

Zeitschrift:	Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber:	Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band:	70 (2012)
Heft:	368
 Artikel:	Marsrover in Aktion : die Suche nach Leben geht weiter : "Mars macht mobil"
Autor:	Schmidt, Men J.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-897554

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 06.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Marsrover in Aktion:
Die Suche nach Leben geht weiter

«Mars macht mobil»

■ Von Men J. Schmidt

Mars Pathfinder landete mit dem ersten kleinen Rover Sojourner am 4. Juli 1997 in einem ehemaligen Überschwemmungsgebiet namens «Ares Vallis», das sich auf der nördlichen Marshalbkugel befindet. Zum ersten Mal in der Geschichte der Raumfahrt hinterliess in der Folge ein Gerät Fahrspuren auf dem Marsboden. Die Mission mit beweglichem Instrumententräger auf Mars erweiterten die Forschungsmöglichkeiten für die Wissenschaftler enorm. In der Folge wurden weitere Marsfahrzeuge auf dem roten Planeten gelandet, und gegenwärtig ist der modernste Mars Rover «Curiosity» unterwegs zu unserem Nachbarplaneten, den er im kommenden August erreichen wird. In den kommenden Jahren soll mit weiteren Rover-Missionen aus den USA und Europa der Frage über mögliches Leben auf dem Planeten Mars nachgegangen werden.

Er war genau 10.6 Kilogramm schwer, hatte eine Länge von 65 cm, eine Breite von 48 cm und eine Höhe von 30 cm. Das ist der Steckbrief des ersten Mars Rovers mit der Bezeichnung «Sojourner», welcher huckepack mit der Sonde Mars Pathfinder weich landete. Der wie ein Spielzeug anmutende Roboter konnte mit seinen sechs 13 cm Durchmesser grossen Rädern, Hindernisse von über 20 cm Höhe übersteigen. Die Techniker des JPL (Jet Propulsion Laboratory) in Pasadena, Kalifornien konnten erstmals Erfahrungen mit einem Gefährt sammeln, das sich auf dem Mars fortbewegen konnte. Durch die grosse Distanz zwischen Erde und Mars beträgt die Funksignal-Laufzeit zwischen 7 und 20 Minuten. Dadurch musste der Weg von «Sojourner» von den Technikern im Voraus sehr genau geplant werden, damit der Rover nicht durch grössere Hindernisse (Steine) beschädigt wurde. Der Rover hat insgesamt 550 Fotos übermittelt, 15 Analysen mit dem APXS (Alpha Proton X-ray Spectrometer) gemacht und 24.528.250 Bit an Daten gesendet (also in etwa ein Zehntel der Gesamtdatenmenge). Die grösste Distanz zum Landestation Pathfinder betrug 12.3 m. Er ist

insgesamt 101.6 m weit gefahren. Die grösste Strecke, die an einem Tag gefahren wurde, betrug 7.70 m. Orientiert man sich an den NASA-Vorgaben, so ist die Mission äußerst erfolgreich gewesen. «Sojourner» hat seine geplante Arbeitsdauer von 7 Tagen um den Faktor 11 übertroffen und Pathfinder seine Missionsdauer von 30 Tagen um den Faktor 3. In erster Linie ging es auch bei dieser Mission nicht um

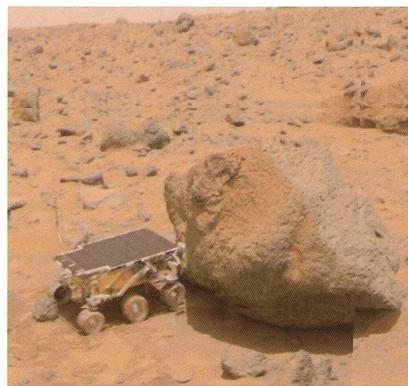


Abbildung 1: Das erste Marsauto «Sojourner» hinterliess seine Spuren im Jahre 1997 auf unserem Nachbarplaneten im Rahmen der Mars Pathfinder Mission. (Bild : NASA-JPL / Archiv Schmidt)

die reine Wissenschaft, sondern um das Erproben von neuen Technologien. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse und gemachten Erfahrungen konnten in die späteren Rover-Missionen einfließen.

Zwillingsfahrzeuge erkunden Mars

Am 4. und am 25. Januar 2004 landeten die beiden Marsfahrzeuge «Spirit» und «Opportunity» im Gusev-Krater und Meridiani Planum auf dem Planeten Mars. Beide Rover waren für eine Missionsdauer von 90 Tagen (Primärmision) ausgelegt und sollten in dieser Zeit eine Strecke von rund 800 Metern auf dem Mars zurücklegen. Die beiden Mars-Rover sind vollkommen identisch und um ein Mehrfaches grösser und schwerer als ihr Vorgänger «Sojourner». Die Energieversorgung erfolgt ausschliesslich über Solarzellen, die Fortbewegung durch sechs Räder. Ihre Software ist "intelligent" genug, um selbstständig Hindernissen auszuweichen. Wenn sie mit Situationen konfrontiert werden, für die ihre Software keine vorprogrammierten Verhaltensweisen kennt, stoppen sie ihre Fortbewegung und warten auf detaillierte Anweisungen von der Erde. Das Design der Rover ähnelt sehr dem ihres Vorgängers «Sojourner». Die beiden Rover haben eine Masse von jeweils 185 Kilogramm und sind in der Lage, sich pro Marstag theoretisch maximal 100 Meter weit zu bewegen – das entspricht ungefähr der Strecke, die der erste Mars-Rover Sojourner während seiner gesamten Lebensdauer zurückgelegt hat.



Abbildung 2: Auf dem langen Weg zum Endurance Krater hat der Marsrover «Opportunity» auch diverse Meteoriten aufgespürt und aus der Nähe untersucht. (Bild : NASA-JPL / Archiv Schmidt)

Die wissenschaftliche Ausstattung umfasst drei Kameras – unter anderem eine Kamera, die mikroskopische Aufnahmen von Gesteinsoberflächen anfertigen soll – sowie zwei Spektrometer, die mit Hilfe eines Teleskoparms gegen Gesteinsbrocken gepresst werden können und so deren Zusammensetzung untersuchen sollen. Daneben verfügen die Rover über sechs weitere Kameras, die Aufnahmen der unmittelbaren Umgebung zur Navigationsunterstützung anfertigen.

«Spirit» und «Opportunity» haben unser Bild von Mars verändert. Es war die bildgewaltige Präsenz vor Ort: «Spirit» kletterte auf Hügel, rollte zu Aussichtspunkten und legte lange Strecken am Stück zurück. Immer liess er uns an seinen Abenteuern teilhaben – durch täglich neue Fotos, Forschungsergebnisse oder Berichte über Wehwehchen, die ihn nur noch menschlicher erscheinen liessen. «Spirits grosser immaterieller Verdienst besteht darin, dass er den Mars zu einem uns vertrauten Ort gemacht

hat», sagt Projektmanager JOHN CALLAS. «Sechs Jahre lang haben Menschen täglich auf dem Mars gearbeitet – durch den Rover.»

«Spirit»: Sechs Jahre Missionszeit!

«Spirit» war ein Kämpfer. Bereits drei Wochen nach seiner Landung spielte der Speicher des Bordcomputers verrückt. «Spirit» biss sich durch. Während des ersten Winters auf dem Mars, für den er eigentlich nicht gebaut war, bedeckte Staub seine Sonnenkollektoren und schwächte das ohnehin nur fade Licht. «Spirit» gab nicht auf. Im zweiten Winter parkten ihn seine Fahrer am Hang, um mehr Energie einsammeln zu können. Nach sieben Kilometern streikte das rechte Vorderrad. «Spirit» fuhr fortan nur noch rückwärts, schleifte das defekte Rad hinter sich her und legte dabei durch Zufall silikatreichen Sand frei – ein Hinweis darauf, dass es einst hydrothermale Quellen auf dem Mars gegeben haben könnte.

Gedächtnisverluste, Computerabstürze und Kommunikationsprobleme machten dem alternden Rover zu schaffen. Ende April 2009 brach «Spirit» schliesslich durch die Kruste eines sandigen Kraters und fuhr sich fest. Alle Versuche, den 180 Kilogramm schweren Rover aus der Falle zu befreien, schlugen fehl. Dem ohnehin schon geschwächten Roboter fehlte die Kraft. Er kam lediglich einige Millimeter voran, grub sich nur noch tiefer ein. Am 22. März 2010 wurden die letzten Signale von «Spirit» aufgefangen. Es wurde davon ausgegangen, dass sich der Rover in einer Art Tiefschlaf befand, da an seiner Position Marswinter herrschte. In der Hoffnung, dass sich der Rover bei steigendem Sonnenstand wieder meldete, wurde eine mehrmonatigen Kommunikationskampagne von der NASA gestartet. Da alle Kommunikationsversuche erfolglos blieben, wurde der Rover am 25. Mai 2011 von der NASA aufgegeben. Insgesamt arbeitete «Spirit» 2210 Marstage (Sols) auf der Oberfläche



www.teleskop-express.de

Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

Individuell optimierte Newtons - Maßanfertigungen passen am besten!

Von Teleskop-Service:

Universelle Newtons mit Carbon-Tubus und 2" Baader Steeltrack Fokussierer - die neue UNC Baureihe!

Was ist anders?

- Hochwertiger in Deutschland gefertigter Carbon-Tubus mit höchster Stabilität
- Optimierte Fokuslage *nach Wunsch* und damit auch bestmögliche Ausleuchtung
- Von Teleskop-Service verbesserte Hauptspiegelfassung
- Baader Steeltrack 2" Crayford Auszug mit Untersetzung
- einer der besten Crayford Auszüge in seiner Klasse
- Der Fangspiegel *in Ihrer Wunschgröße* wird mit korrektem Offset von uns individuell auf die Fangspiegelfassung (Metall) geklebt



Der große Onlineshop für **Astronomie, Fotografie und Naturbeobachtung**

mit über 4000 Angeboten!

Die UNC Newton Serie von Teleskop-Service bietet eine Alternative zu den Fernost Newtons und den sehr teuren High End Teleskopen. Dabei brauchen Sie bei diesen Teleskopen keine Kompromisse einzugehen.

Verfügbare Grundmodelle:

UNC2008 (8" f/4):	965,55 €
UNC20010 (8" f/5):	839,50 €
UNC25410 (10" f/4):	1.174,79 €
UNC25412 (10" f/5):	1.090,76 €
UNC30512 (12" f/4):	1.487,39 €
UNC30515 (12" f/5):	1.403,36 €
UNC4018 (16" f/4,5):	3.151,26 €

Lieferumfang:

- TS UNC Carbon Newton Teleskop mit 2" Baader Steeltrack
- Alu Rohrschellen mit je zwei ebenen Auflageflächen
- 8x50 Sucher mit Sucherhalter
- Reduzierung von 2" auf 1,25" mit 2" Filtergewinde

Hinweis: Alle Preise in dieser Anzeige sind Netto-Export Preise ohne MwSt!

Neu: TS Expanse Okulare

- ... 3,5 bis 22 mm Brennweite
- ... Eigengesichtsfeld: 70°
- ... 2" und 1,25" Anschluß integriert (22 mm nur 2")
- ... bequemer Augenabstand: 20 mm!
- ... optional: SchraubAdapter auf T2!
- 83,95 €**
(für alle Brennweiten)



Neu: TS NED Okulare

- ... 5 bis 25 mm Brennweite
- ... Eigengesichtsfeld: 60°
- ... Ebenes Bildfeld für hohe Randschärfe
- ... hohe Farbreinheit durch ED-Element
- 62,18 €**
(für alle Brennweiten)



Neuer Apochromat für die Fotografie!



- TLApo8043**
80/480 mm Apochromat mit 3" Crayford-OAZ
- mit entsprechendem Korrektor werden auch Vollformat-Sensoren optimal ausgeleuchtet
- Transportlänge: 390mm
- Gewicht: 4,4 kg

713,45 €
inkl. Transportkoffer und 2" / 1,25" Adaptern

und legte dabei 7730 m auf der Marsoberfläche zurück. Insgesamt wurden 156002 Aufnahmen mit den Kameras (Panorama und Navigationskameras) übermittelt, davon 6315 Aufnahmen mit der Mikroskop Kamera. Es wurden 367 Messungen mit dem AXPS Röntgenspektrometer und 932 Messungen mit dem MöSSBAUER-Spektrometer durchgeführt.

Nach dem Aufsetzen hüpfte der Lander auf den Airbags noch etliche Male über die Oberfläche, bis er in einem kleinen Krater zum Stillstand kam. Nach Entleeren der Airbags und Öffnen der Landekapsel offenbarten die ersten Fotos des Rovers nie gesehene Strukturen am Rand des kleinen Kraters, die eine der wichtigsten Beobachtungsobjekte für «Opportunity» werden sollten. Sie zeigten, dass die Sonde ihr Ziel, entgegen vieler Erwartungen, genau getroffen hatte und in denkbar günstiger Position nur wenige Meter neben einem offen zutage liegenden Anschnitt der anvisierten hellen Ge steinsformation gelandet war. Nach einer zweimonatigen Untersuchung verliess «Opportunity» den Krater, der Eagle-Krater benannt wurde.

Um herauszufinden, ob die gefundenen Belege für flüssiges Wasser nur lokal bedingt oder in der ganzen Region zu finden waren, wurde als nächstes Ziel der 750 m entfernter Krater Endurance bestimmt. Ende April 2004 erreichte «Opportunity» den Endurance Krater. Um das Kraterinnere zu beobachten und eine eventuelle Einstiegsstelle zu entdecken, fuhr der Rover zuerst am Kraterrand entlang. Im Innern zeigten sich die erhofften tieferen Schichtungen, der Boden selbst war bedeckt durch Sanddünen. Deshalb entschied man bei der NASA, den Rover in den Krater hineinzuschicken, auch auf die Gefahr hin, dass er nicht mehr herauskommen könnte.

Bis Mitte August (Sol 192) analysierte der Rover die einzelnen Schichten bis fast zu den Dünen am Boden. Die Untersuchungen im Endurance Krater ergaben, dass die Region nicht nur einmalig von flachem, salzigem Wasser bedeckt war, sondern öfters von Wasser bedeckt und wieder ausgetrocknet war. Um diese Ergebnisse zu bestätigen, wurde als neues Fernziel ein Krater namens Victoria in 5,6 km Entfernung ausgesucht.

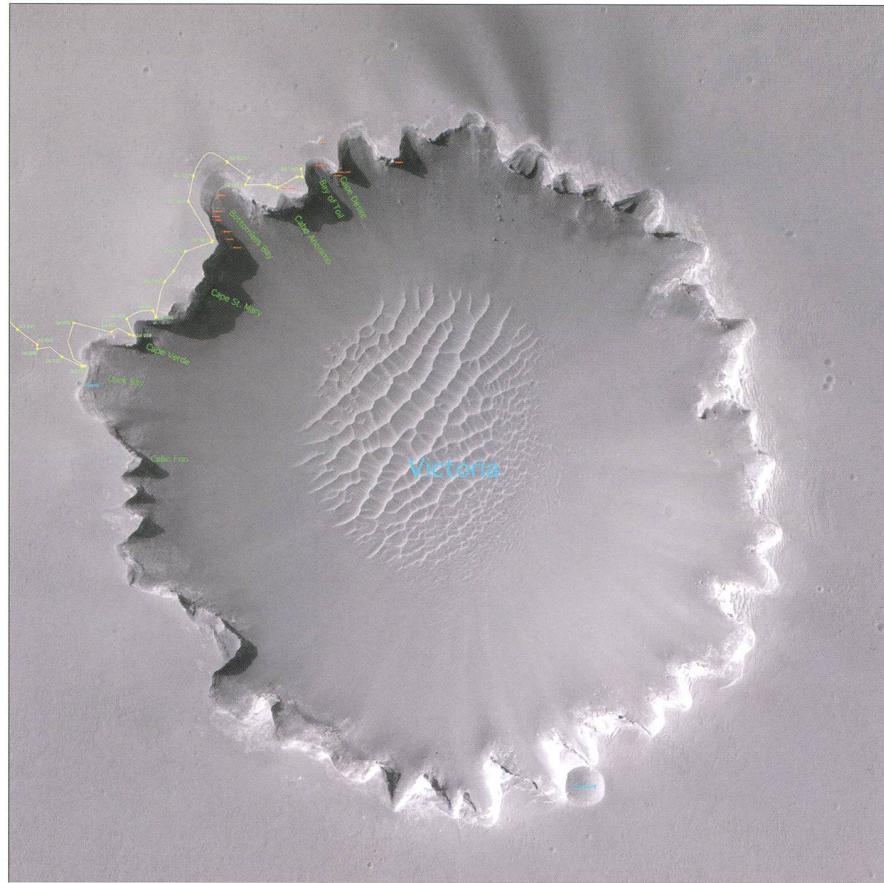


Abbildung 3: Ausgiebige Forschungsarbeiten führte «Opportunity» beim Victoria Krater aus. Das Bild wurde aus der Umlaufbahn durch die U.S. Raumsonde Mars Reconnaissance Orbiter gewonnen und zeigt sogar die Spuren, die das Marsfahrzeug hinterlassen hat. (Bild : NASA-JPL / Archiv Schmidt)

5 Kilometer Fahrt zum Victoria Krater

Am 17. März 2006 begann nun die Fahrt zum Krater Victoria. Die nächsten Wochen kam der Rover wieder zügiger voran, auch weil die Dünen wieder niedriger wurden, und hatte bis zum 27. Juni 2006 insgesamt 8392 Meter auf dem Mars zurückgelegt. Trotz aller Vorsicht fuhr sich der Rover am 29. Mai (Sol 833) in einer kleinen Düne fest, konnte jedoch bereits nach einer Woche wieder daraus befreit werden.

In der ersten Julihälfte wurde die Software des Rovers aktualisiert. Er erhielt dadurch eine grössere Autonomie beim Fahren und ein verbessertes Energiemanagement. Anfang August erreichte das Fahrzeug den etwa 35 Meter durchmessenden Krater Beagle, der nur etwa 500 Meter vom Rand von Victoria entfernt ist; einen Monat später war das Fahrzeug nur noch 200 Meter vom Kraterrand entfernt. Während der Fahrt trat auch wieder ein so genanntes Cleaning Event auf, bei dem Staub von den Solarpaneelen

heruntergeblasen wurde, was die Stromversorgung stark verbesserte. Gerade durch diese Ereignisse verlängerte sich die Lebensdauer des Roboters immer wieder.

Der Rover erreichte am 29. September 2006 den Rand des ca. 60 m tiefen und 800 m breiten Kraters an einer Einbuchtung, die Duck Bay genannt wurde. Die Untersuchung der Gesteinsschichten des Kraters sollte noch detailliertere Erkenntnisse über die Existenz von Wasser auf dem roten Planeten ermöglichen. Bei ersten Aufnahmen des Kraterinneren wurden die erhofften Gesteinsschichten entdeckt, die sich in bis zu 6 m hohen Klippen auf- türmten.

Nun galt es, den besten Einstieg in den Krater zu finden. Deshalb fuhr der Rover zuerst nach Norden, um den Krater in den nächsten Monaten im Uhrzeigersinn teilweise zu umrunden. Dabei wurden jeweils Bilder aus ca. 10 m entfernten Standorten zu Stereobildern kombiniert, um eine dreidimensionale Karte des Kraters zu erstellen.

Opportunity fährt und fährt

Nach Abschluss der Untersuchungen des Viktoria-Kraters auf der Hochebene "Meridiani Planum" im Jahr 2008 fassten die für die «Opportunity-Mission» verantwortlichen Mitarbeiter des Jet Propulsion Laboratory (JPL) den Entschluss, den Rover zu einem neuen Ziel zu manövrieren. Hierfür wählte die Missionsleitung den westlichen Rand des knapp 22 Kilometer durchmessenden und etwa 12 Kilometer vom Viktoria-Krater entfernten Endeavour-Kraters aus. Auf dem Weg zu seinem neuen Ziel legte «Opportunity» in den vergangenen Jahren weitere über 20 Kilometer auf der Oberfläche unseres Nachbarplaneten zurück. Bis zum 11. Dezember 2011 hat «Opportunity» über 34'360 Meter auf der Oberfläche des Mars zurückgelegt und dabei fast 162'400 Bilder von der Oberfläche und der Atmosphäre des Roten Planeten aufgenommen und zur Erde übermittelt.

Neben der Entdeckung und Untersuchung mehrerer Meteoriten und der Erkundung verschiedener kleinerer Krater stand dabei die in regelmässigen Abständen erfolgende Analyse der chemischen Zusammensetzung der passierten Böden und Gesteine auf dem Arbeitsprogramm des Robotergeologen. Nach einer Reise von fast drei Jahren hat der Rover am 9. August 2011, dem Sol 2.681 der Mission, sein Ziel erreicht. «Opportunity» befindet sich an diesem Zeitpunkt direkt am Rand des Cape York, einer kleinen Geländeerhebung am Westrand des Endeavour-Kraters.

Gipsadern auf Mars

Nach Abschluss erster Bodenanalysen in dieser Region wurde die Fahrt am 1. September 2011, fortgesetzt. Der Rover bewegte sich dabei zunächst im Rahmen mehrerer Etappen in die nördliche Richtung, wobei die Fahrt immer wieder kurz unterbrochen wurde, um verschiedene geologisch interessant erscheinende Bodenstrukturen näher zu untersuchen. Die an der Mission beteiligten Wissenschaftler hielten auf den vom dem Rover übermittelten Aufnahmen der Marsoberfläche besonders nach geologischen Formationen Ausschau, welche bereits unmittelbar nach dem Erreichen des Odyssey-Kraters am Südrand



Abbildung 4: Beweise für einst fliessendes Wasser: «Opportunity» findet im Endeavour Krater Gipsadern. (Bild : NASA-JPL / Archiv Schmidt)

des Cape York beobachtet werden konnten. Hierbei handelte es sich um feine, schmale Risse im Untergrund, welche an Venen erinnern. Hierbei, so eine erste Einschätzung, handelt es sich anscheinend um Frakturen im marsianischen Grundgestein, welche von zu diesem Zeitpunkt noch nicht näher bestimmten auffällig hellen Materialien ausgefüllt wurden. Und tatsächlich stiess «Opportunity» auch im nordwestlichen Bereich des Cape York auf solche ungewöhnlich hell erscheinenden "Venen". Diese wurden erstmals auf den Bildern identifiziert, welche der Rover nach seiner Fahrt am 29. Oktober, dem Sol 2760 der Mission, aufnahm. Die noch fehlenden 3,7 Meter bis zu der als "Homestake" bezeichneten Oberflächenformation konnten am 1. November erfolgreich überbrückt werden. Die Vene ragt leicht über das umgebende Material hinaus und scheint zudem etwas härter als dieses zu sein. Die Analyse mit dem APXS-Spektrometer belegt die Anwesenheit relativ grosser Mengen an Kalzium und Schwefel. Diese beiden Stoffe treten dabei in einem Verhältnis auf, welches sich am besten mit dem wasserhaltigen Mineral Calciumsulfat vereinbaren lässt. Dieses Mineral kann sich nur durch die Einwirkung von flüssigem Wasser bilden und ablagern. In der Natur tritt es – abhängig von der in der Kristallstruktur eingebundenen Menge an Wasser – in unterschiedlichen Formen auf. Die Messungen des Mars Rovers lassen die Wissenschaftler zu dem Schluss gelangen, dass es sich im Fall von Homestake um eine Ader aus Gips (chemische Formel: $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) handelt.

Die APXS-Messungen und die Mikroskop-Aufnahmen zeigen zudem, dass der Gips in nahezu reiner Form auftritt.

Die Wissenschaftler gehen derzeit davon aus, dass sich das im Bereich von Homestake nachgewiesene Calciumsulfat im Zusammenspiel mit wässrigen Lösungen bildete, welche einst in Marsuntergrund zirkulierten und dabei im Laufe der Zeit Calcium aus dem Gestein herauswuschen. Die mit den Mineralen angereicherte Wasserlösung drang dabei auch in Gesteinsspalten ein, wo sich die Minerale an den Rändern der Hohlräume absetzten. Das Calcium und der ebenfalls nachgewiesene Schwefel, so die Annahme, wurden eventuell durch vulkanische Aktivitäten in den Untergrund verbracht. Die Gips-Ablagerungen wurden in einem Bereich der Marsoberfläche entdeckt, in dem die Sulfat reichen Sedimentgesteine des Meridiani Planum von den am Rand des Endeavour-Kraters befindlichen älteren Gesteinsformationen abgelöst werden, welche vulkanischen Ursprungs sind.

Nach dem Abschluss der Untersuchungen von Homestake setzte Opportunity seine Fahrt am 12. November 2011, dem Sol 2.773 der Mission, fort und bewegte sich weiter in die nordöstliche Richtung, um einen geeigneten Platz für sein vorgeesehenes "Winterquartier" während des anstehenden Marswinters zu erreichen. Der Rover soll die nächsten Monate bis zum Ende des Winters an einem nach Norden geneigten Hang verbringen, da so gewährleistet werden kann, dass dem ausschliesslich mit Solarenergie betriebene Rover auch während der kom-

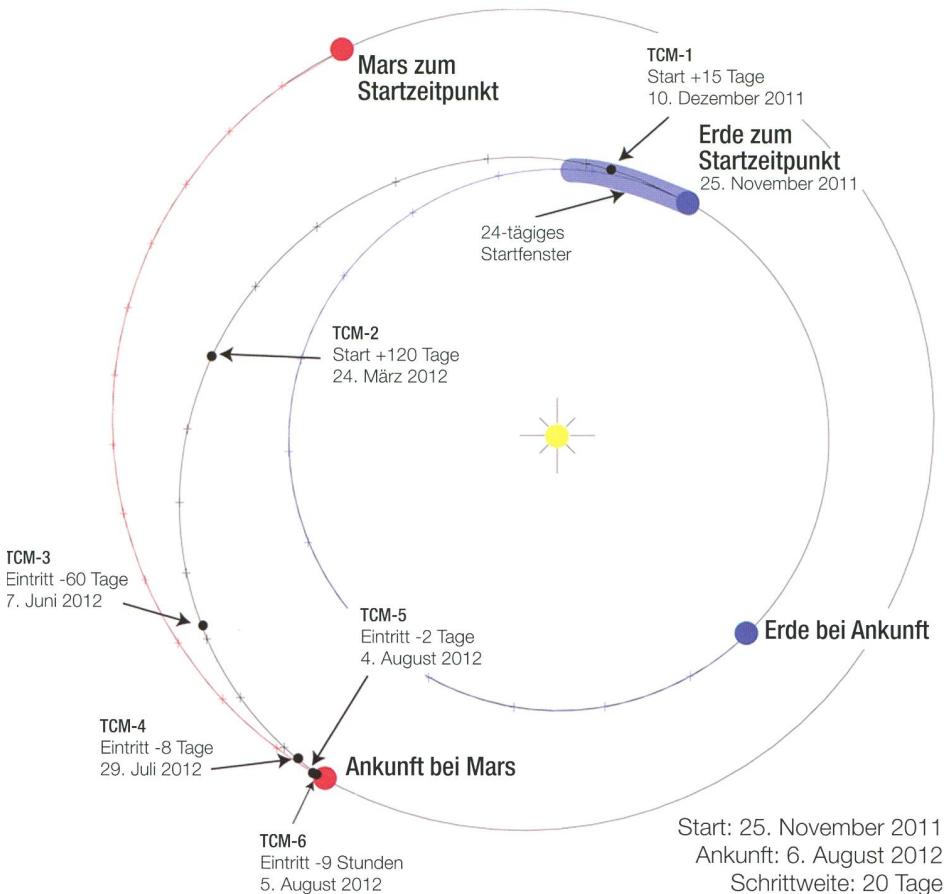


Abbildung 5: Bahnverlauf von «Curiosity» zum Mars. Der Start erfolgte am 26. November 2011, die Ankunft beim roten Planeten ist für den 5. August 2012 vorgesehen.
(Bild : NASA-JPL / Archiv Schmidt)

menden etwa fünf Monate genügend Energie zu Verfügung steht.

Neuer Rover mit «Atomantrieb»

Mit «Curiosity» kommt bei der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA eine neue Generation von Marsrover zum Einsatz. Längere Lebensdauer, grösserer Aktionsradius und grössere Autonomie zeichnen das neue Marsfahrzeug aus. «Curiosity» wurde am 26. November um 16:02 Uhr MEZ in der Spitze einer Atlas-5-Trägerrakete vom Raumfahrtgelände Cape Canaveral aus gestartet. Er wird am 5. August 2012 den Roten Planeten erreichen, weich landen und anschliessend 1 Marsjahr (687 Erdtage) lang den Planeten erkunden.

Nach der Ankunft im August 2012 tritt mit der «Curiosity» Transportkapsel in die Marsatmosphäre ein, geschützt durch einen Hitzeschild, der verhindern soll, dass das Fahrzeug verglüht. Ein Fallschirm wird sich kurz vor dem Aufprall auf der

Oberfläche öffnen und den Fall bremsen. Etwa 20 Meter über dem Boden werden «Curiosity» und die Abstiegsstufe, eine Art raketengetriebener Kran, ausgeklinkt. Die Raketen fangen den freien Fall ab und der Kran lässt den Rover an einem Seil sicher auf die Marsoberfläche hinunter gleiten.



Abbildung 6: Der 154 Kilometer grosse Krater Gale ist das Ziel des neusten Marsrovers der NASA. Über zwei Jahre lang soll das mobile Laboratorium mit 10 Experimenten nach Lebensspuren Ausschau halten. (Bild : NASA-JPL / Archiv Schmidt)

Suche nach Spuren von Leben und Wasser

Als Landeplatz wurde Krater Gale auserkoren, der etwas südlich des Marsäquators liegt. Der nach dem australischen Astronomen Walter Gale benannte Krater hat einen Durchmesser von etwa 154 Kilometern und verfügt in der Mitte über einen Berg mit mehreren Schichten und Schluchten. Rund um den Centralberg ist ein Schwemmkessel, der vermutlich durch fliessende Flüssigkeiten verursacht wurde. Dies bietet gute Chancen, hier genau die Untersuchungen anstellen zu können, die man für die Mission vorgesehen hat. Das Landegebiet verfügt nicht nur über interessante geologische Strukturen sondern in der Vergangenheit wohl auch über günstige Bedingungen für mikrobielles Leben.

Von dort aus wird «Curiosity» seine Forschungsmission starten, die ein Marsjahr dauern soll. Ziel ist es, herauszufinden, ob auf dem Mars einmal Bedingungen herrschten, die die Entwicklung von Leben ermöglichten und ob es noch Hinweise auf diese Bedingungen und Organismen gibt. Schliesslich soll er auch Wasser aufspüren. Das Mars Science Laboratory (MSL), so der wissenschaftliche Name von «Curiosity» ist 3,1 Meter lang, 2,7 Meter breit und wiegt 900 Kilogramm, der Reifendurchmesser beträgt einen halben Meter und ist damit deutlich grösser als die beiden Vorgänger «Spirit» und «Opportunity». Zum Vergleich: «Sojourner» war so gross wie ein Kinder-Spielzeuglaster, «Spirit» und «Opportunity» haben die Dimension eines Einkaufswa-

gens und «Curiosity» ist so gross wie ein Smart. Der Marsrover verfügt über einen Mast, an dem mehrere Kameras befestigt sind. Diese befinden sich gut 2 Meter über dem Boden und ermöglichen so einen Überblick. Ausserdem verfügt das Fahrzeug über einen 2,1 Meter langen Roboterarm, mit dem der Rover Bodenproben entnehmen wird. Im Bordlabor «Sample Analysis at Mars» werden diese dann untersucht. Insgesamt hat «Curiosity» zehn wissenschaftliche Instrumente an Bord. Der Rover fährt auf sechs Rädern über den Mars. Als Energiequelle dient eine Radionuklidbatterie, welche die Wärme, die beim Zerfall von Plutonium-238 entsteht, in elektrische Energie umwandelt. Dadurch ist der Rover von der Sonnenenergie unabhängig und verfügt somit stets über eine konstante Energieversorgung.

An Bord des Rovers befinden sich zehn wissenschaftliche Instrumente mit einem Gesamtgewicht von 75 Kilogramm. Das Herzstück der NASA-Mission Mars Science Laboratory MSL ist ein mobiles Laboratorium. Während der geplanten 23 Monate langen Mission des Rovers bohrt das Fahrzeug Dutzende von Gesteinsproben aus der Marsoberfläche und analysiert deren Inhalt u.a. auch auf mikrobiologische Spuren. Ein neues Laser-Instrument kann die Zusammensetzung von Gesteine auch aus einiger Entfernung ermitteln. Die zehn verschiedenen wissenschaftlichen Experimente an Bord wurden neben den USA auch aus Russland, Kanada und Spanien geliefert. Mit ihnen kann sich Curiosity ein detailliertes Bild seiner Umgebung machen, Gesteinsproben analysieren und die Umgebungsbedingungen aufzeichnen. Die Instrumente sind dabei nicht nur auf die Suche nach Wasserspuren ausgelegt, sondern können auch andere Substanzen, wie etwa organische Verbindungen, aufspüren. Die Forscher hoffen, einige im ausgewählten Zielgebiet, dem Gale-Krater, zu entdecken.

Erstes europäisches Marsauto

«ExoMars» ist ein europäisch-amerikanisches Raumsonden-Projekt das in den Jahren 2016 und 2018 im Rahmen einer gemeinsamen Mission der Weltraumbehörden der USA (NASA) und Europas (ESA) gestartet werden soll. Ursprünglich

Verunglückte russische Marssonde

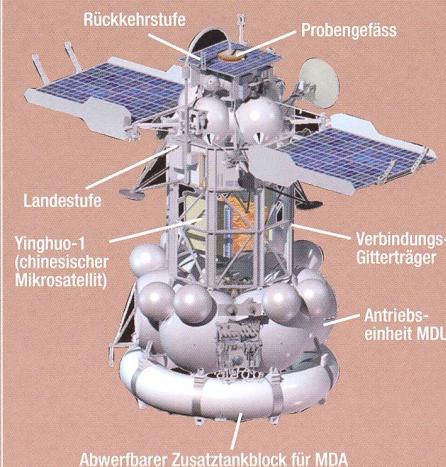


Abbildung 7: Die russische Raumsonde Phobos-Grunt wird ihr Ziel nicht erreichen: Statt zum Marsmond Phobos zu fliegen um eine Bodenprobe zu entnehmen, ist die Raumsonde Anfangs Januar 2012 in der Erdatmosphäre verglüht. (Bild: IKI/Archiv Schmidt)

Nicht nur die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA, auch Russland hat nach 1996 einen weiteren Versuch unternommen, eine Raumsonde zum roten Planeten zu entsenden. Das sehr komplexe Unternehmen mit der Bezeichnung Phobos-Grunt hatte zum Ziel den gleichnamigen Marsmond Phobos anzusteuern, eine Landekapsel abzusetzen, damit eine Bodenprobe zu sammeln und diese wieder zur Erde zurück zu bringen. Daraus wird wiederum nichts, und es ist das dritte Mal in Folge, dass eine russische Mission zum Mars scheitert. 1988 sind die beiden Raumsonden Phobos 1 und 2 gestartet worden. Bei Phobos 1 verlor man schon wenige Wochen nach dem Start den Funkkontakt und bei Phobos 2 kurz nachdem die Sonde in die Marsumlaufbahn eingetreten war. Im Jahre 1996 scheiterte die Mission Mars 96 schon in der Erdumlaufbahn, weil die vierte Stufe der Trägerrakete versagte und die Marssonde auf einem instabilen Erdorbit strandete. Umso schlimmer ist der jetzige Verlust von Phobos-Grunt, denn Russland hätte nach den gescheiterten Missionen dringend wieder einen Erfolg auf dem Gebiet der interplanetaren Forschung gebraucht.

Phobos-Grunt wurde am 8. November 2011 um 20:16 UTC mit einer Zenit-2SB-Rakete in einen niedrigen Erdorbit gestartet. Die Sonde ist mit einer von der Fregat-Oberstufe abgeleiteten Antriebseinheit namens MDU ausgestattet, die die Raum-

sonde auf die Reise zum Mars schicken und auch das Einbremsen in den Marsorbit übernehmen sollte. Die Sonde hat inklusive Antriebseinheit MDU eine Masse von 13'200 kg mit Treibstoff. Aufgrund eines Fehlers war jedoch am 8. November 2011 der Einschuss in die Mars-Transferbahn nicht erfolgt und die Sonde im Erdorbit verblieben.

Weder Phobos-Grunt noch die Bodenstationen waren auf eine Kommunikation im niedrigen Erdorbit ausgelegt. Kontaktannahmen seitens der russischen Stationen blieben erfolglos, weder konnten Steuerungskommandos übertragen werden, noch wurden Telemetrie-Daten empfangen. Aus Bahnbeobachtungen konnte man anfänglich schliessen, dass die Sonde ihre Lage offenbar selbst regelt, das Perigäum vergrössert sich, und das Apogäum verringert sich. Dadurch verlagert sich das berechnete Absturzdatum in die Zukunft. Im niedrigen Erdorbit dauert ein Überflug über eine Bodenstation nur wenige Minuten. Stark bündelnde Satellitenantennen müssen in dieser Zeit zudem nachgeführt werden, um eine Verbindung zur Sonde aufzunehmen. Aus diesem Grunde wurden an einer 15-m-ESTRACK-Antenne der ESA in der Nähe des australischen Perth Veränderungen vorgenommen, um Verbindung zur Sonde aufzunehmen, während sie von der Sonne beschienen wird und von den Solarzellen Energie bekommt. Ein Kontaktversuch am 22. November um 20:25 UTC war schliesslich erfolgreich. Bis zum 25. November 2011 konnte die ESA keinen erneuten Funkkontakt mit der Sonde aufbauen. Die russische Nachrichtenagentur RIA Novosti habe inoffiziell aus der Weltraumbranche erfahren, dass die russische Bodenstation in Baikonur am 24. November 2011 erstmals ein Signal von der Sonde empfangen habe. Die in dem Signal enthaltenen telemetrischen Daten legen nahe, dass „der Funkkomplex des Apparates normal“ funktioniere und Informationen „mit dem Hauptbordcomputer austauscht“. Ursache des Problems soll ein für die Lageregelung zuständiger Sternsensor sein.

Anfangs Dezember 2011 gab die europäische Weltraumorganisation ESA jedoch bekannt, dass sie die Versuche mit der russischen Sonde Kontakt aufzunehmen einstelle. Wenige Tage darauf erklärte die russischen Verantwortlichen, dass die Phobos-Grunt Mission gescheitert ist. Die defekte Sonde wird voraussichtlich zwischen dem 6. und dem 9. Januar 2012 auf die Erde zurückstürzen und praktisch vollständig verglühen. (jms)

sollte «ExoMars» im Jahre 2011 gestartet werden. Um sich zusätzliche Erfahrungen mit Schlüsseltechnologien zu erarbeiten, hat die Europäische Weltraumorganisation ESA entschieden den Rover im Jahre 2013 zu starten. Im Herbst 2008 wurde eine erneute Startverschiebung auf Anfang 2016 von der ESA angekündigt.

Die Startmasse der Raumsonde, bestehend aus einer Vorbeiflugsonde und einer Landesonde, sollten 1'500 kg betragen, wovon circa 850 kg auf das Landemodul entfallen. Der



Abbildung 8: Curiosity wird „am Seil herunter gelassen“. Mit einer neuartigen Technologie soll der fast eine Tonne schwere Marslander im kommenden August im Gale Krater auf Mars landen. Dieses Verfahren soll später auch für die Gemeinschaft Mission ExoMars der ESA und NASA zur Landung zweier Marsfahrzeuge angewendet werden. (Bild: NASA-JPL/ Archiv Schmidt)

sechsrädrige Rover selbst ist etwa 1,6 m lang, 1,2 m breit und 250 kg schwer: Dies ist etwa die Größenordnung eines MER-Rovers. Er ist mit insgesamt 18 mit Solarstrom betriebenen Motoren und 27 Sensoren ausgerüstet und in der Lage weitgehend autonom mit einer Geschwindigkeit von bis zu 100 m pro Stunde

über die Marsoberfläche zu fahren. Er soll über mehrere Monate die Marsoberfläche inspizieren und an unterschiedlichen Punkten mit Hilfe eines Bohrers aus bis zu 2 m Tiefe Bodenproben entnehmen. Die Kosten der Mission sollten ursprünglich etwa 650 Millionen Euro betragen, dürften sich aber mittlerweile fast verdoppelt haben. Dies vor allem weil die Technologie für eine Sterilisierung der Sonde noch nicht ausgereift ist und viel Forschungsaufwand darin investiert werden muss.

2006 wurde darüber nachgedacht, statt der Vorbeiflugsonde einen Orbiter zu starten: Dies würde eine von den NASA-Raumsonden (speziell MRO) unabhängige Kommunikation mit der Erde sowie die Mitnahme eines Nutzlastpaketes von etwa 30 kg Masse in den Marsorbit erlauben. Der Ausfall des US-Orbiters Mars Global Surveyor im November 2006 bekräftigte diese Gedanken zusätzlich. Um aber einen zusätzlichen Orbiter starten zu können, muss der Start mit einer Ariane 5 erfolgen. Dafür wären zusätzliche 175 Millionen Euro für die Entwicklung des Orbiters und die stärkere Trägerrakete nötig. Die von den Mitgliedsstaaten der

ESA festgelegte Obergrenze von 1 Milliarde Euro für den Orbiter und den Rover war nicht einzuhalten und deshalb versuchte man durch einer Kooperation zwischen NASA und ESA den Kostenrahmen einzuhalten. Das Konzept aus dem Jahr 2009 umfasste einen NASA Orbiter der die Atmosphäre des Mars untersuchen sollte und zwei Rover den NASA-Rover MAX-C (Mars Astrobiology Explorer-Cacher) und den ExoMars Rover. Der NASA Trace Gas Orbiter zusammen mit einem kleinen Lander (Entry, Descent and Landing Demonstrator Module (EDM)) wird nach dem jetzigen Planungsstand 2016 mit einer Atlas V von Florida starten, während die beiden Rover 2018 ebenfalls mit einer Atlas V von Florida starten sollen. Der vom Orbiter mitgeführte kleine Lander, obwohl kaum mit wissenschaftlichen Instrumenten bestückt, soll die Fähigkeit der ESA demonstrieren weich auf einem anderen Planeten zu landen. Die beiden Rover sollten an einem Sky Crane (wie das beim aktuellen Marslander Curiosity der Fall ist) landen und dann unabhängig voneinander ihre Missionen erfüllen.

Ein Bericht der National Academy of Sciences Anfang 2011 und die Kostenabschätzung der Industry für das Exomars Projekt machen jedoch größere Sparmaßnahmen nötig. Der MAX-C Rover muss danach zwingend innerhalb eines Budgets von 2,5 Milliarden Dollar bleiben. Dies ist aber nur möglich wenn das Landesystem von «Curiosity» fast identisch übernommen werden kann.



Abbildung 9: Drei Generationen von Marsfahrzeugen: Links MER («Spirit» & «Opportunity»), in der Mitte der kleine «Sojourner» und rechts das Mars Science Laboratory «Curiosity». Letzterer hat Räder, die so gross sind wie die Höhe von «Sojourner». (Bild: NASA-JPL/ Archiv Schmidt)

Diese Einschränkung macht eine Landung von zwei Rovern unmöglich. Ein kombiniertes MAX-C Exomars-Rover Konzept soll nun bis Ende 2012 ausgearbeitet werden. Die Übernahme von möglichst vielen schon geplanten Komponenten soll die Kosten niedrig halten.

Men J. Schmidt

Astronomie & Raumfahrt
Talstrasse 64, P.O. Box 786
CH-9200 Gossau SG

Quellennachweis

- NASA/JPL News, Press Kit
- ESA Press Release
- Raumfahrer-Net div. Meldungen
- STZ 5/07 MJS-Mars Express
- The Planetary Society Emily Lakdawalla, Blog

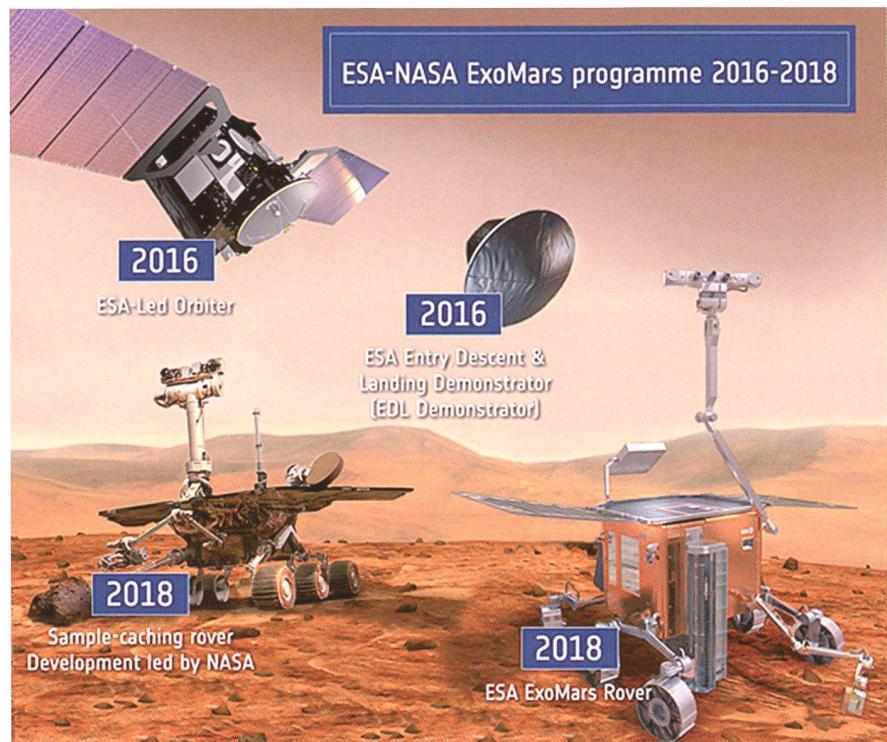


Abbildung 10: Die ESA/NASA-Mission EXOMARS zwischen 2016 und 2018. Neben einem NASA-Marsorbiter zur Atmosphärenuntersuchung und einem kleinen ESA-Lande-Demonstrations-Instrumententräger, werden 2018 je ein amerikanischer und ein europäischer Roboter auf die Marsoberfläche abgesetzt. (Bild: ESA / Archiv Schmidt)

Schweizer Beteiligung am Marsabenteuer

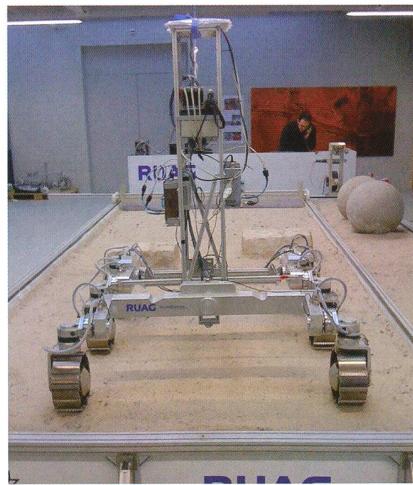


Abbildung 11: Das Fahrgestell samt Antrieb für den europäischen ExoMars Rover wurde bei RUAG Space in Zürich entwickelt. (Bild: Men J. Schmidt)

Am grossen Marsabenteuer ist auch die Schweizer Wissenschaft und Raumfahrtindustrie mit namhaften Beiträgen beteiligt. So ist die Abteilung Weltraumforschung und Planetologie des Physikalischen Instituts der Universität Bern unter der Leitung von Prof. PETER WURZ an der erfolgreichen Mission der Sonde Mars Ex-

press beteiligt. Die Wissenschaftler steuerten für das Aspera-3 Analyzer of Space Plasma and Energetic Atoms) Experiment die Technologie für den Nachweis von energetischen Neutralteilchen bei. An demselben Institut wurden diffizile, feinmechanische Teile für die Ionen-Optik des Sensors gebaut. Für die leider gescheiterte Landekapsel Beagle 2 hat die in Neuenburg ansässige Firma Space-X drei Mikrokameras mit 1024 x1024 Pixel Auflösung entwickelt. Die dazu gehörenden Kameraobjektive stammen von der St. Galler Firma Fisba Optik. Die Struktur der Raumsonde Mars Express wurde in Zürich durch das Raumfahrtunternehmen Contraves Space, heute RUAG Space, entwickelt und gebaut. Schliesslich waren die beiden Unternehmungen Clemessy und APCO-Technologies am so genannten Electrical Ground Support Equipment beteiligt und Letztere hat ausserdem noch den Transportbehälter für den Marssatelliten geliefert. Auch die beiden unverwüstlichen Marsroboter «Spirit» und «Opportunity» enthalten Komponenten aus der Schweiz, so ist jeder der beiden Rover mit insgesamt 39 kleinen Antriebsmotoren ausgerü-

stet, welche von der Firma Maxon Motors in Sachseln (OW) entwickelt wurden. Bis auf eine Ausnahme sind alle Motoren immer noch in Betrieb, obwohl sie für eine Missionsdauer von nur 90 Tagen unter den extremen Marsbedingungen ausgelegt waren. Neben den Antriebsmotoren befinden sich auch verschiedene Koaxialkabel und Kabelverbinder zur Kommunikation an Bord der beiden Marsautos, die von der Ostschweizer Firma HUBER & SUHNER in Herisau entwickelt wurden. Bei der geplanten Exomars-Mission soll auch ein Schweizer Experiment dabei sein: Dr. BEDA HOFMANN vom Naturhistorischen Museum in Bern und Dr. J. L. JOSSET vom Space Exploration Institute in Neuenburg wollen mit dem Experiment CLUPI (Close-Up Imager) feinste Details im Marsmaterial untersuchen. Das Kamerasystem soll aus 10 cm Entfernung Gesteinsausschnitte von nur 4 cm 4 cm aufnehmen mit einer sagenhaften Auflösung von nur 35 Mikron pro Bildpunkt. Das Kamerasystem selbst wird durch die Westschweizer Firma SPACE-X entwickelt, die dazu gehörende Optik stammt von der St. Galler Firma FISBA OPTIK. (mjs)