



Rund 200 Millionen Lichtjahre von uns entfernt im südlichen Sternbild Zentaur befindet sich die elliptische Galaxie NGC 5291. Sie steht in gravitativer Wechselwirkung mit benachbarten Welteninseln und zeigt daher eine stark verzerrte Form.

ESO

## Zeugnis eines kosmischen Auffahrunfalls

Immer wieder kommt es in den Weiten des Weltalls zu Zusammenstößen von Galaxien. So auch im Fall der rund 200 Millionen Lichtjahre von uns entfernten elliptischen Galaxie NGC

5291, die sich im südlichen Sternbild Zentaur befindet. Sie erscheint im Bild oben als ein ovales, gelbes Gebilde. Vor rund 360 Millionen Jahren, so eine Arbeit von Jeremy Fensch und Koautoren an der

Universität Paris Diderot, kam es zu einer heftigen Kollision mit einer anderen Welteninsel, wobei große Mengen an Gas und Staub aus NGC 5291 herausgerissen wurden. Sie sammelten sich in einer

ringförmigen Struktur um die elliptische Galaxie an, die später mit ihr verschmolz.

Die Materie in dieser Ringstruktur verdichtete sich nach und nach unter ihrer eigenen Schwerkraft, wodurch

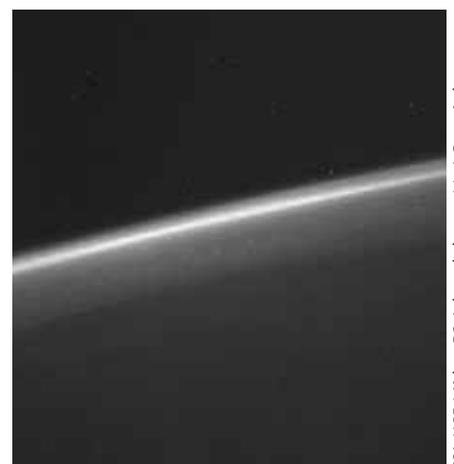
## LISA Pathfinder ist auf gutem Weg

Am 3. Dezember 2015 startete die europäische Testsonde LISA Pathfinder und macht gute Fortschritte auf ihrem Weg zum Einsatzort, dem Lagrangeunkt L1. Am frühen Morgen des 12. Dezember 2015 wurde das letzte von insgesamt sechs Schubmanövern des leistungsstarken Bordantriebs durchgeführt. Es brachte den Testsatelliten auf die Transferbahn zum 1,5 Millionen Kilometer in Richtung Sonne entfernten L1. Für die Reise wird der Testsatellit etwa sechs Wochen benötigen. Rund einen Monat nach dem letzten Schubmanöver hat

der Bordantrieb ausgedient und wird abgeworfen. Erst danach ist es möglich, mit der vollständigen Aktivierung der wissenschaftlichen Nutzlast zu beginnen (siehe SuW 11/2015, S. 37).

LISA Pathfinder wird etwa Mitte Februar 2016 am L1 eintreffen und dort in eine weit gestreckte Umlaufbahn

**Diesen Blick auf die Nachtseite der Erde und dem Sternhimmel darüber nahm LISA Pathfinder am 3. Dezember 2015 kurz nach dem Start mit ihren Sternsensoren auf.**



ESA / LPF / Airbus-DS; Acknowledgement to J. Grzymisch & M. Watt

mehrere Zwerggalaxien im Umlauf um NGC 5291 entstanden. In ihnen kam es zur massenhaften gleichzeitigen Entstehung von Sternen: Es ereigneten sich so genannte Starbursts. Sie lassen sich als die bläulichen Gebiete im Umfeld erkennen. Besonders auffällig ist die Zwerggalaxie NGC 5291N, die sich rechts von der Hauptgalaxie befindet. In ihr dominieren massereiche junge Sterne, die so heiß sind, dass sie ihre Strahlung vorwiegend im energiereichen blauen und ultravioletten Licht aussenden.

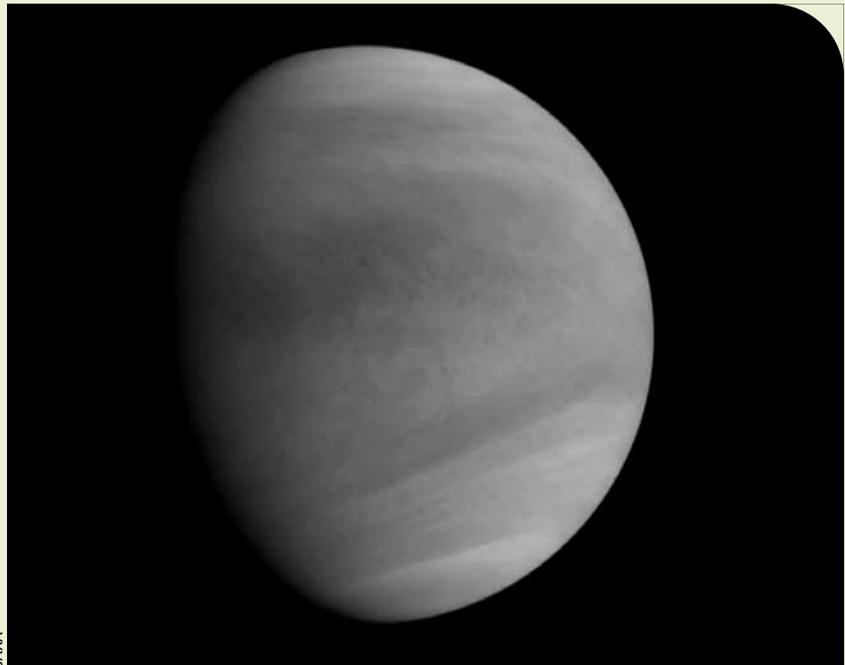
Die Strukturen um NGC 5291N erinnern an jene Gebilde, die sich auf langbelichteten Bildern des jungen Universums abzeichnen. Seit Längerem gehen die Astrophysiker davon aus, dass große Galaxien durch den Zusammenschluss von vielen kleineren Welteninseln entstehen, die in der Frühzeit des Universums sehr häufig und weit verbreitet waren. Die Forscher um Fensch vermuten daher, dass sie im Umfeld von NGC 5291 jene Vorgänge im Detail untersuchen können, durch welche die großen Galaxien vor mehr als zwölf Milliarden Jahren entstanden sind.

Bei dem tropfenförmigen Gebilde, das vor NGC 5291 zu sehen ist, handelt es sich um die Zwerggalaxie MCG-05-33-005, die auch als Schneckengalaxie (englisch: seashell galaxy) bezeichnet wird. Sie steht ebenfalls in gravitativer Wechselwirkung mit NGC 5291, allerdings nicht so extrem wie NGC 5291N. Die Zwerggalaxie scheint große Mengen an Gas und Staub zu enthalten, so dass in ihr noch viele Sterne entstehen könnten.

Fensch, J. et al, Astronomy & Astrophysics, im Druck, 2015

eintreten. Am Lagrangepunkt L1 herrscht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen den Anziehungskräften von Erde und Sonne, so dass sich hier ein Satellit mit geringem Schubaufwand für sehr lange Zeit aufhalten kann. Zudem scheint am L1 die Sonne ununterbrochen und steht für die Energieversorgung zur Verfügung. LISA Pathfinder soll Schlüsseltechnologien für den späteren Bau eines weltraumbasierten Observatoriums zum Nachweis von Gravitationswellen erproben, deren direkter Nachweis noch immer aussteht.

ESA, 14. Dezember 2015



JAXA

**Kurz nach ihrem Eintritt in eine Umlaufbahn am 7. Dezember 2015 nahm die japanische Raumsonde Akatsuki den Planeten Venus im Ultravioletten aus einer Entfernung von 72 000 Kilometern auf.**

## Venussonde Akatsuki hat endlich ihr Ziel erreicht

**T**otgesagte leben länger – das könnte das Motto für die japanische Venussonde Akatsuki sein: Mit exakt fünf Jahren Verspätung hat die Sonde nun endlich eine Umlaufbahn um die Venus erreicht. Im Dezember 2010 war das Abbremsmanöver zum Einschwenken in eine Umlaufbahn gescheitert, da das Haupttriebwerk des Bordantriebs versagte und durchbrannte. Weil das Bremsmanöver viel zu kurz und zu schwach ausfiel, flog Akatsuki (japanisch: Morgenstern) an der Venus vorbei und trat in eine Umlaufbahn um die Sonne ein. Aber die japanischen Missionskontrolleure gaben die Hoffnung nicht auf: Denn als sie die Bahn von Akatsuki nach dem unfreiwilligen Venusvorbeiflug überprüften, stellten sie fest, dass die Sonde exakt fünf Jahre später wieder in das unmittelbare Umfeld des Planeten gelangen könnte. Dabei waren in diesem Zeitraum immer wieder kleinere Korrekturmanöver mit den Steuertriebwerken der Sonde erforderlich, um auf Venuskurs zu bleiben.

Um in einen Orbit um die Venus zu gelangen, mussten die kleinen Steuertriebwerke der Sonde ein rund 20-minütiges Schubmanöver durchführen. Das Abbremsen begann gegen 1 Uhr MEZ am 7. Dezember 2015 und dauerte genau 1228 Sekunden. Die Sonde umrundet nun die Venus einmal innerhalb von 13 Tagen und 14 Stunden, und ihre Bahn ist rund drei Grad gegen die Umlaufebene des Planeten um die Sonne geneigt. Akatsuki nähert sich der Venusoberfläche bis auf 400 Kilometer an und entfernt sich von ihr bis auf 440 000 Kilometer, also das 1,1-fache der Distanz Erde–Mond. Die JAXA plant, die maximale Bahnhöhe durch weitere Zündungen der Bordtriebwerke zu reduzieren. Dann wird die Sonde in etwa neun Tagen den Planeten umrunden und sich nur noch maximal 310 000 Kilometer von der Venus entfernen. Mit dem Beginn der regulären Beobachtungen wird im April 2016 gerechnet.

Die Hauptaufgaben von Akatsuki sind die Beobachtung und Erkundung der dichten Venusatmosphäre mit ihren Dunstschichten und Wolken. Zudem soll sie im mittleren Infraroten die feste Planetenoberfläche unter die Lupe nehmen.

JAXA, 9. Dezember 2015

## Mitte 2016 erscheint der erste Gaia-Katalog

Der erste vorläufige Katalog wird für rund eine Milliarde Sterne die Himmelspositionen und Helligkeiten auflisten. Zudem enthält er für rund zwei Millionen ausgewählter Objekte astrometrische Daten wie Positionen, Parallaxen und Eigenbewegungen mit einer höheren Genauigkeit als die Vorgängermission Hipparcos.

## Ein Wirbelsturm auf dem Braunen Zwerg W1906+40

Mit den Weltraumteleskopen Kepler und Spitzer gelang der Nachweis eines Sturmwirbels auf dem rund 53 Lichtjahren entfernten Braunen Zwerg des Spektraltyps L. Er ist etwa so groß wie der Große Rote Fleck auf Jupiter.

## China startet DAMPE

Am 17. Dezember 2015 brachte eine chinesische Rakete den »Dark Matter Particle Explorer« ins All. Er soll energiereiche Gammastrahlung und die Partikel der kosmischen Strahlung analysieren, um Hinweise auf die rätselhafte Dunkle Materie zu finden.

## Baugenehmigung für Riesenteleskop aufgehoben

Die im Jahr 2011 erteilte Baugenehmigung für das Thirty Meter Telescope (TMT) auf dem Mauna Kea wurde im Dezember 2015 vom höchsten hawaiianischen Gericht für ungültig erklärt. Gegen die Errichtung des TMT hatten Ureinwohner des Inselstaats geklagt.

## 20 Jahre Sonnensatellit SOHO

Seit seinem Start im Dezember 1995 beobachtet das Solar and Heliospheric Observatory rund um die Uhr das Geschehen auf unserem Tagesgestirn. SOHO ist ein Gemeinschaftsprojekt von ESA und NASA.

Weitere aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auf [www.spektrum.de/astronomie](http://www.spektrum.de/astronomie) und [www.twitter.com/Sterne\\_Weltraum](https://twitter.com/Sterne_Weltraum)

## ESA wählt Landeplatz für Mission ExoMars 2018 aus

Das europäische Programm zur Erkundung des Roten Planeten Mars nimmt allmählich Fahrt auf: Für März 2016 ist der Start der Mission ExoMars 2016 geplant, und schon im Mai 2018 soll ExoMars 2018 folgen. Letztere besteht aus einer Landeplattform und dem ersten Marsrover aus europäischer Fertigung. ExoMars 2018 soll im Januar 2019 weich in der Region Oxia Planum auf der Nordhalbkugel des Mars aufsetzen. Dieser Ort wurde kürzlich von der »Landing Site Selection Working Group« der ESA aus einer Auswahl von vier möglichen Kandidaten empfohlen. Die endgültige Entscheidung soll dann ein halbes Jahr vor dem Start, also gegen Ende 2017, fallen. Die Instrumentierung des ExoMars-Rovers ist speziell darauf ausgelegt, nach Spuren von Leben auf dem Planeten zu suchen. Dabei geht es darum zu klären, ob es auf dem Mars derzeit noch Mikroorganismen gibt oder ob es sie in der langen Vergangenheit des Planeten überhaupt je gab.

Ein Highlight des Rovers ist ein Bohrsystem, mit dem sich Bodenproben bis in eine Tiefe von zwei Metern unterhalb der Marsoberfläche gewinnen lassen. Das dortige Material ist vor den harten Bedingungen unmittelbar an der Oberfläche geschützt. Dort zerstören die ultraviolette

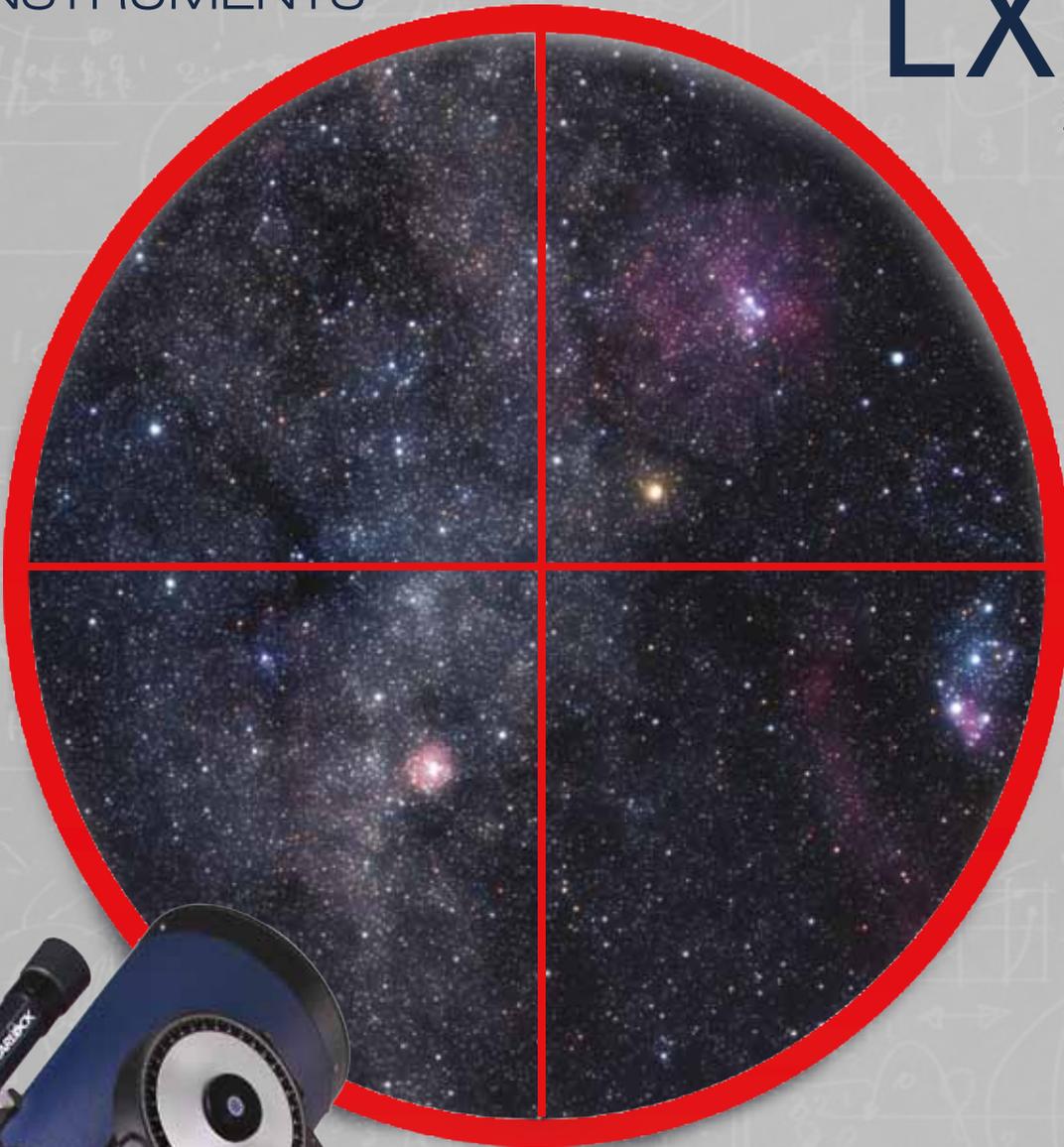
Strahlung der Sonne und die kosmische Partikelstrahlung alle komplexen Moleküle, die für Leben, wie wir es kennen, unabdingbar sind. Das Material unter der Oberfläche von Oxia Planum könnte aus einer Zeit vor mehr als 3,6 Milliarden Jahren stammen, als der Mars den gängigen Theorien zufolge sehr viel wärmer und feuchter als heute war. Oxia Planum liegt in einer Region, in die viele Täler münden, die durch flüssiges Wasser in der Frühzeit des Roten Planeten ausgewaschen wurden. Außerdem wiesen spektroskopische Beobachtungen mit Raumsonden hier Vorkommen von Tonmineralen nach. Diese können nur in Kontakt mit flüssigem Wasser entstehen.

Das Landegebiet für den europäischen Rover muss relativ glatt und frei von größeren topografischen Hindernissen sein. Interessante Ziele sollten sich innerhalb von rund einem Kilometer zum eigentlichen Aufsetzpunkt ansteuern lassen. Die Primärmission ist auf eine Dauer von 218 Marstagen ausgelegt und sieht eine Fahrstrecke von rund zwei Kilometern vor. Im Landegebiet darf es keine Steilhänge geben, und Felsbrocken mit einer Höhe von mehr als 35 Zentimetern – das entspricht der Bodenfreiheit des Landemoduls – müssen gemieden werden.

ESA, 21. Oktober 2015



So könnte es im Januar 2019 aussehen: Der europäische Marsrover der Mission ExoMars 2018 beginnt mit seiner Arbeit (künstlerische Darstellung).



## Die Leichtigkeit der Präzession

### Starlock™

Die revolutionäre und patentierte neue Technologie, die Objekterkennung auf Ihrem Kamerasensor, als auch präzises Nachführen, vollständig automatisch übernimmt. Starlock übernimmt auch die Programmierung des periodischen Errors und korrigiert dann selbständig sämtliche anderen Nachführfehler nahezu restlos.

### F8 optischer Tubus

Das LX600 besitzt einen schnelles F/8 ACF optisches System mit einem Blendensystem, das höchsten Kontrast, knackige Sterne und ein komafreies Bild, bis zum äußersten Rand des Feldes garantiert. Der komplett neue optische Tubus verfügt darüber hinaus, über ein internes „Crayford-Artiges“ Fokussiersystem, mit Zero-Image-Shift und einer 1:7 Untersetzung.

### Das geteilte Gabelarm Design

Mit dem LX600 geteilten Gabelarm Design können Sie ein größeres und zugleich transportableres Teleskop besitzen, das einfach auseinander genommen und transportiert werden kann. Der optische Tubus kann in kürzester Zeit von der Gabel entfernt werden, was das Gewicht der Gabel extrem reduziert und den Transport erheblich vereinfacht.

## Staubkörnchen segeln auf Licht ins All

Wissenschaftler an der Europäischen Südsternwarte ESO haben die unmittelbare Umgebung des Sterns VY Canis Majoris genauer in Augenschein genommen. Der Rote Überriese im Sternbild Großer Hund zählt zu den größten Exemplaren seiner Art in unserem Milchstraßensystem. Rund um den Riesenstern befinden sich ausgedehnte Staubwolken, die von ihm ausgestoßen wurden: Jedes Jahr gibt VY Canis Majoris rund 30 Erdmassen in seine Umgebung ab.

Durch Messungen mit dem Instrument SPHERE am Very Large Telescope

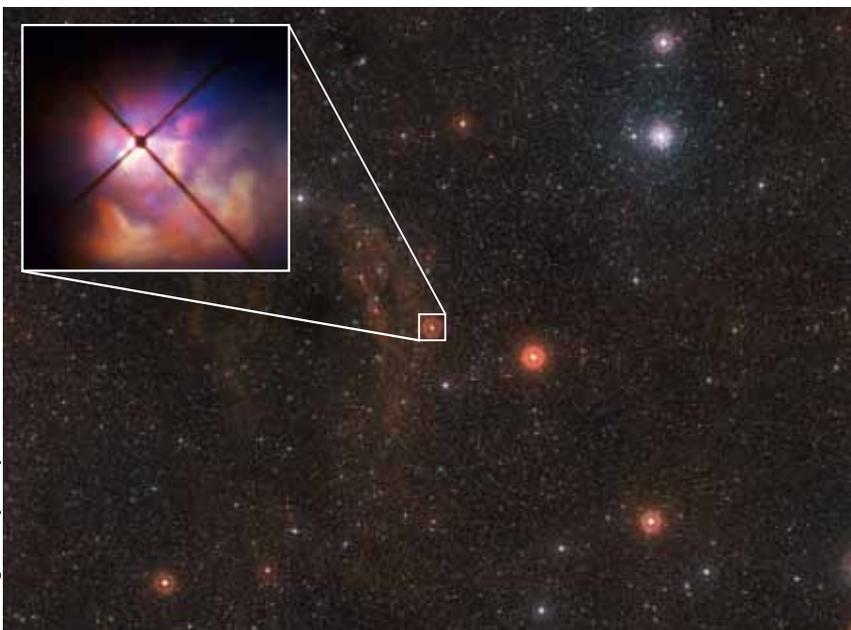
der ESO konnte ein Team um Peter Scicluna von der Academia Sinica Institute for Astronomy and Astrophysics in Taiwan belegen, dass die Staubmassen allein durch den Strahlungsdruck des Lichts bewegt werden. Das galt auch bislang schon als wahrscheinliche Ursache, allerdings dürften normale Staubpartikel, wie sie üblicherweise im Umfeld von Sternen auftreten, zu klein dafür sein. Sie sammeln zu wenige Photonen auf und erfahren dadurch keinen ausreichenden Impuls.

Scicluna und seine Koautoren beobachteten jedoch, dass der Staub in Form

wesentlich größerer Partikel vorliegt als zuvor angenommen. Diese dürften tatsächlich groß genug sein, um durch den Strahlungsdruck ins All zu segeln. Mit einem Durchmesser von im Mittel einem halben Mikrometer sind sie rund 50-mal größer als normale interstellare Staubpartikel. Die Größe der Teilchen ermittelten die Forscher anhand von Eigenschaften des gestreuten Lichts, beispielsweise seiner Polarisation.

Für die Aufnahme wurde das Gebiet, in dem sich der Stern befindet, durch eine Blende abgedeckt, so dass sein unmittelbares Umfeld besser zu sehen ist. Dieses ist wesentlich leuchtschwächer und wird normalerweise vom extrem hellen Licht des Überriesen überstrahlt: VY Canis Majoris hat die 30- bis 40-fache Masse unserer Sonne und leuchtet 300 000-mal so hell wie diese. Mit Hilfe eines solchen Koronografen-Systems zusammen mit einer adaptiven Optik, die atmosphärische Störungen beseitigt, wollen die Astronomen künftig auch Exoplaneten auf ihrer Bahn um ferne Sterne ins Visier nehmen.

Scicluna, P. et al, *Astronomy & Astrophysics* 584, L10, 2015



ESO / Digitized Sky Survey 2

Mit dem Very Large Telescope der ESO und dem Kamerasystem SPHERE wurde das unmittelbare Umfelds des Roten Überriesen VY Canis Majoris im Sternbild Großer Hund beobachtet (Inset).

## »Sterne und Weltraum«-Gewinnspiel

Mit etwas Glück können Sie ein Exemplar des interessanten und lehrreichen physikalischen Spielzeugs »3-D Mirascope« von der DaMert Company gewinnen, das mit Spiegeln einen Hologrammeffekt erzeugt.

Senden Sie die Ziffern der Fragen und den jeweils zugehörigen Buchstaben der richtigen Lösung bis zum **12. Februar 2016** per E-Mail mit der Betreffzeile »Meteoritenkrater« an: [gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de](mailto:gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de)



**Frage 1:** Wieviele Einschlagkrater fanden sich bislang auf der Erde?

- a) 178
- b) 188
- c) 198

**Frage 2:** Wieviele Einschlagkrater sind direkt an der Oberfläche?

- a) 128
- b) 118
- c) 108

**Frage 3:** Welcher Krater ist größer als 100 Kilometer?

- a) Nördlinger Ries
- b) Chixculub
- c) Meteor Crater

**Teilnahmebedingungen:** Alle »Sterne und Weltraum«-Leser, die bis zum 12. Februar 2016 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.

## Raumsonde Hayabusa-2: Erdvorbeiflug gelungen!

Ein vollen Erfolg kann die japanische Raumfahrtbehörde JAXA verbuchen: Die Raumsonde Hayabusa-2 hat ihren dichten Erdvorbeiflug ohne jegliche Probleme absolviert und konnte dabei noch viele attraktive Bilder aufnehmen. Nun ist der Weg frei zum Asteroiden Ryugu, bei dem die Sonde Mitte 2018 ankommen soll. Ihren geringsten Abstand von 3090 Kilometern zur Erdoberfläche erreichte sie am 3. Dezember 2015 über der Wasserwüste des Pazifischen Ozeans. Während des An- und Abflugs gelangen Hayabusa-2 aus Abständen von 200 000 bis 30 000 Kilometern zahlreiche Aufnahmen der etwa zu zwei Dritteln beleuchteten Erde. Sie zeigen Asien, Australien, die Antarktis und Afrika. Bei der Erdpassage wurde die JAXA auch von der Europäischen Weltraumagentur ESA unterstützt. Sie verfolgte die Sonde mit ihrer 35-Meter-Antenne in Malargüe, Argentinien, und empfing und übermittelte dabei Daten.

Die Erfolgsmeldung der JAXA erfreut auch sehr das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR), das an der japanischen Mission

beteiligt ist. Das DLR steuerte nämlich eine kleine Landersonde namens MASCOT bei, den »Mobile Asteroid Surface Scout«. Dieser Lander wird von Hayabusa-2 nach Ankunft beim Asteroiden Ryugu und einer detaillierten Kartierung von dessen Oberfläche aus etwa 100 Meter Höhe auf den Himmelskörper abgeworfen. Er setzt dann im freien Fall auf der Oberfläche auf; der Aufprall wird aber wegen der äußerst geringen Schwerkraft sehr sanft erfolgen. MASCOT wiegt nur zehn Kilogramm und hat die Form und Größe eines Schuhkartons. Die Sonde ist batteriebetrieben und dürfte etwa 16 Stunden auf der Oberfläche durchhalten, bis die Batterien erschöpft sind.

MASCOT bleibt aber nicht einfach passiv auf der Oberfläche von Ryugu liegen, sondern ist mit einem Schwungarm-Mechanismus ausgerüstet, der dafür sorgt, dass der Lander mehrmals über die Oberfläche des Asteroiden hüpfet. Somit kann MASCOT an mehreren Orten Analysen des Oberflächenmaterials durchführen und die Daten und Bilder via Hayabusa-2 zur Erde funken.

JAXA / DLR, 4. Dezember 2015



Am 3. Dezember 2015 näherte sich die japanische Asteroidensonde Hayabusa-2 bis auf 3090 Kilometer der Erde an, um Schwung zu holen für ihren Weiterflug zum Asteroiden Ryugu. Auf der Erde sind Australien und die Antarktis zu erkennen, am linken Rand ist die Südspitze Afrikas sichtbar.



Vor 50 Jahren

### Polarisation des Sternlichts

»Im Jahre 1946 hatte CHANDRA-SEKHAR vorausgesagt, daß das Licht sehr heißer Sterne ... am Rande der scheinbaren Sternscheibe zu 11% polarisiert sein ... müsse. ... Drei Jahre

später [gelang es] W. A. HILTNER zusammen mit J. S. HALL einen Polarisationsgrad von 5% im Lichte von CQ Cephei zu finden. ... [Aber rasch zeigte sich], daß die Polarisation des Sternlichtes ... [nicht stellaren, sondern] interstellaren Ursprungs sein muß: ... 1. Die Polarisation ist unabhängig vom Spektraltyp. 2. Nahe Sterne zeigen ... geringe Polarisation, entfernte dagegen ... stärkere Polarisation. ... 4. Räumlich benachbarte Sterne zeigen nahezu gleichen Polarisationsgrad und gleiche Schwingungsrichtung. ... 7. Die beobachteten Hauptschwingungsrichtungen ... folgen ... der galaktischen Struktur. ... Namhafte Theoretiker [haben] versucht, diese ... Befunde zu deuten. ... DAVIS und GREENSTEIN nehmen längliche Teilchen an, die ... [durch] Stöße der umgebenden Gasatome ... in einem äußeren Magnetfeld rotieren, ... bis schließlich [durch] Präzessionsbewegungen Drehachse ... und die Richtung des äußeren Feldes zusammenfallen. [Es] wäre also ... [das Magnetfeld] parallel zu den Spiralarmen.«  
(SuW, Februar 1966, S. 28)

Der Autor dieses Artikels, Alfred Behr, war selbst aktiv beteiligt an der damaligen Durchmusterung der Milchstraße nach Polarisation. Er beschreibt hier dieses scheinbar früh vollendete Feld. Die bereits 1951 aufgestellte Theorie von Davis und Greenstein war überzeugend, da sie für Magnetfeldstärken und Staubteilchengrößen, wie sie im Raum zwischen den Sternen anzunehmen waren, die Beobachtungen erklären konnte. Und schon 1970 waren Nord- und Südhemisphäre durch etwa 7000 Messungen durchgehend abgedeckt; der Beitrag der Polarisationsmessungen zur großräumigen Struktur der galaktischen Magnetfelder – ihre Ausrichtung längs der Spiralarme – war damit geleistet.

Polarisationsmessungen an einzelnen Objekten aber behielten ihren Wert: Chandrasekhars Vorhersage wurde noch in den 1960er Jahren bestätigt; im darauf folgenden Jahrzehnt fanden die hohen Polarisationsgrade junger Sterne besonderes Interesse, da sich darin die Struktur ihrer nächsten Umgebung spiegelt; seit dem Aufleuchten der Supernova 1987A in der großen Magellanschen Wolke helfen Polarisationsmessungen in Spektrallinien, die Asymmetrie solcher Explosionen zu erkunden.

Der angenommene Mechanismus zur Ausrichtung der interstellaren Staubteilchen hat sich jedoch in den letzten zwei Jahrzehnten wesentlich geändert. Er beruht offenbar auf Wechselwirkung der unregelmäßig geformten Teilchen mit dem auffallenden Licht, nicht den Gasatomen. Durch das jetzt bessere Verständnis dieses Vorgangs erwartet man aus den Polarisationsmessungen nun vor allem eine genauere Kenntnis der Eigenschaften interstellarer Staubteilchen.

CHRISTOPH LEINERT