

Ab dem Jahr 2030 soll die US-Raumsonde Psyche den gleichnamigen Asteroiden auf wechselnden Umlaufbahnen aus der Nähe erkunden.

SSL / ASU / P. Rubin / NASA / JPL-Caltech



## Lucy und Psyche – Zwei Missionen zu ungewöhnlichen Kleinplaneten **W I S** wissenschaft in die schulen!

Wissenschaftliches Neuland betritt die US-Weltraumbehörde NASA mit gleich zwei geplanten Missionen. Aus einer Auswahl von fünf Projektvorschlägen wählte sie die Missionen »Lucy« und »Psyche« als nächste Projekte im Rahmen des Discovery-Programms zur Erforschung des Sonnensystems. Lucy soll sechs besondere Asteroiden, so genannte Trojaner, erkunden, die sich die Umlaufbahn mit dem Riesenplaneten Jupiter teilen. Psyche soll in eine Umlaufbahn um den gleichnamigen Asteroiden (16) Psyche einschwenken, einen Asteroiden des M-Typs, der vermutlich zu einem großen Teil aus metallischem Eisen besteht.

■ **Die Raumsonde Lucy** soll im Oktober 2021 abheben und sich auf den Weg zur Jupiterumlaufbahn machen. Zunächst passiert sie den Asteroiden-Hauptgürtel, der sich zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter befindet. Dort wird sie im April 2025 an einem nur rund vier Kilometer großen Himmelskörper mit der Katalogbezeichnung 1981 EQ5 vorbeifliegen und ihn aus der Nähe erkunden. Im August 2027 erreicht sie dann den Bereich der so genannten L4-Trojaner, die Jupiter um rund 60 Grad auf seiner Bahn vorausziehen. Sie befinden sich am Lagrangepunkt

L4, wo ein dynamisches Gleichgewicht zwischen den Schwerefeldern von Sonne und Jupiter herrscht, so dass sich dort massearme Himmelskörper für unbegrenzte Zeit aufhalten können. Sie sind weitgehend unverändertes Material aus der Zeit, als sich Jupiter gerade bildete. Somit ermöglicht ihre detaillierte Erforschung Einblicke in die damaligen Bedingungen im äußeren Sonnensystem. Derzeit sind 6456 Trojaner-Asteroiden auf der Umlaufbahn von Jupiter bekannt.

Lucys erstes Beobachtungsobjekt beim L4 wird der Trojaner Eurybates sein, der immerhin rund 64 Kilometer im Durchmesser misst. Darauf folgen in einem Zeitraum von rund einem Jahr drei weitere Trojaner. Ende 2028 verlässt die Sonde das Gebiet um L4 und fliegt zurück ins innere Sonnensystem, wobei sie die Erdbahn in Richtung der L5-Trojaner passiert. Sie befinden sich am Lagrangepunkt L5 und laufen Jupiter in 60 Grad Abstand auf seiner Bahn hinterher. Dort trifft Lucy im März 2033 auf den Doppelkörper Patroclus und Menoetius. Patroclus hat einen Durchmesser von 113 Kilometern, Menoetius ist mit 104 Kilometer Durchmesser nur geringfügig kleiner. Mit der Erkundung dieses Doppelkörpers endet die Mission von Lucy nach rund zwölf Jahren.

■ **Die Raumsonde Psyche** soll im Oktober 2023 starten und im Jahr 2030 ihr Zielobjekt (16) Psyche erreichen. Um dorthin zu gelangen, muss die Sonde im Jahr 2024 an der Erde vorbeifliegen, gefolgt von einer dichten Passage des Roten Planeten Mars im folgenden Jahr. Die Sonde wird für rund ein Jahr in eine Umlaufbahn um den Kleinplaneten einschwenken und ihn eingehend im Detail erkunden. Der rund 210 Kilometer große Asteroid umrundet die Sonne im Asteroiden-Hauptgürtel in einem mittleren Abstand von rund dem 2,9-fachen der Distanz Erde–Sonne. Beobachtungen mit erdgebundenen Teleskopen und mit Radar zeigten, dass dieser Himmelskörper sehr ungewöhnlich zusammengesetzt sein muss. Die Daten belegen, dass (16) Psyche zum größten Teil aus metallischem Eisen und Nickel besteht und möglicherweise eine der Quellen der auf der Erde gefundenen Eisenmeteoriten ist.

Die Instrumentierung der Raumsonde Psyche besteht aus Magnetometern zum Nachweis von eventuellen Magnetfeldern, einer Multispektralkamera zur Kartierung der Oberfläche und einem Gammastrahlen- und Neutronenspektrometer, das die chemische Zusammensetzung der Oberflächengesteine ermitteln soll.

NASA, 4. Januar 2017

Schon kurz nach ihrer Entstehung wurde die Erde von ihrem Mond begleitet. Dieses Bild des himmlischen Paares nahm im Oktober 2014 die chinesische Testsonde Chang'e-5 T1 auf. Auf dem Erdtrabanten ist vor allem die Mondrückseite sichtbar.



CNSA

## Ist der Mond älter als gedacht?

Bereits 60 Millionen Jahre nach der Entstehung des Sonnensystems hatte die Erde ihren Mond. Zu diesem Schluss kommt die Geowissenschaftlerin Mélanie Barboni von der University of California in Los Angeles anhand von Gesteinsproben der Mission Apollo 14 aus dem Jahr 1971. Mit 4,51 Milliarden Jahren ist der Mond damit einige zehn Millionen Jahre älter, als man ihm bisher zugestanden hat, und nur etwa 30 Millionen Jahre jünger als die Erde selbst. Die Hinweise stammen aus Zirkon-Kristallen, die sich einst nach der Entstehung des Mondes in seiner Kruste bildeten: Sie alle zeigen das gleiche Alter.

Auf der Erde werden Zirkone – ein Zirkonsilikatmineral mit der Formel  $ZrSiO_4$  – zur Altersbestimmung von Gesteinen aus

der Frühgeschichte des Planeten genutzt. Sie kristallisieren schon bei hohen Temperaturen in abkühlendem Magma und sind chemisch extrem beständig gegenüber Witterungseinflüssen und sogar plattentektonischem Recycling. Interessant für die Datierung sind sie dadurch, dass sie geringe Mengen an Uran in ihrer Kristallstruktur einlagern. Dieses zerfällt mit bekannter Rate zu Blei und kann somit das Alter der Probe verraten. Bisher war es schwierig, daraus präzise Altersangaben abzuleiten, weil das ursprüngliche Uran-zu-Blei-Verhältnis nicht genau genug bekannt ist. Barboni jedoch nutzte zusätzlich das Lutetium-Hafnium-Verhältnis, um die Uran-Blei-Uhr zu kalibrieren und so das Alter der Zirkone präzise zu bestimmen.

Science Advances 3, e1602365, 2017. DOI: 10.1126/sciadv.1602365

## Wie entstand die Doppelring-Galaxie PGC 1000714?

Eine Arbeitsgruppe um Burcin Mutlu-Pakdil von der University of Minnesota Duluth hat eine seltene doppelte Ringstruktur um eine Galaxie entdeckt. Die Forscherin untersuchte das Sternsystem PGC 1000714 in etwa 360 Millionen Lichtjah-

ren Entfernung, das zu den so genannten Hoag-Galaxien gehört. Die Mitglieder dieser Galaxienklasse weisen einen ausgeprägten äußeren Ring auf und sind extrem selten. Nur jeweils eine von 1000 Welteninseln hat so eine auffällige Struktur. Die For-

schler fanden bei PGC 1000714 jedoch zusätzlich einen zweiten Ring näher zum Zentrum, der bislang einzigartig ist. Wie diese ungewöhnliche Form entstand, ist noch völlig unklar.

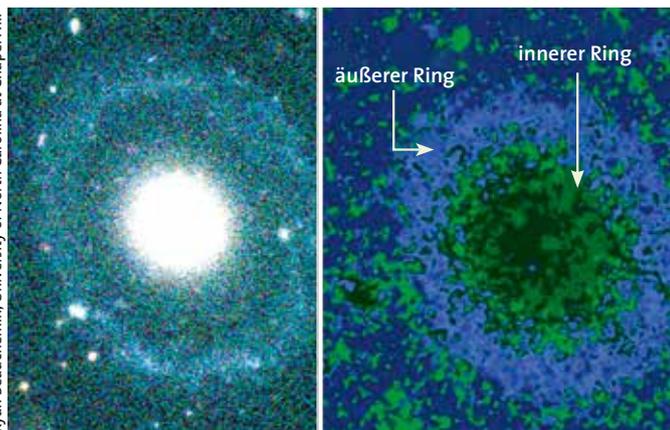
Der äußere Ring von PGC 1000714 ist in Teleskopaufnahmen gut sichtbar, hat eine bläuliche Farbe und besteht aus etwa 130 Millionen Jahre alten Sternen. Der

zentrale Bereich der Galaxie ist dagegen mehr als fünf Milliarden Jahre alt. Die Arbeitsgruppe entdeckte den inneren Ring, als sie eine Modell-Verteilung der Sterne der Galaxie von den Teleskopbildern subtrahierte. Die neu entdeckte Struktur ist diffuser und röter als der äußere Ring und wohl deutlich älter. Wie er entstand, darüber geben die bisher vorhandenen Aufnahmen keinen Aufschluss. Der äußere Sternring bildete sich möglicherweise dadurch, dass sich die Galaxie Gas von außen einverleibte. Vielleicht hat PGC 1000714 in ihrer Entwicklungsgeschichte zwei solcher seltenen Episoden durchlaufen.

Im linken Teilbild ist eine Falschfarbenaufnahme der Galaxie PGC 1000714 zu sehen. Das rechte Teilbild zeigt die Doppelringstruktur, nachdem ein Modell der Sternverteilung der Galaxie von der Aufnahme subtrahiert wurde.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 466, S. 355–368, 2016

Ryan Beauchemin, University of North Carolina at Chapel Hill



## Apollo-17-Astronaut Eugene Cernan verstorben

Am 16. Januar 2017 starb im Alter von 82 Jahren der US-Astronaut Eugene Cernan. Er landete im Dezember 1972 im Rahmen von Apollo 17 zusammen mit Harrison Schmidt auf dem Mond. Cernan war der bislang letzte Mensch auf dem Erdtrabanten.

## ALMA beobachtet die Sonne

Das »Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA)« in Chile wurde erstmals auf unser Tagesgestirn gerichtet. Es untersuchte dabei Strukturen in der Chromosphäre der Sonne bei Wellenlängen von 1,25 und 3 Millimetern im Detail.

## China will Gesteinsproben vom Mond holen

Ende November 2017 soll die chinesische Raumsonde Chang'e-5 zum Mond aufbrechen. Sie besteht aus einem Orbiter und einem Lander. Letzterer soll Gesteinsproben aufsammeln und zum Orbiter transportieren. Nach dem Rendezvous kehrt dieser zur Erde zurück und wirft eine Landekapsel mit den Mondgesteinen ab.

## Keine Spur von WIMPs

Zwei Experimente zum Nachweis von möglichen Teilchen der Dunklen Materie, den »Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs)«, erbrachten keine Hinweise auf ihre Existenz. Somit bleibt die Natur der Dunklen Materie nach wie vor ungewiss.

## Falcon-9 bringt zehn Satelliten ins All

Rund vier Monate nach einer Explosion auf der Startrampe startete am 17. Januar 2017 eine Falcon-9-Träger Rakete und brachte erfolgreich zehn Kommunikationssatelliten des Programms Iridium-NEXT in den Erdorbit.

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)

## Wo steckt das Eisen von Supernova-Explosionen?

Wenn in unserer kosmischen Umgebung Sterne in mächtigen Supernova-Explosionen vergehen, werden dabei auch große Mengen an Eisen freigesetzt. Untersucht man jedoch die Explosionswolken spektroskopisch, so stellt man fest, dass sich dort nur geringere Mengen an Eisen als erwartet nachweisen lassen. Der Ausweg aus diesem Dilemma war bislang, dass das Eisen nach Abkühlung der Explosionswolke zu feinen Partikeln aus Eisenmetall auskondensiert und sich so nicht mehr spektroskopisch nachweisen lässt. Eine japanische Arbeitsgruppe um Yuki Kimura von der Hokkaido University in Sapporo ging nun dieser Frage mittels Experimenten unter Mikrogravitation nach. Die Forscher stellten fest, dass es sehr unwahrscheinlich ist, dass sich in Supernova-Explosionswolken Körnchen aus reinem Eisen bilden.

Die bisherigen Modelle der Kondensation von metallischem Eisen aus der Gasphase gehen davon aus, dass, wenn sich in einer Gaswolke Eisenatome berühren, sie praktisch immer aneinander haften bleiben. Dem widersprechen nun die Ergebnisse, welche die Forscher mit einem Experiment an Bord einer Höhenforschungsrakete der japanischen Raumfahrtbehörde JAXA gewannen. Demnach geschieht dies nur bei jeder hunderttausendsten Kollision, so dass die

Bildung größerer Verbände aus Eisenatomen in Gaswolken eher unwahrscheinlich ist. Dennoch ist bekannt, dass vor allem Supernova-Explosionen vom Typ Ia große Mengen an Eisen freisetzen müssen. Solche Supernovae ereignen sich in engen Doppelsternsystemen, in denen sich ein Stern bereits zu einem Weißen Zwerg entwickelt hat. Dieser zieht von seinem Begleiter immer mehr Materie auf sich, bis er schließlich die kritische Masse von etwa der 1,4-fachen Masse unserer Sonne überschreitet. Dann kann die entartete Materie des Weißen Zwergs den Druck- und Temperaturbedingungen nicht mehr standhalten, Kernfusionsreaktionen setzen schlagartig ein, und der ganze Stern explodiert. Dabei verwandelt er sich vollständig in Strahlung und heißes Gas mit hohen Eisengehalten. Aber wo verbirgt sich das Eisen?

Als Ausweg vermuten die Forscher um Kimura, dass sich das Eisen als Verunreinigung auf bereits vorhandene Staubkörner aus Silikaten und Kohlenstoff absetzt und so aus der Gasphase entschwindet. Auf jeden Fall müssen weitere Versuche klären, wie sich das Eisen in der Gasphase von Supernova-Überresten verhält und was sich daraus für Konsequenzen für die Bildung von Sternen und Planeten nachfolgender Generationen ergeben.

Kimura, Y. et al., Science Advances 3:e1601992, 2017



Der Supernova-Überrest RCW 103 im südlichen Sternbild Winkelmaß (Norma) ist rund 10 700 Lichtjahre von uns entfernt. In solchen Supernova-Explosionswolken findet sich weniger Eisen als erwartet.

X-ray: NASA / CXU / University of Amsterdam / Rea, N. et al.; Optical: DSS

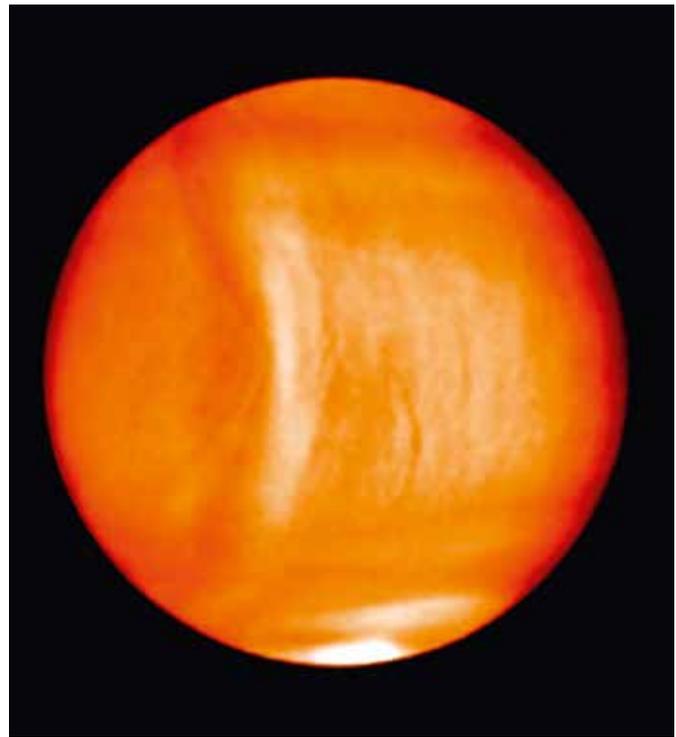
## Venus mit Riesenwelle

Im Dezember 2015 schwenkte die japanische Raumsonde Akatsuki (japanisch: Morgenstern) in eine weite Umlaufbahn um die Venus ein und beobachtet sie seitdem mit mehreren Kameras in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen. Schon kurz nach ihrer Ankunft bemerkten Forscher der japanischen Raumfahrtbehörde JAXA eine ungewöhnliche bogenförmige Struktur in der permanenten Wolkenschicht, die sich etwa 65 Kilometer oberhalb der festen Planetenoberfläche befindet und niemals aufreißt. Sie erstreckte sich über mehr als 10000 Kilometer von Nord nach Süd und ließ sich über mindestens vier Tage hinweg beobachten.

Die Struktur wird als eine Welle in der Wolkendecke interpretiert. Ungewöhnlich war, dass sie ihre Position relativ zur festen Oberfläche des Planeten einhielt, und zwar oberhalb der größten Hochlandregion mit dem Namen Aphrodite Terra. Die Wolkendecke rotiert in etwa fünf Tagen um den Planeten, während Venus selbst 243 Tage für eine Umdrehung

benötigt und dabei gegen den Drehsinn der Erde rotiert. Somit bewegen sich die Strukturen in der Wolkendecke mit rund 100 Meter pro Sekunde oder 360 Kilometer pro Stunde relativ zur Oberfläche. Warum aber hielt sich die riesige Welle über mehrere Tage an der selben Stelle relativ zum Planeten, während die Atmosphäre an ihr vorüberströmte?

Die Planetenforscher vermuten, dass diese Struktur eine Schwerewelle war, wie sie sich auf der Erde häufig im Lee hoher Berge beobachten lässt – so auch auf der Venus: Venusberge erzeugen Wellenzüge. Normalerweise sollte eine solche Welle aber nicht hoch genug reichen, um die Wolkendecke der Venus zu beeinflussen. Dagegen sprechen auch die theoretischen Modelle des Aufbaus der Venusatmosphäre. Die japanischen Wissenschaftler vermuten jedoch, dass auch die Windverhältnisse in den tieferen Schichten variabel sind und es somit gelegentlich zu solchen Welleneffekten kommt. Akatsuki konnte die Beobachtungen nur vier Tage lang durchführen. Danach



AKATSUKI (Planet-C)

Am 7. Dezember 2015 fotografierte die japanische Raumsonde Akatsuki die permanente Wolkendecke unseres Nachbarplaneten Venus im infraroten Licht. Ungewöhnlich auf diesem Bild ist die helle, bogenförmige Struktur, die sich mehr als 10000 Kilometer von Nord nach Süd erstreckt. Ihr folgt nach links eine dunkle Struktur.

musste die Sonde endgültig für ihre Arbeit eingerichtet werden, wobei ihre Instrumente abgeschaltet wurden. Als sie dann nach rund einem Monat im Januar 2016 ihre

systematischen Beobachtungen wieder aufnahm, war die Wellenstruktur verschwunden und ist seitdem nicht wieder aufgetaucht.

Fukuhara, T. et al., Nature Geoscience, doi:10.1038/NNGEO2873, 2017

Anzeige

# Pssst... hörst du das? Na was denn?

Weltklasse Großferngläser

Mit Wechseloptikaren, 45° + 90° Einblick, 70 - 136mm

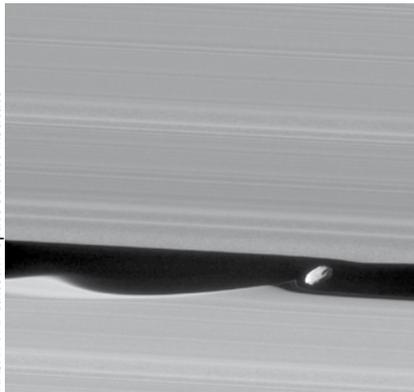
## Na hör doch! WOW!

### die besten FERNGLÄSER für Astronomie & Naturbeobachtung von

Jetzt auch erhältlich bei TS-Optics  
unserem größten Vertragspartner in Bayern  
Alle APM-Produkte auf Lager vorrätig  
[www.teleskop-express.de](http://www.teleskop-express.de)

## Minimond schlägt Wellen

Das berühmte Ringsystem des Saturn erscheint von der Erde aus gesehen im Teleskop nicht als eine homogene Scheibe, sondern ist durch mehrere Lücken in unterschiedliche Ringe gegliedert. Sehr viel mehr Einzelheiten als von der Erde aus sichtbar präsentieren sich der Raumsonde Cassini, die seit Juli 2004 den Ringplaneten aus der Nähe erkundet. Nun gelangen ihr erstmals Detailbilder des winzigen Mondes Daphnis, der den Planeten in-



NASA / JPL-Caltech / Space Science Institute

Am 16. Januar 2017 fotografierte die Raumsonde Cassini den nur rund acht Kilometer großen Saturnmond Daphnis aus einem Abstand von 28 000 Kilometern. Die geringe Schwerkraft von Daphnis reicht aus, um die Ringpartikel am Rand der Keeler-Lücke in ihren Umläufen um Saturn zu stören, so dass die auffälligen Wellen entstehen.

nerhalb der Ringe umrundet. Daphnis ist maximal etwa acht Kilometer groß und hält sich in der Keeler-Lücke auf, die er durch seine geringe Schwerkraft weitgehend von Ringpartikeln freihält. Die Keeler-Lücke ist eine schmale Teilung des A-Rings, dem äußersten der klassischen Saturnringe, nahe an dessen Außenrand. Sie ist benannt nach dem US-Astronomen James Keeler (1857–1900), der sich im 19. Jahrhundert intensiv mit den Saturnringen befasste (siehe SuW 2/2013, S. 74).

Auf den Bildern von Cassini zeigt sich Daphnis als ein länglicher, unregelmäßig geformter Himmelskörper mit Andeutungen von kleinen Einschlagkratern. Auf ihm lassen sich zwei längliche Strukturen erkennen, von denen die Forscher annehmen, dass es sich um Ablagerungen feiner Ringpartikel aus dem A-Ring handelt. Die Partikel werden durch die geringe Schwerkraft von Daphnis angezogen und rieseln sanft auf den Mond nieder.

Obwohl der Mond so klein ist, beeinflusst seine Schwerkraft das Ringmaterial im A-Ring beträchtlich. Oberhalb und unterhalb von ihm sind an den Rändern der Keeler-Lücke Wellenstrukturen zu erkennen. Sie entstehen dadurch, dass Daphnis die Ringpartikel bei seinen Saturnumläufen anzieht und damit aus ihren Bahnen ablenkt. Aufnahmen, die vor rund acht Jahren

entstanden sind, zeigen, dass die Ringpartikel durch Daphnis bis zu 2,5 Kilometer aus der Ringebene emporgehoben werden. Zu dieser Zeit herrschte auf Saturn die Tagundnachtgleiche, so dass das Sonnenlicht unter einem sehr flachen Winkel auf die Saturnringe fiel und somit vertikale Strukturen innerhalb der Ringe sichtbar machte. Die Wellen, die Daphnis schlägt, sind also dreidimensionale Gebilde. Cassini fotografierte Daphnis unter einem sehr schrägen Winkel, so dass die 42 Kilometer breite Keeler-Lücke perspektivisch stark verkürzt und enger erscheint, als sie es in Wirklichkeit ist. Links unterhalb von Daphnis lässt sich eine feine Faser aus Ringpartikeln erkennen, die der Mond wohl gerade aus dem A-Ring herausgezogen hat.

Die fleckige Struktur in den Ringen ist real und nicht etwa auf Bildrauschen zurückzuführen. Offenbar lagern sich die Eispartikel in den Ringen immer ein wenig aneinander an, um später wieder auseinanderzudriften. Solche Aufnahmen sind besonders für jene Forscher von großem Interesse, die protoplanetare Scheiben um ferne Sterne modellieren, aus denen einmal Planeten entstehen könnten. Saturn bietet mit seinem Ringsystem eine solche Scheibe im Miniaturformat, so dass sich die hier ablaufenden Vorgänge in der Realität untersuchen lassen. NASA-JPL, 18. Januar 2017

## »Sterne und Weltraum«-Gewinnspiel

Mit etwas Glück können Sie ein Exemplar des informativen und mit Farbbildern reich illustrierten 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 **10. März 2017** per E-Mail mit der Betreffzeile »Supernova« an: [gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de](mailto:gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de)



**Frage 1:** Wie weit ist die Galaxie ASASSN-15lh von uns entfernt?

- a) 2,8 Milliarden Lichtjahre
- b) 3,8 Milliarden Lichtjahre
- c) 4,8 Milliarden Lichtjahre

**Frage 2:** Die absolute Helligkeit von ASASSN-15lh betrug?

- a) –21,5 mag
- b) –22,5 mag
- c) –23,5 mag

**Frage 3:** Wo befindet sich ASASSN-15lh am Himmel?

- a) im Sternbild Tukan
- b) im Sternbild Pfau
- c) im Sternbild Indus

**Teilnahmebedingungen:** Alle »Sterne und Weltraum«-Leser, die bis zum 10. März 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.

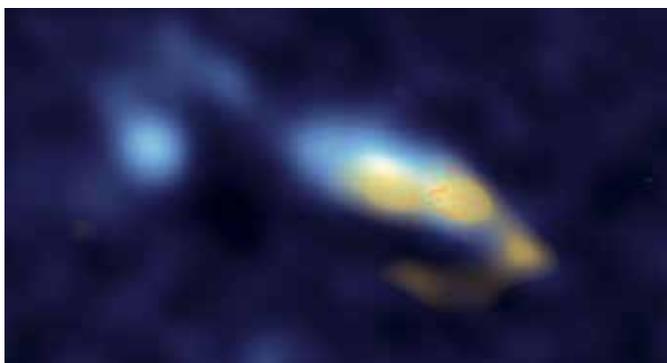
## Sternhaufen wirken als kosmische Staubschleudern

Rund 33 Millionen Lichtjahre von uns entfernt, im Sternbild Orion, befindet sich die Spiralgalaxie II Zw 40. Sie ist durch intensive Sternentstehung gekennzeichnet, einen so genannten starburst. Dabei bilden sich Tausende von Sternen nahezu gleichzeitig, zudem finden sich in dieser Welteninsel große Mengen an kosmischem Staub. Ein Forscherteam um S. Michelle Consiglio an der University of California in Los Angeles untersuchte diese Galaxie mit dem »Atacama Large Millimeter/submillimeter Array ALMA« in Chile im Bereich der Millimeterwellen, um die dort ablaufenden Vorgänge im Detail zu erkunden. Sie stellten fest, dass zwei Sternhaufen in dieser Galaxie große Mengen an Staub freisetzen und damit – wie von den Astrophysikern schon seit Langem vermutet – die chemische Zusammensetzung der interstellaren Materie in dieser Welteninsel deutlich verändern.

Bei der Sternbildung in II Zw 40 entstehen auch viele massereiche Sterne. Diesen ist jedoch nur eine kurze Lebensdauer von wenigen Millionen Jahren beschieden, bevor sie sich zu Roten Riesen aufblähen und schließlich in gewaltigen Supernova-Explosionen vergehen. Während ihrer Phase als Rote Riesen und bei der Explosion als Supernova werden große Mengen an Elementen schwerer als Wasserstoff und Helium erzeugt, darunter zum Beispiel Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Silizium. Sie gelangen durch die starken Sternwinde der Roten Riesen und die Supernova-Explosionen in die Umgebung. Die schweren Elemente bilden daraufhin im Umfeld der Sterne und ihrer Überreste dichte Wolken aus Gas und Staub.

Im Fall von II Zw 40 konzentriert sich der Staub überwiegend im Umfeld der Sternhaufen, nicht weiter als etwa 320 Lichtjahre von ihnen entfernt. Ähnlich einem rußenden Feuer »verschmutzen« die Sternhaufen ihre Umgebung, indem sich die Sternwinde und die Auswurfmassen der Supernova-Explosionen in die Galaxie hinaus ausbreiten und dadurch allmählich deren Zusammensetzung verändern. Bislang wurde eine solche großskalige Anreicherung auf galaktischen Maßstäben noch nicht direkt beobachtet. Jetzt müssen weitere Beobachtungen zeigen, ob die Vorgänge in II Zw 40 typisch für die Entwicklung von Galaxien sind.

S. M. Consiglio, S. M. et al., *Astrophysical Journal Letters*, 833:L6, 2016



Mit dem Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) in Chile entstand diese Aufnahme der rund 33 Millionen Lichtjahre von uns entfernten Galaxie II Zw 40 im Bereich der Millimeterwellen. In den gelben Gebieten befinden sich große Mengen an kosmischem Staub, der von Sternhaufen (orange) freigesetzt und in die Umgebung abgeblasen wurde.

Vor 50 Jahren



### Zweifel an der Staubwolke der Erde

»Messungen ... [mit] Satelliten ... ergaben, daß die Erde von einer Staubwolke umgeben ist. In dieser Wolke sind die Staubbichten etwa hundertfach höher als die Dichten, die man aus Beobachtungen des Zodiaklichts für den interplanetaren Raum sonst erhält. ... Versuche, die Entstehung der Staubwolke zu erklären, sind bisher unbefriedigend geblieben. ... [Dies hat] Zweifel an der Zuverlässigkeit der ... Satellitenmessungen geweckt. C. NILSSON ... [von der NASA] kommt nach einigen Laborversuchen sogar zu dem Schluß, daß die Meßergebnisse möglicherweise nichts anderes als eine Fehlfunktion der Meßapparatur widerspiegeln. Zum Nachweis der Staubeilchen dienten in den Satelliten [piezoelektrische] Kristalle. ... Jedes Teilchen, das auf die mit dem Kristall verbundene Membran stößt, erzeugt so einen Spannungsstoß. ... NILSSON setzte [diese Sensoren] wechselnden Temperaturen aus. Schon bei Temperaturänderungen von 0,5°C/Minute ergab sich mit bis zu 90 Spannungsstößen/Stunde ein Wert, der bei den Satellitenmessungen nur selten erreicht oder überschritten wurde.«

(SuW, März 1967, S. 68)

Nilssons Kritik hätte genügen müssen, um die angebliche Staubwolke als Messfehler zu entlarven. Parallel dazu kam nämlich eine ausführliche theoretische Untersuchung (»Der Staubgürtel der Erde – echt oder Erfindung?«) zum selben Schluss. Aber erst fünf Jahre später und nach der Entwicklung neuer Staubsensoren wurde die gute Übereinstimmung zwischen den früheren Messungen als das erkannt, was sie war: das Ergebnis gleichartiger Störungen.

In den 1990er Jahren zeigten die Infrarotsatelliten IRAS und COBE, dass die Erde dennoch eine – allerdings andere – Anreicherung des interplanetaren Staubs bewirkt. Sie bildet einen Ring längs der Erdbahn, dessen Dichte im Kielwasser der Erde das Doppelte der allgemeinen Staubverteilung beträgt. Längs der Venusbahn besteht eine ähnliche Anreicherung. Sie wurde 2007 in über 30 Jahre alten Zodiaklichtmessungen der Sonnensonde Helios entdeckt und sechs Jahre später durch die Raumsonden STEREO als abgestufter Ring mit einer Verdichtung um 10 Prozent gesehen.

Eine neue Konzentration von Objekten im erdnahen Raum ist durch die Überreste der Raumfahrt entstanden: Millionen millimetergroßer Teilchen, Tausende ausgedienter Satelliten und Raketenstufen, Trümmerteile aller Größen. Etwa 20 000 Objekte ab 5 Zentimeter werden in ihren Bahnen kontinuierlich verfolgt. Die Raumstation ISS musste schon gut ein dutzend Mal solchen gefährlichen Geschossen ausweichen. Ein Zusammenstoß zwischen Satelliten, wie am 10. Februar 2009 geschehen, erzeugt eine riesige Anzahl neuer Trümmer. Die Europäische Raumfahrtorganisation ESA initiierte deshalb ein Programm zum kontrollierten Absturz von Altsatelliten. Ein dafür spezialisierter Roboter könnte erstmals im Jahr 2023 starten.

CHRISTOPH LEINERT