

■ Das Salz in der (Mars-)Suppe

Radarmessungen der Mission Mars Express deuten darauf hin, dass es am Südpol des Mars in einer Tiefe von rund 1,5 Kilometern flüssiges Wasser geben könnte.

Immer wieder gibt es Meldungen, neueste Messungen würden auf Wasser auf dem Mars hinweisen. Aufgrund der Bedeutung von Wasser für die Suche nach Leben finden diese stets große Resonanz in den Medien. Unter Planetologen heißt es aber eher scherzhaft: „Wissenschaftler haben Wasser auf dem Mars entdeckt – schon wieder.“ War es abermals viel Lärm um nichts, als die europäische Raumfahrtagentur ESA im Juni verkündete, Messungen ihrer Mission Mars Express hätten den Nachweis von flüssigem Wasser auf dem Mars erbracht? Schnell zeigte sich aber, dass es sich tatsächlich um sehr interessante Ergebnisse handelt. Das Radarinstrument MARSIS (Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding) hatte unter der Südpolkappe Zeichen für flüssiges Wasser gefunden, das dort anscheinend über Jahre hinweg stabil existiert.

Bereits vor mehr als 30 Jahren hatte der Geophysiker Steve Clifford vom Lunar and Planetary Institute in Houston vermutet, Wasser an der Basis der Südpolkappe könne schmelzen und die Quelle für Flutereignisse in den niedrigen geographischen Regionen gewesen sein [1]. Lange Zeit war es aber nicht möglich, diese Hypothese durch Beobachtungen zu testen. Denn



Mithilfe von Radarmessungen hat die Mission Mars Express Hinweise auf flüssiges Wasser am Südpol des Roten Planeten gefunden.

Kameras und Spektrometer können nur die Oberfläche erfassen. Erst der Einsatz von Radar ermöglichte es, auch den Untergrund zu analysieren. MARSIS ist das erste Radargerät auf einem Marsorbiter [2].

Mars Express ist seit Anfang 2004 aktiv, die beiden jeweils 20 Meter langen Radarantennen seit Mitte 2005. Seither sendet MARSIS aus einer Höhe von rund 350 bis 800 km Radarimpulse mit variablen Frequenzen von 3 bis 4 MHz bzw. 4 bis 5 MHz zum Mars, die von Grenzflächen reflektiert und dann wieder empfangen werden. Das erste empfangene

Signal stammt von der Oberfläche, spätere Signale von Grenzflächen im Untergrund. Entlang der Umlaufbahn sendet und empfängt das Gerät sehr viele Signale kurz hintereinander mit einer Rate von 127,7 Hz, sodass ein zweidimensionales Abbild des Marsuntergrundes entsteht – das Radargramm. Wie tief man dabei in den Untergrund sehen kann, hängt von der Durchlässigkeit des jeweiligen Materials in der oberen Marskruste ab.

Schon früh hatte sich gezeigt, dass sich insbesondere die Polkappen, die im Wesentlichen aus Wassereis mit einer Beimischung von Staub bestehen, bis in eine Tiefe von 3000 Metern von den Radarsignalen durchdringen lassen. Dabei war 2008 erstmals aufgefallen, dass an einigen Stellen das reflektierte Signal von der Untergrenze der Eiskappe auffällig intensiv war. Wegen der relativ niedrigen räumlichen Auflösung von 5 bis 10 km war es damals aber noch nicht möglich, dies zu erklären. Erst eine systematische Vermessung der etwa 200 km großen Region bei etwa 193° Ost und 81° Süd in den Jahren 2012 bis 2015 lieferte genug Daten für eine gründliche Analyse.

In einer Tiefe von etwa 1500 Metern gibt es dort eine etwa zwanzig

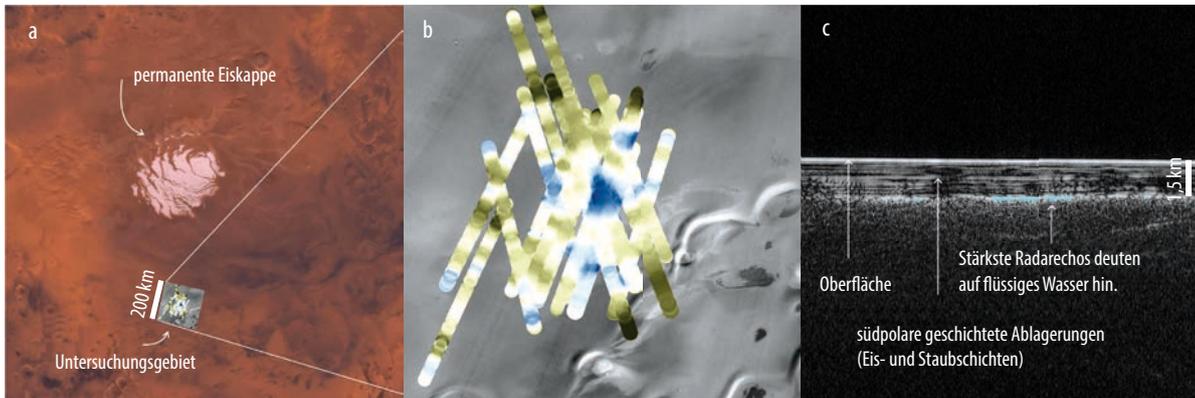
KURZGEFASST

■ Erste Ergebnisse vom European XFEL

Die dreidimensionalen Modelle zweier Proteine, die in Pflanzen vorkommen, sind das erste veröffentlichte Ergebnis eines Experiments mit dem Röntgenstrahl des European XFEL. Eine Gruppe vom MPI für medizinische Forschung in Heidelberg nutzte Tausende von Bildern, um mit Hilfe von Computersimulationen die komplexe Struktur der Eiweißmoleküle zu entschlüsseln. Entscheidend für den Erfolg war die kurze Messzeit durch die hohe Pulsrate am European XFEL und die gute Qualität der Daten, die an der Experimentierstation SPB/SFX gesammelt wurden. *M. L. Grünbein et al., Nat. Commun.* **9**, 3487 (2018)

■ Antiskyrmionen auf Abwegen

Skyrmionen, nanometergroße Wirbel in magnetischen Materialien, besitzen eine topologische Ladung und werden dadurch von einem Strom abgelenkt. Eine theoretische Arbeit zeigte nun, dass sich Antiskyrmionen mit der entgegengesetzten Ladung unerwartet verhalten: Ab einer gewissen Stromstärke folgen sie gekrümmten Bahnen und bilden neue Skyrmion-Antiskyrmion-Paare. Ersteres könnte das Übertragen und Speichern von Daten mit Skyrmionen beeinflussen, letzteres mit der Asymmetrie von Materie und Antimaterie im Universum zusammenhängen. *U. Ritzmann et al., Nat. Electron.* **1**, 451 (2018)



Kontextkarte: NASA/Viking; THEMIS – Hintergrund: NASA/JPL-Caltech/Arizona State Univ.; – MARSIS-Daten: ESA/NASA/JPL/ASI/Univ. Rome; R. Orosei et al.

Abb. 1 Die Kontextkarte zeigt den Südpol des Mars mit seiner permanenten Eiskappe und dem Untersuchungsgebiet (a). Mit Radarmessungen wurden verschiedene Bereiche analysiert (b). Die

Farben geben die Stärke des Radarechos bei 4 MHz an der Untergrenze der Polkappe wider, mit dem stärksten Radarecho in blau. Der dunkelblaue Bereich im Zentrum, wo viele Linien überlappen,

entspricht dem Wasservorkommen. Das Radargramm zeigt die Lage der verschiedenen Grenzflächen (c).

Kilometer breite Stelle, an der sehr starke Reflexionen auftreten. Hier muss es also ein Material geben, das einen sehr starken Kontrast zu dem Eis darüber oder dem Gestein darunter aufweist. Um dieses Material zu charakterisieren, trafen Forscher um Roberto Orosei vom Istituto Nazionale di Astrofisica in Bologna einige Annahmen. Dazu gehörte etwa der Staubanteil im Eis oder das Temperaturprofil in der Eiskappe. Damit konnten sie ein dielektrisches Modell der Eiskappe aufstellen, das die Grundlage für die Berechnung der Permittivität des basalen Materials bildete. Die Permittivität, auch als dielektrische Leitfähigkeit bezeichnet, ist ein Maß für die Durchlässigkeit eines Materials für elektrische Felder. In Bereichen ohne starke Reflexionen waren die Werte typisch für trockenes Material, etwa vulkanisches Gestein auf der Erde. Dagegen sind die Werte innerhalb der „hellen“ Zone (Abb. 1) vergleichbar mit flüssigem Wasser oder wassergesättigtem Material unter terrestrischen Gletschern. So können auf der Erde subglaziale Seen am Boden der antarktischen Eiskappe existieren, weil der Druck der auflastenden Eismassen den Schmelzpunkt erniedrigt und der Wärmefluss aus dem Erdinneren für thermale Energie sorgt. Der bekannteste dieser Seen, der Lake Vostok, hat eine Fläche von mehr als 12 000 km² und ist wegen seiner Isoliertheit von anderen Ökosystemen für Planetologen und

Exobiologen als Analogon für die Ozeane auf den Eismonden von Jupiter und Saturn besonders interessant [4].

Der Mars besitzt allerdings eine zehnmal geringere Masse als die Erde. Daher sind dort die Schwerkraft und die gegenwärtige innere Dynamik und damit der Wärmefluss sehr viel niedriger. Die Temperaturen am Boden der Südpolkappe sind mit -68 °C viel zu niedrig für flüssiges Wasser. Roberto Orosei und sein Team vermuten daher, dass Salze den Schmelzpunkt des Eises sehr stark herabsetzen. Dieser Effekt ist von der Antarktis bekannt, wo es in den Dry Valleys, einer der kältesten Regionen der Erde, eisfreie Seen mit extrem hohen Salzgehalten gibt [5]. Auch auf dem Mars wurden bereits Salze entdeckt – beispielsweise Perchlorate, also Salze der Perchlorsäure HClO_4 [6]. Perchlorate können den Schmelzpunkt von Eis auf bis zu -75 °C herabsetzen. Daher glauben die Forscher um Orosei, dass eine sehr konzentrierte Salzlösung für die starken Radarechos verantwortlich ist. Exobiologen werden hier nicht viel Freude haben, denn hohe Salzgehalte in Kombination mit tiefen Temperaturen eignen sich nicht für Mikroorganismen, die wir von der Erde kennen.

So aufregend die Resultate der Radarmessungen auch sind, bleiben dennoch viele Fragen offen. Selbst innerhalb des MARSIS-Teams sind nicht alle Wissenschaftler

restlos von den Interpretationen überzeugt. Die Auswertungen sind zwar solide, leiden aber unter der geringen räumlichen Auflösung der Signale. So kann MARSIS nur recht großflächige Wasservorkommen aufspüren. In Zukunft könnten höherauflösende Radarinstrumente auch kleinere Anomalien identifizieren. Möglicherweise sind solche Reservoirs sogar miteinander oder – noch hypothetischer – mit einer tieferen Wasserschicht verbunden. Ebenso spannend wäre es, unterirdische Wasservorkommen in geographisch niedrigeren Breiten zu finden. Eine Wissenschaftlergruppe, die von der NASA beauftragte Empfehlungen für die wissenschaftliche Nutzlast des nächsten Mars-Orbiters aufgestellt hat, sprach sich daher für ein hochauflösendes Radar zur Suche nach Eis- und Salzlösungen im flachen Untergrund auch nicht-polarer Regionen aus. Derzeit ist allerdings unklar, wann eine solche Mission realisiert wird.

Ernst Hauber

- [1] S. M. Clifford, *J. Geophys. Res.* **92**, 9135 (1987)
- [2] R. Orosei et al., *Science* **361**, 490 (2018)
- [3] R. Jordan et al., *Planet. Space Sci.* **57**, 1975 (2009)
- [4] M. J. Siegert et al., *Nature* **414**, 603 (2001)
- [5] G. H. Meyer et al., *Science* **138**, 1103 (1962)
- [6] M. H. Hecht et al., *Science* **325**, 64 (2009)
- [7] E. Hauber, *Physik Journal*, November 2015, S. 19

Ernst Hauber, DLR-Institut für Planetenforschung, Rutherfordstr. 2, 12489 Berlin