

Quarks & Co

SCRIPT ZUR WDR-SENDE REIHE „QUARKS & CO“

**SPURENSUCHE  
AUF DEM MARS**

## Inhalt

Steckbrief des roten Planeten	4
Die Marsianer in der Phantasie der Menschen	7
Mission impossible?	10
Zweite Erde oder kalte Staubwüste?	18
Johannes Kepler vermisst als Erster die Bahn des Mars	20
Die Schleifen des Mars am Himmel	22
Die Mars-Wetterkarte	23
Lesetipps	24
Linktipps	26

### Impressum

Text:

Heinz Greuling

Uli Grünewald

Silvio Wenzel

Ismeni Walter

Redaktion und Koordination: Monika Grebe

Copyright: WDR Dezember 2003

Weitere Informationen erhalten sie unter: [www.quarks.de](http://www.quarks.de)

Gestaltung: Designbureau Kremer & Mahler, Köln

Druck: Duckerei Kopp, Köln

Diese Broschüre wurde auf 100 % chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

### Bildnachweise:

S. 4 o. und u. NASA

S. 7 New York Times

S. 8 o. Kampf der Welten / S. 8 m. Mars Attacks / S8. u. ESA /

S. 9 Mission to Mars

S. 11-18 NASA exklusive S. 13 o. WDR

S. 20 o. NASA

S. 24 NASA

Alle anderen Abbildungen WDR



## Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Beziehung zu Nachbarn ist immer eine ganz besondere. Nebeneinander läuft der Alltag ab, und oft genug zeigt einem der Nachbar, dass es durchaus Alternativen zum eigenen Dasein gibt. Der Blick über den Gartenzaun ist geprägt von Neugier und dem ewigen Vergleich: Die machen das so, wir machen das anders!

Auf kosmischer Ebene gewinnt die Nachbarschaftsbeziehung eine weitere Qualität, und seit Jahrhunderten hoffte die Menschheit insgeheim auf ein Leben jenseits des irdischen Gartenzaunes. Der Nachbarplanet Mars ist dabei auf den ersten Blick unscheinbar und unauffällig. Am Abendhimmel leuchtet er als einer unter vielen hellen Punkten, und nur bei genauerer Betrachtung nimmt man seinen rötlichen Schimmer wahr. Die Marsgeschichte ist vielleicht deshalb so faszinierend, weil sie uns verdeutlicht, wie verletzlich die feine Grenze zwischen dem blauen und dem roten Planeten verläuft.

Das Jahr 2003 spielte dabei eine besondere Rolle, denn beide Planeten standen sich so nah wie nie zuvor in der Geschichte der Menschheit. Vier Raumsonden sind ein Beleg für das Marsfieber, das in den Reihen der Wissenschaft ausgebrochen ist. Aber es womöglich in der Mars-Vergangenheit Wasser oder gar Leben? Ausgerüstet mit Spezialkameras, einer Batterie von physikalischen Analysegeräten und pfiffigen Bohrern versuchen irdische Wissenschaftler diese Frage zu beantworten, und einige träumen schon vom ersten Astronauten auf dem Mars.

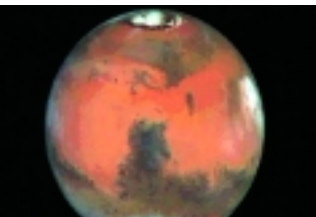
Schon erstaunlich, was die Wissenschaft da alles versucht. Aber es geht auch um etwas Wichtiges: eine gute Nachbarschaft!

Viel Spaß beim Lesen!

Ihr

Ranga Yogeshwar

## Steckbrief des Roten Planeten



Der Mars von Hubble aus betrachtet

Der Mars, mit 4,6 Milliarden Jahren genauso alt wie unsere Erde, umkreist als vierter Planet unseres Sonnensystems die Sonne. Sein Durchmesser ist knapp halb so groß wie derjenige der Erde. Auf seiner Oberfläche schwanken die Temperaturen zwischen minus 130 °C und 27 °C. Seine Atmosphäre besteht zu 95 % aus Kohlendioxid, ist aber so dünn, dass der Luftdruck weniger als ein Prozent des irdischen Druckes erreicht. Genau wie die der Erde, ist die Rotationsachse des Mars geneigt und das sogar ähnlich stark. Dies hat zur Folge, dass auf unserem Nachbarplaneten ebenso Jahreszeiten existieren, wie bei uns. Allerdings dauern diese gut doppelt so lang, denn ein Marsjahr währt 687 Erdentage. Ein Tag auf dem Mars ist 39 Minuten länger als einer auf der Erde. Seine Farbe und damit seinen Spitznamen verdankt der Mars Eisenoxid, das auf seiner gesamten Oberfläche zu finden ist.

### So nah, so weit

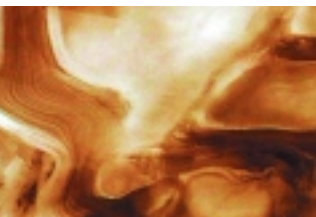
Die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne beträgt 227,9 Millionen Kilometer. Das ist gut das Anderthalbfache des Abstandes Sonne – Erde (149,6 Millionen km). Aber die Marsbahn ist deutlich exzentrischer als die der Erde. Deshalb schwankt sein Abstand von der Sonne auch stärker, als das für unseren blauen Planeten der Fall ist.

Alle 780 Tage, also alle 2 Jahre und 2 Monate, überholt unser Planet den Mars auf dem Weg um die Sonne. Doch so nah wie im Sommer 2003 kamen sich die beiden Nachbarn seit 57.000 Jahren nicht mehr. Erst am 29. August 2287 wird es wieder zu einer solchen Konstellation kommen.

### Gigantische Vulkane und riesige Gräben

Geografisch gesehen ist der Mars ein zweigeteilter Planet. Das südliche Hochland nimmt ungefähr zwei Drittel der Oberfläche ein und weist unzählige Krater von Meteoriteneinschlägen auf. Das nördliche Tiefland liegt ungefähr drei Kilometer tiefer und ist ziemlich eben. Insgesamt ist die Marsoberfläche so groß wie alle nicht von Wasser bedeckten Gebiete der Erde zusammen.

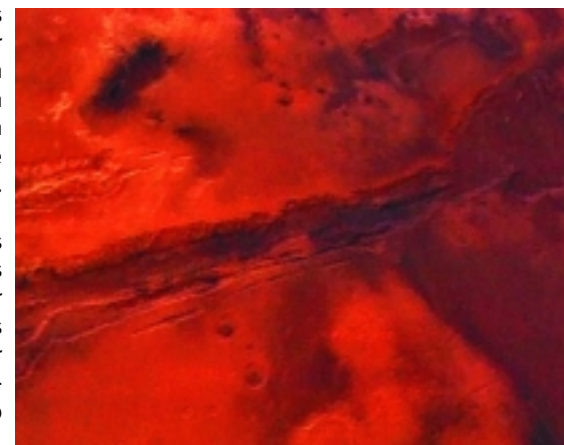
Während auf der Erde die Vulkane gleichmäßig verteilt sind, finden wir auf dem Mars nur zwei Regionen, in denen es einst Vulkanismus gab. Die größere der beiden, die Region Tharsis, hat eine besondere Sehenswürdigkeit zu bieten: den Olympus



Der Marsvulkan Olympus Mons

Mons. Er ist der größte Vulkan des ganzen Sonnensystems. Mit seiner imposanten Höhe von 26.000 Metern und einem Basisdurchmesser von 600 Kilometern lässt er den höchsten Berg der Erde (Mount Everest, Höhe 8.848 m) geradezu winzig erscheinen.

Eine weitere Attraktion ist das Valles Marineris, ein 4.000 km langes, bis zu 7.000 Meter tiefes und an seiner breitesten Stelle 200 km messendes Canyonsystem. Es erstreckt sich über knapp 20 Prozent des Planetenumfanges und ist mit dem Teleskop als dunkler Streifen zu sehen.



Valles Marineris:  
Der Grand Canyon des Mars

### Warme Füße, kalte Nase

Als 1976 mit den beiden Viking-Sonden erstmals menschliches Gerät auf dem Mars landete, konnten die Wissenschaftler die Temperaturen auf dem Planeten messen. In der kältesten Stunde, kurz vor Sonnenaufgang, wurden an der Landestelle in anderthalb Metern Höhe ungemütliche minus 85 °C gemessen. Bis zum Nachmittag war die Temperatur dann auf minus 29 °C gestiegen. Am meisten verblüffte, dass die Werte in Bodennähe jeweils um 10 bis 15 Grad höher lagen. So lernten die Wissenschaftler, dass die Temperatur auf dem Mars schnell abnimmt, je weiter man sich von der Oberfläche entfernt. Ein auf unserem Nachbarplaneten stehender Mensch müsste also an der Nase deutlich geringere Temperaturen ertragen als an seinen Füßen.

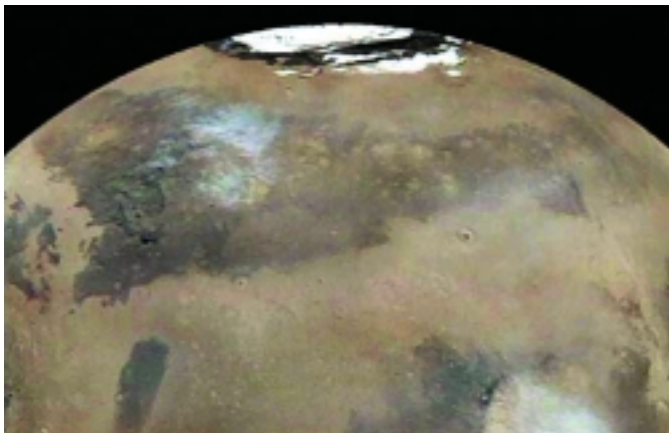
### Richtig was eingefangen

Der Mars gönnt sich gleich zwei himmlische Begleiter. Allerdings sind seine beiden Monde nicht gerade Giganten. Mit einem mittleren Durchmesser von 22 bzw. 12 Kilometern sind Phobos und Deimos sehr klein (Durchmesser des Erdmondes: 3.476 km). Vermutlich handelt es sich bei ihnen um eingefangene Asteroiden, die durch die Schwerkraft des Mars in seine Umlaufbahn gezogen wurden. Ihre mittlere Entfernung zum Planeten ist mit 9.270 bzw. 23.400 Kilometern deutlich geringer als die unseres Mondes von der Erde (384.400 km).



## Weißer Kappen an den Polen

Schon mit Amateurfernrohren kann man die leuchtend weißen Polkappen des Mars gut sehen. Bereits in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bemerkte der Astronom William Herschel, dass diese zwar nie abschmelzen, aber nicht immer gleich groß sind. Vielmehr hängt ihre Größe von der jeweiligen Jahreszeit ab. Im Winter „schneit“ Kohlendioxid aus der Atmosphäre und legt sich auf die permanenten Polkappen. Die nördliche Polkappe ist fast so groß wie Frankreich und Deutschland zusammen, die Südpolkappe dagegen bringt es gerade einmal auf die Größe Österreichs.



Die Nordpolkappe des Mars:  
fast so groß wie Frankreich  
und Deutschland zusammen

## Üble Nachrede

Im Altertum ließen die Menschen kein gutes Haar an unserem Nachbarplaneten. Seine blutrote Farbe und seine stark schwankende Helligkeit brachten ihm den Ruf ein, Unheil zu bringen und Katastrophen auszulösen. Schon vor 5.000 Jahren sahen die Chinesen im Mars den Stern des Strafergerichts. Die Babylonier verbanden ihn mit ihrem Totengott Nergal, der Seuchen und Krieg brachte. Im zweiten Jahrhundert nach Christus behauptete Ptolemäus, der Mars trockne Flüsse aus und sei für Missernten verantwortlich. In Griechenland benannte man ihn nach dem Kriegsgott Ares. Die Römer schließlich gaben ihm den Namen, den er heute noch trägt: Mars, der Gott des Krieges.

## Marsianer in der Phantasie der Menschen

Der Mars hat die Phantasie der Menschen schon immer beflügelt – schließlich ist er ihr Nachbarplanet und von allen Planeten des Sonnensystems der Erde am ähnlichsten. „Der Mars ist bewohnt!“ Davon waren die Menschen überzeugt, und das schon über 250 Jahre bevor sie selbst ins All flogen. Denn im 18. Jahrhundert waren sich die Astronomen sicher, dass es im Universum eine unermesslich große Zahl bewohnter Welten geben müsse. Sie glaubten auch, dass die äußeren Planeten im Sonnensystem älter und weiter entwickelt seien als die inneren. Also mussten auch die Bewohner des Mars in der Evolution weiter und den Erdmensch weit überlegen sein.

## Die großen Brüder von nebenan

Damit war klar: Die Marsianer waren zu technischen Leistungen fähig, von denen die Menschheit nur träumen konnte. Besonders der amerikanische (Hobby-)Astronom Percival Lowell war ein leidenschaftlicher Verfechter dieser These. Die von dem italienischen Astronomen Giovanni Schiaparelli entdeckten und als „Canali“ bezeichneten linienförmigen Strukturen auf dem Mars interpretierte Lowell als gigantisches von den Marsianern angelegtes Kanalsystem. Nach seiner Vorstellung bewässerten sie damit ihren von der Wüstenbildung bedrohten Heimatplaneten im Frühjahr mit dem Schmelzwasser der Marspole.

Zunächst waren die Menschen, die sich über die Marsianer Gedanken machten, in Bezug auf den Charakter der Bewohner des roten Planeten sehr optimistisch: Wenn sie älter und technisch weiter entwickelt waren als die Bewohner der Erde, mussten sie auch ethisch und moralisch die „besseren Menschen“ sein. Entsprechend hielt man sie für friedliebende und kultivierte Bewohner eines geeinten Mars, der das Konzept einzelner Nationen längst aufgegeben hatte. Auch in der Literatur, wie in Kurd Laßwitz' utopischem Roman „Auf zwei Planeten“ (1897) und in frühen Stummfilmen, wie in dem dänischen Stummfilm „Das Himmelschiff“ (1917), war die Botschaft eindeutig: Die Menschen konnten und mussten von den Marsianern noch viel lernen.



Zusammen mit dem Astronomen Percival Lowell verfolgten auch die Leser der New York Times am 26. August 1912 fieberhaft die vermeintlichen technischen Fortschritte auf dem Nachbarplaneten



## Invasoren vor der Tür



Im Spielfilm „Kampf der Welten“ (USA, 1953) sind die Marsianer aggressive Invasoren mit dem Ziel die Erde zu erobern und die Menschheit zu vernichten

Aber bald machte sich eine andere Vorstellung von den Marsianern in der Phantasie der Menschen breit: Aus den Friedensbringern wurden aggressive Invasoren in fliegenden Kampfmaschinen. Diese Marsianerphantasie hatte aber wohl mehr mit dem Wesen der Menschen selbst und ihren eigenen Problemen zu tun. Sie wurde nur kurz nach der Idee der friedliebenden Marsianer geboren, mit dem Roman „Kampf der Welten“ von H.G. Wells (1897). 1938 machte Orson Welles daraus sein berühmtes Hörspiel, das die Hörer quer durch die USA in Angst und Schrecken versetzte. Verfilmt wurde das Buch jedoch erst 1953 – als eines von zahlreichen Mars-Invasions-Spektakeln der damaligen Zeit. Denn im Kalten Krieg hatten Invasionen aus dem All Hochkonjunktur.

## Alien inside

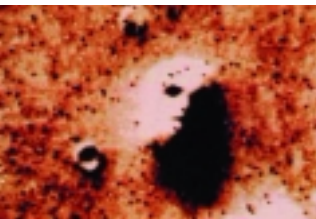


Bösartige kleine Monster mit riesigen Gehirnen – Die Marsaliens aus dem US-Spielfilm „Mars attacks!“ (1996)

Als Piloten der Mars-UFO's malten sich die Menschen bizarre Kreaturen aus. Im Grunde waren es jedoch meist Abwandlungen von irdischen Lebewesen. Mal waren es Riesenninsekten, mal Unholde mit Octopustentakeln und Menschen-gesichtern, mal bösartige, dürre kleine menschenähnliche Gestalten mit riesigen Gehirnen.

So abstoßend und hässlich die Marsianer in den Augen der Menschen nun geworden waren: Umgekehrt weckten die schönen Erdenfrauen in diesen Monstern unwiderstehliche Gelüste. Entsprechend waren sie darauf aus, sie bei jeder sich bietenden Gelegenheit zu rauben. Logisch war das natürlich nicht, aber schließlich entsprang diese Vorstellung ja den Gehirnen der Menschen selbst – der männlichen vermutlich ...

## Grüne Männchen – gibt's nicht



Das „Gesicht von Zedonia“ auf dem Mars ist längst als natürliche Felsformation identifiziert. In Science Fiction-Geschichten wird es jedoch wieder zum Zeugnis einer längst untergegangenen Marsianer-Hochkultur

Als dann die ersten Sonden von der Erde zum Mars flogen, kam die Ernüchterung: von Marsianern keine Spur. Keine der Sonden fand Anzeichen für die Existenz von höherem Leben, von Leben überhaupt. Damit sind die Marsbewohner für die Erdlinge in ziemlich weite Ferne gerückt. Ganz verschwunden sind sie allerdings nicht – als untergegangene Hochkultur leben sie in ihrer Phantasie fort. Alte Marslegenden, wie das Gesicht auf dem Mars, kommen so wieder zu neuen Ehren.

Von Weltraumforschern längst als natürliche Felsformation erkannt, wird es in der Science Fiction wieder zum rätselhaften Artefakt, das Marsianer geschaffen und den Menschen hinterlassen haben. Und manchmal, wie im US-Spielfilm „Mission to Mars“ (2000), liefern diese Marsianer der Vergangenheit den Menschen der Gegenwart sogar die Erklärung für das Leben auf der Erde: Marsianer-DNA, die in Raumschiffen zur frühgeschichtlichen Erde geschickt wurde, hat dort den Stein der Evolution ins Rollen gebracht.

Sanfte Riesinnen oder grüne Monster werden die Menschen auf dem Mars nie finden, so viel ist inzwischen sicher. Aber vielleicht gibt es dort doch Spuren, die sie ihren eigenen Planeten besser begreifen lassen.



Im Spielfilm "Mission to Mars" (2000) liegt der Ursprung des Lebens auf der Erde auf dem Mars



# Mission impossible?

## Erfolge und Rückschläge bei der Erforschung des Mars

Der Nachbarplanet Mars fasziniert seit jeher die Menschen. Viele träumen sogar davon, ihn als zweite Erde zu besiedeln oder dort zumindest einen Außenposten der Menschheit zu errichten. Doch die Geschichte der Marsmissionen zeigt: Ein Trip zum Mars ist alles andere als Routine. Von den insgesamt 37 Versuchen waren bisher nur 9 wirklich erfolgreich, 4 Sonden sind noch unterwegs, die meisten haben den Mars nie erreicht.

### Marsnik 1 (Mars 1960A)

**Start: 10.10.1960 - Ankunft:** - (FEHLGESCHLAGEN)

### Marsnik 2 (Mars 1960B)

**Start: 10.10.1960 - Ankunft:** - (FEHLGESCHLAGEN)

Kurz nachdem es mit der Sputnik 1 gelungen ist, einen Satelliten in eine Erdumlaufbahn zu schießen, schickt die UdSSR zwei Sonden Richtung Mars. Sie sollen am Mars vorbeifliegen und dabei Fotos machen. Beide Missionen scheitern bereits beim Start.

### Sputnik 22

**Start: 24.10.1962 - Ankunft:** - (FEHLGESCHLAGEN)

Die sowjetische Sonde Sputnik 22 macht ihrem Namen „Weggefährte“ keine Ehre. Sie verunglückt bereits in der Erdumlaufbahn.

### Mars 1

**Start: 01.11.1962 - Ankunft:** - (FEHLGESCHLAGEN)

Am 31.03.1963 hat die sowjetische Sonde Mars 1 den halben Weg bereits geschafft, als der Kontakt abbricht.

### Sputnik 24

**Start: 04.11.1962 - Ankunft:** - (FEHLGESCHLAGEN)

Trotz der bisherigen Fehlschläge versucht die UdSSR, mit der Sputnik 24 ein Landegerät auf den Mars zu bringen. Doch die Sonde erreicht nur eine Erdumlaufbahn und geht dann verloren.

### Mariner 3

**Start: 05.11.1964 - Ankunft:** - (FEHLGESCHLAGEN)

Mit der Sonde Mariner 3 steigen die USA in den „Wettlauf zum Mars“ ein. Doch als die Sonde den Weltraum erreicht, lässt sich die für den Start notwendige Schutzhülle nicht absprengen. Die für das Laden der Batterien notwendigen Sonnenkollektoren können deshalb nicht in Betrieb genommen werden – das Aus für Mariner 3.

### Mariner 4

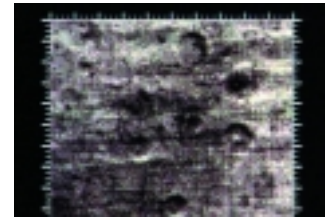
**Start: 28.11.1964 - Ankunft: 15.07.1965**

Den USA gelingt die erste erfolgreiche Mission zum Mars. Mariner 4 fliegt ungebremst in einer Entfernung von 10.000 Kilometern am Mars vorbei. Innerhalb einer halben Stunde nimmt sie 21 Bilder auf und speichert sie zunächst auf einem Magnetband. Erst während des anschließenden Fluges durch den Weltraum übermittelt sie die Daten zur Erde. Pro Bild dauert die Übertragung mehrere Stunden. Nach rund 8 Tagen sind alle Daten übermittelt, vom Computer in Bilder umgerechnet und entwickelt.



Mariner 4

Die Fotos sind für die Wissenschaftler ein Schock. Sie zeigen eine öde Kraterlandschaft und keinen einzigen Hinweis auf vulkanische Tätigkeit. Außerdem messen die Instrumente an Bord eine viel dünnere Atmosphäre als angenommen. Es gibt also kein flüssiges Wasser an der Oberfläche. Der Mars scheint eher dem irdischen Mond zu gleichen als der Erde selbst.



Marsfoto aufgenommen von Mariner 4

### Zond 2

**Start: 30.11.1964 - Ankunft:** - (FEHLGESCHLAGEN)

Die sowjetische Sonde Zond 2 fliegt in einer Entfernung von 1.600 km am Mars vorbei. Der Kontakt bricht jedoch am 2.05.1965 ab, noch bevor die Sonde Daten übermitteln kann.

### Zond 3

**Start: 18.07.1965 - Ankunft:** - (FEHLGESCHLAGEN)

Bereits die siebte UdSSR-Mission und der zweite Versuch, ein Landegerät auf dem Mars abzusetzen. Doch auch Zond 3 geht verloren. Kurz nach dem Start reißt der Kontakt zur Bodenstation ab.

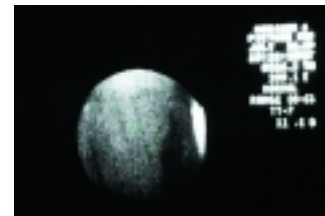
### Mariner 6

**Start: 24.02.1969 - Ankunft: 31.07.1969**

### Mariner 7

**Start: 27.03.1969 - Ankunft: 04.08.1969**

Die beiden US-Schwestersonden Mariner 6 und 7 fliegen wie geplant rund 3.500 Kilometer am Mars vorbei. Sie schießen dabei über 200 Fotos (Mariner 6: 76; Mariner 7: 126). Leider überfliegen sie nur öde, kraterübersäte Gebiete. Auch die Instrumente zur Analyse der Atmosphäre bestätigen, dass der Mars lebensfeindlich ist. Die Luft besteht zu mehr als 90 Prozent aus Kohlendioxid und der Druck ist mit 6 mbar fast 200 mal niedriger als auf der Erde (durchschnittlich 1015 mbar).



Kontrollmonitor der Mariner-6-Mission



### **Mars 1969A**

**Start: 27.03.1969 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

### **Mars 1969B**

**Start: 02.04.1969 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Die beiden sowjetischen Schwestersonden gehen bereits beim Start verloren.

### **Mariner 8**

**Start: 08.05.1971 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Die Amerikaner nutzen die ungewöhnliche Nähe des Mars, um Mariner 8 auf die Reise zu schicken. Die Rakete stürzt jedoch wenige Minuten nach dem Start in den Atlantik. Die Wissenschaftler hoffen nun auf die wenige Tage später startende Schwestersonde Mariner 9.

### **Cosmos 4**

**Start: 10.05.1971 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Während der ungewöhnlichen Nähe des Mars zur Erde starten die Sowjets gleich drei Sonden zum Mars. Die erste ist Cosmos 419. Sie erreicht zwar eine Erdumlaufbahn, geht dann aber verloren.

### **Mars 2**

**Start: 19.05.1971 - Ankunft: 27.11.1971**

(TEILWEISE FEHLGESCHLAGEN)

Mars 2 erreicht als erste sowjetische Sonde den Mars. Bei ihrer Ankunft wütet ein planetenweiter Sandsturm. Das mitgebrachte Landegerät ist darauf jedoch nicht ausgelegt und geht verloren. Der Orbiter beginnt, nach einem starren Zeitschema Fotos zu machen. Wegen des Sandsturms ist allerdings kaum etwas zu erkennen. Doch die übrigen Instrumente arbeiten normal und messen unter anderem ein schwaches magnetisches Feld, das die Forscher bisher nicht nachweisen konnten.

### **Mars 3**

**Start: 28.05.1971 - Ankunft: 02.12.1971**

(TEILWEISE FEHLGESCHLAGEN)

Die sowjetische Sonde Mars 3 ereilt ein ähnliches Schicksal wie Mars 2. Das Landegerät schafft es zwar bis auf die Marsoberfläche und beginnt mit der Datenübermittlung, nach 20 Sekunden ist es damit jedoch wieder vorbei. Vermutlich ist das Landegerät Opfer eines Sandsturms geworden. Der Orbiter selbst hat ein Problem mit dem programmierten Fotoauslöser und übermittelt nur verschleierte Aufnahmen.

### **Mariner 9**

**Start: 30.05.1971 - Ankunft: 13.11.1971**

Als die amerikanische Sonde Mariner 9 den Mars erreicht, hält ein planetenweiter Sandsturm die Mission auf. Glücklicherweise haben die Wissenschaftler den Bordcomputer so programmiert, dass sie die Sonde zunächst in einen Ruhezustand versetzen können. Erst als sich der Sturm im Januar 1972 wieder legt, beginnt Mariner 9 mit den Aufnahmen.

Diesmal sorgen die Fotos für eine positive Überraschung. Deutlich sind Spuren eines geologisch aktiven Mars zu sehen. Unzählige Vulkane zeugen von einer bewegten Vergangenheit und tiefe Schluchten erinnern an ausgetrocknete Flussbetten. Aus insgesamt 7329 Bildern entsteht der erste vollständige Marsglobus. Darauf entdecken die Forscher einen gigantischen Canyon. Er ist rund 4.000 Kilometer lang und an einigen Stellen bis zu 200 Kilometer breit. Zur Erinnerung an die erfolgreiche Mission heißt der Canyon fortan „Valles Marineris“.

### **Mars 4**

**Start: 21.07.1973 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Die sowjetische Mars 4 ist die erste Sonde einer Viererstaffel. Sie verfehlt den Mars.

### **Mars 5**

**Start: 25.07.1973 - Ankunft: 10.02.1974**

(TEILWEISE FEHLGESCHLAGEN)

Die sowjetische Sonde Mars 5 tritt in eine Umlaufbahn um den Mars ein. Sie beginnt damit, Daten zu sammeln und macht 60 Fotoaufnahmen. Nach neun Tagen geht der Kontakt verloren.

### **Mars 6**

**Start: 05.08.1973 -Ankunft: 12.03.1974**

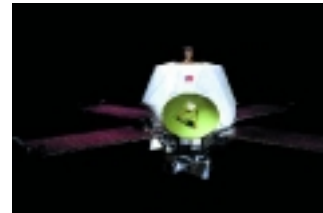
(TEILWEISE FEHLGESCHLAGEN)

Kurzfristig sieht es gut aus für das Landegerät Mars 6 der UdSSR. Es erreicht den Planeten und übermittelt während des Abstiegs Daten über die Atmosphäre. Kurze Zeit später bricht der Funkkontakt ab.

### **Mars 7**

**Start: 09.08.1973 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Die letzte Sonde der sowjetischen Viererstaffel verfehlt ihr Ziel. Den Wissenschaftlern gelingt es nicht, die Sonde abzubremsen, sie fliegt am Mars vorbei.



Mariner 9



Aus den Fotos der Mariner 9 entsteht ein kompletter Marsglobus



### Viking 1

**Start: 20.08.1975 - Ankunft: 19.06.1976**

### Viking 2

**Start: 09.09.1975 - Ankunft: 07.08.1976**

Die beiden amerikanischen Viking-Sonden teilen das Schicksal ihrer Vorgängerin Mariner 4: Die Mission ist ein großer Erfolg, aber die Ergebnisse enttäuschen.

Zum ersten Mal gelingt es, Landegeräte auf dem Mars abzusetzen und brauchbare Daten von der Oberfläche zu empfangen. Beide Viking-Lander sind unter anderem ausgerüstet mit Farbkameras, einer Vorrichtung zur Entnahme von Bodenproben und einem kleinen Labor für drei biologische Versuche. Ziel ist es, Spuren von Leben im Marsboden zu finden. Die Experimente schlagen zwar an, aber das führen die Forscher eher auf eine unerwartete Bodenchemie zurück als auf aktive Mikroorganismen. Die Oberfläche ist tot. Der Traum vom Leben auf dem Mars ist zu Ende.

Die Farbkameras liefern beeindruckende Bilder von der Marsoberfläche. Erstmals sehen die Forscher, dass der Himmel auf dem Mars nicht blau erscheint, wie vermutet, sondern lachsrot. Das Sonnenlicht wird offensichtlich von feinsten Staubteilchen in der Atmosphäre gestreut.

### Phobos 1

**Start: 07.07.1988 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Diesmal haben sich die Sowjets ein anderes Ziel gesetzt. Nicht der Mars, sondern Phobos, der größere seiner beiden Monde, steht im Mittelpunkt. Geplant sind Fotos und eine Landung. Auf dem Weg zum Mars wird jedoch versehentlich ein Triebwerk gezündet, so dass sich die Solarzellen von der Sonne wegdrehen. Nachdem die Batterien erschöpft sind, bricht am 31.08.1988 der Kontakt ab.

### Phobos 2

**Start: 12.07.1988 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Wie ihre Schwestersonde sollte die sowjetische Phobos 2 den größeren der beiden Marsmonde, Phobos, erkunden. Die Sonde erreicht zwar eine Umlaufbahn um den Mars, bevor jedoch das Landgerät abgesetzt werden kann, bricht der Kontakt ab.



Landestelle Viking 1



Die Viking-Sonde untersucht Bodenproben auf Mikroorganismen

### Mars Observer

**Start: 25.09.1992 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Nach 17 Jahren entsenden die USA erstmals wieder eine Sonde. Mars Observer hat eine hochauflösende Kamera an Bord und soll die Geologie und das Klima auf dem Mars erkunden. Am 21.08.1993, drei Tage vor der geplanten Ankunft, geht jedoch der Kontakt verloren.

### Mars Global Surveyor

**Start: 07.11.1996 - Ankunft: 12.09.1997**

Mars Global Surveyor (USA) geht als billiger Ersatz für den gescheiterten Mars Observer an den Start und wird ein grandioser Erfolg.

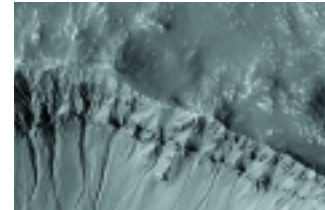
Zunächst lautet das neue Motto der NASA „better – faster – cheaper“ (besser – schneller – billiger). Normalerweise kostet es eine Menge Treibstoff, eine Sonde nach der langen Reise zum Mars auf eine stabile Umlaufbahn abzubremsen. Um Gewicht zu sparen, wird Global Surveyor daher nicht mit Hilfe von Düsen gebremst, sondern streift immer wieder die Atmosphäre des Mars. Nach eineinhalb Jahren und rund 900 Umläufen erreicht sie schließlich ihre Zielhöhe. Von dort aus macht sie mehr als 100.000 Nahaufnahmen vom Mars und enthüllt bis dahin unbekannte Details.

Die Aufnahmen zeigen an Kraterrändern Strukturen, die so aussehen, als wäre dort einmal Wasser geflossen. Besonders aufregend ist, dass diese Abflussrinnen (engl. Gully) nicht von Einschlagskratern oder Sanddünen unterbrochen sind. Das ist ungewöhnlich, denn normalerweise ist die gesamte Marsoberfläche dicht davon bedeckt. Die Wissenschaftler vermuten daher, dass die Abflussrinnen noch sehr jung sind, nur wenige Millionen Jahre, vielleicht sogar nur einige 100.000 Jahre. Das könnte bedeuten, dass es auch heute noch flüssiges Wasser unter der Oberfläche des Mars gibt. Damit steigen die Chancen wieder, vielleicht doch noch Leben auf dem Mars zu finden.

### Mars 96

**Start: 16.11.1996 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

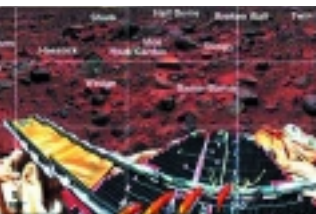
Gemeinsam versuchen Russland und Europa, einen großen Orbiter samt Landefahrzeug zum Mars zu schicken. Doch die letzte Raketenstufe von Mars 96 zündet nicht. Die Sonde verbleibt auf einer Erdumlaufbahn. Um einen unkontrollierten Absturz zu vermeiden, wird sie gezielt in der Atmosphäre zum Verglühen gebracht, die Reste stürzen ins Meer. Die Aktion ist umstritten, da die Sonde 270 Gramm Plutonium an Bord hat und die Gefahr einer Verseuchung der Atmosphäre besteht.



Abflussrinnen am Kraterrand







Die Landestelle des Pathfinders mit dem Marsmobil Sojourner und Bezeichnung der Gesteinsbrocken

### Pathfinder (Sojourner)

**Start: 04.12.1996 - Ankunft: 04.07.1997**

Die amerikanische Sonde Pathfinder mit dem Marsmobil Sojourner gerät zum Medienspektakel. Es beginnt mit der spektakulären Landung: Um Treibstoff und damit Geld zu sparen, fällt das Landegerät nur leicht gebremst auf die Marsoberfläche. Riesige Airbags dämpfen den Aufprall. Die Fotos der Pathfinder-Sonde und die Ausflüge des Sojourner sind (fast) live im Internet zu beobachten. Mehr als 500 Millionen Surfer klicken sich im ersten Monat auf die Webseite der Mission. Nicht zuletzt trägt die Namensgebung der untersuchten Gesteinsbrocken zur medialen Vermarktung der Mission bei. Sie sind nach bekannten Romanfiguren benannt: „Scooby Doo“, „Indiana Jones“ und „Yogi“.

### Nozomi

**Start: 03.07.1998 - geplant für den: 14.12.2003**

„Nozomi“ bedeutet „die Hoffnung“. Genau davon brauchen die Japaner bei ihrer ersten Mission zu einem anderen Planeten reichlich. Fünf Jahre ist Nozomi mittlerweile unterwegs – eine Reise voller Weltraumpannen. Eigentlich soll Nozomi nach dem Start noch zweimal den Mond und einmal die Erde umrunden und sich dabei genügend Schwung für die Reise zum Mars holen. Im entscheidenden Moment jedoch versagt eine Steuerröhre und so reicht die Beschleunigung nicht aus, um den roten Planeten zu erreichen. Zwei Korrekturzündungen verbrauchen viel zu viel Treibstoff. Um die Mission doch noch zu retten, lenken die Japaner die Sonde auf eine Umlaufbahn um die Sonne. Dadurch saust sie noch zweimal haarscharf an der Erde vorbei und erhält so den nötigen Schwung. Damit verlängert sich die Flugzeit jedoch um vier Jahre.

Im April 2002 dann der nächste Rückschlag. Eine heftige Sonneneruption trifft Nozomi mit voller Wucht. Ein Kurzschluss legt die Bordkommunikation und die Energieversorgung lahm. Daraufhin friert der Treibstoffvorrat ein. Es dauert fünf Monate, bis die Flugingenieure die Sonde wieder unter Kontrolle bringen.

Anfang 2004 soll Nozomi schließlich doch noch ihr Ziel erreichen und in erster Linie die oberen Atmosphärenschichten des Mars erkunden.

### Climate Orbiter

**Start: 11.12.1998 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Der amerikanische Climate Orbiter scheitert an einem peinlichen Programmierfehler. Die metrischen und die englischen Längeneinheiten (Meter und Fuß) werden durcheinander gebracht. Anstatt knapp am Mars vorbeizufiegen, wird sie nur in einem Drittel der eigentlich vorgesehenen Entfernung an der Marsoberfläche vorbeigelenkt. Sie verglüht in der Marsatmosphäre.

### Polar Lander

**Start: 03.01.1999 - Ankunft: - (FEHLGESCHLAGEN)**

Wieder verliert die USA eine Sonde aufgrund eines Programmierfehlers. Der Polar-Lander soll nicht mit der Airbag-Methode der Pathfinder-Sonde landen, sondern mit Hilfe von Bremsdüsen, wie einst Viking. Ein Sensor soll die Erschütterung beim Aufsetzen messen und soll daraufhin die Triebwerke abschalten. Doch offenbar hält der Sensor bereits die Erschütterungen beim Abwerfen des Schutzschildes für eine erfolgreiche Landung. Die Düsen werden in mehreren Kilometern Höhe ausgeschaltet. Die Sonde rast zu Boden und zerschellt.

### Mars Odyssey

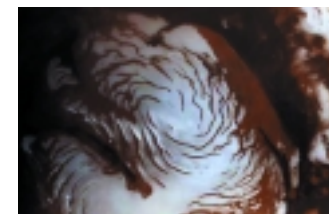
**Start: 07.04.2001 - Ankunft: 24.10.2001**

Die Hoffnung auf Wasser und damit Leben auf dem Mars erhält neue Nahrung. Die amerikanische Sonde Mars Odyssey spürt mit einer Kombination aus Gammastrahlen-Spektrometer und Neutronendetektor riesige Wasserstoffmengen auf. Die Forscher vermuten, dass sich diese zum einen an den Polen, gebunden in mächtigen Wassereisgletschern, zum anderen als Permafrost verteilt über den gesamten Planeten befinden.

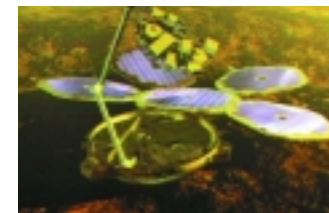
### Mars Express

**Start: 02.06.2003 - geplant für den: 25.12.2003**

Zum ersten Mal entsendet die Europäische Weltraumorganisation ESA eine Sonde zum Mars. An Bord hatte sie die Landeeinheit Beagle 2, benannt nach dem Schiff, mit dem Charles Darwin im 19. Jahrhundert fünf Jahre um die Welt segelte und Beweise für die Evolutionstheorie sammelte. Beagle 2 sollte eigentlich am 25.12. des letzten Jahres landen. Die Abkopplung von der Raumsonde sechs Tage vorher klappte wie geplant. Leider ist es auch bis zum 09.01.2004 nicht gelungen, Kontakt zu Beagle 2 aufzunehmen. So wissen die Wissenschaftler nicht, ob die kleine Landeeinheit überhaupt gut auf dem Mars gelandet ist. Noch bis mindestens Mitte Januar werden die Raumfahrtexperten intensiv nach Beagle 2 suchen.



Wassereiskappe am Nordpol im Sommer



Mars Express



Unter [www.esa.int](http://www.esa.int) und [www.dlr.de](http://www.dlr.de) können Sie sich jederzeit über den Stand der Mission informieren.

Beagle 2 soll auf dem roten Planeten nach Spuren von Leben suchen. Doch diese dürften kaum direkt auf der Oberfläche zu finden sein. Deshalb hat der Lander einen Bohrer dabei, der bis zu zwei Meter tief in den Marsboden eindringen kann. Dort, so hoffen die Wissenschaftler, könnte sogar heute noch Leben existieren.

Die Sonde der Mars Express Mission ist Anfang Januar auf ihre endgültige Umlaufbahn um den Planeten eingeschwenkt. Von dort aus kann sie mit einer Stereokamera eine dreidimensionale Karte des Mars mit einer Auflösung von 10 Metern aufzeichnen. Mit einem weiteren Instrument an Bord des Orbiters können die Forscher den Marsboden sogar bis in eine Tiefe von fünf Kilometern untersuchen. Zwei Erdjahre wird die Sonde so neue Erkenntnisse über unseren roten Nachbarn sammeln.

### Spirit

**Start: 10.06.2003 - Ankunft geplant für den: 03.01.2004**

### Opportunity

**Start: 02.06.2003 - Ankunft geplant für den: 25.12.2003**

Nach dem großen Erfolg der Pathfinder-Mission im Jahre 1997 entsendet die NASA gleich zwei Rover zum Mars. Wie auch Sojourner und Beagle 2 sollen sie mit Hilfe riesiger Fallschirme und gewaltiger Airbags auf der Marsoberfläche auftreffen.

Der erste Rover ist bereits wohlbehalten auf dem Mars gelandet und fotografiert fleißig seine Umgebung. Unter <http://marsrovers.jpl.nasa.gov> finden Sie diese Fotos im Internet und erfahren dort auch immer das Neueste von den NASA-Missionen. Ende Januar soll dann auch der zweite Rover den Mars erreichen.

Spirit und Opportunity sollen sich auf die Suche nach Spuren von längst verschwundenem flüssigem Wasser machen. So weist der Gusev-Krater, der Bestimmungsort von Spirit, deutliche Spuren auf, die zeigen, dass es hier früher einmal einen großen See gegeben haben könnte. Opportunity dagegen wird sich im Meridani Planum, einer großen Ebene genau auf der anderen Seite des Planeten, auf die Suche nach einem Mineral machen, das sich gewöhnlich nur dann bildet, wenn flüssiges Wasser vorhanden ist.



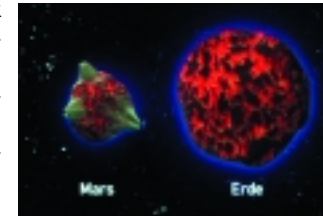
Mars Rover der NASA (Spirit & Opportunity)

## Zweite Erde oder kalte Staubwüste?

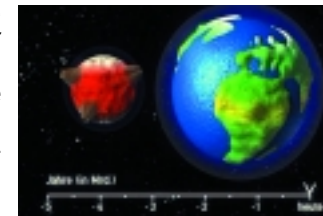
### Die Klimageschichte des Mars

Ist der Mars der kleine Bruder der Erde? Auf den ersten Blick gibt es viele Gemeinsamkeiten. Beide sind vor rund vier- bis fünf Milliarden Jahren aus ähnlichen Elementen entstanden und haben eine Phase intensiver vulkanischer Tätigkeit durchlebt. Sowohl auf der Erde, als auch auf dem Mars dauert ein Tag rund 24 Stunden, es gibt Jahreszeiten, und eine Atmosphäre sorgt für einen wärmenden Treibhauseffekt.

Auf der anderen Seite erfreuen wir uns heute auf der Erde einer Temperatur von durchschnittlich 15 Grad Celsius und einem Luftdruck von durchschnittlich 1013 mbar. Das sind ideale Voraussetzungen für flüssiges Wasser und damit für Leben. Auf dem Mars herrschen dagegen frostige minus 55 Grad Celsius und ein Druck knapp unter 6 mbar, kaum eine Chance für flüssiges Wasser. Doch war das Klima auf dem Mars vielleicht noch vor wenigen Millionen Jahren freundlicher als heute?



Mars und Erde vor rund 4,5 Mrd. Jahren



Mars und Erde heute.  
Der Mars eisig und trocken,  
die Erde warm und feucht

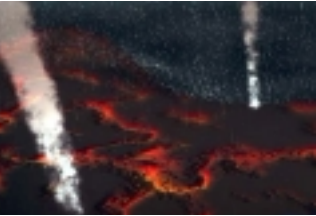
### Die Geschichte des Klimas

Die Klimageschichte der Erde lässt sich relativ gut rekonstruieren. Sedimente oder Eisschichten in der Antarktis gelten in der Wissenschaft heute als regelrechte Klimaarchive. Derartige Untersuchungen fehlen jedoch (noch) für den Mars. Bisher müssen sich die Forscher mit relativ vagen Hinweisen zufrieden geben, wie etwa Fotos von Gräben, die so aussehen, als wäre in ihnen irgendwann einmal Wasser geflossen. Derzeit lassen sich grob zwei Szenarien unterscheiden. Beide beginnen vor rund 4,5 Milliarden Jahren mit der Entstehung des Mars. Aus dem noch heißen Gestein entweicht überschüssiges Gas und bildet eine erste Atmosphäre. Diese besteht hauptsächlich aus Wasserdampf und Kohlendioxid. Doch von da an weichen die beiden Szenarien voneinander ab.

### Szenario 1: Eine zweite Erde

Die Atmosphäre des Mars erzeugt einen so starken Treibhauseffekt, dass die Temperaturen trotz des großen Abstands zur Sonne knapp über Null Grad liegen. Der Wasserdampf in der Atmosphäre kondensiert und fällt als Regen auf den Marsboden. So entstehen allmählich Flüsse, Seen und

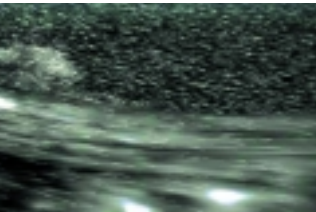




Klimaszenario 1

Ozeane. Da die Anziehungskraft des Mars viel kleiner ist als die der Erde und ihm ein schützendes Magnetfeld fehlt, wird die dichte Atmosphäre ständig vom Sonnenwind weggeblasen. Ohne Atmosphäre droht jedoch der wärmende Treibhauseffekt verloren zu gehen. Einige hundert Millionen Jahre lang liefern ständige Vulkanausbrüche die Atmosphären-gase nach. Doch der Mars ist kleiner als die Erde und kühlt daher schneller aus. Vor rund 3,5 Milliarden Jahren kommen die Vulkane zur Ruhe: das Ende des starken Treibhauseffektes und der positiven Temperaturen. Der gesunkene Luftdruck hat jedoch noch einen weiteren Effekt: das Wasser an der Oberfläche verdunstet und entschwindet in den Weltraum. Spätestens seit 3 Milliarden Jahren ist der Mars eine trockene Staubwüste, ähnlich wie wir ihn heute kennen.

### Szenario 2: Eine eisige Wüste



Der Mars; eine eisige Wüste

Die Entfernung zwischen Sonne und Mars ist so groß, dass trotz des Treibhauseffektes die Temperaturen nicht über Null Grad Celsius steigen. Der gesamte Marsboden ist tiefgefroren. Das Wasser aus der Atmosphäre kann daher nur als Eisschicht an der Oberfläche liegen bleiben. Bis vor 4 Milliarden Jahren wird der Mars jedoch ständig von Meteoriten getroffen. Diese zum Teil kilometergroßen Brocken schlagen mit ungeheurer Wucht auf dem Planeten auf. Sie pflügen das Eis förmlich unter die Oberfläche und setzen kurzzeitig große Energiemengen frei, die den Planeten aufheizen. So kann in einer kurzen Phase das Eis aufschmelzen und versickern. Dieses unterirdische Wasser gelangt an einigen Stellen wieder an die Oberfläche und bildet dort riesige Abflusskanäle. Doch vor rund 3,5 Milliarden Jahren ist es auch damit vorbei. Der Mars ist im Inneren zu stark abgekühlt, seither zeigt er das frostige Bild, das wir heute kennen.

Welches der beiden Szenarien der Wahrheit näher kommt, ist unter anderem Gegenstand der derzeitigen Marsmissionen. Zweifellos hoffen die meisten Forscher, auf dem Mars habe es eine warme feuchte Zeit gegeben, denn nur dann gibt es eine Chance, Leben auf dem Mars zu finden.

## Johannes Kepler vermisst als Erster die Bahn des Mars

Die Suche nach den geheimnisvollen Gesetzen, die hinter den Bahnen der Planeten am gestirnten Himmel stecken, ist so alt wie die Menschheit. Schon die alten Babylonier und Ägypter bemühten sich, hinter dieses Geheimnis zu kommen. Der griechische Astronom Claudius Ptolemäus (100-160) glaubte, die Erde stünde im Mittelpunkt des Planetensystems. Der Erste, der unser heutiges Verständnis des Planetensystems formulierte, war der Astronom Nikolaus Kopernikus (1473-1543). An die Stelle der Erde trat die Sonne – um sie kreisen alle Planeten, auch die Erde. Es gab nur in beiden Theorien ein Problem: die Beobachtungen am Himmel wichen erheblich von den berechneten Positionen der Planeten ab. Kein Wunder also, dass die damaligen Astronomen vom Vorteil des neuen Weltbilds eines Kopernikus nicht recht überzeugt waren.

Das Problem der Abweichungen ließ einen nicht ruhen: den deutschen Mathematiker und Astronom Johannes Kepler (1571-1634). Er war von Jugend an fasziniert von den Planetenbewegungen und wollte dem kopernikanischen System zum Durchbruch verhelfen. Doch Kepler wusste: Kopernikus musste – zumindest was seine Annahmen zu den Kreisbahnen um die Sonne betraf – irren. Irgendetwas stimmte nicht an seiner Theorie. Aber was?

### Kepler und die Marsbahn

Kepler machte sich daran, eine konkrete Planetenbahn zu vermessen. Er wollte, herausfinden, an welchem Ort im Raum sich ein Planet zu einer bestimmten Zeit aufhielt. Er wählte den Planeten Mars, und er sollte Glück haben mit dieser Wahl ...

Für seine Berechnungen hätte er eigentlich viele Beobachtungsdaten über lange Zeiträume hinweg benötigt. Die hatte er aber nicht. Hier half ihm der Zufall. Denn der damals berühmteste und angesehenste beobachtende Astronom, Tycho Brahe, war auf eines von Keplers Werken aufmerksam geworden: das Mysterium Comographicum (das Geheimnis des Kosmos, 1596). 1600 rief Brahe ihn nach Prag und machte ihn zu seinem Mitarbeiter in der damaligen deutschen Kaiserstadt Rudolfs II. Brahe verfügte über die damals besten Beobachtungsdaten, besonders zur Marsbewegung, und wachte eifersüchtig über diesen kostbaren Schatz. Aber schon nach einem Jahr gemeinsamen Beobachtens verstarb Brahe plötzlich 1601. Der Auswertung der Daten stand von da an nichts mehr im Wege.



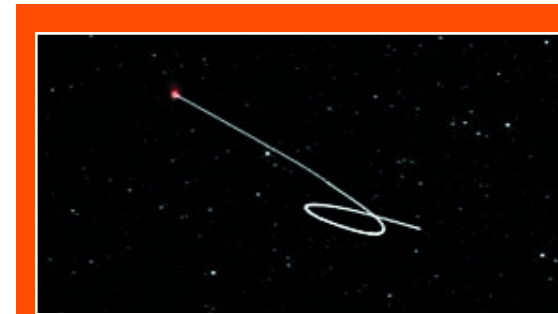
Der deutsche Astronom Johannes Kepler (1571-1634) legte mit seiner Entdeckung der Planetengesetze die Grundlagen der „Neuen Astronomie“. Auf ihrer Basis schufen Galilei und Newton dann die klassische Physik



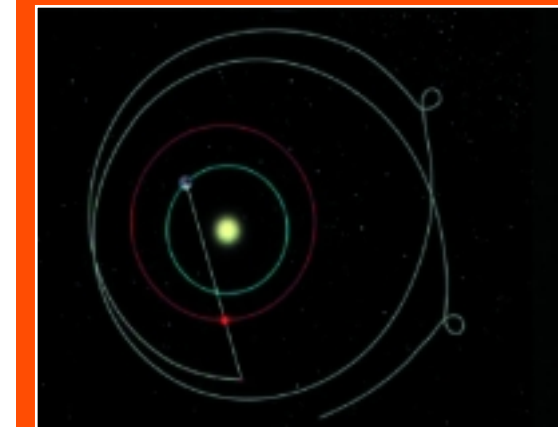
## Die Schleifen des Mars am Himmel

Wer den Sternenhimmel aufmerksam betrachtet, dem fällt sie auf, die Bewegung der Planeten am Himmel. Es zeigen sich große Schleifen, die einer ganz bestimmten Rhythmik unterworfen zu sein scheinen. Dabei spiegeln sie eigentlich nichts anderes als die Bewegung der Erde um die Sonne im Laufe eines Jahres wieder. Ein typisches Beispiel war die Marsbahn des Jahres 2003.

Betrachtet man das Planetensystem, also Sonne, Erde und Mars, aber von „oben“ aus der Vogelperspektive, zeigt sich bald, warum sich von der Erde aus betrachtet am Himmel seltsame Schleifen in der Marsbahn befinden. Der Mars ist am Himmel „rechtläufig“, wenn sich Erde und Mars in eine Richtung bewegen. Da aber die Erde schneller als der Mars die Sonne umrundet, überholt sie diesen zu einem bestimmten Zeitpunkt: Der Mars läuft von da an „rückläufig“. Diese rückläufige Bewegung ist jedoch nicht von Dauer, denn schon bald laufen Erde und Mars wieder in einer Richtung und das Spiel beginnt von neuem.



So stand im Sommer 2003 der Mars am Südhimmel von Deutschland. Im Zeitraum von Mai bis Dezember durchläuft der rote Planet seine typische Schleife



So sieht unser Planetensystem „von oben“ aus. Erde und Mars umkreisen in 365 bzw. 687 Tagen die Sonne. Von der Erde aus betrachtet zeigen sich daher am Himmel die seltsamen Schleifen

Keplers Idee war simpel. Um den Mars in seiner Bahnposition zu bestimmen, musste er ihn anpeilen – von der Erde aus, zu zwei verschiedenen Zeiten. Aber Erde und Mars waren damals wie heute in Bewegung: die Erde in 365 Tagen einmal um die Sonne und der Mars, das ließ sich aus den Beobachtungsdaten bestimmen, in 687 Tagen. Kepler kannte nun zwar die Umlaufzeiten, nur die konkrete Bahn des Mars war ihm noch verborgen.

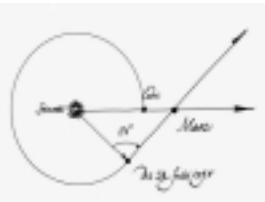
Als erste Peilung wählte Kepler jenen Zeitpunkt, an dem Sonne, Erde und Mars auf einer exakten Geraden liegen: Astronomen nennen dies eine Opposition. Mars und Sonne stehen sich dann in einem Winkel von  $180^\circ$  exakt gegenüber, in „Opposition“. Dies war am 5. September 1593 der Fall. Für die zweite Peilung musste der Mars wieder an derselben Position seiner Bahn stehen, also 687 Tage später, am 24. Juli 1595. Die Erde stand dann an einer anderen Stelle ihrer Bahn. Der Winkel zwischen Sonne und Mars betrug an diesem Tag knapp  $91^\circ$ , das zeigten die Messungen. In die Konstruktionszeichnung eingetragen ergab sich der wahre Ort des Mars als der Schnittpunkt der beiden Peilungen. So bestimmte Kepler den ersten Punkt der Marsbahn. Im Lauf der Zeit kamen viele, viele andere dazu und eine Umlaufbahn zeichnete sich ab.

Zum Jahreswechsel 1605 bestimmte Kepler endgültig die Werte der Marsbahn. Er fand: Diese Bahn weicht sehr stark von einem Kreis ab und war eine Ellipse, ein gestauchter Kreis. In einem der Brennpunkte lag die Sonne. Dies war das erste der drei Keplerschen Gesetze.

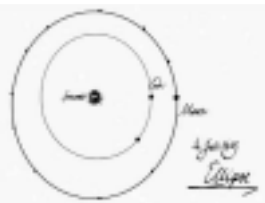
Frucht seiner Forschungen waren die berühmten drei Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung, veröffentlicht 1609 in der „Astronomia Nova“, der Neuen Astronomie und 1619 in der „Harmonices mundi“, der Weltharmonie. Ohne diese Gesetze hätte Isaac Newton (1642-1727) rund sechzig Jahre später, 1687, nicht seine „Principia“ schreiben können, in denen er den wahren Grund für die Planetenbewegung benennen konnte: das allgemeine Gesetz der Schwerkraft. Newton bedankt sich – ohne Kepler zu nennen – bei den „Titanen, auf dessen Schultern er stehe...“. Einer dieser Titanen war Johannes Kepler.



Eine erste Peilung des Mars beispielsweise am 5. September 1593. Sonne, Erde und Mars liegen auf einer exakten Geraden



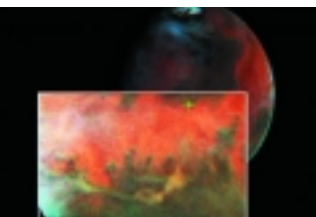
Die zweite Peilung des Mars 687 Tage später, als Mars an derselben Bahnposition steht: am 24. Juli 1593. Am Schnittpunkt beider Geraden liegt der Mars



Die Marsbahn ist ein gestauchter Kreis, eine Ellipse



## Die Mars-Wetterkarte



Am 27.6.1997 macht das Weltraumteleskop Hubble eine entscheidende Entdeckung: Südlich von der geplanten Landestelle der Sonde Pathfinder tobt ein gewaltiger Sandsturm

Es gibt sie wirklich: die Mars-Wetterkarte mit dem täglichen meteorologischen Informationen über unseren roten Nachbarn, den Mars. Jeder kann sie über das Internet abrufen. Und sie ist keine Spielerei von Wissenschaftlern und Raumfahrtbehörden. Denn wer auf dem Mars mit Sonden oder Astronauten landen will, der muss wissen, welche Wetterbedingungen zum Zeitpunkt der Landung dort herrschen.

Das Interesse am Marswetter hat aber noch einen anderen Grund. Auch wenn der Mars eine von der Erde völlig verschiedene Atmosphäre hat, so sind auch die Meteorologen am Marswetter sehr interessiert. Können sie doch so ihre Modelle und Annahmen, mit denen sie auch das irdische Wetter und Klima berechnen wollen, an einem anderen Planeten testen.

Menschenfreundlich ist das Klima nicht. Es ist bitterkalt – auch im Sommer: am Tag nach Sonnenaufgang gerade mal minus zehn Grad. In der Nacht dagegen bis weit unter minus 70 °Celsius. Der Druck der Atmosphäre ist 170-mal geringer als auf der Erde. Die Atmosphäre besteht aus 95 Prozent Kohlendioxid und ist staubtrocken. Gerade wenn sich die Marsoberfläche im Sommer durch den enormen Temperaturanstieg von Nacht auf Tag „aufheizt“, entstehen riesige Staubstürme. Sie verhüllen gelegentlich annähernd die gesamte Marsoberfläche – ähnlich den Verhältnissen bei großen Vulkanausbrüchen auf der Erde. Diese Staubstürme können den Marsmissionen gefährlich werden.

So tauchte ganz plötzlich am 27.6.1997 ein Staubsturm auf – exakt an der Stelle, wo eine Woche später die Raumsonde Pathfinder landen sollte: Das ganze Projekt drohte zu scheitern! Doch Pathfinder konnte wohlbehalten am 4. Juli auf dem Mars landen – der Sandsturm hatte sich zurückgebildet.

An dieser Stelle sind alle Astronomen, auch und gerade die Hobbyastronomen, aufgefordert, ihre Bilder vom Mars an die „Wetterzentrale“ zu schicken. Nur so können die Marsmeteorologen ihre Berechnungen mit dem tatsächlichen Marswetter vergleichen. Das Projekt „marswatch“ bietet dazu eine gemeinsame Plattform. So kann jeder, der über relevante Daten verfügt, seinen Anteil haben an der Erforschung des Mars.

Der tägliche Mars-Wetterbericht findet sich bei:  
<http://nova.stanford.edu/projects/mgs/dmwr.html>  
<http://astro.sci.uop.edu/~harlow/weather/mars.html>

## Lesetipps

### BÜCHER

#### Marsfieber

Das Buch beweist, es gibt zum Thema Mars mehr Spannendes zu erfahren als Daten über Temperatur, Druck und die verschiedenen Missionen. Selbstverständlich darf all das auch nicht fehlen und ist mit unzähligen Details und großen Fotos angereichert. Aber man erfährt auch, wie sich das Bild des Mars in der Vorstellung der Wissenschaftler, in der Fantasie der Menschen sowie in Literatur und Film im Laufe der Zeit verändert hat.

Autor: Rainer Eisfeld, Wolfgang Jeschke  
Verlag: Droemer Verlag 2003  
ISBN: 3-426-27288-1  
Preis: Euro 24,90

#### Unterwegs zum Mars

Kindersachbuchreihe Abenteuer Zeitreise. Vier Astronauten starten im Jahr 2018 zum Mars und erforschen ob in Zukunft Menschen auf dem Mars leben können. In übersichtlichen Kapiteln wird ihnen Schritt für Schritt über die Schulter geschaut. Außerdem versteckt sich ein kleiner Teddy in jeder der 12 großen Illustrationen, ein spannendes Suchspiel.

Autor: Nicholas Harris, illustriert von Peter Dennis.  
Verlag: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG 2003  
ISBN: 3-411-08291-7  
Preis: Euro 9,95

#### Das Jahrhundert der Marsianer

Ein Streifzug durch die Science Fiction Literatur von 1877 (dem Jahr der Entdeckung der „Marskanäle“ durch G. Schiaparelli) bis 1977 (dem Jahr der Landung der beiden amerikanischen Viking-Sonden auf dem Mars),

Autor: Helga Abret und Lucian Boia  
Verlag: Heyne, München 1984  
ISBN: 3-453-31022-5

#### Sternstunden der Astronomie – Von Kopernikus bis Oppenheimer

Sehr lesenswertes Buch von Thomas Bührke. Dort sind Kopernikus, Galilei und Kepler ausführlich porträtiert.

Autor: Thomas Bührke  
Verlag: Beck'sche Reihe  
ISBN: 3-406-47554-X  
Preis: Euro 9,90



## Die Nachtwandler

Wer genaueres über den spannenden Wettlauf der damaligen Astronomen Galilei und Kepler wissen möchte, dem sei dieses Buch empfohlen.

Autor: Arthur Koestler  
Nur schwer im Buchhandel erhältlich

## ZEITSCHRIFTEN

### Wettlauf zum Mars

Sonderheft der Zeitschrift „Astronomie heute“  
Hintergrundinformationen zu den aktuellen Missionen und Wissenswertes über vergangene und zukünftige Reisen zum Mars. Ein weiterer Schwerpunkt: gab es einst Wasser auf dem Mars?

Verlag: Spektrum der Wissenschaft  
Preis: Euro 2,50

### Johannes Kepler

Sehr schön und informative Biografie.  
Autorin: Anna Maria Lombardi  
Verlag: Spektrum - Biografie 4/2000  
http: [www.wissenschaft-online.de/artikel/500534&template=d\\_sonderhefte\\_detail](http://www.wissenschaft-online.de/artikel/500534&template=d_sonderhefte_detail)  
ISBN: 4-39475-816802  
Preis: Euro 8,50

### Mars – Aufbruch zum roten Planeten

Zeitschrift: Sterne und Weltraum – Spezial 3  
Verlag: Spektrum der Wissenschaft  
http: [www.wissenschaft-online.de/artikel/582147&template=d\\_sonderhefte\\_detail](http://www.wissenschaft-online.de/artikel/582147&template=d_sonderhefte_detail)  
Sonstiges: 130 Seiten  
Preis: Euro 8,90

## CD

### Der Mars

Umfassende Informationen zum Mars und seinen beiden Monden Phobos und Deimos. Dazu kommen Zusammenfassungen zu den wichtigsten Mars-Astronomen und Interessantes zum Mars in Mythos und Fantasie. Außerdem viele tolle Fotos und interaktive Karten. Die 3D-Flüge über die Marsoberfläche sind jedoch bescheiden.

P.M. - Der rote Planet in 3D (CD-ROM)  
Verlag: United Soft Media Verlag GmbH 2003  
ISBN: 3-8032-1780  
Preis: Euro 24,90

## Linktipps

Die Marsseiten von astro!Info. Ausführliche Informationen rund um den Mars. Allgemeine Daten und Zahlen, Mars-Karten, eine Übersicht über die Marsmissionen und ausführliches von Mariner 4 bis zu Pathfinder.

<http://lexikon.astronomie.info/mars/index.html>

Bildergalerie der Nasa. Die schönsten Fotos jeweils nach Themen geordnet.

<http://mars.jpl.nasa.gov/gallery/images.html>

Die neun Planeten. Übersichtliche und kompakte Informationen über unser Sonnensystem.

<http://www.wappswelt.de/tnp/nineplanets/mars.html>

Chronologische Übersicht über die Marsmissionen (Englisch). Zum Teil verlinkt mit detaillierten Informationen zu den Missionen.

[http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/chronology\\_mars.html](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/chronology_mars.html)

Der tägliche Mars-Wetterbericht findet sich bei:

<http://nova.stanford.edu/projects/mgs/dmwr.html>

<http://astro.sci.uop.edu/~harlow/weather/mars.html>

Das internationale globale Projekt marswatch:

<http://marswatch.tn.cornell.edu/mars.html>

<http://mars.jpl.nasa.gov/MPF/mpf/marswatch.html>

<http://astrosun.tn.cornell.edu/marsnet/mnhome.html>

Die kopernikanische Revolution ist auf folgender Seite in Englisch sehr präzise und gut erklärt dargestellt:

<http://www.phys-astro.sonoma.edu/people/faculty/tenn/CopernicanRevolution.html>

Auf Englisch sind auch die biografischen Seiten über Johannes Kepler bei

<http://www.kepler.arc.nasa.gov/johannes.html>

