

Auf Tuchfühlung mit Titan

Besuchen Sie den rätselhaften Eismond!

VON TILMANN ALTHAUS

Willkommen an Bord! Steigen Sie ein und genießen Sie eine Raumfahrtpremiere: die Landung der europäischen Raumsonde HUYGENS auf der geheimnisvollen Oberfläche des größten Saturnmonds Titan. Die beigelegte CD-ROM der Europäischen Weltraumbehörde ESA nimmt Sie mit auf die Reise.

Wir befinden uns im Saturnsystem, in der Nähe des Monats Titan. Es ist der 14. Januar 2005: Gemächlich umläuft der planeten-große Himmelskörper seinen Mutterplaneten, wie schon seit mehr als viereinhalb Milliarden Jahren. Eine Dunstschicht in der dichten Gashülle verwehrt im sichtbaren Licht jeglichen Blick auf die feste Oberfläche, der Mond schwebt wie eine strukturlose orangegelbe Kugel im All (Abb. 1). Plötzlich leuchtet grell eine violette Spur in der Atmosphäre auf und bewegt sich rasend schnell über die Kugel. Findet gerade ein Meteorit sein feuriges Ende?

Nein, weit gefehlt: Eine hochkomplexe Technik erlebt hier ihre Premiere. Die in Europa gebaute Raumsonde HUYGENS ist mit der rasanten Geschwindigkeit von fünf Kilometern pro Sekunde in die Atmosphäre des Saturnmonds eingetreten (Abb. 2). Sie wird nun innerhalb kurzer Zeit rabiab abgebremst. Ein Hitzeschild schützt die Sonde vor den feurigen 1100 Grad Celsius der Reibungswärme. Fünf Minuten später: Ein dumpfes Pochen, eine kleine Sprengladung wirft einen Fallschirm aus, der den oberen Hitzeschild wegrißt. Ein großer Fallschirm wird herausgezogen und bremst die Sonde weiter ab. Ein weiterer dumpfer Knall, und der immer noch glühende vordere Hitzeschild fliegt weg.

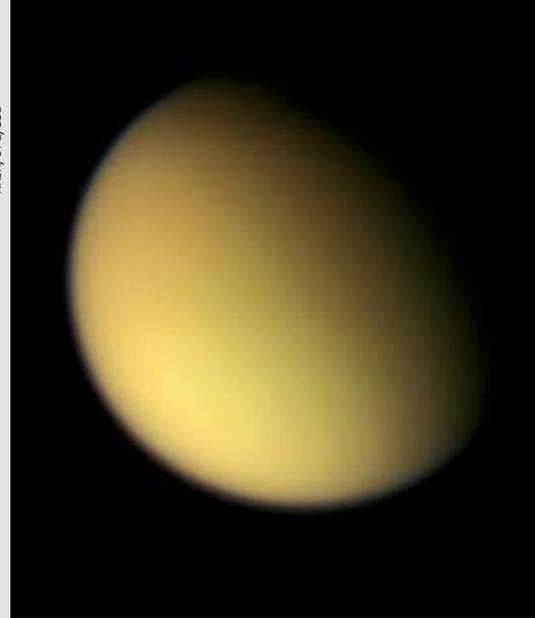
Nun liegen alle Instrumente frei, und HUYGENS beginnt mit der Arbeit. Drei kleine Kameraaugen erkunden die Umgebung, eine ganze Batterie von Analyseggeräten untersucht die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre. Ein

weiterer Knall, der große Fallschirm flattert davon, und ein kleinerer Schirm erscheint. An diesem hängend schwebt die Sonde innerhalb von zwei Stunden gemächlich durch die dichte Gashülle zur festen Oberfläche und nimmt dabei ständig Bilder und Messdaten auf. Jedoch ist noch nicht viel zu sehen, dichte Dunstschichten vernebeln nach wie vor den Blick, und man scheint durch eine orangefarbene Waschküche zu fliegen.

Erst unterhalb einer Höhe von sechzig Kilometern zeichnet sich schemenhaft die feste Oberfläche des Titan ab. Zunächst sind nur dunkle und helle Flächen zu erkennen, endlich wird ab zwanzig Kilometern über Grund die Sicht richtig klar. HUYGENS überfliegt an seinem Fallschirm baumelnd eine abwechslungsreiche Landschaft aus hellen und dunklen Regionen. Unvermittelt sind in einem größeren hellen Gebiet schmale Täler zu sehen, die sich über mehrere Kilometer erstrecken und nur wenige hundert Meter breit sind. Offenbar wurden sie durch eine schnell fließende Flüssigkeit ausgespült, ähnlich wie die Flussbetten auf der Erde. Windströmungen treiben HUYGENS von dieser Region weg und auf ein dunkles Gebiet zu, dessen Oberfläche rasch näher kommt (Abb. 4).

Schließlich setzt HUYGENS auf der Oberfläche des Titan auf und sendet weiter. Es herrscht ein Gasdruck von 1500 Millibar, und mit minus 179 Grad Celsius ist es eisig kalt. Die Luft besteht zu mehr als neunzig Prozent aus Stickstoff, beigemischt sind einige wenige Prozent Methan und weitere Kohlenwasserstoffe wie Äthan.

NASA/JPL/SSI



▲ Abb. 1: So würde sich der Saturnmond Titan dem menschlichen Auge aus der Nähe darbieten: Eine orangegelbe Schicht aus feinsten Schwebeteilchen verwehrt jeden Blick auf die Oberfläche. Die dichten Dunstschichten lassen den Mond auf dieser Aufnahme der Raumsonde CASSINI unscharf erscheinen.

▼ Abb. 2: Der Eintritt von HUYGENS in die dichte Gashülle des Titan steht unmittelbar bevor. Nur wenige Minuten später wird der vordere Hitzeschild wegen der Reibungswärme rot glühen.



ESA/D. Ducros

Auf den Bildern zeigt sich eine flache, von rundlichen Gesteinsbrocken übersäte Ebene. Die Aufnahmen erinnern stark an die ersten Photos der Marsoberfläche, welche die Raumsonde VIKING 1 im Jahre 1976 zur Erde funkte. Tatsächlich dachte der Chefwissenschaftler des Kameraexperiments von HUYGENS, Marty Tomasko von der University of Arizona, beim Anblick der ersten übermittelten Bilder an einen Scherz seines Teams, das ihm wohl den Mars unterjubeln wollte, wie er auf der ersten Pressekonferenz am Tag der Landung vor der versammelten Presse verkündete. Die Landschaft erscheint orangefarben, die Helligkeit entspricht derjenigen eines bedeckten regnerischen Tages auf der Erde.

Hofften die Wissenschaftler der ESA vor der Landung auf einige wenige Sekunden oder Minuten Funkkontakt von der Oberfläche und vielleicht ein oder zwei Bilder des Landeplatzes, so entwickelt sich HUYGENS nun zur Marathonsonde. Erst als nach etwas mehr als einer Stunde die als Datenrelais genutzte Raumsonde CASSINI hinter dem Horizont des Landeplatzes von HUYGENS verschwindet, reißt der Kontakt ab. Aber auf der 1.4 Milliarden Kilometer entfernten Erde sind riesige Radioteleskope auf Titan gerichtet und empfangen noch für mindestens vier Stunden die schwachen Funksignale von HUYGENS. Erst dann sind die Batterien erschöpft, und die Sonde verstummt für immer.

Warum Titan?

Zurzeit sind sechzig Monde des Saturn bekannt. Warum betrieb man einen derartig hohen Aufwand, um ausgerechnet auf Titan zu landen?

Von allen Monden des Sonnensystems weist nur Titan eine dichte Atmosphäre mit einem ausgeprägten Wettergeschehen auf. Mit einem Durchmesser von 5150 Kilometern ist der Mond größer als der Planet Merkur (4880 Kilometer). Würde sich Titan nicht in einer Umlaufbahn um Saturn befinden, so müsste man ihn als eigenständigen Planeten auffassen. Kein Wunder also, dass er schon früh die Aufmerksamkeit der Astronomen auf sich zog.

In den 1940er Jahren wiesen spektroskopische Untersuchungen von Titan auf größere Mengen Methan hin, die sich in einer recht dichten Atmosphäre befinden mussten. Die Raumsonde PIONEER 11 bestätigte bei ihrem Vorbeiflug im September 1979, dass Titan von einer dichten, überwiegend aus Stickstoff bestehenden Gashülle umgeben ist, die einige Prozent Methan enthält. Der ermittelte Atmosphärendruck von 1.5 Bar lag sogar deutlich über dem Luftdruck auf der

Erde von rund einem Bar. Die Nachfolgesonden VOYAGER 1 und 2 bestimmten Anfang der 1980er Jahre Oberflächentemperaturen um minus 180 Grad Celsius. Bei diesen Bedingungen kann Methan sowohl flüssig als auch gasförmig auftreten, möglicherweise gibt es sogar regelrechte Methanmeere auf Titan. Aber auch die scharfen Kameras der VOYAGER-Sonden konnten sehr zur Enttäuschung der Wissenschaftler keinen Blick auf die eigentliche Titanoberfläche erhaschen, ihre wahre Natur blieb weiterhin ein großes Rätsel.

Anfang der 1990er Jahre stellte man fest, dass die Dunstschichten im nahen Infraroten lichtdurchlässig sind und einen weitgehend klaren Blick auf die Oberfläche erlauben. Erdgebundene Großteleskope mit adaptiver Optik lieferten erste grobe Karten der Mondoberfläche. Auf ihnen waren helle Regionen und große dunkle Gebiete zu erkennen. Die letzteren hielt man für mögliche Methanmeere. Allerdings lieferten Radarbeobachtungen von der Erde aus keine Hinweise auf größere Flüssigkeitsansammlungen. Die

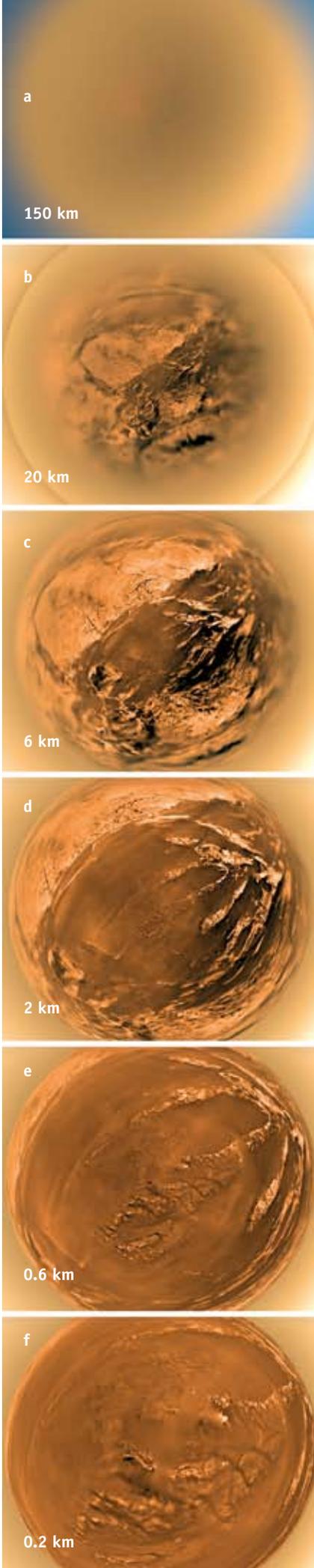
Neugier der Forscher wurde durch diese Daten nur weiter angefach.

Die Erforschung dieser rätselhaften Welt war einer der Hauptgründe für den Bau der Raumsonde CASSINI, das Projekt wurde in seinen Anfängen in den frühen 1980er Jahren ursprünglich als »Saturn Orbiter/Titan Probe« bezeichnet. Im Jahr 1986 bot die US-Raumfahrtbehörde NASA den Europäern die Mitarbeit bei CASSINI an, die daraufhin die Landesonde HUYGENS als Hauptbeitrag entwickelten und bauten (siehe SuW 10/1997, S. 838 ff.) – ein mutiger Schritt, denn in der europäischen Raumfahrt gab es bis dahin keinerlei Erfahrungen mit Planetensonden, geschweige denn mit einer Landung auf einem fernen Himmelskörper.

Seit Juli 2004 umkreist die Raumsonde CASSINI den Saturn auf sich ständig ändernden Umlaufbahnen und rich-

▼ Abb. 3: Die schmale Sichel des Saturn (rechts) verschwindet im Dunst der dichten Titanatmosphäre, das Bild ist keine Montage.





ESA/NASA/JPL/University of Arizona

◀ **Abb. 4:** Diese sechs Ansichten der Titanoberfläche wurden aus Bildern der Raumsonde HUYGENS zusammengesetzt, die sie während ihres Abstiegs zur Oberfläche aufnahm. Von Bild a bis f sinkt der Abstand zur Oberfläche. Die beiden ersten Aufnahmen sind noch durch den Dunst in der Titanatmosphäre verwaschen, erst unterhalb einer Höhe von etwa zwanzig Kilometern wird die Sicht völlig klar.

tet ihr besonderes Augenmerk auf den größten Saturnmond. Im nahen Infraroten erfassen die Kameras und das Infrarotspektrometer die Oberfläche. Zudem tastet CASSINI den Mond mit Radarstrahlen ab, um mehr über die Struktur seiner Oberfläche zu erfahren. Es zeigte sich, dass die von HUYGENS gesichteten Flusstäler auf Titan weit verbreitet sind. In der Nähe des Nordpols befinden sich tatsächlich größere Flächen, also Seen und kleinere Meere, aus flüssigem Methan.

Die Rotationsachse von Titan ist parallel zu derjenigen des Saturn ausgerichtet. Die Achse des Ringplaneten ist um etwa 27 Grad zu seiner Umlaufebene geneigt, sodass Saturn und Titan während ihres rund dreißig Erdjahre langen Umlaufs um die Sonne ausgeprägte Jahreszeiten erleben. Dabei liegen abwechselnd der Nord- und der Südpol von Titan für $7\frac{1}{2}$ Jahre in völliger Dunkelheit. In diesen Regionen ist es kalt genug für flüssiges Methan, und heftige Niederschläge füllen Seen und Meere. Dabei werden die Täler ausgespült, die der Titanoberfläche ihr erdähnliches Aussehen geben. Allerdings besteht das feste »Gestein« aus hart gefrorenem Wassereis.

Kommen Sie mit auf die Reise!

Schon kurz nach der Landung auf Titan wurden zahlreiche Bilder der Oberfläche veröffentlicht, und auch SuW berichtete mehrfach ausführlich über die Ergebnisse (siehe SuW 3/2005, S. 22 ff. und SuW 4/2005, S. 30 ff.). Doch die nun von der ESA herausgegebene CD-ROM macht die Reise von HUYGENS zu einem besonderen und noch nie da gewesenem Erlebnis: Sie können die Sonde auf ihrer Forschungsreise begleiten und mit ihr auf Titan landen!

Zu Anfang blicken Sie zur weit entfernten Sonne und stellen überrascht fest, dass am 14. Januar 2005 von Saturn aus gesehen Erde und Mond das Tagesgestirn als zwei kleine schwarze Punkte überquerten. Erddurchgänge lassen sich von Saturn aus pro Jahrtausend nur ein- bis zweimal beobachten. Aus der irdischen

Perspektive steht der Ringplanet in Opposition zur Sonne und bietet schon im kleinen Teleskop einen phantastischen Anblick.

Nun schwenkt der Blick von der Sonne weg und auf den Saturn zu, der sich aus der Perspektive von HUYGENS nahe des Sternbilds Orion befindet. Rasch wird ein kleiner orangefarbener Punkt in seiner Nähe immer größer, schwillt zu einer mächtigen Kugel an, verdeckt den Saturn und füllt bald das gesamte Bildfeld aus. Bis dahin sind diese Bilder eine detaillierte Computersimulation, die sich aber eng an die Fakten hält.

Mit dem Eintauchen von HUYGENS in die Gashölle und dem Abwurf der Hitzeschilde wurden auch die drei Kameraobjektive des Descent Imager Spectral Radiometer DISR aktiviert und nahmen bis zur Landung 375 Bilder auf. Diese Bilder verarbeitete die ESA mittels aufwendiger Verfahren zu zwei Filmen, von denen einer den Flug zur Titanoberfläche in Vorwärtsrichtung und ein zweiter aus einer rückwärtsgerichteten Perspektive darstellt.

Die Farben geben annähernd den Eindruck mit dem bloßen Auge wieder, sie wurden aus den Messungen von DISR ermittelt. Kurz vor dem Aufsetzen blenden die Filme aus, und ein Farbbild des Landeplatzes erscheint. Zum Glück fiel der Fallschirm von HUYGENS auf der der Kamera abgewandten Seite der Sonde zu Boden, im Film durch eine Animation des Schattens kurz gezeigt. Es wäre doch zu ärgerlich gewesen, wenn der Fallschirm nach der erfolgreichen Landung die Kameraobjektive verdeckt hätte!

Zusätzlich zu den beiden Filmen mit deutschsprachigem Kommentar und in wahlweise fünf weiteren Sprachen befindet sich auf der CD-ROM eine Animation, welche die Aufnahmesequenz aller Bilder und Spektren von HUYGENS in chronologischer Reihenfolge darstellt. Hieran lässt sich erahnen, wie aufwendig die Produktion der beiden Hauptfilme war.

Für Sie ist der Aufwand dagegen gering: einfach die CD-ROM einlegen und genießen. Sie läuft sowohl auf dem Windows-PC als auch auf dem Apple Macintosh. Steigen Sie ein und fliegen Sie zum Titan! □



Tilmann Althaus ist seit 2002 Redakteur bei Sterne und Weltraum und betreut vor allem Themen zur Planetenforschung und Raumfahrt.

Betreten Sie eine neue Welt.

Am 14. Januar 2005 landete die ESA-Sonde Huygens auf dem geheimnisvollen Saturnmond Titan. Erleben Sie exklusiv das Eintauchen in eine Welt, die der Erde gleicht und doch ganz anders ist.

CD Huygens Probe - Landing on an Earth-like world