

Mit dem Acht-Meter-Teleskop Gemini South entstand diese Ansicht des attraktiven Planetarischen Nebels CVMP 1 im südlichen Sternbild Kompass.

The International Gemini Observatory/NSF's National Optical-Infrared Astronomy Research Laboratory/AURA (nationalaastro.org/news/celestial-houglass/) / CC BY 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

## Ein sterbender Stern im Kompass

Rund 6500 Lichtjahre trennen uns vom Planetarischen Nebel CVMP 1 im Sternbild Kompass (lateinisch: Circinus) am Südhimmel. Der Nebel bildete sich, als ein Ro-

ter Riese am Ende seiner Existenz einen starken Sternwind entwickelte und dadurch seine äußeren Schichten in den interstellaren Raum abstieß. Danach erloschen die Energie

produzierenden Fusionsreaktionen im Kern des Giganten, so dass dieser zu einem Weißen Zwerg schrumpfte. Solche Endobjekte können die bis zu 1,4-fache Masse der Sonne

aufweisen, sind aber nicht größer als unsere Erde. Durch den Schrumpfungsprozess wird viel Kompressionswärme frei, so dass die Oberflächentemperatur

## Asteroid (2) Pallas hatte eine raue Jugend

Der Asteroid (2) Pallas, nach den beiden Himmelskörpern (1) Ceres und (4) Vesta das drittgrößte Mitglied im Asteroiden-Hauptgürtel, hatte offenbar eine sehr unruhige Vergangenheit: Bilder, die mit dem abbildenden Spektrografen SPHERE der Europäischen Südsternwarte ESO an einem der 8,2-Meter-Instrumente des Very Large Telescope (VLT) in Chile gewonnen wurden, zeigen, dass die Oberfläche der im Mittel 513 Kilometer durchmessenden Pallas von zahlreichen großen Einschlagkratern bedeckt ist. Sie geben dem Asteroiden ein pockennarbiges Aussehen, das an einen deformierten Golfball erinnert (siehe Bild rechts). Pallas ist der bei Weitem größte Himmels-

körper im Asteroidengürtel, der noch nicht von einer Raumsonde aus der Nähe inspiziert wurde.

Die Durchmesser der erkennbaren Krater liegen zwischen 30 und 120 Kilometer, und die Oberfläche erscheint gesättigt. Damit ist gemeint, dass bei der Entstehung eines neuen Impaktkraters ältere dafür zerstört werden mussten. So belegt die große Anzahl an Kratern, dass die Oberfläche von Pallas sehr alt ist und wahrscheinlich aus der Frühzeit des Sonnensystems von vor mehr als vier Milliarden Jahren stammt. Offenbar war der Asteroid nach seiner Geburt geologisch nur wenig aktiv, so dass sich die Narben der alten Einschläge so gut erhalten haben.



ESO/M. Marsset et al./MISTRAL algorithm (ONERA/CNRS) (www.eso.org/public/germany/images/potw2008a/) / CC BY 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

Der Asteroid (2) Pallas misst im Mittel 513 Kilometer, und wurde hier mit dem Spektrografen SPHERE am VLT aufgenommen. Zu erkennen sind zahlreiche Einschlagkrater auf seiner Oberfläche, die ein Beleg für ein hohes geologisches Alter sind.

des Weißen Zwergs etwa 130 000 Grad Celsius beträgt. Deshalb gibt dieser heiße Überrest den größten Teil seiner Strahlung im energiereichen Ultraviolett ab. Sie trifft auf die zuvor ausgestoßenen Gashüllen des Riesen und regt diese durch Fluoreszenz zur Aussendung von Licht und Infrarotstrahlung an. Dieses Leuchtspektakel erscheint uns als Planetarischer Nebel am Himmel (siehe Bild links).

Da sich die ausgeworfenen Gasmassen immer weiter in den umgebenden Raum ausdehnen, wird die Gasdichte immer geringer, so dass nach rund 10 000 Jahren das Leuchten des Nebels praktisch erlischt. Zudem entfernt sich das Gas immer mehr vom sehr langsam abkühlenden Weißen Zwerg, wodurch die Intensität der Strahlung auch abnimmt. Somit sind Planeta-

rische Nebel vergleichsweise kurzlebige Gebilde.

Bei CVMP 1 zeigt sich eine ausgeprägte Form, die an eine Sanduhr erinnert (siehe S. 33). Die Ursache: Der sterbende Rote Riese stieß seine Gashüllen bevorzugt in Richtung seiner Pole ab, während am Äquator der Sternwind schwächer und langsamer wehte. Auch ein möglicher Begleitstern kann die Form des Nebels stark beeinflussen.

Das Bild wurde mit dem Acht-Meter-Teleskop Gemini South auf dem Cerro Pachon in Chile mit dem abbildenden Spektrografen GMOS aufgenommen. Benannt ist CVMP 1 nach den Astronomen Romano Corradi, Eva Villaver, Antonoi Mampaso und Mario Perinotto, welche dieses Objekt im Jahr 1997 erstmals beschrieben.

NSF, 20. Februar 2020

## Die Zahl des Monats

**2 Magnituden visuelle Helligkeit soll der Komet C/2019 Y4 (ATLAS) erreichen.**

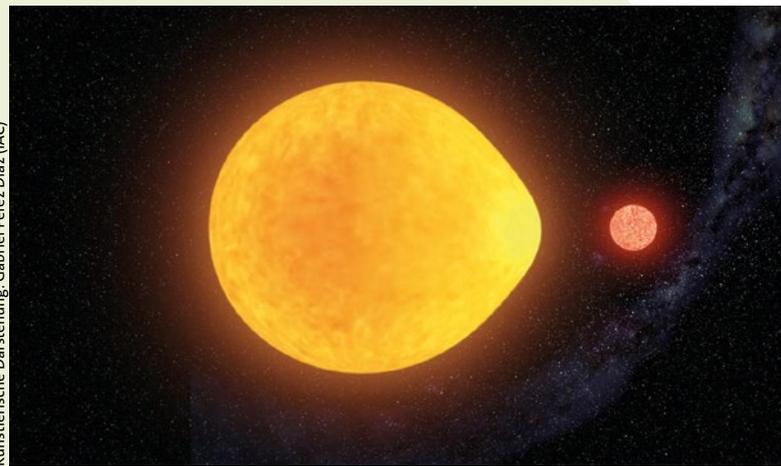
Forscher um Michael Marset vom Massachusetts Institute of Technology in den USA bestimmten anhand der SPHERE-Bilder das Volumen und erstmals präzise die mittlere Dichte der Gesteine von Pallas. Sie beträgt 2,89 Gramm pro Kubikzentimeter und gleicht derjenigen von Meteoriten des Typs kohlgiger Chondrit. Derartige, urtümliche Gesteine aus der Entstehungszeit des Sonnensystems sind mehr als 4,5 Milliarden Jahre alt und enthalten Minerale wie Schichtsilikate, die nur unter Einfluss von flüssigem Wasser

entstehen. Auch das Infrarotspektrum von Pallas passt gut zu den kohlgigen Chondriten, so dass der Asteroid einer der Mutterkörper dieser Meteoriten sein könnte.

Entdeckt wurde der Asteroid Pallas am 28. März 1802 von Heinrich Olbers aus Lilienthal bei Bremen, der den Himmelskörper nach der griechischen Göttin des Krieges und der Weisheit, Pallas-Athene, taufte. Daher werden alle Oberflächenstrukturen auf Pallas nach antiken griechischen Waffen benannt.

Nature Astronomy 2020, doi.org/10.1038/s41550-019-1007-5

Künstlerische Darstellung: Gabriel Pérez-Díaz (IAC)



**Der Stern HD 74423 ist ein enges Doppelsystem, bei dem sich beide Partner stets die gleiche Seite zuwenden. Auf der aufgewölbten Hemisphäre, die zum Roten Zwerg weist, kommt es zu geringfügigen, periodischen Helligkeitsänderungen.**

## Ein einseitig pulsierender Stern

Der rund 1500 Lichtjahre entfernte Stern HD 74423 pulsiert, aber nur auf einer Seite. Dies ist das überraschende Ergebnis einer Untersuchung von Simon Murphy von der australischen University of Sydney. Dafür analysierten Murphy und seine Kollegen Messdaten des NASA-Satelliten TESS. Dieser hält hauptsächlich Ausschau nach Exoplaneten, die von uns aus gesehen ihre Zentralgestirne passieren und diese dabei geringfügig verdunkeln. Bürgerwissenschaftler hatten auf diesen Stern aufmerksam gemacht, welche öffentlich zugängliche Daten des »Transiting Exoplanet Survey Satellite« (TESS) analysierten. Ihnen war das seltsame Verhalten aufgefallen.

Die Forscher um Murphy untersuchten HD 74423 nun genauer und stellten fest, dass es sich in Wirklichkeit um einen engen Doppelstern handelt. Der Hauptstern hat 1,7 Sonnenmassen und wird in nur zwei Tagen von einem massearmen Roten Zwerg umrundet. Dessen Schwerkraft zerrt an seinem größeren Partner, so dass dieser eine tropfenförmige Gestalt annimmt (siehe Grafik oben). Dabei wenden sich beide Sterne stets die gleiche Seite zu. Und nur in dem Bereich, der zum Roten Zwerg weist, kommt es zu Pulsationen, die TESS als schwache periodische Helligkeitsschwankungen registrieren konnte. Normalerweise erfassen diese Schwingungen den gesamten Stern – auch unsere Sonne zeigt solche geringfügigen Pulsationen.

Während der Rote Zwerg in zwei Tagen den größeren Stern umrundet, zeigen unterschiedliche Bereiche von Letzterem zur Erde. Dabei erkannten die Forscher, dass die Helligkeitsvariationen nur sichtbar waren, wenn der Rote Zwerg zu uns gerichtet war. Wies dagegen die andere Seite des Hauptsterns zur Erde, so waren sie nicht sichtbar. Durch die Verformung des Hauptsterns erscheinen sie also nur auf der dem Roten Zwerg zugewandten Seite.

Nature Astronomy, 2020; doi.org/10.1038/s41550-020-1035-1

## Erstes Instrument für JUICE-Mission geliefert

Das Southwest Research Institute SwRI hat einen Ultraviolett-Spektrographen für die geplante Jupitermission JUICE der Europäischen Weltraumagentur ESA geliefert. Die Sonde soll im Jahr 2022 starten und den Riesenplaneten und seine Monde acht Jahre später erreichen ([suw.link/205-N1](#)).

## »Solar Orbiter« gestartet

Am 10. Februar 2020 brachte eine US-amerikanische Atlas-Trägerrakete die Sonnensonde »Solar Orbiter« erfolgreich ins All. Die Sonde nahm ihre Instrumente erfolgreich in Betrieb und ist auf dem richtigen Kurs. Im Juliheft von »Sterne und Weltraum« planen wir derzeit einen ausführlichen Bericht zur Mission ([suw.link/205-N2](#)).

## Freeman Dyson 1923–2020

Im Alter von 96 Jahren verstarb am 28. Februar 2020 der US-amerikanische Physiker Freeman Dyson. Er wurde unter anderem für die Dyson-Sphäre bekannt, eine künstliche Hülle um einen Stern, die von einer Superzivilisation erbaut werden könnte ([suw.link/205-N3](#)).

## Zwergplanet 2007 OR<sub>10</sub> ist nun »Gonggong«

Das noch nicht offiziell zum Zwergplaneten ernannte Kuipergürtelobjekt mit der provisorischen Bezeichnung 2007 OR<sub>10</sub> wurde jetzt von der Internationalen Astronomischen Union nach einem chinesischen Wassergott auf den Namen »Gonggong« getauft ([suw.link/205-N4](#)).

## Neuer NASA-Marsrover heißt »Perseverance«

Der im Juli 2020 startende Marsrover hat im März den Namen »Perseverance« (Beharrlichkeit) erhalten. Vorgeschlagen hatte ihn der Siebtklässler Alexander Mather aus Virginia ([suw.link/205-N5](#)).

Weitere aktuelle Meldungen aus Astronomie und Weltraumforschung 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)

## »Plutos Herz« regt Winde an

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

Die »Tombaugh Regio«, die herzförmige Region aus Stickstoffeis auf dem Zwergplaneten Pluto, könnte dafür verantwortlich sein, wie die Windsysteme auf diesem Himmelskörper wehen. Dies ist das Ergebnis einer Untersuchung von Wissenschaftlern um den Planetenforscher Tanguy Bertrand vom Ames Research Center der NASA im kalifornischen Moffet Field.

Besonders der Bereich von »Sputnik Planitia«, ein etwa drei Kilometer tiefes, mit Stickstoffeis gefülltes Einschlagbecken innerhalb von »Tombaugh Regio«, verursacht die atmosphärische Zirkulation. Das Becken erstreckt sich über rund 1000 Kilometer in der Länge. Die äußerst dünne Pluto-Atmosphäre besteht zum größten Teil aus Stickstoff mit Beimengungen von Kohlenmonoxid und Methan. Sie erreicht nur einen Druck von wenigen Mikrobar auf der Oberfläche oder weniger als ein Hunderttausendstel des irdischen Luftdrucks. Dennoch konnten Astronomen mit der NASA-Raumsonde New Horizons bei ihrem Vorbeiflug im Juli 2015 ausgeprägte Winde in der dünnen Gashülle nachweisen.

Die Forscher stellten fest, dass während des Plutotags – der Zwergplanet

benötigt rund 6 Tage und 9 Stunden für eine Rotation – eine dünne Schicht des Stickstoffeises von »Sputnik Planitia« sublimiert, also direkt von der festen Form in die Gasphase übertritt. In der Nacht kondensiert der Stickstoff wieder und setzt sich auf dem Eis ab. Durch diesen zyklischen Vorgang entstehen wegen des Druckausgleichs ausgeprägte Winde, die gasförmigen Stickstoff ähnlich wie ein Herzschlag um den ganzen Zwergplaneten »pumpen«. Durch diese Strömung rotiert die gesamte Pluto-Atmosphäre entgegen der Rotationsrichtung des Himmelskörpers, was als »Retro-Rotation« bezeichnet wird.

Die Wissenschaftler stießen in den Messdaten von New Horizons und in ihren Simulationen der Plutogashülle auf Winde in vier Kilometer Höhe, die in westliche Richtung wehen, und zwar während des größten Teils des 248 Erdjahre langen Plutojahrs. Wenn der Stickstoff im nördlichen Bereich von »Tombaugh Regio« sublimiert und sich im Süden wieder als Eis absetzt, sorgen diese Gasbewegungen dafür, dass westliche Winde entstehen.

Journal of Geophysical Research, akzeptiert 2020



NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute

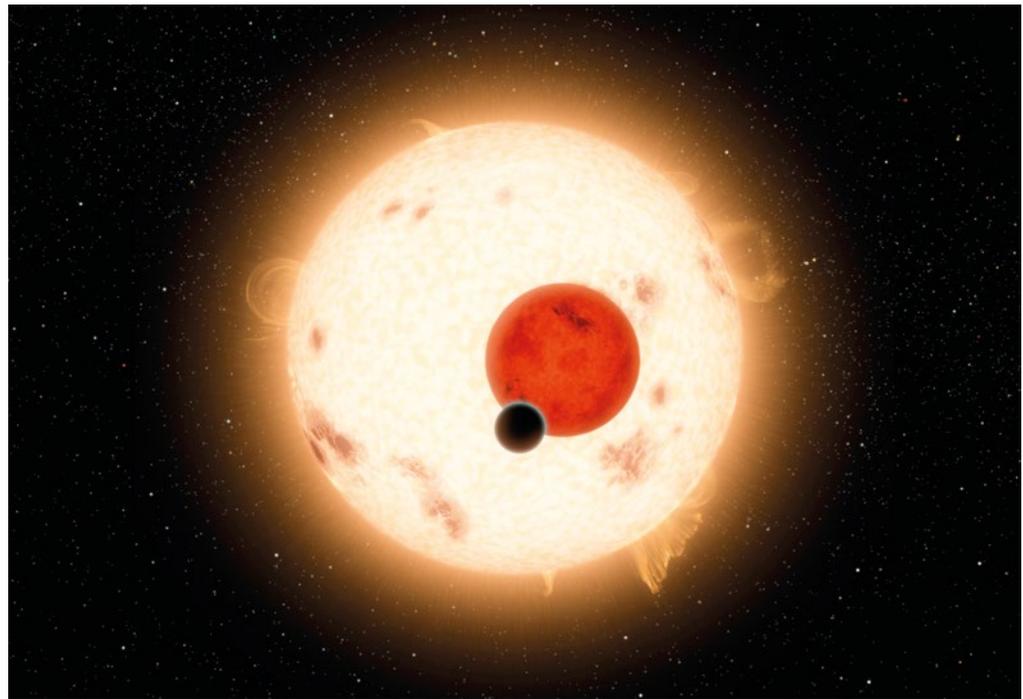
In der Region »Sputnik Planitia«, einem Einschlagbecken von 1000 Kilometern Länge auf Pluto, befindet sich eine bis zu drei Kilometer mächtige Schicht aus Stickstoffeis. Die Eismassen könnten für die Zirkulationsmuster in der dünnen Pluto-Atmosphäre verantwortlich sein.

## Sind K-Sterne am lebensfreundlichsten?

Sind die Sterne der Spektralklasse K vielleicht die am besten geeigneten Zentralgestirne für lebensfreundliche Planeten? Dieser Frage ging ein Team von Astronomen um Edward Guinan von der Villanova University in Pennsylvania unter anderem mit dem Weltraumteleskop Hubble nach.

K-Sterne sind masseärmer als unsere Sonne und damit kühler, so dass sie in einem orangefarbenen Licht leuchten. Sie weisen zwischen dem 0,5- bis 0,8-fachen einer Sonnenmasse auf und sind in unserem Milchstraßensystem etwa dreimal so häufig wie Sterne der Spektralklasse G, zu denen auch unsere Sonne gehört. Ihre Lebensdauern betragen zwischen 15 und 45 Milliarden Jahren; damit werden sie wesentlich älter als unser Tagesgestirn mit einer Lebenserwartung von rund zehn Milliarden Jahren.

K-Sterne bieten über sehr lange Zeiträume hinweg stabile Bedingungen im Hinblick auf ihre Leuchtkraft. Somit herrschen auf eventuellen Planeten im geeigneten Abstand zum Stern lange Zeit lebensfreundliche Bedingungen vor. Zwar sind die masseärmeren roten Zwerg-



Künstlerische Darstellung: NASA / JPL-Caltech

sterne der Spektralklasse M noch wesentlich langlebiger, jedoch haben diese die äußerst unangenehme Eigenschaft, dass sie zu heftigen Strahlungsausbrüchen wie Flares neigen. Diese übersteigen an Intensität alles bei Weitem, was unsere Sonne bei heftigen Ausbrüchen freisetzt (siehe S. 38).

K-Sterne sind dagegen sehr viel ruhiger und ihre Flares sind deutlich weniger intensiv als bei M-Zwergen. Zudem sind sie wesentlich weniger häufig, wie

die Untersuchungen von Hubble zusammen mit den Röntgensatelliten Chandra und XMM-Newton an etwa 20 K-Sternen in unserer näheren kosmischen Umgebung innerhalb von 100 Lichtjahren zeigen. Ihre Strahlungsausbrüche sind etwa mit denjenigen unserer Sonne vergleichbar, so dass ein bewohnbarer Planet mit einem Magnetfeld und einer Atmosphäre den Gewalten unbeschadet standhalten sollte.

NASA-STScI, 8. Januar 2020

**K-Sterne (im Hintergrund) sind deutlich größer und leuchtkräftiger als die wesentlich masseärmeren Roten Zwerge der Spektralklasse M (im Vordergrund). Zudem neigen sie zu erheblich geringeren Strahlungsausbrüchen als Rote Zwerge, so dass sie als Zentralgestirne für lebensfreundliche Welten gut geeignet sind.**

Anzeige

**AKTIONSWOCHEN BIS 30. APRIL +++ [www.apm-telescopes.de/skywatcher](http://www.apm-telescopes.de/skywatcher)**

mehr als 500  
Artikel zur Auswahl

Esprit 80 f/5 ED-Apo

1246€

1355€

Dieser 3-Element Apo-Refraktor ist wegen seiner hohen Qualität und lichtstarken Öffnungsverhältnisse (kurze Belichtungszeiten!) bei Astrofotografen sehr beliebt. In Kombination mit dem optionalen Flattener erhalten Sie ein perfekt korrigiertes Feld.

M48 Fieldflattener ..... 159€ **146€**

FlexTube GoTo-Dobson

1820€

1979€

Ultrakompakte Dimensionen für Transport und Aufbewahrung durch flexibles Zusammenschieben. Mit der bekannten SynScan gesteuerten GoTo-Computertechnik können Sie mehr als 42.900 eingespeicherte Objekte aufsuchen. Inkl. zwei Plössl-Okularen 25mm und 10mm und 9x50 Sucher.

8" F/6 mit Sucher ..... 1005€ **998€**

10" F/4,7 mit Sucher .... 1345€ **1237€**

12" F/4,9 mit Sucher .... 1949€ **1793€**

14" F/4,5 mit Sucher ... 2595€ **2387€**

AZ-EQ6GT SynScan

1820€

1979€

Azimutal als auch parallaktisch verwendbare GoTo-Montierung mit Stativ. Die Montierung trägt bis 25kg, ist aber gleichzeitig noch transportabel für den Feldeinsatz. Die Montierung besitzt die eingebauten, patentierten Doppelencoder, die das manuelle Verstellen während des Betriebs ermöglichen.

EQ8-R Pro SynScan

3471€

3795€

Schwere parallaktische Montierung der Sternwarten-Klasse mit einer Tragfähigkeit von bis zu 50kg. Die EQ8-R ist eine Weiterentwicklung der beliebten EQ8 mit sehr vielen Verbesserungen (lesen Sie dazu die Infos auf unserer Produktdetailseite).

mit Säulenstativ ..... 4744€ **4.364€**

E-Mail: [info@apm-telescopes.de](mailto:info@apm-telescopes.de)

Tel.: +49 (0)6897 924929-0 Fax: -9

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

## Eine stille Riesengalaxie im jungen Universum

Astronomen um Gillian Wilson von der University of California in Riverside in den USA haben eine massereiche Galaxie im jungen Universum aufgespürt, die bereits 300 Milliarden Sonnenmassen enthält, aber in der kaum noch Sternentstehung stattfindet. Wir sehen die Galaxie XMM-2599 so, wie sie vor zwölf Milliarden Jahren erschien. Damals war das Universum rund 1,8 Milliarden Jahre alt, hatte also nur etwa 13 Prozent seines heutigen Alters erreicht. Für ihre Untersuchungen setzten die Astronomen den Hochleistungsspektrographen MOSFIRE ein, der an einem der Zehn-Meter-Keck-Teleskope auf dem Mauna Kea in Hawaii angebracht ist – einem der leistungsfähigsten Teleskope der Welt.

Die Messungen deuten daraufhin, dass sich in XMM-2599 die Sterne in großer Zahl bereits eine Milliarde Jahre nach dem Urknall gebildet haben und seitdem kaum noch neue Sonnen entstehen. Am Höhepunkt ihrer Aktivität dürfte die Welteninsel bis zu 1000 Sterne pro Jahr hervorgebracht haben – das ist extrem viel. Zum Vergleich: In unserem Milchstraßensystem bilden sich zwei bis drei neue Sterne pro Jahr.

Das Schicksal von XMM-2599 ist ungewiss: Derzeit ist die Galaxie inaktiv; was mit ihr in den letzten zwölf Milliarden Jahren geschehen ist, werden wir wegen der endlichen Lichtgeschwindigkeit nie erfahren. Vielleicht zog die Welteninsel weitere, kleinere Galaxien an und verschmolz mit ihnen, wo-

durch es zu neuer Sternbildung kam. Oder XMM-2599 ist in der Gegenwart die massereichste Galaxie in einem Haufen. Dann wäre sie heute so wie die elliptische Riesengalaxie M 87 in der Jungfrau, die Königin des Virgohaufens.

The Astrophysical Journal 890, 2020

**Diese drei künstlerischen Darstellungen skizzieren, wie sich die junge Riesengalaxie XMM-2599 entwickelte: Kurz nach ihrer Geburt bilden sich aus großen Mengen von Gas und Staub unzählige Sterne (links). Heute sehen wir sie als elliptische Galaxie ohne Sternentstehung (Mitte). Jetzt gerade vor Ort könnte sie die hellste und massereichste Welteninsel eines Galaxienhaufens sein (rechts).**



Eine Milliarde Jahre nach dem Urknall: extrem aktive Sternentstehung



1,8 Milliarden Jahre nach dem Urknall: kaum noch Sternentstehung



Heutiger Zustand: massereichste Welteninsel ihres Galaxienhaufens?

Künstlerische Darstellung und Bilder: NRAO / AUI / NSF / B. Saxton; NASA / ESA / R. Foley; NASA/STScI

## »Sterne und Weltraum«-Gewinnspiel

Mit etwas Glück können Sie ein Exemplar des reich illustrierten, informativen und lesenswerten Sachbuchs »Reiseziel Sternenhimmel« aus dem Franckh-Kosmos-Verlag in Stuttgart gewinnen.

Senden Sie die Ziffern der Fragen und den jeweils zugehörigen Buchstaben der richtigen Lösung bis zum **8. Mai 2020** per E-Mail mit der Betreffzeile »Hubble« an: [gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de](mailto:gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de)

**Frage 1:** In welchem Jahr startete das Weltraumteleskop Hubble?

- a) 1985
- b) 1990
- c) 1995

**Frage 2:** Wie groß ist der Hauptspiegel von Hubble?

- a) 1,3 Meter
- b) 1,9 Meter
- c) 2,3 Meter

**Frage 3:** Welche Raumfähre brachte Hubble ins All?

- a) Endeavour
- b) Atlantis
- c) Discovery



Unter allen Lesern, die uns die richtige Lösung per E-Mail an [gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de](mailto:gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de) schicken, verlosen wir oben genannten Preis. Einsendeschluss ist der 8. Mai 2020. Bitte beachten Sie untenstehende Teilnahmebedingungen.

**Teilnahmebedingungen für die Preisausschreiben von »Sterne und Weltraum«:** Die im jeweiligen Preisausschreiben beschriebenen Gewinne werden unter allen Teilnehmern, die uns bis zum genannten Einsendeschluss mit Nennung ihrer Postadresse die richtige Lösung geschickt haben, verlost. Nicht teilnehmen dürfen Mitarbeiter des Verlages Spektrum der Wissenschaft und deren Angehörige. Die Namen der Gewinner (und bei »Zum Nachdenken« aller Teilnehmer mit der richtigen Lösung) werden in »Sterne und Weltraum« veröffentlicht. Die Teilnehmer erklären sich mit der Veröffentlichung von Name, Vorname sowie Wohnort zu diesem Zweck einverstanden. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

**Datenschutzhinweis:** Die personenbezogenen Daten der Teilnehmer werden ausschließlich für die Durchführung des Gewinnspiels, d. h. die Verlosung und die Kontaktaufnahme zum Teilnehmer zum Zwecke der Gewinnbenachrichtigung und Zusendung genutzt.

Eine mögliche Weitergabe der Daten an Dritte erfolgt nur im Rahmen der Gewinnspielabwicklung. Die erhobenen personenbezogenen Daten werden nach Abschluss des Gewinnspiels gelöscht.

Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter [service@spektrum.de](mailto:service@spektrum.de) kontaktieren.

**Veranstalter der Gewinnspiele von »Sterne und Weltraum«** ist: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Tiergartenstraße 15–17, 69121 Heidelberg.

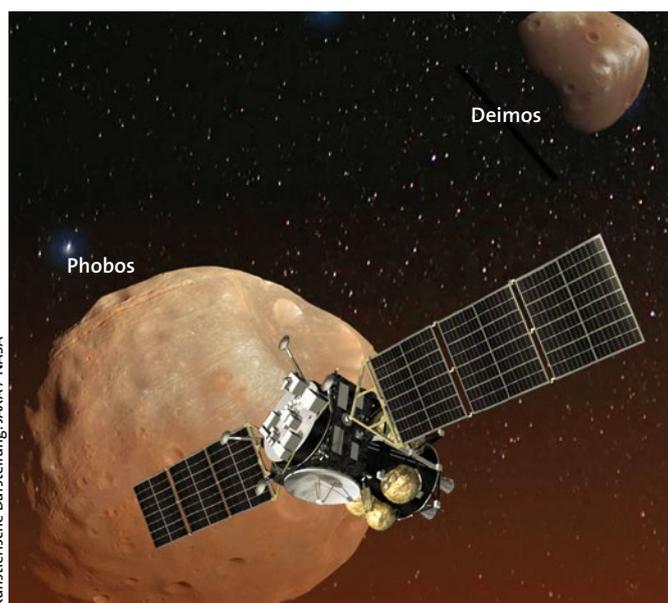
## Japan realisiert eine Raumsonde zu den Marsmonden

Im Februar 2020 beschloss die japanische Raumfahrtbehörde JAXA, die »Japanese Aerospace Exploration Agency«, die Verwirklichung des Projekts MMX, der Mission »Martian Moons Exploration«. Die Sonde soll die beiden Marsmonde Phobos und Deimos im Detail erforschen und eine Gesteinsprobe von Phobos zur Erde transportieren. Im Rahmen von MMX wird im September 2024 eine rund drei Tonnen schwere Raumsonde zum Mars aufbrechen, wo sie im August 2025 ankommen soll. Dort schwenkt sie zunächst in eine Umlaufbahn um den Roten Planeten ein und nähert sich den beiden Marsmonden immer wieder an. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Erkundung des inneren Monds Phobos. Nach mehreren komplexen Bahnmanövern mit den Bordtriebwerken erreicht MMX dann eine quasi-stationäre Bahn relativ zu Phobos und kann den Mond über drei Jahre hinweg aus allen Richtungen im Detail erfassen.

Schließlich wird im Jahr 2028 eine Landestelle ausgesucht, auf der die Sonde für rund zweieinhalb Stunden aufsetzen soll, um eine Bodenprobe von mindestens zehn Gramm zu entnehmen. Danach steigt MMX wieder in eine Bahn um Phobos auf und macht sich im August 2028 auf den Weg zurück zur Erde, bei der die Sonde im Juli 2029 ankommen soll.

MMX besteht aus drei Hauptelementen, einem Antriebsmodul mit 1,8 Tonnen Masse, einem 150 Kilogramm schweren Erkundungsmodul für die Phobosoberfläche und dem rund eine Tonne schweren Rückkehrmodul. Die Sonde ist mit insgesamt elf wissenschaftlichen Instrumenten zur Erkundung der Marsmonde ausgerüstet; darunter befinden sich Kameras und Spektrometer zur Bestimmung der Oberflächenzusammensetzung. Zudem steuert das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammen mit der nationalen französischen Raumfahrtagentur CNES einen kleinen, noch namenlosen Rover bei, der von MMX auf der Oberfläche von Phobos abgesetzt werden soll.

JAXA, 19. Februar 2020



Die japanische Mission MMX soll im Jahr 2024 aufbrechen und ein Jahr später den Roten Planeten erreichen. Ihr Ziel ist die Erforschung der beiden Marsmonde Phobos und Deimos.



Vor 50 Jahren

### Neubestimmungen der Solarkonstante

»Die Kenntnis der Solarkonstante  $S$  als Maß der Bestrahlungsstärke, die die ... Sonne in der Erdentfernung erzeugt, ist ... [für] zwei Zustandsgrößen der Sonne von größter Wichtigkeit. Aus  $S$  lassen sich sofort die Leuchtkraft  $L$  und die Effektivtemperatur  $T_e$  der Sonne ableiten. ... Messungen der Solarkonstanten werden zweckmäßig in großen Höhen oder noch besser extraterrestrisch durchgeführt. Im Jahre 1967 haben Labs und Neckel (Z. Astrophys. 65, 133, 1967) ... auf dem Jungfrauoch...  $S = 1365$  Watt pro Quadratmeter [ $W/m^2$ ] erhalten. Drummond et. al. (Nature 218, 259, 1968) haben ... an Bord des Raketenflugzeugs X-15 Messungen in 82 Kilometer Höhe durchgeführt. In guter Übereinstimmung mit Labs und Neckel erhielten sie  $S = 1361 W/m^2$ . ... Aus Messdaten der Marssonden Mariner 6 und 7 wurde kürzlich am Jet Propulsion Laboratory ...  $S = 1353 \pm 20 W/m^2$  abgeleitet. ... Der Mittelwert  $S = 1364 W/m^2$  aus den angegebenen Untersuchungen führt zu einer Leuchtkraft  $L = 3,834 \times 10^{26}$  Watt und zu einer effektiven Temperatur  $T_e = 5770$  Kelvin.«

(SuW, Mai 1970, S. 125)

Der in diesem SuW-Kurzbericht vorgestellte Mittelwert der Solarkonstanten ersetzte den von Francis Johnson am U.S. Naval Research Laboratory 1954 bestimmten, um drei Prozent höheren Wert. Dieser Unterschied zeigt allerdings nicht Helligkeitsschwankungen der Sonne an, sondern die Schwierigkeit, ihre absolute Helligkeit genau zu bestimmen. Inzwischen liegen seit 1978 kontinuierlich Messungen der Sonneneinstrahlung durch Satelliten von oberhalb der störenden Atmosphäre vor, mit verbesserter Eichung und Streulichtunterdrückung. Bei den erreichten Genauigkeiten von 0,1 Prozent zeigte sich, dass die Helligkeit der Sonne vom Minimum zum Maximum eines Sonnenfleckenzyklus um etwa 0,1 Prozent zunimmt. Zwar blockieren Sonnenflecken stets einen Teil der Strahlung, doch wird dies mehr als ausgeglichen durch die gleichzeitig verstärkt auftretenden hellen, heißen Strukturen (Fackeln, Netzwerk). Damit werden die Variationen im Ultravioletten besonders ausgeprägt, was sich auf Temperatur und Zusammensetzung der irdischen Stratosphäre auswirkt und dann auch das Klima der Troposphäre beeinflussen kann.

Die genauesten Messungen mit dem Instrument TIM auf dem NASA-Satelliten SORCE ergaben im Sonnenfleckenminimum im Jahr 2008 den Wert  $S = 1360,8 \pm 0,5 W/m^2$ . Mit der erhofften weiteren Steigerung der Genauigkeit auf  $\pm 0,01$  Prozent wären langfristige Änderungen der Sonneneinstrahlung früher und besser zu erkennen. Bei der unausweichlichen Entwicklung der Sonne zum tausendfach helleren Roten Riesen aber würde es kaum helfen. Dieser Helligkeitsanstieg – zunächst etwa acht Prozent pro Milliarde Jahre – wäre immer noch erst nach zwei Millionen Jahren nachzuweisen.

CHRISTOPH LEINERT