyan*

200/1200-Newton: fst 5^{m},3; dunkler Himmel sehr wichtig, weil schwierig zu finden, Hantelform dann aber deutlich erkennbar, wesentlich kleiner als der »echte« Hantelnebel. 98×. *Guido Wollenhaupt*

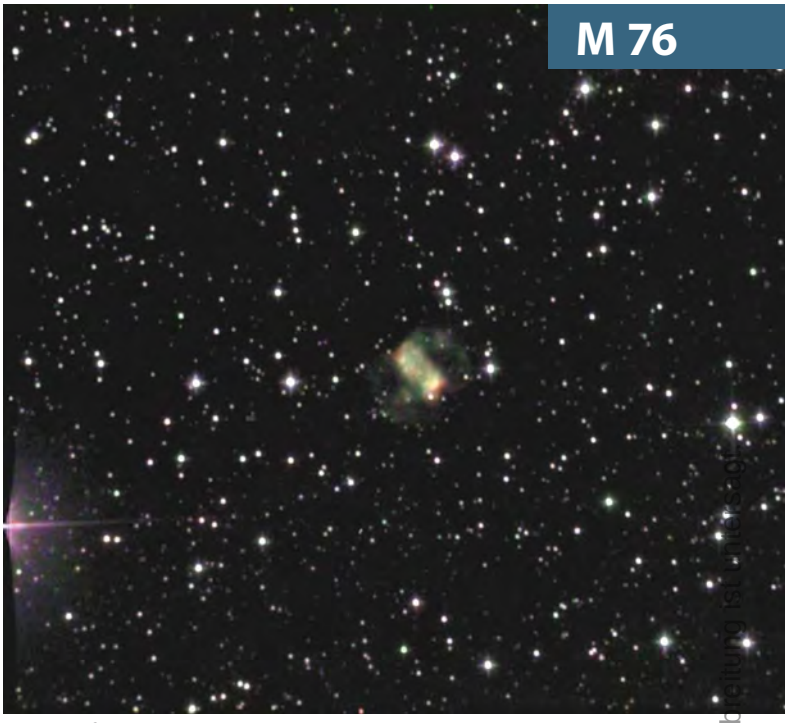
320/1440-Newton: Bortle 3; ohne Filter: sehr hell. Der Nebel hat die Form eines Zylinders, mit einer kleinen Einbuchtung an den Längsseiten. Das Südwestende ist deutlich heller. Mit [OIII]-Filter werden die äußeren Anhängsel sichtbar. Sie setzen an den Nord- und Südkanten an und ziehen sich bogenförmig um den Nebel herum. Sehenswert. [OIII]; 144×. *Uwe Pilz*

360/1780-Newton: Zentralteil-Details ähnlich der Beobachtung mit dem 120mm-Refraktor; die beiden Loops sind sehr hell und auffällig, v.a. der nördliche endet in einer recht hellen Kondensation; der schwache Stern an der Südwestkante des Nebels kann ohne Filter deutlich gesehen werden; 200×, UHC. *Ronald Stoyan*

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

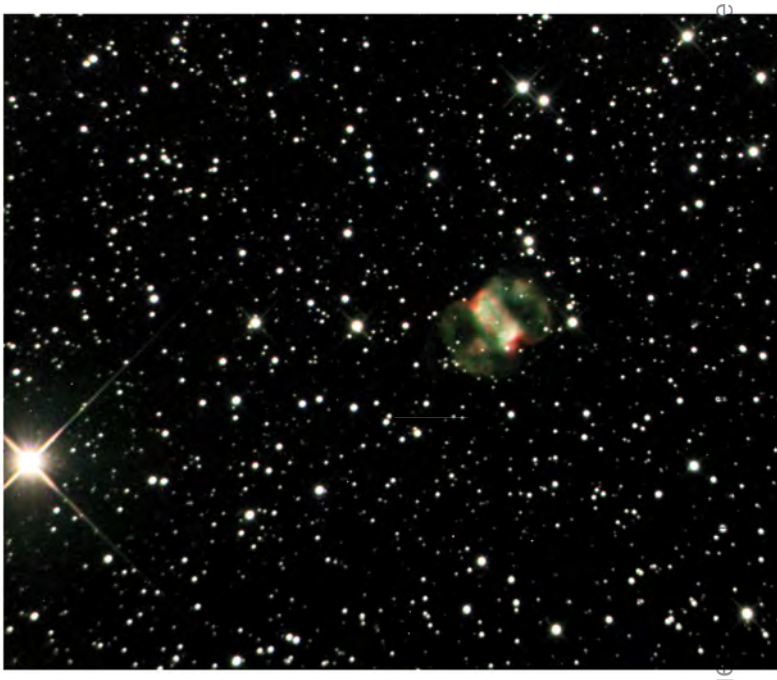
M 76

Digitalfoto, 8"-Newton bei 960mm, EOS 300D, ISO 400, 8×5min, Idas LPSII-Filter. *Oliver Aders*

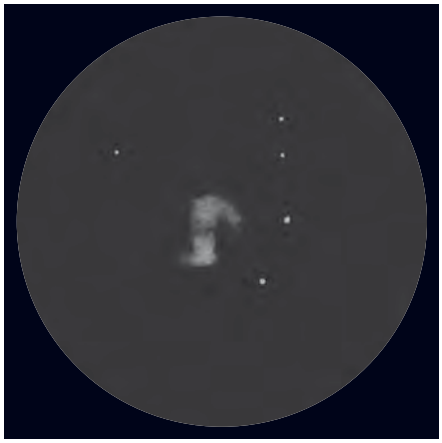


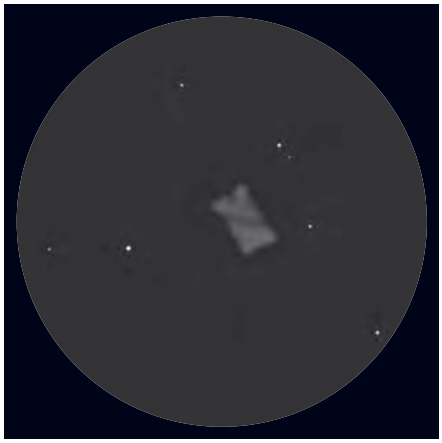
CCD-Aufnahme, 6"-Newton bei 880mm, StarlightXpress MX7C, 6×3min, kein-Filter. *Torsten Güths*

Digitalfoto, 10"-Newton, Canon EOS 20Da, 1600 ASA, 14×5min. *Thomas Tuchan*



CCD-Aufnahme, 8,2"-Astrograph bei 1762mm, SBIG ST2000, 90min (L), 40min (R), 17min (G), 22min (B). *Siegfried Bergthal*





◂◂ **Zeichnung,** 12"-Newton bei 200×, UHC, fst $5^{m}9$. *Hubert Schupke*

◂ **Zeichnung,** 4,2"-Cassegrain bei 60× bis 120×, fst $4^{m}8$. *Rony De Laet*

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Eine Weiterverbreitung ist untersagt.

Astrofotos unserer Leser

Der Große Orionnebel. Digitalfoto, 4"-Refraktor bei 400mm, Canon EOS 20D (mod), ISO 800, 27×7,5min, 5×2min, 8×1min, 4×30s, 12×10s. Bearbeitet mit ImagePlus und Photoshop. *Fabian Neyer*

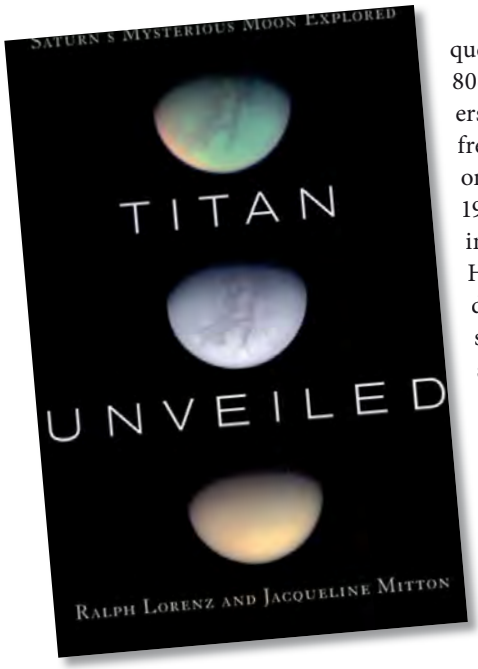
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

▲
Die Region um γ Cygni. CCD-Aufnahme, 200mm-Teleobjektiv bei f/4, Canon EOS 350Da, 3×4min. *Mario Richter, Walter Gröning*

Nebelgebiet in Sagittarius mit NGC 6559, IC 4685 und IC 1274-5. 10"-Astrograph bei 840mm, FLI 8300, 14×400s (R), 15×400s (G), 14×400s (B). *Gerald Rhemann*

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

Titan Unveiled



Die Geschichte der Erforschung des Saturnmonds Titan – des einzigen Mondes unseres Sonnensystems mit einer Atmosphäre – ist noch jung. Ihre ersten Kapitel, aufgeschlagen vor allem durch die Raumfahrtmissionen Voyager und Cassini, erzählt dieses Buch des Astronomen Ralph Lorenz und der Wissenschaftsjournalistin Jacqueline Mitton. In den frühen 80er Jahren erreichten uns die ersten Eindrücke von dieser fremdartigen Welt. Die Mission Cassini-Huygens, ihr Start 1997, die Ankunft am Saturn im Jahr 2004, der Abstieg der Huygens-Sonde 2005 und die darauffolgenden wissenschaftlichen Ent¬deckun¬gen sind ihre weiteren Kapitel. In spannender Weise, mit viel Hintergrund¬informationen und zahlreichen Illustrationen geben die Autoren einen umfassenden Einblick in die bisherige Erforschung des einzigartigen Himmelskörpers Titan.

■ Thomas Rattei

Ralph Lorenz, Jacqueline Mitton: Titan Unveiled – Saturns Mysterious Moon Explored: Saturn's Mysterious Moon Explored. Princeton University Press 2008, ISBN 978-0691125879, 296 S., ca. 26€

Kleinanzeigen

Verkaufe für GM-8 oder G-11 Montierung eine Gegengewichtsstange Preis 45,- € zzgl. 5,90€ Versand innerhalb Deutschland. Stange wurde auf 30mm abgedreht • E-Mail: hyakutake@freenet.de, Tel.: , E-Mail: hyakutake@free-net.de

Verkaufe Skywatcher-Spiegelteleskop 150/750 ca. 1/2 Jahr alt auf EQ-3-2 Montierung in sehr gutem Zustand inklusive 6×30 Sucher und 2 Super Okularen 1,25" mit 25 und 10 mm Brennweite. Preis VB 200,-€. PLZ85649 • Ludwig Stafner, Tel.: 0172/8212661, E-Mail: Luckis@gmx.de

Verkaufe Refraktor (Apo von TMB: 105/650), auf einem Berlebachstativ (UNI 29) mit Stativkopf 2D-Perfekt montiert mittels einer Giro III mount; dazu Zenitspiegel und Peilsucher. Komplettpreis: 1800,-€. E-Mail: luloe@t-online.de oder 02405/896814 • norbert duengfelder, Tel.: 02405896814, E-Mail: luloe@t-online.de

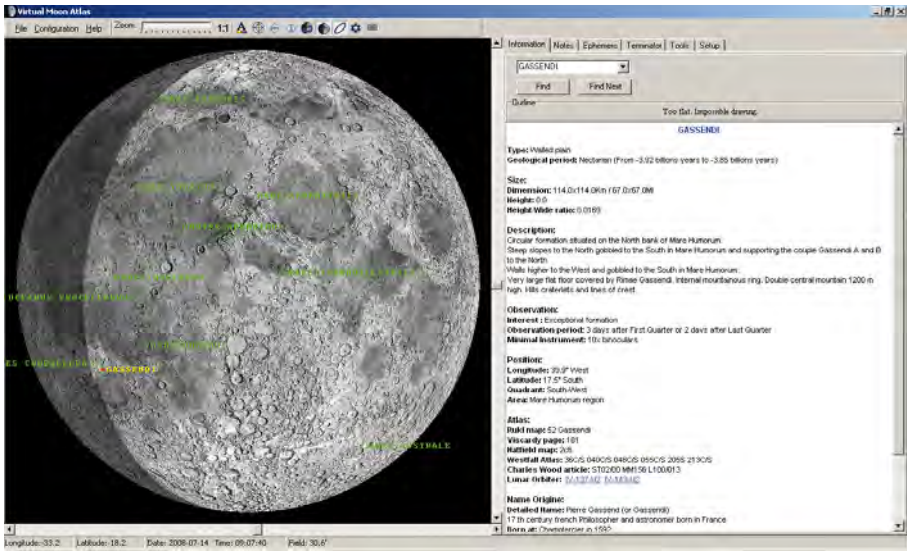
Verkaufe Neuwertiges MEADE Teleskope LX 200 aus Beruflichen Gründen das Gerät ist nur 1mal Benutzt worden. Neupreis 4850,-€ VK 4450 VB Computer Steuerung. 1 Sonnenfilter Farbfiltersatz mit 6 Farbfiltern Stative mit Pohlhöhenaxe 7 Okularen 3 fach Barlow-Lenz und vieles mehr Das zubehör beindendt sich in 2 Alukoffern. SELBSTABHOLER • Peter Taucher, Tel.: 069-26316438, E-Mail: Peter.Taucher@Dresdner-Bank.com

Verkaufe Dobson Teleskop "Meade Lightbridge", 10 Zoll,inkl. 30mm Weitwinkel Okular, 13mm Hyperion Okular, 5mm Hyperion Okular, Telrad Finder Neupreis komplett 990,-€, Zustand absolut neuwertig, Verkaufspreis 680,-€ • Kontakt unter 06825/404052

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

Virtual Moon Atlas 6

Pünktlich zum 6. Geburtstag des Virtual Moon Atlas haben die Autoren im Mai 2008 neue Versionen der populären Software bereitgestellt. Drei neue Programmpakete mit abgestuftem Funktionsumgang können im Internet kostenfrei heruntergeladen werden: »3.5b Light« (6 MB), »3.5b Expert« (14 MB) und »4.0 Pro« (422 MB). Die Software kann auf Windows-PCs oder -Emulatoren (Mac, Linux) installiert werden, wobei die Ansprüche an die Hardwareausstattung mit der Programmgröße steigen. Wir haben den Virtual Moon Atlas englischer Sprache getestet; er ist auch in Französisch verfügbar. Auf der Webseite der Autoren stehen weitere Sprachpakete (incl. Deutsch) zum Download bereit. Die Online-Hilfe (funktioniert auch ohne Internet-Zugang) gibt es momentan nur in Englisch und Französisch. Sie erleichtert mit einem Tutorial den Einstieg und bietet eine Referenz aller Funktionen der Programme.



Christian Legrand and Patrick Chevalley: Virtual Moon Atlas. GNU General Public License (GPL), für Windows 95/98/NT/ME/2000/XP/Vista, Download: www.ap-i.net/avl/en/start

Der Virtual Moon Atlas ist eine umfangreiche Datenbank von Text- und Bild-Informationen zu unserem kosmischen Nachbarn. Das Programm bietet die dafür notwendigen Darstellungs- und Suchmöglichkeiten. Bereits in der »Light«-Version lässt sich der Atlas sehr gut für die Vorbereitung und Auswertung von Mondbeobachtungen einsetzen. Auf der virtuellen Mondkarte kann der Anblick des Mondes in verschiedenen Instrumenten simuliert werden, auch in einer Ansicht, die dem Blick durchs Okular entspricht. Eine Liste der gerade am Terminator befindlichen und mit dem jeweiligen Instrument sichtbaren Objekte gibt Beobachtungsanregungen. In den »Expert«- und »Pro«- Versionen nehmen der Datenumfang, die Auflösung der Mondoberfläche und die Vielfalt der Darstellungsmöglichkeiten zu. So bietet die »Pro«-Version neben geologischen Karten auch eine neue, hochaufgelöste Textur des Lunar Orbiter, eine Datenbank pyroklastischer Ströme und vieles mehr.

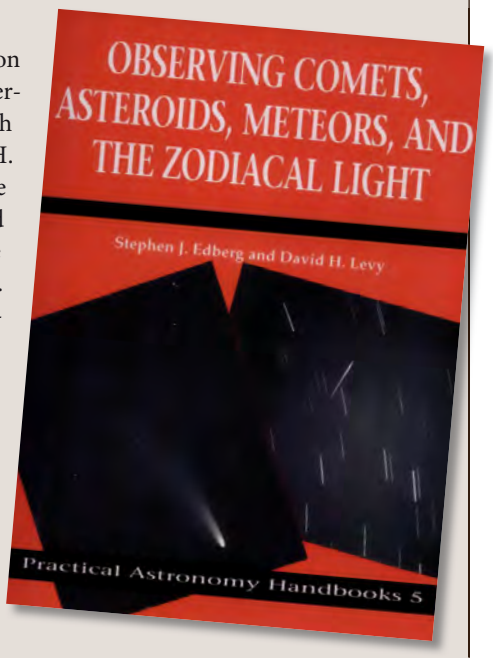
Ob gelegentlicher Mondbeobachter oder Mondexperte – die drei neuen Versionen des Virtual Moon Atlas bieten für jeden Beobachtertyp einen kostenfreien und bequem benutzbaren Mondatlas für den PC mit reichhaltiger Datenbasis. Hoffentlich erlebt er viele weitere Geburtstage!

■ Thomas Rattei

Observing Comets

Bei Cambridge University Press ist eine neue Ausgabe dieses bekannten Buches von Levy und Edberg im Paperback erschienen. Wer dabei auch auf eine inhaltliche Überarbeitung gehofft hat, sieht sich beim Blick in die neue Ausgabe getäuscht: Das Buch entspricht der Hardcover-Erstauflage von 1994. Der bekannte Kometenjäger David H. Levy und der Herausgeber Stephen Edberg stellen darin für die Beobachtungsobjekte Kometen, Asteroiden, Meteore und das Zodiakallicht jeweils deren Historie, Natur und Nomenklatur und astronomische Beobachtungstechniken dar. Zusätzlich gehen sie auf weiterführende Techniken wie Astrometrie, Spektroskopie und Photometrie ein. Obwohl das Buch ein Klassiker auf seinem Gebiet ist, wirkt der Inhalt nunmehr veraltet, fehlen doch moderne Beobachtungsmethoden wie Video-Meteorbeobachtung oder CCD-Fotografie von Asteroiden. Der Kauf empfiehlt sich daher nur, wenn man dieses klassische Buch in seinem Bücherregal bisher vermisste.

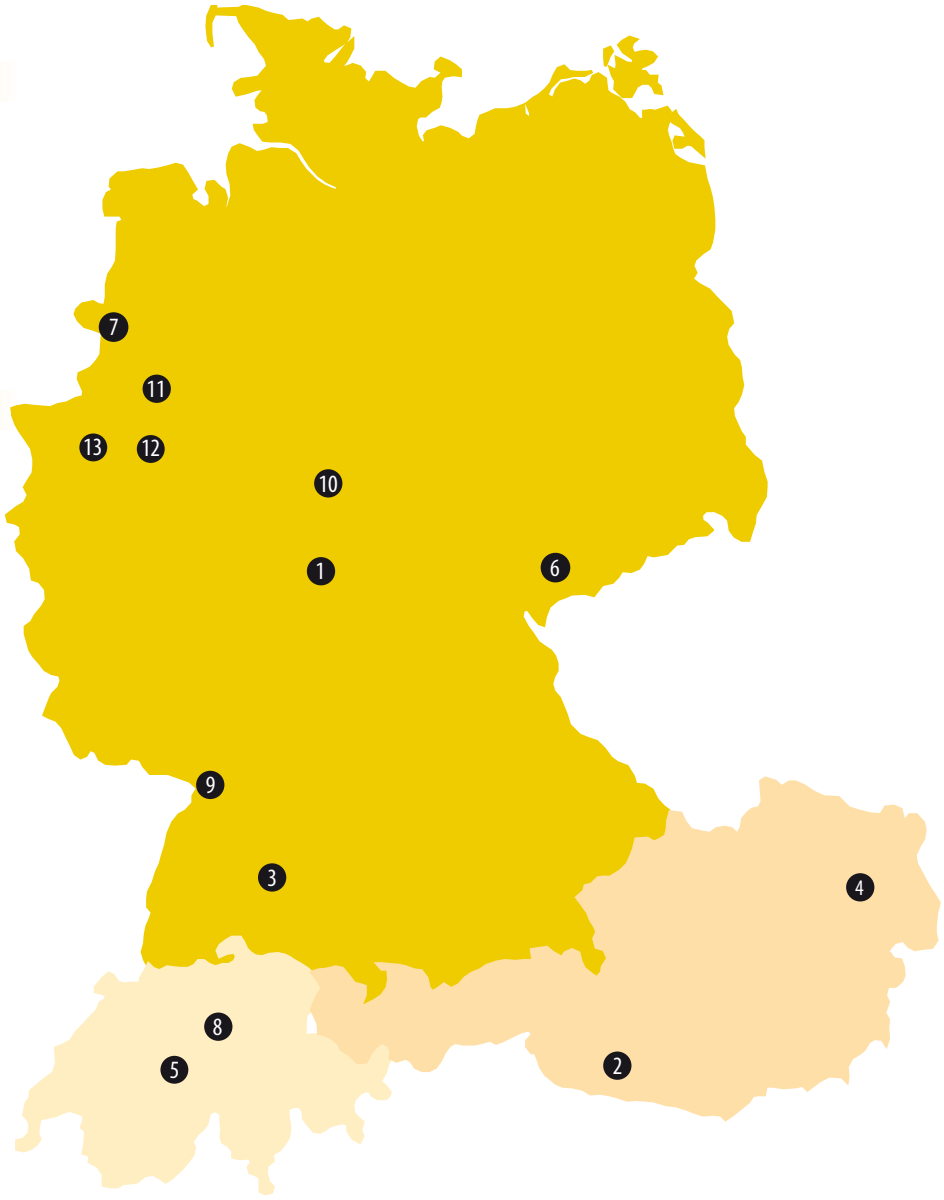
■ Thomas Rattei



Stephen J. Edberg, David H. Levy: Observing Comets, Asteroids, Meteors, and the Zodiacal Light (Practical Astronomy Handbooks). Cambridge University Press 2008, ISBN 978-0521066273, 259 S., ca. 25€

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

Termine für Sternfreunde **Oktober/November 2008**



Messe

13 **29.11.: 13. Hattinger Astronomischer Trödeltag (HATT),** Realschule Hattingen Grünstraße
ⓘ Ingo B. Schmidt, Schonnefeldstr. 23, D-45326 Essen, 0201-8336082, ingo.schmidt@cneweb.de, www.sternwarte-hattingen.de

Teleskoptreffen

1 **1.–5.10.: Herbst-Teleskop-Treffen Vogelsberg (TTV),** Sternenwelt Vogelsberg.e.V, 36325 Feldatal,
ⓘ Christina Marx, 06402/809573, info@sternenwelt-vogelsberg.de, www.sternenwelt-vogelsberg.de

2 **2.–5.10.: 24. Internationales Teleskoptreffen (ITT),** Emberger Alm, Kärnten
ⓘ Gerhard Riedl, 0043-4712-796, riedl.gerhard@chello.at, www.embergeralm.info/stella/

3 **3.–5.10.: 15. Schwäbisches Amateur- und Fernrohrtreffen (SAFT),** Roßberg bei Reutlingen
ⓘ Sternwarte Reutlingen, Karlstr. 40, 72764 Reutlingen, info@sternwarte-reutlingen.de, www.sternwarte-reutlingen.de/saft/

5 **4.10.: 7. Zumstein-Teleskoptreffen auf der Gurnigel-Passhöhe,** Restaurant Berghaus Gurnigel
ⓘ Anmeldung erforderlich bei Michel Figi, Foto Video Zumstein, Bern, Tel. 0041/31/3112113, astro@foto-zumstein.ch, www.foto-zumstein.ch/astronomie_events.php?shownews=11

Fachtagung

4 **3.–5.10.: Astropraxis-Wochenende der Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie (WAA),** Gasthof Postl bei Maiersdorf, Naturpark Hohe Wand
ⓘ Wiener Astronomische Arbeitsgemeinschaft, Fraungrubergasse 3/1/7, A-1120 Wien, 0043/664/2561221, www.waa.at

6 **11.10.: Workshop Digitale Fotografie in der Astronomie, Zeiss-Planetarium und Sternwarte Schneeberg**
ⓘ Heinrich-Heine-Str. 13a, 08289 Schneeberg sternwarteschneeberg@t-online.de, www.sternwarte-schneeberg.de.

8 **24.–25.10.: Space Forum – Space Days 2008: »Leben im Universum«,** 24.10.: Kantonsschule Enge; 25.10.: Hotel Uto-Kulm auf dem Uetliberg, Steinentischstrasse 10, 8002 Zürich
ⓘ Schweizerische Raumfahrt-Vereingung, www.srv-ch.org/, udaquino@planetarium-zuerich.ch

9 **25.–26.10.: Astromarkt und Regionaltagung in der Littlehamptonhalle in Durmersheim**
ⓘ Sternfreunde Durmersheim und Umgebung e.V., Jürgen Linder, 07245/937594, cometmillenium@yahoo.de

10 **1.–2.11: Tagung der VdS-Fachgruppe »Geschichte der Astronomie«,** Landesmuseum Kassel
ⓘ Wolfgang Steinicke, Gottenheimerstr. 18, D-79224 Umkirch,07665/51863, wolfgang.steinicke@vds-astro.de, http://geschichte.fg-vds.de

11 **8.–9.11.: Einblicke in das Hobby Astronomie,** LWL Museum für Naturkunde Münster
LWL Museum für Naturkunde, Sentruper Straße 285, 48161 Münster
ⓘ Sternfreunde Münster, www.sternfreunde-muenster.de/stfms.php

12 **15.11.: 27. Bochumer Herbsttagung (BoHeTa),** Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstr. 150, Hörsaal HMA 10 an Gebäude MA
ⓘ Peter Riepe, Lortzingstr. 5, D-44789 Bochum, fg-astrofotografie@vds-astro.de, www.boheta.de

Sternwartenfest

7 **11.10.: 6. Praktischer Astronomischer Samstag (PaS),** Sternwarte Neuenhaus
ⓘ Christoph Lohuis, 05941/990904, info@avgb.de, www.avgb.de

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

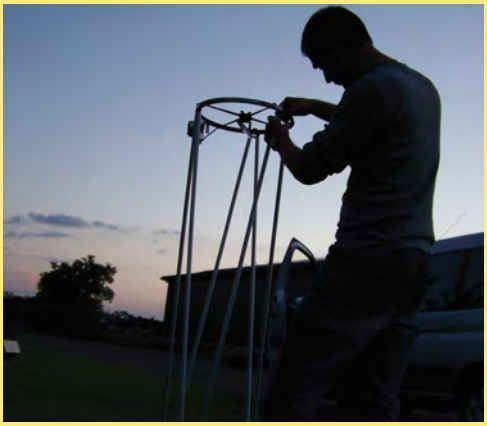
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Demnächst in interstellarum

Aktueller Stand der Planungen für die nächsten Ausgaben. Aufgrund von aktuellen Ereignissen können sich Verschiebungen ergeben.

Billig-Teleskope

INTERSTELLARUM



FRANK GASPARINI

Für zehntausende Menschen sind sie das erste Teleskop: Billigfernrohre aus dem Versandhandel oder Internetauktionen. Wir haben zwei typische Modelle getestet und mit Alternativen wie Spektiv und Fernglas verglichen – wieviel Teleskop gibt es für weniger als 100 Euro?

Teleskop-Umfrage

Wie zufrieden sind Fernrohr-Besitzer mit ihren Instrumenten? Welcher Teleskoptyp erhält gute Noten, welcher Hersteller schneidet gut ab? Bei der größten jemals weltweit durchgeführten Umfrage zu Amateurfernrohren haben insgesamt 900 Sternfreunde mit 2500 Teleskopen teilgenommen – wir stellen die Resultate vor.

Reise-Dobsons

Große Öffnung, wenig Gewicht – dieser Trend ist seit Jahren zu Verfolgen. In den letzten Monaten hat sich der Markt deutlich erweitert. Wir vergleichen drei aktuelle 12"-Modelle made in Germany.

Neuheiten 2008/9

Haben Sie noch den Überblick am Fernrohrmarkt? Wir listen alle ca. 700 im deutschen Sprachraum erhältlichen kommerziellen Teleskope auf – außerdem Montierungen und Okulare. Mehr als 25 aktuelle Neuheiten stellen wir in Wort und Bild ausführlich vor.

Das Themenheft Teleskope ist ab 17.10.2008 im Zeitschriftenhandel erhältlich!

Aktuelle Berichte, Meldungen aus der Forschung und Neuigkeiten aus der Astroszene erhalten Sie alle 14 Tage im kostenlosen interstellarum-Newsletter.

Inserenten dieser Ausgabe

APM Telescopes	58	Goran Hosinsky	7	Sahara Sky	77
AP Nidderau	77	Intercon Spacetec	4/5	Farm Tivoli	51
Astronomie.de	74	Kosmos-Verlag	80	Röger GmbH	77
Astro!nfo	7	Wolfgang Lille	7	The Imaging Source	49
Astrocom	U3	Lunt Solar Systems	27	Teleskop-Service	80
Astro-Shop	U2	Meade Instruments	U4	Astro Optik GmbH	31
Astrolumina	41	Gerd Neumann jr.	24	Astro Optik Kohler	7
Astrotreff	77	Oculum-Verlag	66/79	Wissenschaft Online	13
Fujinon Europe	6	nimax GmbH	8/9		

Impressum

www.interstellarum.de | **ISSN:** 0946-9915

Verlag: Oculum-Verlag GmbH, Westliche Stadtmauerstr. 30a, D-91054 Erlangen
WWW: www.oculum.de
E-Mail: info@oculum.de
Tel.: 09131/970694
Fax: 09131/978596

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

Bezug: Jahresbezugspreise 2008 inkl. Zustellung frei Haus: 54,90 € (D), 59,90 € (A, CH), 59,90 € (Ausland), erscheint zweimonatlich Anfang Feb., Apr., Jun., Aug., Okt., Dez., zusätzlich 2 Hefte interstellarum »Thema«

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

PRESSE Fachhandel

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

Grafik und Layout: Diana Hoh

Redaktion: redaktion@interstellarum.de
Ronald Stoyan (Chefredaktion), Daniel Fischer, Susanne Friedrich, Frank Gasparini, Stephan Schurig

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

Astrofotografie: Siegfried Bergthal, Stefan Binnewies, Radek Chromik, Ullrich Dittler, Torsten Edelmann, Bernd Flach-Wilken, Michael Hoppe, Bernhard Hubl, Michael Jäger, Bernd Koch, Erich Kopowski, Walter Koprolin, Bernd Liebscher, Norbert Mrozek, Gerald Rhemann, Andreas Rörig, Johannes Schedler, Rainer Sparenberg, Sebastian Voltmer, Mario Weigand, Volker Wendel, Dieter Willasch, Peter Wienerroither, Thomas Winterer

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

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

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

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

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

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

Geschäftliche Anzeigen: es gilt Preisliste Nr. 9 vom 1.11.2007
Stephan Schurig, Anzeigenleitung, Fax: 09131/978596,
E-Mail: werbung@interstellarum.de

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