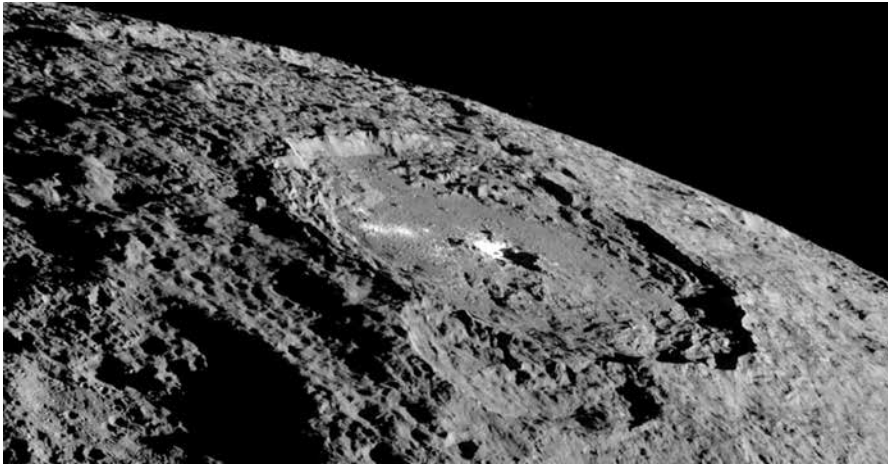




NASA / JPL-Caltech / UCLA / MPS / DLR / IDA



Ein schräger Blick der Raumsonde Dawn in den 92 Kilometer großen Einschlagkrater Occator auf dem Zwergplaneten Ceres lässt die hellen Flecken auf dem Kraterboden erkennen. Der hellste von ihnen trägt die Bezeichnung Cerealia Facula und erstreckt sich über eine Breite von vier Kilometern. Er besteht aus einer bis zu 400 Meter hohen Kuppe aus Salzablagerungen.

## Junger Vulkanismus auf Ceres entdeckt

**W I S** wissenschaft in die schulen!

Wissenschaftler um Andreas Nathues vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen stellten fest, dass es noch vor rund vier Millionen Jahren vulkanische Aktivität auf dem Zwergplaneten Ceres gab. Sie ereignete sich im Gebiet von Cerealia Facula (lateinisch: Fackel des Ceresfests). Diese Region befindet sich im Inneren des 92 Kilometer großen Einschlagkraters Occator.

Das Alter wurde mit Hilfe der Einschlagkraterstatistik bestimmt. Dafür durchmusterten die Forscher die scharfen Bilder von Dawn, welche die Sonde in der Zeit von Dezember 2015 bis September 2016 aus einer Höhe von 375 Kilometern aufnahm. Sie haben eine räumliche Auflösung von 35 Metern pro Bildpunkt. Anhand dieser

Aufnahmen wurden geologische Strukturen im Inneren des Kraters Occator genau analysiert und die Anzahl später erfolgter Einschläge kleiner Himmelskörper ermittelt. Dabei gilt eine einfache Grundregel: Je mehr Krater eines bestimmten Durchmessers sich in einem Gebiet mit definierter Fläche befinden, desto älter ist es. Bei der Interpretation gehen Annahmen über die Einschlagstatistik kleiner Objekte im Asteroidengürtel zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter ein.

Anhand der Kraterzählungen ergab sich für den hellsten Bereich von Cerealia Facula ein Alter von vier Millionen Jahren, während für den umliegenden Kraterboden von Occator ein Alter von 34 Millionen Jahren festgestellt wurde.

Die Forscher gehen davon aus, dass dieses Alter der Entstehungszeit des Kraters entspricht; somit ist auch Occator selbst nach geologischen Maßstäben sehr jung. Dies gilt insbesondere im Vergleich zum Gestaltalter von Ceres von rund 4,6 Milliarden Jahren.

Bereits auf Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble und auf den unscharfen Bildern der US-Raumsonde Dawn bei ihrem Anflug auf Ceres Anfang 2015 war Cerealia Facula als besonders heller Fleck auf dem im Mittel rund 940 Kilometer großen Himmelskörper aufgefallen. Er stellte sich dann zur Überraschung der Forscher auf den dann folgenden Detailfotos von Dawn als ein nur rund vier Kilometer großes Gebilde heraus.

Zusätzlich zu den Fotos werteten die Wissenschaftler Messdaten des abbildenden Infrarotspektrometers VIR aus. Sie konnten damit frühere Arbeiten anderer Forscher bestätigen, nämlich, dass die rund vier Kilometer breiten und bis zu

## Ein massereicher Brauner Zwerg

Manche Astronomen bezeichnen Braune Zwerge als »stellare Versager«: Mit ihrer Masse übertrumpfen sie Gasplaneten wie Jupiter um ein Vielfaches, aber diese reicht nicht aus, um das Sonnenfeuer zu zünden – in ihnen findet keine Fusion von Wasserstoff zu Helium statt, wie sie beispielsweise in unserem Zentralgestirn abläuft. Sie gelten daher als ein Mittelding zwischen Gasriesenplaneten und Sternen. Einen neuen Rekordhalter unter den Braunen Zwergen präsentieren nun Zeng-Hua Zhang vom Institut für Astrophysik der

Kanarischen Inseln und seine Kollegen in den »Monthly Notices of the Royal Astronomical Society«. Das Objekt SDSS J0104+1535 enthält ungefähr 90 Jupitermassen und ist 750 Lichtjahre von uns entfernt. Der Himmelskörper befindet sich im Sternbild Fische und ist von vielen alten Sternen umgeben.

**Der Braune Zwerg SDSS J0104+1535 enthält rund 90 Jupitermassen und ist damit das massereichste bekannte Objekt seiner Art.**

Dieser Braune Zwerg ist zudem der bislang chemisch »reinste«, den Astronomen aufgespürt haben. Er besteht zu 99,99 Prozent aus Wasserstoff und Helium und enthält

damit nur ein  $\frac{1}{250}$  an schweren Elementen wie die Sonne. SDSS J0104+1535 verfügt somit praktisch nicht über Metalle und andere schwere Elemente. Dieser Mangel sorgt dafür,



NASA / JPL-Caltech (künstlerische Darstellung)

400 Meter mächtigen Ablagerungen im Zentrum von Cerealia Facula aus Karbonaten bestehen.

Die Wissenschaftler vermuten, dass aus dem Inneren von Ceres wässrige Lösungen mit hohen Gehalten an gelösten Salzen und Gasen wie Kohlendioxid und Methan durch Risse und Spalten in der Kruste nach oben stiegen. In dem an der Oberfläche herrschenden Vakuum verdampfte das Wasser und setzte die mitgeführten Gase frei. Dabei fielen die gelösten Salze als Feststoffe aus, so dass nach und nach eine dicke Schicht aus Ablagerungen entstand. Eine solche Aktivität wird auch Kryovulkanismus genannt, weil die Temperaturen der Flüssigkeiten und Gase sehr niedrig sind. Kleine Einschlagkrater auf diesem Material enthüllen: Die ganze Kuppe besteht aus den abgelagerten Salzen, und es ist kein Gesteinsmaterial aus der Umgebung eingelagert.

Die Forscher vermuten, dass es an dieser Stelle wiederholt zu eruptiven Auswürfen von Materie gekommen ist, die sich auch im weiteren Umfeld der Ausbruchsstelle abgelagerten. Der letzte Ausbruch fand vor vier Millionen Jahren statt, aber es gibt Indizien dafür, dass die vulkanische Aktivität bis heute auf niedrigem Niveau anhält. Auf manchen Bildern des Kraters Occator zeigt sich unter bestimmten Blickwinkeln feiner Dunst, der vermutlich auf die Freisetzung von Wasserdampf zurückgeht.

Nathues, A. et al., *The Astronomical Journal* 153:112, 2017

dass zur Zündung der Fusion von Wasserstoff zu Helium mehr Masse benötigt wird als bei einem Himmelskörper mit annähernd solarer Zusammensetzung. Bei letzterer setzt ab etwa 80 Jupitermassen im Zentrum die Kernfusion ein, bei einem so hochreinen Braunen Zwerg wie SDSS J0104+1535 sind etwas mehr als 90 Jupitermassen nötig, seine Masse liegt ganz knapp unter dem Grenzwert. Der Braune Zwerg ist etwa zehn Milliarden Jahre alt und entstand damit relativ früh in unserer Galaxis, deren Alter bei etwa 13,4 Milliarden Jahren liegt. Wegen ihrer geringen Leuchtkraft lassen sich Braune Zwerge nicht einfach nachweisen. Sie leuchten nur sehr schwach im Infraroten.

Monthly Notices Royal  
Astronomical Society 468 (1): 261–271, 2017



Mit dem Weltraumteleskop Hubble und dem Teleskopverbund ALMA entstanden diese Ansichten des Galaxienhaufens Abell 2744 und der Galaxie A2744\_YD4 (Inset).

ALMA (ESO / NAOJ / NRAO), NASA, ESA, ESO and D. Coe (STScI) / J. Merten (Heidelberg / Bologna)

## ALMA beobachtet große Staubmengen in junger Galaxie

Mit dem »Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA)« in Chile stieß eine Forschergruppe um Nicolas Laporte vom britischen University College London in der Galaxie A2744\_YD4 im Sternbild Bildhauer auf große Mengen an Staub und Sauerstoff. Dies ist sehr verwunderlich, weist die Galaxie doch eine Rotverschiebung von  $z = 8,38$  auf. Sie zeigt sich somit zu einer Zeit, als das Universum ein Alter von rund 600 Millionen Jahren erreicht hatte, nur rund vier Prozent des heutigen Werts von 13,8 Milliarden Jahren.

Zu dieser Zeit setzte im Universum die Bildung der ersten Sterne und Galaxien ein. Diese sollten aber überwiegend aus Wasserstoff und Helium bestehen, so dass das Vorkommen größerer Mengen an Staub, der aus schwereren Elementen wie Kohlenstoff, Silizium, Aluminium und Sauerstoff besteht, wirklich erstaunlich ist. Diese Elemente stammen aber nicht aus dem Urknall, sondern entstanden im Inneren massereicher Sterne durch Kernfusionsreaktionen. Diese allerersten Sterne explodierten am Ende ihrer Existenz als Supernovae und reicherten das interstellare Medium in ihrer Umgebung mit schweren Elementen an. Aus den angereicherten Gasen bildeten sich dann in der Folge Staubpartikel und Sterne jüngerer Generationen.

Die Galaxie A2744\_YD4 ist ausgesprochen leuchtschwach und kann sich nur durch einen glücklichen Umstand mit ALMA beobachten lassen: Sie befindet sich hinter dem Galaxienhaufen Abell 2744, der durch seine enorme Masse als Gravitationslinse wirkt und das Licht hinter ihm befindlicher Objekte bündelt. Im Fall von Abell 2744\_YD4 wird das Licht um einen Faktor 1,8 verstärkt.

Aus den ALMA-Daten geht hervor, dass die Galaxie rund sechs Millionen Sonnenmassen an Staub enthält. Insgesamt kommt A2744\_YD4 auf rund zwei Milliarden Sonnenmassen, was rund einem halben Prozent der Masse unseres Milchstraßensystems entspricht. In ihr werden rund 20 Sonnenmassen pro Jahr an Gas und Staub in neue Sterne umgewandelt, somit ist die Sternentstehungsrate in A2744\_YD4 rund zehn Mal so hoch wie in unserer Galaxis.

Laporte, N. et al., *Astrophysical Journal Letters*, im Druck, 2017

## Großer kalter Fleck auf Jupiter

In der Hochatmosphäre des Riesenplaneten Jupiter stießen Forscher im Infraroten auf eine bis zu 24000 Kilometer lange Region, die rund 200 Grad Celsius kühler als ihre Umgebung ist. Dieser kalte Fleck ließ sich in Aufnahmen über 15 Jahre hinweg nachweisen.

## China startet ersten Raumfrachter

Am 20. April 2017 brachte eine Rakete vom Typ Langer Marsch 7 den ersten unbemannten Raumfrachter Tianzhou-1 ins All. Das Raumfahrzeug soll mehrmals automatisch an die Raumstation Tiangong-2 andocken, um Erfahrungen mit Rendezvousmanövern zu sammeln.

## Asteroid 2014 JO25 ist ein Doppelkörper

Mit dem Radarsystem des 300-Meter-Radioteleskops von Arecibo wurde der kleine Himmelskörper bei seinem dichten Erdvorbeiflug am 19. April 2017 erfasst. Die Daten enthüllen zwei sich berührende Objekte mit einer Gesamtlänge von 1,3 Kilometern.

## ESA beginnt mit dem Bau der Jupitersonde JUICE

Die Europäische Raumfahrtbehörde ESA hat mit dem Bau der Raumsonde JUICE, des »Jupiter Icy Moons Explorer«, begonnen. Die Sonde wird im Jahr 2022 zum Riesenplaneten fliegen und dort im Jahr 2030 ankommen.

## Riesiges Schwarzes Loch in Zwerggalaxie

In der Galaxie Was 49 entdeckten Forscher ein extrem massereiches Schwarzes Loch, das rund zwei Prozent der Gesamtmasse der Welteninsel erreicht. Damit ist es mehrere 100-mal massereicher als für eine solche Galaxie üblich.

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)

## Sind die Welten von TRAPPIST-1 unbewohnbar?

Es ist das wohl spektakulärste bisher bekannte Planetensystem: Um den Stern TRAPPIST-1 kreisen gleich sieben erdgroße Planeten (siehe SuW 4/2017, S. 22). Auf vier von ihnen könnte es sogar flüssiges Wasser geben. Seitdem spekulieren Laien und Experten leidenschaftlich: Könnte im Orbit des kühlen roten Zwergsterns Leben existieren?

Eine neue Studie lässt das nun zweifelhaft erscheinen. Ein ungarisches Forscherteam hat anhand öffentlich zugänglicher Rohdaten des Weltraumteleskops Kepler abgeschätzt, wie oft die Magnetfelder des Sterns große Mengen heißer Materie ins Weltall schleudern, und wie stark diese »Flares« sind.

Binnen 80 Tagen zählten die Forscher 42 solcher Ereignisse. Bei einigen der Ausbrüche handelt es sich vermutlich um komplexe Kaskaden aufeinanderfolgender Eruptionen, bei denen der Zwergstern besonders viel Materie austößt. Die mächtigsten Flares erreichen dabei offenbar eine Stärke, die dem berühmten Carrington-Ereignis aus dem Jahr 1859 gleicht. Damals traf eine gewaltige Sonneneruption die Erde, was mancherorts das Telegrafennetz lahmlegte.

Da die Planeten von TRAPPIST-1 ihren Stern viel näher umkreisen als die Erde die Sonne, wären die Folgen solch einer Eruption dort Hundert bis Zehntausend mal so groß, schätzen die Forscher. Außerdem würden etwaige Atmosphären schon durch schwächere Ausbrüche aus dem Gleichgewicht gebracht, das sich dann

erst nach Zehntausenden von Jahren wieder einstelle. Schutz davor kann nur ein ausgeprägtes planetares Magnetfeld bieten, das Hundert- bis Tausendfach stärker ist als das der Erde. Rote Zwerge sind für starke stellare Eruptionen bekannt, diese Aktivität sollte aber mit steigendem Alter der Sterne abnehmen. Das Alter von TRAPPIST-1 wird mittlerweile auf drei bis acht Milliarden Jahre geschätzt und wäre somit demjenigen unseres Sonnensystems von 4,6 Milliarden Jahren vergleichbar (siehe SuW 5/2017, S. 21).

Entsprechend pessimistisch fällt das Fazit der Forscher aus: Das Sternsystem könnte ungeeignet für Leben sein, spekulieren sie. Sollten weitere Studien diesen Befund erhärten, wäre das eine große Enttäuschung für all jene, die mit künftigen Großteleskopen in etwaigen Atmosphären der Planeten von TRAPPIST-1 nach Spuren von Leben suchen wollen.

Die Arbeit, die vom »Astrophysical Journal« zur Veröffentlichung angenommen wurde, ist allerdings noch mit einiger Vorsicht zu betrachten. Bei der Interpretation von Rohdaten eines Teleskops kann es leicht zu Fehlern kommen. Auffällig ist auch, dass ein anderes Team, an dem die Entdecker der Planeten um Gillon beteiligt sind, bei einer Analyse von Kepler-Rohdaten keinen Hinweis auf außergewöhnlich starke Flares bei TRAPPIST-1 gefunden hatte. Der verheißungsvolle Zwergstern dürfte also noch eine Weile für Diskussionen sorgen.

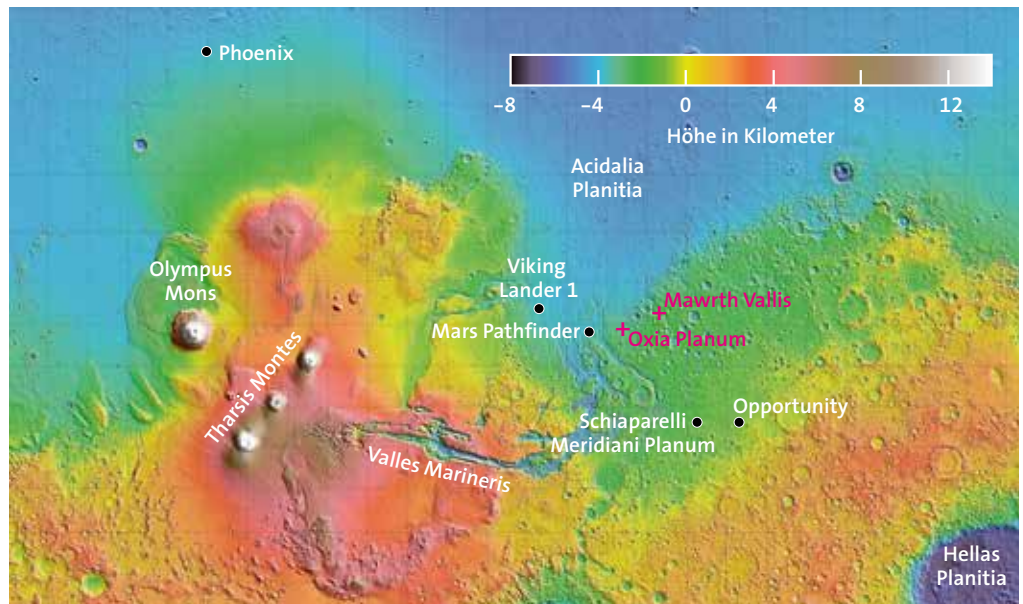
Vida, K. et al, The Astrophysical Journal, akzeptiert, 2017



Wie lebensfreundlich sind die Bedingungen auf den Planeten um den Roten Zwerg TRAPPIST-1? Messungen mit dem Satelliten Kepler deuten auf eine starke eruptive Aktivität des Sterns hin (künstlerische Darstellung).

## Zwei mögliche Landeplätze für die Mission ExoMars 2020

Die Planungen für die Mission ExoMars 2020 der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA und der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos schreiten weiter voran (siehe SuW 12/2016, S. 44). Nun wurden zwei Gebiete auf dem Roten Planeten als Kandidaten für die Landung des Rovers und der stationären Plattform in etwa vier Jahren festgelegt: Oxia Planum und Mawrth Vallis liegen beide etwas nördlich vom Marsäquator. Beide Landeorte sind nur wenige hundert Kilometer voneinander entfernt. In dieser Region ziehen sich viele Täler aus den nördlichen Tiefebene in die südlich davon gelegenen Hochländer. Sie wurden einstmals von flüssigem Wasser ausgewaschen. Daher bietet diese Übergangsregion zahlreiche geologische Zeugnisse aus der feuchteren Vergangenheit des Planeten vor rund vier Milliarden Jahren: So konnten bereits tonhaltige Sedimente und eine Vielzahl von wasserhaltigen Mineralen identifiziert werden. Die perfekte Umgebung also für den ExoMars-Rover, der die Aufgabe hat, nach möglichem vergangener oder sogar gegenwärtigem Leben auf dem Mars zu suchen.



MOLA Science Team / NASA / SuW-Grafik

Die Region Oxia Planum wurde bereits 2015 als potenzieller Landeort ausgesucht. Der Wahl des zweiten Kandidaten ging nun eine Tagung von Wissenschaftlern, Technikern und Missionsplanern voraus. Schließlich muss das Gebiet nicht nur aus geologischer Sicht interessant sein, sondern auch die nötigen Voraussetzungen für eine sichere Landung und einen ungestörten Betrieb des Rovers bieten: In einer ellipsenförmigen Region von 120 Kilometer Länge und 19 Kilometer Breite sollten sich also keine großen Felsbrocken,

steilen Abhänge oder allzu loses Material befinden. Außerdem muss der Landungsort relativ tief liegen, damit genügend Atmosphäre über der Oberfläche vorhanden ist, so dass das Landemodul per Fallschirm möglichst stark abgebremst werden kann.

In den kommenden Monaten und Jahren werden die beteiligten wissenschaftlichen und technischen Teams beide Regionen bis ins Detail untersuchen: Wo soll der Marsrover nach alten Sedimenten bohren? Welchen Weg muss er nehmen, um möglichst viele

**Die europäische Landesonde ExoMars 2020 soll entweder in Oxia Planum oder im Mawrth Vallis niedergehen. Die endgültige Entscheidung fällt die ESA im Jahr 2019.**

interessante Orte zu erreichen? Und gibt es Hindernisse, die ihm die Arbeit erschweren könnten? Erst ein Jahr vor dem voraussichtlichen Start der Mission im Jahr 2020 soll dann die endgültige Entscheidung fallen, welcher der beiden Landeplätze das Ziel von ExoMars wird.

ESA, 21. März 2017

Anzeige

# High End APO-Fernglas!

APM 120 mm 45° SD-Apo Fernglas mit 1,25" Wechselokularaufnahme ...auch als 90°-Variante erhältlich!



Die besten FERNGLÄSER für Astronomie & Naturbeobachtung gibt es bei

APM TELESCOPES

www.apm-telescopes.de

Jetzt überall im Fachhandel

Das neue 120mm Groß-Fernglas von APM

Goebenstr. 35 - 66117 Saarbrücken - Telefon: +49 (0)681 - 954 303 20

## Ein Hangrutsch auf Komet 67P

Eine Gruppe von Wissenschaftlern unter Leitung der Universität Padua und des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung (MPS) konnte einen starken Staubausschub des Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko am 10. Juli 2015 auf einen Hangrutsch auf der Oberfläche des Rosetta-Kometen zurückführen. Die Forscher arbeiteten mit

Fotos des wissenschaftlichen Kamerasystems OSIRIS und der Navigationskamera von Rosetta.

So machten sie eine Region auf der Nordseite des größeren Teils des Kometen als Ursprung der Eruption aus. Hier liegt die so genannte Aswan-Klippe, die etwa 180 Meter in die Höhe ragt. Aufnahmen aus der Zeit vor dem 10. Juli 2015 enthüllen

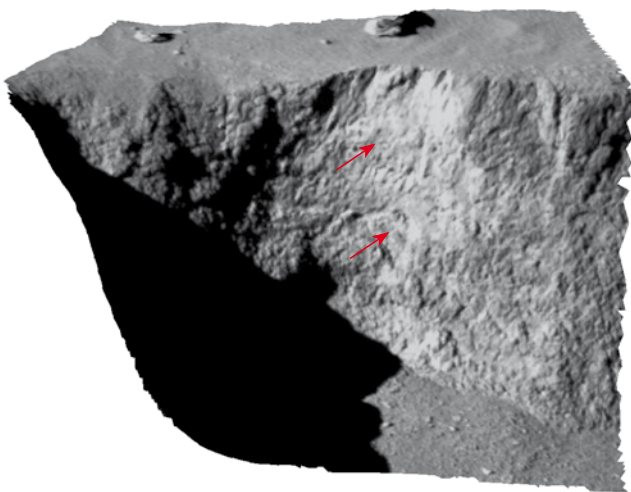
einen tiefen und etwa 70 Meter langen Riss am Rand der Klippe. Einige Tage danach zeigt sich ein anderes Bild: Ein Hangrutsch hat große Teile des Abhangs ins Tal gerissen und eine neue, scharfe Kante erzeugt. 99 Prozent des Materials liegt nun in Trümmern am Fuß der Klippe. Bei der Rutschung entstand eine riesige Staubwolke, deren Masse auf mindestens 100 Tonnen geschätzt wurde. Der Hangrutsch selbst lief wegen der geringen Schwerkraft des Kometenkerns wie in Zeitlupe ab – die Anziehungskraft des kleinen Himmelskörpers erreicht nur etwa ein Zehntausendstel derjenigen der Erde.

Die frische Bruchkante legte außerdem das Innere des Kometen frei, was helles Wassereis zum Vorschein brachte. Die neue Fläche hatte eine Albedo von mehr als 0,4, was bedeutet, dass sie mehr als 40 Prozent des auftreffenden Sonnenlichts reflektierte. Damit war sie mindestens sechsmal so hell wie die umgebende Kometenoberfläche, die eher an Steinkohle

erinnert. Allerdings wurde sie in den Monaten nach der Rutschung schnell wieder dunkler, da das Eis sublimierte und sich verflüchtigte.

Laut den Simulationen der Forscher lösten wohl starke Temperaturschwankungen in den Tagen und Wochen vor dem Ereignis den Hangrutsch aus: So schien die Sonne im Juli 2015 teilweise fast senkrecht auf die Aswan-Steilwand, weshalb die Temperaturen hier im Lauf eines Kometentags auf bis zu 60 Grad Celsius anstiegen. Dagegen war das Plateau über der Klippe kaum direktem Sonnenlicht ausgesetzt und wurde wohl nie wärmer als –90 Grad Celsius. Vermutlich vergrößerten diese Temperaturunterschiede bereits vorhandene Risse, bis das Material nachgab und abrutschte. Ähnliche Vorgänge wurden auch schon auf der Erde beobachtet und könnten nach Angaben der Wissenschaftler entscheidend zur Gestaltung der Oberfläche von Kometenkernen beitragen.

Pajola, M. et al., Nature Astronomy 1, 0092, 2017



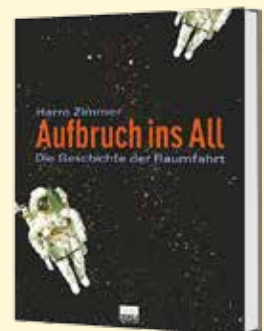
Am 10. Juli 2015 rutschte ein rund 135 Meter langer Teil der Aswan-Klippe auf dem Kern des Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko in die Tiefe und legte dabei helles, eisreiches Material frei (Pfeile). Das Bild nahm die Raumsonde Rosetta wenige Tage nach dem Ereignis mit ihrer OSIRIS-Kamera auf.

ESA / Rosetta / MPS for OSIRIS Team MPS / UPD / LAM / IAA / SSO / INTA / UPM / DASP / IDA; F. Scholten & F. Preusker

## »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 **9. Juni 2017** per E-Mail mit der Betreffzeile »Beta Pictoris« an: [gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de](mailto:gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de)



**Frage 1:** Wann wurde der Planet Beta Pictoris b entdeckt?

- a) 2006
- b) 2008
- c) 2010

**Frage 2:** Vom Stern Beta Pictoris trennen uns:

- a) 61,4 Lichtjahre
- b) 62,4 Lichtjahre
- c) 63,4 Lichtjahre

**Frage 3:** Der Planet Beta Pictoris b umrundet seinen Stern in:

- a) rund 22 Jahren
- b) rund 33 Jahren
- c) rund 44 Jahren

**Teilnahmebedingungen:** Alle »Sterne und Weltraum«-Leser, die bis zum 9. Juni 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.

## Gigantische Gashalos um junge Galaxien

Einer Gruppe von Astronomen ist es gelungen, mit Hilfe des Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) in Chile zwei Galaxien zu einem Zeitpunkt zu beobachten, als das Universum nicht mehr als zwei Milliarden Jahre alt war. Ihr überraschendes Ergebnis: Diese Vorfahren unserer heutigen großen Spiralgalaxien sind von großen Halos aus dichtem Wasserstoffgas umgeben, die hunderttausende Lichtjahre ins All reichen.

Ursprünglich wurden solche lichtschwachen Sternensinseln im frühen Universum nur indirekt mit Hilfe von Quasaren aufgespürt. Dies sind helle, aktive Galaxienkerne, die sich auch in extrem großen Entfernungen noch gut beobachten lassen. Liegt ein solches Objekt von uns aus gesehen hinter einer Galaxie, so absorbiert deren Gas charakteristische Anteile der Quasarstrahlung. Allerdings ist das Licht der Vordergrundgalaxie selbst dann normalerweise überhaupt nicht mehr sichtbar, da sie vom Quasar überstrahlt wird. Untersucht wurden die beiden Quasare SDSS J081740.52+135134.5 und SDSS J120110.31+211758.5.

Das Forscherteam um Marcel Neeleman von der University of California in Santa Cruz konzentrierte sich bei seinen Beobachtungen mit ALMA auf eine Wellenlänge des ionisierten Kohlenstoffs: So konnten die Astronomen die dichten Regionen mit hohen Sternentstehungsraten innerhalb der Galaxien identifizieren. Allerdings stellten sie fest, dass diese Gebiete in beiden Fällen jeweils weit von dem Wasserstoffgas entfernt sind, das durch seine Absorption vor dem Quasar beobachtet wurde. Die Wissenschaftler berechneten Abstände von 137 000 und 59 000 Lichtjahren zwischen den beiden Regionen, während die sternbildenden Zentralbereiche nur etwa 20 000 Lichtjahre Durchmesser haben.

Der Gasvorrat der Galaxien scheint sich also weit ins All hinaus zu erstrecken, möglicherweise in erweiterten Scheiben oder gigantischen Halos aus größtenteils neutralem Wasserstoff. Zumindest für eine der beiden Sternensinseln konnte außerdem eine Rotation nachgewiesen werden, was sich eventuell auf ihre umgebende Gaswolke auswirkt. Darüber hinaus bilden beide relativ viele neue Sterne aus. Und auch in Zukunft werden diese Galaxien wohl weiterwachsen: Nach Ansicht der Astronomen könnte das Gas aus den Halos in die Zentralbereiche fließen und dort Material für künftige Sternentstehung bereitstellen.

Neeleman, M. et al., Science 355, S. 1285–1288, 2017



A. Angeilich (NRAO / AUI / NSF)

Ein Quasar im jungen Universum leuchtet durch einen Vorläufer einer künftigen Spiralgalaxie hindurch, der von einer riesigen Wolke aus Wasserstoffgas umgeben ist (künstlerische Darstellung).

## Vor 50 Jahren



### Die Kernpopulation von M 31

»Im Jahre 1944 gelang es W. BAADE ... im Kern des Andromedanebels [M31] die hellsten Objekte als Einzelsterne zu erkennen. Es waren rote Riesen, ... wie man sie in Kugelhaufen antrifft, weshalb ... der Kern des Andromedanebels ebenso aufgebaut [sein könnte]. ... Ein für eine ›Sterngruppe‹ charakteristischer Wert ist das Masse-Leuchtkraft-Verhältnis (beide Größen werden in entsprechenden Sonneneinheiten gemessen). ... Für die Sterne der Kugelhaufen findet man 0,7, ... hingegen ergibt sich für den Andromedanebel ... ein Wert von 15. ... H. SPINRAD publizierte wohl das detaillierteste Modell für die Kernpopulation von M 31. ... [Es] wurde ein ›künstliches‹ Gemisch, das aus Kugelhaufen-Sternen ... [und] 19 weiteren Sternarten mit normalem Metallgehalt bestand, ... so variiert, daß die ... in 33 Wellenlängenbereichen gemessenen Intensitäten ... wiedergegeben wurden. Im so gewonnenen Modell ... [bewirkte eine] große Häufigkeit der späten Hauptreihensterne ein ... Masse-Leuchtkraft-Verhältnis ... [M/L =] 16,7.« (SuW, Juni 1967, S. 137)

In den Jahren nach seinen eingangs genannten Beobachtungen entwickelte Walter Baade das grundlegende Konzept zweier Sternpopulationen: Die eine wie die Sterne in Kugelhaufen alt und metallarm, die andere wie in der Sonnenumgebung jünger und metallreicher. Spinrads Arbeit ist ein frühes Beispiel für die heute in großem Maßstab angewandte »Populations-synthese«. Indem man das Spektrum einer Galaxie durch eine geeignete Mischung von Sternen der verschiedenen Populationen erklärt, kann man im Prinzip Zusammensetzung und Entwicklung der Galaxie beschreiben und Rückschlüsse ziehen auf die in ihr abgelaufene Geschichte der Sternentstehung. Auffällig ist, welchen Wert Spinrad auf die Bestimmung des Parameters  $M/L$  legt.

Diese Größe spielt auch eine wichtige Rolle in einem 1979 erschienenen Übersichtsartikel über die Massen von Galaxien, lässt sich doch aus ihr leicht auf die Massen schließen. Für Milchstraße und M 31 ergeben sich schon allein aus der Tatsache, dass die beiden sich heute – entgegen der allgemeinen Ausdehnung des Kosmos – einander annähern, Werte von  $M/L \approx 60$  und Massen von 1–3 Billionen Sonnenmassen. Generell zeigte jener Artikel, dass der Anteil Dunkler Materie, noch »missing« oder »unseen mass« genannt, mit der Größe der untersuchten Strukturen zunimmt.

Wiederum zwanzig Jahre später zeigten Aufnahmen mit dem Hubble Space Telescope, dass der sternartige, ein Dutzend Lichtjahre große Kern von M 31 tatsächlich aus drei Komponenten besteht: zwei mit einem Spektrum, wie es Spinrad 1966 für den unaufgelösten Kern gefunden hatte, und eine dritte genau im Zentrum des Kerngebiets, nur 0,2 Lichtjahre groß und mit dem Spektrum heißer Sterne. Letztere enthält ein Schwarzes Loch von 140 Millionen Sonnenmassen. Auch hierin sind sich die Milchstraße und der Andromedanebel ähnlich.

CHRISTOPH LEINERT