



APXS

INSTRUMENTE

ROVER

LANDESTELLEN

MISSION

AKTUELLES



MPI für  
Chemie

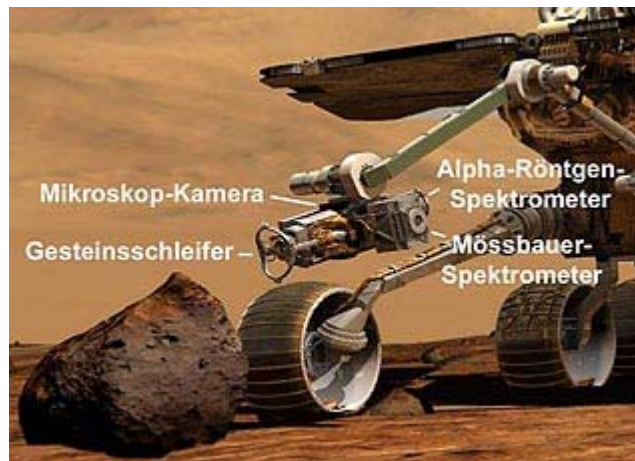
Home  
Kontakt  
Links

Übersicht  
Presse

## Januar 2005: Zwei Rover mit Instrumenten aus Mainz auf dem Mars

Im Januar 2005 feierten zwei Rover einjähriges Jubiläum auf dem Mars. Rover Spirit landete am 4. Januar 2004 in dem großen Krater Gusev, während Rover Opportunity am 25. Januar 2004 in dem kleinen Krater Eagle auf der Ebene Meridiani Planum sicher ankam. Die beiden Rover hatten die Aufgabe, an ihren Landestellen nach Spuren von ehemaligem Wasser zu suchen. Durch Messungen aus dem Orbit war vermutet worden, dass dort einmal Wasser vorhanden gewesen sein musste.

Die Rover sind gleichsam robotische Feldgeologen, die mit raffinierten Instrumenten bestückt sind: am Mast zwei Stereo-Kameras, und am beweglichen Arm ein Spektrometer für Chemie, ein Spektrometer für Minerale, eine Mikroskop-Kamera, und ein Gesteinsschleifer (**Abb. 1**). Zusätzlich gibt es vorne und hinten Stereo-Weitwinkelkameras, um Hindernissen auszuweichen und den Arm zu überwachen.



**Abbildung 1:**  
Instrumentenarm des  
Rovers

© NASA JPL MER

[Größeres Bild \(46 KB\)](#)

Das Chemie-Spektrometer wurde am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz entwickelt (**Abb. 2**). Es heißt Alpha-Röntgen-Spektrometer (APXS), denn es beschießt die Proben mit Alphateilchen und Röntgenstrahlen. Durch diesen Beschuss senden die Proben ihrerseits ein Röntgensignal aus, das mit einem Detektor registriert wird. Aus diesen Daten wird dann die chemische Zusammensetzung der Proben bestimmt.



**Abbildung 2:**  
Sensorkopf des Alpha-Röntgen-Spektrometers

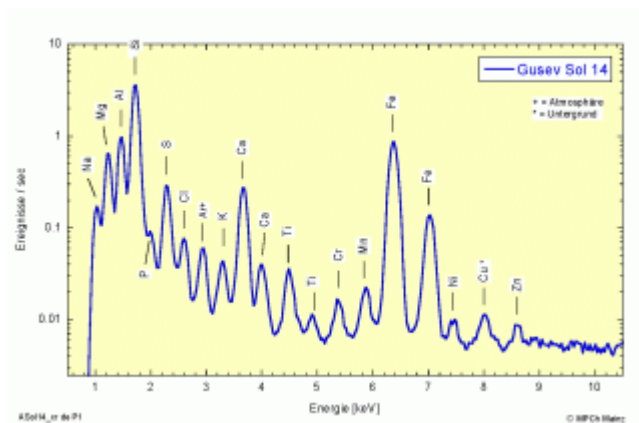
© MPI für Chemie

[Größeres Bild \(86 KB\)](#)

Die Rover fahren selbständig zu den ausgewählten Probenstellen, die sie von der Kontrollstation auf der Erde angezeigt bekommen haben, denn für eine direkte Steuerung von der Erde aus ist die Laufzeit der Radiosignale zu lang. An ihrem Ziel angekommen schicken die Rover Fotos zur Berichterstattung zur Erde zurück. Befindet sich eine interessante Probe im Arbeitsbereich des Arms, werden die Instrumente nacheinander in Position gebracht, um Messungen durchzuführen.

Die ersten Resultate von Gusev deuteten daraufhin, dass diese Landestelle in einer Mars-typischen, trockenen Wüstenlandschaft liegt. Der ursprüngliche Kraterboden von Gusev war im Laufe der Zeit mit einer dicken, trockenen Schicht aus Staub und Steinen bedeckt worden.

Die chemische Zusammensetzung des ersten analysierten Staubes ähnelte sehr dem Staub von früheren Landestellen, wie „Mars Pathfinder“ und die beiden „Viking-Lander“. Das Spektrum (**Abb. 3**) zeigt die charakteristischen Linien aller wesentlichen Haupt-Elemente (Natrium, Magnesium, Aluminium, Silizium, Kalium, Kalzium, Titan, und Eisen) sowie die für Marsstaub typischen Linien von Schwefel und Chlor. Die neuen Daten bestätigen die schon bei „Mars Pathfinder“ und „Viking“ aufgestellte Hypothese, dass die oberste Staubschicht auf der Marsoberfläche global durchmischt ist. Die Ursache dafür sind die etwa alle zwei Jahre auftretenden globalen Staubstürme.



**Abbildung 3:**  
Röntgenspektrum der ersten Staubprobe vom Gusev Krater, aufgenommen am 14. Tag nach der Landung (Sol 14).

© MPI für Chemie

[Größeres Bild \(29 KB\)](#)

Nach eingehender Untersuchung der Landestelle fuhr Rover Spirit zu einem nahe gelegenen Krater namens Bonneville. Am Rande dieses Kraters wurde ein Stein, genannt „Mazatzal“, gefunden, der in den Farbbildern einen helleren Farbton aufwies als die meisten anderen Steine. Ein ausgiebiges Messprogramm wurde mit den Instrumenten und dem Schleifgerät durchgeführt. Durch Bürsten und Anschleifen von Mazatzal wurde entdeckt, dass drei dünne Schichten auf dem eigentlichen Gestein vorhanden waren. Die erste Schicht war der allgegenwärtige Marsstaub.

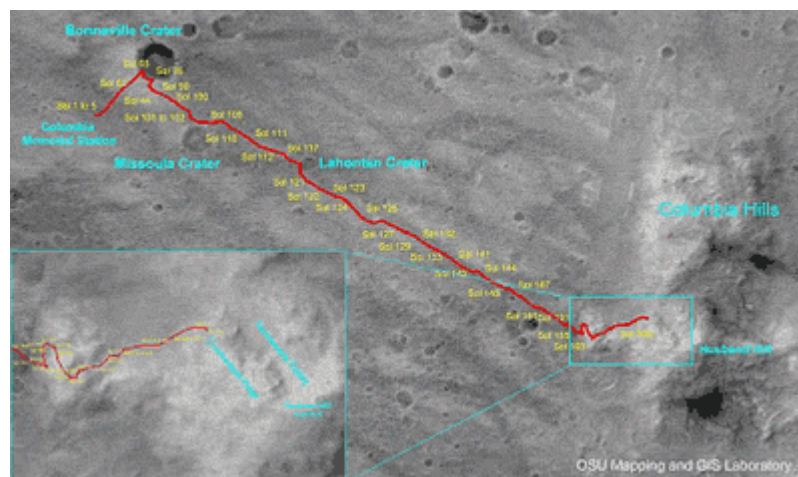
Darunter zeigte sich eine dünne Schicht, die für den hellen Farbton verantwortlich war. Erstes Anschleifen enthüllte eine schwarze Schicht (**Abb. 4**). Weiteres Schleifen brachte schließlich die graue Farbe des als Basalt klassifizierten Gesteins und eine dünne, weißliche Gesteinsader hervor. Das APXS entdeckte in dem basaltischen Gestein eine ungewöhnlich hohe Konzentration von Brom, einem Element, dessen Salze in Wasser leicht löslich sind. Vermutlich war durch die Ader einst hydrothermales Wasser geflossen und verschiedene Salze hatten sich darin abgelagert. Das Vorhandensein des Elements Brom und die verschiedenen Verwitterungsschichten waren die ersten Hinweise auf ehemaliges Wasser im Krater Gusev.



**Abbildung 4:**  
Schwarze Schicht des angeschliffenen Steines Mazatzal.

© NASA JPL MER

Da nach den ersten drei Monaten der Rover Spirit noch in ausgezeichnetem Zustand war, wurde beschlossen, den Rover auf Reise zu schicken, und zwar zu einer drei Kilometer entfernten Hügelkette, den Columbia Hills. Diese Hügel schienen viel älter als der aktuelle Kraterboden zu sein, und man erhoffte sich mehr Hinweise auf Wasser. Nach vielen Wochen des Fahrens erreichte Spirit schließlich die Ausläufer der Hügel (**Abb.5**).



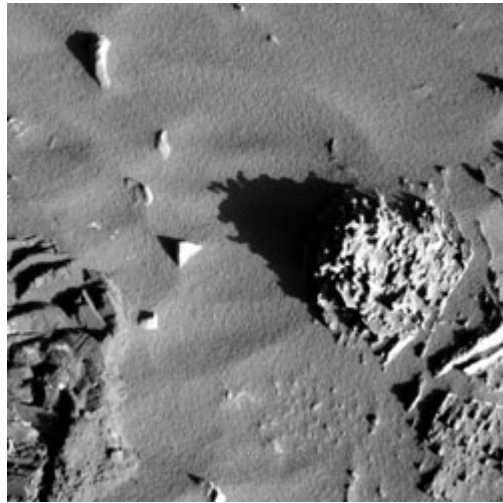
© NASA JPL  
MER

Größeres  
Bild  
(140 KB)

**Abbildung 5:** Traverse des Rovers Spirit vom Landeplatz bis zu den Columbia-Hügeln. Gesamtfahrstrecke etwa 4 km. „Sol“ ist ein Marstag, gezählt vom Tag der Landung an.

Eines Tages wurde eine Grabung durchgeführt. Die fünf Räder des Rovers wurden blockiert, so dass mit dem sechsten Rad ein 10 cm tiefer Graben, genannt „The Boroughs“, ausgehoben wurde. Analysen mit dem APXS zeigten, dass unterirdisch eine dünne Schicht von Sulfaten vorhanden war, Anzeichen von ehemaligem Wasser im Untergrund.

Messungen und Bilder von Steinen in den Hügeln ergaben, dass deren Oberfläche durch den Einfluss von Wasser stark verändert worden war. Einige Steine zeigten eine bizarre Oberfläche (**Abb. 6**), andere schauten normal aus, aber hatten eine chemische Zusammensetzung, die von der normaler basaltischer Steine stark abwich.



**Abbildung 6:**

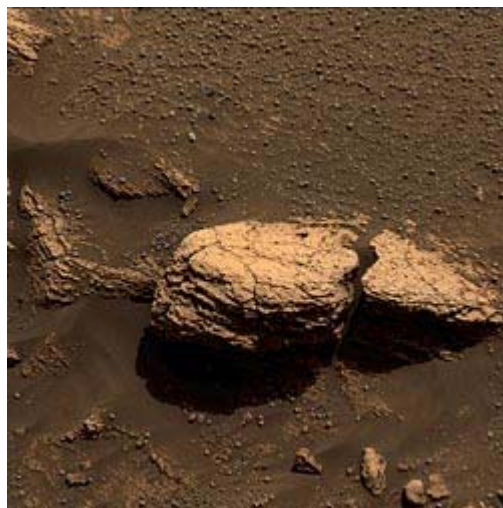
Der Schattenwurf des stark verwitterten Steins „Pot of Gold“ in den Columbia-Hügeln. Deutlich sind kleine Tentakel zu sehen.

© NASA JPL MER

[Größeres Bild \(101 KB\)](#)

Währenddessen war Rover Opportunity auch sehr erfolgreich, denn der Krater Eagle entpuppte sich gleich als eine wahre Fundgrube.

Schon die erste Staubmessung des APXS zeigte einen Unterschied in der chemischen Zusammensetzung im Vergleich zum Gusev-Krater. Auffällig waren die erhöhten Gehalte an Eisen, Mangan und Nickel. Bilder zeigten, dass die Landestelle mit kugelförmigen Körnchen, die den Spitznamen „Blueberries“ (Heidelbeeren) bekamen, bedeckt war (**Abb. 7**). Diese Kügelchen haben einen sehr hohen Eisengehalt und bestehen zum größten Teil aus Hämatit, einem Eisenoxyd-Mineral. Hämatit entsteht vorwiegend in einer wasserreichen Umgebung.



**Abbildung 7:**

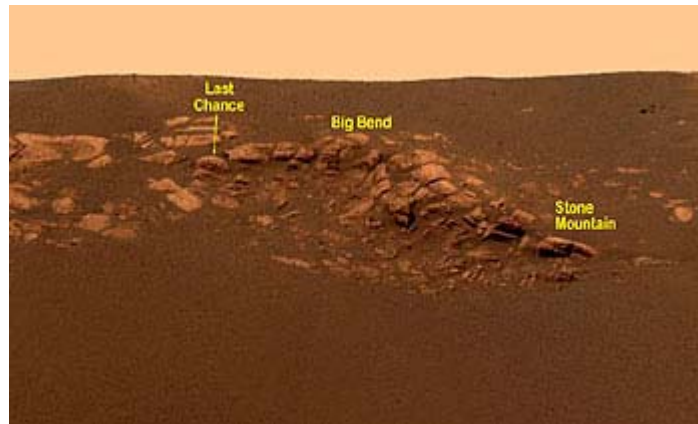
Geschichteter Stein „Stone Mountain“. Viele kleine Kügelchen, die aus Hämatit bestehen, bedecken den Boden. Dies ist ein Ausschnitt von Abb. 8.

© NASA JPL MER

[Größeres Bild \(74 KB\)](#)

Direkt vor der Nase von Opportunity wurde anstehendes Gestein einer Dicke von mehreren zehn Zentimetern entdeckt (**Abb. 8**). Dieser Aufschluss, der erste, der je auf dem Mars entdeckt wurde, zeigte eine deutliche Schichtung. Die Untersuchungen ergaben eine unerwartete chemische und mineralogische Zusammensetzung: Hohe Gehalte an Schwefel (bis zu 10 Gewichtsprozent) und Eisen (bis zu 20 %). Die Daten aller Instrumente deuteten darauf hin, dass hier einst Wasser im Spiel war. Stark salzhaltige Sedimente waren im Laufe der Zeit entstanden, die große Mengen von Schwefel- und anderen Salzen sowie eisenhaltige Minerale enthalten. Eines davon ist das Mineral Hämatit, das sich nur in

Wasser bildet. Die geologischen Bedingungen in Meridiani waren damals so, dass Wasser, in dem verschiedene Salze gelöst waren, langsam verdunstete. Die Salze fielen dann aus und vermischten sich mit Basalt- und Hämatitstaub. Periodisches Vorkommen von Wasser erzeugte die Schichtungen.



**Abbildung 8:** Aufschluss im Eagle Krater. Das helle Gestein besteht aus geschichtetem, salzhaltigem Sediment.

© NASA JPL MER

[Größeres Bild \(29 KB\)](#)

Nach gründlichen Untersuchungen des kleinen Eagle-Kraters fuhr Rover Opportunity weiter. Es ging recht flott über eine sehr flache, mit Sand und Hämatit-Kügelchen bedeckte Ebene bis zu dem großen Krater Endurance, der einen Durchmesser von ~ 130 Meter hat (**Abb. 9**). Auch hier wurde anstehendes Gestein im oberen Teil der Kraterwand entdeckt.



**Abbildung 9:** Blick vom Rand des Kraters Endurance in den Krater hinein. Unten ist ein kleines Dünenfeld zu erkennen.

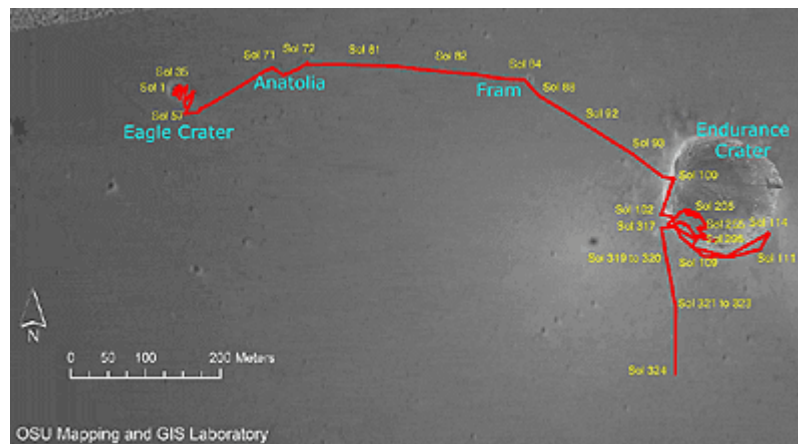
© NASA JPL MER

[Größeres Bild \(31 KB\)](#)

Nach umfangreichen Tests fuhr Rover Opportunity langsam in den Krater hinein. Es wurde eine Stelle gewählt, die helles anstehendes Gestein aufwies, das eine Mächtigkeit von mehreren Metern hatte. Auch hier, wie im Eagle-Krater, war eine Schichtung vorhanden. In den einzelnen Schichten wurden jeweils Löcher mit dem Gesteinsschleifer gebohrt und das freigelegte Gestein mit den Instrumenten untersucht. Das dauerte zwar viele Wochen, aber erbrachte die erste systematische Erfassung von Sedimenten auf dem Mars. Die gewonnenen Daten zeigten, dass die oberen Schichten von Endurance chemisch ähnlich waren wie die von Eagle-Krater, aber weiter unten veränderte sich die chemische Zusammensetzung. Schwefel nahm um 30 % ab und Chlor stieg um einen Faktor 3 an. Somit hatten sich im Laufe der Zeit die geologischen Bedingungen für die Bildung der Sedimente verändert. Tiefer unten im Krater fand Opportunity noch weitere Hinweise auf die Einwirkung von Wasser direkt an den Gesteinsoberflächen.

Unten im Endurance-Krater gab es schließlich kein Weiterkommen mehr, denn die Räder des Rovers drehten sich immer mehr in dem feinen Sand durch. So begann Opportunity den Aufstieg wieder und verließ den Krater nach mehr als sechs Monaten Aufenthalt. Nach einem Abstecher zu seinem in der Ebene gefundenen Hitzeschutzschild (einem Teil der Landstufe),

begab sich Rover Opportunity auf große Fahrt. Ziel ist ein 800 Meter entfernt liegender großer Krater namens Vostok. Ob er ihn je erreichen wird, hängt von vielen Unwägbarkeiten ab, wie Energieversorgung und Lebensdauer wichtiger Teile.



© NASA JPL  
MER

[Größeres  
Bild  
\(105 KB\)](#)

**Abbildung 10:** Traverse des Rovers Opportunity von Landeplatz Eagle-Krater bis südlich von Endurance-Krater. Gesamtfahrstrecke etwa 2 km.

Auf ihrer einjährigen Reise haben beide Rover viele Hinweise auf ehemaliges Wasser gefunden und damit die „Mars Exploration Rovers“-Mission zu einer der erfolgreichsten Missionen auf dem Mars gemacht.

[Druckversion pdf \(256 KB\)](#)