

## SCHWARZE LÖCHER

## Am Horizont

Künstlicher Ereignishorizont im Glasfaserkabel erzeugt

**Man nennt sie Massemonster, stellt den Weg zu ihnen als Einbahnstraße ins Verderben dar und macht sie für den Tod so manchen Sterns verantwortlich. Dass Forscher sich Imitate eines Schwarzen Lochs nun in ihr Labor holen, mutet da mehr als waghalsig an.**

Schwarze Löcher sind etwa so bekannt wie bunte Hunde, doch im Gegensatz zu den illustren Vierbeinern ist unsere Vorstellung von ihnen doch mehr als rudimentär. Horrorgeschichten, die vom zerrissenen Astronauten bis hin zum Tod unserer Milchstraße durch das supermassereiche Monster in ihrem Zentrum alles bieten, ranken sich um diese kosmischen Objekte. Auch wenn Astronomen schon ein etwas, sagen wir, differenzierteres Bild von ihnen haben, so ist es noch keineswegs ausgereift.

Zumindest ist heute klar, dass Schwarzes Loch nicht gleich Schwarzes Loch ist. Im All finden sich relativ kleine Vertreter, die wohl einst aus dem Ableben massereicher Sterne hervorgingen - sie besitzen nur wenige Sonnenmassen. Strittig ist bislang noch die Existenz der Mittelklasse mit einigen hundert bis tausend solaren Massen. Die in Galaxienkernen vermuteten supermassereichen Exemplare bringen hingegen ein paar Millionen bis Milliarden Sonnenmassen auf die Waage - ihre Entstehung gibt bislang allerdings noch Rätsel auf.

Ihnen allen ist gleich, dass ihre Masse auf einen Punkt zusammengequetscht ist - unsere Erde müsste man etwa in einen Fingerhut pressen, um ein solch kompaktes Objekt zu erschaffen. Damit besitzen sie eine enorme Anziehungskraft und nichts - nicht einmal Licht - kann entkommen, wenn es denn einmal eine gewisse Schwelle übertreten hat:

**Fortsetzung Seite 2**



Landet am 25. Mai 2008 auf dem Mars: die Raumsonde Phoenix.  
© NASA

## DAS AKTUELLE STICHWORT

## RAUMSONDE PHOENIX

**Karge und staubtrockene Wüsten überziehen den Planeten Mars. Auf seiner Oberfläche gibt es weder Luft zum Atmen noch Wasser, und auch die tiefen Temperaturen machen ihn augenscheinlich zu einem äußerst lebensfeindlichen Ort. Ob dem wirklich so ist, soll die Raumsonde Phoenix herausfinden.**

Über dreißig Jahre ist es her, dass die Viking-Sonden der Nasa die ersten biologischen Experimente auf dem Mars durchführten. In kleinen Hightech-Laboren fahndeten sie nach Stoffwechselprodukten und Hinweisen auf Photosynthese. Allerdings ohne Erfolg: Nur Wasser und Kohlendioxid konnten sie nachweisen.

Die Raumsonde Phoenix soll nun die Mission der Viking-Sonden fortführen. Am 4. August 2007 startete sie vom Weltraumbahnhof Cape Canaveral in Florida ins Weltall. Nach fast zehn Monaten und einer 680 Millionen Kilometer langen Reise soll sie dann auf dem Mars aufsetzen, um die wechselvolle Geschichte des marsianischen Wassers zu erforschen und mögliche Hinweise auf ehemaliges Leben aufzuspüren.

**Fortsetzung Seite 3**

Liebe  
Leserin,  
lieber  
Leser ...



... unser Nachbar hat neuen Besuch: Seit dem 26. Mai sucht die Raumsonde Phoenix auf dem Roten Planeten nach Spuren von Wasser und Leben. Erste Bilder und Daten lassen bereits hoffen, dass die Mission noch einige interessante Erkenntnisse liefern wird.

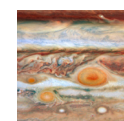
Doch bietet die Astronomie noch weit mehr Spannendes, Faszinierendes und Erstaunliches. Mit diesem Themenspezial möchten wir Sie auf eine Entdeckungsreise mitnehmen.

Viel Spaß beim Schmökern  
wünscht

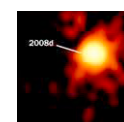
Richard Zinken  
Chefredakteur spektrumdirekt



Unter den Wolken  
Seite 4



Dritter roter Fleck  
auf Jupiter  
Seite 6

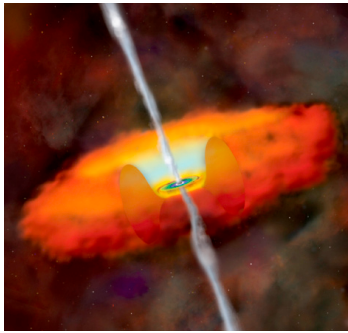


In flagranti  
erwischt  
Seite 7



Zwerg und Riese  
in der Opposition  
Seite 9

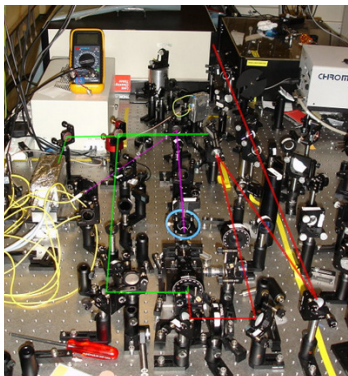
**DenkMal** Seite 5  
(Auflösung Seite 12)



### MODELL EINES AKTIVEN GALAKTISCHEN KERNS

Zu sehen ist ein aktiver galaktischer Kern, wie ihn sich die Wissenschaftler heute vorstellen. Ein zentrales Schwarzes Loch ist von einer Akkretionsscheibe und einem dichten Staubtorus umgeben. Das längliche Gebilde ist ein so genannter Jet aus heißem Plasma.

© NASA



### DAS EXPERIMENT

Versuchsaufbau für die Messung der Blauverschiebung des Lichts am Horizont eines Weißen Lochs. Der blaue Ring markiert die Stelle, an der 1,5 Meter optische Faser aufgerollt sind. Die blauen und roten Linien zeichnen die Lichtwege nach. Die Laserpulse folgen dem roten Pfad, während das infrarote Licht in einem Laser, hier eingehüllt in Alufolie, erzeugt wird und dem grünen Weg folgt. Beide treffen sich in dem Glasfaserkabel, wo ein Ereignishorizont für das infrarote Strahlung entsteht.

© Chris Kuklewicz

## FORTSETZUNG VON SEITE 1

### Am Horizont

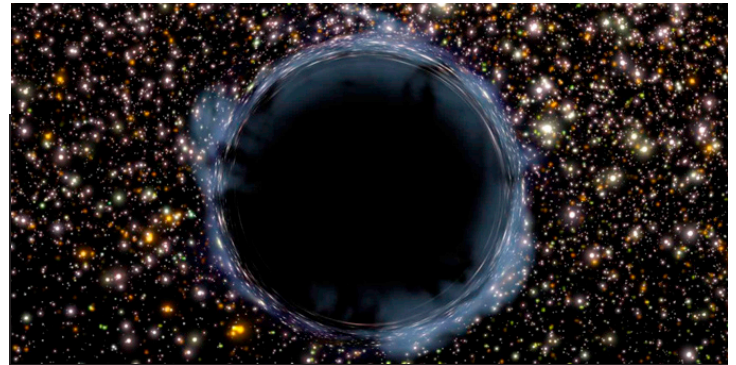
Künstlicher Ereignishorizont im Glasfaserkabel erzeugt

den so genannten Ereignishorizont. Das macht es aber auch sehr unwahrscheinlich, diese Grenze und ihre Eigenschaften jemals direkt beobachten zu können. Und so suchen Wissenschaftler händierend nach handlichen Modellen dieses Phänomens.

Ein neues Experiment von Ulf Leonhardt und seinen Kollegen von der Universität St. Andrews in Schottland könnte genau das sein. Inspiriert ist ihr Versuch durch eine simple Überlegung: Die Physik um ein Schwarzes Loch ähnelt einem Fluss, der sich auf einen Wasserfall - die Singularität - zubewegt. Je näher er dem Abgrund kommt, desto schneller fließt das Wasser in ihm. Schwimmen nun Fische darin gegen den Strom, so kommen sie ab einem bestimmten Punkt nicht mehr gegen die Strömung an - genau dort, wo sie langsamer sind als die Fließgeschwindigkeit.

Nimmt man nun, an die Fische seien Lichtwellen und die Fließgeschwindigkeit entspräche der Anziehungskraft des Schwarzen Lochs, dann kommt jener Punkt dem Ereignishorizont gleich - hinter dieser Grenze sind Fische beziehungsweise Licht für immer in der Strömung gefangen. Stellt man sich andersherum vor, dass der Fluss in einen See fließt, dann nimmt die Geschwindigkeit des Wassers allmählich ab. Fische, die vom See in den Fluss schwimmen wollen, scheitern ebenfalls an dem Punkt, an dem das umgebende Nass schneller ist als sie selbst. Ein Analogon für ein so genanntes Weißes Loch - ein Objekt, in das nichts eindringen kann.

Den Forschern um Leonhardt gelang nun der erste experimentelle Nachweis der optischen Effekte am Ereignishorizont eines solchen Objekts. Dafür schickten sie zunächst ultrakurze Laserpulse in ein 1,5 Meter langes Glasfaserkabel. Jeder Puls verändert die optischen Eigenschaften der Faser und simuliert dadurch eine Art fließendes Medium.



### SCHWARZES LOCH

Wenn es nicht von einem heißen Materiestrudel umgeben ist, verrät sich ein Schwarzes Loch nur durch seinen Schatten und durch eine optische Verzerrung des Sternenhimmels.

© NASA, STScI

Tatsächlich wird allerdings keine Materie vom Fleck bewegt.

Zudem entsandten sie infrarotes Licht, also kontinuierliche Wellen, in den Lichtleiter und damit in eine reißende Strömung. An der hinteren Flanke der Pulse bildet sich der Theorie nach nun der Horizont eines Weißen Lochs aus, während sich an der vorderen derjenige eines Schwarzen Lochs auftut. Dort nämlich, wo die lokale Geschwindigkeit der Strömung die der Welle übersteigt. Am Weißen Loch sollte das einfallende Infrarotlicht nun gestaut werden und damit hinterher zu kürzeren Wellenlängen verschoben sein. Tatsächlich konnten die Wissenschaftler eine solche Blauverschiebung im Spektrum nachweisen.

Anhand von theoretischen Berechnungen schließen Leonhardt und sein Team, dass sich mit ihrem Modell möglicherweise sogar Quantenereignisse am Ereignishorizont nachweisen lassen. Darunter fiel insbesondere die geheimnisvolle Hawking-Strahlung, die vielleicht von Schwarzen Löchern ausgeht. Der britische Physiker Stephen Hawking hatte diese Hypothese bereits Mitte der 1970er Jahre vorgeschlagen.

Denn laut der Quantentheorie entstehen überall im Raum fort-

während Paare aus Teilchen und entsprechendem Antiteilchen, um kurz darauf wieder gemeinsam zu zerstrahlen. Bildet sich ein solches Pärchen zufällig in der Nähe des Ereignishorizonts, könnte eines der Teilchen auf Nimmerwiedersehen im Schlund verschwinden, während das andere entkommt. Gesetzt den Fall die Energie der beiden Partikel stammte aus dem Schwarzen Loch, wäre es also doch möglich, ihm wieder etwas abzugewinnen.

Nur leider ist die Strahlung so schwach, dass eine direkte Beobachtung nahezu ausgeschlossen ist. Hier könnten die künstlichen Schwarzen Löcher helfen, denn auch sie sollten nicht vollkommen schwarz sein. Spontan sollten an den nachgeahmten Ereignishorizonten Photonenpaare entstehen und damit ein Imitat der schwer fassbaren Hawking-Strahlung. Damit könnte der Nachweis also vielleicht endlich gelingen. Und zum Schluss noch eine gute Nachricht für alle Schwarzmaler: Trotz der frappierenden Ähnlichkeit zu ihren großen Brüdern, sind die Laborlöcher vollkommen ungefährlich - ist es doch nur ein bisschen Licht. <<

von Maïke Pollmann

@ [www.spektrumdirekt.de/schwarzeloecher](http://www.spektrumdirekt.de/schwarzeloecher)

## FORTSETZUNG VON SEITE 1

DAS AKTUELLE STICHWORT

## RAUMSONDE PHOENIX

Mit Hilfe eines Roboterarms kann Phoenix nach erfolgreicher Landung bis zu einen Meter tiefe Löcher in den trockenen Marsboden graben, um nach einer Eisschicht zu suchen. Der Robotic Arm (RA) ist ein Ausleger am Phoenix-Lander, der insgesamt 2,35 Meter lang ist, mehrere Gelenke hat und in einer Schaufel endet. In vier Freiheitsgraden beweglich, kann er Bodenproben von der Oberfläche und von oberflächennahen Schichten entnehmen und in den Laborinstrumenten MECA und TEGA untersuchen.

Der Microscopy, Electrochemistry and Conductivity Analyzer (MECA) besteht aus vier Teilerperimenten: einem Optischen Mikroskop (OM), einem Rasterkraftmikroskop (AFM), einer Sonde zur Messung der Wärme- und Stromleitfähigkeit (TECP) und einem naschemischen Labor (WCL), in dem die Proben in Wasser gelöst und untersucht werden. MECA soll die chemische Zusammensetzung des Marsbodens anhand des pH-Werts, der Leitfähigkeit von Wärme und Strom, seiner Mineralogie, Körnung oder Farbe charakterisieren.

Der Thermal Evolved Gas Analyzer (TEGA) ist hingegen eine Kombination aus acht kleinen Schmelzöfen und einem Massenspektrometer. In den Öfen wird die Marserde samt Eis auf bis zu tausend Grad Celsius erhitzt, wobei das Instrument den Phasenübergang von festem zu flüssigem Zustand beobachtet – so lassen

sich Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung schließen. Entweichendes Gas wird im Massenspektrometer untersucht und bestimmt.

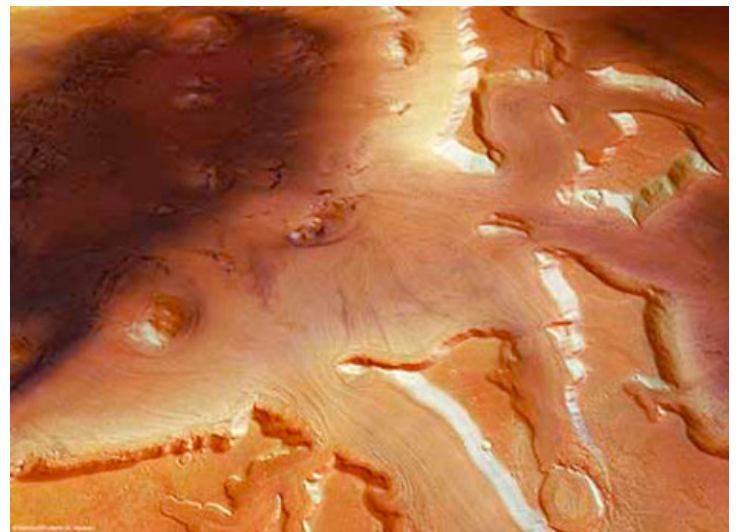
Insgesamt neunzig Marstage – etwas mehr als 91 Erdentagen – wird Phoenix auf diese Weise in seiner Primärmission den Marsboden erforschen und nach Wasser und eventuell organischen Molekülen suchen. Flüssiges Wasser gilt als eine Bedingung für die Entwicklung allen Lebens wie es auf der Erde vorkommt. An der Oberfläche des Mars kann es wegen des geringen atmosphärischen Drucks und der tiefen Temperaturen allerdings kein flüssiges Wasser geben.

Weitere sechzig Marstage wird die Sonde dann das marsianische Klima erkunden. Meteorologische Geräte messen täglich die Verteilung von Staub- und Eispartikeln in der Atmosphäre sowie Temperatur und Druck. Die Daten helfen den Wissenschaftlern zum Beispiel, das frühere Klima auf dem Mars zu simulieren und zukünftige Wetterprozesse vorherzusagen zu können.

Über die gesamte Zeit können die Wissenschaftler mit mehreren Kameras an Bord von Phoenix gestochene scharfe Aufnahmen der Landestelle machen – selbst Gegenstände mit nur 16 Mikrometer Größe können diese noch auflösen. Zudem sind auch Panoramaaufnahmen oder 3-D-Aufnahmen möglich.

Verantwortlich für den Betrieb der Sonde ist die University of Ari-

zona in Verbindung mit dem Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA. Der Gesamtaufwand für Phoenix beträgt inklusive Start und Betriebskosten etwa 420 Millionen Dollar; der deutsche Beitrag beläuft sich auf etwa ein Prozent dieser Summe. Eigentlich sollte Phoenix, damals noch unter dem Namen Mars Surveyor Lander 2001, schon vor sechs Jahren zum Mars fliegen. Nach dem Misserfolg des Mars Polar Lander im Jahr 1999 wurde er allerdings eingemottet. <<

**BLOCKGLETSCHER HINTERLASSEN IHRE SPUREN**

Die europäische Raumsonde Mars Express nahm dieses Foto der Marsregion Deuteronilus Mensae bereits am 14. März 2005 auf – mehr als zwei Jahre bevor es veröffentlicht wurde. Links im Bild zeigt sich der Rest eines alten Einschlagskraters, in den von rechts Täler einmünden. In ihnen lassen sich deutliche Fließspuren erkennen, die sich zum tiefer gelegenen Kraterinneren hinziehen. Sie entstanden durch so genannte Blockgletscher – Eisströme mit einem großen Anteil an Gesteinsbrocken und feinerem Material.

© ESA/DLR/Gerhard Neukum/FU Berlin

@ [www.spektrumdirekt.de/mars](http://www.spektrumdirekt.de/mars)

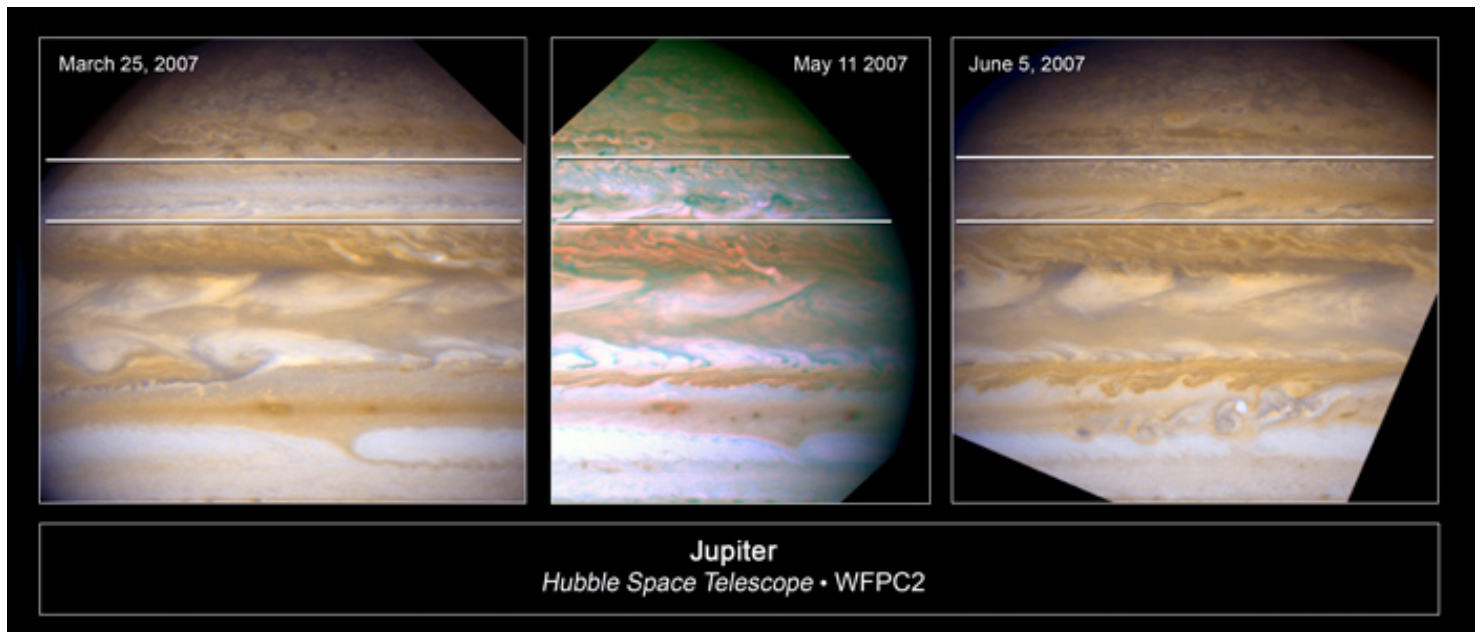
@ [www.spektrumdirekt.de/raumfahrt](http://www.spektrumdirekt.de/raumfahrt)

SONNENSYSTEM

## Unter den Wolken

Tiefer Blick in Jupiters Atmosphäre

Selbst die besten Teleskope erhaschen keine Blicke unter Jupiters dichte Wolkendecke. Doch manchmal genügt es darauf zu schauen, um etwas über das Darunter zu erfahren.



Jupiter ist zweifelsohne der Gigant im Sonnensystem: Würde man alle anderen Planeten des Sonnensystems zu einem Ball zusammenkneten, dann hätte man gerade mal die Hälfte seiner Masse. Und mit einem Durchmesser von etwa 143 000 Kilometern ist er auch der größte der acht Trabanten. Damit scheint sein Name gerechtfertigt - immerhin gilt er in der römischen Mythologie als Oberhaupt der Götter.

Der Hellste ist er allerdings nicht - Jupiter ist zwar mit bloßem Auge gut sichtbar, doch die Venus, ihres Zeichens Göttin der Liebe, übertrumpft ihn noch. Aus der Distanz bleibt verborgen, dass er ein so genannter Gasriese ist. Seine Dichte

liegt kaum über der von Wasser, denn größtenteils setzt er sich aus Wasserstoff und Helium zusammen. So hat Jupiter auch keine feste Oberfläche und noch nicht einmal eine klar begrenzte Atmosphäre. Bei einem Blick auf ihn sehen wir lediglich seine dichte Wolkendecke.

Abwechselnd helle und dunkle Bänder schieben sich da mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 700 Kilometern pro Stunde über den Planeten. Vereinzelt treten in der Atmosphäre auch Jetstreams auf: schlauchförmige Gebiete höchster Windgeschwindigkeiten, in denen die Wolken ost- oder westwärts treiben. Dieses Wetterphänomen findet sich auch auf der Erde, wenn sich Hoch- und Tiefdruckgebiete

ausgleichen - allerdings in weniger dramatischen Ausmaßen.

Im vergangenen Jahr entdeckten Wissenschaftler mit dem Weltraumteleskop Hubble, das ab und zu mal einen Blick auf den Gasriesen wirft, zufällig eine Störung in dem stärksten Jetstream des Planeten. Dieser tobt mit Geschwindigkeiten zwischen 140 und 180 Metern pro Sekunde umher. Astronomen auf der ganzen Welt verfolgten die Entwicklung von zwei konvektiven Stürmen in dem Strahlstrom: Zuerst wuchs eine runde, helle Wolke von etwa 500 Kilometern Durchmesser innerhalb von etwas mehr als einem Tag auf das vierfache an. Rund neun Stunden später hob sich etwa 63 000 Kilometer östlich davon eine zweite empor.

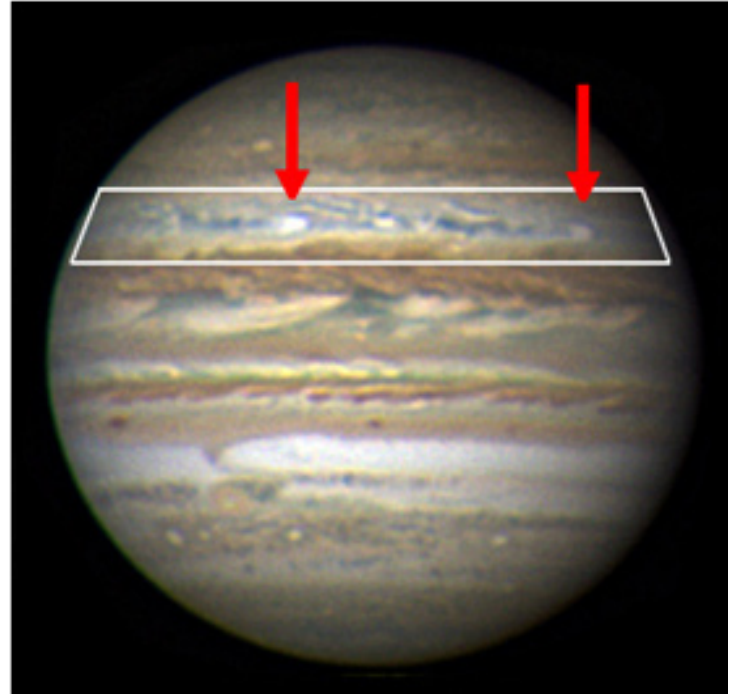
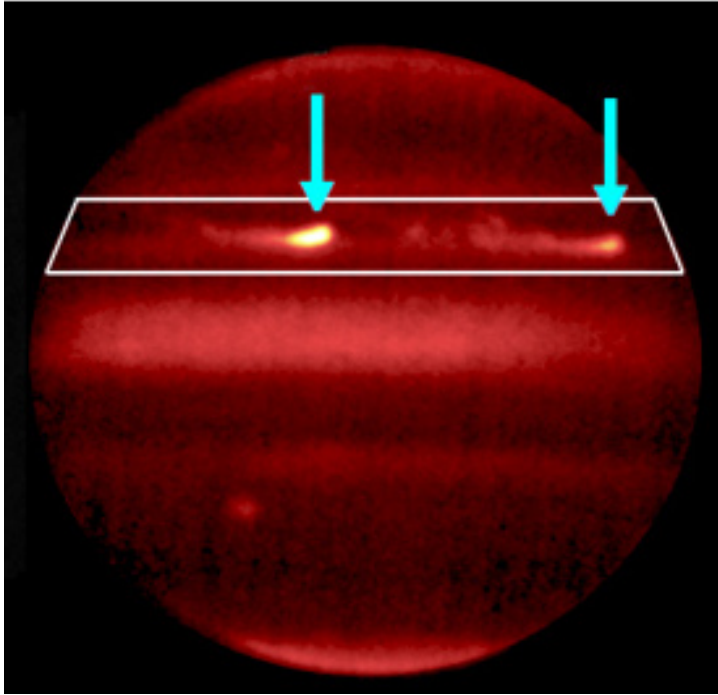
### TURBULENZEN

Die Bilder des Weltraumteleskops Hubble zeigen die zeitliche Entwicklung des stärksten Jetstreams auf Jupiter (zwischen den waagerechten Linien).

© NASA/ESA/GCP-UPV/EHU

&gt;&gt;

@ [www.spektrumdirekt.de/cassini](http://www.spektrumdirekt.de/cassini)



Die Gasschwaden türmten sich bis zu dreißig Kilometern über der eigentlichen Wolkendecke - enorme Energien sind dafür nötig. Die Bewegung der Gasmassen kann wertvolle Hinweise auf die Strukturen der darunterliegenden Atmosphäre liefern, war Forschern um Agustín Sánchez-Lavega klar - weshalb sie seither die zahlreichen Bilder begutachteten und das Geschehene zu beschreiben versuchten. Mit Hilfe von Computermodellen schlossen sie nun, dass die Winde nicht unterhalb der obersten Wolkenschicht abreißen, sondern bis tief in Atmosphäre reichen – weiter noch als die Sonnenstrahlung.

Um die Wolken derart hoch zu schleudern, müssen in der Atmosphäre bestimmte Bedingungen geherrscht haben, schreiben die Forscher. Ihre Modellrechnungen ergeben etwa Temperaturen unterhalb der Tropopause, einer Schicht

zwischen Troposphäre und Stratosphäre, die zwei bis fünf Grad niedriger sind als früher gemessen. Ob diese Differenz aus räumlichen Unterschieden resultiert oder aber aus einer zeitlichen Änderung der Temperaturstruktur ist bislang unklar. Sicher können sie hingegen sagen, dass die Geschwindigkeit des Jetstreams mit der Tiefe zunehmen muss. Dies deckt sich mit Messungen bei einem ähnlichen Ereignis im Jahr 1990.

Auch 1975 erspähten Astronomen ein Auftürmen von Wolken innerhalb eines Jetstreams. In allen drei Fällen bildeten sich jeweils zwei Gasschwaden, die sich mit ähnlichen Geschwindigkeiten bewegten. Auffällig ist auch die scheinbare Periode von 15 bis 17 Jahren. Man darf also gespannt auf das Jahr 2020 warten. <<

von Maïke Pollmann

#### WOLKENBRÜCHE

Erdgebundene Teleskope machten am 5. April 2007 diese Aufnahmen der hellen Gasschwaden: links im infraroten Spektralbereich und rechts in sichtbaren.

© NASA-IRTF/Zac Pujik, IOPW

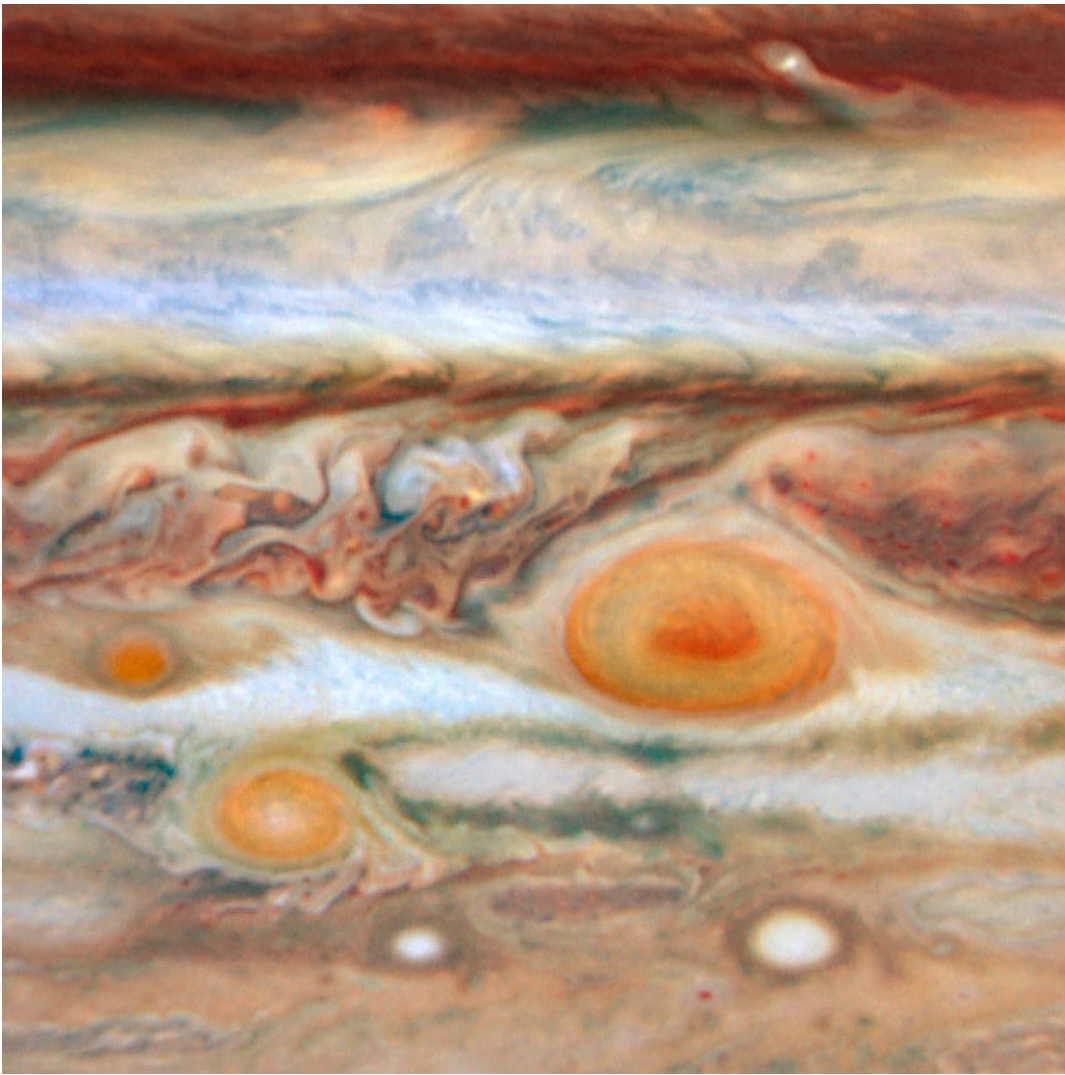
## DenkMal

Frage

Wie ist eine Astronomische Einheit definiert?

- Mittlerer Abstand zwischen Erde und Sonne
- Erdradius dividiert durch die Sonnenparallaxe
- Radius des Ein-Jahr-Sonnenorbits eines fiktiven Teilchens
- Große Halbachse der Erdumlaufbahn

Auflösung auf Seite 12



## PLANETEN

**Dritter roter Fleck auf Jupiter**

In der Atmosphäre des Jupiters hat sich ein dritter roter Fleck gebildet. Er bewegt sich auf dem gleichen Wolkenband wie die beiden anderen, ist aber wesentlich kleiner, wie Forscher um Phil Marcus von der University of California in Berkeley mit Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble und des Keck-Observatoriums herausgefunden haben.

Die roten Flecken sind Wirbelstürme, die bis zu acht Kilometer aus der umgebenden Wolkendecke des Gasriesen herausragen. Sie wirbeln Material aus den tieferen Schichten der Atmosphäre in die Höhe, wo es wahrscheinlich durch ultraviolettes Licht der Sonne über eine bislang unbekannt chemische Reaktion rot gefärbt wird. Der Große Rote

Fleck (GRF) ist Astronomen bereits seit mehr als drei Jahrhunderten bekannt, das zweite, als Junior-Fleck bekannt gewordene Sturmgebiet, war zunächst weiß und bekam erst vor zwei Jahren Farbe.

Halten GRF und der nun neu entstandene Fleck Kurs und Geschwindigkeit bei, dürften sie im August aufeinander stoßen. Dann werden sie entweder miteinander verschmelzen oder voneinander abprallen. Darüber hinaus zeigen die neuen Jupiter-Aufnahmen verstärkte Turbulenzen im Sturmgebiet von GRF. Beide Ergebnisse stützen die Vermutung eines globalen Klimawandels auf dem größten Planeten des Sonnensystems, bei dem sich die Atmosphäre - mit Ausnahme der Pole - aufheizt. (may) <<

**LAGE DES NEUEN ROTEN FLECKS**

**Der dritte rote Fleck in der Atmosphäre des Jupiter liegt westlich der beiden anderen Erscheinungen.**

© M. Wong and I. de Pater (University of California, Berkeley)

## KOSMOLOGIE

**Milchstraße nur halb so schwer**

Die Milchstraße hat nur rund halb so viel Masse wie bislang angenommen. Das ergab eine umfassende Himmelsdurchmusterung, verkündet das Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg: Unsere Heimatgalaxie bringt es demnach nur auf etwa 1000 Milliarden Mal so viel Masse wie unsere Sonne. Das Ergebnis spiele unter anderem eine wichtige Rolle für den Vergleich der Milchstraße mit anderen Galaxien, betont das Institut.

Eine internationale Forschergruppe um die Heidelberger Doktorandin Xiang-Xiang Xue hatte die Geschwindigkeiten von 2400 Sternen ermittelt, die auf weiten Bahnen die Milchstraße in den Außenbereichen umlaufen. Ihr Tempo verrät den Astronomen, wie schnell die Sterne sich bewegen müssen, um der Anziehungskraft des Milchstraßensystems und seiner sogenannten Dunklen Materie zu widerstehen. Die Dunkle Materie ist eine bislang weitgehend rätselhafte Form der Materie, die nicht leuchtet und sich nur durch ihre Gravitationswirkung bemerkbar macht. Gleichwohl stellt sie nach derzeitigem Wissen den weitaus größten Teil der Masse im Universum.

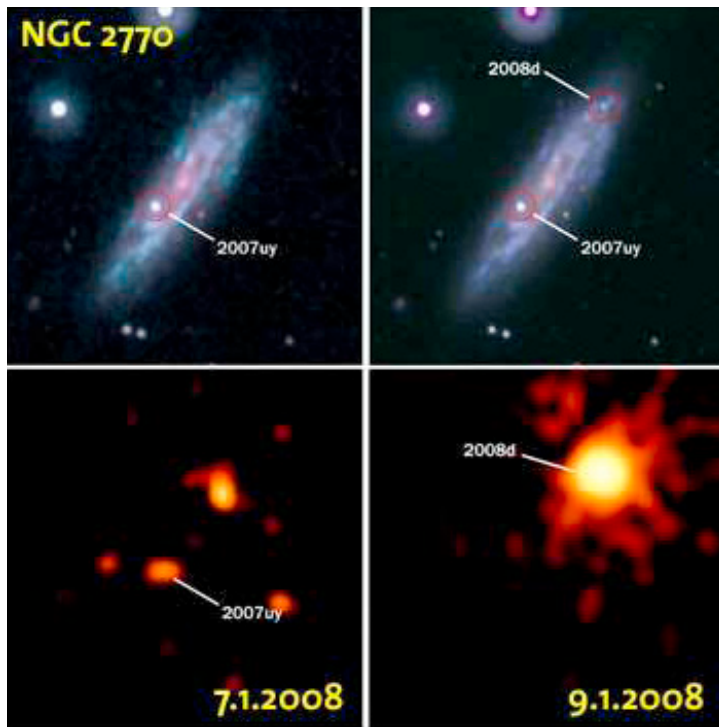
»Die Galaxis besitzt weniger Masse als wir dachten«, erklärt Xue. »Insbesondere gibt es viel weniger Dunkle Materie als bisher vermutet.« Die neue Untersuchung sei auch deshalb einzigartig, weil sie ein dreidimensionales Bild der Galaxis liefere. <<

STERNENTWICKLUNG

## In flagranti erwischt

Erstmals Supernova von Beginn des Ausbruchs an beobachtet

Eigentlich wollten sich Alicia Soderberg und Edo Berger nur die neuesten Daten einer bereits bekannten Sternexplosion anschauen. Doch was auf ihrem Computerbildschirm auftauchte, dürfte eine neue Ära der Supernovabeobachtung einläuten.



### SUPERNOVA AUS DEM NICHTS: SN 2008D

Während Routinebeobachtungen der Supernova 2007uy in der Galaxie NGC 2770 im Sternbild Luchs stießen Alicia Soderberg und Edo Berger am 9. Januar 2008 auf eine weitere Sternexplosion: SN 2008D. Noch nie konnte ein derartiges Ereignis in einem solch frühen Stadium beobachtet werden. Im UV/optischen Feld rechts oben ist 2008D bereits zu erkennen, im Röntgenbereich (unten) leuchtet sie so hell, dass 2007uy völlig überstrahlt wird.

© NASA (Swift Team) / spektrumdirekt

Massereichen Sternen ist kein langes Leben vergönnt, denn sie verbrennen ihren »Treibstoff« mehrere hundert Mal schneller als unsere Sonne. Das nukleare Feuer in ihrem Kern brennt heißer und so können dort - nachdem der ursprüngliche Wasserstoff aufgebraucht ist -, auch schwerere chemische Elemente synthetisiert werden. Diese Abläufe gehen in immer rasenderem Tempo vorstatten, die abschließende Fusion von Silizium zu Eisen dauert nur einige Tage.

Dann ist das Ende des Sterns unabwendbar. Wenn das Kernbrennen erlischt, wird keine Energie mehr erzeugt, die der Last der Gasmassen Einhalt gebieten kann - der Stern kollabiert unter seinem eigenen Gewicht. Obwohl der Kern aus Eisen besteht, kann er dem enormen Druck nicht standhalten, er fällt zu einem Neutronenstern mit nur noch etwa 20 Kilometer Durchmesser zusammen. An ihm prallt die nachstürzende Materie ab, und es läuft eine Druckwelle nach außen, die Röntgenstrahlung freisetzt und den Stern schließlich zerfetzt.

Hatten Soderberg und Berger diese Röntgenstrahlung auf dem Schirm, als sie sich am 9. Januar an der Princeton University die neueste Aufnahme des Satelliten Swift von NGC 2770 anschauten?

In Windeseile alarmierten sie Astronomen rund um den Globus, die alle verfügbaren Instrumente auf die 88 Millionen Lichtjahre entfernte Galaxie im Sternbild Luchs ausrichteten, darunter die Weltraumteleskope Hubble und Chandra, das Very Large Array in New Mexico und die Gemini-Nord- und Keck-I-Teleskope auf Hawaii.

Bald ist klar: Es handelt sich tatsächlich um eine Supernova, sie erhält den Namen SN 2008D. Und niemand zuvor hat eine Sternexplosion in diesem frühen Stadium beobachtet. Denn im sichtbaren Licht leuchten die abgesprengten Gashüllen erst hell auf, wenn sie durch den

radioaktiven Zerfall von Nickel zu Eisen zum Leuchten angeregt werden. Das ist aber erst eine Woche nach dem eigentlichen Kollaps oder noch später der Fall.

Soderberg, Berger und ihre 36 an der »Blitz-Kampagne« beteiligten Kollegen haben damit auch die 30 Jahre alte Theorie bestätigt, die die Röntgenstrahlung in diesem frühen Stadium einer Supernova vorher sagt. Allerdings sollte auch ein Ausbruch im Ultravioletten damit ein-

**»Wir waren am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, mit den richtigen Teleskopen und wurden Zeugen eines historischen Ereignisses«** (Alicia Soderberg)

hergehen. Beobachtet wurde jedoch nur ein mäßiges Aufleuchten. Stefan Immler, der die Supernova-Projekte des Swift-Teams leitet und die Beobachtung von SN 2007uy vorgeschlagen hatte, erklärt: »Theoretiker hatten jahrzehntelang vorhergesagt, dass der UV-Blitz viel heller sein sollte als der im Röntgenbereich. Unsere Beobachtungen revolutionieren daher unsere Kenntnis von Sternexplosionen und werden Astrophysiker jahrelang beschäftigen, bis sie im Detail verstanden sind.«

Die Wissenschaftler denken nun über den Bau eines Satelliten nach, der, wie Swift für Gammastrahlenausbrüche, den Himmel großflächig nach solchen Röntgenstrahlen absuchen soll. Den Forschern würden so vermutlich Hunderte von Supernovae jedes Jahr ins Netz gehen - und sie wären nicht mehr auf Kommissar Zufall angewiesen, um sie in flagranti zu erwischen. <<

von Oliver Dreissigacker

BLOGS Die Sterntagebücher im Netz

**KOSMologs**

@ [www.kosmologs.de](http://www.kosmologs.de)

## STERNEXPLOSIONEN

## Jüngste Supernova der Galaxis erspäht

Ein internationales Astronomenteam hat die Überreste einer Supernova untersucht, deren Explosion vor nur 150 Jahren zu beobachten war. Das Objekt ist damit die frischste aller Supernovaexplosionen in unserer Galaxis und 190 Jahre jünger als der bisherige Rekordhalter.

Die Überreste der Explosion von »G1.9+0.3« fielen den Astronomen um Dave Green von der Cambridge University ins Auge, als sie ältere Aufnahmen von 1985 und neuen Beobachtungen mit dem Very-Large-Array-Radioteleskop und dem Röntgenobservatorium Chandra miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, dass sich der Supernova-Überrest in den letzten 23 Jahren um rund 15 Prozent ausgedehnt hatte. Aus der Blähgeschwindigkeit rückgerechnet muss die Supernova vor 150 Jahren explodiert sein, so das Team.

Die Supernova ist damit nicht nur die jüngste, sondern auch die einzige, die in einem derart frühen Stadium nach der Explosion zu beobachten ist.

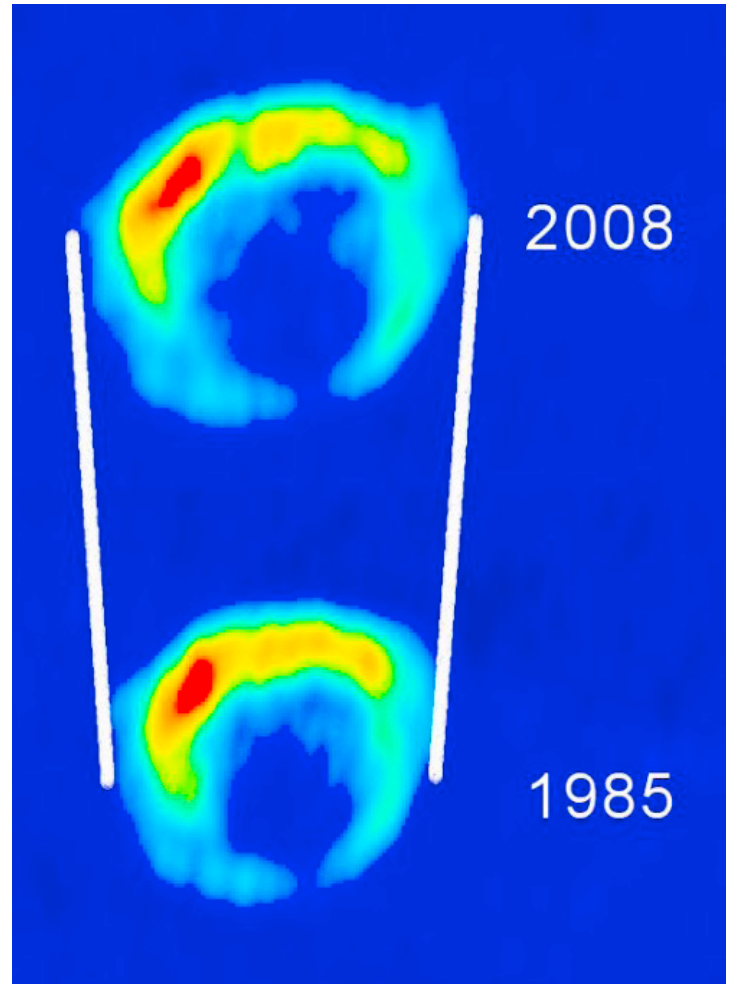
G1.9+0.3 liegt wohl in der Nähe des galaktischen Zentrums, ist aber nicht ganz exakt zu lokalisieren und von der Erde aus nur schwer zu

erkennen, weil dichte Staub- und Gaswolken sie verhüllen und den optischen Wellenlängenbereich blockieren. Als der Strahlenblitz der Supernova im Jahr 1850 die Erde erreichten, haben die damaligen Astronomen der viktorianischen Ära sie deswegen nicht sehen können. Im Radio- und Infrarotbereich verspricht der junge Supernova-Überrest in den kommenden Jahren nach Ansicht von Green wichtige Erkenntnisse über die Evolution der »jungen und daher sehr aufregenden« Supernova-Entdeckung. (jo) <<

#### SUPERNOVA-ÜBERREST BLÄHT SICH AUF

**Aufnahmen des frisch identifizierten, jungen Supernova-Überrestes G1.9+0.3: Im Radiowellenbereich wird hier wachsende Strahlungsintensität farblich von dunklem über helles Blau zu Grün, Gelb und Rot verdeutlicht. Die Supernova-Überreste blähten sich seit einem Bild aus dem Jahr 1985 bis heute um etwa 15 Prozent.**

© D. A. Green



© U.S. Naval Research Laboratory

## RAUMFAHRTPIONIERE

## Glückwunsch, Grapefruit!

Das älteste existierende Stück Weltraumschrott blickt auf stolze 50 Jahre im Orbit zurück

Frühjahr 1958, die ewigen Verlierer im Rennen um die Vorherrschaft im All sind verzweifelt. Gerade erst vor eineinhalb Monaten war wieder einmal routiniert das passiert, was hässliche Gewohnheit zu werden versprach: Ein Raketen-Startversuch, eine schnelle Explosion, Totalschaden, wieder einmal eine teure Vanguard-Rakete samt Nutzlast kaputt.

Und die damals ewigen Sieger im Rennen um den Kosmos, die

Sowjets, konnten wieder einmal feixen. Ihr erster, der Menschheit erster Satellit namens Sputnik 1 war schließlich schon vor vier Monaten im Orbit gewesen und hatte von dort aus tagelang per entnervender Funk-Piepstöne gen Erde geprahlt. Mit dem erst drei Monate später improvisierten, gerade einmal zwölf-tägigen Mini-Trip des fünfmal leichteren ersten US-Satelliten Explorer 1 ins erdnahe All war diese Schmach für die selbsterklärte freie

Welt nicht zu tilgen gewesen, zumal auf Sputnik 1 bald Version 2 gefolgt war.

Höchste Zeit also für neue Erfolge, fand das deprimierte US-Raumfahrtprogramm, und drückte der dreistufigen Vanguard-Rakete ganz besonders die Daumen, die da am 17. März vor 50 Jahren auf der Startrampe stand: Sie sollte ein Gerät für die Ewigkeit in die Umlaufbahn befördern - oder, nun gut, eine Sonde, die nach ersten Berech-

&gt;&gt;



nungen rund 2000 Jahre länger um die Erde kreisen sollte als Sputnik, der knapp drei Monate nach seinem letzten Pieps in der Erdumlaufbahn verglüht war. Der Name des auf Nachhaltigkeit getrimmten Gerätes an der Spitze der Rakete: Vanguard I.

Das Daumendrücken war nötig, und es half - der Start Mitte März 1958 ist einer von nur drei erfolgreichen der insgesamt elf Versuche mit der unzuverlässigen Vanguard-Rakete. Schließlich aber war Vanguard I im Orbit, eine eineinhalb Kilo schwere Aluminiumkugel. Prompt erhielt sie vom ersten Vorsitzenden des sowjetischen Zentralkomitees, Nikita Chruschtschow, den liebevollen Spitznamen Grapefruit-Satellit.

Das Orbitobst begann unbeleuchtet seine Arbeit, sammelte wissenschaftliche Informationen und sandte Flugdaten. Ausgestattet war das Gerät zum Beispiel mit inneren Temperaturmessfühlern, die die Qualität der isolierenden Hüllschichten überprüfen sollten. Das Messinstrumentarium lieferte Forschern auf dem Boden überdies erstmals vom All aus Informationen über die unrunde Form und die genaue Größe der Erde, über Dichte und Temperaturen in hohen Atmosphärenschichten und die Einschlaghäufigkeit winziger Mikrometeoriten.

Echte technologische Pionierarbeit leistete Vanguard I auf dem Ge-

biet nachhaltiger Energieversorgung - der Satellit war der erste, der seinen Strom nicht nur durch Quecksilber-Batterien, sondern auch durch zwei Solar-Paneele deckte. Damit war er rekordverdächtig lange einsetzbar: Der batteriebetriebene Transmitter fiel nach 20 Tagen aus, der solarbetriebene funkte auch noch nach sieben Jahren. Erst im Jahr 1964 verstummte die sonnenverwöhnte Grapefruit im All für immer. Stumm oder nicht - bis zum heutigen Tag legte sie dabei knapp 197 000 Erdumkreisungen hin und brachte eine Strecke von rund zehneinhalb Milliarden Kilometern hinter sich. Damit kann man auch zum Pluto kommen - und zurück.

Vorbei ist die Geschichte von Vanguard I damit aber noch lange nicht, schließlich hatte man seine Umlaufbahn ja auf Jahrtausende berechnet. Heute ist allerdings klar, dass die ewige Grapefruitreise so lange wie ursprünglich gedacht wohl doch nicht dauern wird - die Forscher der 1950er hatten den Strahlungsdruck der Sonne und die Reibung hoher Atmosphärenreste unterschätzt, und die Bahnhöhe von Vanguard I sinkt. Und auch wenn uns die kleine Kugel womöglich nur 200 statt 2000 Jahre lang umkreisen wird - ein paar runde Geburtstage vor dem finalen Verglühen werden es ganz sicher noch. <<

von Jan Osterkamp



#### DER »GRAPEFRUIT-SATELLIT«: VANGUARD I

Im Jahr vor dem Start entstand dieses historische Foto aus der Prä-Nasa-Ära mit dem Wissenschaftler Roger Easton, seiner Tochter und einem Prototypen des Satelliten-Jubilaren, Vanguard I. Easton war einer der Projektmitarbeiter und entwickelte den Instrumentenpark des Orbiters. Apropos: Für eine »Grapefruit« - den Spitznamen erhielt Vanguard I vom sowjetischen Konkurrenten im Wettlauf ins All - erscheint der Prototyp auf dem Bild überraschend groß.

© U.S. Naval Research Laboratory



© Nasa/spektrumdirekt

#### DER STERNENHIMMEL DES MONATS

### Zwerg und Riese in der Opposition

**Die zwei planetaren Extreme des Sonnensystems tummeln sich in diesem Monat im Sternbild Schütze: Der Zwergplanet Pluto im Nordwesten und der Riesenplanet Jupiter am östlichen Rand der Konstellation. Beide stehen der Sonne fast gegenüber - in Opposition.**

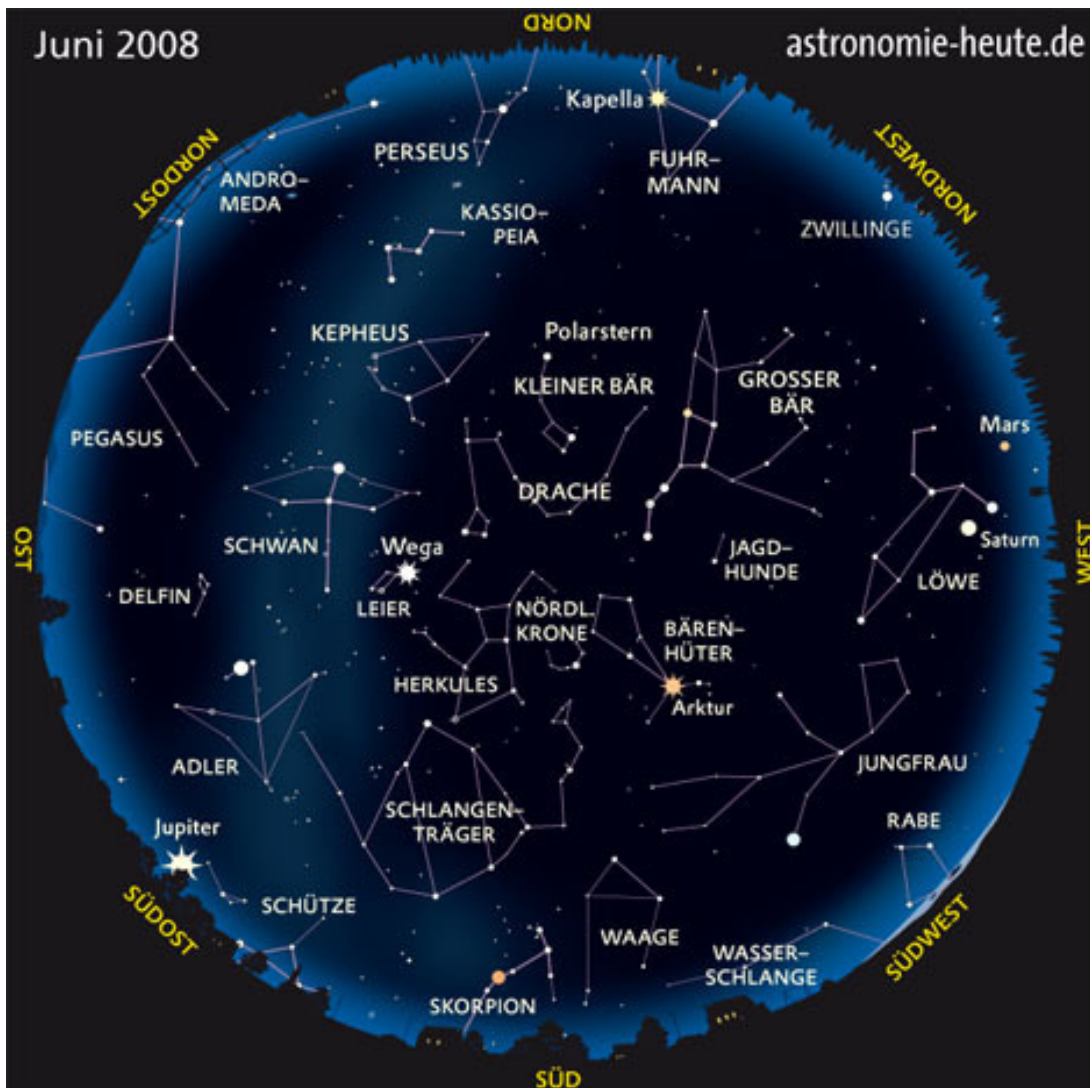
Ende des Monats erleben wir die kürzesten Nächte des Jahres, und in Norddeutschland wird es jetzt sogar überhaupt nicht mehr richtig dunkel. Vielerorts müssen Sie sich bis fast um Mitternacht (MESZ) gedulden, bis Sie den Sternenhimmel des Frühsommers sehen können.

Es ist dies die Stunde des eher kleinen und nicht allzu hellen, aber

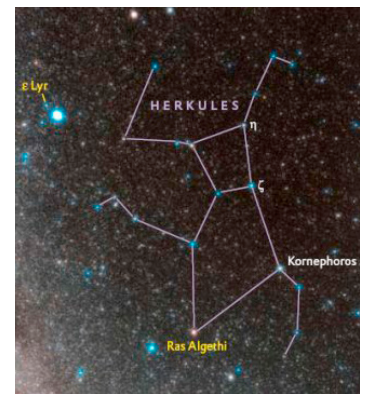
dafür sehr markanten Sternbilds Herkules, das jetzt schön hoch im Süden kulminiert. Gut hervorgehoben wird der Herkules durch die relativ unscheinbaren Sternbilder Schlange und Schlangenträger unterhalb von ihm. Erst tief am südlichen Horizont treffen wir auf den rötlichen Antares im Kopf des Skorpions. Den Südwesten beherrscht jetzt der hellgelbe

Arktur im Sternbild Bootes, während das Sommerdreieck hoch am Südschimmel steht. Es wird aus den drei Hauptsternen der Leier (Wega), des Adlers (Altair) und des Schwans (Deneb) gebildet. In dunklen Nächten in Süddeutschland sehen wir hier auch das matt schimmernde Band der Sommermilchstraße in Adler und Schwan hochsteigen. Tief im Nord-

>>



**DER STERNENHIMMEL IM JUNI**  
 Der Abendsternenhimmel in der ersten Hälfte des Monats Juni um 23:00 Uhr MESZ. Der Rand der Karte entspricht dem Horizont, ihre Mitte dem Punkt über unseren Köpfen (Zenit). Die Karte ist auch für andere Zeitpunkte geeignet, jedoch weicht dann der beobachtbare Himmelsausschnitt mehr oder weniger von der gezeigten Darstellung ab.  
 © S&T/astronomie-heute.de



**DAS STERNBILD HERKULES**  
 Im Herkules leuchtet nicht Alpha (Ras Algethi) am hellsten, sondern Beta Herculis (Kornephoros, der Keulenträger).  
 © ECKHARD SLAWIK

@ [www.spektrumdirekt.de/sternenhimmel](http://www.spektrumdirekt.de/sternenhimmel)

osten arbeitet sich auch die Kassiopeia, das »Himmels-W«, langsam wieder aufwärts, während ihr gegenüber im Nordwesten der Große Bär langsam auf seine untere Kulmination zusteuert.

Wer, ermutigt durch angenehme Nachttemperaturen, jetzt Lust auf eine Nachtwanderung hat, für den ist dies auch eine schöne Gelegenheit, dem Nachwuchs oder anderen Begleitern etwas Grundorientierung am Sternenhimmel zu geben und die helleren Sternbilder zu erklären. Besonders nützlich ist dabei der Hinweis auf den bei uns zirkumpolaren (das heißt zu jeder Zeit über dem Horizont stehenden) Großen Bären, und wie man den Polarstern findet, indem man den Abstand der beiden hinteren beiden Kastensterne um das Fünffache verlängert. So kann man

zumindest in einer klaren Nacht vermeiden, im Kreis zu gehen. Klaus-Peter Schröder

**Der Lauf des Mondes**

Am 2. Juni, gegen 3:55 Uhr MESZ, können wir in der Morgendämmerung bei klarer Sicht die sehr schmale Sichel des abnehmenden Mondes sehen, allerdings befindet sich der Erdtrabant dann nur vier Grad über dem Horizont. Schon am nächsten Tag ist Neumond, rund 25 Stunden später, am 4. Juni gegen 22:00 Uhr, kann man versuchen, die ebenfalls sehr schmale Sichel des zunehmenden Mondes tief am südwestlichen Horizont zu erspähen.

Für beide Beobachtungen empfiehlt sich der Einsatz eines guten Feldstechers. Am 6. Juni befindet sich der Mond 7,6 Grad unterhalb

von Pollux im Sternbild Zwillinge und befindet sich fast exakt auf der Verbindungslinie Kastor – Pollux. Einen Tag später sehen wir den Erdtrabanten 5,8 Grad links vom offenen Sternhaufen Praesepe, vier Grad links oberhalb von ihm steht der mit 1,6 mag schon recht lichtschwache Mars. Reizvoll ist die Begegnung des Mondes mit Mars, Saturn und Regulus im Sternbild Löwe am Abend des 8. Juni. Am 10. erscheint der Mond als zunehmender Halbmond, das Erste Viertel ist erreicht. Drei Tage später nähert er sich Spica, dem Hauptstern des Sternbilds Jungfrau an. Am 16. Juni passiert der Erdtrabant den Roten Riesen Antares im Sternbild Skorpion, er kommt ihm auf rund 4,3 Grad nahe. Zwei Tage später strahlt der Vollmond vom Himmel. Am 20. Juni läuft der Mond

**Juni-Kalender**

- 03.06. Neumond (21:23 Uhr)
- 08.06. Mond rechts unterhalb von Regulus im Löwen und Saturn 3,2 Grad links oberhalb von Regulus
- 10.06. Mond im Ersten Viertel
- 13.06. Mond links unterhalb von Spica
- 18.06. Vollmond (19:31 Uhr)
- 26.06. letztes Mondviertel (14.10 Uhr)

>>

an Jupiter in einem Abstand von 5,3 Grad vorbei. Am 26. Juni sehen wir den abnehmenden Halbmond, das Letzte Viertel ist erreicht. Am Monatsende finden wir den Mond 3,2 Grad oberhalb des offenen Sternhaufens der Plejaden.

### Die Planeten

Der sonnennächste Planet Merkur tritt im Juni für unsere Breiten nicht auf der Himmelsbühne auf, am 7. erreicht er die untere Konjunktion zur Sonne. Dabei befindet er sich fast exakt im sonnenfernsten Punkt seiner stark elliptischen Umlaufbahn und ist rund 70 Millionen Kilometer von unserem Zentralgestirn entfernt. Dabei nähert sich Merkur der Erde immerhin auf nur noch 82 Millionen Kilometer an. Da er sich aber am Himmel dicht bei der Sonne befindet und er uns dann seine Nachtseite zuwendet, lässt sich auch nichts mit Spezialteleskopen auf seiner Oberfläche erkennen. Allerdings bietet die dichte Annäherung den Profiastronomen eine Gelegenheit, die nach wie vor nur in Teilen bekannte Merkuroberfläche mittels Radarwellen abzutasten. Dabei erreichen die besten Radarbilder eine Auflösung von rund fünf Kilometer pro Bildpunkt. Venus durchläuft am 9. Juni eine obere Konjunktion zur Sonne und wird dabei von unserem Tagesgestirn bedeckt. Dann befindet sich unser innerer Nachbarplanet in maximaler Entfernung zur Erde, nämlich rund 260 Millionen Kilometer oder 1,74 Astronomische Einheiten (AE).

Venus bleibt diesen Monat unbeobachtbar, erst gegen Ende August

wird sie sich wieder am Abendhimmel zeigen. Mars befindet sich zu Monatsanfang im Sternbild Krebs und wechselt am 10. Juni ins Sternbild Löwe über. Er lässt sich noch am Abendhimmel beobachten, allerdings verschlechtern sich seine Beobachtungsbedingungen rapide weiter. Zu Monatsanfang geht Mars um 1:19 Uhr unter (alle Zeiten sind in MESZ und beziehen sich auf Frankfurt am Main), am Monatsende schon um 23:57 Uhr. Der Durchmesser des Marsscheibchens schrumpft auf nur noch 4,5 Bogensekunden, für detaillierte Beobachtungen mit dem Fernrohr ist er nun zu klein. Die scheinbare Helligkeit beträgt nur noch 1,6 mag.

Der Riesenplanet Jupiter bewegt sich rückläufig durch das Sternbild Schütze und nähert sich seiner Opposition im Juli. Zu Monatsanfang erhebt sich Jupiter um 24 Uhr über den Horizont, zu Monatsende um 21:56 Uhr. Seine scheinbare Helligkeit steigt auf  $-2,7$  mag an, der scheinbare Durchmesser am Äquator beträgt am Monatsende 47,2 Bogensekunden. Nun lassen sich die Veränderungen in seiner dynamischen Atmosphäre und der Tanz der Galileischen Monde gut beobachten.

Der Ringplanet Saturn bewegt sich rechtläufig durch das Sternbild Löwe. Nach Einbruch der Dämmerung sehen wir ihn etwa halbhoch im Westen, er lässt sich nun nur noch in der ersten Nachthälfte beobachten. Am Monatsanfang geht Saturn um 2:04 Uhr unter, am Monatsende schon um 0:10 Uhr. Da die Dämmerung im Juni sehr spät beginnt,

können wir den Ringplaneten etwa anderthalb Stunden mit dem bloßen Auge beobachten.

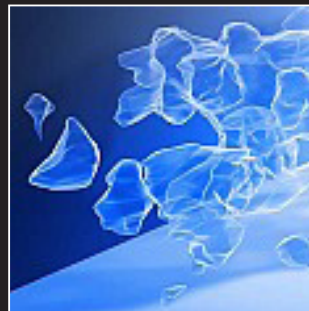
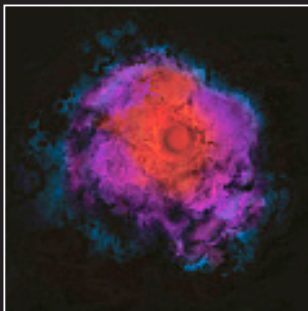
Uranus bewegt sich rechtläufig durch das Sternbild Wassermann und ist am Morgenhimmel zu sehen. Am Monatsanfang geht er um 2:28 Uhr auf, am Monatsende um 0:31 Uhr. Die scheinbare Helligkeit beträgt 5,8 mag. Neptun bewegt sich rückläufig durch das Sternbild Steinbock. Er geht am Monatsanfang um 1:31 Uhr auf, am Monatsende schon um 23:33 Uhr. Der Planet leuchtet mit einer Helligkeit von 7,9 mag.

Der Zwergplanet Pluto erreicht am 20. Juni im Sternbild Schütze die Opposition zur Sonne und ist optimal zu beobachten. Die Entfernung des Zwergplaneten zur Sonne variiert zwischen knapp 30 und knapp 50 Astronomischen Einheiten (eine Astronomische Einheit (AE) entspricht dem mittleren Abstand von der Erde zur Sonne und beträgt rund 150 Millionen Kilometer). Momentan befindet sich Pluto nicht weit entfernt von seinem sonnennächsten Punkt, dem Perihel, und ist dabei etwas heller als 14 mag. Damit liegt er in Reichweite der visuellen Beobachtung mit Teleskopen ab zehn Zoll Öffnung, einen einigermaßen dunklen Nachthimmel vorausgesetzt. Wenn das Instrumentarium vorhanden ist, finden sie Pluto momentan relativ leicht: Er steht recht genau knapp zwei Grad nördlich vom hellen (5,6 mag) und großen (27 Bogenminuten) offenen Sternhaufen Messier 23. <<

von Klaus-Peter Schröder & Tilmann Althaus

Weitere Informationen finden Sie in der Juni-Ausgabe von **STERNE UND WELTRAUM** unter [www.astronomie-heute.de/artikel/952889](http://www.astronomie-heute.de/artikel/952889)

## DOSSIER Dunkle Materie



@ [www.spektrumdirekt.de/dunklematerie](http://www.spektrumdirekt.de/dunklematerie)

## DenkMal

Frage

**Wie ist eine Astronomische Einheit definiert?**

- a) Mittlerer Abstand zwischen Erde und Sonne
- b) Erdradius dividiert durch die Sonnenparallaxe
- c) Radius des Ein-Jahr-Sonnenorbits eines fiktiven Teilchens
- d) Große Halbachse der Erdumlaufbahn

## Antwort:

**Alle Antworten stimmen - zumindest ungefähr. Seit den 1970er Jahren definiert allerdings die Sonnumlaufbahn eines fiktiven Teilchens die Astronomische Einheit.**



## Erklärung:

Die Astronomischen Einheit, kurz AE, war ursprünglich definiert als der mittlere Abstand des Erdmittelpunkts vom Zentrum der Sonne, was genau der großen Halbachse der Erdumlaufbahn entspricht. Denn unser Heimatplanet beschreibt keine Kreisbahn um die Sonne, sondern läuft auf einer Ellipse. Von dessen Mittelpunkt aus betrachtet, gibt es einen kürzesten und einen längsten Radius. Letzterer ist die große Halbachse.

Dieser Wert lässt sich auch über die mittlere Sonnenparallaxe - den Winkel, unter dem der Äquatordurchmesser der Erde vom Mittelpunkt der Sonne aus betrachtet erscheinen würde - herleiten. Wird der Winkel auf Bogenmaß umgerechnet und der Erdradius durch ihn dividiert, kommt man nämlich ebenfalls auf den mittleren Abstand zwischen Erde und Sonne.

Dank Radarbeobachtungen sind die Abstände im Sonnensystem heutzutage kilometergenau bekannt. Streng genommen hätten die Astronomen also ständig den Wert der Astronomischen Einheit an die neusten Messungen anpassen müssen. Um diesem für eine Maßein-

heit doch eher lästige Unterfangen zu umgehen, hat die Internationale Astronomische Union (IAU) sich 1976 eine andere Definition einfallen lassen.

Und diese nutzt ein fiktives Teilchen mit vernachlässigbarer Masse, das in  $2\pi/k$  Tagen störungsfrei auf einer Kreisbahn um die Sonne läuft. Dabei ist  $k$  die Gaußsche Gravitationskonstante, die 1939 von der IAU als definierende Konstante festgelegt wurde. Damit ergibt sich etwa ein Jahr als Umlaufdauer und als Radius die Astronomische Einheit. Ihr heute gängiger Wert beträgt 149 597 870 691 Meter und basiert auf einer Messung aus dem Jahr 1998. Die mittlere Entfernung zwischen Sonne und Erde ist aktuellen Daten zufolge allerdings ein paar hundert Kilometer größer.

Einige Astronomen mäkeln aber auch über die neue Definition - denn in sie geht unter anderem auch die solare Masse ein. Und diese wird im Laufe der Zeit kleiner: Alles in allem verliert die Sonne Millionen von Tonnen pro Sekunde. Mit der jetzigen Definition würde die Astronomische Einheit, ausgedrückt in Metern, dadurch schrumpfen,

während sich die Umlaufbahnen der Planeten allmählich ausdehnen. Tatsächlich ist der Masseverlust im Vergleich zum Gewicht der Sonne jedoch klein und führt pro Jahrhundert nur zu Änderungen im Dezimeterbereich.

Damit würde das Ignorieren dieses Umstands in absehbarer Zeit nicht dazu führen, dass Raumfahrzeuge vom Kurs abkommen oder ihre Ziele verfehlen. Doch auch die steigende Messgenauigkeit könnte zumindest für wissenschaftliche Angelegenheiten eine neue Definition erforderlich machen. Und bis dahin gibt es ja zum Glück noch Alternativen in Form von Meter und Lichtjahr. <<

von Maïke Pollmann