

# Mars

## Der rote Planet

### Inhalt

Überblick	1
Einführung	1
Marssonden	2
Wasser auf dem Mars?	3
Leben auf dem Mars	4
Vulkanismus	4
Plattentektonik	5
Marsgesichter	5
Literatur	6
Websites	6

### Überblick

Besonders die jüngeren Untersuchungen des Mars mit Raumsonden haben das Bild des, wegen seiner Farbe am Erdhimmel »der rote Planet« bezeichneten, Planeten Mars und seiner Geschichte tiefgreifend verändert. Ging man früher davon aus, dass der Mars nie etwas anders war als ein öder Steinhaufen, so besteht heute die Auffassung, dass der Planet zumindest in seiner frühen Epoche ein kleiner Bruder der Erde gewesen sein könnte, mit freiem Wasser und einer dichten Atmosphäre. Irgendwann bestand dort ebenfalls die Chance, dass sich erste Lebensformen gebildet haben könnten. Ob dies tatsächlich der Fall war, ist immer noch umstritten

### EINFÜHRUNG

Der Mars hat einige Ähnlichkeiten mit der Erde. Er ist zwar nur halb so groß wie unser eigener Planet, ist aber ebenfalls aus Gestein aufgebaut. Die Neigung seiner Rotationsachse gegen den Äquator stimmt mit etwa 25° fast mit derjenigen der Erde überein, daher weist der Mars praktisch dieselben Jahreszeiten auf, die wir von der Erde kennen. Da er allerdings fast anderthalb mal so weit von der Sonne entfernt ist wie die Erde und ein Marsjahr mit 687 Tagen fast doppelt so lang ist wie ein irdisches Jahr, sind die Jahreszeiten auch deutlich länger.

Der Mars hatte die Wissenschaftler wegen seiner scheinbaren Ähnlichkeit zur Erde schon immer fasziniert. Nach dem Mond gehört er zu den nächstgelegenen Himmelskörpern. Durch seine Jahreszeiten ändern sich einige Oberflächenmerkmale, so schmelzen und wachsen die vereisten Polkappen des Mars. Farbänderungen von ausgedehnten Gebieten auf dem Mars wurden lange als niedrige Vegetation interpretiert, etwa Moose und Flechten, doch heute weiß man, dass es sich um chemische Reaktionen im Gestein handelt.

Trotz seines erdähnlichen Gehabes ist die mineralogische Zusammensetzung der Marssteine anders als bei den meisten irdischen Gesteinen, denn ihre Dichte liegt mit 3,93 g/cm<sup>-3</sup> deutlich unterhalb der Erddichte. Dies liefert Hinweise darauf, dass sich der innere Aufbau des Mars von dem der Erde unterscheiden könnte. Dennoch nimmt man an, dass der Mars, wie die Erde, einen Kern aus geschmolzenem Gestein besitzt. Je nachdem ob dieser Kern aus Eisen oder aus einer

Mischung von Eisen und Schwefel besteht, hat dieser Kern einen Durchmesser zwischen etwa 1300 und 2200 km, was einem fünftel bzw. einem Drittel des Planetendurchmessers entspricht.

In einem solchen glutflüssigen Kern können Strömungen auftreten, die ein den ganzen Planeten umschließendes Magnetfeld verursachen. Bei der Erde ist dies der Fall, wie beispielsweise die Polarlichter zeigen, die mit dem Erdmagnetfeld zusammenhängen. Das Magnetfeld des Mars ist allerdings so schwach, dass man bisher nur eine Obergrenze messen konnte. Man weiß damit nur, wie stark das Magnetfeld nicht ist. Zudem kann man Strömungen wie im Erdinneren ausschließen. In der fernen Vergangenheit des Mars war das anders. Das früher stärkere Magnetfeld hat einige Kristalle im Marsgestein ausgerichtet. Wie bei einem Tonband blieb diese Ausrichtung auch dann noch erhalten, als das Magnetfeld abnahm und kann daher heute noch gemessen werden. Aus dieser Diskrepanz zwischen früher und heute lässt sich ein einfacher Schluss ziehen: Der Schwefelanteil des Marskerns ist entweder so gering, dass der Kern bereits erstarrte, oder so hoch, dass sich gar kein richtiger Kern ausbilden konnte.

Noch Ende des 19. Jhdts. war man davon überzeugt, dass sich auf dem Mars schnurgerade Strukturen befinden, die vom italienischen Astronomen Schiaparelli als »canali« bezeichnet wurden (das italienische Wort für Rinne oder Furche). Dieser Begriff wurde jedoch fehlerhaft in andere Sprachen übersetzt und so entstand die Legende der von einer intelligenten Zivilisation angelegten wasserführenden Kanäle. Schon bald nach der Wende zum 20. Jhd. wurden diese Linien allerdings als optisches Phänomen entlarvt. Die Erinnerung blieb jedoch noch lange bestehen und gipfelte in den dreißiger Jahren in einem von Orson Welles inszenierten Hörspiel einer Invasion vom Mars, das in breiten Kreisen der amerikanischen Zuhörer Verunsicherung und Panik hervorrief.

Interessanterweise führte jedoch die Raumfahrt zu einer Wiederbelebung von Schiaparellis Kanälen – wenn auch ohne Marszivilisation. Von Raumsonden gewonnene Aufnahmen zeigen Strukturen, in denen vor langer Zeit beträchtliche Wassermassen geflossen sein müssen. Daneben räumten die Raumsonden auch mit einer Reihe von Annahmen auf, die teilweise auf erdgebundenen Beobachtungen, teilweise auf Messungen der ersten Raumsonden beruhten.

## MARSSONDEN

Schon in den sechziger Jahren besuchten amerikanische und sowjetische Raumsonden den Mars und lieferten zumeist Bilder aber auch unterschiedliche physikalische Daten zur Erde zurück. Einen ersten Höhepunkt erreichte die Marserkundung 1975 mit der Landung der beiden Viking-Sonden, die mit verschiedenen Experimenten ausgestattet, besonders das Wettergeschehen und die Bodenbeschaffenheit untersuchten. Danach trat erst einmal eine lange Pause ein.

Eine neue Ära der Marserkundung leitete die NASA mit der Landung der Raumsonde Pathfinder im Juli 1997 ein. Sie sollte anderen Sonden den Weg ebnen und besonders eines jenes Flusstäler näher erkunden. Furore machte sie besonders in den USA durch die vergleichsweise geringen Kosten, die nur wenige hundert Millionen Dollar betragen. Pathfinder setzte einen beweglichen Roboter, den so genannten Sojourner ab, der sich in einem begrenzten Gebiet um seine Landekapsel herum bewegen konnte. Ausgelegt war die Lebensdauer des Sojourner nur auf einen Monat. Dennoch arbeitete er fast drei Monate lang äußerst zufriedenstellend, bis Ende September 1997 die Batterien leer waren und die Sonde auf keines der Funksignale seitens der Bodenstation reagierte.

Schon ein Jahr bevor Sojourner verstummte, wurde die erste Sonde des sogenannten Mars Survey Program (MSP) gestartet: Im November 1996 hob der Mars Global Surveyor (MGS) in Cape Ca-

naveral ab, der 1998 beim Mars eintraf und dort seine Arbeit aufnahm. Zu den an Bord befindlichen Experimenten gehören unter anderem ein Höhenmesser, eine Kamera und Spektrometer. Ihren Aufgaben umfassen die hochaufgelöste Kartierung der Marsoberfläche, aber auch Temperatur- und topographische Messungen.

Dem Global Surveyor folgen die beiden Raumsonden Mars Climate Orbiter (MCO) und Mars Polar Lander (MPL). Sie wurden im Dezember 1998 bzw. im Januar 1999 gestartet und trafen beide mit etwa zweimonatigem Abstand Ende 1999 beim Mars ein. Nachdem der MCO zunächst einige Wochen zufriedenstellend arbeitete, verstummte er plötzlich. Die Untersuchungen ergaben, dass ein Korrekturmanöver falsch ausgeführt wurde, weil man in einem Programm falsche Einheiten, nämlich Zoll statt Zentimeter, verwendet hatte. Auch der bald darauf eintreffende Polar Lander wurde ein Flop. Eigentlich sollte die Sonde selbst auf der südlichen Eiskappe landen, dafür aber zwei andere Sonden absetzen, die sich in den Boden bohren und dort Messungen in etwa zwei Meter Tiefe vornehmen sollten. Doch die nach der Landung erwarteten Signale blieben aus und über das Schicksal der Sonde ist daher nichts bekannt.

Eigentlich wollte sich die NASA mit diesen Sonden auf ein besonders intensiv diskutiertes Thema, nämlich die Klimageschichte des Mars stürzen. Da nur verhältnismäßig wenige Faktoren das Marsklima beeinflussen, kann es wichtige Anhaltspunkte liefern, um die irdische Klimaentwicklung besser zu verstehen. Zu diesen Faktoren gehört der Druck der Marsatmosphäre. Sie entspricht nur einem Prozent des irdischen Luftdrucks. Dabei setzt sich die Atmosphäre zum größten Teil aus dem Gas zusammen, das bei der Erde den Treibhauseffekt liefert, nämlich Kohlendioxid. Das häufigste Gas der Erdatmosphäre, der Stickstoff ist nur noch in geringen Mengen vorhanden. Sauerstoff und Wasserdampf stellen auf dem Mars Spurengase dar, sind also eben noch messbar. Das kann jedoch in der Geschichte des Mars nicht immer so gewesen sein.

## WASSER AUF DEM MARS

Neben den Flusstälern deuten auch Strömungsspuren, die Pathfinder an Gesteinen entdeckte, darauf hin, dass in der Vergangenheit des Mars beträchtliche Mengen freien Wassers geflossen sein müssen. Eine so dünne Atmosphäre wie sie der Mars heute aufweist zeigt, dass dieses Wasser sehr schnell verdunstete. (Auch auf der Erde siedet Wasser unter erniedrigtem Druck bereits bei beträchtlich niedrigerer Temperatur, zum Beispiel im Hochgebirge.) Aus der Atmosphäre kann der Wasserdampf schließlich wegen der niedrigen Anziehungskraft des Mars leicht in den Weltraum entweichen.

Wie könnte das freie Wasser einmal ausgesehen haben? Eine Reihe von künstlerischen Montagen zeigen einen Mars, dessen nördliche Halbkugel – die unter dem Nullniveau des Mars liegt – fast vollständig unter einem Ozean verborgen ist. Für diese Annahme gibt es allerdings keinerlei schlüssige Beweise. Vielmehr bestehen zwei wissenschaftlich begründete Vermutungen, wie der Mars früher ausgesehen haben könnte. Die eine geht davon aus, dass der Mars in seiner frühen »Jugend« relativ warm und mit Wasser bedeckt war, die kleine Ozeane, Seen und Flüsse bildeten. Aufgrund einer damals dichten Atmosphäre blieb dieses Wasser auch lange erhalten. Erst als die Atmosphäre sich allmählich in den Weltraum verlor, verdampfte auch immer mehr Wasser in den Weltraum.

Die andere Vermutung besagt, dass Mars schon immer ein kalter und öder Planet war. Wie man es für den heutigen Mars vermutet, enthielt er große unterirdische Wasserreservoirs, etwa in Form von Eis, das zwischen den Mineralien eingelagert ist. Aus ihnen wurden bei Asteroideneinschlägen oder Vulkanausbrüchen immer wieder Wasser freigesetzt. Die dabei auftretenden großen

Flussströme, weit mächtiger als die stärksten Ströme auf der Erde, schufen die breiten Urstromtäler, die auf heutigen Aufnahmen sichtbar sind.

Geringe Spuren heutigen Wassers zeigen sich heute deutlich in der Marsatmosphäre, in der sie bei Nacht auskristallisieren und dünne Wolken bilden. Auch in den Polkappen scheinen größere Wassermengen gebunden zu sein, obwohl dort die Temperaturen so gering sind, dass sich auch Trockeneis bildet. Diese Untersuchung des Wassergehalts auf den Polkappen war eine Aufgabe des verlorengegangenen Mars Polar Lander.

### LEBEN AUF DEM MARS?

Eng verbunden mit der Frage ob es offenes Wasser auf dem Mars gegeben hat, ist die Frage, ob auf dem Mars Leben entstanden ist und ob marsianische Lebensformen heute noch existieren. Organische Moleküle finden sich überall im Weltall, insbesondere in Kometen, in denen sie seit der Entstehung des Sonnensystems eingefroren sind. Während eine Epoche des frühen Bombardements der Planeten und Monde mit den Überresten der Planetenentstehung – und in den fast fünf Milliarden Jahren, die seitdem verstrichen sind – schlugen auch immer wieder Kometen auf dem Mars auf. Kometen gelten aber als eine der Hauptquellen des irdischen Wassers und daher müssen Kometen großen Wassermengen auf dem Mars deponiert haben. Mit ihnen kamen auch organische Moleküle, die sich im Wasser verteilten. Dieses Szenario ähnelt demjenigen, dass man für die Entstehung von Leben auf der Erde vermutet und so liegt die Vermutung nahe, dass auch auf Mars die Entstehung von Lebensformen im Gange gewesen sein könnte.

Ein »Vorurteil« in diesem Zusammenhang besteht darin, auf dem Mars eine ähnliche Entwicklung vorauszusetzen, wie sie auf der Erde stattfand. Nur dann können die Wissenschaftler Experimente entwerfen, mit denen nach Lebensformen gesucht werden kann. Zu diesem „Vorurteil“ gehört beispielsweise, dass die Bakterien oder Algen – und mehr können wir aufgrund der Umweltbedingungen auf dem Mars heute nicht mehr erwarten – Stoffe aus ihrer Umwelt aufnehmen, dass in ihrem Inneren chemische Reaktionen stattfinden, die ihnen die notwendige Energie liefern, und das dabei wieder gasförmige Abfallprodukte frei werden. Dabei sind die möglichen Mars-Mikroben nicht unbedingt an einen auf Sauerstoff basierenden Stoffwechsel gebunden. Auch auf der Erde existieren Bakterien und Algen, die unter extremen Bedingungen und ohne Sauerstoff leben können.

Nach derartigen Prozessen suchten bereits 1975 die beiden Viking-Sonden. Sie entnahmen in der Umgebung ihrer Landestelle Bodenproben und setzten sie einer nährstoffreichen Umgebung aus. Gemäß der Auslegung der Experimente sollte sich beim Vorhandensein von Lebensformen Gase entwickeln, deren chemische Zusammensetzung und Menge von den Viking-Sonden gemessen werden sollte. Die Freude war 1975 groß, als diese Experimente positive Ergebnisse lieferten. Allerdings waren die Resultate mit dem Vorhandensein von Lebensformen nicht ganz vereinbar und so setzte sich bald die Überzeugung durch, dass chemische Reaktionen in den Mineralien des Bodens die gemessenen Gase freisetzen.

Einen neueren, ebenfalls heftig umstrittenen Hinweis auf marsianisches Leben meinten Wissenschaftler 1996 in einem Meteoriten gefunden zu haben. Aufgrund seines mineralogischen Aufbaus, der Marsgesteinen ähnelt, nimmt man an, dass er bei einem Meteoreinschlag auf dem Mars so weit empor geschleudert wurde, dass er nach einer langen Reise zur Erde in der Antarktis niedergehen konnte und im Eis konserviert wurde. In diesem Meteoriten befanden sich längliche Strukturen, welche stark an die Fossilien irdischer Mikroben erinnerten. Es konnte jedoch nicht

schlüssig nachgewiesen werden, dass es sich bei ihnen tatsächlich um Überreste marsianischer Lebensformen handelt.

## VULKANISMUS

Zu den sicher nachgewiesenen Merkmalen des Mars gehören die großen Schildvulkane. Sie besitzen Durchmesser von etwa 600 km und erheben sich in Höhen von bis zu 24 km. Ein vergleichbarer Vulkan auf der Erde, der Mauna Kea auf Hawaii, besitzt von seiner Basis bis zum Gipfel eine Höhe von nur 10 km.

Die Vulkane sind einer der deutlichsten Hinweise, dass der Mars auch in der Vergangenheit geologisch aktiv war. Allerdings nahm man bis vor kurzem an, dass die Vulkane seit Jahrmilliarden erloschen sind. Nach dem Eintreffen des Mars Global Surveyor lagen neue hochaufgelöste Bilder der Marsoberfläche vor, auf denen die Wissenschaftler Einschlagskrater zählten. Deren Zahl und Größe ermöglicht eine Abschätzung des Alters der entsprechenden Region. Dabei stießen sie auf einen Lavaström, der im Gegensatz zu anderen Lavaströmen kaum verkratert ist. Aus dieser Entdeckung leiteten die Wissenschaftler ein Alter des Vulkanausbruchs von 40 bis 100 Millionen Jahre ab. Der Mars ist damit in seinem Inneren keineswegs völlig erkaltet. Auch diese Beobachtung deutet auf ein weitgehend glutflüssiges Marsinneres, bei dem man wie bei der Erde einen Kern, einen Gesteinsmantel und eine Kruste erwartet.

## PLATTENTEKTONIK

Die auf Satellitenaufnahmen erkennbaren Strukturen des Mars lassen darauf schließen, dass der Planet keine tektonische Platten besitzt, die sich wie im Falle der Erde gegeneinander verschieben. Wäre dies der Fall, würde man aufgefaltete Gebirgsketten sowie eine ausgeglichene Verteilung extrem hoher und extrem niedriger Gebiete erwarten. Beides ist auf dem Mars nicht vorhanden.

Dennoch zeigen die ersten Magnetometer-Messungen an Bord des Mars Global Surveyor weit ausgedehnte nebeneinanderliegende Bereiche, in denen die Magnetisierung der Oberfläche in entgegengesetzte Richtungen weist. Solche Gesteine kennt man beispielsweise auch vom mittellatlantischen Rücken, in dem heißes Magma aus dem Erdinneren aufsteigt. Sobald es erstarrt, richten sich die eisenhaltigen Mineralien entsprechend dem Erdmagnetfeld aus und speichern so die Richtung, die das Feld in der Vergangenheit besaß. Durch die Kontinentaldrift werden die Gesteine auseinander geschoben. Bei jeder Umpolung des Erdmagnetfelds, ändert sich auch die Magnetfeldrichtung, so dass die Epochen unterschiedlicher Feldrichtungen aufgrund der Magnetisierung der Gesteine messbar wird.

Dasselbe Muster, aber mit größeren zeitlichen Abständen, weisen nach den bisherigen Messungen auch die marsianischen Gesteine auf. Dadurch kamen die Wissenschaftler zu dem Schluss, dass auch der Mars zumindest in früherer Zeit tektonisch aktiv war und es in einem geringen Maße sogar heute noch ist. Allerdings werden auch hier alternative Deutungen angeboten. Die Wissenschaftler grübeln beispielsweise darüber nach, ob es sich vielleicht um eine Restmagnetisierung aus einer früheren Epoche des Mars handelt, die durch vulkanische Aktivitäten oder durch Hebungen und Senkungen des Gesteins zerrissen wurden.

...