

3 Bogenminuten

120 Lichtjahre



g

e

c

f

b

d

h



Lebensalter

Ein Außenbereich des Tarantelnebels

Dieses Bild schließt im Nordosten an das Bild des Tarantelnebels in unserer Nachbargalaxie, der Großen Magellanschen Wolke an, das in SuW 1/2000, S. 17 gezeigt wurde. Es wurde mit der selben Kamera – dem Wide Field Imager – am 2.2-m-Teleskop der Eso/MPG auf La Silla, Chile, aufgenommen und ist eine Überlagerung von drei jeweils 80 Minuten belichteten Aufnahmen: durch ein breites UV-Filter, sowie durch Schmalband-Filter bei der grünen Emissionslinie des zweifach ionisierten Sauerstoffs und bei der Wasserstofflinie H α (rot). Das gesamte Bildfeld beträgt 33' \times 32' (größer als der Vollmond).

Im Tarantelnebel und in seiner Umgebung entstehen gegenwärtig hunderte von O- und frühen B-Sternen und insgesamt Millionen neuer Sterne. Der »Starburst«, der die Region durchläuft, begann vor etwa sechs Millionen Jahren und erreichte vor zwei Millionen Jahren seinen Höhepunkt. Die ereignisreiche Geschichte dieser Zeit lässt sich anhand großformatiger Aufnahmen in mehreren Farben wie dieser rekonstruieren.

Den Tarantelnebel (unten rechts, knapp außerhalb des Bildes) umgeben zahlreiche Gasfilamente (a), die von der UV-Strahlung der extrem massereichen, heißen und jungen Sterne des Offenen Sternhaufens R 136 in seinem Zentrum angeregt werden: Ihre Farben kommen vom rekombinierenden Wasserstoff (rot) und vom zweifach ionisierten Sauerstoff (grün). Der Anteil des (höher angeregten) Sauerstoffs nimmt in Richtung R 136 zu, deshalb die gelbliche Farbe unten rechts im Bild. Turbulenz im interstellaren Gas, Magnetfelder, Teilchenwinde und Strahlungsdruck der heißen anregenden Sterne bestimmen die komplexe Struktur der Filamente.

Massereiche, heiße Sterne entstehen heute auch außerhalb des Tarantelnebels. Sie sind eingebettet in HII-Regionen wie N 164 (b) und N 297 (c). Letztere ist zweigeteilt durch ein mächtiges Staubfilament, wie es auch auf unserem Titelbild zu sehen ist.

Massereiche Sterne leben wenige 10 000 bis 100 000 Jahre, dann explodieren sie als Supernovae, die im interstellaren Medium schnell wachsende Blasen erzeugen. Ein junges Beispiel einer solchen Blase ist der kompakte Überrest (d), vor wenigen 10 000 Jahren entstanden. Deutlich entwickelter ist (e), selbst am Rande einer älteren und viel größeren Blase (f) gelegen, die vor einigen Millionen Jahren durch eine Supernova erzeugt wurde.

Es sei noch auf den nur wenige 10 Millionen Jahre alten Offenen Sternhaufen NGC 2093 (g) hingewiesen, sowie auf den etwa 600 Millionen Jahre alten Kugelsternhaufen NGC 2108 (h). Er hat eine ähnliche Struktur wie die Kugelsternhaufen in unserer Galaxis, von denen aber einige praktisch gleich nach dem Urknall entstanden sind (vgl. S. 22 ff in diesem Heft).

J. S.



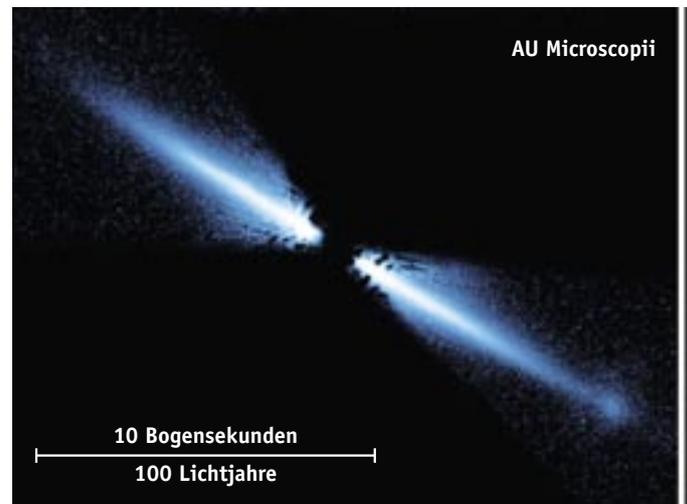
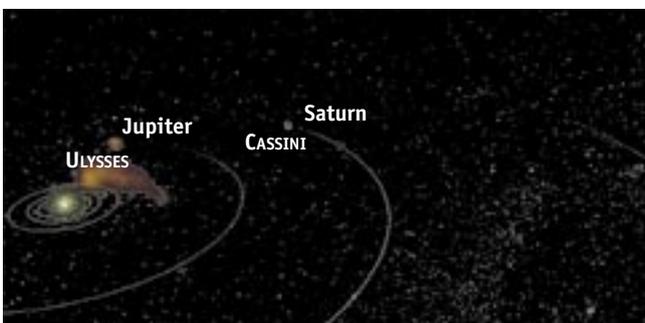
Herbststürme auf Uranus

Die Atmosphäre des Planeten Uranus wird seit einigen Jahren immer aktiver, da sich der Planet der Tag-und-Nachtgleiche nähert, die er im Jahre 2007 erreichen wird. In beiden Hemisphären lassen sich immer häufiger kurzlebige Wolkenformationen ausmachen, die auf intensive Konvektionsvorgänge in den tieferen Schichten hinweisen. Diese Wolken sind nur für wenige Tage auf Uranus zu verfolgen, dann lösen sie sich auf, und es entstehen neue Wolken. Die Bilder wurden mit dem 10-m-KECK-II-Teleskop mit Hilfe einer Adaptiven Optik im Infraroten aufgenommen. Durchgeführt wurden die Untersuchungen von einem Team um Imke de Pater an der University of California, Berkeley. Lange Zeit galt Uranus als der langweiligste der äußeren Planeten, da selbst beim dichten Vorbeiflug der Raumsonde VOYAGER-II im Januar 1986 kaum Einzelheiten in der Atmosphäre des Planeten zu erkennen waren. Zu dieser Zeit war der Südpol des Planeten (in diesem Bild oben) fast direkt auf die Sonne gerichtet, denn seine Rotationsachse liegt mit 98° praktisch in der Ebene seiner Umlaufbahn. Da ein Umlauf des Uranus um die Sonne 84 Erdjahre dauert, liegt ein Pol für 42 Jahre im Dauersonnenschein, während es am anderen Pol für die selbe Zeitspanne dunkel ist. Nun wird der Planet immer gleichförmiger beleuchtet, was offenbar Konvektionsprozesse in der Atmosphäre in Gang setzt. Ebenfalls gut in dieser Aufnahme zu erkennen ist das Ringsystem von Uranus, welches im Infraroten wesentlich besser zu beobachten ist als im sichtbaren Licht. (KECK/Imke de Pater, Heidi Hammel)

Stoßwelle durchläuft das Sonnensystem

Ende Oktober 2003 fanden heftige Sonneneruptionen statt, die im Zusammenhang mit mehreren großen Fleckengruppen standen. Nur wenige Stunden später konnten farbenprächtige Polarlichter selbst in unseren Breiten beobachtet werden. Aber die Auswirkungen der Sonneneruptionen reichten noch viel weiter. Die von der Sonne ausgehenden Stoßwellen wurden von Raumsonden bei Mars, Jupiter und Saturn registriert. Für das Mars Radiation Environment Experiment (MARIE) an Bord von MARS ODYSSEY war die von den Stoßwellen ausgehende Strahlung sogar so stark, es fiel am 28. Oktober 2003 für immer aus. In der Nähe

zu Jupiter fing die Raumsonde ULYSSES die Strahlung der Stoßwelle auf und nicht sehr weit von Saturn entfernt auch CASSINI, die sich noch acht Monate von ihrem Ziel entfernt befand. Sowohl ULYSSES als auch CASSINI konnten Radiowellen auffangen, als die Stoßwellen auf die Magnetosphären von Jupiter und Saturn aufprallten. In den kommenden Monaten werden die Stoßwellen die Heliopause (die Grenze zwischen dem Sonnenwind und dem interstellaren Medium) erreichen. Hier könnten sehr langwellige Radiowellen entstehen, die uns Aufschluss über die wahre Größe des vom Sonnenwind beherrschten Raums geben können. (NASA)



Protoplanetare Scheiben im Blick des HST

Diese beiden Ansichten der protoplanetaren Scheiben um die Sterne AU Microscopii und HD 107146 wurden mit der Advanced Camera for Surveys (ACS) des Weltraumteleskops HUBBLE aufgenommen. Dabei wurde der wesentlich hellere Zentralstern jeweils durch eine Koronographenmaske ausgeblendet, um die Scheibe sichtbar zu machen. Gelei-

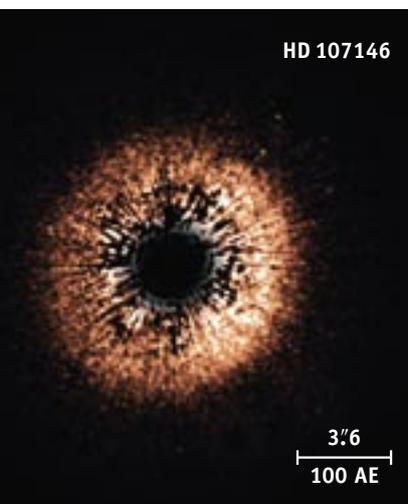
tet wurden die Beobachtungen von Forschungsteams um David Ardila von der Johns Hopkins University in Baltimore und von John Krist vom Jet Propulsion Laboratory der NASA in Pasadena. HD 107146 ist ein Stern des Spektraltyps G2V, er gehört damit exakt zum gleichen Spektraltyp wie unsere Sonne. Er befindet sich ca. 88 Lichtjahre



Eine junge Zwerggalaxie

Beobachtungen mit dem Weltraumteleskop HUBBLE zeigen, dass die Zwerggalaxie I Zwicky 18 gerade erst begonnen hat, Sterne zu bilden. I Zwicky 18 befindet sich ca. 45 Millionen Lichtjahre entfernt im Sternbild »Großer Bär« und dürfte nach den Untersuchungen des Forscherteams um Yuri Izotov vom Observatorium Kiew in der Ukraine nur etwa 500 Millionen Jahre alt sein. Das Alter ist sehr niedrig im Vergleich zu unserem Milchstraßensystem, von dem man annimmt, dass sich die ersten Sterne vor etwa zwölf Milliarden Jahren bildeten. Spektraluntersuchungen weisen darauf hin, dass I Zwicky 18

nur sehr wenig schwerere Elemente enthält, es gab offenbar bisher in dieser Galaxie keine massereichen Sterne, welche diese hätten erbrüten können. Es handelt sich also nicht um einen der häufig in Galaxien zu beobachtenden »Starbursts«, wo eine Gas- und Staubwolke innerhalb einer schon lange bestehenden Galaxie kollabiert und große Anzahlen an heißen, massereichen Sternen hervorbringt. Auch durch eine Langzeitbelichtung von 19 Stunden mit dem HST ließen sich in I Zwicky 18 keine Sterne vom Typ »Roter Riese« nachweisen. Das Bild der Zwerggalaxie ist geprägt durch große Mengen heißer Sterne der Spektraltypen O und B, die ein stark bläuliches Licht aussenden. (NASA/ESA/Yuri Izotov/Trinh Thuan)



HD 107146

3/6
100 AE

entfernt im Sternbild »Haar der Berenike«. Den Spektraluntersuchungen zufolge ist HD 107146 50 Millionen bis 250 Millionen Jahre alt, also wesentlich jünger als unsere Sonne mit 4,46 Milliarden Jahren. Die Breitseite der Scheibe ist fast exakt zu uns gerichtet. Am rechten Bildrand erscheint die Scheibe etwas heller, da sie etwas zu uns hingeneigt ist, so dass das Streulicht des Sterns im Staub noch mehr Licht zu uns zurückstreuen kann. Das

Licht der Scheibe erscheint etwas rötlicher als das Licht des beleuchtenden Sterns, dies deutet auf recht kleine Staubpartikel mit Durchmesser um zwei Mikrometer hin. Der Durchmesser der Scheibe beträgt ca. 320 AE oder 48 Milliarden Kilometer. Der Stern AU Microscopii weist ebenfalls eine Staubscheibe mit etwa 400 AE Durchmesser auf und ist in Kantenstellung zu sehen. AU Mic, ein Zwergstern des Spektraltyps M0, ist etwa 32 Lichtjahre von uns entfernt. Die Spektraluntersuchungen weisen auf ein Alter von ca. zwölf Millionen Jahren hin. In den Aufnahmen finden sich Hinweise darauf, dass im inneren Bereich der Scheibe eine Lücke existiert, in der sich möglicherweise ein neu entstehender Planet befindet, der das Material aus der näheren Umgebung an sich gezogen hat. Auch erscheint die Scheibe leicht verbogen, was möglicherweise ebenfalls auf einen Planeten zurückzuführen sein könnte. (NASA/ESA/John Krist/David Ardila)

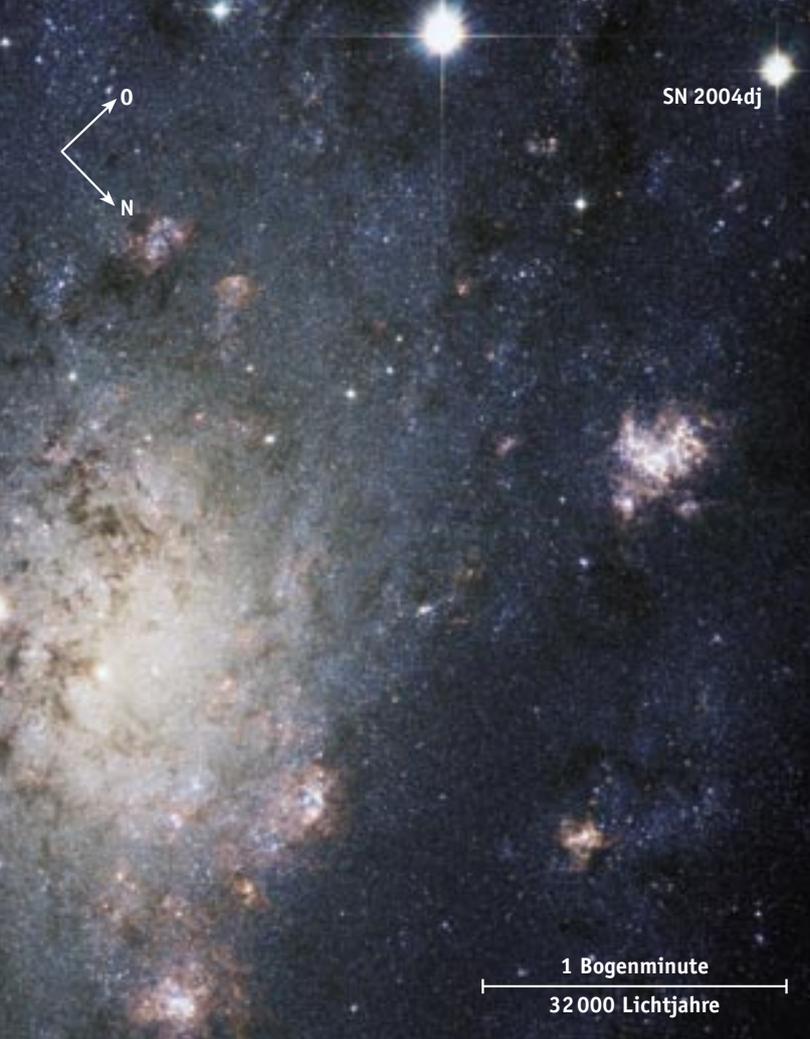
Ein Zwilling der Milchstraße

Das Very Large Telescope VLT der Europäischen Südsternwarte Eso lieferte diese eindrucksvolle Ansicht der Spiralgalaxie NGC 7424 im südlichen Sternbild Kranich (Grus). Diese Galaxie ist ca. 40 Millionen Lichtjahre von uns entfernt und sie weist einen Durchmesser von 100 000 Lichtjahren auf. Der Durchmesser entspricht dem unseres Milchstraßensystems. NGC 7424 gehört zu den Spiralgalaxien des Zwischentyps SAB(rs)cd, d. h. ihre Erscheinungsform liegt

zwischen einer normalen Spiralgalaxie des Typs SA und einer Galaxie mit einem ausgeprägten Balken SB. Am 10. Dezember 2001 entdeckte der Amateurastronom Robert Evans mit seinem 30-cm-Spiegelteleskop die Supernova 2001 IG im rechten oberen Quadranten des Bildes, die eine scheinbare Helligkeit von 12,3 mag erreichte. Ihre Helligkeit entsprach etwa einem Drittel der Gesamthelligkeit von NGC 7424, die eine scheinbare Helligkeit von 11 mag aufweist. (Eso)



10 000 Lj



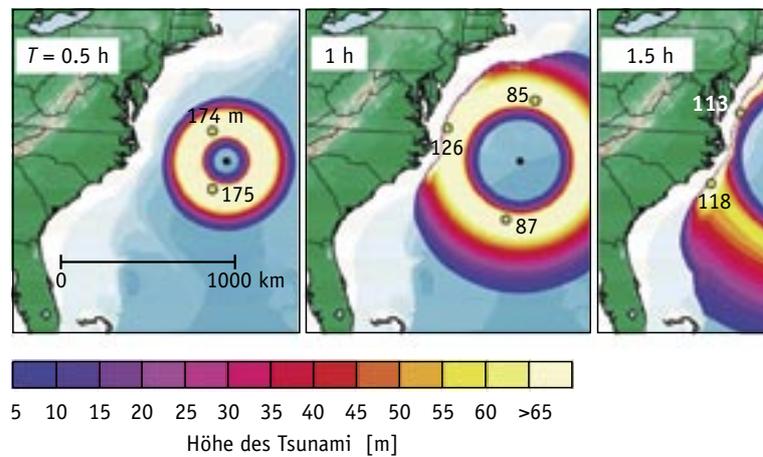
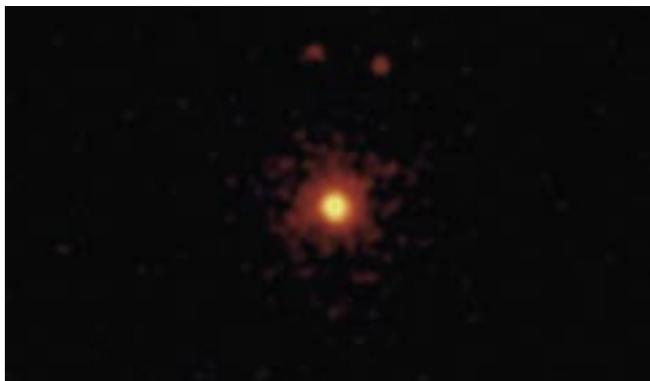
Eine helle Supernova in der Galaxie NGC 2403

Am 31. Juli 2004 leuchtete in der elf Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie NGC 2403 eine Supernova auf, die vom japanischen Amateurastronomen Koichi Itagaki entdeckt wurde. Es ist die hellste Supernova seit der Supernova 1987 A, die 1987 in der Großen Magellanschen Wolke explodierte. Die Supernova in NGC 2403 ist vom Typ II und erhielt die Bezeichnung SN 2004 DJ. Der Vorläuferstern ist ein massereicher Stern von ca. 15 Sonnenmassen, der nun nach etwa 14 Millionen Jahren sein Leben aushauchte. In seinem Inneren war die energieliefernde Kernfusion bis zur Bildung von Eisen vorangeschritten und hatte dabei einen Eisenkern gebildet. Dieser brach nun nach Überschreiten einer kritischen Masse schlagartig zu einem Neutronenstern zusammen, einem kompakten und extrem dichten Objekt von ca. 10 km Durchmesser. Bei diesem Kernkollaps entsteht eine nach außen laufende Stoßwelle, die so stark ist, dass sie den Stern in einer gewaltigen Explosion zerreißt. Supernovae des Typs II gehören zu den energiereichsten Phänomenen im Universum. Bei der Supernova-Explosion entstehen große Mengen an Elementen, die schwerer als Eisen sind, da zu ihrer Bildung bei der Verschmelzung Energie verbraucht wird. Bei der Bildung von Elementen, die leichter als Eisen sind, wird Energie bei der Kernverschmelzung frei und liefert die Energie für das Leuchten der Sterne. (NASA/ESA/STScI)

Proxima Centauri im Röntgenlicht

Diese Aufnahme unseres nächsten stellaren Nachbarn Proxima Centauri wurde mit dem Röntgensatelliten CHANDRA aufgenommen. Es zeigt den 4,2 Lichtjahre entfernten Zwergstern des Spektraltyps M während eines Röntgenflares, einer explosiven Freisetzung von Röntgenstrahlung in den äußeren Schichten der stellaren Atmosphäre. Ähnliche Ausbrüche gibt es auch auf unserer Sonne, allerdings verlaufen sie hier wesentlich kontinuierlicher und weniger intensiv. Dies liegt an den Unterschieden im inneren Aufbau der jeweiligen Sterne. Ein Stern wie Proxima Centauri mit nur 0,1 Sonnenmassen weist im Inneren bis hin zum Kern starke Konvek-

tionsströmungen auf, welche die Energie des stellaren Magnetfelds speichern. Diese Energie wird dann in unregelmäßiger Folge explosiv in den oberen Schichten der Sternatmosphäre freigesetzt. Bei unserer Sonne liegt die Konvektionszone relativ nahe der Oberfläche. Daher wird die gespeicherte Energie des solaren Magnetfelds überwiegend kontinuierlich über Magnetfeldschleifen an der Oberfläche freigesetzt: Allerdings können auch heftige Ausbrüche wie im Oktober 2003 erfolgen, die letztlich sogar zu Polarlichtern in unseren Breiten führten, da es bei solchen solaren Flares auch zu koronalen Materieauswürfen kommt. (NASA/CXC/SAO)



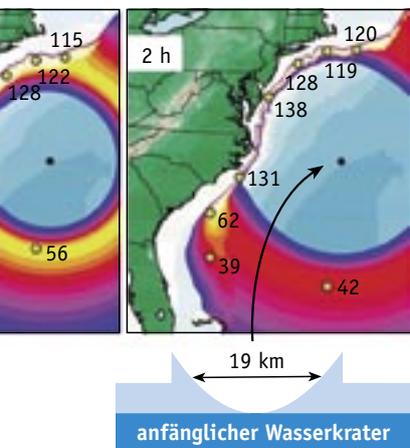
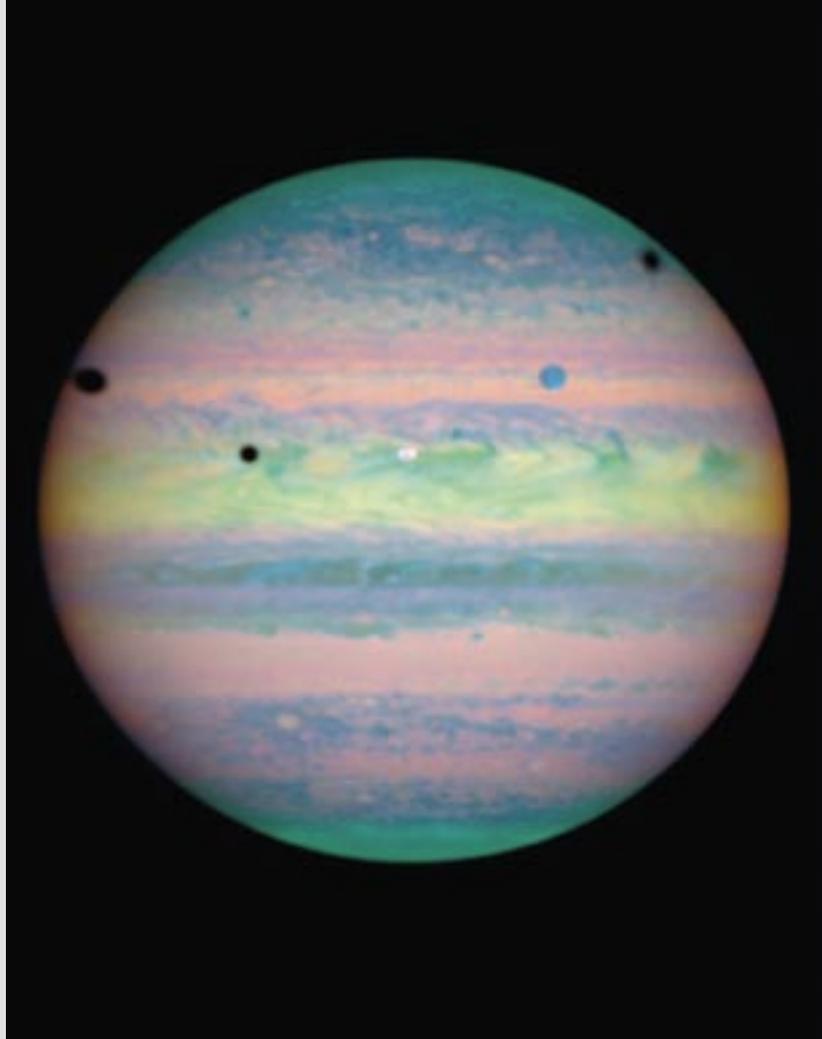
Tsunami durch Asteroideneinschlag

Was passiert, wenn ein Asteroid ins Meer einschlägt? Diesem Szenario gingen Steven Ward und Erik Asphaug von der University of California am Beispiel des Asteroiden 1950 DA nach. Es besteht eine Möglichkeit von 0,3 %, dass dieser etwa 1 km große Asteroid am 16. März 2880 auf die Erde stürzt. Als Zielgebiet für die Studie wurde der Nordatlantik etwa 600 km vor der Küste Nordamerikas angenommen. Dabei schlägt der Asteroid mit 17,8 km/s

auf und reißt einen kurzlebigen Krater von 19 km Durchmesser und 5 km Tiefe (Tiefe des Meeresbodens in diesem Bereich des Ozeans) ins Wasser des Atlantiks. Nur wenige Sekunden später bricht diese Hohlform zusammen und Flutwellen von mehreren hundert Metern Höhe, Tsunamis genannt, breiten sich von der Einschlagsstelle aus. Nach nur zwei Stunden erreichen etwa 100 m hohe Wellen die Ostküste der Vereinigten Staaten, zwölf

Dreifache Sonnenfinsternis auf Jupiter

Diese in der Farbgebung gewöhnungsbedürftige Ansicht des Jupiter wurde mit dem Weltraumteleskop HUBBLE im Infraroten gewonnen. Das Bild entstand am 28. 3. 2004 und zeigt als Besonderheit drei Schatten der Galileischen Monde des Jupiter. Zusätzlich befinden sich die Monde Io und Ganymed im Transit vor der Jupiterscheibe. Am linken Planetenrand ist der Schatten von Ganymed zu sehen, hier herrscht zum Zeitpunkt der Aufnahme eine Totale Sonnenfinsternis. Verfolgt man das Wolkenband, auf dem sich der Schatten des Mondes befindet nach rechts, so stößt man auf den schattenwerfenden Mond. Rechts unterhalb des Ganymed-Schattens ist der Schatten von Io zu sehen, der nicht ganz so leicht zu erkennende Mond befindet sich rechts davon. Ganz oben rechts ist dann noch der Schatten des äußersten Galileischen Monds Kallisto zu sehen. Er selbst befindet sich nicht im Bild. Der Jupitermond Europa befand sich zu dieser Zeit exakt hinter Jupiter. Schattenwürfe und Durchgänge der großen Jupitermonde sind häufige Ereignisse und lassen sich schon in mittleren Amateurfernrohren gut beobachten. Selten sind allerdings drei Mondschaten gleichzeitig zu sehen. Das Bild ist ein Komposit aus drei Infrarotaufnahmen, die bei 1080 nm, 1660 nm und 1900 nm mit dem Instrument NICMOS (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer) entstanden. (STScI/Erich Karkoschka)



Stunden nach dem Einschlag erreichen 20 m hohe Wellen die Westküsten Europas und Afrikas. In der Abbildung ist das Ausbreitungsverhalten dargestellt. Bei Wellenhöhen dieser Größenordnung ist davon auszugehen, dass Küstenstriche und Städte in Meeresnähe am Nordatlantik praktisch vollständig zerstört würden. Zwar ist die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses sehr gering, aber man sollte zumindest das Schadenspotential kennen. (Bild: S. Ward/E. Asphaug/ UC Santa Cruz)

Ungewöhnlicher Stickstoff in Kometen

Hochpräzise spektroskopische Untersuchungen des Kometen LINEAR (C/2000 WM1) mit dem 8.2-m-Teleskop KUYEN der Europäischen Südsternwarte Eso weisen auf ein ungewöhnliches Isotopenverhältnis des in diesem Kometen enthaltenen Stickstoffs (N_2) hin. Isotope sind Atome des gleichen chemischen Elements, die sich in der Anzahl der im Atomkern enthaltenen Neutronen und damit in der Masse unterscheiden. Auf der Erde beträgt das Verhältnis des häufigeren, leichteren Stickstoffisotops ^{14}N zum selteneren, schwereren Isotop ^{15}N 272, d. h. auf jedes Atom ^{15}N kommen 272 Atome ^{14}N . Im Kometen C/2000 WM1 ist dagegen das Verhältnis $^{14}N/^{15}N = 140 \pm 30$. Es stimmt damit im Fehlerbereich nicht mit dem irdischen Verhältnis überein. Dies ist interessant, da Kometen als weitgehend unveränderte Relikte aus der Frühzeit des Sonnensystems gelten, die auch bei der Bil-

dung der Erde und ihrer Atmosphäre beteiligt waren. Die Forscher um Claude Arpigny von der Université de Liège in Belgien vermuten nun, dass ein Teil des kometaren Stickstoffs von Makromolekülen an Staubpartikeln eingefangen wurde, die bei Erwärmung dann den Stickstoff freigeben. Nachgewiesen wurde das Stickstoff-Isotopenver-

hältnis im Molekül CN, Cyanid, das aus der Spaltung von Cyanid-Wasserstoff oder Blausäure (HCN) durch die Sonnenstrahlung entstand. Radiobeobachtungen des berühmten Kometen Hale-Bopp im Jahre 1997 erbrachten ein Verhältnis von 330 ± 75 , das im Fehlerbereich mit dem irdischen Wert recht gut übereinstimmt. (Bild: Eso)

