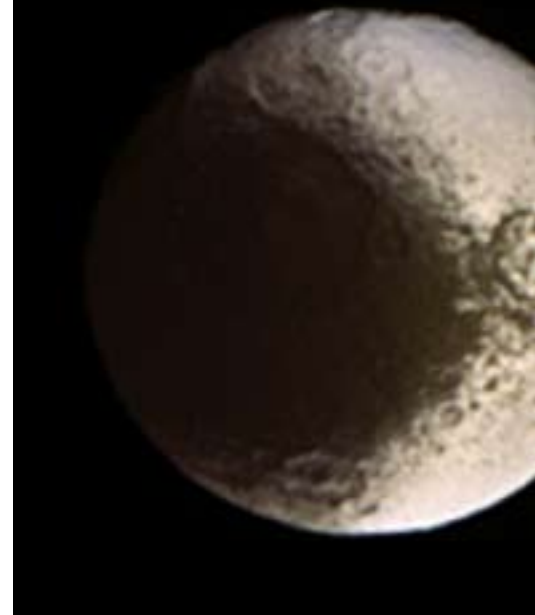


NASA/JPL/Space Science Institute



◀ Abb. 1: Der Saturnmond Iapetus weist einen wulstartigen Berggrücken auf, der sich rund 20 Kilometer über die Umgebung erhebt.

CASSINI besucht Iapetus

Am 10. September 2007 wird die Raumsonde CASSINI erstmals den seltsamen Saturnmond Iapetus aus der Nähe untersuchen. Planung und Optimierung dieses Vorbeiflugs erforderten umfangreiche Vorarbeiten.

Iapetus ist ein Mond der Extreme. Mit einem Durchmesser von ungefähr 1470 Kilometern ist er der drittgrößte Saturnmond nach Titan und Rhea. Er ist aber nicht wie diese kugelförmig, sondern eher ein Rotationsellipsoid mit einem Poldurchmesser von 1425 Kilometern und einem Äquatordurchmesser von 1495 Kilometern. Wirklich »ellipsoid« ist Iapetus aber genau betrachtet doch nicht, denn zu viele Krater und riesige Einschlagbecken haben seine Form verbeult. Mit mindestens acht Becken mit Durchmessern von mehr als 300 Kilometern ist er der Rekordhalter im Saturnsystem.

Auch ein äquatorialer Berggrücken, der seine Umgebung um bis zu zwanzig Kilometer überragt, prägt die Form des Mondes deutlich (Abb. 1). Diese auffällige Struktur, die erst an Weihnachten 2004 entdeckt wurde, ist die östliche Fortsetzung der gigantischen hellen Berge, die unsere Arbeitsgruppe an der FU Berlin vor acht Jahren auf Bildern der Raum-

sonde VOYAGER-2 identifiziert hatte. Da Iapetus den Saturn in gebundener Rotation umläuft, diesem also stets die gleiche Seite zuwendet, liegt der Berggrücken immer auf der Bugseite des Mondes, der in der Bahnbewegung vorangehenden Hemisphäre.

Ein schwarz-weißer Mond

Das Hauptmerkmal von Iapetus ist allerdings die globale Helligkeitsdichotomie, also der immense Hell-Dunkel-Unterschied zwischen der Bugseite und der Heckseite. Er fiel schon vor 335 Jahren dem Entdecker von Iapetus, Jean-Dominique Cassini (1625–1712), auf. Dieser hatte große Schwierigkeiten, Iapetus in östlicher Elongation aufzuspüren. Tatsächlich erscheint der Mond in westlicher Elongation rund fünfmal so hell wie in östlicher. Das dunkle Material auf der Oberfläche ist zehnmal dunkler als das helle Wassereis und befindet sich hauptsächlich auf der Bugseite der Bahnbewegung. Die Grenze zwischen hell und

dunkel teilt Iapetus allerdings nicht in exakt zwei Halbkugeln. Ihr Verlauf gibt dem Mond eher das Aussehen eines weißen Astronautenhelms mit dunklem Visier (Abb. 2). Wie er zu seiner derart seltsamen Gestalt kam, ist seit Jahrhunderten ein Rätsel.

Kein Wunder also, dass Iapetus zu den Zielen höchster Priorität der CASSINI-Mission zählt. Ungünstigerweise lässt er sich sehr schwer erreichen, weil er mit einem Abstand von 3,5 Millionen Kilometern (Umlaufzeit: 79,3 Tage) zum Saturn viel weiter als alle anderen »regulären« Monde entfernt ist. Zudem weicht die Bahnneigung von derjenigen des Titan deutlich ab. Dies erschwert die Situation erheblich, da CASSINI immer auf einer Bahn fliegen muss, welche die Sonde zu Titan zurückbringt. So kommt es also während einer Missionsdauer von sechs Jahren und 135 Saturnumrundungen nur zu einem einzigen nahen Vorbeiflug an Iapetus.

Im Jahr 2000 legten die Missionsplaner die Referenzflugbahn von CASSINI im Saturnsystem für die ersten vier Jahre fest und somit im Wesentlichen auch die Vorbeifugeometrie für Iapetus. Demnach nähert sich CASSINI Iapetus über dessen unbeleuchteter Bugseite, und die größte Annäherung erfolgt auf der saturnabgewandten Seite über dunklem Gebiet etwas südlich des Äquators. Anschließend verschwindet die Sonde wieder in die



NASA/JPL/Space Science Institute

▲ Abb. 2: Die saturnabgewandte Seite von Iapetus beobachtete die Raumsonde CASSINI im Jahr 2004 (rechts), die saturnzugewandte Seite in den Jahren 2006 und 2007 (links). Das große Einschlagbecken auf der Südhemisphäre (Pfeile) weist einen Durchmesser von rund 500 Kilometern auf.

▼ Abb. 3: Dieser Ausschnitt aus der Beobachtungsplanung für die Kamera zeigt die geplanten Bildfelder für den Zeitraum um die dichteste Annäherung sowie für das fünfzehnteilige globale Bildmosaik der Bugseite von Iapetus. Die blaue Linie markiert die Tag-Nacht-Grenze. Die gelbe Linie stellt den Horizont aus der Sicht von CASSINI während der größten Annäherung und während der Aufnahme des großen Bildmosaiks dar.

Weiten des Alls über der beleuchteten Hemisphäre, wobei hier vor allem die Heckseite sichtbar sein wird, also die Seite des Mondes, die der Bewegungsrichtung abgewandt ist.

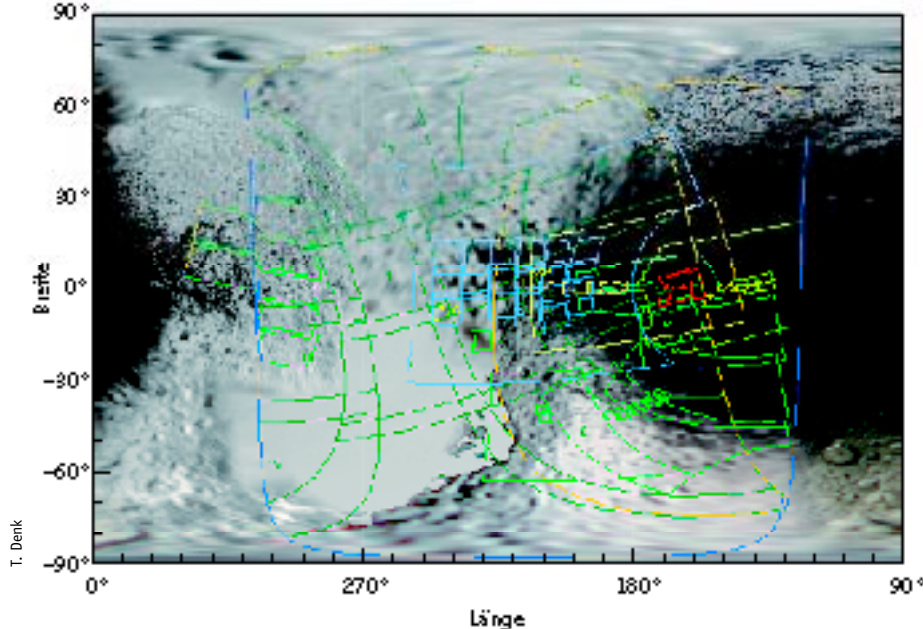
Wer kommt zum Zuge?

Schon bald nach Festlegung der Flugbahn begann ein »Tausziehen« unter den Wissenschaftlern, welche Instrumente die Ausrichtung der Sonde um die nächste Annäherung herum bestimmen dürfen. Die Instrumente zur Untersuchung von Magnetfeldern und geladenen Partikel gingen dabei zunächst leer aus. Die 45 Minuten vor der dichtesten Annäherung wurden anfangs dem Ultraviolettspektrometer UVIS zugeteilt. In dieser Zeitspanne sollte ein Stern beobachtet werden, während dieser von Iapetus bedeckt wird und wieder erscheint. Das – spektral zerlegte – Licht sollte Auskunft über eine mögliche dünne Atmosphäre geben. Danach wäre dann die Fernerkundung der Oberfläche dran gewesen.

Der Umstand, dass die UVIS-Sternbedeckung ausgerechnet die beste Zeit zur Beobachtung der Oberfläche bis fünf Minuten nach der dichtesten Annäherung belegen würde, warf die Frage auf, ob nicht eine leichte Bahnänderung eine andere geeignete Sternbedeckung herbeizaubern könne und somit die Kameras besser zum Zuge kämen. Das CASSINI-Imaging-Team unterstützte diesen Wunsch bei einem Treffen Anfang 2006 ausdrücklich, und im Sommer 2006 begann das CASSINI-Navigationsteam nach alternativen Bahnen zu suchen. So bekam ich eine Liste mit (sanften) Variationen in Überflughöhe, Überflugort und Vorbeiflugzeit zugeschildet. Und tatsächlich: Wie im Märchen enthielt sie eine Option, die eine Bedeckung von Sigma Sagittarii (Nunki) im Sternbild Schütze 75 Minuten vor der dichtesten Annäherung ermöglichte. Die Detailstudien konzentrierten sich dann auf diese Flugbahn, welche die Sonde zudem näher an den neu entdeckten Bergrücken heranführte. Somit gab es genügend Argumente, um von der Monde-Planungsgruppe über den Projektwissenschaftler bis hin zum Programm-Manager alle Entscheidungsträger davon zu überzeugen, dass mit dieser alternativen Flugbahn die wissenschaftliche Ausbeute des Vorbeiflugs deutlich erhöht würde.

Ein neuer Plan

Gewinner dieser neuen Strategie sind alle Instrumente: Die neue UVIS-Sternbedeckung ist besser als die anfangs geplante zur Entdeckung einer möglichen dünnen Atmosphäre geeignet. Zudem können die Fernerkundungsinstrumente jetzt 45 Minuten vor der dichtesten Annäherung mit den besten Beobachtungen beginnen. Dabei kann CASSINI den neu entdeckten Bergrücken in sehr hoher Auflö-



sung photographieren. Zudem kann die Ausrichtung der Sonde jetzt auch die Bedürfnisse der Partikel- und Felderinstrumente berücksichtigen. Mit dieser neuen Bahn nahmen wir die endgültige Detailplanung in Angriff.

Und so sieht der Beobachtungsplan im Überblick aus: Die ersten Beobachtungen der Iapetus-Sichel sind am 3. September 2007 aus einer Entfernung von 1.5 Millionen Kilometern vorgesehen. Am 10. September, fünfeinhalb Stunden vor der dichtesten Annäherung um 16:15 Uhr MESZ, beginnt der Endanflug. CASSINI ist jetzt nur noch 45000 Kilometer von Iapetus entfernt. Gegen 13:05 Uhr tastet die Sonde die Oberfläche von Iapetus mit Radar ab. Gegen 14:30 Uhr dürfen wieder die Fernerkundungsinstrumente ran. Von

14:55 Uhr bis 15:20 Uhr beobachtet UVIS die Bedeckung von Nunki durch Iapetus. Anschließend folgen die am höchsten aufgelösten Beobachtungen der Oberfläche, wobei den äquatorialen Gebieten mit dem Bergrücken, den hellen »VOYAGER-Bergen« und den komplexen Strukturen des Übergangsgebiets zwischen der hellen und der dunklen Region besondere Priorität eingeräumt wurde. Ab 22 Uhr werden die Beobachtungen unterbrochen, um einen kleineren Teil der Daten zur Erde zu funken.

Am 11. September nimmt CASSINI dann aus einer Entfernung von mehr als 70000 Kilometern ein globales Mosaik der Bugseite auf, das aus fünfzehn Bildfeldern bestehen und Details von 500 Meter Größe zeigen soll (Abb. 3). Wei-

tere Einzelheiten zur Planung und den Beobachtungen finden sich auf unseren Webseiten der Freien Universität Berlin (Planetologie und Fernerkundung) unter: www.geoinf.fu-berlin.de/projekte/cassini/cassini_fu_iapetus_flyby.php.

Seit Ende Juli ist die Planungsphase vorbei. Jetzt können wir nur noch hoffen und zuversichtlich sein, keinen größeren Fehler gemacht zu haben. Am 11. September werden dann innerhalb weniger Stunden 400 bis 500 neue Iapetus-Bilder in unseren Computern erscheinen – Bilder einer archaischen Landschaft eines exotischen Himmelskörpers, die noch nie zuvor irgendjemand in dieser Genauigkeit gesehen hat, und die zu verstehen uns Monate und Jahre beschäftigen wird.

TILMANN DENK

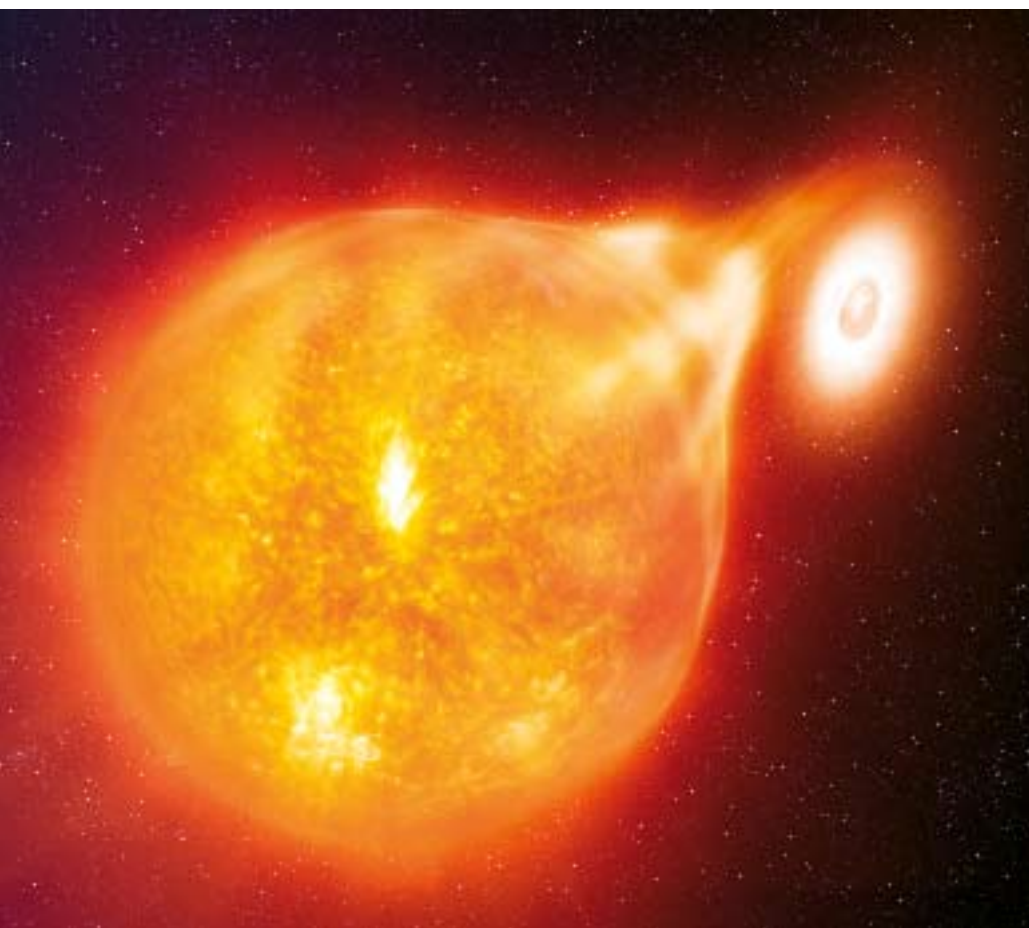
Supernovae Ia bestätigt

Roter Riese als Begleiter nachgewiesen

Supernovae vom Typ Ia sind explodierende Weiße Zwerge in einem Doppelsternsystem, die von ihrem Begleiter, einem Roten Riesen, Materie abgezogen haben – so bisher die Vermutung. Einen Beleg für diesen Mechanismus liefern nun spektroskopische Untersuchungen an einer Sternexplosion dieses Typs.

Supernovae vom Typ Ia spielen in der aktuellen Kosmologie eine Schlüsselrolle. Denn weil ihre Lichtkurven einem scharf definierten Verlauf folgen, sind sie als Standardkerzen zur Vermessung der kosmischen Geometrie und Dynamik optimal geeignet (vergleiche den Beitrag ab S. 36 in diesem Heft). Aber wissen wir wirklich, wie sie funktionieren?

Die Einteilung der Supernovae in die Typen Ia, b, c und II war ursprünglich spektroskopisch begründet. Die SN Ia zeigen *keine* Wasserstoff-Emissionslinien in ihren Spektren. Diese Eigenart und der Verlauf der gemessenen Lichtkurven lassen sich mit der Annahme deuten, dass die Explosion folgendermaßen zustande kommt: Gehört ein vorwiegend aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Helium bestehender Weißer Zwerg einem engen Doppelsternsystem an und entwickelt sich sein Begleiter zum Riesenstern, so kann es zum Überströmen von Materie auf den Neutronenstern kommen (Abb. 1). Das überströmende wasserstoffreiche Gas wird zunächst an der heißen Oberfläche des Weißen Zwergs vollständig zu Helium verbrannt. Wenn dann seine Masse



◀ Abb. 1: So stellen wir uns den Vorläufer einer Supernova vom Typ Ia vor: Der Weiße Zwerg (rechts) saugt Material vom Roten Riesen auf, der in alle Richtungen einen Sternwind von sich gibt. Nur ein Teil dieses Materials wird vom Weißen Zwerg aufgesammelt, der Rest verlässt das System und geht mit der Zeit ins interstellare Medium über. Der Rote Riese ist etwa hundertmal so groß, der Weiße Zwerg etwa ein hundertstel so groß wie die Sonne.