

Eiskalte Landung auf dem Titan

Von Men J. Schmidt*

Die Cassini-Huygens-Mission ist eines der ehrgeizigsten Projekte, die jemals im Rahmen der Planetenerforschung unternommen wurden. Gestartet am 15. Oktober 1997, war die amerikanisch-europäische Planetensonde Cassini-Huygens fast sieben Jahre im Weltraum unterwegs zum Saturn, dem zweitgrössten Planeten unseres Sonnensystems. Die Sonde erreichte Mitte 2004 den riesigen Gasplaneten. Zurückgelegte Flugstrecke: rund 3,5 Milliarden Kilometer.

Bislang sind drei amerikanische Raumsonden am Saturn vorbeigeflogen: Pioneer 11 (maximale Annäherung 20 800 km), Voyager 1 (maximale Annäherung 38 000 km) und Voyager 2 (maximale Annäherung 124 000 km). Cassini-Huygens wird vier Jahre lang das Saturnsystem erforschen.

Die Mission besteht aus zwei Teilen: der Raumsonde Cassini und der europäischen Landesonde Huygens. Die Raumsonde wird den Saturn in den nächsten vier Jahren 76 Mal umkreisen. Dabei wird sie den Planeten, sein Ringsystem, seine Magnetosphäre und sieben seiner 32 bekannten Monde viel genauer erforschen, als dies mit allen bisherigen Raumsonden und Teleskopbeobachtungen möglich war. Die Landesonde Huygens wurde am 25. Dezember 2004 von der Hauptsonde Cassini abgetrennt und hat am 14. Januar 2005 in einer dreistündigen Mission die Atmosphäre und Oberfläche des grössten Saturnmondes Titan erfolgreich untersucht.

Das Cassini-Huygens-Projekt ist eines der ehrgeizigsten Projekte der unbemannten Raumfahrt. Die Sonde ist mit einem breiten Spektrum an Kameras und Instrumenten ausgestattet, die es der Sonde ermöglichen, akkurate Messungen und detaillierte Aufnahmen von der Atmosphäre des Saturns zu machen. Das Cassini-Huygens-Projekt besteht aus dem Cassini-Orbiter, der von der NASA gefertigt wird, und dem Huygens-Lander, der von der europäischen Weltraumorganisation ESA entwickelt wurde.

Benannt sind der Orbiter und der Lander nach zwei berühmten Astronomen, die sich

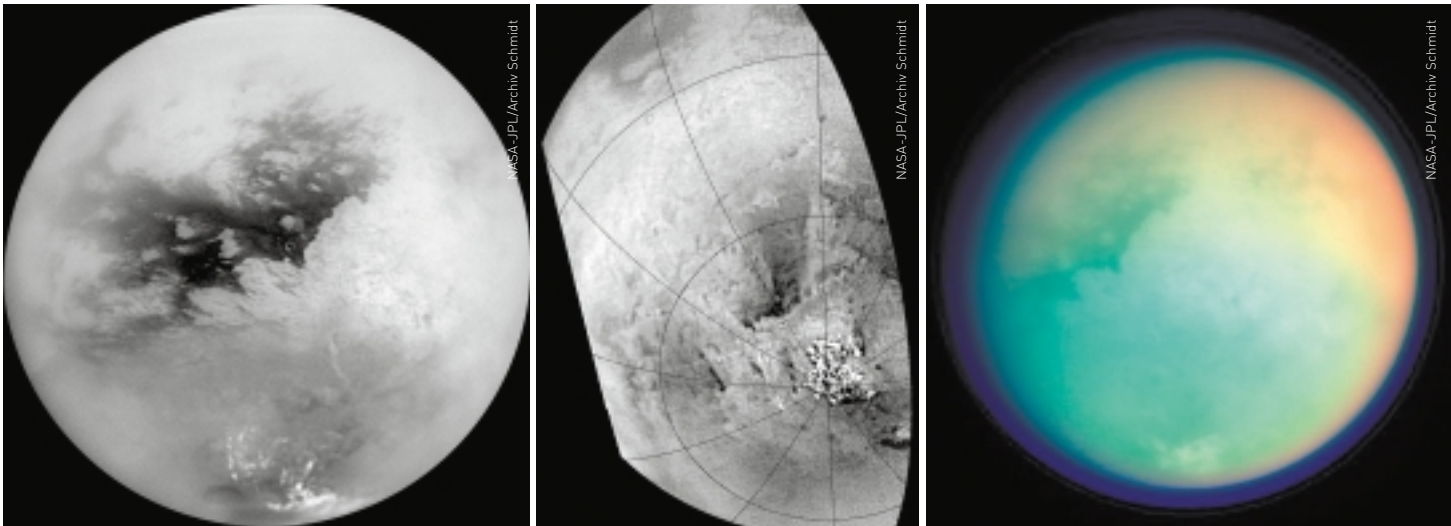


Trennung der Huygens-Landekapsel vom amerikanischen Orbiter Cassini am 25. Dezember 2004. (Bild 1)

intensiv mit dem Saturn und seinen zahlreichen Monden beschäftigt haben. Der Orbiter ist nach dem italienisch-französischen Astronomen Jean-Dominique Cassini (Geburtsname Giovanni Cassini) benannt, der die Saturnmonde Japetus, Dione, Rhea und Tethys im Zeitraum von 1671 bis 1684 entdeckte

und die Eigenschaften des Ringsystems näher untersuchte. Daher trägt auch die grösste Ringspalte den Namen Cassini. Der Lander ist nach dem holländischen Astronomen Christiaan Huygens benannt, der den grössten Saturnmond, Titan, im Jahr 1655 entdeckte.

(l.) Im infraroten Bereich können die Sensoren der Cassini-Kamera bis auf die Oberfläche des Titan-Mondes dringen und Oberflächendetails erkennen. Die helle Region rechts von der Bildmitte heisst Xanadu. Am linken Rand der grossen dunklen Fläche landete die Huygens-Sonde. (Bild 2)
 (m.) Im infraroten Bereich konnten beim Vorbeiflug der Cassini-Sonde am Mond Titan über dem Südpol helle Methanwolken erkannt werden. (Bild 3)
 (r.) Farbkomposit des Titan-Mondes, aufgenommen am 16. April 2005 mit dem ISS-Kamerasystem an Bord der US-Raumsonde Cassini. Die Daten für das Bild stammen aus drei Wellenbereichen: aus dem infraroten Bereich (938 und 889 nm) und aus dem sichtbaren Bereich (420 nm). Es zeigt im sichtbaren violetten Licht die Dunstschichten der Hochatmosphäre (blauer Saum), im infraroten Licht (rot) erkennt man das atmosphärische Methan sowie (grün) die Strukturen auf der Mondoberfläche (Bild 4).



Titan – Mond mit Atmosphäre

Der Titan ist der grösste der 32 bisher bekannten Saturnmonde. Mit seinem Durchmesser von 5,150 km ist der Titan der zweitgrösste Mond unseres gesamten Sonnensystems – nur der Jupitermond Ganymed übertrifft ihn mit seinem Durchmesser von 5,262 km.

Der Titan besitzt als einziger Mond in unserem gesamten Sonnensystem eine Atmosphäre. Das macht ihn für die Wissenschaftler zu einem besonders interessanten und faszinierenden Forschungsobjekt. Der Mond ist von einer Aerosolschicht (eine Schicht kleinster Schwebeteilchen aus Kohlenwasserstoffen), die in etwa 200 bis 300 m Höhe liegt, umgeben. Dazu weisst seine Stickstoffatmosphäre einen hohen Methananteil auf. All diese Faktoren machen die Titan-Atmosphäre die Einsicht mit Teleskopen und Kameras undurchdringlich. Neben dem weit entfernten Pluto ist der Titan der letzte grosse Körper im Sonnensystem, von dessen Oberfläche bis zur Huygens-Landung fast nichts bekannt war. Dabei handelt es sich immerhin um eine Fläche von der Grösse Afrikas, Asiens und Europas zusammen.

Der Saturnmond ist für die Forscher wie eine Zeitreise zurück in die Vergangenheit unseres Planeten, die ihnen einen Blick auf die «Ur-Erde» ermöglichen könnte. Der Ti-

tan und unsere Erde sind die einzigen Körper in unserem Sonnensystem, die von Stickstoff dominierte Atmosphären aufweisen, wobei der Stickstoffanteil in der Titan-Atmosphäre zehnmal höher ist als der in der Erdatmosphäre. Die Wissenschaftler vermuten, dass die Titan-Atmosphäre der frühen Erdatmosphäre ähnelt. Mit der Erforschung des Titans hoffen sie Hinweise darauf zu finden, wie sich die «primitive» Erde zu einem Planeten entwickeln konnte, auf dem Leben entstanden ist.

Erster Blick auf eine rätselhafte Welt

Die erste Sichtung der Daten vom nahen Vorbeiflug der Raumsonde Cassini am Saturnmond Titan am 26. Oktober 2004 zeigte den Wissenschaftlern, dass einfache, schnelle Erklärungen beim Titan versagen. Es gibt keinen vergleichbaren Körper im Sonnensystem. Trotzdem können ein paar erste Aussagen wenige Stunden nach Empfang der Bilder und Daten gemacht werden.

Es gibt unter der Dunstschicht Wolken, jedoch viel weniger als man sich erhofft hatte. Nur in der Südpolnähe gibt es ein knapp 1000 km² grosses bewölktes Gebiet. Dies ist offenbar seit den allerersten Aufnahmen vom Juli deutlich gewachsen. Sonst sind nur ganz

vereinzelt Wolken auszumachen. Aus was die Wolken bestehen, ist unklar. Jedenfalls muss die Tröpfchen- oder Partikelgrösse die Grösse der Dunstteilchen (Grössenordnung Mikrometer) deutlich übertreffen.

Auf der Oberfläche sind dunkle und helle Gebiete auszumachen, die teilweise durch scharfe Grenzen geteilt sind. Einschlagkrater sind kaum zu erkennen. Ebenso fehlen deutliche Schatten. Dies bedeutet, dass die Titan-Oberfläche an keiner der beobachteten Stellen eine hügelige Topografie aufweist. Die Oberfläche ist geologisch gesehen jung. Linienartige Strukturen konnten auch beobachtet werden. Doch müssen erst Stereo- und Radardaten die Oberflächentopografie genauer vermessen, bevor genauere Aussagen über die Oberfläche und ihre Umgestaltungsprozesse gemacht werden können.

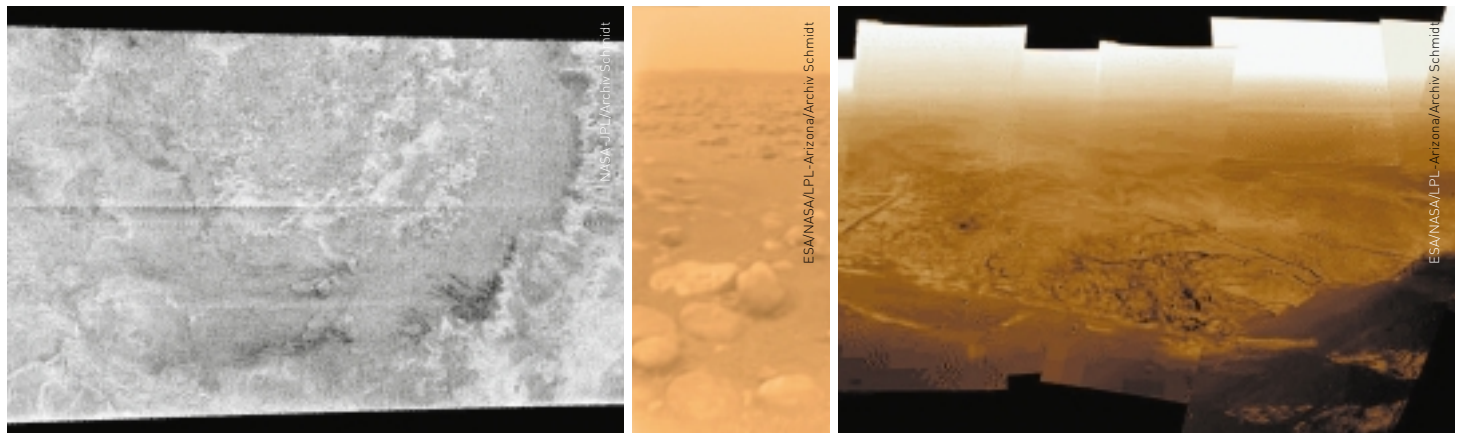
Die hellen und dunklen Gebiete scheinen in den Infrarotspektren ähnlich auszusehen. Dies würde auf eine mindestens im Grundsatz ähnliche chemische Zusammensetzung schliessen lassen. Die Wissenschaftler werden jedoch Zeit brauchen, um in den Spektren zwischen der Oberfläche und der Atmosphäre unterscheiden zu können.

Während der grössten Annäherung (1200 km) durchflog Cassini die äussersten Bereiche der Titan-Atmosphäre. So konnten mit

(l.) Eine gewaltige, ringförmige Struktur mit einem Aussendurchmesser von etwa 440 km ist auf diesem Bild zu erkennen, das am 15. Februar 2005 vom Cassini-Radar aus einer Distanz von 1577 km aufgenommen wurde. Der riesige Krater wurde provisorisch als «Circus Maximus» bezeichnet. (Bild 5)

(m.) Aufnahme des Landegebiets der europäischen Landekapsel Huygens auf dem Saturnmond Titan. Was wie Steine aussieht, sind in Wirklichkeit Eisbrocken und auskondensierte Kohlenwasserstoffklumpen, die herumliegen. (Bild 6)

(r.) Farbpanorama des Landegebiets der Huygens auf dem Titan, aus einer Höhe von 8 km, erarbeitet vom Amateurastronomen René Pascal aus den Rohbildern der ESA-Landekapsel. Das Panorama wurde aus Einzelaufnahmen zusammengesetzt. (Bild 7)



einem Massenspektrometer einige Moleküle beobachtet werden. Die Isotopenverteilung lässt als vorläufiges Resultat darauf schliessen, dass der Titan in seiner Geschichte drei Viertel seiner ursprünglichen Atmosphäre bereits verloren hat. Negativ verlief bisher die Suche nach Flüssigkeiten (Methanseen). Jedoch ist das untersuchte Gebiet zurzeit noch zu klein, um eine eindeutige Aussage machen zu können.

Huygens Odyssee begann am Weihnachtstag

Am 25. Dezember 2004, 3.00 Uhr MEZ, wurde die 320 kg schwere ESA-Eintauchsonde Huygens auf einen kontrollierten Kollisionskurs zum Titan gesteuert. 68 Minuten vergingen, bis die Botschaft von der geglückten Trennung die Erde erreichte. 1,2 Mia. km musste das vom amerikanischen Mutterschiff Cassini abgesetzte Signal, das die erfolgreiche Abtrennung bestätigte, zurücklegen.

Damit war aber zunächst nur klar, dass sich die Huygens auf einem eigenständigen Kurs befindet. Die Frage, die alle bewegte, war: Wie präzise war das Aussetzen?

Zwölf Stunden nach der Abtrennung hat die Cassini ein Mosaik von Bildern von der sich entfernenden Sonde mit der «Wide Angle Camera» (WAC) aufgenommen. Die Huygens, zu diesem Zeitpunkt bereits 15 km von der Cassini entfernt, ist als kleines rundes Objekt erkennbar. Aus diesen Bildern konn-

te die genaue Richtung festgestellt werden, in die mit der Teleskopkamera NAC (Narrow Angle Camera) gezielt werden musste.

Schweizer Trennsystem für die Huygens

Für die europäische Sonde Huygens hat das Schweizer Raumfahrtunternehmen Contraves Space das Trennsystem und die Struktur für den Hitzeschild (Front-Shield) entwickelt und gebaut. Im Weiteren wurde durch das gleiche Unternehmen die Alublech-Nietkonstruktion für die Struktur des «Back-Cover» entwickelt und von der Firma APCO Technologies in Vevey gebaut.

Das Separationssystem mit dem dazugehörenden Hohlring von 1,9 m Durchmesser besteht aus drei Teilsystemen:

- Einem Mechanismus, welcher der Sonde eine Axialgeschwindigkeit und Rotation (7 U/Min.) erteilt. Dieser Mechanismus ist mit einem elektrischen Separationssystem kombiniert. Sie dienen zur mechanischen Trennung vom US-Mutterschiff Cassini am 25. Dezember 2004.
- Einem «Back-Cover»- und
- einem «Front-Shield»-Separationsmechanismus zur mechanischen Trennung des «Back-Cover» und des «Front-Shield» vom Abstiegsmodul am 14. Januar 2005.

Diese Mechanismen sind in jedem der drei «Knoten» untergebracht, mit denen die Huygens mittels acht Streben (Struts) isostatisch,

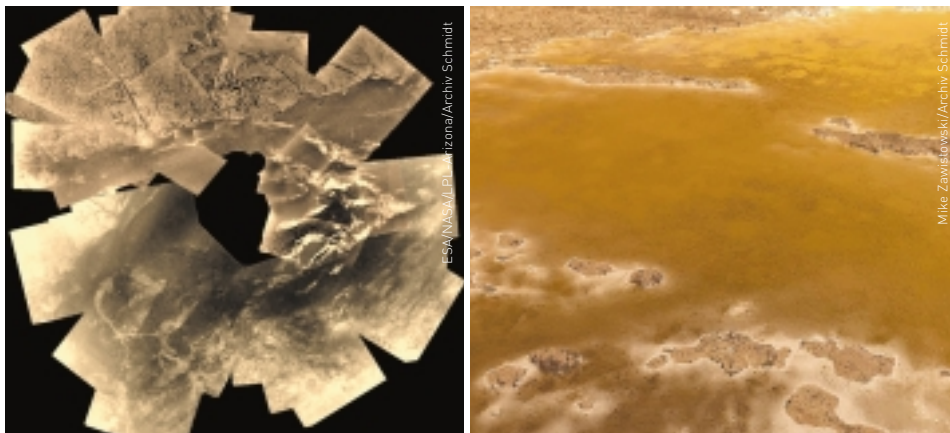
das heisst verspannungsfrei am Mutterschiff Cassini befestigt war. 1994 wurden alle Teile der Trennmechanismen bei Contraves Space umfangreichen Tests unterzogen und erfolgreich auf ihre Funktionalität hin überprüft. Zur Freude der Beteiligten hat das ganze System wie vorgesehen nach sieben Jahren «Schlafzustand» funktioniert und so wesentlich zum Gelingen der Huygens-Mission beigetragen.

20 Tage nach ihrer Abtrennung von der Muttersonde Cassini am 25. Dezember hat die Huygens nach einem Alleinflug über 4 Mio. km die äussere Atmosphäre des Titans erreicht. Um 11.13 Uhr MEZ begann sie in etwa 1270 km Höhe über dem Titan ihren Abstieg durch dessen dunstige Wolkendecke. In den folgenden drei Minuten musste die Sonde zunächst von 18 000 auf 1400 km/h abbremsen.

Die Huygens bremste erfolgreich in drei Minuten von 18 000 auf 1400 km/h ab. Mithilfe einer Reihe von Fallschirmen wurde ihre Geschwindigkeit dann auf unter 300 km/h verringert. In rund 160 km Entfernung von der Oberfläche wurden die wissenschaftlichen Instrumente der Sonde ausgefahren und der Atmosphäre des Titans ausgesetzt. In 120 km Höhe wurde der Hauptfallschirm abgeworfen und durch einen kleineren ersetzt, um den Abstieg fortzusetzen. Das Aufsetzen von Huygens auf der Oberfläche des Titans war für 13.34 Uhr MEZ vorgesehen. Die

(l.) Dieses Farbmosaik zeigt eine Rundumansicht der Huygens-Landegegend und wurde von Kevin Dawson aus den Rohbildern erarbeitet. Die Farbe wurde aus den ESA-Daten in das Bild übertragen. (Bild 8)

(r.) Künstlerische Darstellung, die aus den vorhandenen Bildern zusammengestellt wurde, um die wahren Verhältnisse auf dem Titan darzustellen. Aus der sumpfigen Ebene ragen einzelne Inseln heraus, und am oberen Rand ist die Küstenlinie mit einer herausragenden Halbinsel erkennbar. (Bild 9)



ersten wissenschaftlichen Daten erreichten das Europäische Raumflugkontrollzentrum (ESOC) in Darmstadt um 17.19 Uhr MEZ. Die Huygens ist der erste erfolgreiche Versuch der Menschheit, eine Sonde in einer anderen Welt im fernen Sonnensystem zu landen. «Dies ist eine grossartige Leistung für Europa und seine amerikanischen Partner bei dem ehrgeizigen Unterfangen, das System des Saturns zu erforschen», sagte ESA-Generaldirektor Jean-Jacques Dordain.

Vier Minuten nach ihrem Eintritt in die Atmosphäre hat die Sonde mit der Übertragung ihrer Daten an die Cassini begonnen und dies nach ihrer Landung mindestens so lange getan, wie sich die Muttersonde über dem Horizont des Titans befand. Die erste Meldung, dass die Huygens «am Leben» war, kam vom Green-Bank-Teleskop im US-Bundesstaat West Virginia, das bereits um 11.25 Uhr MEZ ein schwaches, aber eindeutiges Funksignal von der Huygens aufgefangen hatte. Radioteleskope auf der Erde registrierten dieses Signal noch lange nach Ende der erwarteten Lebensdauer der Sonde.

Huygens DWE erfolgreich

Radioastronomen konnten ein erstes Profil der Windgeschwindigkeiten auf dem Titan aus dem Trägersignal der Huygens ableiten, welches das Green-Bank-Teleskop (USA) aufgezeichnet hatte. In 50 km Höhe über dem Titan stellten sie einen «zonal positiv ge-

richteten Wind» (auf Deutsch: in Titan-Ost-richtung) mit einer Geschwindigkeit von 40 bis 50 m/s fest, die bis zur Oberfläche bis auf wenige Meter pro Sekunde sank. Demnach bewegt sich die Atmosphäre tatsächlich schneller als der Mond selbst. Diese «Superrotation» zu messen, war das Hauptziel des DWE-Experiments.

Ein Wind von 45 m/s entspricht rechnerisch knapp der Windstärke 14. Solche Orkanwinde sind zwar in mittleren Höhen nichts Besonderes, aber sie waren doch mehr, als man dies theoretisch vorausgerechnet hatte. In noch höheren Schichten der Atmosphäre spielten sich beim Abstieg bizarre Dinge ab, der Dopplersignatur nach zu urteilen. Speziell zu dem Zeitpunkt, als sich der dritte und letzte Fallschirm entfaltete, kam es zu dramatischen Sprüngen im Trägersignal. Dazu passen auch frühere Meldungen über die Auswertung von Daten anderer Experimente, wonach die Sonde in der oberen Atmosphäre heftiger durchgeschüttelt wurde, als die Wissenschaftler vorher erwartet hatten. Dies muss die schwierigste Phase des Abstiegs gewesen sein, aber die Huygens überstand sie mit Bravour.

Die Daten stammen aus ersten Auswertungen des Doppler-Wind-Experiments (DWE) der Universität Bonn unter der Leitung von Dr. Michael Bird: Der Sender des Datenkanals A der Huygens strahlte sein Trägersignal mit einer bekannten Frequenz im

Gigahertz-Bereich aus, die durch Verwendung eines neuartigen, in der Raumfahrt erstmals eingesetzten Oszillators auf Rubidiumbasis extrem genau eingehalten wurde. Die Frequenzschwankungen, die während des Abstiegs auftraten, resultierten also allein aus dem Dopplereffekt des Signals, hervorgerufen durch Änderungen der Relativgeschwindigkeit zwischen Sender und Empfänger. Damit können selbst kleinste Effekte erfasst werden, wie etwa die Drehung der Sonde um sich selbst. Dank hoch entwickelter Auswertungssoftware können der momentane räumliche Bewegungszustand und die Position der Sonde erstaunlich genau bestimmt werden.

Erfolgreiche «eiskalte» Landung

Zweieinhalb Stunden lang hat die Huygens auf der Titan-Oberfläche Messungen durchgeführt, sehr viel länger als die Wissenschaftler je zu hoffen gewagt hatten. Auch wenn ein Datenkanal für die Übermittlung ausfiel, haben genügend Informationen die Erde erreicht, um ein genaueres Bild von den Vorgängen auf dem Saturnmond zu geben. Martin Tomasko von der Universität in Arizona, der Erbauer der Huygens-Kamera: «Wir sehen helle Bergketten, die etwa 100 m hoch sind und wir sehen viele Hinweise auf Regen. Der dunkle Stoff in den Tälern ist Material aus organischer Chemie. Vermutlich fallen Smogpartikel aus der Atmosphäre aus und bedecken die ganze Landschaft. Regen aus Methan wäscht den Dreck dann in die Täler. Vielleicht hat es noch einen Tag vor der Landung geregnet. Die Berge sind nicht aus Silikatgestein wie auf der Erde, sondern aus steinhart gefrorenem Wassereis.» Viele Prozesse, wie wir sie von der Erde kennen, haben Entsprechendes auf dem Titan, allerdings mit ganz anderen Bestandteilen. Berge bestehen nicht aus Gestein, sondern aus Wasser. Dafür fließt kein Wasser, sondern Methan über die Oberfläche. Offenbar gibt es sogar Vulkane, aber die spucken keine Lava, sondern Ammoniak und schmutziges Eis. Darauf deutet die verblüffende Entdeckung des Edelgases

Argon 40. Neben Methan und Stickstoff konnten die Wissenschaftler Argon 40 und Ammoniak in der Atmosphäre ausfindig machen, was für eine Vulkantätigkeit spricht. Doch statt Lava spuckt der titanische Vulkan Wassereis, statt Staub wirbelt er Kohlwasserstoffteilchen in die Methanatmosphäre. «Wir sind ausserordentlich erfreut über diese Ergebnisse», sagte Jean-Pierre Lebreton, Chef der «Huygens»-Mission: «Dies ist aber nur der Anfang.» Die von der ESA-Raumsonde übermittelten Daten, so Lebreton, würden die Wissenschaftler noch auf Jahre beschäftigen.

Rollentausch: Methan statt Wasser

«Wir können die hohen Methankonzentrationen in Bodennähe nachweisen, das ist also eine entflammbare Naturgaswelt, eine aussergewöhnliche Sache», erklärte der Atmosphärenfachmann Toby Owen. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass aus dem Boden des Saturnmondes immer neues Methan austritt, können sich den Vorgang aber noch nicht genau erklären. Das auf der Erde als Grubengas bekannte Methan ist eine organische Verbindung, die bei den Temperaturen auf dem Titan – unter minus 170 °C – flüssig oder gasförmig vorkommt. Nach den ersten Auswertungen sei der geheimnisvolle Mond bereits eine «uns alle begeistern- de Welt», so Jean-Pierre Lebreton.

Steinhart ist die Titan-Oberfläche dennoch nicht, das zeigen die Huygens-Messungen ebenfalls. John Zarnecki von der Open University in Grossbritannien: «Auf der Unterseite der Kapsel ist ein Dorn, der sich bei der Landung als Erstes in den Titan-Boden bohrte. Für einen Moment musste der Dorn starken Widerstand überwinden, danach waren die Kräfte eher gering.» Die Forscher vermuten, dass der Boden am Landeplatz der Huygens eine Konsistenz von nassem Sand oder Lehm hat, der von einer dünnen Kruste bedeckt ist. Unterhalb dieser Kruste kommt offenbar sehr schnell flüssiges Methan zum Vorschein. Toby Owen von der Universität von Hawaii: «Das ist hier nicht wie auf dem Mars, wo die Flüssigkeiten, wel-

che die Landschaft geformt haben, jetzt tief im Boden eingefroren sind. Der Titan ist ein Mond, auf dem die Flüssigkeiten noch vorhanden sind. Wir sind in einem Sumpfgebiet gelandet.»

«Wir besitzen nun den Schlüssel, um zu verstehen, was die Landschaft des Titans formt», sagte Martin Tomasko von der Universität von Arizona. «Die geologischen Daten über Niederschlag, Erosion und flussähnliche Aktivitäten sagen uns, dass die physikalischen Prozesse, die den Titan gestalten, weitgehend die gleichen sind wie auf der Erde.» Dort, wo die Huygens am 14. Januar 2005 gelandet ist, «sieht es aus wie in einem ausgetrockneten Flussbett in Arizona», fügt Huygens-Projektleiter Jean-Pierre Lebreton hinzu.

Vor allem Wetter und Geologie des Titans, wo Temperaturen unter -170 °C herrschen, gleichen offenbar den Verhältnissen auf der Erde. Kleine Bäche mündeten in Flüsse, die wiederum in grosse Seen fliessen würden, erklärte die ESA. Diese verfügten über Untiefen und Inseln. Allerdings würde in den Flüssen auf dem Titan kein Wasser fliessen, sondern flüssiges Methan. Derzeit erschienen die Flüsse und Seen zwar ausgetrocknet, doch

habe es offenbar vor nicht allzu langer Zeit geregnet.

Träume von Landerobotern

Jean-Pierre Lebreton wagte einen Ausblick auf weitere Missionen zum Titan. Der nächste Schritt sei sicher, ein mobiles Forschungsgerät auf den Titan zu bringen. Mit seiner dichten Atmosphäre und niedrigen Gravitation sei diese Welt geradezu prädestiniert für Fluggeräte. An anderer Stelle stand zu lesen, dass selbst ein Mensch auf dem Titan fliegen könnte, allein durch die Muskelkraft seiner Arme. So sei etwa eine Titan-Sonde auf Basis eines Ballons oder sonstigen Fluggeräts denkbar. Aber auch das Marsrover-Team habe Interesse am Titan bekundet. Der Mars sei ihnen mittlerweile etwas langweilig geworden und sie würden jetzt gern einmal einen Rover auf dem Titan sehen. «Wir können jetzt ganz ernsthaft davon träumen, Landeroboter wie beim Mars auf den Titan zu entsenden», meinte Jean-Pierre Lebreton. ■

**Men J. Schmidt, freier Wissenschaftspublizist für Astronomie und Raumfahrt, Projektleiter für optische Systeme, Fisba Optik, St. Gallen, men.schmidt@fisba.ch, www.space-science.ch*

Sechs europäische Instrumente auf der Huygens

Die sechs Instrumente an Bord der Huygens-Sonde dienen im Wesentlichen der Messung von Temperatur, Druck sowie Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen in der Titan-Atmosphäre. Ausserdem können beim Flug durch die Atmosphäre Proben der Titan-Luft genommen und mithilfe eines Gaschromatografen chemisch und physikalisch auf ihre Zusammensetzung hin analysiert werden. Eine seitwärts blickende Optik erlaubt infolge der Eigendrehung der Huygens einen permanenten Rundblick, der mittels der DISR-Kamera (Descent Imager/Spectral Radiometer) in Schwarz-Weiss-Bildern festgehalten wird, die immer kleinere Details zeigen, je tiefer die Sonde sinkt. Ein weiteres Experiment mit deutscher Beteiligung, das «Huygens Atmospheric Structure Instrument» (HASI), soll während des neunzigminütigen Abstiegs die physikalischen und elektrischen Eigenschaften der Titan-Atmosphäre untersuchen. Instrumente des «Surface Science Package» (SSP) werden physikalische Parameter der Mondoberfläche messen, beispielsweise die Wucht beim Aufschlag auf der Oberfläche, die Neigung der Sonde gegen die Normalrichtung sowie die optischen Eigenschaften, Temperatur und Wärmekapazität des Oberflächenmaterials.