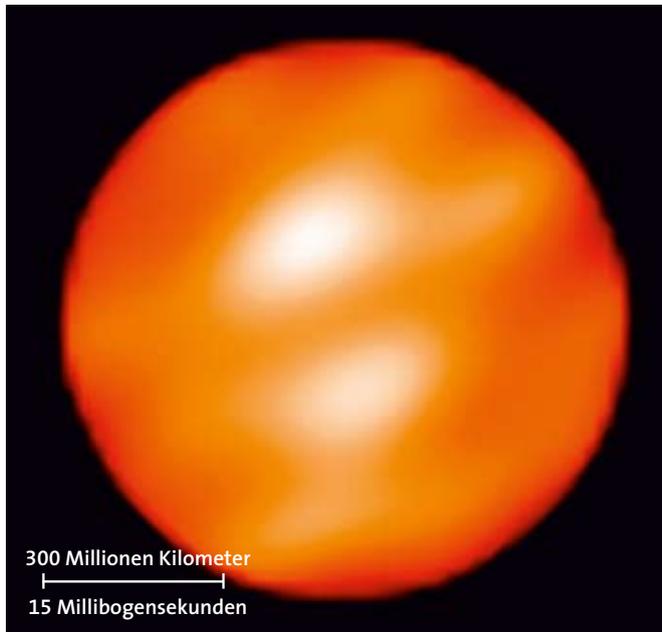


Der Stern Beteigeuze, ein Roter Riese im Sternbild Orion, wurde mit dem Interferometer IOTA auf dem Mt. Hopkins im US-Bundesstaat Arizona als Scheibe aufgelöst. Die hellen Flecken sind Aktivitätsgebiete, die rund 500 Grad heißer sind als die im Mittel 3300 Grad Celsius heiße Oberfläche.



Xavier Haubois (Observatoire de Paris) et al.

herum, wo die Fusionsreaktionen weiterhin ablaufen. Dieses Entwicklungsstadium wird als Wasserstoffschalenbrennen bezeichnet.

Im weiteren Verlauf der Sternalterung beginnt aber auch das Helium im Kern mit Fusionsreaktionen, das Heliumbrennen setzt ein. Diese Vorgänge wurden aus detaillierten Simulationsrechnungen über den inneren Aufbau von Riesensternen abgeleitet.

Ein Forscherteam um Timothy Bedding an der University of Sydney in Australien stellte nun ein neues Verfahren vor, wie sich diese beiden Lebensphasen Roter Riesen aufgrund von Beobachtungen unterscheiden lassen. Dafür verwendeten sie ausführliche Messdaten des Weltraumteleskops Kepler, das von

Das Innenleben der Roten Riesen

Die längste Zeit ihrer Existenz verbringen Sterne damit, in ihren Kernen Wasserstoff zu Helium zu verschmelzen. Dabei bleiben ihre Helligkeit und Größe bemerkenswert konstant, auch wenn im Inneren große Veränderungen vor sich gehen. Aber gegen Ende dieser Phase verschmelzen sie das Helium zu noch schwereren Elementen wie Kohlenstoff oder Sauerstoff. Dann werden sie zu Roten Riesen, wobei sie sich bis auf das Hundertfache ihres vorherigen

Durchmessers ausdehnen und in einem intensiven roten Licht mit dem Vieltausendfachen ihrer vorherigen Leuchtkraft leuchten. Ein typisches Beispiel ist der Rote Riese Beteigeuze, der östliche Schulterstern des Sternbilds Orion, der rund 600 Lichtjahre von uns entfernt ist (siehe das Bild oben).

Das bei der Fusion angefallene Helium sammelt sich in der Zentralregion des Roten Riesen an und zwingt den verbleibenden Wasserstoff in Schichten um sie

W I S wissenschaft in die schulen!

Zu diesem Beitrag stehen didaktische Materialien auf unserer Internetseite www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1115459 zur freien Verfügung. Sie bieten detaillierte Versuchsanleitungen für Experimente unterschiedlicher Komplexität zur Veranschaulichung von Sternschwingungen.

Drei Discovery-Missionen in der engeren Wahl

Das Discovery-Programm der US-Raumfahrtbehörde NASA wurde vor 15 Jahren ins Leben gerufen, um Planetenmissionen mittlerer Größe zu ermöglichen. Bekannte Projekte sind unter anderem die Raumsonde NEAR, die den Asteroiden Eros erforschte, Stardust mit der ersten Probenrückführung von Kometenstaub und Messenger, die seit Mitte März 2011 den Planeten Merkur aus einer Umlaufbahn erkundet. Allen Discovery-Raumsonden ist gemein, dass sie eine strenge Kostenobergrenze aufweisen. In diesem Fall dürfen die Kosten pro Mission 425 Millionen Dollar nicht überschreiten. In diesem Betrag sind jedoch die Kosten für den Start nicht enthalten, sie werden gesondert abgerechnet.

Im Herbst letzten Jahres rief die NASA die amerikanische Forschergemeinde

dazu auf, detaillierte Vorschläge für eine weitere Discovery-Mission einzureichen, die ab dem Jahr 2016 zu ihrem Ziel aufbrechen soll. 28 Vorschläge gingen daraufhin bei ihr ein, von denen nun drei für weitere detaillierte Projektstudien ausgewählt wurden. Diese mit je drei Millionen Dollar finanzierten Detailstudien sollen klären, ob die vorgeschlagene Mission technisch machbar ist und dennoch den Kostenrahmen einhält.

In die engere Wahl kommen nun die *Geophysical Monitoring Station* (GEMS), eine Marslandesonde, die vor allem das Innere des Roten Planeten durch Messungen des Wärmeflusses und der seismischen Aktivität erkunden soll. Der *Titan Mare Explorer* (TiME) soll zum Saturnmond Titan fliegen und dort in einem der großen Methanseen landen

und an der Oberfläche schwimmen. *Comet Hopper* ist der Name einer Kometenlandesonde, die mehrfach auf dem Kern eines Kometen aufsetzen und dabei dessen Veränderungen bei seinem Umlauf um die Sonne erkunden soll.

Wenn im nächsten Jahr die detaillierten Konzeptstudien vorliegen, wird die NASA eine Mission auswählen, die im Anschluss realisiert werden soll.

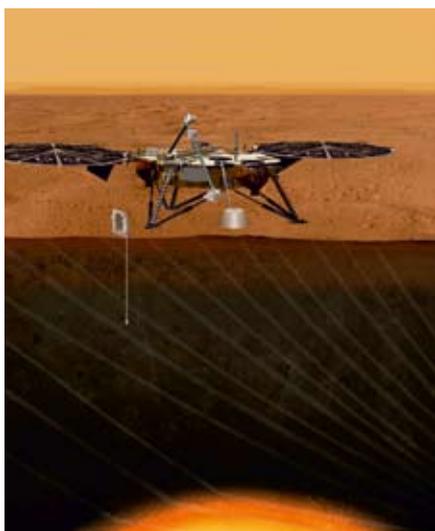
Zusätzlich zu den Projektstudien für Planetenmissionen wählte die NASA Vorschläge für die Entwicklung von Messinstrumenten und Technologien aus, die künftig zum Einsatz kommen können. Darunter befinden sich ein Massenspektrometer zur Analyse der chemischen Zusammensetzung von Kometenoberflächen oder ein Spezialteleskop zur Untersuchung erdnaheer Asteroiden. JPL, 5. Mai 2011

mehreren hundert Riesensternen periodische Veränderungen ihrer Helligkeit registriert hatte. Diese Variabilität enthält Informationen über die innere Struktur der Roten Riesen.

In der Hülle eines Roten Riesen gibt es starke Konvektionsströmungen, bei denen wärmere Gasmassen aufsteigen und kältere absinken. Sie sind turbulent und erzeugen Schallwellen, die das Innere des Sterns durchdringen und wieder die Oberfläche erreichen. Manche von ihnen haben dabei die richtige Frequenz, um stehende Wellen im Sterninneren zu erzeugen, die sich an der Oberfläche in periodischen Änderungen der Helligkeit äußern, die sich mittels Fotometrie messen lassen.

Die Schallwellen, die in der ausgedehnten Sternhülle entstehen, treten mit Wellen in Wechselwirkung, die sich nur im Inneren des Heliumkerns ausbreiten. Diese werden davon beeinflusst, ob dort das Helium bereits zu noch schwereren Elementen fusioniert. Durch diese Wechselwirkung entstehen »gemischte Oszillationsmoden«, die Informationen über das Geschehen im Kern bis an die Oberfläche tragen. Damit lassen sich Rote Riesen nur mit Wasserstoffschalenbrennen von solchen mit gleichzeitigem Schalenbrennen und Heliumbrennen voneinander unterscheiden.

Nature 471, S. 608–611, 2011



NASA/JPL

Die *Geophysical Monitoring Station (GEMS)* ist von der Marssonde Phoenix abgeleitet. Sie soll die seismische Aktivität des Mars registrieren und den Wärmefluss aus dem Planeteninneren ermitteln.



ESO

»Nur« über 39,3 Meter statt der bislang geplanten 42 Meter Durchmesser wird sich der Hauptspiegel des neuen Riesenteleskops E-ELT erstrecken, das Anfang der 2020er Jahre in Chile seinen Betrieb aufnehmen soll.

Das »European Extremely Large Telescope« schrumpft

Die Europäische Südsternwarte ESO gab am 15. Juni 2011 bekannt, dass der Durchmesser des Hauptspiegels des »European Extremely Large Telescope« (E-ELT) geringfügig von bisher 42 Meter auf 39,3 Meter Öffnung schrumpfen wird. Damit lässt sich die komplexe Konstruktion des bisher größten optischen Fernrohrs der Welt etwas vereinfachen, unter anderem wird die Struktur leichter und der Sekundärspiegel kann ebenfalls kleiner ausfallen. Dadurch sinkt die beugungsbegrenzte räumliche Auflösung des Instruments um rund neun Prozent. Zudem wird das Verhältnis von Öffnung zu Brennweite etwas erhöht.

Durch die Vereinfachung der Konstruktion sinken auch die Kosten. Statt der bislang kalkulierten 1,275 Milliarden Euro für das E-ELT fällt der Preis auf 1,05 Milliarden Euro – eine Reduktion um rund 18 Prozent. In diesem Betrag sind die Entwicklung von Instrumenten für das E-ELT und eine Finanzreserve für unerwartete technische Probleme enthalten.

Der Grund für diese Designänderung war die Abwägung zwischen wissenschaftlicher Leistungsfähigkeit und einer möglichst hohen Kosteneffizienz. Außerdem erhofft sich die ESO davon eine kürzere Entwicklungs- und Bauzeit. Nach Ansicht der ESO ist das E-ELT nun sicher und solide finanziert, so dass im Dezember 2011 das Projekt offiziell beschlossen werden kann. Im Januar 2012 ist Baubeginn, Anfang der 2020er Jahre soll das E-ELT dann seinen Betrieb aufnehmen. Das Riesenteleskop wird in Chile auf dem Berg Cerro Armazones in der Atacama-Wüste errichtet, in Sichtweite des Cerro Paranal, dem Standort des Very Large Telescope mit seinen vier Acht-Meter-Teleskopen.

ESO, 15. Juni 2011

Todesschrei eines Sterns?

Der NASA-Satellit Swift beobachtete am 28. März 2011 einen Lichtstrahl, der möglicherweise von einem Stern ausging, der von einem massereichen Schwarzen Loch im Zentrum einer weit entfernten Galaxie zerrissen wurde. Das Leuchten hielt rund zwei Wochen an, viel länger als das Nachleuchten von Gammastrahlenausbrüchen, die sich innerhalb von Minuten stark abschwächen.

»Johannes Kepler« verglüht

Europas zweiter unbemannter Raumfrachter des Typs »Automated Transfer Vehicle« koppelte am 20. Juni 2011 von der Internationalen Raumstation ab und verglühte einen Tag später planmäßig in der Erdatmosphäre über dem südlichen Pazifik (siehe auch S. 12). An Bord befanden sich Abfälle und ausgemusterte Ausrüstungsgegenstände.

Kometensonde Rosetta

»schläft«

Mittels eines Funkbefehls vom europäischen Weltraumkontrollzentrum ESOC in Darmstadt wurde am 8. Juni 2011 die Kometensonde Rosetta für zweieinhalb Jahre weitgehend abgeschaltet, um Energie zu sparen. Im Januar 2014 soll sie wieder »aufwachen« und im Mai 2014 beim Kometen Tschurjumow-Gerasimenko ankommen.

Zwei Exoplaneten bei einem veränderlichen Doppelstern

Der aus einem Roten und einem Weißen Zwerg bestehende Doppelstern UZ Fornacis im südlichen Sternbild Chemischer Ofen wird möglicherweise von zwei Riesenplaneten mit jeweils mehrfacher Jupitermasse umrundet. Die beiden Planeten umrunden den Doppelstern in 5,3 und 16 Jahren. Die beiden Sterne stehen so eng zusammen, dass sie intensiv miteinander wechselwirken.

Weitere aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auf

www.astronomie-heute.de

NGC 6744 – ein Zwilling unserer Milchstraße?

Rund 30 Millionen Lichtjahre von uns entfernt im südlichen Sternbild Pfau (Pavo) befindet sich die Spiralgalaxie NGC 6744. Sie erstreckt sich im sichtbaren Licht über eine maximale Breite von 20 Bogenminuten, etwa zwei Drittel der Größe des Vollmonds. Sie wurde kürzlich mit dem 2,2-Meter-Teleskop der MPG/ESO auf dem Berg La Silla in Chile mit dem Wide Field Imager aufgenommen.

Hinsichtlich ihres Aufbaus und ihres Aussehens ähnelt sie unserem Milchstraßensystem sehr. Die Galaxie besitzt deutliche Spiralarme, und in ihrem Zentrum befindet sich ein schwach ausgeprägter Balken. Er besteht überwiegend aus alten massearmen Sternen, die in einem gelblichen Licht leuchten. Auch zeigt sich eine Staubscheibe, in die rote Flecken eingebettet sind – Wolken aus Gas und Staub, in denen sich junge, massereiche Sterne befinden, die ein intensives ultraviolettes Licht aussenden. Diese energiereiche Strahlung regt das Gas in der Umgebung der Sterne zum Leuchten an. Im optischen Spektralbereich verrät es sich vor allem durch das für Wasserstoff charakteristische rötliche Licht bei der Wellenlänge der Spektrallinie H-alpha. Solche Gebiete, in denen derzeit neue Sterne entstehen, gibt es auch in unserem Milchstraßensystem.

Wie unsere Galaxis wird NGC 6744 von einer Zwerggalaxie, NGC 6744A, begleitet, die an eine der Magellanschen Wolken am Südsternhimmel erinnert. Sie zeigt sich als zigarrenförmiger Fleck in der rechten unteren Ecke des Bilds.

STEREO auf Abwegen

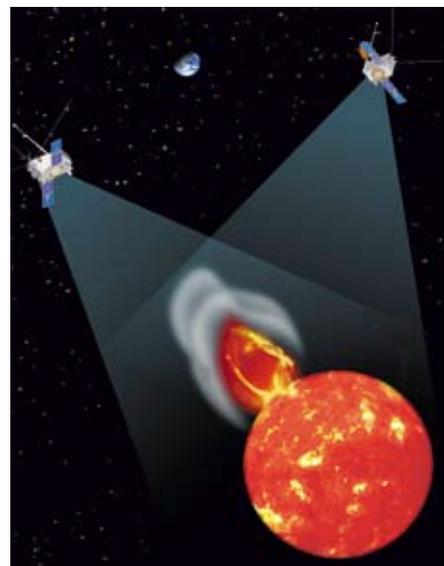
Die Hauptaufgabe der beiden STEREO-Sonden ist die dreidimensionale Erfassung der Sonne. Dafür sind beide Raumfahrzeuge mit mehreren wissenschaftlichen Instrumenten ausgerüstet. Derzeit befinden sich die beiden Sonden, die unser Tagesgestirn ungefähr auf der Erdbahn umrunden, auf gegenüberliegenden Seiten der Sonne und können somit ihre gesamte Oberfläche erfassen.

Die Sonden sind je mit einem *Heliospheric Imager* (HI) ausgestattet. Die identischen Instrumente blicken nicht nur zur Sonne, sondern erfassen auch das weitere Umfeld, um Ausschau zu halten nach koronalen Materieauswürfen, (englisch: *coronal mass ejections*, CME), die unsere Erde erreichen könnten. Solche CMEs lösen in der Erdmagnetosphäre Magnetstürme aus, stören die Stromversorgung am Erdboden und bringen Satelliten im Erdorbit in Gefahr.

Aber wenn der HI nicht nach koronalen Materieauswürfen Ausschau

hält, lässt sich das Instrument auch für andere astronomische Forschung nutzen. Unter anderem beobachteten die Forscher der NASA die Wechselwirkungen koronaler Materieauswürfe mit der Hochatmosphäre des Planeten Venus und den Abriss eines Kometenschweifs, als ein Komet von einem CME erfasst wurde.

Der Heliospheric Imager kann auch große Sternfelder über mehrere Wochen hinweg ständig im Blick halten und dabei alle 40 Minuten ein Bild liefern.



Die beiden STEREO-Sonden behalten unser Tagesgestirn ständig im Blick und erfassen es dabei dreidimensional. Sie halten Ausschau nach koronalen Materieauswürfen, die auf die Erde treffen können.

Bei aller Ähnlichkeit zu unserem Milchstraßensystem gibt es jedoch einen markanten Unterschied: die Größe. Die Scheibe des Milchstraßensystems erstreckt sich über rund 100 000 Lichtjahre, diejenige von NGC 6744 ist rund zwei Mal so groß. Damit ist sie eine der größten Spiralgalaxien in mittlerem Abstand zu uns. In einem Amateurteleskop lässt sie sich allerdings nur als diffuser Fleck mit hellem Zentralgebiet sichten. ESO, 1. Juni 2011

Hinsichtlich ihres Aufbaus ähnelt die 30 Millionen Lichtjahre entfernte Spiralgalaxie NGC 6744 im Sternbild Pfau sehr unserem Milchstraßensystem. Die Welteninsel hat jedoch rund den doppelten Durchmesser unserer Heimatgalaxis.



Die dabei gewonnenen Bilder lassen sich hervorragend für detaillierte Himmelsdurchmusterungen einsetzen. Dabei stießen die Astronomen unter anderem auf 263 bislang unbekannte bedeckungsveränderliche Sterne. Dies sind Doppelsterne, deren beide Komponenten in regelmäßigen Zeitabständen voreinander her wandern und sich gegenseitig bedecken, wodurch es zu periodischen Schwankungen ihrer Helligkeiten kommt.

Auch konnten die Forscher den schon bekannten variablen Stern V 471 Tau im Sternbild Stier für längere Zeit beobachten. Dieser enge Doppelstern besteht aus einem Roten Riesen und einem Weißen Zwerg, die miteinander wechselwirken. Vom Roten Riesen strömt ständig Materie auf den Weißen Zwerg über; dieser Zufluss ist aber nicht stetig, sondern variabel. Daher schwankt die Helligkeit des Systems ständig in nicht vorhersagbarer Weise. V 471 Tau ist ein Kandidat für eine baldige Supernova-Explosion des Typs Ia, denn in wenigen Millionen Jahren wird die Masse des Weißen Zwergs durch den Materiezustrom so weit angewachsen sein, dass die kritische Masse überschritten wird. Dann explodiert der gesamte Weiße Zwerg in einer mächtigen thermonuklearen Explosion, die für wenige Tage bis Wochen das Licht aller Sterne in unserem Milchstraßensystem überstrahlen wird.

Sogar einen bislang unbekanntem Exoplaneten konnten die Forscher mit dem HI nachweisen. Er umkreist den Stern HD 213597 und bedeckt ihn dabei regelmäßig, so dass es zu geringen periodischen Veränderungen der Helligkeit des Zentralgestirns kommt.

STEREO ist also nicht nur ein hervorragendes System zur Erforschung und Überwachung unseres Tagesgestirns, sondern liefert nebenher auch astronomische Forschungsergebnisse über ganz andersartige Himmelsobjekte.

http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1103/1103.0911v1.pdf

»Sterne und Weltraum«-Gewinnspiel

Mit etwas Glück können Sie je eines von drei Exemplaren des Spiels »3D Space Memo« gewinnen, freundlicherweise zur Verfügung gestellt von www.science-shop.de.

Senden Sie die Ziffern der Fragen und den jeweils zugehörigen Buchstaben der richtigen Lösung bis zum **15. August 2011** per E-Mail mit der Betreffzeile »ISS« an: gewinnspiel@astronomie-heute.de

Frage 1: Wann begann der Aufbau der Internationalen Raumstation ISS?

- a) 1973
- b) 1998
- c) 2003

Frage 2: Die Spannweite der ISS beträgt

- a) 77 Meter
- b) 93 Meter
- c) 109 Meter

Frage 3: Die Stammbesatzung der ISS besteht in der Regel aus

- a) 6 Astronauten
- b) 4 Astronauten
- c) 3 Astronauten



Teilnahmebedingungen: Alle »Sterne und Weltraum«-Leser, die bis zum 15. August 2011 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.