

# Auf den Spuren der wasserreichen Vergangenheit des Planeten Mars

**"Opportunity" findet Beweis für "Mars-Fluten" – so lauteten schon im Frühjahr die Schlagzeilen zu den ersten Resultaten der diesjährigen NASA-Marsmission. Die detaillierten Ergebnisse der ersten 90 Tage des Rovers im Landegebiet Meridiani Planum sind nun in der neuesten Ausgabe der Fachzeitschrift "Science" veröffentlicht. Zusammengefasst in einem Satz: Das Alpha-Röntgen-Spektrometer entdeckte große**

Das Alpha-Röntgen-Spektrometer (APXS), entwickelt und gebaut in der Abteilung Kosmochemie des Max-Planck-Instituts für Chemie, misst die chemische Zusammensetzung von Staub und Steinen auf dem Mars. Das Spektrometer ist auf einem beweglichen Instrumentenarm des Rovers angebracht und kann somit exakt an den vorher ausgewählten Böden oder Steinen positioniert werden.

Heftige, periodisch auftretende Staubstürme sorgen auf dem Mars für weite Transportwege und eine gute Durchmischung der Stäube. Alle Oberflächen, Steine und Böden sind von einer Staubschicht bedeckt. Auch die erste Staubmessung des APXS nach der Landung im Krater Eagle – einem kleinen Einschlagkrater von etwa 20 Metern Durchmesser – zeigte keinen großen Unterschied in der chemischen Zusammensetzung im Vergleich zu Messungen des Zwillingbruders "Spirit" im Gusev-Krater auf der gegenüberliegenden Äquatorseite. Auffällig waren aber die erhöhten Gehalte an Eisen, Mangan und Nickel. Die nächste Bodenmessung mit einem sehr hohen Eisengehalt von 20 Gewichtsprozent lieferte schon die Erklärung für die leichte Anreicherung im ersten Staub. Es handelt sich hier um einen Staub reich an dem Eisenoxid-Mineral Hämatit, was auch die Messungen mit dem Mößbauer-Spektrometer bestätigen. Das Mößbauer-Spektrometer, entwickelt an der Mainzer Johannes Gutenberg-Universität, liefert quanti-

Mengen sulfathaltiger Ablagerungen, Kügelchen reich am Mineral Hämatit und teilweise hohe Bromgehalte in sedimentären Gesteinsformationen. Diese Funde sind deutliche Hinweise auf die feuchte Vergangenheit des heutigen Wüstenplaneten (Science, 3. Dezember 2004).

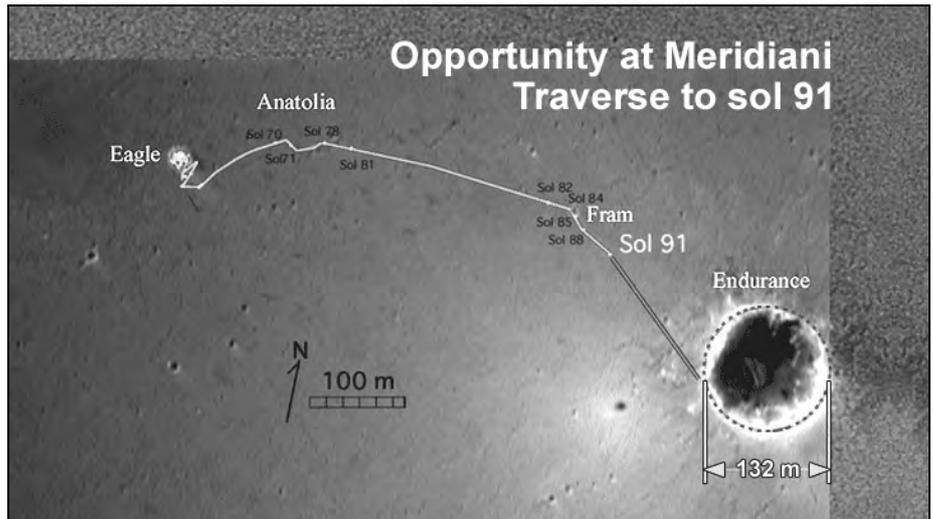


Abb. 1.: Weg des Rovers "Opportunity" in Meridiani Planum in 91 Marstagen. © NASA / JPL / MSSS

tative Informationen über die Mineralogie und den Oxidationszustand von eisenhaltigen Phasen. Die Landestelle ist bedeckt mit kugelförmigen Körnchen, die den Spitznamen "Blueberries", also Heidelbeeren, bekamen. Diese Blueberries haben den höchsten Eisengehalt und bestehen zum größten Teil aus Hämatit, in dem das Eisen in seiner höchsten, dreiwertigen Oxidationsstufe vorliegt. Hämatit entsteht nur in einer oxidierenden und wasserreichen Umgebung. Der Rover "Opportunity" hat also seine erste Aufgabe, nämlich den Hämatit aufzuspüren, den man nach Beobachtungen aus dem Orbit vermutete, schon kurz nach seiner Landung erfüllt.

Einen noch eindrucksvolleren Beweis, dass in früheren Zeiten in diesem Gebiet Wasser vorhanden gewesen sein muss, lieferten die Messungen an den aus dem Boden 30 bis 50 Zentimeter herausragenden hellen Gesteinsformationen im Eagle-

Krater (s. Abb. 2). Das APXS ermittelte hier einen vierfach höheren Schwefelgehalt im Vergleich zum staubbedeckten Boden. Der Chlorgehalt, der in allen Staubmessungen mit dem Schwefel korrespondiert, war in dem Gestein nicht erhöht. Nachdem die Steine mit einem Schleifwerkzeug bis zu 5 Millimeter tief abgeschliffen wurden, fand man Schwefelkonzentrationen bis zu 9,9 Gewichtsprozent, die höchsten, die je auf dem Mars gemessen wurden. Solche Konzentrationen lassen sich nur durch einen ungewöhnlich hohen Sulfatanteil der Gesteine erklären. Das Mößbauer-Spektrometer konnte auch Jarosit, ein hydratisiertes Kalium-Eisensulfat, nachweisen. Die gemessene Menge an Jarosit reicht aber nicht aus, um den hohen Schwefelgehalt der Gesteine zu erklären. Der Hauptträger des Schwefels müssen Magnesiumsulfate sein, wie man sie auf der Erde in Salzlagern findet.

Überraschend waren auch der Fund von Brom an manchen Stellen der Gesteinsformationen mit Konzentrationen von 110 bis 440 Mikrogramm Brom pro Gramm Gestein und seine hohe Anreicherung im Verhältnis zu Chlor. Bei fast nebeneinander liegenden Messstellen wurde einmal ein hoher Bromgehalt und 20 Zentimeter weiter ein sehr niedriger Gehalt festgestellt. Die Staubproben enthalten im Gegensatz nur 20 bis 30 Mikrogramm Brom pro Gramm Staub mit einem Chlor/Brom-Verhältnis wie man es in CI-Chondriten – dem Ursprungsmaterial unseres Sonnensystems –, im Meerwasser und in vielen Marsmeteoriten findet. Hingegen ergaben Messungen in einem mit den Roverrädern ausgehobenen Graben an der hämatitreichen Bodenstelle auch erhöhte Werte von 160 bis 190 Mikrogramm Brom pro Gramm Staub und eine Anreicherung im Verhältnis zu Chlor. Auf der Erde ist eine solch hohe Anreicherung von Brom relativ zu Chlor nur in Salzen des Toten Meeres zu finden.

In ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden sich die hellen Gesteinsformationen von den dunklen Bodenproben hauptsächlich in ihrem extrem hohen Gehalt an Sulfat, das heißt, in ihrem hohen Salzgehalt. Dieser hohe Salzgehalt ist ein sicherer Hinweis, dass die ausgesuchte Landestelle in der Ebene Meridiani in früherer Zeit einmal mit Wasser bedeckt gewesen war, das zu den Ablagerungen der sulfathaltigen Sedimentgesteine mit beigetragen haben muss. Die gemessene chemische Zusammensetzung dieser Ablagerungen lässt folgenden Bildungsprozess zu: Wasser mit darin gelösten vulkanischen Gasen wie Chlor und Schwefeloxid ist sehr aggressiv und kann aus den Stäuben das Mineral Olivin, Phosphate und teilweise auch Feldspäte unter Bildung von magnesium- und eisensulfathaltigen Solen und Quarz lösen. Durch langsames Verdunsten der Salzlaken werden die Salze entsprechend ihrer Löslichkeit



**Abb. 2.:** Helles, anstehendes Gestein im Eagle-Krater, aufgenommen mit der Mikroskopkamera. Man erkennt die Lagigkeit des Steins und eine durch Verwitterung freigelegte Halbkugel (vermutlich eine "Blueberry"). © NASA / JPL / MSSS

ausgefällt. Die Evaporate, vermischt mit angewehtem Staub, verfestigen sich mit der Zeit zu Sedimentgesteinen. Der unterschiedliche Gehalt von Sulfaten und Chloriden in den untersuchten Gesteinen, im Vergleich zum Staub, ist mit ihrer unterschiedlichen Löslichkeit zu erklären. Die Chloride und vor allem die Bromide sind sehr leicht löslich und somit mobiler als die Sulfate. Dieses Szenario eines Sedimentationsprozesses, wobei immer wieder angewehter Staub während der Sedimentation akkumuliert wird, muss über einen größeren Zeitraum mehrmals abgelaufen sein. Die entstandenen Schichten von sulfathaltigen Sedimentgesteinen sind im Verhältnis zum Staub in jenen Elementen angereichert, die durch flüssige Phasen wie Wasser oder Salzlaken mobilisiert werden können.

Nachdem der Rover nach knapp 60 Marstagen den Eagle-Krater verlassen hatte, begegnete er auf der Sandebene einem Stein, der sich in seinem Erscheinungsbild von der Umgebung abhob. Er wurde "Bounce Rock" genannt, weil in seiner Nähe

der Aufprall (bounce) der Landungsairbags erkennbar ist. Zum Unterschied von den bisher analysierten Proben ist dies ein vulkanischer Stein. Er hat eine chemische und mineralogische Zusammensetzung, die typisch ist für manche der auf der Erde gefundenen „Marsmeteorite“. Eine solche Ähnlichkeit wurde bisher auf dem Mars noch nie angetroffen. Da "Bounce Rock" so einzigartig in seiner Umgebung ist, nimmt man an, dass er durch einen Einschlag aus einem relativ frischen Einschlagkrater 75 Kilometer südwestlich vom Eagle-Krater herausgeschleudert wurde.

Das APXS, liebevoll „Mainzer Spürnase“ genannt, hat also in den Gesteinsformationen der Krater Eagle und Fram eine chemische Zusammensetzung gemessen, die nur mit einer wasserreichen Vergangenheit in Einklang zu bringen ist. Die Entdeckung des Steines "Bounce Rock" bringt den eindeutigen Beweis, dass die "Marsmeteorite" tatsächlich vom Mars stammen.

Quelle: MPG-Presseinformation.