



MARS: VISION UND MISSION

LEHRMATERIAL

FÜR ALLE
MARSONAUTEN
VON 10-14
JAHREN



MIT
ZAHLREICHEN
EXPERIMENTIER-
KARTEN





INHALT

I. Vorwort	2
II. Experimente! Praktische Versuche zur Mars-Ausstellung	3
1. Mars und die Planeten	4
1.1 Erde und Mars im Vergleich	6
1.2 Das Sonnensystem	8
2. Der Flug zum Mars	10
2.1 Vorbereitung	14
2.2 Entfernung und Funksprüche	14
2.3 Raketenprinzip	15
2.4 Landung	16
3. Automatische Marsforscher	17
3.1 Curiosity	20
3.2 Die Vogelperspektive von Mars Express	21
3.3 Kraterbildung	22
4. Menschen auf dem Mars	24
4.1 Schwerkraft	26
4.2 Raumanzüge	27
4.3 Wasser	28
4.4 Nahrung	28
4.5 Terraforming	29
4.6 Alltag der Zukunft	30
III. Mars: Vision und Mission. Die Ausstellung	31
IV. Impressum	35

FASZINATION RAUMFAHRT - FASZINATION FORSCHUNG - FASZINATION MARS!

Eine Reise zum Mars: heute noch eine Reise in die Zukunft – bald die Realität?

Richtig: Menschen sind noch nicht auf dem »Roten Planeten« gelandet. Aber seit dem Beginn der Raumfahrt, seit wir es vor über 50 Jahren geschafft haben, mit Raketen die Anziehungskraft der Erde zu überwinden und ins Weltall vorzustoßen, sind bereits Dutzende von Raumsonden zu unserem Nachbarplaneten vorgedrungen – und auf ihm gelandet. Die Fotos und Messdaten, die uns diese robotischen Botschafter zur Erde gefunkt haben, haben unser Bild vom Mars nachhaltig verändert.

Der Mars ist ein faszinierender Planet, mit riesigen Vulkanen, gigantischen Schluchten und gewaltigen Stürmen: ein kalter Wüstenplanet. Auf den Bildern sind aber auch zahlreiche Täler zu sehen, durch die früher einmal große Mengen Wasser geflossen sein müssen. Wärmer war es auch. Es herrschten also Bedingungen, die es möglich erscheinen lassen, dass es auf unserem Nachbarplaneten einst Leben gab. Oder sogar heute noch gibt?

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die Europäische Weltraumorganisation ESA beteiligen sich an den weltweiten Anstrengungen, den Mars zu erforschen. Herauszufinden, ob es auf dem Mars Leben gab oder gibt ist eines der großen Themen der Zeit. Denn schon immer wollte der Mensch wissen, ob er »alleine« ist im Weltall oder ob es noch auf anderen Himmelskörpern Leben gibt. Es müssen ja nicht gleich grüne »Marsmännchen« sein: Schon der Nachweis von einfachen Organismen wäre eine Sensation.

Für diese Zukunftsaufgabe werden junge, neugierige, tatendurstige Forscher gebraucht! Deshalb unterstützen das DLR und die ESA die Ausstellung »Mars: Vision und Mission« und würden sich freuen, wenn junge Menschen über den Besuch der Ausstellung hinaus unsere Faszination für die Erforschung dieses Planeten teilen und spielerisch oder mit Experimenten, vor allem aber mit Spaß das Thema Mars vertiefen.

Denn mit großer Wahrscheinlichkeit wird ein junger Mensch, der heute irgendwo auf der Welt in die Schule geht, der Erste sein, der in diesem Jahrhundert seinen Fuß auf den »Roten Planeten« setzt.

Na denn – auf zum Mars!

Ulrich Köhler
DLR-Institut für Planetenforschung

Jocelyne Landeau-Constantin
Leiterin Presse- und Öffentlichkeitsarbeit ESA/ESOC

EXPERIMENTE!

PRAKTISCHE VERSUCHE ZUR MARS-AUSSTELLUNG

Die Ausstellung »MARS: Vision und Mission« lädt mit zahlreichen Exponaten und Informationsangeboten ein, unseren roten Nachbarplaneten zu erkunden. Das facettenreiche und faszinierende Thema spricht alle Altersstufen an – sei es in kultureller, technischer oder naturwissenschaftlicher Hinsicht.

Diese Broschüre für Lehrer, die den Ausstellungsbesuch nachbereiten wollen, ist fokussiert auf die Altersgruppe der 10- bis 14-Jährigen. Denn insbesondere bei Kindern und Jugendlichen hat sich gezeigt, dass ein baldiges Wiederaufgreifen der Ausstellungsthemen den Lerneffekt deutlich verstärkt. Beigefügt sind der Broschüre Experimentierkarten, die mit Alltagsmaterialien oder den üblichen Utensilien einer schulischen Physik-Sammlung einfache naturwissenschaftliche Versuche ermöglichen. Damit können die Nachwuchsforscher eigene Experimente durchführen und quasi nebenbei etwas über grundlegende wissenschaftliche Konzepte wie Schwerkraft, die Keplerschen Gesetze, Lichtgeschwindigkeit oder den Aufbau des Sonnensystems erfahren. Manche Versuche werden von einfachen Berechnungen begleitet, die mit dem mathematischen Arsenal der Mittelstufe zu lösen sind.

Die berührten Themen sind für die echte Marsforschung relevant, jedoch auch in andere Zusammenhänge übertragbar. Beispielsweise spielt die Infrarot-Strahlung eine Rolle, mit der Planetenforscher Wasserdampf in der Mars-Luft nachweisen und darüber hinaus entschlüsseln, aus welchen Mineralen das Marsgestein besteht. Das unsichtbare Infrarotlicht ist aber auch unabdingbar, wenn zuhause per Fernbedienung durch die TV-Kanäle gezappt wird.

So leistet diese Broschüre einen kleinen, aber wichtigen Beitrag, Interesse und Spaß an naturwissenschaftlichen Themen zu fördern. Neben den Experimentierkarten wird weiteres Hintergrundmaterial für Erzieher und Lehrer zur Verfügung gestellt. Eine analoge Broschüre für die Altersgruppe der 4- bis 10-Jährigen ist ebenfalls verfügbar.

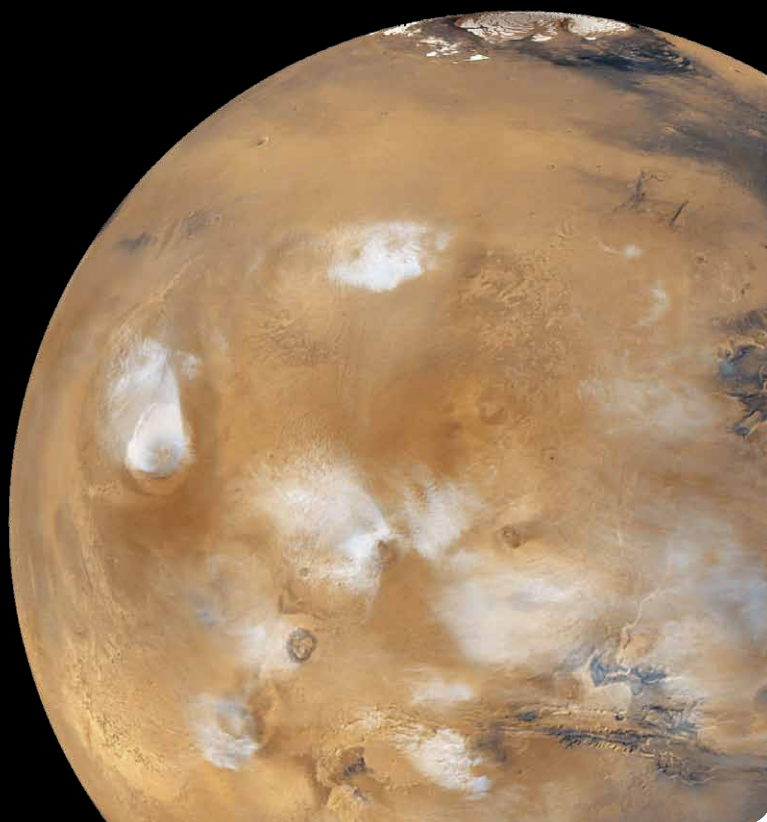
1 MARS UND DIE PLANETEN

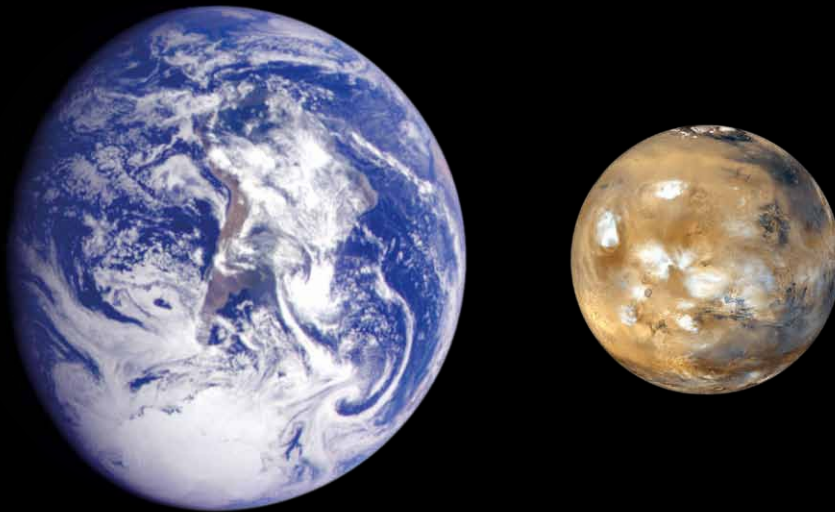
Von der Sonne aus gesehen ist der Mars der vierte Planet und wie die Venus ist er ein Nachbarplanet der Erde. Allein in den vergangenen zwei Jahrzehnten wurden 15 unbemannte Marssonden auf den Weg dorthin geschickt. Dank solcher Missionen kennen wir die Beschaffenheit der Marsoberfläche recht gut. Grob kann man sie in zwei große Regionen unterteilen: ein nördliches Gebiet mit Tiefebene und ein südliches Hochland mit zahlreichen Einschlagskratern. Auffällig sind die beiden vereisten Kappen des Nord- und Südpols, deren Größe mit den Jahreszeiten variiert. In der Nähe des Äquators entdeckten die Raumsonden auf einer riesigen Aufwölbung von mehreren tausend Kilometern Durchmesser einzelne Berge, deren Gestalt an ein Schild erinnert – sogenannte Schildvulkane. Olympus Mons ist der höchste, er überragt die 4 km hohe Hochebene, auf der er sich befindet, noch um zusätzliche 21 km. Auch seine drei etwas kleineren Nachbarvulkane sind Giganten.

Das Canyonsystem Valles Marineris hat ebenfalls riesenhafte Ausmaße. Bis zu 11 km tief klaffen seine Abgründe in der Marsoberfläche. Diese »Grabenbrüche« sind fast 4.000 km lang und bis zu 200 km breit. Auf der Südhalbkugel befinden sich ausgedehnte Becken, die bei Einschlägen großer Asteroiden in der Frühzeit des Mars entstanden sind.

Von Eis bedeckte Polkappen, helle Wolken und riesige Vulkane – der Mars ist der erdähnlichste der Planeten.

Bild: NASA/JPL





Erde und Mars
im Größenvergleich.

Bild: NASA/JPL

Anders als unser Mond hat der Mars eine »Luft«, seine Gashölle besteht allerdings im Gegensatz zur Erde zu 95 Prozent aus Kohlendioxid (CO_2). Dramatisch sind heftige Stürme, die sich jahreszeitlich bedingt entwickeln und Sand und Staub bis in eine Höhe von 50 km aufwirbeln; dies führt zu einer gelb-bräunlichen Trübung des Himmels. Solche Staubstürme sind meist regional begrenzt, doch alle fünf bis zehn Jahre erreichen sie ein globales Ausmaß, dann ist der Mars wochenlang fast komplett unter einer trüben Staubglocke verborgen. Die Temperaturen in Äquatornähe des Mars können an Sommertagen auf bis etwa +27 Grad Celsius ansteigen, in der winterlichen Marsnacht fallen sie an den Polen hingegen bis auf -133 Grad. Die Durchschnittstemperaturen am Äquator liegen auch tagsüber unter dem Gefrierpunkt.

Die beiden Marsmonde Phobos und Deimos sind unregelmäßig geformt. Wahrscheinlich handelt es sich um ehemalige Asteroiden, die der Mars mit seiner Schwerkraft eingefangen hat. Beide Monde sind vergleichsweise winzig, Phobos größter Durchmesser beträgt knapp 27 km, der von Deimos lediglich 15 km. Phobos weist einige Einschlagkrater auf, von denen der größte 12 km Durchmesser hat.

1.1 ERDE UND MARS IM VERGLEICH

Die wichtigsten
Merkmale des Mars sind
in der »Vergleichstabelle
Erde-Mars« beziffert.

Erde und Mars ähneln sich in vielerlei Hinsicht. Zwar ist der Nachbarplanet nur halb so groß wie die Erde, aber seine Landfläche hat vergleichbare Ausmaße, da es auf dem Mars keine Ozeane gibt. Die Marsluft ist dünner als auf der Erde, wo man bis auf ca. 30 km aufsteigen müsste, um den gleichen geringen Luftdruck wie am Marsboden zu erfahren (etwa 6 mbar). Wegen seines größeren Sonnenabstandes ist das Klima auf dem Mars erheblich kälter. Wie auf der Erde gibt es Jahreszeiten; durch die längere Umlaufzeit um die Sonne dauern sie jeweils etwa sechs Monate. Auch Wolken aus Wasserdampf und Wassereis ziehen bisweilen durch die Marsatmosphäre. Die Polkappen, die aus Eis und gefrorenem CO₂ (Trockeneis) bestehen, ähneln Arktis und Antarktis.

Die Schwerkraft auf dem Mars beträgt nur knapp 38 Prozent des irdischen Vergleichswertes, immerhin ist sie damit mehr als zweifach stärker als auf dem Mond. Wie die Erde besitzt der Mars höchstwahrscheinlich einen eisenhaltigen Kern. Ein globales Magnetfeld, vergleichbar dem Erdmagnetfeld, hatte der Mars wahrscheinlich in seiner Frühzeit, heute sind davon nur noch Spuren vorhanden, die sich in magnetischem Gestein auf der Oberfläche eingeprägt haben.

VERGLEICHSTABELLE MARS - ERDE

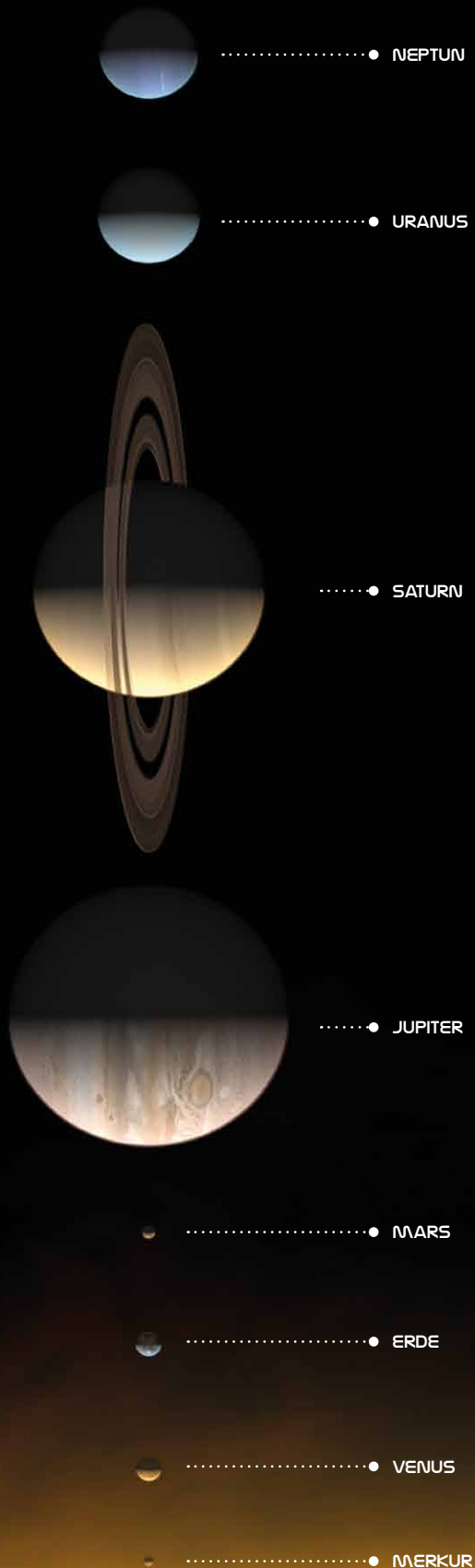
MARS

ERDE

Durchmesser	6.794 km	12.756 km
Oberfläche	144 Mio. km ²	510 Mio. km ² Landfläche: 150 Mio. km ²
Masse (Erde = 1)	0,642 x 10 ²⁴ kg (0,107)	5,974 x 10 ²⁴ kg (1)
Fallbeschleunigung am Boden	3,72 m/s ²	9,81 m/s ²
Abstand zur Sonne (Erde = 1)	227,9 Mio. km (1,52)	149,6 Mio. km (1)
Jahreslänge	687 Tage	365,24 Tage
Tageslänge	24,62 Stunden	24,00 Stunden
Achsenneigung	25,19°	23,45°
Topographie	-8.000 m bis 21.200 m	-11.000 m bis 8.850 m
Temperatur	Durchschnitt: -55 °C (-133 °C bis 27 °C)	Durchschnitt: 15 °C (-89 °C bis 58 °C)
Mittlerer Atmosphärendruck	6,35 mbar	1.013 mbar
Zusammensetzung der Atmosphäre	95 % CO ₂ 3 % N ₂ 2 % Argon	78 % N ₂ 21 % O ₂ 1 % Argon

Mars ist unter den
erdähnlichen Planeten
eher ein kleiner
Vertreter. Hier sieht
man die Körper des
Sonnensystems im Größen-
vergleich.

Bild: NASA



1.2 DAS SONNENSYSTEM

Im inneren Sonnensystem ziehen die vier erdähnlichen oder terrestrischen Planeten ihre Umlaufbahnen, sie haben alle feste Oberflächen: Merkur, Venus, Erde und Mars. Die Erde trennen durchschnittlich 149,6 Millionen km von der Sonne, diesen Abstand nennen die Himmelsforscher »Astronomische Einheit«, oder kurz AE. Der Abstand Erde-Sonne beträgt also 1,0 AE. Näher an der Sonne bewegen sich die Venus sowie der sonnennächste Planet Merkur. Sein Sonnenabstand ist lediglich 0,39 AE. Jenseits der Erdbahn bewegt sich der Mars in etwa 1,52 AE Sonnendistanz, allerdings schwankt diese Entfernung zwischen knapp 1,4 und fast 1,7 AE. Darüber hinaus sind Hunderttausende meist unförmiger Felsbrocken bekannt, die Asteroiden. Ihre Bahnen liegen zwischen Mars und Jupiter, im so genannten Asteroiden-Gürtel. Die Meteorite, also Steine, die bisweilen vom Himmel auf die Erde fallen, sind meist Bruchstücke von Körpern dieses Gürtels.

Weiter von der Sonne entfernt kreist der Jupiter. Mit 318 Erdmassen ist er der massereichste von allen Planeten. Seine gewaltige Atmosphäre, hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium bestehend, reicht tausende Kilometer tief. Planetologen nehmen an, dass in seinem Zentrum auch Gestein existiert, etwa zehnmal mehr als die Masse der Erde.

Anders als die terrestrischen Planeten haben Gasriesen wie Jupiter keine feste Oberfläche. Das gilt auch für den Ringplaneten Saturn, der noch weiter von der Sonne seine Bahn zieht. Sein System aus Tausenden von Ringen besteht hauptsächlich aus Eis. Schließlich bilden Uranus und Neptun die Gruppe der sogenannten Eisriesen. Mit etwa fünfzehn Erdmassen fallen sie deutlich kleiner aus. Neptun ist mit 30,1 AE Abstand zur Sonne der fernste bekannte große Planet.

In noch größerem Sonnenabstand existieren jedoch viele kleine Objekte, zum Beispiel der Zwergplanet Pluto und die Körper des sogenannten Kuiper-Gürtels. Astronomen halten diesen Gürtel für eine Quellregion von Kometen. Diese umlaufen die Sonne auf elliptischen Bahnen. Wenn sie dabei in die Nähe der Sonne gelangen und sich aufheizen, verdampfen ihre leicht flüchtigen Bestandteile und sie entwickeln eine riesige Gas- und Staubbhülle und einen markanten Schweif.



EXPERIMENTIERKARTE

»Die Schwerkraft auf den Planeten«: Dabei führen die Kinder einfache Berechnungen mit der Fallbeschleunigung durch und lernen durch Experimentieren mit Sandbeuteln das unterschiedliche Ausmaß der Schwerkraft auf den Planeten kennen.

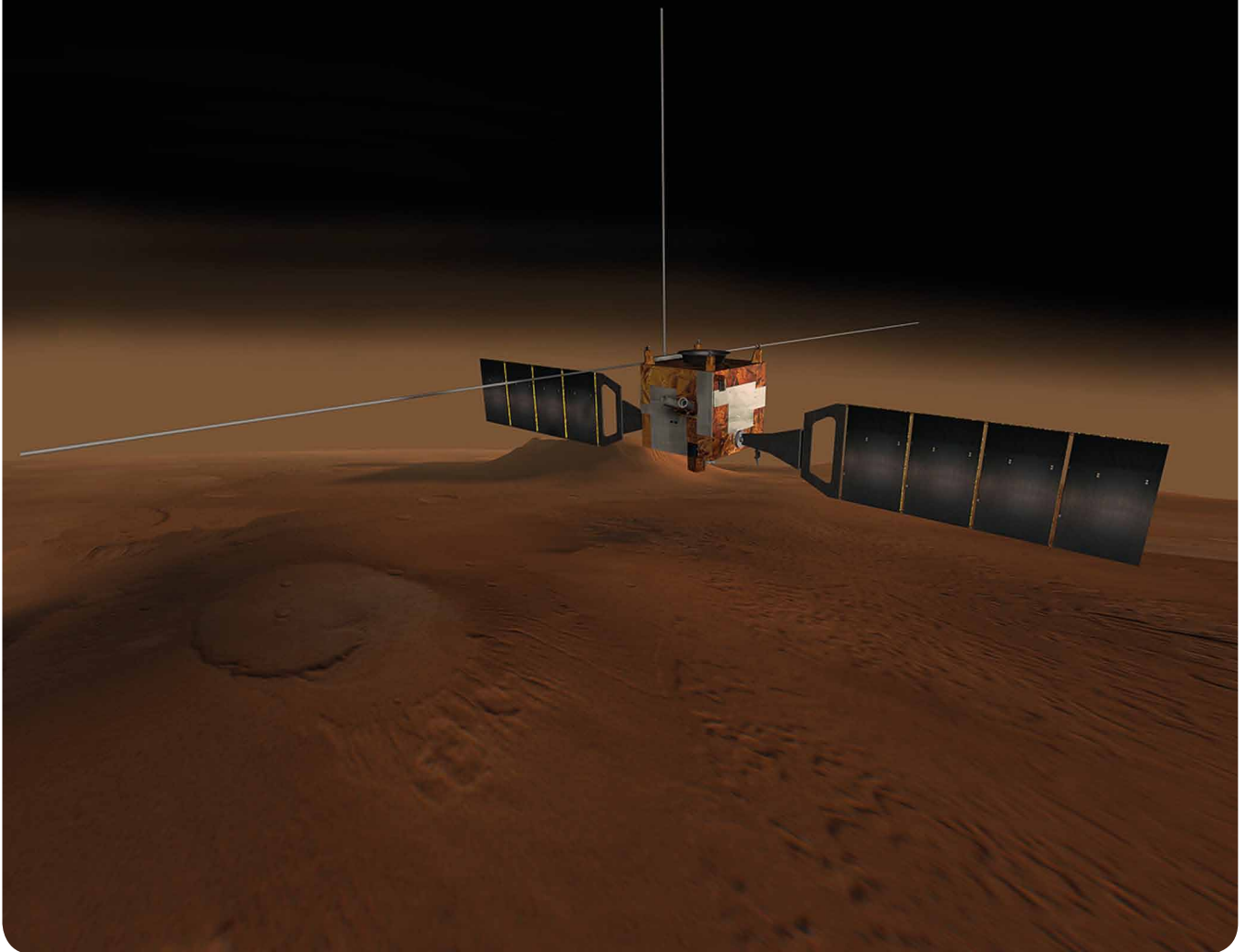
2 DER FLUG ZUM MARS

Einen Marsflug kann ein Raumschiff nur dann antreten, wenn Erde und Mars in einer günstigen Konstellation zueinander stehen; das ist alle 26 Monate der Fall. Selbst wenn sich ein solches »Startfenster« öffnet, kann die Marsreise sehr unterschiedlich lange ausfallen. Im Jahr 2003, als sich Mars und Erde fast ideal nahe standen und ihre Distanz kaum 56 Millionen km betrug, dauerte der Flug nur rund 6 Monate. Die günstige Gelegenheit wurde genutzt, um mehrere Raumsonden zum Mars zu senden, darunter auch »Mars Express« der Europäischen Weltraumorganisation ESA (siehe Kap. 3.2). Hingegen brauchte die NASA-Sonde »Viking 2«, die 1975 unter ungünstigeren Bedingungen startete, für den Transfer fast 11 Monate. Zurückgekehrt ist bislang noch keine Sonde vom Mars, das war auch nicht geplant. Erstmals wird das wohl im Rahmen einer »Sample Return Mission« der Fall sein. Dann sollen mit einer automatischen Sonde Gesteinsproben vom Mars zur Erde gebracht werden. Damit ist frühestens in 10 bis 15 Jahren zu rechnen.

Wie eines Tages die Flüge der Mars-Astronauten aussehen werden, kann man bereits heute theoretisch studieren. Es werden zwei verschiedene Missionstypen diskutiert: Die erste Variante dauert insgesamt etwa 1.000 Tage. Darin enthalten sind Hin- und Rückreise und ein Aufenthalt am Mars von etwa 500 Tagen. Die zweite Variante ist mit einer Gesamtdauer von 450 bis 600 Tagen deutlich kürzer. In diesem Szenario hätten die Mars-Astronauten jedoch höchstens einen Monat Zeit für die Erkundung der Oberfläche. Zwar wäre aus Sicherheitsgründen prinzipiell die kürzere Reise vorzuziehen, doch birgt diese auch Nachteile. Denn während die 1.000-Tage-Mission einen direkten Kurs zum Mars einschlagen würde, geht es bei der kürzeren Mission nicht ohne die zusätzliche Beschleunigung durch einen Vorbeiflug an der Venus, 500 km über den Wolken des Nachbarplaneten. Dieses Manöver und der Umweg durch das heiße innere Sonnensystem bergen zusätzliche technische Risiken. In der Ausstellung »MARS: Vision und Mission« veranschaulicht ein mechanisches Planetenmodell den Marsflug.

Die Mars-Express-Sonde
der Europäischen
Weltraumorganisation ESA
umkreist seit dem 25.
Dezember 2003 den Mars.

Bild: NASA







Im Langzeit-Experiment Mars 500 simulierten sechs Freiwillige die psychologischen Herausforderungen für die Astronauten bei einem Marsflug.

Bild: ESA/IPMB

2.1 VORBEREITUNG

Die längsten Weltraumflüge wurden an Bord der russischen Raumstation Mir im Erdorbit absolviert. Rekordhalter ist Waleri Poljakow mit einem Nonstop-Flug von über 14 Monaten. Solche Langzeitflüge bereiten auch die noch längeren Missionen zum Mars vor. Doch die Marsmissionen bergen zusätzliche Gefahren für die Raumfahrer: Beispielsweise die kosmische Strahlung, die bei Sonnenstürmen plötzlich ansteigen kann. Sie ist extrem gesundheitsschädlich. Anders als im Erdorbit, wo das irdische Magnetfeld Schutz bietet, wären die Marsfahrer den schädlichen Strahlen ausgeliefert. An Konzepten zum Schutz wird noch geforscht. Hinzu kommen psychologische Probleme, welche die Zusammenarbeit der Crew belasten können. Beim Experiment »Mars 500« der russischen und europäischen Weltraumorganisation wurden kürzlich solche Probleme in einem Simulationsexperiment studiert. Sechs Freiwillige wurden dabei 520 Tage lang in einem Komplex bei Moskau eingeschlossen. Die Tagesabläufe und Arbeiten wurden so gewählt, dass sie dem Hin- und Rückflug und einem kurzen Aufenthalt auf der Marsoberfläche möglichst nahe kamen.

2.2 ENTFERNUNG UND FUNKSPRÜCHE

Die Funkverbindung zu den Apollo-Astronauten war von der Distanz zwischen Erde und Mond kaum (rund 400.000 km) beeinflusst. Zwischen der Bodenkontrolle und den Mondfahrern konnte deshalb ohne große Zeitverzögerung ein fast normaler Dialog stattfinden. Zum Mars ist es jedoch selbst unter günstigen Bedingungen über 150 Mal weiter. Deshalb brauchen Funkbotschaften vom Mars viele Minuten bis zur Erde, obwohl die Funkwellen sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten (300.000 km/s). Die Antwort benötigt noch mal die gleiche Zeit. Ein echtes Gespräch zwischen zukünftigen Mars-Astronauten und den Kollegen im Kontrollzentrum oder den Familien zuhause ist aus diesem Grund nicht möglich.

■ EXPERIMENTIERKARTE
»Wie lange braucht eine E-Mail zum Mars?«: Hier lernen die Kinder die Naturkonstante der Lichtgeschwindigkeit kennen und berechnen die Laufzeit der Funkwellen zum Mars und zu anderen Planeten.

2.3 RAKETENPRINZIP

Raketen nutzen zur Bewegung das sogenannte Rückstoßprinzip. Ganz einfach formuliert bedeutet dieses: Das am hinteren Ende der Rakete schnell austretende Gas sorgt dafür, dass sich die Rakete in entgegengesetzte Richtung bewegt, also nach vorne. Um von der Erde ins All zu starten, muss eine Rakete die Erdanziehung überwinden. Für einen solchen Flug, zum Beispiel in eine Umlaufbahn um die Erde, muss sie knapp 8 km/s schnell sein. Zur Beschleunigung eines mehrere Tonnen schweren Satelliten auf so hohe Geschwindigkeit benötigt man starke Triebwerke. Diese wiegen selbst mehr als die Nutzlast (der Satellit), auch die übrigen Teile der Rakete wie Treibstofftanks und Außenhülle kommen noch hinzu; der Löwenanteil des gesamten Gewichtes entfällt auf den Treibstoff. All das zusammen muss mit der nötigen Geschwindigkeit nach oben geschossen werden. Das geht leichter, wenn beim Aufstieg ausgebrannte Raketenteile abgeworfen werden. Deshalb bestehen Weltraumraketen aus mehreren Stufen.

Die Flugbahn führt übrigens meist Richtung Osten: So nimmt die Rakete den »Schwung« mit, den die Erde durch ihre Drehung um ihre eigene Achse erzeugt. Je näher ein Raketenstartplatz am Äquator liegt, umso größer ist diese zusätzliche Beschleunigung. Denn ebenso wie ein Kreisel dreht sich unser Planet am Äquator schneller als in höheren nördlichen oder südlichen Breiten.

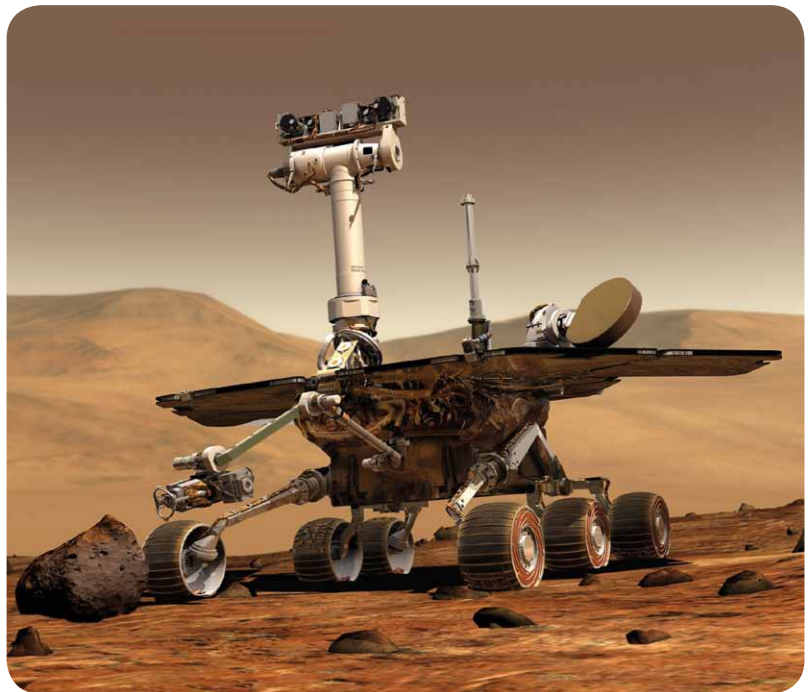
■
EXPERIMENTIERKARTE
»Bau einer Wasserrakete«:
Mit dem Start einer selbst gebauten Wasserrakete lernen die Kinder das Rückstoßprinzip kennen.

2.4 LANDUNG

Die beiden Mars-Rover »Spirit« und »Opportunity« landeten 2004 auf dem Mars. Wie bewerkstelligten sie das gefährliche Manöver? Die wichtigsten Phasen der Landung sind hier zusammengestellt: Mit etwa 20.000 km/h erreichten sie – jeweils in Raumkapseln verpackt – den Mars. Die Atmosphäre des Mars ist dicht genug, um ab 120 km Höhe über der Oberfläche ein Raumschiff abzubremesen. In wenigen Minuten wurden die Landegeräte durch die Reibung mit der Marsluft auf unter 500 km/h abgebremst. Die enorme Reibungswärme, die dabei entstand, heizte den Hitzeschild der Kapseln auf bis zu 1.500 Grad Celsius auf. Knapp zwei Minuten vor der Landung, etwa 8 bis 9 km über der Marsoberfläche, öffnete sich ein Fallschirm. Kurz darauf wurde der Hitzeschild abgesprengt. Eine halbe Minute vor der Landung begann ein Radargerät an Bord den Abstand zum Boden zu messen. Rund 300 m über dem Boden wurden Airbags aufgeblasen, der Lander befand sich somit im Innern eines Balls aus Luftkissen. Kleine Raketen bremsten die Fallgeschwindigkeit zusätzlich. Trotzdem schlug der Lander noch mit 90 km/h hart in der Marswüste auf – nur durch die Airbags geschützt.

Mindestens ein Dutzend Mal hüpfte der Airbag-Ball auf und nieder und rollte schließlich zu seinem endgültigen Landeplatz. Kurz danach fielen die Airbags zusammen und die zusammen gefalteten Mars-Rover richteten sich auf: Die jahrelange Erkundungsfahrt konnte beginnen.

■
EXPERIMENTIERKARTE
»Eierlandung auf dem Mars«. Mit diesem Experiment simulieren die Kinder die gefährliche Landung auf dem Roten Planeten – die »Nutzlast« ist ein rohes Ei.



Die automatischen Mars-Rover landeten 2004 auf dem Mars, der Rover Spirit erkundete den Mars bis 2010, Opportunitys Mission dauert immer noch an.

Bild: Max-Planck-Institut für Chemie, Daniel Maas

3 AUTOMATISCHE MARSFORSCHER

Jahrhundertlang hatten Astronomen die Oberfläche des Roten Planeten nur undeutlich im Fernrohr beobachten können, doch 1965 begann das Zeitalter der detaillierten Marserkundung: In diesem Jahr flog die NASA-Sonde »Mariner 4« knapp 10.000 km am Mars vorbei und funkte erstmals Nahaufnahmen zur Erde. Dutzende Sonden sind seither dorthin aufgebrochen. Den Vorbeiflügen folgten Satelliten, die in die Umlaufbahn des Mars einschwenkten und so zeitlich ausgedehnte Studien ermöglichten; das gelang erstmals 1971. Schon zwei Jahre später wagte die Sowjetunion einen Landeversuch. Die Landung gelang, blieb aber ohne wissenschaftliche Resultate. 1976 hatte die NASA mit ihrem »Viking«-Projekt großen Erfolg: Beide Landegeräte erreichten intakt den Marsboden und sendeten jahrelang Bilder und Daten.

Im Jahr 1997 rollte mit »Sojourner« erstmals ein automatisches Gefährt über den Marsboden. Der Name erinnert an die US-Menschenrechtlerin Sojourner Truth. Das nur knapp 11 kg schwere Mobil war etwa drei Monate in Betrieb. Es fuhr mehrfach zu Marssteinen, die am Landeplatz lagen und maß aus unmittelbarer Nähe deren chemische Zusammensetzung. Anfang 2004 folgten »Spirit« und »Opportunity«, deren Namen für Entdeckergeist und Chance stehen. Die baugleichen NASA-Mobile waren mit 185 kg schon erheblich schwerer. Beide übertrafen die veranschlagte dreimonatige Funktionsdauer

bei weitem. Während ihrer jahrelangen Mission entfernten sie sich viele Kilometer von den ursprünglichen Landeplätzen. Ihre Hauptaufgabe war der Nachweis chemischer Spuren einstiger Wasservorkommen auf dem Mars, was ihnen auch gelang.

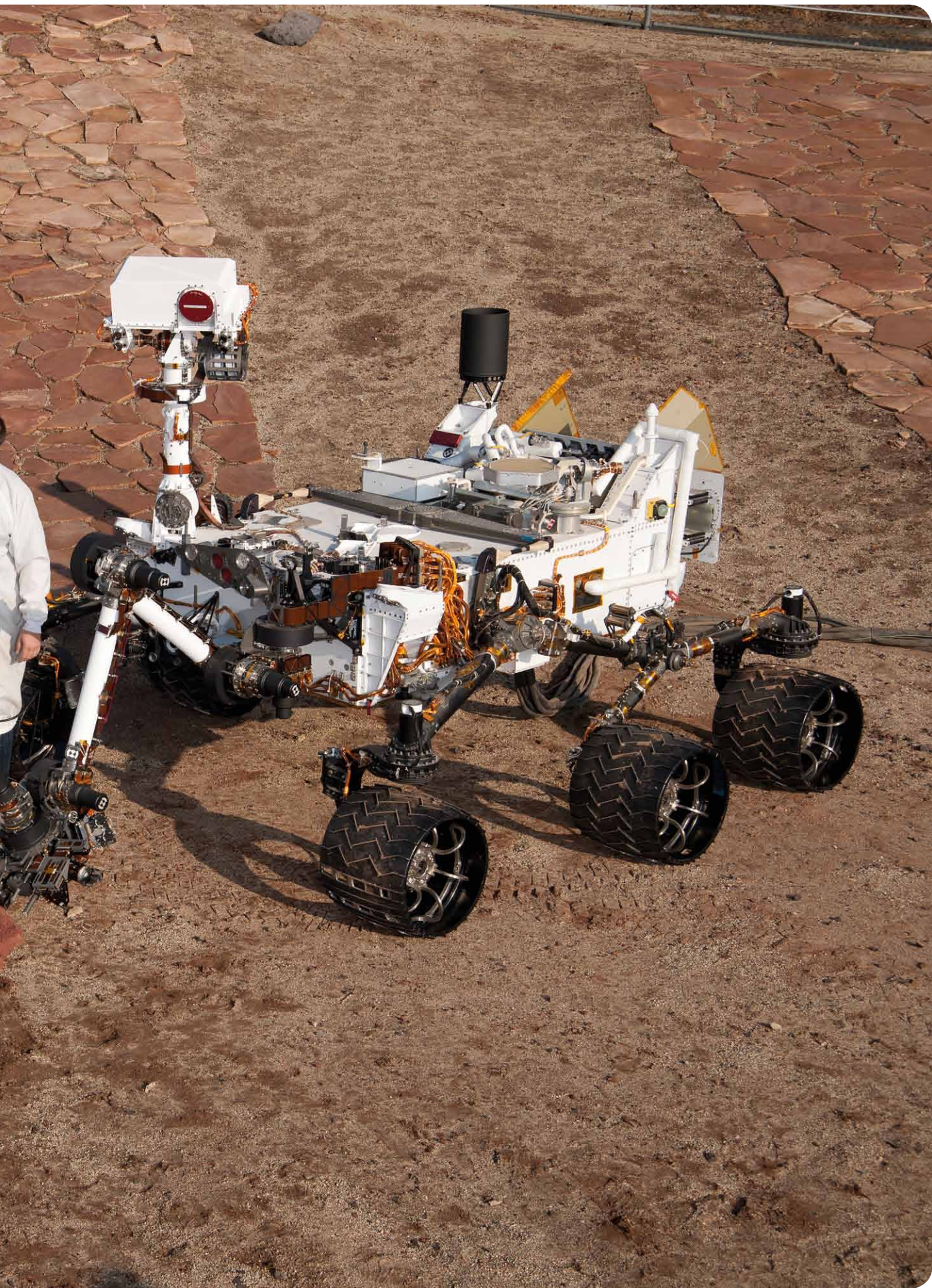
Auch die Polarregionen des Mars nahmen Sonden der NASA ins Visier – allerdings mit wechselndem Erfolg. So scheiterte 1999 ein Vorhaben in der Nähe des Südpols, als »Mars Polar Lander« sich nach versuchter Landung nicht zurück meldete. Hingegen gelang 2008 mit »Phoenix« ein ähnliches Experiment im nördlichen Polargebiet. Mit einem über 2 m langen Schaufelarm grub das stationäre Landegerät den arktischen Marsboden auf. Eine deutsche Kamera an Bord von »Phoenix« konnte erstmals das flach im Marsboden verborgene Wassereis fotografieren.

Heute wird kein Planet außer der Erde so gründlich erkundet wie der Mars. Zu Beginn des Jahres 2012 sind 3 Sonden in der Marsumlaufbahn im Einsatz, darunter eine aus Europa (»Mars Express«, siehe Kap. 3.2). Hinzu kommen ein funktionstüchtiger Rover am Boden (»Opportunity«) und der US-Rover »Curiosity«, der sich im Anflug auf den Mars befindet; er soll Anfang August 2012 landen. Auch wenn nicht alle Missionen erfolgreich waren, insgesamt haben sie unser Wissen über den Mars revolutioniert.



»Irdisches« Treffen
der Generationen:
Die Zwillinge der auf dem
Mars gelandeten Mars-
Gefährte »Sojourner«
(links unten) und
»Spirit« (bzw. »Oppor-
tunity«, links) treffen
sich mit dem mittlerweile
im Anflug auf den Roten
Planeten befindlichen
riesigen Rover
»Curiosity« (rechts).

Bild: NASA/JPL-Caltech



3.1 CURIOSITY

■ EXPERIMENTIERKARTE

»Vulkanausbruch«:
Riesige Vulkane prägen
die Marsoberfläche.
Mit diesem Experiment
simulieren die Kinder
einen Vulkanausbruch
– mit Zitronensäure,
Natron und Wasser.

Bevor der jüngste Mars-Rover den Namen »Curiosity« (zu deutsch: Neugier) erhielt, hieß er »Mars Science Laboratory«. Verglichen mit seinen Vorgängern ist das sechsrädrige Gefährt riesig und bringt 899 kg auf die Waage – über fünfmal mehr als die Zwillingssrover »Spirit« und »Opportunity«; er transportiert 25-mal mehr wissenschaftliche Nutzlast. Die Wissenschaftler wollen mit den insgesamt 10 Instrumenten hauptsächlich klären, ob der Mars einst für primitive Mikroben bewohnbar war oder sogar noch immer »habitable« ist, also die Voraussetzungen hat, dass Organismen dort (über)leben können. Das Zielgebiet für die Landung ist der Krater Gale. Dieser 154-km-Krater in der Nähe des Marsäquators ist deshalb interessant, weil dort Gesteins-schichten untersucht werden können, die über die Geschichte des Klimas in dieser Region Aufschluss geben können. Auch die Umweltbedingungen für künftige Mars-Astronauten sollen untersucht werden. Dazu steuern das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die Universität Kiel ein Instrument bei; es soll erstmals die radioaktive Strahlung vor Ort messen.

Neu an Curiosity ist seine Landemethode, die speziell für das schwere Gefährt entwickelt wurde. Dabei wird der Rover kurz über dem Boden aus einer Landefähre abgeseilt. Die Genauigkeit der Landung wurde verbessert. Die Ellipse, in der mit 99-prozentiger Wahrscheinlichkeit die Landung erfolgt, schrumpft bei der neuen Methode auf 25 km Länge (bei »Spirit« und »Opportunity« waren es noch 80 km). Anders als die solarbetriebenen Zwillingssrover wird Curiosity durch die Zerfallswärme von Plutonium 238 angetrieben, die in Elektrizität umgewandelt wird. Schon in den 1970er-Jahren hatten die »Viking«-Sonden jahrelang mit solchen Radionuklidgeneratoren auf der Oberfläche des Mars durchgehalten.

3.2 DIE VOGELPERSPEKTIVE VON MARS EXPRESS

Im Sommer 2003 startete die erste Planetensonde der Europäischen Weltraumorganisation ESA: Mars Express. Ein halbes Jahr später erreichte sie den Mars und seitdem umrundet sie den Planeten. Auf ihrer elliptischen Umlaufbahn kommt sie seiner Oberfläche bis auf etwa 250 km nahe. Die erfolgreiche Mission wurde schon mehrfach verlängert, sie soll bis mindestens Ende 2014 dauern. An Bord befinden sich 7 wissenschaftliche Experimente, darunter auch die in Deutschland entwickelte und gebaute »High Resolution Stereo Camara« (HRSC). Erstmals gibt es nun flächendeckend dreidimensionale Farbbilder von einem anderen Planeten – und das in hoher Auflösung.

Mit der HRSC-Kamera wollen die Wissenschaftler den gesamten Marsglobus fotografieren, um daraus eine präzise Landkarte des Roten Planeten herzustellen. Jeder Bildpunkt dieser Karte entspricht dabei auf der Marsoberfläche einer Ausdehnung von höchstens 40 Metern. Von besonders interessanten Gebieten werden noch schärfere Bilder geschossen, mit einer Genauigkeit 10 bis 20 Metern pro Bildpunkt. Außerdem hat die Kamera einen Tele-Kanal für noch kleinere Details, er liefert Bilder mit 2,5 Metern Auflösung pro Bildpunkt. Am Ende der Mission wird der Mars besser in 3D kartiert sein als die Erde. Die 3D-Fotos erlauben mit ihren Höheninformationen deutlich bessere Aussagen zur geologischen Entwicklung des Mars während

seiner langen Geschichte, die wie die der Erde bereits seit 4,5 Milliarden Jahren andauert. Möglich ist diese Kartierung durch ein erstmals in der Planetenforschung verwendetes Aufnahmeprinzip. Anders als bei den heutigen Digitalkameras besteht der lichtempfindliche Sensor der HRSC nicht aus einer Fläche mit Millionen Pixeln, sondern aus mehreren »Zeilen«: Jeweils 5.184 Pixel scannen in einer solchen Zeile das von der Marsoberfläche eintreffende Licht.

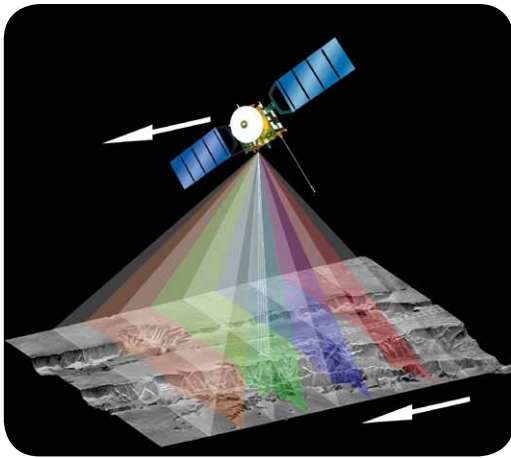
Aber wie entstehen daraus 3D-Farbfotos? Das geht so: Quer zur Flugrichtung tastet der Zeilen-sensor die Marsoberfläche ab, durch die Flugbewegung der Sonde entstehen lange rechteckige Schwarz-Weiß-Fotos. Um daraus 3D-Bilder zu gewinnen, muss die Oberfläche aus verschiedenen Blickwinkeln fotografiert werden: Deshalb hat die HRSC mehr als eine Sensorzeile, nämlich insgesamt 9. Zusätzlich zu der Blickrichtung senkrecht nach unten blicken vier Zeilen nach vorn und vier weitere nach hinten. Dadurch wird jeder Punkt der Oberfläche nach und nach unter diesen 9 Blickwinkeln abgelichtet. Vier der acht »schräg« blickenden Kanäle sind mit verschiedenen Farbfiltern belegt. Richtig zusammengesetzt erhält man daraus farbige 3D-Bilder. Aus den Bilddaten können zusätzlich animierte Filme hergestellt werden, die dem Betrachter einen realistischen Eindruck eines Fluges über das zerklüftete Relief der Marsoberfläche vermitteln.

■

EXPERIMENTIERKARTE

»Unsichtbares Licht«:
Hierbei experimentieren die Kinder mit den unsichtbaren Ultraviolett- und Infrarot-Wellen, die sich an die jeweiligen Enden des sichtbaren Spektrums anschließen.

3.3 KRATERBILDUNG



Während die ESA-Sonde Mars Express auf ihrer Umlaufbahn den Mars überfliegt, tastet die HRSC-Kamera an Bord Bildzeile für Bildzeile die Oberfläche ab. Dabei entstehen dreidimensionale Farbbilder. Zusätzlich können aus den Bilddaten animierte Filme von Flügen über die Marslandschaften hergestellt werden.

Bild: DLR (E. Hauber)

Die Krater auf der Südhalbkugel des Mars sind erheblich häufiger als im Norden, das bedeutet auch, dass die südlichen Landschaften im Durchschnitt älter sind. Wie die Krater unseres Mondes sind auch die Marskrater durch den Einschlag von Asteroiden (Kleinsplaneten) oder Kometen entstanden. Die meisten Kollisionen ereigneten sich in der Frühzeit des Sonnensystems, als es deutlich mehr von diesen Himmelskörpern gab. Insbesondere die großen Einschlagbecken Hellas (Ausmaße: 2200 km mal 1600 km) und Argyre (Durchmesser: 1800 km) sind sehr alt, sie werden auf 3,5 bis 4 Milliarden Jahre geschätzt. Doch die Kraterbildung reicht bis in die Gegenwart. Beispielsweise konnte die NASA-Sonde »Mars Reconnaissance Orbiter«, die seit 2006 in einer Umlaufbahn um den Mars kreist, ganz frische Krater beobachten. Auf Fotos, die im Laufe der Mission vom gleichen Gebiet entstanden, waren Krater auszumachen, die wenige Jahre zuvor noch nicht existierten. Diese neuen Krater sind vergleichsweise klein: ihre Durchmesser betragen höchstens einige dutzend Meter.



So sah die Sonde »Mars
Express« aus ihrer
Umlaufbahn den Krater
Russel auf der südlichen
Marshallbkugel. Das dunkle
Dünenfeld in seinem
Innern hat ungefähr die
Ausdehnung Berlins.

Bild: HRSCview, ESA/DLR/
FU Berlin (G. Neukum)

4 MENSCHEN AUF DEM MARS

Stellen wir uns vor, eine Gruppe von Menschen soll eine dauerhafte Siedlung auf dem Mars errichten. Welche technischen Probleme müssen zuvor gelöst werden? Mit der heutigen Raumfahrttechnik sind längere bemannte Weltraumreisen möglich – jedoch nach wie vor mit Einschränkungen: Bislang wurden nur Missionen in Erdnähe durchgeführt, denn Langzeitmissionen benötigen regelmäßige Versorgungsflüge mit Sauerstoff, Proviant, Wasser und Treibstoff. Für nachhaltige Raumflüge, auf denen die Astronauten ihre Nahrung selbst herstellen, sowie Treibstoff, Wasser und Sauerstoff aus vor Ort vorhandenen Rohstoffen gewinnen, müssen technische Lösungen noch entwickelt werden. Solche Techniken werden wahrscheinlich schon für die ersten Marsmissionen gebraucht, für langfristig bemannte Stationen sind sie unerlässlich.

Würde ein Mensch auf dem Mars sein Raumschiff ohne Raumanzug verlassen, wäre er in wenigen Sekunden tot. Denn für Menschen ist die Marsluft ungeeignet. Das Hauptproblem: Der geringe atmosphärische Druck – am Boden herrschen nur etwa 6 mbar, also lediglich 0,6 % des Luftdrucks am Erdboden. Bei einem solchen extremen Unterdruck platzen die Lungenbläschen, da sich die Luft darin stark ausdehnt. Außerdem beginnt das Blut in den Adern zu kochen. Denn Blut enthält viel Wasser und dessen Siedepunkt sinkt von 100 Grad Celsius unter die Körpertemperatur von 37 Grad – ebenfalls eine Folge des geringen Atmosphärendrucks. Ist jedoch der Blutkreislauf beeinträchtigt, kann das Gehirn nicht mehr mit dem nötigen Sauerstoff versorgt werden. Zudem ist das für uns so lebenswichtige Gas in der Mars-

atmosphäre kaum vorhanden, sie besteht nur zu 0,13 % aus Sauerstoff (Vergleichswert Erde: fast 21 %). Wer also den Mars besiedeln will, muss über eine Technik verfügen, um Sauerstoff herzustellen – aus vor Ort vorhandenen Rohstoffen.

Außerdem braucht der Mensch Wasser, mindestens 3 Liter pro Tag. Mit Körperpflege steigt dieser Wert auf das Drei- bis Vierfache. Durch die unbemannten Sonden wissen wir: Wasser ist auf dem Mars vorhanden, und zwar als Eis. Bislang sind größere Eisvorkommen jedoch nur aus den Polgebieten bekannt, dort dürfte eine Siedlung jedoch kaum in Frage kommen. Die entscheidende Frage ist: Wie viel Wassereis lagert tief im Marsboden, insbesondere am Äquator oder in gemäßigten Breiten? Antworten darauf werden zukünftige Sonden geben.

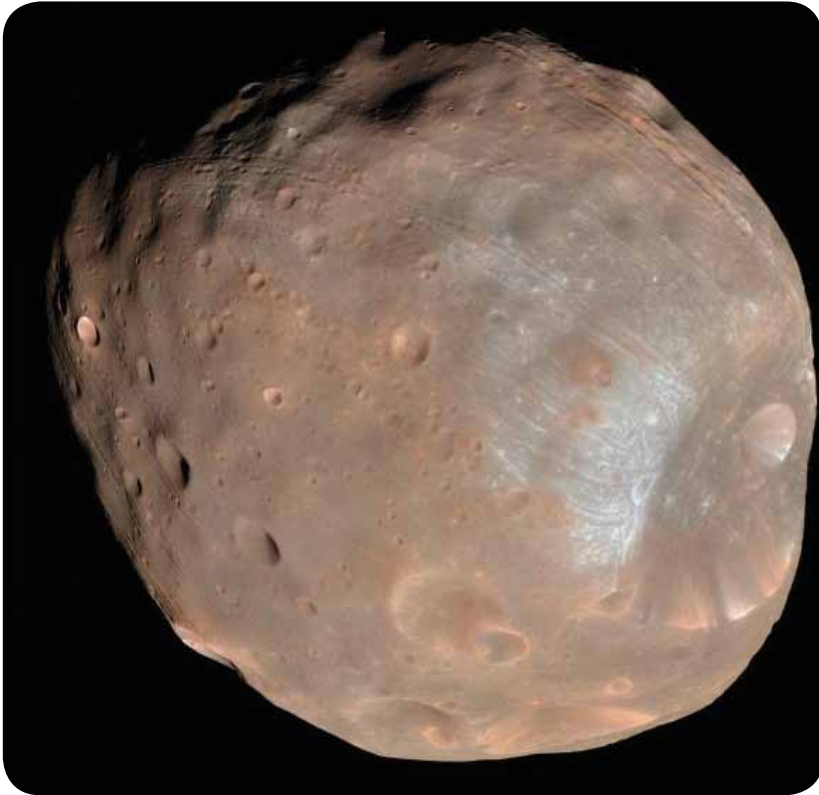
Für ein Überleben auf dem Roten Planeten benötigen Marsreisende viel Energie. Solarzellen, die heute die meisten Marssonden mit Strom versorgen, sind nachhaltig und können eventuell auch für eine Marsbasis verwendet werden. Da der Mars aber weiter von der Sonne entfernt ist als die Erde, erhält er im Vergleich zu dieser nur 43 % der Sonnenenergie. Ein weiterer Nachteil ist das unsichere »Marswetter«: Wochenlange Staubstürme können den Himmel verdunkeln und die Stromproduktion stark beeinträchtigen. Aus heutiger Sicht wären deshalb kompakte Kernreaktoren sicherer, die allerdings auf Lieferungen von Brennelementen angewiesen wären. Ob nun solar oder nuklear – in beiden Fällen müssten die schweren Anlagen erst einmal von der Erde zum Mars gebracht werden.

»Aouda.X« ist ein Test-
anzug, aus dem ein
Raumanzug für Marsfahrer
entwickelt werden könnte.
Er wurde im Jahr 2011
in einer dem Mars
ähnlichen Region in
Spanien erprobt.

Bild: ESA



4.1 SCHWERKRAFT



Phobos ist der größere der beiden winzigen Marsmonde. Ein Mensch spürt dort nur 150 Gramm seines Gewichtes.

Bild: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona

■
EXPERIMENTIERKARTE
»Das Marsjahr und das 3. Gesetz Keplers«. Die Kinder bauen ein Modell des inneren Sonnensystems und lernen mit dem 3. Keplerschen Gesetz die Umlaufzeiten von Mars, Venus und Merkur zu berechnen.

Die Kraft, mit welcher der Mars andere Körper anzieht, beträgt nur 38 Prozent des irdischen Wertes. Mars-Astronauten spüren also nur diesen Bruchteil ihres gewohnten Gewichtes. Immerhin ist die Schwerkraft dafür verantwortlich, dass Mars zwei kleine Monde besitzt: Phobos und Deimos. Einst waren beide wahrscheinlich Asteroiden (Kleinplaneten) zwischen Mars und Jupiter. Als sie in die Nähe des Roten Planeten gerieten, wurden sie von seinem Schwerfeld eingefangen. Der innere Mond Phobos umkreist den Mars auf einer sehr engen Umlaufbahn, sein Abstand zur Oberfläche beträgt weniger als einen Mars-Durchmesser. Mit Raumsonden wurde die Phobos-Masse bestimmt, er wiegt rund 10,7 Billionen Tonnen, das entspricht nur 0,00015 Promille der Masse unseres Mondes. Die geringe Masse bewirkt eine winzige Schwerkraft. Ein Mensch (Masse: 75 kg), der auf Phobos landet, würde dort von seiner Masse mancherorts weniger als 150 g spüren! Mit Computer-Simulationen haben Astronomen berechnet, dass Störkräfte, die vom Mars selbst, aber auch von anderen Körpern des Sonnensystems ausgehen, dafür sorgen, dass Phobos mit dem Mars kollidieren wird. Spätestens in 45 Millionen Jahren wird er abstürzen. Wahrscheinlich wird Phobos auf seiner abwärts gerichteten Spiralbahn schon zuvor von den Mars-Gezeitenkräften zerrissen. Bevor dies passiert, könnte Phobos allerdings Mars-Astronauten als Basis dienen, von der sie – kurz vor dem eigentlichen Ziel – eine Marslandung vorbereiten.

4.2 RAUMANZÜGE

Raumanzüge schützen vor dem extremen Unterdruck und den harschen Temperaturen im Weltraum. Dazu benötigen sie eine eingebaute Klimatisierung. Die Anzüge der Mondfahrer wurden in erster Linie gekühlt, weil die Apollo-Missionen alle am Mond-Tag stattfanden. Tagsüber können die Temperaturen dort nämlich bis auf 120 Grad Celsius ansteigen – zumindest am Mondäquator. Um möglichst viel Sonnenstrahlung zu reflektieren, waren die Anzüge weiß. Auf dem Mars sind die Bedingungen anders: Ein Mars-Anzug bräuchte schon wegen der meist eisigen Tagestemperaturen eine gute Heizung. Womöglich werden solche Anzüge eher dunkel ausfallen, denn dunkle Oberflächen absorbieren mehr wärmende Sonnenstrahlung. Zudem müssten Mars-Anzüge erheblich leichter sein, da die Schwerkraft dort viel höher ist als auf dem Mond.

Die Apollo-Anzüge waren schwerer als die Mondfahrer selbst, über 90 kg brachte ein leerer Anzug auf die Waage. Auch die Bewegungsfreiheit der Astronauten muss verbessert werden. Womöglich ähneln künftige Raumanzüge deshalb dem sogenannten »Bio-Suit«, der am Massachusetts Institute of Technology entwickelt wird. Er könnte bei künftigen Missionen zum Mars, wie auch auf dem Mond eingesetzt werden. Anders als bei allen bisherigen Raumanzügen wird beim Bio-Suit nicht der gesamte Anzug unter Druck gesetzt. Der eng anliegende Anzug übt wie eine zweite Haut durch ein aktives Gewebe einen mechanischen Druck auf den Körper des Astronauten aus.



■

EXPERIMENTIERKARTE

»Temperatur und Farbe«:
Warum sind Raumanzüge weiß? Die Kinder lernen mit Thermometern, die Aufnahme von Sonnenstrahlung auf unterschiedlich gefärbten Oberflächen zu messen.

Besondere Bewegungsfreiheit ermöglicht der enge »Bio-Suit«, der auch für Marsfahrer entwickelt wird. Sein aktives Gewebe funktioniert wie eine künstliche Haut.

Bild: Professor Dava Newman, MIT: Inventor, Science and Engineering; Design: Guillermo Trotti, A.I.A., Trotti and Associates, Inc. (Cambridge, MA); Fabrication: Dainese (Vincenza, Italy); Photography: Douglas Sonders

4.3 WASSER

Menschen brauchen zum Überleben ausreichend Trinkwasser. Für einen Marsflug und erst recht für eine Marssiedlung benötigen sie zusätzliches Wasser zur Herstellung von Nahrungsmitteln, da alle Nutzpflanzen Wasser brauchen. Sicherlich würde man Pflanzen auswählen, die mit wenig Wasser auskommen. Ganz ohne das Lebenselixier ist eine Nahrungsherstellung aber unmöglich. Ein Problem auf dem Mars ist, dass wegen des niedrigen Luftdrucks an den meisten Orten kein flüssiges Wasser existieren kann, selbst wenn die Temperatur 0 Grad Celsius übersteigt. Allerdings herrschen in Tiefebene, beispielsweise dem großen südlichen Einschlagbecken Hellas, höhere atmosphärische Drücke, bis über 10 mbar: Unter solchen Bedingungen kann flüssiges Wasser existieren – positive Temperaturwerte vorausgesetzt. Theoretisch wäre es an solchen Stellen möglich Gewächshäuser zu bauen, die ohne umständlichen Druckausgleich auskämen. Bereits heute wird auf der Internationalen Raumstation in großem Umfang Wasser recycelt: Wasch- und Toilettenwasser werden so lange gefiltert, bis das Wasser hygienisch sauber und geruchsfrei ist (nein, größere Geschäfte sind davon ausgenommen!). Das wieder gewonnene Wasser kann anschließend erneut zum Trinken und Waschen benutzt werden. Ähnliche Verfahren müssten auf dem Mars angewendet werden, denn Schmutzwasser zu filtern benötigt viel

weniger Energie als Bodeneis zu schmelzen oder Wasserdampf aus der Marsluft zu kondensieren. Letzteres wäre besonders mühsam, denn der Dampfgehalt in der Atmosphäre beträgt nur 0,03 %, am Erdboden sind hingegen 1 bis 4 % typisch, also etwa das Hundertfache.

4.4 NAHRUNG

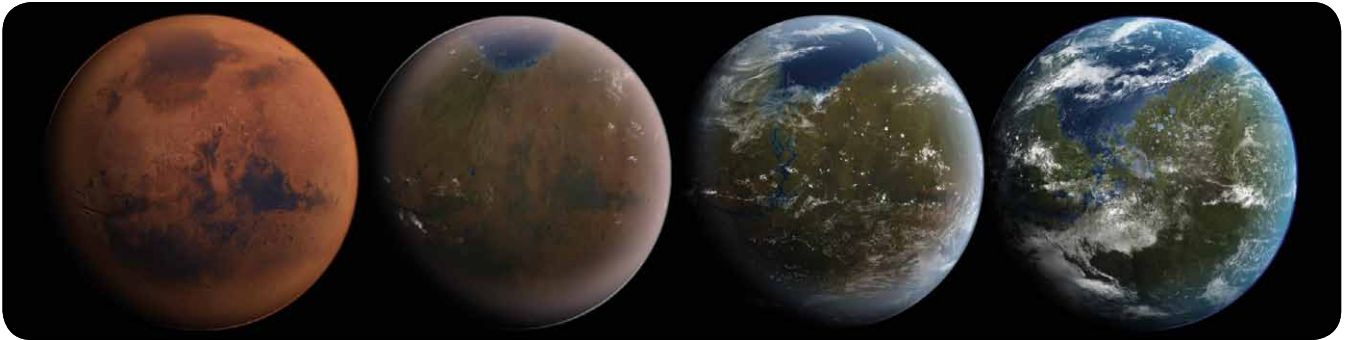
Auf der Internationalen Raumstation ISS können die Astronauten heute noch keine Nahrung herstellen. Sie müssen ihr Essen deshalb von der Erde mitbringen: Es sollte möglichst haltbar und leicht sein, daher sind viele Gerichte getrocknet und müssen mit Wasser angerührt werden. Oft ist das Ergebnis nicht besonders schmackhaft. Da sich jedoch der Geschmackssinn in der Schwerelosigkeit verändert, stört die Raumfahrer das nur wenig. Frisches Obst und Gemüse ist also Mangelware – bei jeder Ankunft eines Raumtransporters wird deshalb frisches Obst mitgeschickt und von der Besatzung begeistert aufgenommen. Das Essen darf außerdem nicht krümeln oder spritzen: In der Schwerelosigkeit verbreiten sich Krümel und Tropfen im ganzen Raumschiff und können die empfindliche Bordelektronik stören. Daher sind alle Lebensmittel in Plastiktüten verpackt, Getränke werden meist mit einem Strohhalm getrunken.



EXPERIMENTIERKARTE

»Wasser für den Mars«:
Wasser wird für die
künftigen Marsfahrer
knapp sein. Hier lernen
die Kinder im prakti-
schen Versuch, wie man
Schmutzwasser filtert.

4.5 TERRAFORMING



Der Ausdruck bedeutet die künstliche Umgestaltung eines Planeten, um diesen für den Menschen leichter bewohnbar zu machen. Auch für den Mars werden solche Überlegungen angestellt, wegen der noch unzureichenden Informationen über die dortige Umwelt und des immensen wirtschaftlichen Aufwandes erscheinen diese Ideen jedoch eher als Utopien. Ein zentraler Punkt einer Terraforming-Strategie für den Mars wäre es die Treibhauswirkung der Marsatmosphäre zu verstärken mit dem Ziel, die Oberflächentemperatur zu erhöhen. Dazu müssten große Mengen Kohlendioxid und andere Treibhausgase freigesetzt werden. Dies könnte beispielsweise durch speziell gezüchtete Bakterien geschehen. Solche Mikroben müssten für die Mars-Umwelt gezüchtet werden, um der harten UV-Strahlung, den tiefen Temperaturen und der chemischen Zusammensetzung von Marsluft und Marsboden zu trotzen.

Nach anderen Planspielen könnte die Oberfläche der Polarkappen beispielsweise durch eine Rußschicht so verändert werden, dass dort mehr Sonnenwärme aufgenommen wird und als Folge gefrorenes Kohlendioxid verdampft, um wiederum den Treibhauseffekt zu verstärken. Andere Ideen bringen riesige Spiegel in der Marsumlaufbahn ins Spiel, zur Erhöhung der Sonneneinstrahlung. Bei alldem ist klar, dass der heutige technische Stand weit davon entfernt ist, solche weitreichenden Pläne realistisch erscheinen zu lassen.

Sollte es eines fernen Tages möglich sein, den Mars einem »Terraforming« zu unterziehen, könnten so verschiedene Entwicklungsstufen dieses Prozesses aussehen.

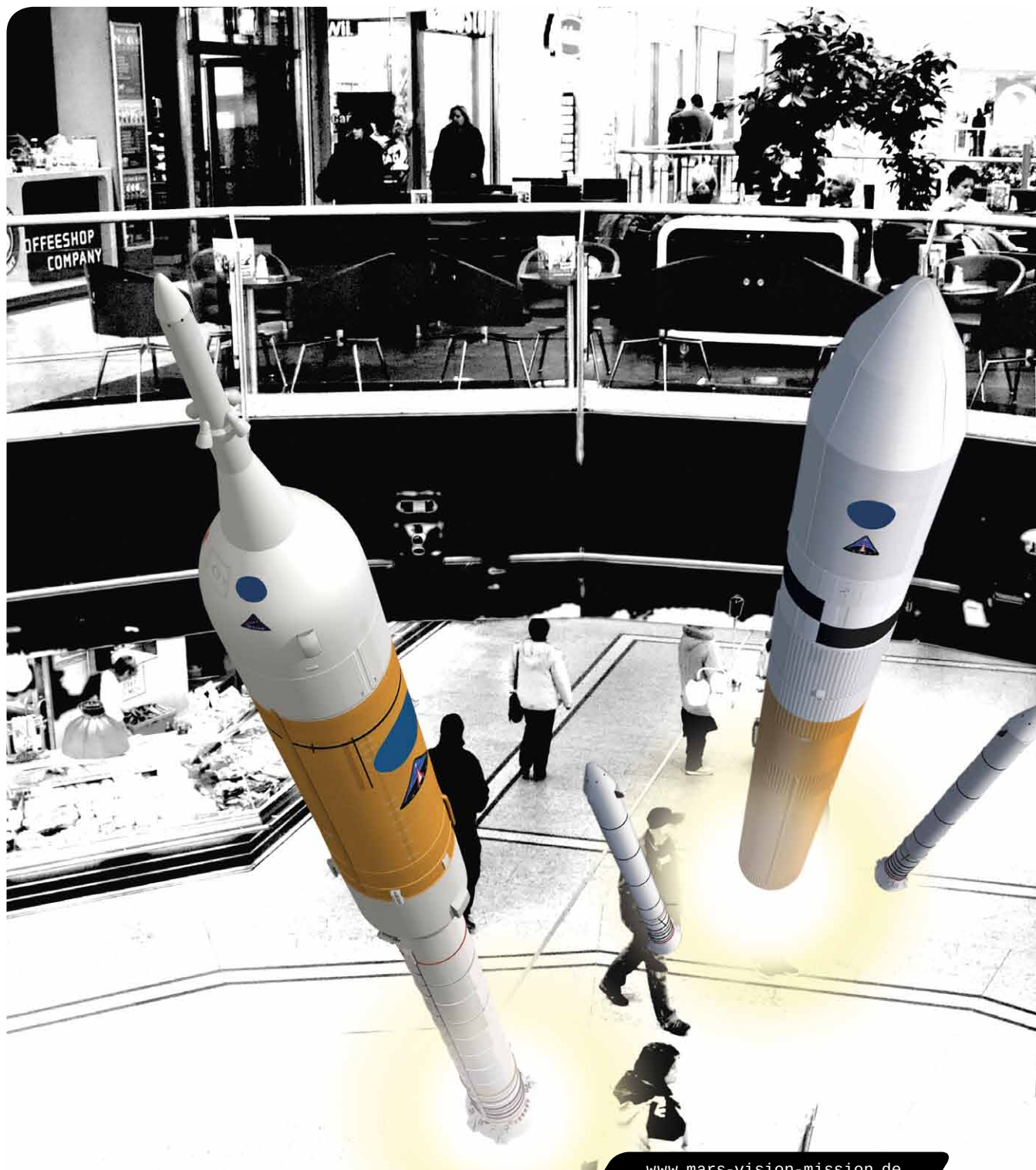
Bild: Daein Ballard

■
EXPERIMENTIERKARTE
»Treibhausgase und Terraforming«: Mit Backpulver und Zitronensaft stellen die Kinder selbst Kohlendioxid her. Sie bringen mit dem Treibhausgas eine Kerze zum Erlöschen.

4.6 ALLTAG DER ZUKUNFT

Eine Pressemeldung aus dem Jahr 2000: Das geplante Luxushotel der Hilton-Gruppe auf dem Mond, das »Lunar Hilton«, wird 5.000 Gästen Platz bieten. Es wird mit allem Komfort ausgestattet sein und über künstlichen Luftdruck und Schwerkraft verfügen. Für die Verpflegung sind Spitzenrestaurants zuständig, Rundfahrten in speziellen Mondbussen können gebucht werden ...

Haben die Schüler/innen ebenso phantasievolle Visionen über den Alltag auf dem Mars im Jahr 2300? Wird das Leben ein sorgenfreier Luxus wie im angeblich geplanten »Lunar Hilton«? Oder müssen die Mars-Siedler ums Überleben kämpfen, etwa wie es der US-Schriftsteller Ray Bradbury in seiner Negativ-Utopie »Die Mars-Chroniken« vor mehr als einem halben Jahrhundert beschrieb? Dort wird der Mars sogar Zufluchtsort für die wenigen Überlebenden der in einem Atomkrieg zerstörten Erde. Oder schweben den Schüler/innen ganz andere Szenarien vor? Beim kreativen Schreiben über dieses Thema spielt die Technik natürlich eine wichtige Rolle, technische Machbarkeit sollte aber nicht zum »Zensor« werden.



www.mars-vision-mission.de

MARS: VISION UND MISSION

EINE INTERAKTIVE AUSSTELLUNG
FÜR ALLE MARSONAUTEN AB 4 JAHREN

Die alten Ägypter nannten ihn Hor-descheru, den Roten Horus, nach ihrem Sonnengott. Im antiken Griechenland und im Römischen Reich stand er für die Kriegsgötter Ares und Mars. Dank seiner Helligkeit und seiner roten Erscheinung fasziniert der Mars die Menschen schon seit dem Altertum und zieht sie bis heute noch magisch in seinen Bann. Er schürte wie kein Zweiter Furcht und Schrecken und weckt doch als einziger Planet in unserem Sonnensystem die Hoffnung auf eine zweite Chance der Menschheit: Auf eine Erde 2.0. Eine Eroberung, die Vision und Mission zugleich ist.

Mit der Ausstellung **MARS: Vision und Mission** wird erstmals in Deutschland eine ganzheitliche Marsausstellung präsentiert, die mit einer Tour durch 30 Städte das Zukunftsthema der Raumfahrt interaktiv erleb- und verstehbar macht. **Acht Themenmodule** spannen den Bogen von den frühen Visionen vom Leben auf dem Mars bis hin zur nahen Zukunft – der ersten bemannten Mission zum Roten Planeten.

Im Modul **MARS: Visionäre und Entdecker** stehen die Urväter der Marsentdeckung vor Beginn des Raumfahrtzeitalters im Mittelpunkt. Fünf herausragende Visionäre erzählen ihre ganz persönlichen Geschichten von und über den Roten Planeten und geben dem Besucher ein Rätsel auf: Wer bin ich?

Das Modul **MARS: Erde und Sonnensystem** widmet sich zwei ganz besonderen Planeten, nämlich dem »Roten« und dem »Blauen«. Mars und Erde – zwei »Geschwister« im grenzenlosen Kosmos, deren Ähnlichkeit ebenso wenig verleugnet wie ihre Gegensätzlichkeit ignoriert werden kann. Welche Gemeinsamkeiten beide verbinden und welche Unterschiede sie trennen, können die Besucher an Modellen und Medienstationen erkunden. Und sie dürfen selbst einmal am Sonnensystem drehen und dabei erleben, unter welchen Bedingungen ein Flug zum Mars nur funktionieren kann.

In den vier **MARS for Kids**-Modulen machen sich die 4- bis 10-Jährigen im fliegenden Klassenzimmer auf den Weg zum Mars. Begleitet von Mentoren durchläuft die 30-köpfige Crew eine bemannte Weltraummission: Auf dem Flug erhalten die Crewmitglieder einen Crashkurs in Planetenkunde, vor allem über unseren blauen Heimatplaneten und seinen kleinen roten Bruder. Nach der Landung kann die gesamte Besatzung die Marsoberfläche und die Raumstation erforschen. Hier dürfen Steine geklopft und Proben entnommen werden, die es dann im Labor unter die Lupe zu nehmen gilt. Und es kann natürlich ausprobiert werden, wie Astronauten auf einer Marsstation leben und arbeiten. Die Berufsbekleidung für die Marsmission wird selbstverständlich gestellt – nämlich in Form von Original-Raumanzügen der ESA.

Der Themenbereich **MARS: Zum Entdecken freigegeben** lädt ein, hinter die Kulissen der Marsforschung zu schauen. Die Besucher können mithilfe dreidimensionaler Filme die vielen Gesichter unseres Nachbarplaneten und die ausgeklügelte Technik der irdischen Kundschafter auf dem Mars erforschen. Zudem lernen sie die hochkomplexen Kamerasysteme kennen, denen wir die phantastischen Aufnahmen von unserem kleinen Bruder verdanken. Und als ganz besonderes Bonbon gibt es schließlich den Mars zum »Anfassen« – mit einem 445 Millionen Jahre alten Marsmeteoriten und Gesteinen von der Erde, wie sie auch auf dem Mars zu finden sind.

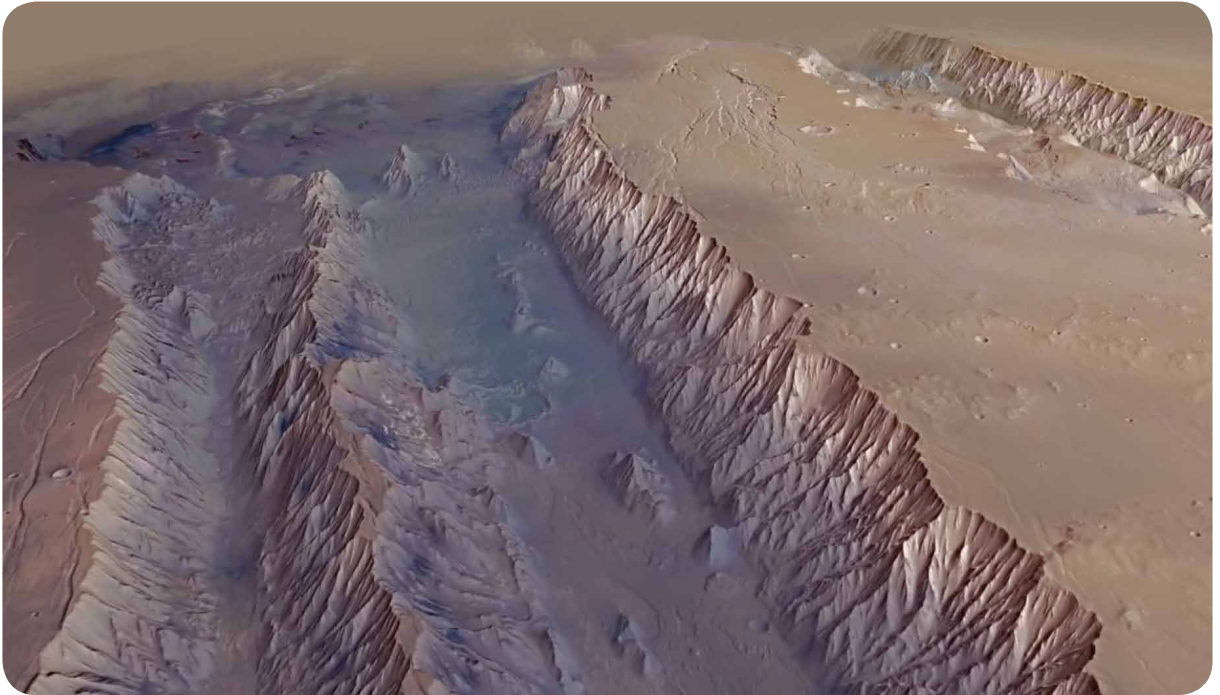
MAN ON MARS: Missionen für die Zukunft zeigt dann die Visionen für den bemannten Flug zum Mars und für das Überleben auf dem Mars. Hier werden Antriebe vorgestellt, welche die Flugzeit zum Mars enorm reduzieren könnten. Habitate, die ein (Über)-Leben auf dem Mars ermöglichen sollen, können begutachtet werden und zu guter Letzt erklärt ein Wissenschaftler, wie aus dem Mars eine Erde 2.0 gemacht werden könnte. Und weil sich bei diesem Wagnis, Menschen auf eine Reise über Millionen von Kilometern mit völlig ungewissem Ausgang zu schicken, die berechnete Frage nach dem »Warum« und dem Sinn stellt, sind die Besucher herzlich dazu eingeladen, mit den exklusiv für die Ausstellung befragten Marsexperten über die Risiken und Chancen zukünftiger Marsmissionen zu diskutieren. Nur Vision oder doch schon Mission – hier ist eine Meinung gefragt.

»MARS: Vision und Mission« ist eine Ausstellung von beier+wellach projekte und id3d-berlin in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) im Auftrag der ECE.



MARS for Kids:
Sammeln von
Gesteinsproben in
der Marslandschaft.

Bild: id3d-berlin



3D-Aufnahme der Valles
Marineris, der größten
Kraterlandschaft auf
dem Mars.

Bild: DLR



Mars-Rover Sisi des ÖWF,
in der Ausstellung im
1:1 Modell zu bestaunen.

Bild: Österreichisches
Weltraum Forum

IMPRESSUM

Mars: Vision und Mission

Lehrmaterial

Für alle Marsonauten

von 10-14 Jahren

HERAUSGEBER

**Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt e.V. in der
Helmholtz-Gemeinschaft**

Kommunikation

Linder Höhe

51147 Köln

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger. In den 15 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

European Space Agency

Robert-Bosch-Str. 5

64293 Darmstadt

Die Europäische Weltraumorganisation ESA ist Europas Tor zum Weltraum. Sie koordiniert und fördert die Entwicklung der europäischen Raumfahrt- und natürlich sicherstellt, dass die diesbezüglichen Investitionen allen Europäern dauerhaften Nutzen bringen. Ihr Satellitenkontrollzentrum (ESOC) befindet sich in Darmstadt, Deutschland.

Aktuell gehören der ESA 19 Mitgliedsstaaten an. Indem sie die Finanzmittel und das Know-how der einzelnen Länder bündelt, ermöglicht sie die Realisierung von Programmen und Projekten, die keiner der Mitgliedsstaaten jemals im Alleingang auf die Beine stellen könnte. In diesem Zusammenhang vertritt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) die Interessen der Bundesrepublik Deutschland bei der ESA.

IDEE UND KONZEPT

beier+wellach projekte

REDAKTION

Dr. Thorsten Dambeck,

Wissenschaftsjournalist, Weinheim

Susanne Dambeck, TV-Journalistin und
Kinderbuchautorin

Dipl.-Geol. Ulrich Köhler, DLR-Institut
für Planetenforschung, Berlin-Adlershof

Peter Wellach, beier+wellach projekte

MITARBEIT

Birte Schramm, id3d-berlin

Florian Mittelbach, beier+wellach projekte

Martina Zimmermann, beier+wellach projekte

GRAFIK

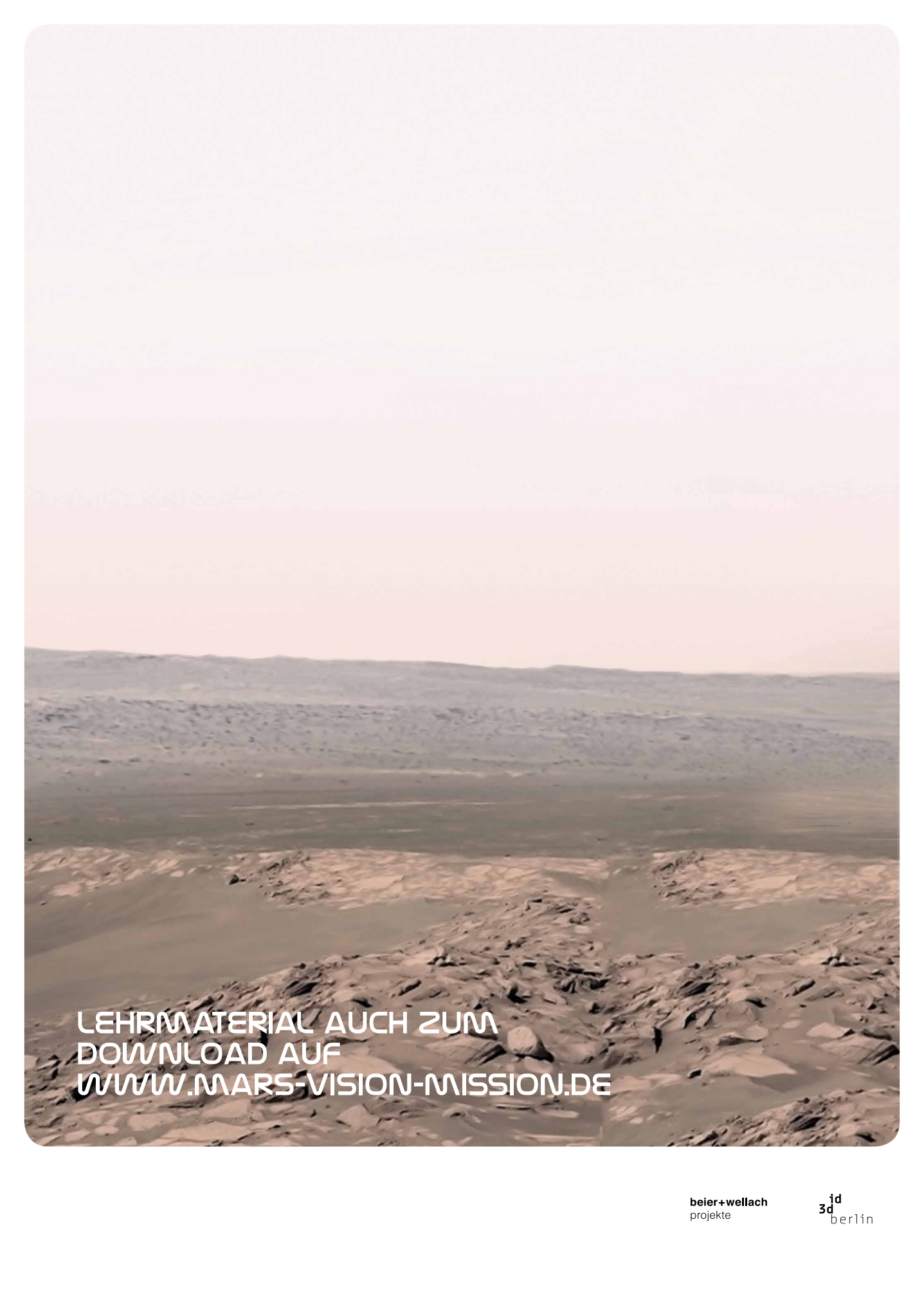
Oliver Sperl

(grafische Grundlinien)

Nicole Skala, id3d-berlin

Berlin, April 2012,

www.beier-wellach.de



LEHRMATERIAL AUCH ZUM
DOWNLOAD AUF
WWW.MARS-VISION-MISSION.DE