

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 72 (2014)  
**Heft:** 382

**Artikel:** Altersschwach : aber 4000 Prozent über der Garantiezeit : ein rüstiger Zehnjähriger  
**Autor:** Geiger, Hansjürg  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-897419>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Altersschwach – aber 4000 Prozent über der Garantiezeit

## Ein rüstiger Zehnjähriger

■ Von Hansjürg Geiger

Im Schatten seines jüngeren Bruders Curiosity und von der Öffentlichkeit kaum mehr wahrgenommen, kreuzt der betagte Rover Opportunity schon seit 10 Jahren durch die Meridiani-Ebenen auf dem Mars. Dabei war das Gefährt für gerade mal 90 Tage gebaut worden, funktioniert aber, auch dank Schweizer Qualitätsmotoren, noch immer und liefert nach wie vor wertvolle Forschungsergebnisse.



QUELLE: NASA, JPL

Abbildung 1: Historische Aufnahme von Opportunity. Eines der ersten Bilder, welche die rechte Panoramakamera zur Erde funkte. Der weit oben liegende Horizont und die Felsaufschlüsse sind deutlich erkennbar.

Als an jenem denkwürdigen 25. Januar 2004, wenige Stunden nach der Landung von Opportunity, die erste Aufnahme der hinteren HazCam<sup>1</sup> über die Monitore im Jet Propulsion Laboratory in Pasadena flimmerte, fühlte auch ein Laie, dass da etwas

nicht stimmte, und der sonst vor Begeisterung ständig sprudelnde Steve Squyres verstummte für Minuten fast vollständig. Da fehlten nicht nur die sonst auf dem Mars allgegenwärtigen Felsbrocken, da war auch der Horizont irgendwie

«Nehmen wir an, nur für einen Moment, das Wunder der Schöpfung hätte auf dem Mars tatsächlich stattgefunden [...] dann könnten die Beweise dafür noch immer da sein, eine Geschichte geschrieben in den Felsen, darauf wartend gelesen zu werden.»

STEVE SQUYRES, Cornell University,  
Leitender Wissenschaftler der MER-Missionen, 2005

falsch – viel zu unregelmässig und viel zu weit oben im Bild. Und dann war da auch noch eine eigenartige helle Fläche. Das seltsame Gefühl besserte sich auch nicht, als das zweite Bild das Kontrollzentrum in Pasadena erreichte, aufgenommen von einer der in die Gegenrichtung blickenden NavCams, einer Navigationskamera. Dieses Bild zeigte zunächst einfach eine schwarze Fläche. Als aber JUSTIN MAKI an den Bild-Monitoren den Kontrast der Aufnahme etwas streckte und den Beobachtern im Kontrollraum, der Cruise Mission Support Area, klar wurde, was da zu sehen war, brach chaotischer Jubel aus, weltweit und live übertragen via NASA TV. Ein Jahr später beschrieb STEVE SQUYRES, der leitende Wissenschaftler für die Mission, in seinem Buch «Roving Mars» den Moment als «magisch». Und das war er auch.

Was da nämlich zu sehen war, hatte schlicht und einfach niemand im Team auch nur zu träumen gewagt. Direkt vor der Nase des Rovers lag ein Felsaufschluss und der war zu allem Überfluss auch noch geschichtet! Opportunity hatte mit seinem allerersten Bild gleich das gezeigt, wozu die ganze Mission, seine eigene und die seines drei Wochen vorher gelandeten Zwillingsspirits, über Jahre geplant und finanziert worden war. Er war dank eines unbeschreiblichen Zufalls genau vor den ersten Seiten eines aufgeschlagenen Geschichtsbuches der geologi-

<sup>1</sup> HazCam = Hazard Avoidance Camera oder Kamera zur Vermeidung von Gefahren

QUELLE: NASA, JPL

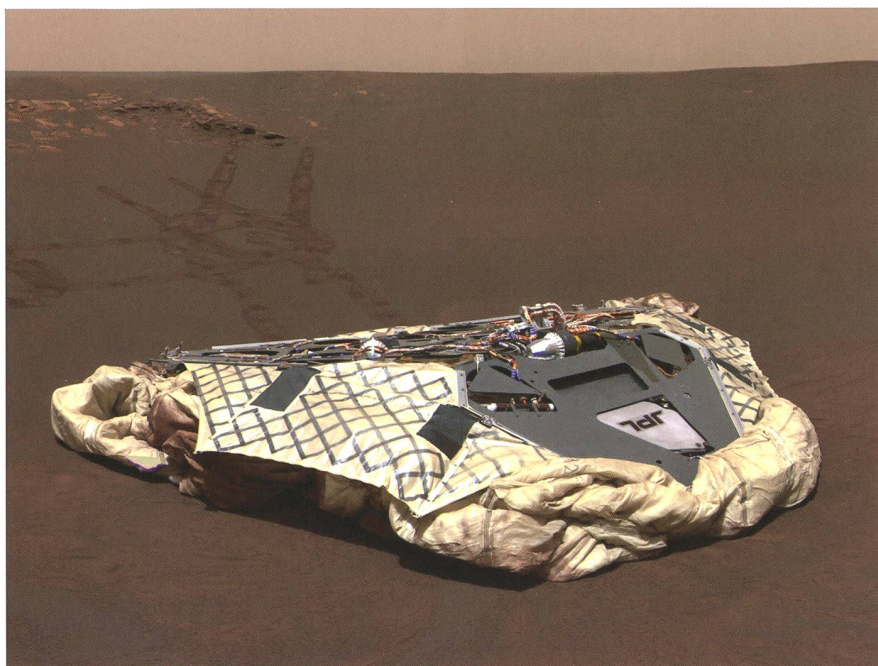


Abbildung 2: Der Landeplatz von Opportunity. Die Aufnahme des Rovers zeigt seine Landeeinheit mitten im kleinen Eagle Crater. Die Stelle wurde später Challenger Memorial Station getauft, in Erinnerung an die beim Unfall des gleichnamigen Space Shuttles gestorbenen Astronauten.

schen Vergangenheit unseres Nachbarplaneten gelandet.

Wie riesengross ihr Glück wirklich war, realisierten die NASA-Leute allerdings auch erst in den folgenden Tagen. Die Tatsache, dass der Horizont auf den ersten Aufnahmen so unregelmässig und unnatürlich weit oben in den Fotografien zu sehen war, lag nämlich daran, dass Opportunity exakt in den weit und breit einzigen und erst noch winzig kleinen Krater in einer ansonsten absolut flachen Ebene geplumpst war. Genau an die Stelle also, auf welche

Äonen vor dem NASA-Späher schon mal ein Brocken vom Himmel gefallen war und das Loch für Opportunity ausgehoben hatte.

Wie sich später zeigte, war Opportunity dank dieser ausserordentlichen Fügung direkt vor der ringsherum einzigen Stelle zur Ruhe gekommen, an der das unter der Oberfläche liegende, harte, über geologische Zeiträume gewachsene Felsbett zum Vorschein kam. Ganz anders, als an allen anderen Orten, an denen Menschen bisher ihre Instrumente auf dem Mars gelandet hat-

QUELLE: NASA, JPL

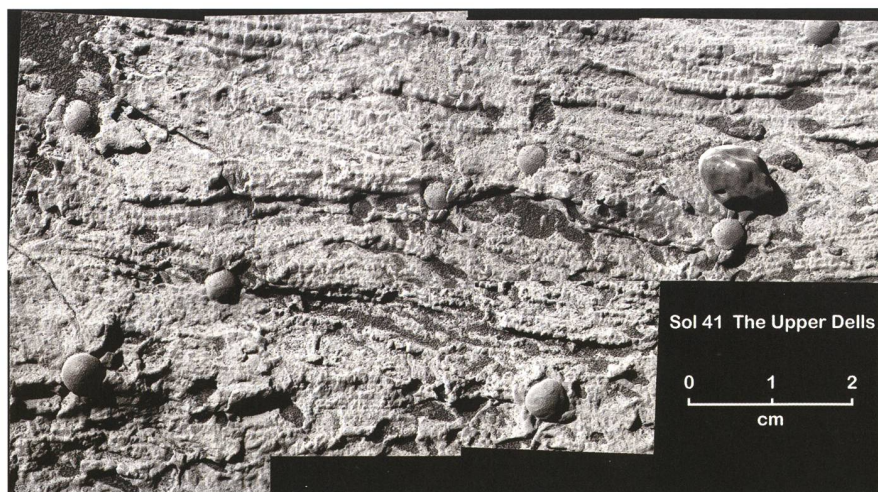


Abbildung 3: Diese Upper Dells genannte Felsstruktur aus dem Eagle Crater zeigt eingelagerte Hämatit-Kügelchen und die vom Wellenschlag am Ufer eines stehenden Gewässers stammenden feinen Rippel.

ten, wo Auswurfmaterial von Vulkanausbrüchen und Meteoriteneinschlägen, sowie vom Wind verblasener Staub die Oberfläche bedeckte und niemand je hätte sagen können, woher all dieses Zeugs stammte. Jeder Versuch, die Geschichte der Marsoberfläche zu rekonstruieren, wäre anhand von derartigem Material zum Scheitern verurteilt gewesen.

Auch wenn Spirit an einer ungünstigeren Stelle gelandet war, so erwiesen sich letztlich beide Rover als erfolgreich und haben die Erwartungen sowohl der Wissenschaftler als auch der Ingenieure weit übertroffen. Gebaut worden waren die beiden fahrenden Marslaboratorien für einen rund dreimonatigen Einsatz, während dem sie ungefähr drei Kilometer hätten zurücklegen sollen. Spirit an seinem Landeplatz im Gusev-Krater musste für seinen Erfolg monatelang kämpfen, Distanzen überwinden und in Gegenden vorstossen, für die er nie gebaut worden war, bis auch er in den Columbia-Hügeln die Stellen erreichte, auf welche die Forscher bei der Planung der Mission gehofft hatten. Leider rutschte Spirit am 29. April 2009, seinem 1892-sten Tag auf dem Mars und nach 7726 Metern Fahrt, mit seinen linken Rädern auf der brüchigen Kante eines kleinen Kraters aus und blieb in einer Schicht aus lockerem Material stecken, aus dem er auch nach monatelangen Befreiungsversuchen nicht mehr freikam. Seit dem 22. März 2010 ist der Rover verstummt. Er hat offensichtlich den beginnenden Marswinter nicht überlebt.

Opportunity zeigt zwar Altersschwächen – z.B. funktioniert ein Rad nicht mehr und der Rover muss deshalb rückwärts gefahren werden – ist aber immer noch munter und hat bis Anfang April 2014 knapp 39 km zurückgelegt, auch dank der 39 von der Firma Maxon in Sachseln gelieferten Motoren und der gütigen Mithilfe der Marswinde, die ihm immer mal wieder seine Solarpaneele reinigten.

## Harte Burschen

Der Erfolg von Spirit und Opportunity kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Als die beiden Rover, damals noch unter der Bezeichnung Mars Exploration Rover, im Juli 2000 das «Go» von den NASA-Verantwortlichen erhielten, sah die

QUELLE: NASA, JPL

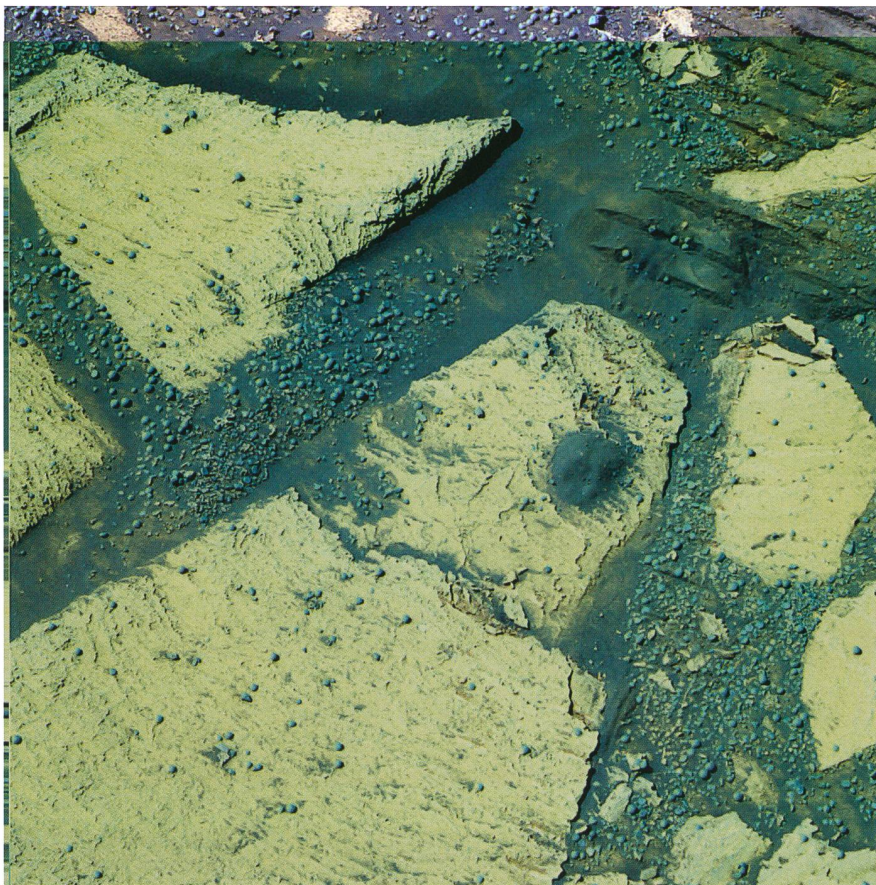


Abbildung 4: Falschfarbenaufnahme der Hämatitkügelchen. Die auf der Oberfläche verstreuten Kügelchen sind bei der Verwitterung der Gesteine freigesetzt worden.

bisherige Erfolgsquote für Mars-Missionen ziemlich trübe aus. Rund zwei Drittel aller Flüge erwiesen sich bis dahin als komplette Fehlschläge, inklusive peinlichster Kommunikationsfehler. Eine der Sonden, der Mars Climate Orbiter, ging 1999 nur deshalb verloren, weil die NASA und der Hersteller des Raum-

fahrzeugs, Lockheed Martin, in unterschiedlichen Einheiten gerechnet hatten...

Immerhin hatte die NASA aus den Fehlern gelernt. Statt einer Sonde liess sie kurz entschlossen gleich deren zwei bauen und erprobte die beiden Rover vor dem Start so ausgiebig und hart wie zuvor wohl noch

keine ihrer interplanetaren Sonden. Zum Glück, wie sich zeigte, denn die Fallschirme rissen bei realistischen Tests mit schöner Regelmässigkeit, die zur Landung eingesetzten Airbags explodierten immer wieder und als Spirit schon auf der Startrampe stand, bemerkten die Ingenieure einen möglicherweise fatalen Fehler in der Zünd-Elektronik für die Explosionskörper, die für die zahllosen Abtrennmanöver während des ganzen Fluges benötigt wurden. Als dann die Landung von Spirit anstand, schien zunächst alles perfekt zu laufen. Das Team konnte kurz nach dem ersten Bodenkontakt sogar ein Signal auffangen, welches anzeigte, dass die Sonde auf dem Mars angekommen war und auf ihren Airbags über die Oberfläche hüpfte. Aber dann blieb es nervenaufreibend lange still und die Chefs der NASA begannen wohl schon darüber nachzudenken, wie sie den Fernsehkameras den erneuten Fehlschlag verkaufen sollten. Und es blieb still – ganze nicht enden wollende zehn Minuten – bis endlich das ersehnte Zeichen eintraf, zunächst nur ein kleiner Blipp – eingefangen von den mächtigen Antennen des Deep Space Networks im kalifornischen Goldstone – aber das genügte. Spirit war heil angekommen. Später konnte rekonstruiert werden – und damit hatte niemand gerechnet – dass die Sonde während 16 Minuten über die steinige Wüste gehopst und gerollt war.

Und bei jedem neuen Aufprall hatten die Airbags den Stoss abgefedert! Wie gut, waren sie vor dem Flug so brutal getestet worden.

QUELLE: NASA, JPL

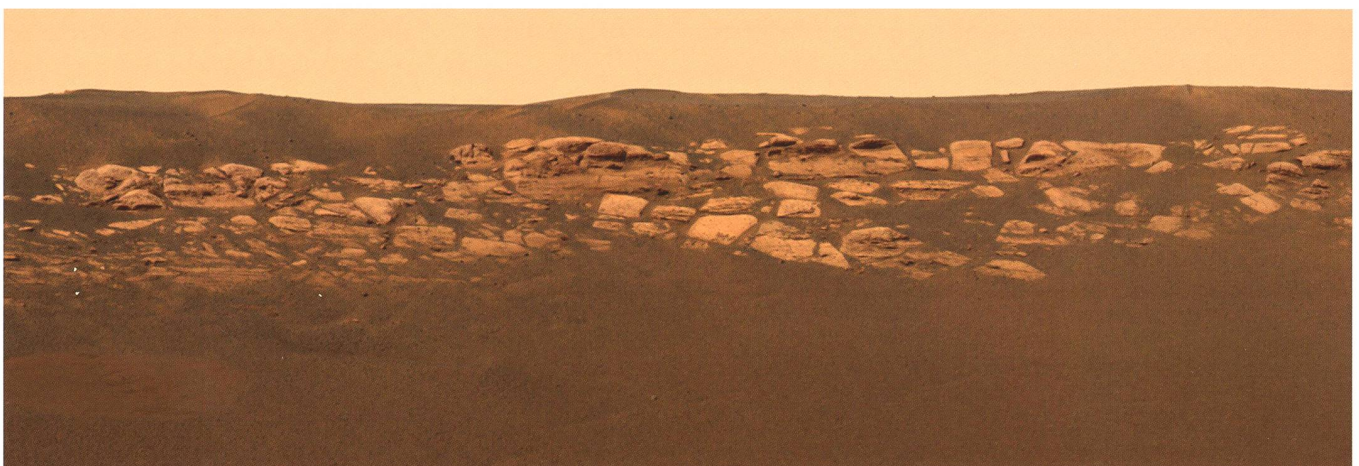


Abbildung 5: Panoramaaufnahme der Felsaufschlüsse an der Wand des Eagle Craters. In diesen geschichteten Gesteinen gelang der erste Nachweis auf einst flüssiges Wasser an der Marsoberfläche.

QUELLE: NASA, JPL

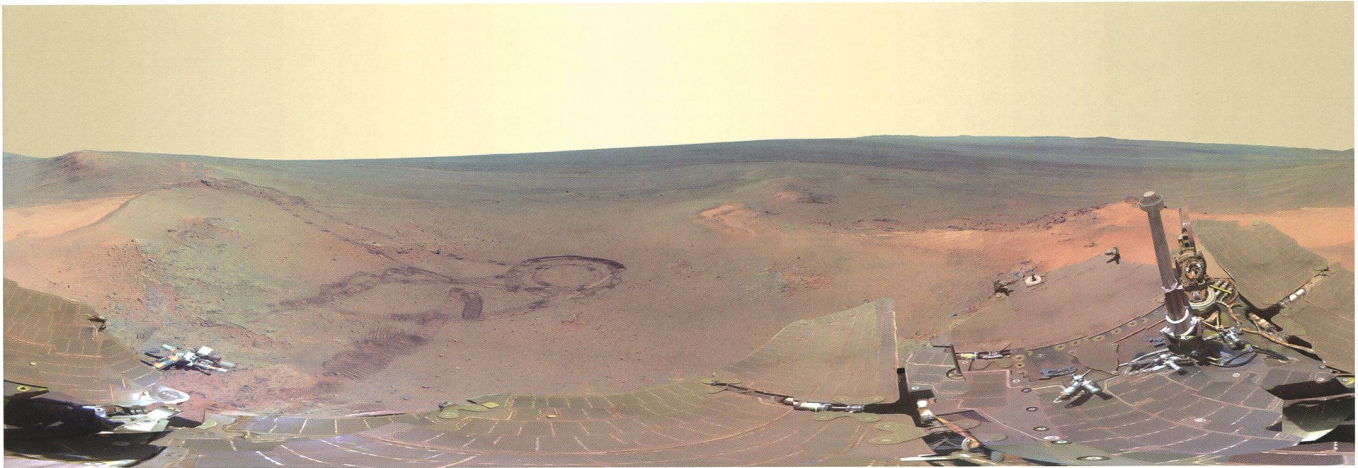


Abbildung 6: Greeley Panorama. Dieses aus 817 Einzelaufnahmen zusammengesetzte Bild zeigt einen 360° Rundblick der Stelle nahe des Kraters Endeavour, an welcher Opportunity seinen fünften Marswinter verbrachte. Norden liegt im Zentrum des Bildes, das Innere des Endeavour Kraters ist direkt unter dem Horizont im rechten Bildteil zu erkennen. Im Vordergrund sind Teile des Rovers zu sehen, links seine Fahrspuren.

## Wasser, Wasser und nochmals Wasser

Dass Spirit und Opportunity auf dem Mars «Wasser» gefunden haben, dürfte jedem einigermaßen interessierten Zeitungsleser bekannt sein. Zu oft hatte die NASA während der heißen Phase der Erkundung die sensationelle Entdeckung von Spuren der lebensnotwendigen Flüssigkeit bekannt gegeben. Die Jubelschreie der Missionsleitung kurz nach der Landung von Opportunity erwiesen sich bald als durchaus gerechtfertigt. Als der Rover nämlich die geschichteten Ablagerungen am Landeplatz, dem Eagle Crater, genauer unter die Lupe nahm, zeigte es sich sehr schnell, dass sich diese tatsächlich in einer wässrigen Umgebung gebildet hatten und nicht von Vulkanaus-

brüchen oder Windverfrachtungen stammten. Für diese Interpretation sprachen gleich eine ganze Menge von Gründen. Da war zunächst einmal die Schichtung an sich, die sich als sehr fein und vor allem auch als zart «geripptelt» offenbarte. Die Geologen im Team deuteten die hauchdünnen Strukturen als die Ablagerungen von sanft an ein Ufer plätschernden Wellen in einem stehenden Gewässer und sofort sahen viele Medienvertreter vor ihrem geistigen Auge eine idyllische Strandszene und berichteten entsprechend. Aber da war noch mehr. Der Landeplatz von Opportunity in den Meridiani Ebenen war nämlich hauptsächlich deshalb gewählt worden, weil Mars Global Surveyor aus der Umlaufbahn dort ein verdächtiges Mineral, Hämatit, nachgewiesen

hatte. Hämatit ist von der Erde her bestens als Ausfällung von Eisen-III-Ionen aus wässrigen Lösungen bekannt. Es gibt zwar auch andere Möglichkeiten, wie Hämatit-Ablagerungen entstehen können, die Planer der Mission erhofften sich aber, einstmals fließendes Wasser auf der Marsoberfläche anhand von feinen Schichten des Minerals in den Gesteinen am Landeplatz nachweisen zu können. Aber es kam ganz anders.

Kaum gelandet, meldeten die Kameras zahllose winzig kleine Kügelchen, die wie Streusel im ganzen Eagle Crater verteilt lagen. Als Opportunity sein Mössbauer Spektrometer auf die maximal 5 mm messenden Sphären richtete und die Daten in Pasadena eintrafen, war klar, der aus dem Orbit gemeldete

QUELLE: NASA, JPL

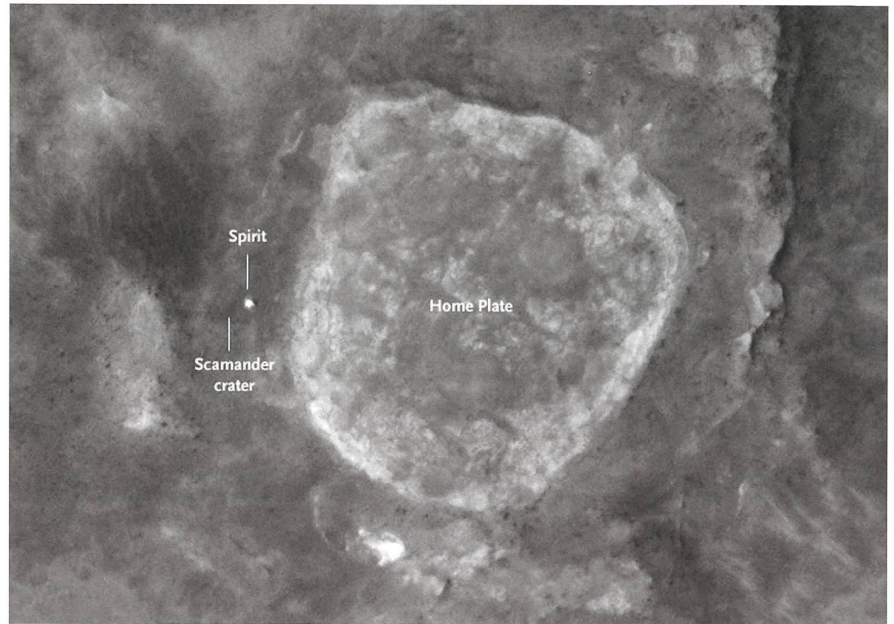


Abbildung 7: Spirit's Blick von der «Home Plate» Richtung Südwest (links) bis Nordost (rechts). Die Falschfarbenaufnahme entstand kurz vor dem Mars-Winter 2007. Der Landeplatz von Spirit liegt am Horizont in der Bildmitte.

Hämatit war gefunden, aber in völlig unerwarteter Form.

Wie waren die Kügelchen entstanden? Es wäre durchaus möglich, dass sie sich bei einem Meteoriteneinschlag in der heissen Schmelze hätten bilden können. Genau dies ist in neuester Zeit auch wieder als Erklärung behauptet worden, dürfte für ähnliche Kügelchen auf dem Mond zutreffen und könnte tatsächlich die auf der Oberfläche verstreuten Teilchen erklären. Dem widersprechen aber die Funde in den Gesteinsaufschlüssen. Dort lässt sich nämlich wunderbar erkennen, wie die Kügelchen gleichmässig über viele Schichten hinweg verteilt eingelagert sind und nicht, wie bei Meteoriteneinschlägen zu erwarten wäre, nur in ganz bestimmten Lagen. Offensichtlich war der Hämatit in den Zwischenräumen des Gesteins auskondensiert, als das Wasser langsam verdunstete. Zudem zeigten die allermeisten der kleinen Kugeln eine fast perfekte, gleichmässig abgerundete Form. Wären sie in einer Auswurfsschmelze entstanden, so müssten sie beim Abkühlen während des Fluges eine zumindest leicht ellipsoide Form angenommen haben. Wie die Spuren in einem «El Capitan» getauften Felsen zeigen, sind nebst dem Hämatit auch andere Mineralien in den Gesteinen auskristallisiert und später wieder ausgewaschen worden. Der Wasserspiegel in der Gegend des Eagle Craters dürfte also mehrfach angestiegen und wieder gesunken sein, dabei Mineralien gelöst und wieder abgelagert haben. Möglicherweise ist auch mit Mineralien gesättigtes Wasser aus dem Untergrund in die Gesteine eingedrungen, worauf Chlor- und Bromeinlagerungen hinweisen. Opportunity's chemische Nase, das «Alpha-Partikel Röntgenspektrometer» (APEX), fand schnell auch hohe Konzentrationen an Schwefelsalzen, die ebenfalls fast nur in wässriger Umgebung entstanden sein konnten.

Die anfängliche Begeisterung, direkt am Ufer eines versteinerten stehenden Gewässers gelandet zu sein, machte allerdings bald einer gewissen Ernüchterung Platz, denn die gemessenen Konzentrationen an Mineralien waren alles andere als lebensfreundlich. Und eigentlich sollten die Rover ja nicht einfach nur Wasser nachweisen, sondern auch die Frage klären, ob in dem möglicherweise einstmals vorhan-



QUELLE: NASA, JPL

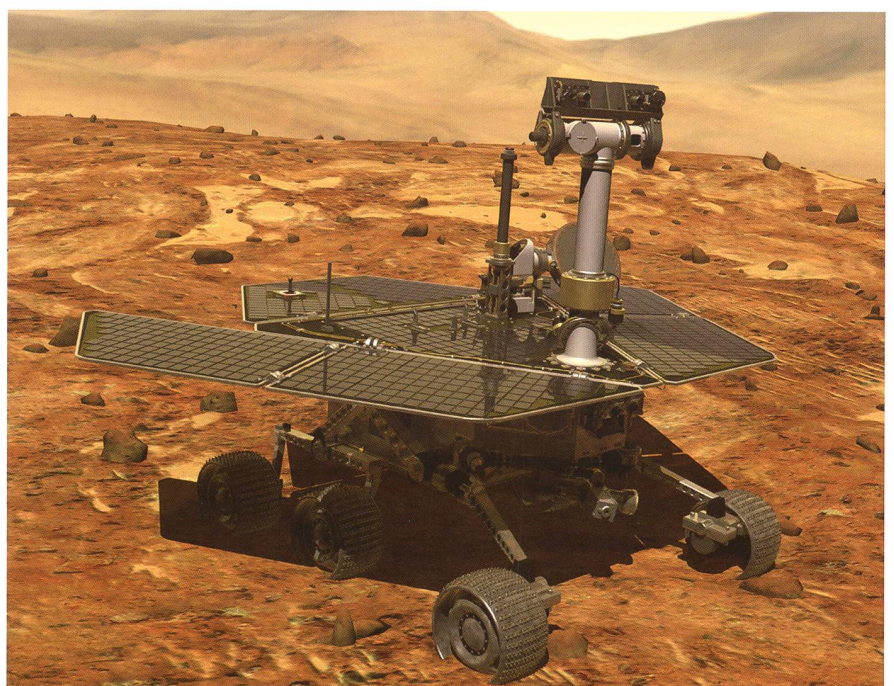
Abbildung 8: Aufnahme der «letzten Ruhestätte» von Spirit. Der Rover ist an der Kante des kleinen Kraters Scamander «ausgerutscht» und in lockerem Material stecken geblieben. Die Fotografie gelang mit der hochauflösenden Kamera an Bord des Mars Reconnaissance Orbiters.

denen Nass zumindest einige besonders widerstandsfähige Mikroben hätten leben können. Am Eagle Crater wäre dies vermutlich kaum möglich gewesen, dazu war die Brühe dort wohl zu ätzend.

## Wasser, schon fast trinkbar

Der Nachweis von lebensfreundlichen Habitaten auf dem Mars blieb

Spirit vorbehalten und zwar ausgerechnet an jener Felsformation, an welcher der Rover später erfrieren sollte. Spirit fand an seinem Landeort nur Lavabrocken und Sand und musste über zwei Kilometer fahren, bis er endlich in die erfolgversprechenderen Landschaften der Columbia Hills vorgedrungen war. Und dort ging's erst richtig los. Gebaut war der Rover ja eigentlich für



QUELLE: NASA, JPL

Abbildung 9: Künstlerische Darstellung eines Rovers in seiner Marsumgebung.

## Die Welt in Bildern

Das aktuelle Geschehen, festgehalten von internationalen Topfotografen.



2 | 49 Farbenprächtig: Der Mount Teide auf Tenerifa erstrahlt im Abendlicht in voller Pracht. (15. April 2014) Bild: Daniel Lopez/Keystone



► **Artikel zur Bildstrecke** Die eindrucklichsten Bilder aus der ganzen Welt  
 ► **Alle Bildstrecken**

## Wer richtig überlegt, gewinnt: Was ist hier falsch?

Per Zufall stösst man hin und wieder auf journalistische «Blüten». Ein wunderschönes Bild in der Tages Anzeiger-Bildgalerie zeigt den verschneiten Teide auf der Ferieninsel Teneriffa. Knapp über dem Horizont steht der Mond. Doch irgendetwas kann nicht stimmen, wenn man der Bildlegende Glauben schenkt! Rätseln Sie mit! Aus den richtigen Einsendungen wird ein Sieger oder eine Siegerin erkoren. Zu gewinnen gibt es die neue ORION-Sternkarte in der gewünschten Landessprache. Einsendeschluss ist der 15. Juni 2014. (thomas.baer@orionzeitschrift.ch)

mehr oder weniger ebenes Gelände. Nun aber musste er zum Bergsteiger mutieren und Höhen erklimmen, an die seine Planer auf der Erde nie gedacht hätten. Spirit bestand das Abenteuer, auch wegen der grandiosen Leistung seiner Steuerleute auf der Erde. Als das fahrende Labor dann in den Columbia Hills auf die Überreste eines teilweise abgetragenen Vulkans stiess, der «Home Plate» getauft wurde, gelang ihm erstmals der direkte Nachweis von Karbonaten auf dem Mars, ein sicheres Zeichen für chemisch neutrales Wasser auf unserem Nachbarn.

Die Geschichte des Wassers auf dem Mars dürfte also sehr vielfältig sein. Es gab offensichtlich Phasen in der Evolution des Mars, in wel-

cher er fließendes Wasser an seiner Oberfläche besass und dies auch in durchaus lebensfreundlicher Form. Die Frage allerdings, wie gross diese Gewässer waren, wie lange die lebensfreundlichen Phasen andauerten und ob es je Leben auf dem heute staubtrockenen, eiskalten und im sterilisierenden Sonnenlicht badenden Planeten gab, diese Frage ist nach wie vor völlig offen. Es ist die Mission von Curiosity, des neuesten, 2012 im Gale Krater gelandeten Rovers, unser Bild über die Vergangenheit des Mars durch neue und hoffentlich schlüssige Mosaiksteinchen weiter zu ergänzen. Opportunity aber setzt seine Reise fort. Sein blockiertes Rad, eine gebrochene «Schulter» am Instrumentenarm und zwei defekte Detekto-

ren für Mineralien, halten den Rover nicht davon ab, trotz seiner Altersleiden die Umgebung des grossen Endeavour Kraters zu erkunden, einem Krater, der dank seiner Tiefe einen noch viel weiter in die Vergangenheit reichenden Blick ins Geschichtsbuch unseres Nachbarn ermöglichen könnte.

Ob ihm, dem ausdauernden Veteranen, noch eine weitere Überraschung gelingt? Das Team um Steve Squyres jedenfalls gibt sich täglich alle Mühe, den Greis zu neuen Entdeckungen anzutreiben.

### ■ Dr. habil. Hansjürg Geiger

Kirchweg 1  
 CH-4532 Feldbrunnen  
 hj.geiger@mac.com  
 www.astrobiologie.ch

Sei es das erste Teleskop für Ihren Enkel,  
oder eine komplette Ausrüstung  
für Ihre private Sternwarte.  
Bei uns werden Sie fündig!

