

# Auf den Spuren von flüssigem Wasser

Einst gab es auf dem Mars so viel Wasser, dass sich ganze Tal-Netzwerke bildeten. Heute versteckt es sich als Eisschicht an den Polen und im Boden. Doch nun deuten Versuche von Berner Forschern darauf hin, dass an gewissen Stellen noch immer Wasser auf der Oberfläche fließt. Enthält es gar Leben?

Von Nicolas Thomas und Antoine Pommerol

Leonardo da Vinci soll einst gesagt haben: «Wasser ist die treibende Kraft der ganzen Natur.» Leben kann gemäss heutigem Wissen unter den folgenden vier Voraussetzungen entstehen und sich entwickeln: Erstens müssen die notwendigen chemischen Bausteine zur Verfügung stehen. Zweitens braucht es ein flüssiges Medium, das diese transportiert. Drittens muss Energie zur Verfügung stehen, die das Medium flüssig hält und Bewegungen sowie chemische Reaktionen fördert. Schliesslich muss das Umwelt-System für einen längeren Zeitraum stabil sein – möglicherweise für Hunderte von Millionen Jahren (siehe dazu Seite 13). Das erste «flüssige Medium», das einem in den Sinn kommt, ist Wasser. Dies entspringt unserer Erfahrung auf der Erde, aber Wasser ist auch anderswo in unserem Sonnensystem verbreitet. Es ist in einem weiten Temperaturbereich flüssig. Es ist ein ziemlich stabiles Molekül, aber gleichzeitig ist es polar – das hilft, andere chemische Stoffe aufzulösen: eine nützliche Eigenschaft. Wasser ist also ein ideales flüssiges Medium für Leben.

Die Erde erfüllt offensichtlich alle vier Anforderungen für Leben – aber wohl nicht nur sie: Es ist praktisch bewiesen, dass der Jupitermond «Europa» die Bedingungen zurzeit ebenfalls erfüllt; auch hier ist das flüssige Medium Wasser. Der Saturnmond «Enceladus» ist ein weiterer Kandidat. Der grösste Saturnmond «Titan» erfüllt die Kriterien ebenfalls – doch in diesem Fall handelt es sich bei der Flüssigkeit um Methan. Und was ist mit unserem Nachbarplaneten Mars?

## Einst gab es Flüsse und Inseln

Seit der «Mariner 9»-Mission in den frühen 1970er Jahren ist bekannt, dass die Oberfläche des roten Planeten irgendwann in der Vergangenheit durch Ströme von Flüssigkeit erodiert wurde. Spätere Abbildungen, aufgenommen mit hochauflösenden Kameras auf den «Viking»-Missionen (Ende der 1970er Jahre) und



Die dunklen Spuren an Steilhängen auf dem Mars könnten von flüssigem Salzwasser stammen.  
© NASA/Uni Arizona/Uni Bern

«Mars Global Surveyor» (1996), bestätigten die Existenz von Tal-Netzwerken und tropfenförmige Inseln, die möglicherweise durch Überschwemmungen gebildet wurden. Aber welche Flüssigkeit war dafür verantwortlich – und wo ist sie hin?

Heute ist bekannt, dass an den Mars-Polen Wassereis vorhanden ist. Am Nordpol bildet es eine drei Kilometer dicke Ablagerung, die jeden Marswinter von einer temporären Schicht aus CO<sub>2</sub>-Eis überdeckt wird. Aber diese Wassermengen reichen wahrscheinlich nicht aus, um die beobachtete Morphologie der Planetenoberfläche zu erklären. Ausserdem liegen die Ober-

flächentemperaturen an den Polen deutlich unter dem Gefrierpunkt, so dass dieses Eis unter den heutigen Bedingungen nicht schmelzen kann.

## Marsboden ist voller Wasser

Deshalb war die Überraschung und auch die Freude gross, als die Neutronen-Spektrometer der «Mars Odyssey»-Sonde grosse Mengen von unterirdischem Wasserstoff nachweisen konnten, von dem auf Wasser geschlossen werden kann. Dieses Wasser, das sich aufgrund der verwendeten Technik im ersten Meter der Oberflächenschicht befinden muss, ist über den grössten Teil

des Planeten verteilt. Diese Erkenntnis steht im Einklang mit den Mustern vieler Kraterauswürfe, die auf Meteoriten-Einschläge in eine volatile Oberfläche schliessen lassen. Dies ist insbesondere deshalb interessant, weil Wasser auch rund um den Äquator vorkommt, wo die Temperatur an der Marsoberfläche im Sommer tagsüber über den Gefrierpunkt steigt. Aber welche Form hat dieses Wasser?

Die jüngsten Missionen zum Mars waren mit Bildgebungs-Spektrometern ausgerüstet, die hoch aufgelöste Bilder im infraroten wie im sichtbaren Bereich lieferten. Diese zeigen, dass viele Gebiete auf dem Mars (einschliesslich des Landeplatzes des aktuellen «Curiosity Rover») reich an wasserhaltigen Tonerden sind, die früh in der Geschichte des Mars gebildet wurden. Zudem haben bildgebende Verfahren kürzlich gezeigt, dass relativ reines Wassereis in einigen Bereichen auch unmittelbar unter der Oberfläche vorhanden sein muss.

### Wasser auch auf der Oberfläche

Das «High Resolution Imaging Science Experiment» (HiRISE) ist im Grunde eine Spion-Kamera, die den Mars umkreist. Sie kann 50 Zentimeter grosse Objekte aus 250 Kilometern Höhe in Farbe und mit ein paar Tricks auch dreidimensional abbilden. Sie ist auf der NASA-Sonde «Mars Reconnaissance Orbiter» (MRO) montiert. Die Universität Bern ist das einzige europäische Forschungsinstitut im HiRISE Team.

Wie die Erde wird auch der Mars häufig von Meteoriten getroffen. Dies ermöglicht uns, die durch die Einschläge verletzte Oberflächenschicht des roten Planeten zu untersuchen. HiRISE hat mehrere frische Einschläge beobachtet und dabei etwas Bemerkenswertes entdeckt: Die Innenräume dieser frischen Krater sind insbesondere auf der Nordhalbkugel flach und, im Vergleich zum Rest der Oberfläche, relativ blau. In einigen Fällen ist eine helle weisse Ablagerung um den Kraterand sichtbar. Beobachtungen mit Infrarot-Spektrometern zeigen, dass es sich dabei um Wassereis handelt.

Daraufhin haben wir in Bern diese Meteoriten-Einschläge am Computer simuliert – mit interessanten Ergebnissen: Es stellte sich heraus, dass deren Druck ausreicht, um den Zustand des Wassers von «fest» in «flüssig» zu verändern. Mit anderen Worten wird bei einem Meteoriten-Einschlag relativ reines flüssiges Wasser erzeugt, das sich für kurze Zeit – typischerweise mehrere Tage – auf der Oberfläche befindet. Je grösser ein Einschlag, desto grösser ist das entstehende Gewässer und desto länger bleibt es erhalten, bevor es einfriert und/oder verdunstet. Die beobachteten flachen, relativ blauen Krater-Innenräume entstehen durch das Gefrieren der Flüssigkeit.

Wasser ist also auf weiten Teilen der Mars-Oberfläche vorhanden – und das in teilweise überraschend reiner Form. Aber wird flüssiges Wasser nur durch Meteoriteneinschläge erzeugt? Wahrscheinlich nicht. Wir haben unterdessen Hinweise darauf, dass flüssiges Wasser auch heute noch regelmässig auf der Oberfläche des Mars auftritt – man muss nur an der richtigen Stelle suchen!

HiRISE hat eine Reihe von flüchtigen Spuren beobachtet, die sich im Laufe der Jahreszeiten verändern. Sie sind sehr schmal (50 Zentimeter bis 5 Meter breit) und befinden sich an steilen Südhängen am Äquator (bis zum 25. Breitengrad). Sie bilden sich im späten Frühjahr, wachsen im Sommer und verschwinden im Winter, wobei sie manchmal eine etwas hellere Fläche hinterlassen. Sie sind dünn, können aber Hunderte von Metern lang sein. An einem Standort können Dutzende dieser dunklen Markierungen auftreten. Sie erscheinen jedes Frühjahr an den gleichen Stellen, sobald die Temperaturen etwa minus 20 Grad Celsius erreichen. Die logischste Erklärung ist, dass diese Markierungen – bekannt unter dem eher technischen Namen «Recurring Slope Lineae» (RSL) – Spuren von flüssigem Wasser aus salzigen Schmelzwasser-Quellen sind.

### Laborversuche mit simulierter Mars-Oberfläche

Das Team der Uni Bern ist an diesen Studien stark beteiligt. Wir haben mit unserem Fotogoniometer-Experiment (PHIRE-2) die Reflexionseigenschaften von diversen wasserbenetzten Oberflächen gemessen, wie sie auf dem Mars vorkommen. Die dafür verwendeten Stoffe mit ähnlichen Eigenschaften wie Mars-Böden stammen meist aus Hawaii. Wir vergleichen die Resultate mit den Messungen der HiRISE-Kamera.

Seit Kurzem setzen wir auch eine Infrarot-Kamera ein, um einem grossen Rätsel auf die Spur zu kommen: Während die RSL alle Eigenschaften von flüssigem Wasser zu haben scheinen, hat das Infrarot-Spektrometer «CRISM» an Bord der MRO bisher keine der Infrarot-Absorptionseigenschaften zeigen können, die man von einer nassen Oberfläche erwarten würde. Dies ist natürlich eine Herausforderung für unsere Theorie. Allerdings beobachten wir derzeit im Labor, dass simulierte Mars-Oberflächen, die benetzt waren und dann wieder trockneten, leicht veränderte lichttechnische Eigenschaften aufweisen können. Darüber hinaus scheint die Anwesenheit von Salzen von entscheidender Bedeutung zu sein.

Wir wissen unterdessen, dass auf dem Mars Chloride und Sulfatsalze existieren – und diese Chemikalien sind bekannt dafür,

dass sie den Gefrierpunkt von Wasser senken und die Helligkeit der beobachteten Oberflächen beeinflussen. Dies würde auch erklären, warum Flüssigkeit gebildet wird, obwohl die Temperatur an den Standorten, wo RSL am häufigsten auftreten, unter dem Gefrierpunkt liegt.

### Gibt es auch Leben?

Als Wissenschaftler sind wir grundsätzlich «Nicht-Gläubige»! Trotzdem werden wir unsere fotometrischen Experimente auf weitere abiotische und auf biotische organische Stoffe ausweiten. Denn falls die Wasserflüsse, die wir auf dem Mars gesehen haben, etwas Lebendiges enthalten, wollen wir wenn immer möglich in der Lage sein, dies zu erkennen. Und selbst wenn Mars tot ist: Wir werden in absehbarer Zukunft keine Oberfläche eines anderen Objekts besuchen – weder in diesem Sonnensystem noch in einem anderen. Somit bleiben als einzige Möglichkeiten, ausserirdisches Leben zu finden, fotometrische und spektroskopische Mittel.

Im August 2010 wählten die NASA und ESA die Instrumente für eine neue Mission zum Mars aus, genannt «ExoMars Trace Gas Orbiter» (TGO). Eines der ausgewählten Instrumente ist eine hochauflösende Stereo-Farbkamera unter der Leitung der University of Arizona mit der Universität Bern als wichtiger Partnerin. Sie sollte dynamische Prozesse auf der Oberfläche des Planeten sowie das entdeckte flüssige Wasser und das Oberflächeneis weiter untersuchen. Anfang 2012 zog allerdings die NASA die Finanzierung für all seine Instrumente auf TGO zurück und die Universität Bern wurde gebeten, die Führung des Projekts zu übernehmen.

Das bildgebende System, das so genannte «CaSSIS» (Colour and Stereo Surface Imaging System), wird nun in Zusammenarbeit mit der italienischen Raumfahrtagentur entwickelt und soll im März 2016 starten. Eines der Hauptziele von CaSSIS wird sein, RSL und andere dynamische Phänomene im Zusammenhang mit Wasser auf der Oberfläche des Roten Planeten zu untersuchen.

**Weitere Informationen:** *Mars Reconnaissance Orbiter:* <http://mars.jpl.nasa.gov/mro/>; *HiRISE:* <http://hirise.lpl.arizona.edu/>; *CRISM:* <http://crism.jhuapl.edu>

**Kontakte:** Prof. Dr. Nicolas Thomas, [nicolas.thomas@space.unibe.ch](mailto:nicolas.thomas@space.unibe.ch); Dr. Antoine Pommerol, [antoine.pommerol@space.unibe.ch](mailto:antoine.pommerol@space.unibe.ch) Beide sind am Physikalischen Institut, Abteilung Weltraumforschung und Planetologie (WP) sowie am Center for Space and Habitability (CSH) tätig.