



An ein Feuerrad erinnert die 35 Millionen Lichtjahre von uns entfernte Spiralgalaxie NGC 3521 im Sternbild Löwe.

wiegend im energiereichen ultravioletten und blauen sichtbaren Licht leuchten. Dafür müssen sie eine große Masse besitzen, die für eine hohe Fusionsrate in ihrem Inneren sorgt. Allerdings ist diesen Sternen keine lange Lebensdauer beschieden. Die massereichsten unter ihnen werden sich schon nach wenigen Millionen Jahren zu Roten Riesen aufblähen und schließlich in mächtigen Supernova-Explosionen vergehen.

Neben den Regionen mit den jungen Sternen lassen sich zahlreiche braune Schwaden aus Staub und Gas erkennen. In diesen Gebieten können sich durch Zusammenballung neue Sterne bilden. Auffällig ist auch der relativ kleine und scharf begrenzte Kern der Galaxie. Das Bild entstand mit dem abbildenden Spektrometer FORS am Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte ESO in Chile und wurde aus mehreren Einzelbelichtungen im sichtbaren und infraroten Licht zusammengesetzt.

ESO, 10. August 2011

NGC 3521 – eine attraktive Spiralgalaxie im Sternbild Löwe

Rund 35 Millionen Lichtjahre von uns entfernt befindet sich im Sternbild Löwe die Spiralgalaxie NGC 3521. Sie leuchtet mit einer Helligkeit von rund 9 mag und dehnt sich über rund zehn Bogenminuten oder ein Drittel der Breite des Vollmonds am Himmel aus. NGC 3521 erstreckt sich über rund 50 000 Lichtjahre und ist

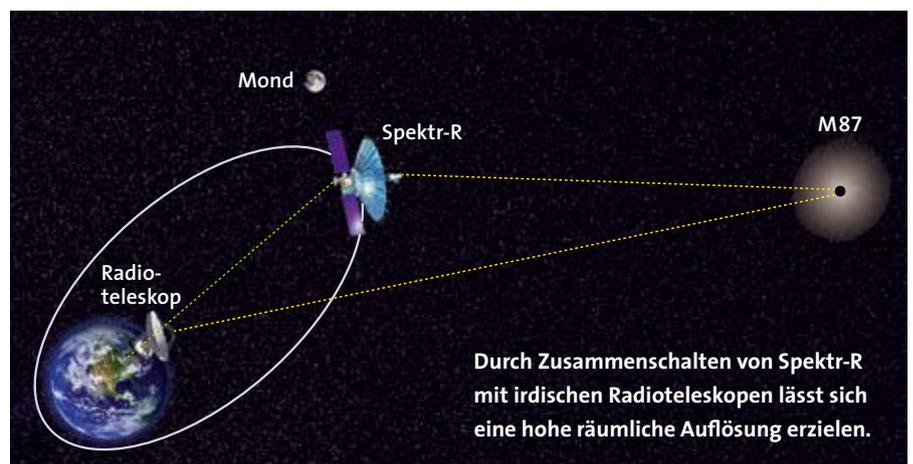
somit nur etwa halb so groß wie unser Milchstraßensystem. Im Gegensatz zu diesem zeichnet sich NGC 3521 durch eine viel kleinteiligere Spiralstruktur aus, sie verfügt über keine großen Spiralarme. Stattdessen drängen sich auf engem Raum viele schmale Spiralarme zusammen, die NGC 3521 ein geflocktes Aus-

sehen geben. Zwischen ihnen ist nur wenig Platz frei, die Ursache hierfür ist noch nicht klar.

Bei genauerem Hinsehen finden sich in dieser Welteninsel viele bläulich leuchtende Regionen. Es sind offene Sternhaufen, die zahlreiche junge, massereiche Sterne enthalten. Sie sind so heiß, dass sie über-

Radioteleskop Spektr-R im All

Einen Meilenstein in der weltraumgestützten Radioastronomie kann die russische Raumfahrtbehörde Roskosmos für sich verbuchen: Am 18. Juli 2011 gelang der Start des Radioteleskops Spektr-R mit einer Zenit-Rakete vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur. Das Teleskop wurde in eine stark elliptische Erdumlaufbahn eingeschossen, die von 500 bis 350 000 Kilometer reicht, also rund 90 Prozent der Entfernung der Erde zum Mond. Für einen Umlauf benötigt Spektr-R rund neun Tage. Etwa eine Woche nach dem Start gelang das kritische Aufklappen



Spektr-R: Roskosmos; Erde, Mond, M87: NASA / SuW-Grafik

der wie ein Regenschirm zusammengefalteten Zehn-Meter-Parabolantenne. Das Ziel des Programms ist die Zusammenschaltung der Antenne von Spektr-R mit erdgebundenen Radioteleskopen zu einem Interferometer mit extrem großer Basislänge.

Schon seit Jahrzehnten werden auf der Erde Radioteleskope über Kontinente hinweg zu Antennenverbänden kombiniert, um die räumliche Auflösung der Radiobeobachtungen drastisch gegenüber einzelnen Radioteleskopen zu erhöhen. Dies wird als *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI) bezeichnet, also Interferometrie mit sehr großer Basislänge. Allerdings sind diesen Verbänden durch den Durchmesser der Erde natürliche Grenzen gesetzt. Um noch höhere Auflösungen zu erreichen, sind größere Basislängen nötig, so dass man ein Radioteleskop ins All entsenden muss.

Wenn Spektr-R bei großem Erdabstand mit erdgebundenen Radioteleskopen zusammengeschaltet wird, lässt sich im optimalen Fall eine räumliche Auflösung von sieben Mikrobogensekunden erreichen. Dies ist einige tausend mal höher als die Auflösung des Weltraumteleskops Hubble im sichtbaren und infraroten Licht, die zwischen 0,05 und 0,1 Bogensekunden beträgt.

Spektr-R soll im Verbund »Radio-Astron« unter anderem Schwarze Löcher in den Zentren von Galaxien untersuchen, wobei die Astronomen hoffen, Details im unmittelbaren Umfeld des Ereignishorizonts auflösen zu können. Eines der ersten Ziele ist die elliptische Riesengalaxie Messier 87 im Sternbild Jungfrau, in deren Zentrum sich ein Schwarzes Loch mit bis zu 6,6 Milliarden Sonnenmassen verbirgt.

Radio-Astron, 25. Juli 2011

W I S wissenschaft
in die schulen!

Zu diesem Beitrag stehen didaktische Materialien auf unserer Internetseite www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1116788 zur freien Verfügung. Sie beschäftigen sich mit dem begrenzten physikalischen Auflösungsvermögen von optischen, infraroten und radioastronomischen Teleskopen.

Mannshoch ist der Marsrover Curiosity mit ausgefahrenem Sensorkopf.



NASA / JPL-Caltech

Marsrover »Curiosity« soll im Krater Gale landen

Im August 2012 wird ein merkwürdiges Gebilde am lachsrosa Himmel des Planeten Mars erscheinen. Zunächst an einem Fallschirm hängend, wird es nach dessen Abwurf Raketentriebwerke zünden und immer langsamer werden, bis es schließlich am Himmel stillsteht. Dann wird ein sechsrädriges Gefährt an dünnen Seilen herabgelassen, die beim Aufsetzen der Räder sofort durchtrennt werden. Das spinnenartige Gebilde über dem gelandeten Fahrzeug lässt seine Raketenmotoren stärker aufheulen, macht einen Satz nach oben und seitwärts, um dann einige Kilometer weiter auf der Marsoberfläche zu zerschellen. Derweil hat der Rover seine Gliedmaßen ausgefahren und beginnt damit, mit seinen mechanisch-elektronischen Sinnen das Umfeld des Landeplatzes zu erkunden.

So soll es sich nach dem Willen der NASA im nächsten Jahr abspielen, das Landemanöver der neuesten US-Marssonde »Curiosity« (englisch für Wissbegier), die im November 2011 gestartet werden soll. Curiosity oder das »Mars Science Laboratory« ist der größte und schwerste Marsrover, der bislang auf die Reise geschickt wurde. Er ist technisch seinen beiden Vorgängern Spirit und Opportunity weit überlegen und soll viele Kilometer über die Marsoberfläche rollen. Angetrieben wird dieses Gefährt nicht mit Solarzellen, sondern mit einem Radioisotopen-Generator, der rund um die Uhr Strom liefert. Eine vielseitige wissenschaftliche Ausrüstung zur Gesteinsanalyse und Messung der Umgebungsbedingungen ermöglicht eine detaillierte Erkundung des Landegebiets.

Als Landeplatz legte die NASA den 154 Kilometer großen Krater Gale fest. Er liegt nahe am Äquator des Mars an der Position 4,5 Grad Süd und 137,4 Grad Ost. In seinem Inneren befindet sich eine bis zu fünf Kilometer dicke, geschichtete Ablagerung aus Sedimentgesteinen, die wohl während der feuchten Urzeit des Planeten vor rund vier Milliarden Jahren entstand. Erkundungen aus der Umlaufbahn weisen darauf hin, dass es in dieser Region Tonminerale und sulfatische Gesteine gibt, die sich nur in flüssigem Wasser bilden konnten. Zudem soll Curiosity mit einem hochempfindlichen Massenspektrometer nach organischen Molekülen suchen, die sich bislang auf dem Mars nicht nachweisen ließen. Sie sind aber die Grundvoraussetzung für das Leben, wie wir es kennen.

Die Landschaft im Krater Gale ist geologisch sehr abwechslungsreich, so dass die Bilder des Marsrovers auch für das Publikum sehr interessant sein dürften. Das Landegebiet befindet sich auf einem Fächer aus Sand und Geröllen, die wahrscheinlich von einem Fluss in den Krater gespült wurden. Von dort aus soll dann der Rover seinen Aufstieg auf den rund fünf Kilometer hohen Berg in der Kratermitte beginnen. Seine Oberfläche erscheint glatt genug, dass ein Fahrzeug mit Rädern den Aufstieg bewältigen kann.

NASA, 24. Juli 2011

Juno ist auf dem Weg zum Jupiter

Nach mehr als 20-jähriger Pause ist wieder ein irdischer Kundschafter zum König unseres Sonnensystems unterwegs, dem Riesenplaneten Jupiter. Am 5. August 2011 um 18:25 Uhr MESZ erhob sich eine Atlas-5-Trägerrakete in den blauen Himmel über dem US-Bundesstaat Florida. Rund eine Stunde später befand sich die Raumsonde Juno auf einer Erdfluchtbahn. Für die nächsten zwei Jahre wird sie sich auf einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegen, welche die Sonde über die Umlaufbahn des Mars hinausführt.

Diese Flugphase wird recht ruhig verlaufen, nur unterbrochen von Testläufen für die Bordinstrumente und die Durchführung von Bahnkorrekturen. Am 9. Oktober 2013 kehrt Juno wieder zur Erde zurück, um Schwung zu holen für den eigentlichen Flug zum Jupiter. Dabei wird sich bis auf 500 Kilometer dem Blauen Planeten nähern, um ihre Geschwindigkeit relativ zur Sonne um 7,3 Kilometer pro Sekunde zu erhöhen. Erst dann ist die Geschwindigkeit von Juno hoch genug, um Jupiter in rund 2,7 Jahren erreichen zu können.

Etwa ein halbes Jahr vor der Ankunft beim Riesenplaneten werden die Instrumente der Raumsonde hochgefahren und beginnen mit den ersten Beobachtungen des Jupiter und seines Umfelds. Bei Erreichen des geringsten Abstands von 5000 Kilometern zum Planeten am 4. Juli 2016 zündet Juno ihr Bremstriebwerk für 30 Minuten entgegen ihrer Flugbewegung. Damit

reduziert sie ihre Geschwindigkeit gegenüber Jupiter so weit, dass sie in eine weite elliptische Bahn um den Riesenplaneten eintritt, die über die Pole führt. Dieser erste Orbit hat eine Umlaufperiode von 107 Tagen und wird intensiv zur Kalibrierung der Instrumente genutzt.

Wenn sich Juno nach ihrem ersten Umlauf erneut Jupiter nähert, zündet sie zum zweiten und letzten Mal ihr Bremstriebwerk, um ihre Geschwindigkeit relativ zum Planeten nochmals zu verringern. Diesmal brennt ihr Triebwerk für 37 Minuten. Die Umlaufperiode beträgt danach nur noch elf Tage. Juno soll Jupiter auf dieser Bahn in einem Jahr 33-mal umrunden, bis sie zum Missionsende gezielt zum Absturz in den Riesenplaneten gebracht wird.

Nach einem Jahr im strahlungsverseuchten direkten Umfeld des Jupiter wird die Bordelektronik der Sonde durch die Partikelstrahlung trotz spezieller Schutz- und Härtnungsmaßnahmen so stark geschädigt sein, dass ein Weiterbetrieb nicht mehr möglich ist. Um zu verhindern, dass Juno in ferner Zukunft unbeabsichtigt auf dem Mond Europa aufschlägt, wird sie durch Zündung ihres Antriebs auf Kollisionskurs mit dem Riesen gebracht und verbrennt in seiner Atmosphäre. Damit wird vermieden, dass auf der Sonde befindliche irdische Keime den Jupitermond verseuchen könnten, auf dem es möglicherweise Leben gibt.

Eine versteckte Zwerggalaxie hinter der Milchstraße

Auch im Weltall gibt es Regionen, die nur selten die Aufmerksamkeit der Astronomen genießen. Eine davon ist die *Zone of Avoidance*, zu deutsch etwa »vermiedenes Gebiet«, wo die Sterne und die Gas- und Staubmassen unseres Milchstraßensystems den Blick in die größere Ferne weitgehend verstellen. Gerade deshalb können sich hier noch viele Objekte verbergen.

Eine Forschergruppe um Travis McIntyre an der University of New Mexico verwendete das 305-Meter-Radioteleskop in Arecibo auf Puerto Rico, um nach Galaxien hinter der Scheibe unseres Milchstraßensystems zu suchen. Sie nutzten dafür eine Radiowellenlänge von 21 Zentimetern, um die galaktische Scheibe zu durchdringen. Hier konnten sie die Strahlung von

kühlem, atomarem Wasserstoff auffangen, der zu einer Zwerggalaxie hinter unserem Milchstraßensystem gehört. Im Bereich der Zentimeterwellen ist die Absorption durch unsere Galaxis nicht ganz so extrem wie in den kürzerwelligen Bereichen der elektromagnetischen Strahlung.

Nachdem die Daten aus Arecibo vorlagen, nutzte das Forscherteam das *Very Large Array (VLA)*, ein Radioteleskop im US-Bundesstaat New Mexico, und ein 90-Zentimeter-Spiegelteleskop, um weitere Details der Zwerggalaxie zu ermitteln. Auch das VLA konnte sie leicht ausmachen, und im optischen Bereich zeigte sich ein schwacher Abglanz. Interessanterweise lagen aber die Radiokomponente und das optische Gegenstück nicht übereinander und überlappten



Ein naher Verwandter der Zwerggalaxie ALFA ZOA J1952+1428 ist die Fornax-Zwerggalaxie im südlich gelegenen Sternbild Chemischer Ofen. Sie ist rund 460 000 Lichtjahre von uns entfernt.

Juno dient vor allem der Erkundung der Atmosphäre und des mächtigen Magnetfelds des Jupiter und ist hierfür mit acht unterschiedlichen Instrumenten ausgerüstet. Zusätzlich wurde die Sonde mit einer Farbkamera ausgestattet, die für die allgemeine Öffentlichkeit Bilder des Riesenplaneten und seiner dynamischen Atmosphäre aufnehmen wird. Damit kann sie die Arbeit fortführen, die mit dem ersten Jupitersatelliten, der Raumsonde Galileo, begann. Diese umrundete von 1995 bis 2003 den Planeten, konnte aber wegen einer verklemmten Hauptantenne nur einen Bruchteil der ursprünglich von der Jupiteratmosphäre geplanten Bilder zur Erde funken. NASA/JPL, 5. August 2011

Ab Juli 2016 soll dieses Szenario Wirklichkeit werden: die US-Raumsonde Juno im Umlauf um den Riesenplaneten Jupiter. Sie wird ihn für rund ein Jahr aus der Umlaufbahn erkunden.



NASA / JPL-Caltech

sich kaum. Ein Grund dafür ist, dass das optische Teleskop nicht die gesamte Ausdehnung der Zwerggalaxie erfassen konnte, weil die davorliegenden galaktischen Gas- und Staubmassen zu dicht waren. Dennoch sind die Verteilungen der Sterne und des atomaren Wasserstoffs in der Zwerggalaxie sehr unterschiedlich.

Die Zwerggalaxie, welche die Bezeichnung ALFA ZOA J1952+1428 erhielt, enthält wahrscheinlich eine Masse von etwa zehn Millionen Sonnenmassen. (Zum Vergleich: Unser Milchstraßensystem enthält mindestens 200 Milliarden Sonnenmassen.) Die Welteninsel ist vom Typ der blauen Zwerggalaxien, die sich durch intensive Sternentstehung und einen recht hohen Gehalt an schweren Elementen auszeichnen, der höher ist als bei sonstigen Zwerggalaxien. Ihre Entfernung beträgt rund 22 Millionen Lichtjahre, damit ist sie kein Mitglied der Lokalen Gruppe, zu der unsere Galaxis, der Andromedanebel Messier 31 und eine ganze Reihe kleinerer Galaxien gehören.

arXiv:1107.4343v1

»Sterne und Weltraum«-Gewinnspiel

Mit etwas Glück können Sie ein Exemplar der Software »Eye & Telescope« gewinnen, freundlicherweise zur Verfügung gestellt von www.science-shop.de.

Senden Sie die Ziffern der Fragen und den jeweils zugehörigen Buchstaben der richtigen Lösung bis zum **15. Oktober 2011** per E-Mail mit der Betreffzeile »Juno« an: gewinnspiel@astronomie-heute.de



Frage 1: Die Sonde Juno ist der
a) erste Jupiter-Satellit
b) zweite Jupiter-Satellit
c) dritte Jupiter-Satellit

Frage 2: Juno erreicht Jupiter im Jahr
a) 2013
b) 2014
c) 2016

Frage 3: Juno nähert sich Jupiter bis auf
a) 5000 Kilometer
b) 10 000 Kilometer
c) 20 000 Kilometer

Teilnahmebedingungen: Alle »Sterne und Weltraum«-Leser, die bis zum 15. Oktober 2011 die richtigen Lösungen an die genannte E-Mail-Adresse senden, nehmen an der Verlosung teil. Bitte dabei unbedingt die Postanschrift angeben. Maßgebend ist der Tag des Eingangs. Ausgeschlossen von der Teilnahme sind die Mitarbeiter der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH und deren Angehörige. Die Preise sind wie beschrieben. Ein Tausch der Gewinne, eine Auszahlung in bar oder in Sachwerten ist nicht möglich. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mit der Teilnahme am Gewinnspiel erkennt der Einsender diese Teilnahmebedingungen an.

Dockt die zweite Dragon-Kapsel an die ISS an?

Möglicherweise wird die von der privaten US-Raumfahrtfirma SpaceX entwickelte rückkehrfähige Raumkapsel Dragon schon bei ihrem zweiten Testflug im Dezember 2011 an der Internationalen Raumstation ISS anlegen. Bislang war nur eine enge Annäherung geplant. Ihren Erstflug absolvierte Dragon im Dezember 2010.

Progress-Raumfrachter abgestürzt

Zum ersten Mal in der Geschichte der russischen Raumfahrt ist am 24. August 2011 ein unbemannter Raumfrachter des Typs Progress beim Start abgestürzt. Die Ursache ist ein Versagen der dritten Stufe der Sojus-U-Trägerrakete. An Bord befand sich Nachschub für die Internationale Raumstation ISS. Derzeit haben die Sojus-Raketen Startverbot, die Auswirkungen auf den Betrieb der ISS sind noch unklar.

WISE entdeckt kühlsen Braune Zwerge

Mit dem »Wide-Field Infrared Survey Explorer« (WISE) gelang der Nachweis von sechs Sternen des Spektraltyps Y. Es sind kühle Braune Zwerge, der kühlsen von ihnen, WISE 1828+2650, ist an der Oberfläche nur 25 Grad Celsius warm. Sie stehen bis zu 40 Lichtjahre von uns entfernt.

Opportunity erreicht Krater Endeavour

Der seit mehr als sieben Jahren aktive Marsrover Opportunity hat Mitte August 2011 den Wall des 22 Kilometer großen Einschlagkraters Endeavour erreicht. Nach mehr als 33 auf dem Mars zurückgelegten Kilometern begann Opportunity mit der Analyse der dortigen Gesteine, die sich deutlich von den bislang untersuchten unterscheiden.

Weitere aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auf

www.astronomie-heute.de

OSIRIS-Rex – eine neue Asteroidensonde der NASA

Im Jahre 2016 möchte die US-Raumfahrtbehörde NASA eine Raumsonde zum erdnahen Asteroiden 1999 RQ₃₆ schicken, dort Bodenproben entnehmen und für die weitere Analyse zur Erde transportieren. Der Name des Projekts ist OSIRIS-REX, was für *Origins Spectral Interpretation Resource Identification Security Regolith Explorer* steht. Diese Bezeichnung deutet an, dass die Sonde unter anderem der Frage nach der Entstehung der Planeten und Asteroiden nachgeht, die Oberfläche des Asteroiden mit den Ergebnissen der erdgebundenen Spektralanalyse vergleicht und das Gesteinsmaterial auf seine Eignung für künftige Baumaterialien im All prüft.

OSIRIS-Rex soll nach dem Start mehrere Runden durch das innere Sonnensystem drehen, bis sie nach vier Jahren beim 560 Meter großen Asteroiden 1999 RQ₃₆ ankommt. Dort soll sie den Himmelskörper für rund sechs Monate aus der Nähe erkunden, wobei dann der interessanteste Ort für eine Entnahme von Bodenproben ausgewählt wird. Dafür fliegt die Sonde auf wenige Dutzend Zentimeter an den Asteroiden heran, fährt einen Roboterarm zur Probennahme aus und soll mindestens 60 Gramm Material aufsammeln. Falls es besonders gut läuft, kann OSIRIS-Rex bis zu zwei Kilogramm Probenmate-

rial zur Erde mitnehmen. Für die Rückkehr benötigt die Sonde noch einmal drei Jahre, bis 2023 ihre Rückkehrkapsel in der Wüste des US-Bundesstaats Utah niedergeht.

Der Asteroid 1999 RQ₃₆ gehört zur Klasse der kohlenstoffhaltigen Kleinplaneten, die sich seit ihrer Bildung in der Frühzeit des Sonnensystems vor 4,5 Milliarden Jahren kaum noch verändert haben. Der kleine Himmelskörper ist also eine Zeitkapsel – sie konserviert das Material, aus dem sich die Erde und die anderen terrestrischen Planeten gebildet haben. Er enthält auch Anteile von organischen Molekülen, die für die Entstehung des Lebens auf der Erde von Interesse sind.

OSIRIS-Rex ist eine Mission des »New Frontiers Program« der NASA, das Raumsonden der mittleren Preisklasse finanziert, die sich im Rahmen des preiswerteren »Discovery«-Programms nicht verwirklichen lassen. Die Missionen von New Frontiers dürfen maximal 800 Millionen Dollar kosten, wobei die Beträge für den Start und Betrieb noch hinzukommen. OSIRIS-Rex gilt als Vorläufermission eines bemannten Flugs zu einem erdnahen Asteroiden, der mit der Orion-Raumkapsel, nun »Multi-Purpose Crew Vehicle« genannt, in den späten 2020er Jahren stattfinden könnte.

NASA, 26. Mai 2011



Im Jahr 2016 soll die US-Raumsonde OSIRIS-Rex zum erdnahen Asteroiden 1999 RQ₃₆ starten und ihn nach einer vierjährigen Reise erreichen. Dort soll die Sonde Bodenproben entnehmen und zur Erde zurückschaffen.

NASA

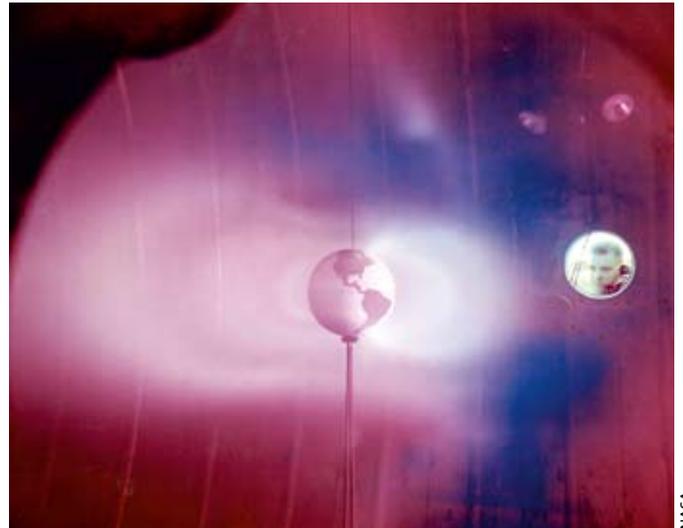
Antiprotonenring umhüllt die Erde

Ständig prasseln geladene Teilchen aus der kosmischen Strahlung auf die Erde – und erzeugen dabei neue Teilchen, wenn sie mit Partikeln der Atmosphäre kollidieren (siehe auch S. 36). Zur Überraschung von Piergiorgio Picozza von der Università di Roma und seiner Koautoren befinden sich darunter sogar Antiprotonen: Die Antimaterie sammelt sich nach ihren Erkenntnissen im inneren Bereich des so genannten van-Allen-Gürtels – eines Torus aus energiereichen geladenen Teilchen, die vom Magnetfeld der Erde eingefangen wurden.

Der Nachweis glückte den Forschern mit Hilfe des Teilchendetektors PAMELA (*Payload for Antimatter-Matter Exploration and Light-Nuclei Astrophysics*), der an Bord des russischen Satelliten Resurs-DK1 die Erde umkreist. Eigentlich wollten sie damit die kosmische Strahlung untersuchen, doch entdeckte

Picozzas Team mit seinen Messungen zwischen Juli 2006 und Dezember 2008 auch insgesamt 28 negativ geladene Antiprotonen, die in spiralförmigen Umlaufbahnen um die vom Südpol ausgehenden Magnetfeldlinien der Erde kreisen: Im Bereich der so genannten Südatlantischen Anomalie reicht der van-Allen-Gürtel am nächsten an die Erde heran. Da PAMELA diesen Abschnitt immer nur sehr kurzzeitig untersucht, vermuten die Astrophysiker, dass im gesamten inneren Strahlungsgürtel des Planeten Milliarden Antiprotonen gefangen sein könnten und dort für Minuten oder Stunden überdauern, bevor sie zerstrahlen.

Bislang war man davon ausgegangen, dass die relativ schweren Antiprotonen recht schnell in die oberen Atmosphärenschichten der Erde absinken und dort auf »normale« Materie treffen, wodurch sie ausgelöscht



NASA

Im Jahr 1966 simulierte die NASA den irdischen van-Allen-Gürtel mit Hilfe von Plasma im Labor. Ein Wissenschaftler überwacht das Experiment durch ein Fenster im Vakuumtank.

werden. Die Stärke der Magnetfeldlinien im inneren Strahlungsgürtel der Erde reicht aber offensichtlich aus, dass sich die Antimaterie auf relativ enger Bahn darum bewegt, was ihren Absturz verzögert. Vor der Entdeckung

von Picozza und Koautoren kannten Physiker aus dem van-Allen-Gürtel nur Positronen, die positiv geladenen Gegenstücke zu Elektronen.

DANIEL LINGENHÖHL

Astrophys. J. Letters
10.1088/2041-8205/737/2/L29, 2011

Minkowskis Fußabdruck

Im Sternbild Schwan, rund 8000 Lichtjahre von uns entfernt, befindet sich dieses eigenartig geformte Nebelgebilde mit der Katalogbezeichnung Minkowski 92. Es ist ein Präplanetarischer Nebel, eine Vorstufe zu einem Planetarischen Nebel, der von einem Stern mit etwas mehr als einer Sonnenmasse ausgestoßen wurde und sich dem Ende seiner Existenz nähert. Dieser hat bereits seine Phasen als Roter Riese durchlaufen und bläst nun seine äußeren Schichten durch kräftige Sternwinde ab. Die Gasmassen zeigen sich hier als zwei zwiebelartige Ausbuchtungen um den Zentralstern in der Mitte und erinnern in Aufnahmen geringerer Auflösung an einen Schuhabdruck.

Die präplanetarische Phase dauert nur wenige tausend Jahre, derweil sich der Zentralstern immer mehr zu einem Weißen Zwerg entwickelt. Dabei schrumpft er zu einer Kugel von etwa Erdgröße, aber mit

einer Masse bis zum 1,4-fachen der Sonnenmasse. Beim Schrumpfungsprozess wird er immer heißer und gibt den Großteil seiner Strahlung im energiereichen ultravioletten Licht ab. Diese regt dann die Gase in den ausgestoßenen Schichten



ESA / NASA und Hubble

An einen Fußabdruck erinnert der Präplanetarische Nebel Minkowski 92 im Sternbild Schwan.

zur Aussendung von sichtbarem Licht und infraroter Strahlung an. Bei Minkowski 92 ist es noch nicht ganz so weit, der Nebel leuchtet derzeit nur im reflektierten und gestreuten Licht seines Zentralsterns.

Die Bezeichnung »Planetarischer Nebel« geht auf die Astronomen im 17. und 18. Jahrhundert zurück, die mit den damaligen einfachen Teleskopen erstmals solche Objekte erblickten. In ihren Instrumenten wirkten diese Nebel wie unscharfe Scheibchen eines Planeten. Die Bezeichnung »Minkowski 92« bezieht sich auf den Entdecker dieses Objekts, den deutschstämmigen US-Astrophysiker Rudolph Minkowski (1895–1976), der auch einen Katalog Planetarischer Nebel erstellte.

Das Bild wurde mit dem Weltraumteleskop Hubble mit der Weitfeld/Planetenkamera-2 in vier unterschiedlichen Wellenlängen im sichtbaren Licht aufgenommen.

POTW 1128A