

Europas Vorstoss ins Sonnensystem

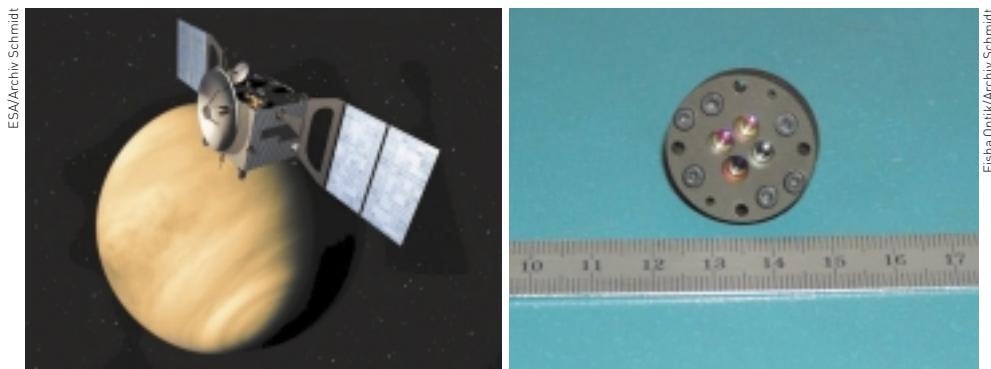
Von Men J. Schmidt*

Die Europäische Weltraumorganisation ESA unternimmt zurzeit gleich vier hochkarätige Missionen zur Erforschung des Sonnensystems. Dabei sollen der Planet Venus, der Mond, der rote Planet Mars und der Komet Churyumov-Gerasimenko aus der Nähe erforscht werden. Nachdem die ESA bereits 1986 mit ihrer ersten interplanetaren Raumsonde den Kometen Halley erkunden konnte, werden nun der Mond und zwei Planeten als nächste unmittelbare Ziele erforscht. Damit beginnt für die europäische Raumfahrt eine neue Ära in der Erforschung des Sonnensystems.

Bei allen neuen Weltraumvorhaben ist die Schweizer Industrie und Wissenschaft an vorderster Front mit dabei. Der Startschuss für die interplanetare Erkundung erfolgte am 2. Juni 2003 mit dem erfolgreichen Start der Marssonde «Mars Express». Bereits am 27. September des gleichen Jahres wurde erfolgreich die Technologiesonde «Smart 1» in Richtung Mond geschickt. Am 2. März dieses Jahres ist die Kometensonde «Rosetta» auf ihre zehn Jahre dauernde Reise zum Kometen Churyumov-Gerasimenko aufgebrochen. Schliesslich soll im November 2005 die Sonde «Venus Express» zu unserem inneren Nachbarplaneten Venus reisen (Bild 1). Ihr Starttermin im November 2005 ergibt sich aus der für den Flug notwendigen Planetenkonstellation. Längerfristig soll im Jahr 2011 sogar noch der Planet Merkur von der Sonde «Bepi Colombo» unter die Lupe genommen werden.

Des Teufels irdischer Zwillingplanet der Erde

Venus ähnelt in den Hauptparametern der Erde: Grösse, Masse, Dichte und innerer Aufbau stimmen annähernd überein. Doch die Göttin entpuppt sich als ein Planet der Hölle. Mit annähernd 500 °C ist es auf der Oberfläche so heiss, dass dort Metalle und Legierungen wie Blei, Zink und Messing schmelzen würden. Ein globaler Schleier schneeweisser Schwefelsäurewolken verdeckt riesige



(l.) Künstlerische Darstellung der «Venus Express»-Raumsonde über den Wolken des Nachbarplaneten Venus. (Bild 1)

(r.) Das Kameraobjektiv für die VMC (Venus Monitoring Camera) mit vier Kanälen wurde von der St. Galler Firma Fisba Optik entwickelt und gebaut. Damit sollen Bilder im sichtbaren, ultraviolett und in zwei nahen Infrarotkanälen von der Venus gewonnen werden. (Bild 2)

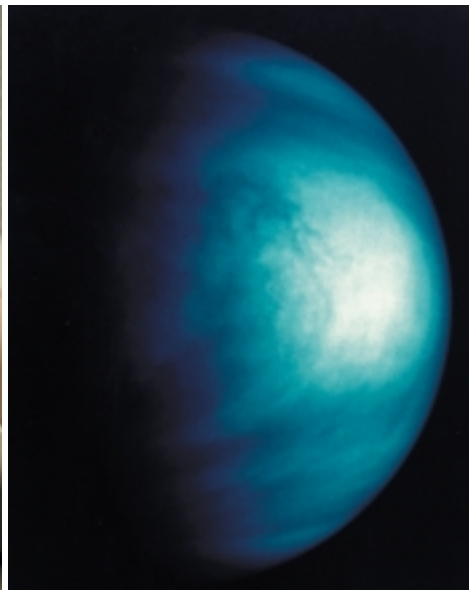
dunkle Vulkanlandschaften von Lavaströmen geformte gewaltige Tiefen, ausgedorrte Geröllwüsten, sengende Hitzetäler sowie Gebirge und Einschlagkrater. Nur 10% der Oberfläche sind Hochland. Dazu gehören das Plateaus «Ishtar Terra» mit dem 11 km hohen «Maxwell Montes» und die Gegend mit dem Namen «Aphrodite Terra». Sie sind vom Ausmass her mit irdischen Kontinenten vergleichbar. In «Aphrodite Terra» liegt das riesige 2 km tiefe und bis zu 300 km breite Tal «Diana Chasma». Menschen würden über den Strukturen einen rötlich bis orangefarbenen schimmernden Himmel erblicken, der an einen trüben Regentag auf der Erde erinnert. Der Eindruck ist alles andere als romantisch: Auf der Venusoberfläche herrscht ein Druck von 93 Bar, vergleichbar mit dem irdischen Druck in fast 1000 m Wassertiefe. An diesen unwirtlichen Verhältnissen scheiterten die ersten sowjetischen Versuche, Landekapseln abzusetzen. Sie zerplatzten bereits in grösseren Höhen. Im Jahr 1975 gelang es der sowjetischen Sonde «Venera 9» nach ihrer weichen Landung erstmals, Panoramabilder von der Venusoberfläche zur Erde zu funken. Seit dem Jahr 1978 gelang es – beim Überfliegen der Venus mit den Raumsonden «Pioneer», «Venera» und «Magellan» – mittels spezieller Radartechnik einen etwas

«direkteren» Blick auf die Venusoberfläche zu werfen. Die Bilder offenbaren eine sehr alte, nahezu unbeeinflusste Oberfläche. Da weder Wind noch Regen oder Ozeane existieren, sind folglich auch keine Erosionen sichtbar. Die schätzungsweise 100 km mächtige Planetenkruste scheint wie ein einziger Steinpanzer festzusitzen. Es gibt keine Anzeichen von Plattentektonik.

Venus als Studienobjekt der Erde

Die zu 96% aus dem Treibhausgas Kohlendioxid bestehende Atmosphäre besitzt eine 100 km mächtige Wetterschicht (Erde: 10 km). Unzählige Lavatrichter lassen die Vermutung zu, dass Vulkane über Jahrtausenden Myriade Tonnen von Kohlendioxid und Schwefel ausgepustet haben und damit jenen Treibhauseffekt ausgelöst haben, der bis heute anhält und den Planeten aufheizt. Infolge der Hitze sind Seen, Flussläufe und Meere – falls es Wasser auf der Venus gegeben haben sollte – verdampft. Der aufsteigende Wasserdampf wurde durch das UV-Licht der Sonne in seine Bestandteile zerlegt, der Wasserstoff verflüchtigte sich im All. Derartige Prozesse fanden ansatzweise auch auf der Erde statt, doch hier wirkten Regenschauer als atmosphärische Waschanlage. Wissenschaftler sehen deshalb in der Venus ein hervorragendes

(l.) Montage der Sonnenschutzblende (Baffle) für die VMC-Kamera bei Fisba Optik. (Bild 3)
 (r.) Die Wolkenzirkulation auf der Venus kann durch die Ultraviolett Aufnahme sichtbar gemacht werden. Die Bildkamera VMC in der Sonde «Venus Express» soll diese Zirkulation erfassen und studieren. (Bild 4)



Studienobjekt, um viel über die frühen Erdjahre erfahren zu können. Vor allem die Klimatologen sind sehr an den Venus-Daten interessiert. Denn der Nachbarplanet vermittelt uns ein eindrucksvolles Bild von dem, was ein langzeitiger Klimawechsel für Auswirkungen mit sich bringen würde. Die Wissenschaftler hoffen, mit den Daten der Venus optimierte Klimamodelle erstellen zu können, mit denen sich Intensität und Folgen des irdischen Treibhauseffekts besser verstehen und berechnen lassen.

Dass unsere Klimamodelle noch lange nicht stimmig sind, beweist ihre Anwendung auf die Venus-Atmosphäre. Danach müsste es nämlich dort sehr viel heißer sein. Die Realität ist aber eine andere. Vielleicht kann «Venus-Express» diesen Anachronismus aufklären? «Venus Express» soll unseren Nachbarplaneten auf einer elliptischen Bahn umfliegen, auf der ihr Abstand zwischen 250 und 66 000 km schwankt. Mit einer Reihe von Messgeräten soll die Sonde beispielsweise die chemische Zusammensetzung und Windgeschwindigkeiten in der Atmosphäre messen. Vielleicht werden die Forscher dann wissen, warum sich die Atmosphären von Venus und Erde so unterschiedlich entwickelt haben.

Das Venus-Raumsonden-«Recycling-Konzept»

«Venus Express» ist als kostengünstige Evaluierungsmission konzipiert. Die Raumsonde wird nach dem Muster der «Mars Express»-Sonde gebaut. Und als wissenschaftliche Nutzlast sind Instrumente vorgesehen, die ursprünglich für «Mars Express» und die ESA-Kometenmission «Rosetta» entwickelt wurden. Mit diesem Kosten sparenden «Recycling-Konzept», das mit «Venus Express» erprobt wird, will die ESA künftig auch in Zeiten eingeschränkter Budgets ehrgeizige Missionen realisieren. Der Einsatz bereits verfügbarer Komponenten hat ausserdem den Vorteil, dass sich die Entwicklungszeit erheblich verkürzt. Die Venus-Sonde kann also in vergleichsweise kurzer Zeit realisiert werden. Apropos Zeit, sie ist bei dieser Mission eine knappe Ressource: «Venus Express» muss innerhalb von drei Jahren startklar sein.

Atmosphäre im Visier

«Venus Express» ist in erster Linie eine «Atmosphärenmission». Das belegen auch die wissenschaftlichen Instrumente an Bord der Sonde: Die Spektrometer PFS, Spicam und Virtis nehmen vor allem die Gashülle

der Venus in unterschiedlichen Spektralbereichen unter die Lupe. Die hochauflösende Kamera VMC soll Bilder des Planeten im sichtbaren Bereich sowie im UV- und Infrarotlicht liefern. Die Optik für diese Kamera wurde im Auftrag des Max-Planck-Instituts für Aeronomie (MPAE) in Katlenburg-Lindau durch die in St. Gallen ansässige Firma Fisba Optik (Bilder 2 und 3) entwickelt und gebaut. Das Radarinstrument VeRa dient zur Radiosondierung von Atmosphäre und Ionosphäre (Bild 4). Und der Teilchendetektor «Aspera» soll die Erosionsprozesse in der Venusatmosphäre unter dem Einfluss des Sonnenwindes erforschen. Mit an Bord wird auch ein Magnetometer-Instrument sein, das Wissenschaftler vom IWF in Österreich gemeinsam mit der TU Braunschweig und dem Imperial College in London entwickeln.

Europas erste Mondsonde

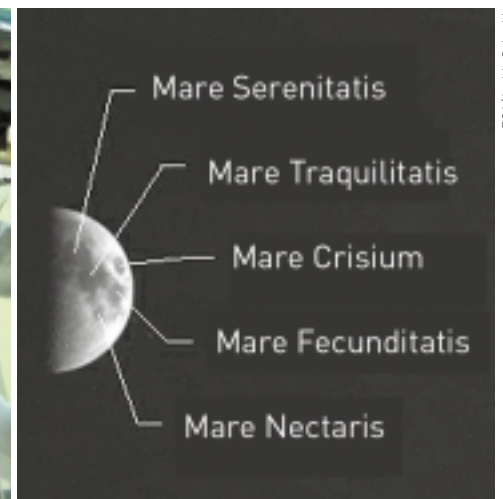
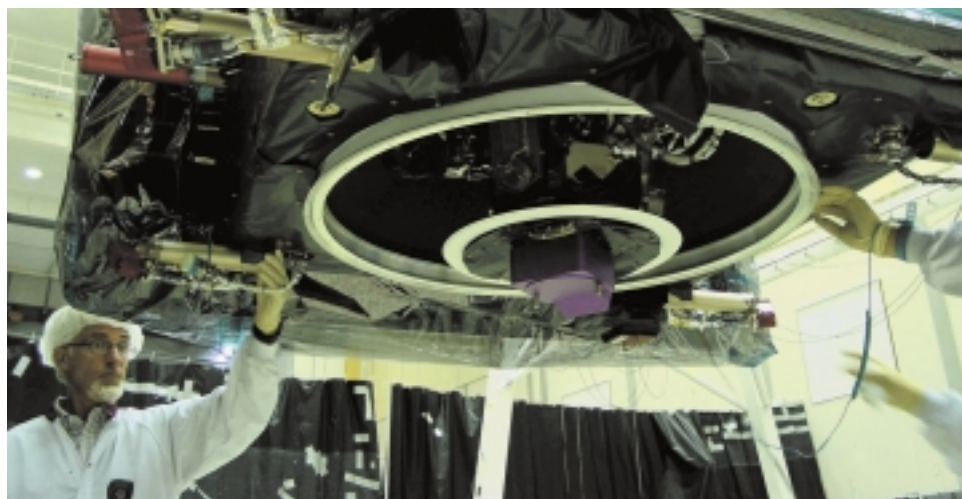
Die erste europäische Mondsonde «Smart-1» hat im vergangenen September ihre einzigartige Reise zu unserem nächsten Himmelskörper angetreten, den sie allein mit dem Schub eines Iontriebwerks (Bild 5) erreichen wird, das bei dieser Mission zum ersten Mal von Europa als Hauptantriebssystem eingesetzt wird. Das Abenteuer von «Smart-1» begann am 27. September 2003, um 20.02 Uhr Ortszeit (Sonntag, 28. September, 01.02 Uhr MESZ) mit dem Start der Trägerrakete Ariane-5G von Europas Raumflughafen in Kourou (Französisch-Guayana) aus. Bereits der Hinflug zum Mond ist ein Erlebnis – die Ingenieure werden erstmalig Gelegenheit haben, die Leistung der neuen Technologie im Einsatz zu prüfen. Für alle wissenschaftlich Interessierten wird es im Dezember 2004 so richtig spannend, wenn «Smart-1» den Mond erreicht. Dann werden die wissenschaftlichen Instrumente uns neue Anhaltspunkte über den Ursprung des Mondes liefern, nach etwaigen Spuren von Wasser suchen und die Möglichkeit eines ständigen menschlichen Aussenpostens auf dem Mond ausloten ...

Die 367 kg schwere Sonde teilte sich den Ariane-Start V162 mit zwei kommerziellen

(l.) Kernstück von «Smart-1» ist das Ionentriebwerk, mit dessen Hilfe die Sonde aus der Erdumlaufbahn zum Mond befördert wird. Das Bild zeigt die Sonde mit dem Ionentriebwerk während der Montage. (Bild 5)

(r.) Das ist die erste Aufnahme des Mondes mit der europäischen Technologiesonde «Smart-1». Die Aufnahme dient zur Kalibrierung der Instrumente und wurde mit der AMIE-Kamera im Februar 2004 gewonnen. (Bild 6)

ESA/Archiv Schmidt



ESA/Archiv Schmidt

Nutzlasten: dem Nachrichtensatelliten Insat 3E der indischen Weltraumforschungsorganisation und e-Bird der Organisation Eutelsat. Kleinstes Mitglied dieses Trios war «Smart-1» – in einem zylindrischen Adapter verpackt. Sie hat so den untersten Platz im Nutzlastbereich der Rakete eingenommen und wurde daher auch zuletzt ausgesetzt. Eine Ariane-5-Trägerrakete der Grundversion hat die drei Nutzlasten auf eine Übergangsbahn zum geostationären Orbit transportiert, von der aus jeder Satellit zur endgültigen Einsatzbahn gesteuert wurde. «Smart-1» wird ihr Ziel, den Mond, auf einer lang gezogenen spiralförmigen Flugbahn anzufliegen und mit Hilfe ihres Ionentriebwerks in etwa 16 Monaten erreichen.

Mit Sonnenenergie zum Mond

«Smart-1» ist keine übliche Raumsonde. Als erste einer Reihe kleiner Missionen für fortschrittliche Technologieforschung (Small Missions for Advanced Research in Technology) der ESA dient sie hauptsächlich der Erprobung und dem Nachweis innovativer Schlüsseltechnologien für künftige wissenschaftliche Missionen in den fernen Welt- raum. Sobald sie ihr Ziel erreicht hat, wird sie jedoch auch eine beispiellose wissenschaftliche Untersuchung des Mondes durchführen (Bild 6). Mit einer Grösse von nur einem Ku-

bikmeter ist sie eine sehr kleine Sonde. Ihre Solarmodule haben eine Spannweite von 14 m und liefern 1,9 kW Strom, wovon rund 75% für den solarelektrischen Antrieb der Sonde genutzt werden. Der Ionenantrieb dient der Beschleunigung der Sonde und der allmählichen Anhebung ihrer Flugbahn, bis sie in einer Höhe von 350 000 bis 400 000 km über der Erde in die Nähe des Mondes gelangt. Nach einer Reihe von Vorbeiflügen am Ende September, Oktober und November 2004 wird «Smart-1» im Dezember 2004 vom Schwerefeld des Mondes erfasst und beginnen, unter Einsatz ihres Triebwerks die Geschwindigkeit und die Höhe ihrer Mondumlaufbahn zu verringern.

In ihrer Rolle als «Beweisführerin für neue Technologien» konzentriert sich «Smart-1» hauptsächlich auf die Erprobung des solarelektrischen Antriebssystems. Bei diesem neuartigen System wird der über die Solarzellen gewonnene Strom zur Erzeugung eines Strahls geladener Teilchen genutzt, der die Sonde mit einem geringen, aber kontinuierlichen Schub vorantreibt (Bild 7). Solche Triebwerke werden als Ionentriebwerke bezeichnet und von den Ingenieuren als äusserst bedeutsam für künftige Missionen in die Tiefen des Weltraums betrachtet. «Smart-1» wird auch mehrere miniaturisierte Geräte

und ein Navigationssystem erproben, das den Raumfahrzeugen in Zukunft ermöglichen soll, sich selbstständig durch das Sonnensystem zu bewegen. Darüber hinaus wird neben einem neuen Kurzwellen-Kommunikationssystem eine Weltraumkommunikationstechnik getestet, bei der mittels eines Laserstrahls eine Verbindung zur Erde aufgebaut werden soll.

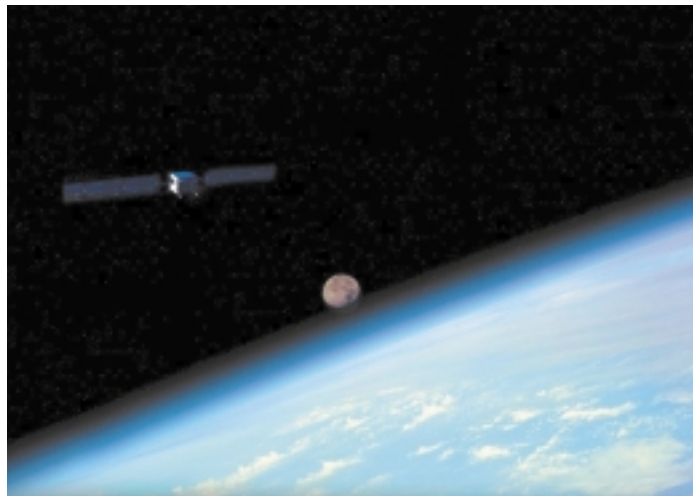
Wissenschaftliche Plattform

Sobald «Smart-1» im Januar 2005 in eine polnahe Umlaufbahn um den Mond einschwenkt, wird sie auch als wissenschaftliche Plattform für die Erforschung des Mondes dienen (Bild 8). Die Sonde wird in den Kratern der Polregionen des Mondes nach Zeichen von Wassereis suchen, Daten zur Klärung des immer noch ungewissen Ursprungs des Mondes liefern und durch die Kartierung der Topografie und der Verteilung von Mineralen und wichtigen chemischen Elementen auf der Oberfläche des Mondes seine Entwicklung nachzeichnen.

Mit an Bord der Raumsonde befindet sich auch eine Kamera, um hochauflösende Bilder der Mondoberfläche zu gewinnen. Die Miniatürkamera dient zur Kartierung der Mondoberfläche. Die Kamera mit der Elektronik wurde durch die Westschweizer Firma Space-X (Micro-Cameras & Space Exploration SA,

(l.) Mit Sonnenenergie zum Mond: künstlerische Darstellung der ESA-Raumsonde «Smart-1». (Bild 7)

(r.) Aus der Erdumlaufbahn entfernt sich «Smart-1» durch den Einsatz des Ionentriebwerks immer mehr und gelangt nach 16 Monaten in das Schwerkraftfeld des Mondes. (Bild 8)



ein Spin-off von CSEM) entwickelt. Das dazugehörige Objektiv wurde hingegen in der Ostschweiz entwickelt. Das St. Galler Unternehmen Fisba Optik hat das Teleobjektiv mit 155 mm Brennweite und einem Gesichtsfeld von 7,5° mit einem Gesamtgewicht von nur 138 g gebaut. Mit der AMIE-Kamera wollen die Wissenschaftler Bilder im sichtbaren und infraroten Bereich mit einer Auflösung von 50 m pro Bildpunkt von der Mondoberfläche gewinnen. Die gewonnenen Bilddaten dienen unter anderem dazu, Aussagen über die Mineralogie des Mondes zu machen. Während der Überprüfung der Instrumente an Bord von «Smart-1» wurden mit der AMIE-Kamera bereits erfolgreich Bilder des Mondes zu Testzwecken gewonnen. Neben der Bildkamera befinden sich noch weitere wissenschaftliche Experimente an Bord der Sonde: so das Infrarotspektrometer SIR zur Kartierung der Mondmineralogie und das D-CIXS-Röntgenstrahlenspektrometer zur Ermittlung der chemischen Elemente auf der Mondoberfläche (Bild 9).

«Smart-1» wurde für die ESA von der Swedish Space Corporation als Hauptauftragnehmer unter der Mitwirkung von nahezu dreissig Unternehmen aus elf europäischen Staaten und den USA entwickelt. An Bord des Raumfahrzeugs befinden sich 19 kg wissenschaftliche Nutzlast, bestehend aus Ex-

perimenten, die von Hauptexperimentatoren aus Finnland, Deutschland, Italien, der Schweiz und dem Vereinigten Königreich geleitet werden. Andere am ESA-Projekt beteiligte Schweizer Firmen sind Contraves Space und APCO-Technologies SA. Erstere hat spezielle Mechanismen für die Sonde entwickelt und die zweite Firma hat die Struktur der Sonde gebaut. Der Gesamtwert der Schweizer Industrieaufträge für «Smart-1» war mit sieben Millionen Franken rund doppelt so hoch wie die anteilmässige Kostenbeteiligung der Schweiz beim ESA-Wissenschaftsprogramm.

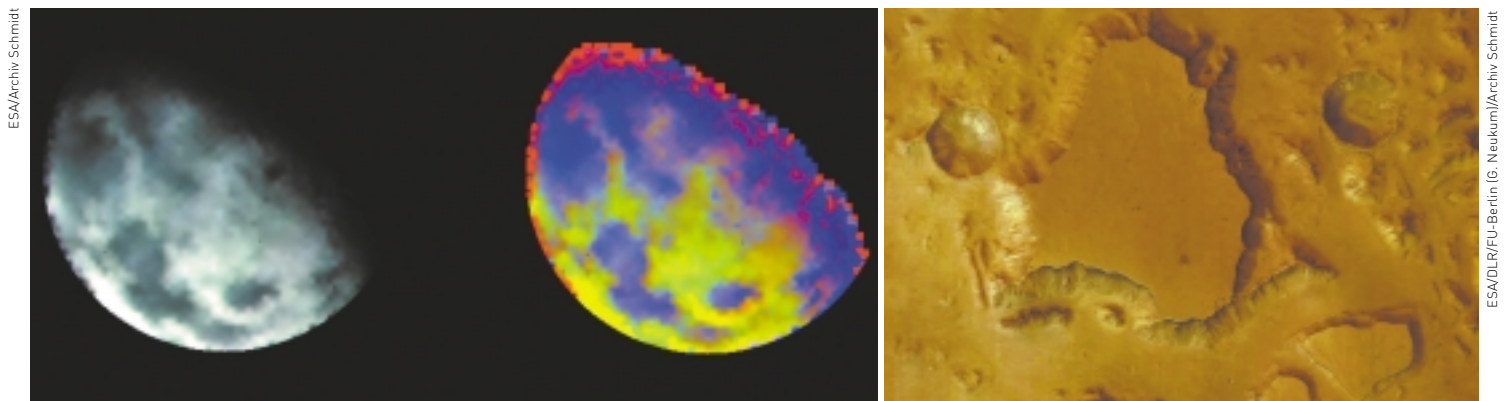
Europäische Marssonde

Die aussergewöhnliche Erdnähe des Mars im Sommer 2003 hat auch die verschiedenen Raumfahrtorganisationen bewogen, Raumsonden zu unserem Nachbarplaneten zu entsenden. Nach Projekten von Russland, Japan und den USA ist «Mars Express» die erste Mission der europäischen Weltraumorganisation ESA zum Mars. Der Mars gilt aufgrund seiner Merkmale wie Rotationsdauer, Jahreszeiten, Atmosphäre und Entfernung zur Sonne als der erdähnlichste Planet im Sonnensystem. Dies macht ihn zu einem besonders interessanten Forschungsobjekt hinsichtlich der vergleichenden Planetologie. Spekulationen über höher entwickelte Lebewesen auf dem Mars hielten sich lange Zeit.

In den 70er-Jahren wurden diese aber mit den amerikanischen Landemissionen «Viking» widerlegt. Allerdings ist es ziemlich sicher, dass auf dem Mars einst Wasser in flüssiger Form existierte und sich eventuell primitive Lebensformen entwickeln konnten. «Mars Express» soll darüber Aufschluss geben (Bilder 10 bis 12). Im Weiteren ist «Mars Express» der Prototyp für so genannte flexible Missionen im Rahmen des Langzeit-Wissenschaftsprogramms «Horizon 2000 plus» der europäischen Weltraumorganisation ESA. Mit derartigen Missionen, die sich durch eine sehr kurze Vorbereitungszeit und damit geringe Kosten auszeichnen, will die ESA auf aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen reagieren. So wurde im Jahr 1999 beschlossen, dass der Start der Mission «Mars Express» im Jahr 2003 stattfinden sollte, da in diesem Jahr eine besonders günstige Planetenkonstellation vorliegen würde, die eine aussergewöhnlich grosse Satellitenmasse zulasse. Die kurze Projektlaufzeit führt zusätzlich zu niedrigen Projektkosten. Möglich wird sie durch die grosse Selbstständigkeit der beteiligten Unternehmen und Wissenschaftler. Zudem werden für «Mars Express» Instrumente und Technologien verwendet, die für die Kometenmission «Rosetta» und die leider gescheiterte Mars-96-Mission (Russland) entwickelt wurden.

(l.) Beispiel des Studiums über die Oberflächenzusammensetzung des Mondes mit dem Infrarotspektrometer SIR («Smart-1» Infrared Spectrometer). Die Farben geben Aufschluss über die Mineralogie des Mondes. (Bild 9)

(r.) Die Aufnahme wurde in Orbit 18 am 14. Januar 2004 aus einer Höhe von 275 km gemacht. Sie zeigt den Mars nördlich des «Valles Marineris» zwischen 5° und 10° nördlicher Breite sowie 323° östlicher Länge. Die Höhe des Bildausschnitts beträgt 50 km, das Bild wurde mit einer Auflösung von 12 m pro Pixel aufgenommen. Man sieht Tafelberge und Steilkanten, die auf Erosion durch fließendes Wasser hindeuten. Das Gebiet ist in vertikaler Sicht abgebildet, Norden ist rechts. (Bild 10)



Start mit der russischen Sojuz-Rakete

Gestartet wurde «Mars Express» am 2. Juni um 19.45 MESZ mit einer russischen Sojuz-Trägerrakete vom Kosmodrom Baikonur in Kasachstan aus. Die Sonde, bestehend aus einem Orbiter und einem Lander, hat nach einem knapp siebenmonatigen Flug am 25. Dezember 2003 den Mars erreicht und wird diesen ein Marsjahr (etwa zwei Erdjahre) lang umkreisen. Der Orbiter soll von der Umlaufbahn aus die Planetenoberfläche kartieren sowie die Atmosphäre, Struktur und Geologie des Planeten untersuchen. Der Lander «Beagle 2», benannt nach dem Schiff, mit dem Charles Darwin einst zu Forschungen über die Entwicklung der Arten die Weltmeere durchkreuzte, sollte weich auf der Oberfläche des Planeten aufsetzen und dort sechs Monate lang Boden und Gestein des Mars untersuchen. Seit der Trennung vom Mutterschiff am 19. Dezember 2003 fehlt aber vom Lander jede Spur, dieser Teil der Mission ist gescheitert. Eine Untersuchungskommission soll versuchen herauszufinden, weshalb die Landekapsel verloren ging.

Der Lander wurde unter englischer Leitung entwickelt und für die Mission bereitgestellt. Die kompakte wissenschaftliche Instrumentierung des Landers enthält auch ein Stereokamerasystem. Die Mikrokameras wurden durch das Schweizer Unternehmen Space-X in Neuenburg entwickelt. Die technisch hoch stehende Spezialoptik wurde in St. Gallen durch Fisba Optik entwickelt. Sie besteht aus zwei iden-

tischen 48°-Weitwinkelobjektiven, vor denen wahlweise noch eine Art «Brille» geschaltet werden kann. Mit dieser Optik wollte man Panorama- und Stereoaufnahmen des Landegebiets gewinnen.

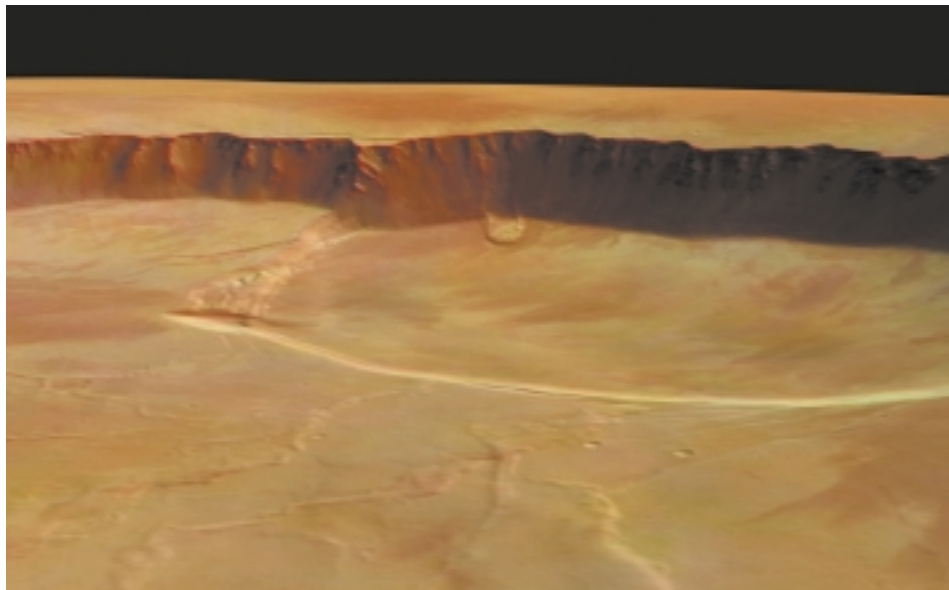
Auch auf der Muttersonde, dem Orbiter, gibt es hochempfindliche Kameras. Der zweite Kamerasensor für hochauflösende Bilder im Bereich von zwei Metern Auflösung wird zurzeit noch kalibriert, und Ende Mai werden dann die ersten Bilddaten verfügbar sein. Die sieben Instrumente an Bord des Orbiters sollen Informationen über den Aufbau und die Entwicklungsgeschichte des Mars liefern. Die hochauflösende Stereokamera HRSC soll eine vollständige Kartografie des Planeten mit 12 m Auflösung durchführen und einzelne Regionen sogar mit einer Präzision von knapp 2 m fotografieren. Federführend ist dabei Deutschland mit der Hochleistungskamera HRSC (Hight Resolution Stereo Camera). Die HRSC-Kamera wurde vom DLR (Deutsches Forschungsinstitut für Luft- und Raumfahrt) in Berlin für die russische Mission «Mars 1996» entwickelt und von Astrium in Friedrichshafen gebaut. Seit Mitte Januar dieses Jahres liefert die HRSC aus der polaren Marsumlaufbahn dreidimensionale Farbbilder von fantastischer Güte mit einem Auflösungsvermögen von 12 m pro Bildpunkt. Das Spektrometer «Omega» soll die erste mineralogische Karte des Mars mit einer Genauigkeit von 100 m erstellen. Mit dem Spektrometer «PFS» soll die mineralogische Untersuchung vertieft

und darüber hinaus die Zusammensetzung der Marsatmosphäre kartiert werden, um ihre Dynamik zu bestimmen. Das mit einer 40 m langen Antenne ausgestattete Radargerät «Marsis» wird die Oberfläche bis in 2 km Tiefe sondieren, um die Bodenstruktur zu ermitteln und insbesondere Wasservorkommen aufzuspüren. Das Analysegerät «Aspera» soll die Wechselwirkungen zwischen der oberen Marsatmosphäre und dem interplanetaren Medium untersuchen. Es soll Aufschluss darüber geben, wie das Magnetfeld abhandelt und über welchen Zeitraum sich diese Ablösung erstreckte. Das Magnetfeld wirkt als Schutzschild gegen den Sonnenwind. Und durch diesen Sonnenwind, der nun ungehindert auf die Marsatmosphäre einwirken konnte, wurde der grösste Teil der Marsatmosphäre im All zerstreut. Auch das Spektrometer «Spicam» und das Funkexperiment «MaRS» werden die Atmosphäre untersuchen, durch Beobachtungen von Sternbedeckungen und durch Messungen der Funkwellenausbreitung.

Von «Mars Express» werden wissenschaftliche Erkenntnisse von höchster Bedeutung erwartet. Die Mission soll Antwort auf zahlreiche Fragen geben, die bei Vorgängermissionen aufgeworfen wurden. Insbesondere sollen Erkenntnisse über die Entwicklung des Mars, die Geschichte der Aktivität im Marsinneren, über eventuelles Wasservorkommen unter der Oberfläche und die Möglichkeit, dass der Mars einmal von Meeren bedeckt war, gewonnen werden. Dieses Wasser könnte zur Entstehung

(1.) Diese Vertikalansicht von «Olympus Mons» zeigt den eindrucksvollen und komplexen Gipfelkrater des höchsten Vulkans unseres Sonnensystems. Der Vulkan besitzt eine Höhe von 26 km, der kesselartige Krater, die so genannte Caldera, erreicht eine Tiefe von 3 km. Diese Aufnahme ist das erste hochauflösende Farbbild, das die gesamte Gipfelregion des «Olympus Mons» abdeckt. (Bild 11)

Diese perspektivische Ansicht zeigt den eindrucksvollen Vulkankrater, die so genannte Caldera, des «Olympus Mons» auf dem Mars. Die Ansicht wurde aus dem digitalen Höhenmodell, abgeleitet aus den Stereokanälen, und dem Nadirkanal (senkrechte Blickrichtung) sowie den Farbkanälen der HRSC generiert. Die Aufnahme wurde am 21. Januar 2004 (Orbit 37) in einer Höhe von 273 km gemacht. Die Bildbreite beträgt 102 km bei einer Auflösung von 12 m pro Bildpunkt und liegt im Bildzentrum bei 18,3° Nord und 227° Ost. Die vertikale Überhöhung des Bildes beträgt 1,8. Süden ist oben. (Bild 12)



von Lebensformen geführt haben, die vielleicht heute noch in «unterirdischen» Seen fortbestehen.

Das Kontrollzentrum der ESA in Darmstadt, das European Space Operations Center

(ESOC) ist für die Satellitenkontrolle zuständig. Hier werden alle Bahnmanöver der Raumsonde berechnet, überwacht und gesteuert sowie die wissenschaftlichen Daten empfangen. Die Mission des ersten europäi-

schen Marssatelliten soll mindestens ein Marsjahr dauern. Die Sonde umkreist unseren Nachbarplaneten in einer elliptischen Bahn, die über die Pole des Planeten führt. Somit kann praktisch der gesamte Planet aus der Umlaufbahn erforscht werden.

An «Mars Express» sind neben den Mitgliedstaaten der ESA auch Polen und die USA beteiligt. Hauptauftragnehmer für «Mars Express» ist die Firma Astrium (Frankreich). Die verantwortliche Projektgruppe ist ein ESTEC-Team in Noordwijk (Niederlande). Starsem (Russland) zeichnet für die Rakete verantwortlich, während Alenia Aerospazio (Italien) die Satellitenintegration übernimmt. Die Struktur des Satelliten wurde vom Zürcher Unternehmen Contraves Space entwickelt. ■

In einem zweiten Beitrag werden wir vertieft auf die «Rosetta»-Mission zum Kometen Churyumov-Gerasimenko eingehen.

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

Schweizer Optik für den Weltraum

Das St. Galler Unternehmen Fisba Optik hat für die Mondsonde «Smart 1» das 7,5°-Kameraobjektiv im Auftrage von Space-X für die ESA das Teleobjektiv gebaut. Die Optik muss den harten Weltraumbedingungen standhalten, das heisst während des zweijährigen Betriebs Temperaturen von -100 °C bis +30 °C widerstehen. Die AMIE (Advanced Moon Micro-Imager Experiment)-Kameraoptik ist bereits das dritte Kameraobjektiv, das von Fisba Optik für eine Weltraummission entwickelt wurde. So wurden auf der Landekapsel der Marssonde «Mars Express» zwei Miniaturobjektive für Stereoaufnahmen durch Fisba Optik geliefert. Ausserdem hat die gleiche Firma für die europäische Kometenmission «Rosetta», die am 2. März 2004 gestartet wurde, insgesamt sieben Kameraobjektive – zu den Stereo- und Panoramakameras – für die Landekapsel gebaut. Es handelt sich dabei um 60°-Weitwinkelobjektive, die den extremen Bedingungen auf dem Kometen widerstehen können. So müssen die Linsen aus strahlungsstabilisierten Gläsern bestehen und Temperaturen von -150 °C bis +50 °C trotzen können. Schliesslich entwickelt das Unternehmen zurzeit im Auftrag des Max-Planck-Instituts für Aeronomie ein vierfaches Optiksyste für die Venus Monitoring Camera (VMC) in der Raumsonde «Venus Express». Damit soll im Jahr 2005 der Nachbarplanet Venus im optischen, im ultravioletten und in zwei infraroten Bereichen untersucht werden. Die vier Objektive in einer gemeinsamen Fassung haben einen Durchmesser von je nur 3,7 mm und können gleichzeitig in den vier verschiedenen Kanälen arbeiten.