



Die Huygens-Sonde tritt in die Titan-Atmosphäre ein – künstlerische Darstellung

## TITAN – LANDUNG AUF EINER NEUEN WELT

**Der 13. Januar 2005 war der Tag des größten Erfolges in der bisherigen Geschichte der europäischen Raumfahrt. An diesem Tag landete die ESA-Raumsonde Huygens auf dem geheimnisvollen Wolkenmond Titan. Und eine völlig neue Welt tat sich auf.**

Glückliche Gesichter bei den meisten Projektwissenschaftlern im Huygens-Kontrollzentrum in Darmstadt. Nur einer guckte traurig: David Atkinson. Er verbrachte 18 Jahre damit, ein Experiment für den Huygens-Lander zu konstruieren und zu bauen. Und dann vergaß ein Programmierer, der kleinen Raumsonde den Einschaltbefehl für den Transponder A ins Aktivierungsprogramm zu schreiben. Und so ging nur Transponder B auf Sendung. Die meisten Daten waren damit zwar gerettet, denn laut Plan sollte aus Sicherheitsgründen der überwiegende Teil der Informationen redundant über beide Huygens-Transponder an Cassini geschickt werden. Aber eben nicht alles, denn de facto gab es zwei Ausnahmen: Zum einen die Informationen des DISR, des Descent Imager and Spectral Radiometers. Dessen Daten wurden aufgeteilt. Die eine Hälfte ging über Transponder A und die andere Hälfte über die Sendeeinheit B. Und zum anderen die Informationen von Atkinsons Doppler-Wind Experiment. Die sollten ausschließlich über Transponder A laufen. Die Geschichte sei wirklich schauderhaft, seufzte der Wissenschaftler der University of Idaho später. Das sei einfach schlichtes menschliches Versagen.

### Kleiner Schönheitsfehler

Atkinson und sein Team waren im Europäischen Kontrollzentrum in Darmstadt und warteten zusammen mit den anderen Wissenschaftlern auf die Ankunft ihrer Daten vom Saturn. Ihr Experiment, mit der man die Windgeschwindigkeiten auf Titan messen wollte, war auf das Funktionieren von Transponder A angewiesen. Nur der war mit einem für diese Messungen eigens konzipiertem Spezialgerät ausgerüstet, dem Receiver Ultra Stable Oscillator, kurz RUSO. Seine Aufgabe war es, für den Empfänger an Bord von Cassini eine hochstabile Frequenz bereitzustellen. Dieses Gerät ist so komplex, dass man davon abgesehen hatte, es in beide Transponder zu integrieren. Doch der Befehl für die Aktivierung von Kanal A wurde nie gesendet, so dass die gesamte Mission letztendlich ausschließlich über Kanal B operierte. Dies kostete Atkinson seine kompletten Daten und dem Bildteam noch die Hälfte.

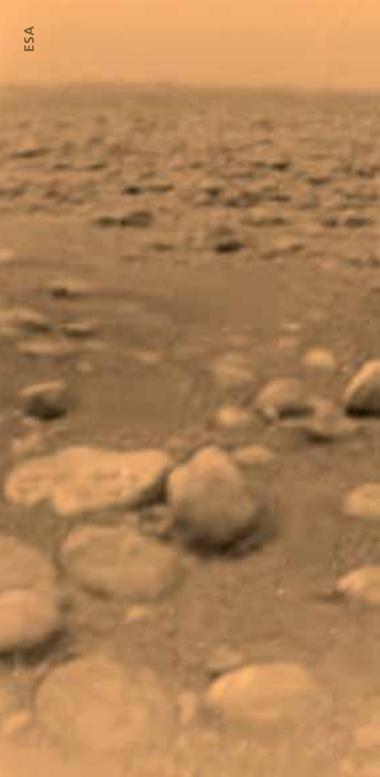
Allerdings zeigte sich später, dass für Atkinson nicht alles verloren war. Er bekam schließlich doch noch die Informationen für seine Untersuchungen, wenn auch auf ganz anderem Weg als ursprünglich vorgesehen. Denn im Zusammenhang mit der Landung von Huygens glückte ein Experiment, dem zuvor kaum jemand eine Chance auf Erfolg gegeben hätte. Es gelang nämlich, die Trägerwelle des Transponders B mit insgesamt 18 Radioteleskopen auf der Erde aufzufangen. Dies hätte man vorher nicht für möglich gehalten, angesichts der geringen Sendeleistung von Huygens, die nur wenigen Watt betrug. Die Radioteleskope waren paarweise zusammengeschaltet und mit dem Verfahren der „Very large Baseline Interferometry“, das auch in der modernen Astronomie immer häufiger Anwendung findet, und einer Menge Computerpower, wurde es möglich, Veränderungen in der Position der Sonde mit einer Genauigkeit von etwa 1 Meter pro Sekunde festzustellen.

### Ansonsten: Ein voller Erfolg

Aber abgesehen von dem Problem mit dem Transponder war die Mission ein voller Erfolg. Alle weiteren Experimente arbeiteten problemlos, alle weiteren Daten wurden komplett übertragen und lieferten den Wissenschaftlern Material, an dem sie noch für sehr lange Zeit zu arbeiten haben. Die erfolgreiche Landung der europäischen Raumsonde Huygens auf der Oberfläche des Saturnmondes Titan erhöht die Anzahl der Himmelskörper



Aufnahme der Titan-Atmosphäre



Erste Farbaufnahme von der Titan-Oberfläche. Die Oberfläche ist dunkler als ursprünglich angenommen, sie besteht aus einer Mischung von Wasser- und Hydrokarbonateis. Es gibt Hinweise auf Erosion am Fuß der (Eis-)Brocken, die eine Flüssigkeitseinwirkung nahelegen. 🗨



Größenverhältnisse des obigen Bildes

im Sonnensystem, auf denen irdische Raumfahrzeuge gelandet sind, auf fünf. Der Mond wurde dabei am öftesten besucht, mit einer Vielzahl von Robotsonden der USA und der UDSSR sowie sechs bemannten Landungen in den Jahren 1969 bis 1972. Auf der Venus gab es fünf erfolgreiche Landungen. Viermal triumphierte die Sowjetunion und einmal ziemlich unerwartet die Amerikaner, die im Jahre 1978 ein Quartett von Atmosphärensonden in die Lufthülle der Venus entließen, von denen eine den Aufprall auf den Boden überlebte und noch eine Stunde lang weitersendete. Bei einer Landung ohne Fallschirm wohlgemerkt. Auch der Mars ist von etlichen Bodenrobotern besucht worden, von sowjetischen, amerikanischen und dem glücklosen europäischen Beagle 2-Lander. So richtig erfolgreich waren aber nur die Amerikaner, die mit den beiden Viking-Raumsonden bereits Mitte der siebziger Jahre erfolgreich waren, danach mit Mars Pathfinder im Jahre 1997 und schließlich mit den Rovern Spirit und Opportunity Anfang letzten Jahres. Am 12. Februar 2001 schließlich gelang der Raumsonde NEAR ein sanftes Aufsetzen auf dem Asteroiden EROS, der ersten und bisher einzigen Landung auf einem Kleinplaneten. Mit dem geglückten Abstieg der Raumsonde Huygens zur Oberfläche des Titan befindet sich nun auch Europa in diesem äußerst exklusiven Club. Und das sogar mit einer ganz besonderen Erstleistung. Der ersten Landung eines Raumfahrzeugs auf einem Himmelskörper des äußeren Sonnensystems.

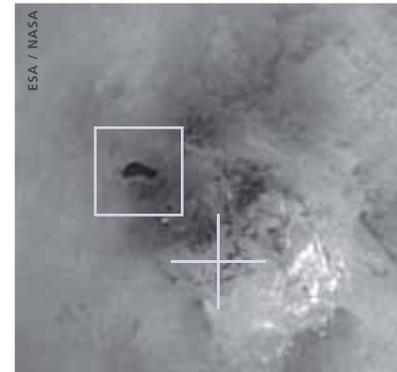
### Landung im „Norditalienischen Seenland“

Vom Zeitpunkt des Erreichens des so genannten Entry-Interface, des Eintrittspunktes in die Atmosphäre von Titan in 600 Kilometern Höhe, bis zur Aktivierung des Pilotschirms in 150 Kilometer Höhe waren nur ganze drei Minuten vergangen. In dieser kurzen Zeit war die Geschwindigkeit von Huygens von über 21.000 Kilome-

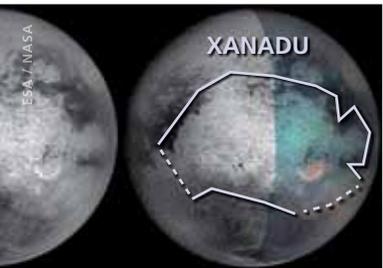
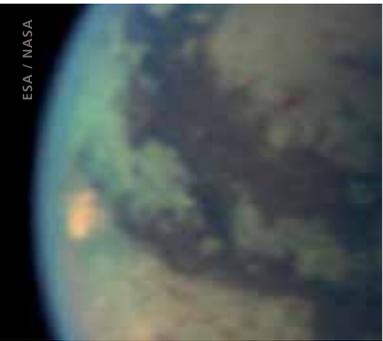
tern pro Stunde auf unter 1.500 Kilometer pro Stunde abgebremst worden. Huygens war mit einem Winkel von 62,5 Grad auf die obersten Schichten der Lufthülle aufgetroffen, fast exakt mit dem vorausberechneten Wert. Der Zeitpunkt T 0, der den eigentlichen Missionsbeginn für Huygens markierte, war definiert durch den Auswurf des Pilotschirms. Wenige Sekunden darauf erfolgte der Abwurf des oberen Hitzeschildes, die Öffnung des Hauptschirms und der Abwurf des unteren Schildes. Gut 40 Sekunden nach der Entfaltung des Pilotschirms war Huygens arbeitsbereit und nahm Kontakt zur 72.000 Kilometer entfernten Raumsonde Cassini auf.

15 Minuten nach dem Öffnen warf Huygens den 8,3 Meter durchmessenden Hauptschirm ab und ein kleinerer Schirm, nur etwa ein Drittel so groß wie der erste, entfaltetete sich. Eine notwendige Maßnahme, um die Sinkgeschwindigkeit zu erhöhen, sonst wäre der Sonde der Strom ausgegangen noch bevor sie die Oberfläche des Titan erreicht hätte. Die Telemetrie ergab, dass sich Huygens drehte und stark pendelte, als er der Oberfläche des Titan entgegen glitt. Besonders in den oberen Schichten der Atmosphäre schienen starke Winde zu herrschen, und die Sonde schaukelte in den ersten Minuten des Abstiegs am großen Fallschirm um bis zu 20 Grad von der Vertikalen. Der Beschleunigungsmesser meldete auch das Vorhandensein lokaler Böen. Nach der Entfaltung des zweiten Schirms nahmen die Pendelbewegungen ab. Zum einen war jetzt die Angriffsfläche für den Wind geringer, zum anderen schien aber auch die Luftströmungen in den tieferen Schichten nicht mehr so ausgeprägt zu sein.

Kurz vor Erreichen des Bodens pendelte Huygens nur noch mit etwa 3 Grad Abweichung von der Vertikalen an seiner Leine. In etwa 30 Kilometern Höhe durchbrach Huygens die bis dahin geschlossene Wolkendecke. Damit konnten erstmals Oberflächendetails ausgemacht werden, und was die Minikameras an Bord der Sonde erspähten, kam dem Generaldirektor der Italienischen Raumfahrtagentur, Sergio Vetrella, der unter den Beobachtern in Darmstadt war, bekannt vor. „Das sieht ja aus wie in der norditalienischen Seenlandschaft“, meinte er verblüfft. Die Beschaulichkeit von Gardasee, Iseosee oder Comersee herrscht auf Titan aber ganz gewiss nicht. Trotzdem war der Vergleich nicht von



Die dunkle Fläche in der Nähe des Titan-Südpols (Kreuz) ist vermutlich ein See aus flüssigem Hydrokarbonat



Diese Falschfarbenaufnahme zeigt einen hellen Fleck von 500km Durchmesser (der dem menschlichen Auge rot erscheinen würde). Er befindet sich auf einer kontinentgroßen helleren Flächen die inzwischen als „Xanadu“ bezeichnet wird.

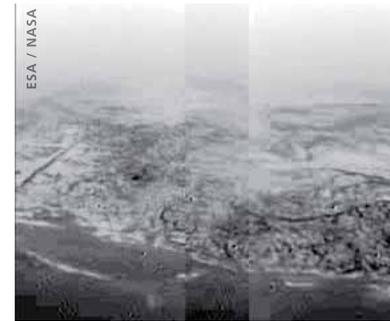
der Hand zu weisen. Sanfte Hügel mit Flusstälern, und weite, dunkle Flächen, auf denen sich offensichtlich zumindest zeitweilig stehende Flüssigkeiten befinden. Ganz deutlich erkennbar auch eine Küstenlinie, und Inseln in den Seen. Die Seen allerdings, darüber muss man sich im Klaren sein, beherbergen kein flüssiges Wasser, sondern eine Mischung aus Methan, Kohlenwasserstoffen und einem komplexen Hydrokarbonatgemisch, dem die Wissenschaftler die Bezeichnung Tholin gegeben haben, und dessen genaue Zusammensetzung noch unbekannt ist. Die Berge bestehen hauptsächlich aus Eis, das bei den Temperaturen auf dem Titan die Konsistenz von Granit hat. Es war auch nicht sofort klar, ob die dunklen, konturlosen Seeflächen zurzeit trocken sind, ob sie also vielleicht nur zeitweilig, etwa nach Regenschauern, mit Flüssigkeit aufgefüllt sind, die dann möglicherweise wieder im Untergrund versickert. Auf eine der Inseln steuerte die Sonde zu, und dort ging sie auch nieder. Die letzten Bilder zeigten, dass die Raumsonde wohl nur einige Meter von einer Küstenlinie entfernt befand, als sie aufsetzte. Derzeit sind die Wissenschaftler noch immer dabei, den exakten Landepunkt herauszufinden.

Aufgrund der übertragenen Bilder konnte festgestellt werden, dass die Sonde auf den letzten Metern des Abstiegs mit einer Geschwindigkeit von etwa 1,5 Metern pro Sekunde nach Osten abgetrieben wurde. In 700 Metern Höhe schaltete Huygens eine 20 Watt starke Lampe ein. Damit wollten die Wissenschaftler die „echten Farben“ der Oberfläche erfassen, denn insbesondere das Methan in der dichten Atmosphäre verfälscht die natürlichen Farben der Bodenstrukturen. 2 Stunden und 48 Minuten nach dem Auswurf des Fallschirmes bekam Huygens Bodenkontakt. Die Landung selbst verlief absolut ruhig. Sie war wesentlich sanfter, als angenommen worden war, und das scheint hauptsächlich daran zu liegen, dass der Boden an der Landestelle die Konsistenz von weichem Lehm oder pappigem Schnee hat. Obendrauf ist eine sehr dünne, aber relativ feste Kruste. John Zarnecki, von der „U.K. Open University“, der Chefwissenschaftler für die Oberflächenexperimente an Bord von Huygens, verglich sie

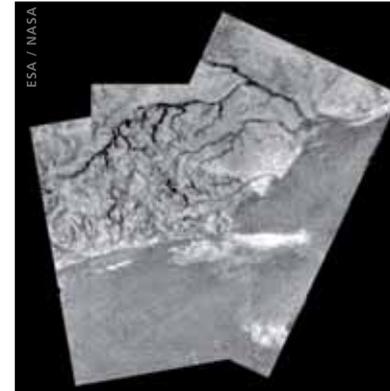
mit der Zuckerkruste auf einer Creme Bruleé. Die Oberfläche selbst bestand aus einer Mischung von Wassereis mit Kohlenwasserstoffen und dem teerartigen Tholin. Verstreut über die Oberfläche liegen Eisbrocken, die wie Kieselsteine wirken. Für die weiche Konsistenz der Oberfläche spricht auch, dass beim „Aufplatschen“ der auf der Erde 318 Kilogramm schweren Sonde schmieriges Material auf die Kameralinsen spritzte.

Die Landegeschwindigkeit betrug 4,5 Meter pro Sekunde, und für einen kurzen Moment wirkte eine Beschleunigung von 15 g auf das Raumfahrzeug. Die Temperatur am Boden betrug -179 Grad Celsius. Auf den Bildern nach der Landung ist der Fallschirm nicht zu sehen. Das deutet darauf hin, dass die an der Seite montierte Kamera nicht nach Osten ausgerichtet ist, denn es ist anzunehmen, dass der Schirm in der vorherrschenden Windrichtung in sich zusammengefallen ist, also Richtung Osten liegt. Nach der Landung übertrug Huygens noch für weitere 72 Minuten Daten an Cassini. Dann riss die Verbindung ab, weil Cassini unter dem Titan-Horizont verschwand. Die Trägerwelle von Huygens konnte aber noch für über zwei weitere Stunden auf der Erde empfangen werden, erst dann waren die Batterien an Bord der Landesonde erschöpft. Nun liegt das kleine Raumfahrzeug auf dem Boden des Titan, 1,2 Milliarden Kilometer von der Erde entfernt, und wird dort vielleicht eines Tages durch irgendeinen Methan-Monsun in den angrenzenden See gespült. Angesichts der enormen Kosten einer solchen Mission, der gewaltigen technischen Komplexität und der langen Reisezeit wird in den nächsten zwei Jahrzehnten wohl kein irdischer Reisender mehr Saturns größten Mond besuchen.

Eugen Reichl



Eine Grenzlinie zwischen hohem, hellem Terrain und dunkleren Tiefland, aufgenommen während des Huygens-Abstiegs aus einer Höhe von ca. 8 km – Das Hochland scheint von Abflußrillen durchzogen zu sein



Weiterer Hinweis auf Flüssigkeiten – Ein aus mehreren Quellen gespeistes Flußbett zieht sich bis ins dunklere Tiefland