



NASA / JPL-Caltech / SwRI / MSSS / Gerald Eichstädt / Seán Doran

**Jupiter – hier in einer Aufnahme der US-Raumsonde Juno – könnte sich als erster Planet in der die Sonne umgebenden Scheibe aus Gas und Staub gebildet haben.**

Wissenschaftler unterscheiden hier zwei verschiedene Reservoirs von Meteoriten, die es wenige Millionen Jahre nach Entstehung der Sonne gegeben haben muss: kohlenstoffarme Gesteine aus dem inneren Sonnensystem und kohlenstoffreichere von dessen Rand.

Zu der dafür nötigen Trennung der protoplanetaren Materiallager wäre Jupiter im Stande gewesen, wenn sich sein Kern früh gebildet hätte, argumentieren Forscher seit längerem. Das Team um Kruijer meint nun, starke Indizien dafür präsentieren zu können: Mit Hilfe der Alter der verschiedenen Meteoritenproben konnten die Wissenschaftler zeigen, dass die beiden Reservoirs im Zeitraum zwischen einer Million und etwa vier Millionen Jahre nach der Entstehung des Sonnensystems getrennt waren. Das passt aus Sicht der Forscher sehr gut zu einer frühen Entstehung des Jupiters. Nach spätestens vier Millionen Jahren hatte er demnach eine Lücke in die Staubscheibe gesaugt und ließ Meteoriten ins innere Sonnensystem passieren.

Nach wie vor sind aber auch andere Erklärungen für die Trennung der Materiereservoirs denkbar. Vielleicht habe man noch eine naive Vorstellung davon, wie sich die Gesteinsbrocken im jungen Sonnensystem bewegt haben, so etwa der nicht an der Studie beteiligte Astronom Kevin Walsh. Es sei also nach wie vor vorstellbar, dass der Jupiter erst später entstanden sein könnte.

[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1704461114](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1704461114)

## Jupiter entstand früh

Der Jupiter könnte der erste Planet gewesen sein, der in unserem Sonnensystem entstand – er hätte damit die Entwicklung unserer kosmischen Heimat stärker geprägt als bisher angenommen, so Forscher um Thomas S. Kruijer von der Universität Münster. Sie analysierten hierzu die Verhältnisse von Molybdän-Isotopen in eisenhaltigen Meteoriten. Demnach bildete sich der Kern des Gasriesen bereits eine Million Jahre nach der Sonne, als das Sonnensystem noch aus einer weit ausgedehnten Scheibe aus Gas und Staub bestand. Binnen drei bis vier Millionen

Jahren wuchs der junge Jupiter auf etwa 50 Erdmassen an.

Bisher können Planetenforscher nicht genau sagen, wann die Gasplaneten im Sonnensystem entstanden sind. Computersimulationen legen nahe, dass sie spätestens zehn Millionen Jahre nach Zündung des Sonnenfeuers vor 4,6 Milliarden Jahren auf den Plan traten. Forscher vermuten bereits seit längerem, dass Jupiter, der heute mehr als 300 Erdmassen enthält, als Erstes aus der Staubscheibe hervorging.

Das Team um Thomas Kruijer präsentiert nun neue Hinweise für diese Vermu-

tung in Form einer aufwändigen Analyse von insgesamt 19 Gesteinsproben. Sie stammen von Meteoriten aus den Kindertagen des Sonnensystems, die auf die Erde gestürzt sind. Kruijer und seine Kollegen konnten diese Proben genauer analysieren, als dies in der Vergangenheit möglich war.

Insbesondere interessierte die Planetologen, inwieweit das Verhältnis von Molybdän-Isotopen in den Meteoriten von irdischem Material abweicht. Das erlaubt Rückschlüsse auf den Entstehungsort der Brocken im jungen Sonnensystem.

## Ein tanzendes Sternenpaar

Lediglich rund sechs Lichtjahre von uns entfernt tanzen zwei Braune Zwerge durchs All und halten sich dabei dank ihrer Schwerkraft eng umschlungen: Über drei Jahre hinweg beobachtete das Weltraumteleskop Hubble der NASA und ESA das Doppelsystem Luhman 16 AB im Sternbild Segel (lateinisch: Vela) insgesamt zwölfmal. Ein Forscherteam um Luigi Bedin vom Osservatorio Astronomico di Padova in Italien setzte die Aufnahmen zusammen, was offenbarte: Die beiden Sterne drehen sich nicht nur umeinander, sondern wandern auch gemeinsam über den Nachthimmel. Dem überlagert ist die jährliche Parallaxe – eine leichte Verschiebung des betrachteten Systems im Vergleich zu den Hintergrundsternen, hervorgerufen durch den Umlauf der Erde um die Sonne. Im Bild sorgt diese für die wellenförmige Bewegung der Sterne.

Die beiden Braunen Zwerge von Luhman 16 AB sind das

drittnächste Sternsystem zur Erde nach dem Dreifachsternsystem Alpha Centauri und Barnards Pfeilstern. Benannt sind sie nach ihrem Entdecker, dem US-amerikanischen Astronomen Kevin Luhman. Erst im Jahr 2013 fand er die tanzenden Partner in Aufnahmen des Weltraumteleskops Wide-Field Infrared Survey Explorer (WISE) der NASA. Die späte Entdeckung ist ihrer geringen Helligkeit geschuldet: Braune Zwerge sind nicht massereich genug, um die Fusion von Wasserstoff in ihrem Innern in Gang zu bringen, weshalb sie nur sehr schwach im Infraroten leuchten.

Das Hauptinteresse der Wissenschaftler galt der Frage, ob es einen dritten Partner in dem System Luhman 16 AB gibt, beispielsweise einen Exoplaneten. Die Beobachtungen mit Hubble zeigen aber, dass die Braunen Zwerge wohl tatsächlich nur zu zweit das Tanzbein schwingen.

Bedin, L. et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, akzeptiert, 2017

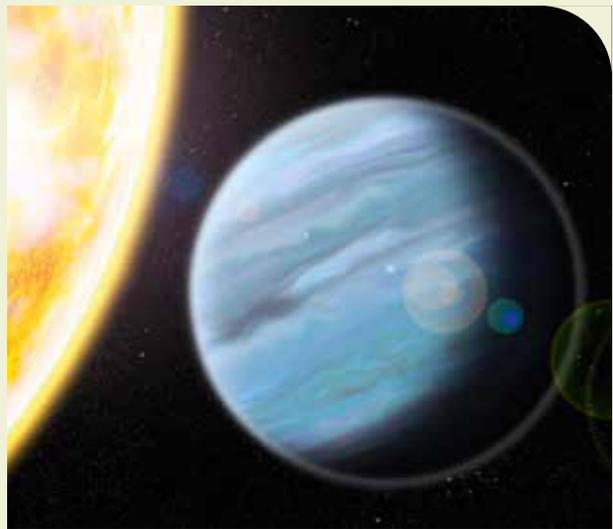


ESA / Hubble / NASA, L. Bedin et al.

Die Bewegung des Doppelsystems Luhman 16 AB wurde hier aus zwölf Einzelbildern des Weltraumteleskops Hubble zusammengesetzt. Die Beobachtungen erstreckten sich über einen Zeitraum von drei Jahren.



Der Tanz der Braunen Zwerge Luhman 16A und -B:  
[goo.gl/4viN8B](https://goo.gl/4viN8B)



Künstlerische Darstellung: Walter Robinson, Lehigh University

Mit einer mittleren Dichte von 0,1 Gramm pro Kubikzentimeter hat der Exoplanet KELT-11b einen der geringsten Werte unter den derzeit bekannten extrasolaren Welten.

### Ein Leichtgewicht: Der Gasriese KELT-11b

W I S wissenschaft  
in die Schulen!

Rund 320 Lichtjahre entfernt von der Erde umkreist ein Exoplanet seinen Stern, der Astronomen gleich mehrfach erfreut. Denn KELT-11b besitzt einige rekordverdächtige Eigenschaften, die ihn zu einem optimalen Beobachtungsobjekt machen, wie Joshua Pepper von der Lehigh University und sein Team im »The Astronomical Journal« schreiben. KELT-11b ist 40 Prozent größer als Jupiter, weist gleichzeitig aber nur ein Fünftel von dessen Masse auf. Der Planet weist mit nur rund 0,1 Gramm pro Kubikzentimeter die Dichte von Bauschaum auf. Könnte man ihn auf einen überdimensionalen Wasserozean setzen, würde er noch besser schwimmen als ein Korkstopfen. Der Himmelskörper ist der Planet mit der drittkleinsten Dichte, die bislang erfasst wurde.

Mehr noch faszinierte die Astronomen allerdings die riesige Atmosphäre des Planeten, die eine Dicke von mehr als 2760 Kilometern aufweist. Da KELT-11b seinen sehr hell leuchtenden Stern in geringer Distanz umrundet, macht ihn das zu einem der am besten zu beobachtenden Exoplaneten am Südhimmel. Aufgespürt wurde er mit dem KELT-Projekt (Kilodegree Extremely Little Telescope), das zwei Teleskope in Südafrika und Arizona nutzt, um Exoplaneten vor sehr hellen Sternen zu entdecken. Mit Hilfe der ausgedehnten Atmosphäre von KELT-11b wollen die Forscher einige Messinstrumente testen. Der Exoplanet nähert sich – in kosmischen Maßstäben – jedoch bald seinem Ende: Er umkreist seinen Stern in nur 4,7 Tagen. Dieser ist sowohl größer als auch massereicher als unsere Sonne und hat sich bereits zu einem gelben Unterriesen entwickelt. Der Stern ist also dabei, sich immer weiter auszudehnen. Er wird sich in relativ kurzer Zeit zu einem Roten Riesen aufblähen. Dann wird er seinen Planeten verschlucken und aufzehren.

The Astronomical Journal 153, 2017, doi:10.3847/1538-3881/aa6572

## Raumsonde Psyche startet früher

Die US-Raumsonde Psyche, die zum gleichnamigen Asteroiden fliegen soll, wird bereits im Sommer 2022 starten und nicht wie bislang vorgesehen im Oktober 2023 (siehe SuW 3/2017, S. 10). Wegen des früheren Starts gelangt die Sonde auf eine wesentlich günstigere Transferbahn und erreicht (16) Psyche schon im Jahr 2026 statt 2030.

## Astronaut Alexander Gerst fliegt im Mai 2018 zur ISS

Der deutsche Astronaut Alexander Gerst fliegt im Mai 2018 zum zweiten Mal ins All und wird sich im Rahmen seiner »Horizons-Mission« rund ein halbes Jahr auf der Internationalen Raumstation ISS aufhalten.

## Zwei neue Jupitermonde entdeckt

Jupiter wird von zwei weiteren Monden mit Durchmessern zwischen ein und zwei Kilometern umrundet. S/2016 J1 und S/2017 J1 umkreisen den Riesenplaneten in 21 und 24 Millionen Kilometer Abstand und benötigen für einen Umlauf 1,65 beziehungsweise 2 Jahre. Mit ihnen steigt die Zahl der bekannten Jupitermonde auf 69.

## Ariane 5 ist die zuverlässigste Trägerrakete

Mit 79 erfolgreichen Starts in Folge seit dem Jahr 2002 ist die europäische Ariane 5 die sicherste Rakete für den Satellitentransport ins All. Kein anderes Trägersystem weltweit kann eine derartig hohe Erfolgsquote vorweisen.

## E-ELT ist jetzt nur noch ELT

Das European Extremely Large Telescope E-ELT heißt ab sofort nur noch Extremely Large Telescope ELT, da immer mehr nicht-europäische Länder bei diesem Projekt mitmachen.

Weitere aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auf [www.spektrum.de/astronomie](http://www.spektrum.de/astronomie) und [www.sterne-und-weltraum.de/twitter](http://www.sterne-und-weltraum.de/twitter)

## Enceladus – wenn ein Mond umkippt

Seit die NASA-Raumsonde Cassini um den Saturn kreist, erfahren wir mehr und mehr über das spektakuläre System aus Gasplanet, Ringen und Trabanten. In einer neuen Studie untersuchten Forscher der Cassini-Mission nun den eisigen Saturnmond Enceladus genauer – mit einem verblüffenden Ergebnis: Analysen der Oberflächenstrukturen und Masseverteilungen des Monds legen nahe, dass dessen Rotationsachse in der Vergangenheit einmal anders orientiert war als heute. Demnach ist er vor langer Zeit einfach seitlich »umgekippt«, vermutlich auf Grund eines Asteroideneinschlags.

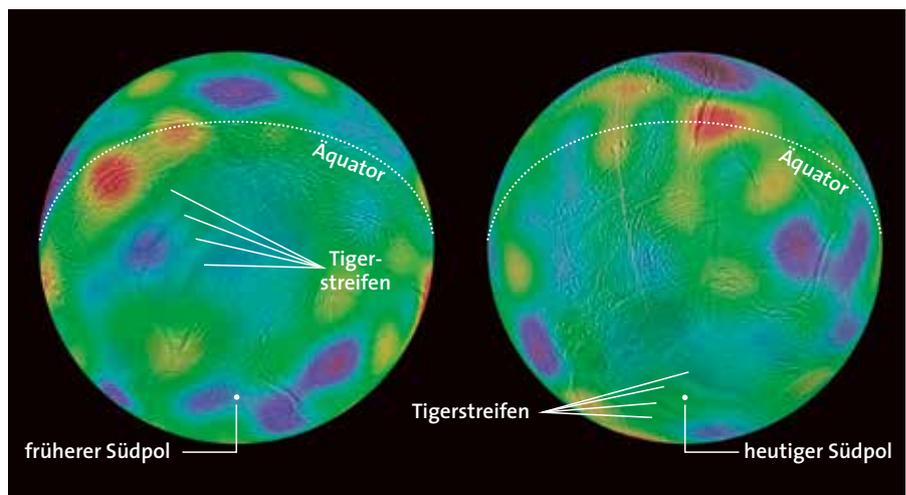
Erstmals überraschte Enceladus die Forscherwelt bereits im Jahr 2005. Damals wies Cassini Fontänen aus Wasserdampf und Eispartikeln nach, die der Mond an seinem Südpol in den Raum bläst – ein klarer Hinweis auf einen großen Ozean unter einer dicken Eisdecke. Aufnahmen mit Kameras der Raumsonde zeigten, dass die Wasserfontänen zum großen Teil aus vier langen Rissen austreten, den so genannten Tigerstreifen. Enceladus Nordpol weist dagegen keine solchen Strukturen auf.

Diese deutliche Asymmetrie der beiden Pole des Eismonds war der Wissenschaft schon lange ein Rätsel, schließlich sollten sie doch ähnlichen Einflüssen unterworfen sein. Die Forscher um Radwan Tajeddine von der Cornell University in Ithaca, USA, nutzten deshalb aktuelle Daten der Raumsonde Cassini, um eine vollständige

Oberflächenkarte von Enceladus zu erstellen. Dabei entdeckten sie eine Reihe von tief liegenden Regionen oder Becken, die sich in einem Gürtel um den gesamten Mond ziehen – allerdings nicht entlang des heutigen Äquators, sondern dazu gekippt.

Erst als die Forschergruppe die Rotationsachse des Monds in ihren Computermodellen um etwa 55 Grad zur Seite drehte, stimmten Äquator und Beckengürtel überein. Auch zwei weitere große Gruppen von Becken fügen sich schön in dieses Bild ein: Sie kommen auf den Polen des neu orientierten Enceladus zu liegen und sorgen somit für die lange gesuchte Symmetrie. Die Entstehung der tief liegenden Regionen am Äquator und an den Polen des gekippten Monds ließe sich dann durch geophysikalische Prozesse erklären.

Doch was könnte Enceladus dazu gebracht haben, sich auf die Seite zu drehen? Die Forscher können nur spekulieren, halten aber den Aufprall eines Asteroiden am Ort der Tigerstreifen für die wahrscheinlichste Ursache. Allerdings wäre Enceladus nicht plötzlich im Moment des Einschlags umgekippt. Vielmehr hätte er über Millionen Jahre hinweg einen taumelnden Tanz aufgeführt, bis er sich in seiner heutigen Lage stabilisiert hätte. Weitere Untersuchungen müssen nun zeigen, ob die Hypothese der Wissenschaftler zutreffend ist – und wo sich im Sonnensystem noch Anzeichen von umgekippten Objekten finden. Tajeddine, R. et al., Icarus 295, S. 46–60, 2017



Heute liegen die charakteristischen Tigerstreifen genau auf dem Südpol des Saturnmonds Enceladus. Forscher entdeckten aber einen Gürtel tiefliegender Becken, der nicht mit dem aktuellen Äquator des Eismonds übereinstimmt – ein Hinweis, dass die Rotationsachse früher vielleicht einmal um 55 Grad gekippt war.

## Galaktische Winde: Eine Brutstätte für junge Sterne?

Einer Gruppe von europäischen Astronomen glückte mit dem Very Large Telescope (VLT) der ESO in Chile ein sensationeller Fund: Erstmals konnten die Forscher die Entstehung von Sternen im Materiewind eines aktiven Galaxienkerns nachweisen. Über diese Möglichkeit wurde bereits seit einiger Zeit spekuliert, und frühere Beobachtungen hatten gezeigt, dass die physikalischen Bedingungen wie hohe Gasdichten in vielen Galaxienwinden durchaus gegeben sind. Die Entdeckung der Wissenschaftler bestätigt nun diese Überlegungen.

Die meisten Galaxien beherbergen in ihrem Zentrum ein mächtiges Schwarzes Loch, das oft mehrere Millionen oder Milliarden Sonnenmassen schwer ist. Befindet sich außerdem viel Gas in der Kernregion, wird dieses teilweise durch das Schwarze Loch geschluckt. Die dabei frei werdenden Energiemengen heizen die restliche Materie auf und schleudern sie in starken Galaxienwinden ins All hinaus. »Astronomen gehen bereits seit einer Weile davon aus, dass die Bedingungen in diesen Winden für Sternentstehung geeignet sein könnten.

Allerdings konnte es bisher niemand tatsächlich nachweisen, da solche Beobachtungen sehr schwierig sind«, erklärt Roberto Maiolino von der University of Cambridge.

Zusammen mit seinen Kollegen gelang ihm nun die Entdeckung. Hierfür richtete die Gruppe das VLT auf zwei Galaxien, die rund 600 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt sind und gerade miteinander verschmelzen. Aus dem Herzen der südlicheren Sterneninsel tritt dabei ein riesiger Materiewind aus. Auf Grund der großen Entfernung des Systems lassen sich die Sterne jedoch nicht als Einzelobjekte auflösen, weshalb die Astronomen auf indirekte Methoden zurückgreifen mussten: So analysierten sie mit den Spektrografen MUSE und X-shooter das Licht, das die Gaswolken in dieser Region abstrahlen. Dabei stießen sie auf charakteristische Sequenzen in den Spektren, die auf Sterne in den Winden hindeuten, welche vermutlich nur wenige Millionen Jahre alt sind. Verglichen mit Sternen in einer weniger extremen Umgebung, wie der galaktischen Scheibe, erscheinen sie außerdem heißer und



ESO / M. Kornmesser

**In den Materiewinden einer Galaxie entstehen Sterne aus dem Gas, das von extrem massereichen Schwarzen Löchern im Galaxienzentrum nach außen geblasen wird (künstlerische Darstellung).**

heller. Und die meisten von ihnen bewegen sich nach Berechnungen der Wissenschaftler mit hohen Geschwindigkeiten vom Galaxienkern weg – wie es in einem Materiewind der Fall sein sollte.

All dies deutet darauf hin, dass in Galaxienwinden Sternentstehung stattfinden kann, so die Astronomen. »Die Sterne, die im Wind in der Nähe des Galaxienzentrums entstehen, könnten durch dessen Anziehungskraft langsamer werden und sogar wieder nach innen wandern. Die Sterne, die weiter außen

im Wind entstehen, werden allerdings weniger abgebremst und können die Galaxie sogar gänzlich verlassen«, folgert Helen Russell vom Institute of Astronomy in Cambridge. Die Entdeckung hilft also nicht nur, unser Verständnis der Entstehung und Entwicklung von Galaxien zu verbessern. Sie liefert auch entscheidende Hinweise darauf, wie der intergalaktische Raum mit schweren Elementen angereichert wird; schließlich werden viele der hinausgeschleuderten Sterne als Supernovae explodieren.

Maiolino, R. et al., Nature, im Druck, 2017

Anzeige

[www.apm-telescopes.de](http://www.apm-telescopes.de)

# Ferngläser für die Himmelsbeobachtung

von APM Telescopes

**APM** TELESCOPES  
Tel.: +49 (0)681 9543032-0 Fax: +49 (0)681 9543032-9 E-Mail: [info@apm-telescopes.de](mailto:info@apm-telescopes.de)

## Galaxien am Ende des Universums

Abgesehen von kurzzeitigen Ereignissen wie Gammablitzern sind Quasare die leuchtstärksten Objekte in unserem Universum. In ihrem Innersten enthalten sie extrem massereiche Schwarze Löcher, die sich ständig Materie einverleiben und dabei enorme Energiemengen in Form von Strahlung aussenden. Selbst aus größten Entfernungen erreicht uns noch ihr Licht – auf Grund der begrenzten Lichtgeschwindigkeit

können wir somit weit in die Vergangenheit des Kosmos blicken: Einige der uns heute bekannten Quasare beobachten wir zu Zeitpunkten nur wenige 100 Millionen Jahre nach dem Urknall.

Dies wirft allerdings eine entscheidende Frage auf: Wie konnten sich so kurz nach Entstehung des Universums bereits solch extrem massereiche Schwarze Löcher als Motoren der Quasare entwickeln? Wissenschaftler vermuten, dass Regionen im

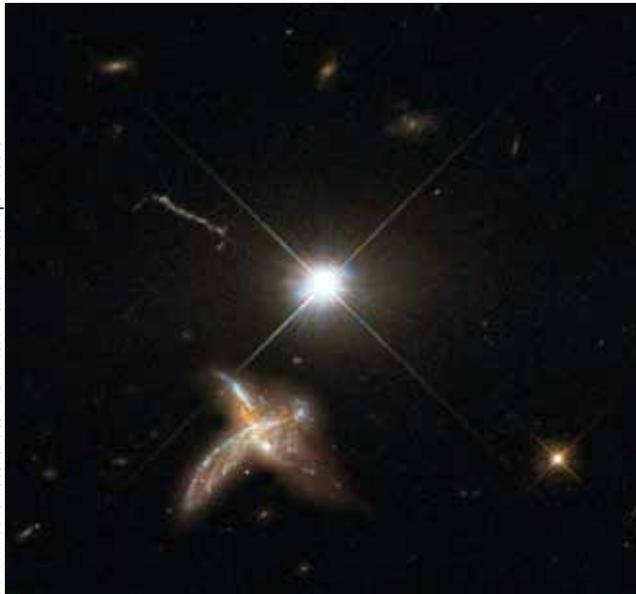
All, die schon kurz nach dem Urknall eine sehr hohe Materiedichte aufwiesen, als Brutstätten der Giganten dienten. So konnten sich die jungen Schwarzen Löcher wohl in kurzer Zeit große Gasmenge einverleiben und schnell an Masse gewinnen. Bisher blieb die Forschergemeinde allerdings einen Nachweis für diese Theorie schuldig.

Die Entdeckung einer Gruppe von Astronomen um Roberto Decarli vom Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) in Heidelberg untermauert nun aber die Vermutung der Wissenschaftler. Mit dem Atacama Large Millimeter/

submillimeter Array (ALMA) in Chile untersuchten die Forscher 25 helle Quasare, die alle bereits existierten, als das Universum weniger als 900 Millionen Jahre alt war. Dabei stießen sie auf vier weitere Strahlungsquellen – jeweils in unmittelbarer räumlicher Nähe zu einem Quasar. Auf Grund der Spektren der Quellen schlossen die Astronomen darauf, dass es sich um sehr massereiche, sternbildende Galaxien handelt.

Solch große Sternensinseln konnten nur in Raumregionen mit einer außergewöhnlich hohen Materiedichte entstehen – was offenbar auch das Wachstum der Quasare in ihrer Nähe begünstigte. Die Forschergruppe bestätigt damit das vorherrschende Bild von der Entstehung extrem massereicher Schwarzer Löcher im frühen Universum: Ihre Geburtsstätten waren wohl tatsächlich sehr große, dichte Materieansammlungen, die schon kurz nach dem Urknall existierten.

Decarli, R. et al., Nature 545, doi:10.1038/nature22358, 2017



MPIA mit Bildmaterial des NASA / ESA-Weltraumteleskops Hubble

**Neben vier von 25 untersuchten Quasaren fanden sich Hinweise auf jeweils eine Galaxie. Detaillierte Aufnahmen sind wegen der großen Entfernungen der Objekte nicht möglich – so könnten sie aber aus der Nähe aussehen: Der Quasar (Bildmitte) überstrahlt als helle, punktförmige Quelle beinahe seine Nachbargalaxie.**

## »Sterne und Weltraum«-Gewinnspiel

Mit etwas Glück können Sie ein Exemplar des reich illustrierten und informativen Sachbuchs »Aufbruch ins All – Die Geschichte der Raumfahrt« aus dem Primus-Verlag in Darmstadt gewinnen.

Senden Sie die Ziffern der Fragen und den jeweils zugehörigen Buchstaben der richtigen Lösung bis zum **4. August 2017** per E-Mail mit der Betreffzeile »Supernova« an: [gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de](mailto:gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de)

**Frage 1:** Bei einer Supernova vom Typ Ia explodiert:

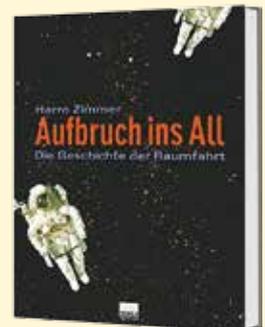
- a) ein Brauner Zwerg
- b) ein Weißer Zwerg
- c) ein Roter Zwerg

**Frage 2:** Eine Gravitationslinse verstärkte die SN 2016geu:

- a) um einen Faktor 42
- b) um einen Faktor 52
- c) um einen Faktor 62

**Frage 3:** Von der Supernova SN 2016geu trennen uns:

- a) 5,1 Milliarden Lichtjahre
- b) 5,2 Milliarden Lichtjahre
- c) 5,3 Milliarden Lichtjahre



**Teilnahmebedingungen:** Alle »Sterne und Weltraum«-Leser, die bis zum 4. August 2017 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.

## Wann ist ein Stern ein Stern?

**A**b welcher Masse wird eine heiße Gaskugel zu einem Stern oder bleibt ein Brauner Zwerg? Dieser Frage gingen die Astronomen Trent J. Dupuy an der University of Texas in Austin und Michael C. Liu an der University of Hawaii nach. Sie stellten fest, dass alle Gaskugeln oberhalb einer Grenze von 70 Jupitermassen zu Sternen, alle Objekte unterhalb dieses Grenzwerts dagegen zu Braunen Zwergen werden. Ihr Wert ist etwas niedriger als die bislang angenommenen 75 bis 80 Jupitermassen.

Oberhalb dieser Massengrenze reichen Druck und Temperatur im Zentrum der Himmelskörper aus, die Fusion von Wasserstoff zu Helium in Gang zu bringen, die Energiequelle der meisten Sterne. In Braunen Zwergen dagegen kommt es nicht zur Fusion, sie strahlen nur die Wärme aus ihrer Entstehungszeit und die beim langsamen Schrumpfen freiwerdende Kompressionswärme ab. In jungen Braunen Zwergen kommt es oberhalb von 13 Jupitermassen für eine kurze Zeit zu einer Fusion des schweren Wasserstoffisotops Deuterium zu Helium. Allerdings sind die Mengen an Deuterium im Vergleich zu normalem Wasserstoff sehr gering, so dass dieser Prozess letztlich keine große Rolle bei der Energieerzeugung Brauner Zwerge spielt und nur kurz anhält.

Für die neue Bestimmung der Massengrenze untersuchten die beiden Forscher über einen Zeitraum von zehn Jahren hinweg 31 Paare von massearmen Himmelskörpern, deren Komponenten zu den Spektraltypen M7 bis T5 gehörten. Dafür setzten sie das Weltraumteleskop Hubble, die Keck-Teleskope auf Hawaii sowie weitere erdgebundene Teleskope ein. Sie konnten bei 23 dieser Doppelsysteme die Umlaufbahnen um den jeweiligen Schwerpunkt ermitteln. Aus den Bahndaten bestimmten Dupuy und Liu die Massen der Komponenten und charakterisierten die Himmelsobjekte mit Hilfe der adaptiven Optik der Keck-Teleskope getrennt spektroskopisch.

Es zeigte sich, dass Objekte mit mehr als 70 Jupitermassen zu heiß für Braune Zwerge sind, sie müssen also extrem massearme Sterne des Spektraltyps M sein. Himmelskörper dagegen, deren Oberflächentemperaturen unterhalb von etwa 1300 Grad Celsius liegen, sind keine Sterne, sondern nur Braune Zwerge.

Seit mehr als 50 Jahren debattieren die Astronomen über die Massengrenze, oberhalb derer ein Stern entsteht. Nun gelang es erstmals, diese Grenze durch direkte Beobachtungen zu bestimmen. Dupuy, T.J. und Liu, M. C.: *The Astrophysical Journal Supplement*, akzeptiert, 2017

Künstlerische Darstellung: NASA / JPL-Caltech



Die Massengrenze oberhalb derer ein Brauner Zwerg zu einem Stern mit geringer Masse wird, liegt einer neuen Studie zufolge bei 70 Jupitermassen.

Vor 50 Jahren



**Vorschlag für eine deutsch-amerikanische Sonnensonde fertig**  
»[Die] Sonnensonde wird ... mit Hilfe einer geeigneten Startrakete ... in eine vorgeschriebene Bahn um die Sonne [einschwenken, um] Messungen im sonnennahen interplanetaren Raum auszuführen. Nach dem deutschen Vorschlag soll die Sonde im Perihel einen Sonnenabstand von 0.3 Astronomischen Einheiten erreichen. ... Es wird eine Lebensdauer von mindestens einem Jahr angestrebt, um wenigstens zwei Periheldurchgänge für die wissenschaftlichen Beobachtungen zur Verfügung zu haben. Der Nutzlastvorschlag sieht fünf Experimente vor: Das erste ... soll Richtung, Zusammensetzung und Energieverteilung des ... solaren Windes messen. ... Als zweites Experiment ist ein Magnetometer vorgesehen. ... Das dritte Experiment dient der Beobachtung der kosmischen Strahlung. ... Mit dem vierten Experiment sind Beobachtungen des Zodiakallichts in geringem heliozentrischen Winkelabstand ... geplant. ... Das fünfte Experiment ... wird der direkten Messung des interplanetaren Staubes gewidmet sein. ... [Jetzt folgen] deutsch-amerikanische Besprechungen.« (SuW, August/September 1967, S. 187)

**D**ieses später Helios genannte und auf zwei baugleiche Sonden erweiterte Projekt geht zurück auf einen Besuch von Bundeskanzler Ludwig Erhard bei US-Präsident Lyndon B. Johnson im Dezember 1965. Die Weltraumforschung in der Bundesrepublik stand noch am Anfang. AZUR, der erste deutsche Weltraumsatellit, startete erst 1969. Da war die Entwicklung von Helios schon im Gange: Auf den Erdsatelliten der ersten folgte gleich die Raumsonde der dritten Generation. Die im Dezember 1974 und Januar 1976 gestarteten Sonden Helios 1 und Helios 2 arbeiteten dann statt der geforderten 4 bis 18 Monate tatsächlich 12 beziehungsweise 4 Jahre und bewältigten dabei in den sonnennahen Teilen ihrer Bahn eine Sonneneinstrahlung, die zwölfmal stärker war als diejenige am Ort der Erde.

Das waren sehr günstige Bedingungen für die letztlich ausgewählten zehn Experimente, welche die oben aufgezählten Forschungsgebiete noch genauer abdeckten als ursprünglich geplant. Sie lieferten langjährige, vollständige Beobachtungen des innerhalb der Erdbahn liegenden interplanetaren Raumes, und dies, solange Helios 2 arbeitete, sogar gleichzeitig von beiden Sonden aus. Ihre umfassenden neuen Ergebnisse sind auch heute noch nicht überholt.

Erst ab 2018 soll mit der amerikanischen Sonde Parker Solar Probe der innere interplanetare Raum wieder intensiv untersucht werden. Es geht dabei um grundlegende Fragen wie die Heizung der Sonnenkorona auf Millionen von Grad und die Beschleunigung des Sonnenwinds auf Überschallgeschwindigkeit. Mit mehrfacher gravitativer Unterstützung durch Venus soll die Sonde sich langsam bis auf 6,2 Millionen Kilometer der Sonne nähern, noch siebenmal näher als die beiden Helios-Sonden 50 Jahre zuvor. CHRISTOPH LEINERT