Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 76 (2018)
Heft: 1

Artikel: Marsrover "Opportunity" läuft und läuft : es muss Salzseen und Ozeane gegeben haben
Autor: Baer, Thomas
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914011

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: 20.07.2025

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

Marsrover «Opportunity» läuft und läuft

Es muss Salzseen und Ozeane gegeben haben

Von Thomas Baer

Seit Januar 2004 ist der Marsrover «Opportunity» aktiv. In seinen nun 14 Jahren hat er eine Strecke von über 45 km zurückgelegt, weiter als jeder Rover zuvor! Ein Ende der Mission ist noch nicht in Sicht. Man will das 185 kg schwere Gefährt solange auf dem roten Planeten herumsteuern, wie es nur geht. Die Primärmission ist längst abgeschlossen, doch liefert «Opportunity» noch immer wertvolle Messdaten und Bilder.

Die Mission Mars Exploration Rover B startete kurz vor der letzten grossen Marsopposition im Jahre 2003. Am 25. Januar des Folgejahres landete «Opportunity» sicher auf dem roten Planeten im Eagle Krater. Die Schwestersonde «Spirit» mit dem baugleichen Rover an Bord landete bereits am 4. Januar 2004 im Gusev-Krater. Im Unterschied zu «Opportunity» riss der Funkkontakt zu «Spirit» im März 2010 ab und konnte nie mehr hergestellt werden, sodass die NASA am 25. Mai 2011 nach mehreren vergeblichen Kontaktversuchen die Mission aufgab. «Opportunity» indessen läuft seit nun gut 14 Jahren und hat die Zeit seiner Primärmission, die ursprünglich auf lediglich 90 Tage (!) angesetzt war, mehr als übertroffen! Bereits am 27. Juli 2014 knackte der mannsgrosse Rover die 40 km-Marke, am 2. Januar 2018 war er 45.08 km weit gerollt.

Untersuchungen von Dünen

Blicken wir kurz auf die ersten Missionsjahre zurück. 2004 und 2005 stand ganz im Zeichen der Erforschung der Dünen. Dabei wurden die Gesteinsschichten des rund 12 m tiefen Endurance-Kraters fotografiert sowie an diversen Stellen Löcher ins Gestein gebohrt und das feine Material analysiert. So konnte die Geologie der Meridiani-Ebene erfasst werden. Doch die Fahrt in die Dünen schien zu riskant, denn «Opportunity» kam bereits an den Hängen des Kraters in Rutschphasen. Nicht ohne Zwischenfall verlief die Weiterfahrt durch eine andere Sanddüne. Plötzlich blieb das Gefährt im lockeren Untergrund stecken. Auf ein solches Ereignis war das Bodenteam nicht vorbereitet, und so drehten die sechs Räder an Ort und Stelle durch, als wähnte sich «Opportunity» auf sicherer Weiterfahrt. Bald steckten die Achsen im Sand, und nur mit sorgfältigen Vor- und Rückwärtsbewegungen gelang es der Bodencrew schliesslich, ihn aus der misslichen Lage zu befreien. Vorsichtshalber programmierte man fortan nicht mehr allzu lange Strecken, um ähnliche Zwischenfälle tunlichst zu vermeiden. Für einmal ist alles noch gut gegangen.

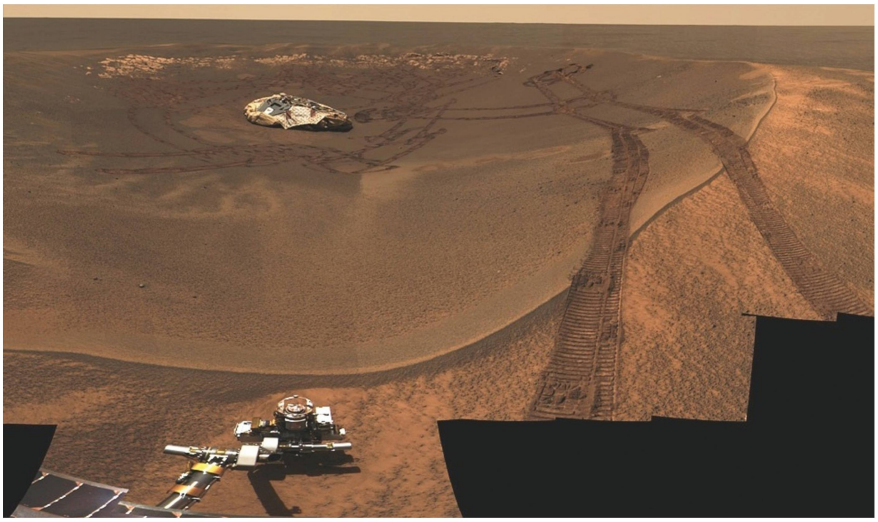


Bild: NASA, JPL

Abbildung 1: Der Landeplatz von «Opportunity» im Eagle-Krater.

Am Viktoriakrater

Nach einer erfolgreichen Softwareaktualisierung, die unter anderem einen optimierten Energiehaushalt garantierte, erreichte «Opportunity» im September 2006 den rund einen halben Kilometer durchmessenden Viktoriakrater. Man wollte in den Krater absteigen, und so galt es, eine geeignete Stelle zu finden. Stereoaufnahmen sollten die Suche erleichtern. Auf seiner Fahrt nordwärts um den Krater stellte sich heraus, dass die Klippen für eine Fahrt ins Kraterinnere zu steil gewesen wären. So manövrierte die Bodenmannschaft den Rover wieder an seinen Ausgangspunkt zurück, da man hier einen passenden Abstiegspfad fand. Windböen hatten die Solarpanels vom Staub befreit und so stieg die Energie auf fast 800 Wattstunden pro Tag!
Doch der Einstieg in den Krater in den Krater verzögerte sich. Der Marshimmel dunkelte ein; ein gigantischer Staubsturm zog Ende Juli 2007 auf, der weite Gebiete des Planeten erfasste und den Himmel trübte. Die Solarzellen konnten nicht mehr aufgeladen werden. Man setzte «Opportunity» vorübergehend in einen «Schlafmodus» und wartete das Ende des Sturms ab, was nicht ganz unproblematisch war, da das Gefährt im Sparmodus kaum genügend Wärme produziert, um die ganze Elektronik nicht Gefahr laufen zu lassen, Kälteschäden einzufangen. Erst nach sechs Wochen liessen die Winde nach, der

Bild: NASA, JPL

Abbildung 2: Hier sehen wir die steil abfallenden Klippen am Rande des Viktoriakraters.

Dunst liess das Sonnenlicht wieder schwach durch. Doch der feine Staub hatte sich auf den Solarzellen abgelagert, und man musste hoffen, dass die letzten Böen ihn wegblasen würden. Mit einem Jahr Verspätung rollte «Opportunity» am 11. September 2007 endlich in den Krater hinab und untersuchte vornehmlich die Gesteinsschichten der Klippen und den Kratergrund.

Meteoritenfunde

«Opportunitys» Landeort wurde bewusst äquatornah gewählt, weil man hier ausgedehnte Hämatitvorkommen vorfand. Hämatit, auch Blutstein genannt, ist ein verbreitet vorkommendes Mineral aus der Klasse der Oxide und Hydroxide und die häufigste natürlich auftretende From des Eisen(III)-oxids. Es kann in offenem Wasser oder in Gesteinsschichten unter hohem Druck und Temperaturen von weit über 100 °C entstehen, ein klares Indiz dafür, dass es in der Frühzeit auf Mars stehende Gewässer in Form von Seen und Ozeanen gegeben haben muss.
Auf seiner Weiterfahrt durch die Meridiani-Ebene stiess «Opportunity» auf weitere Meteoriten, unter ihnen auf den Felsbrocken Marquette Island, dessen Herkunft anfänglich Rätsel aufgab. Mit dem stumpfgewordenen Schleifwerkzeug war es nur noch möglich, in die obersten Schichten einzudringen, doch dies reichte, um herauszufinden, dass der Brocken basaltischen Ursprungs ist und womöglich durch einen Meteoriteneinschlag aus dem Inneren des Mars herausgeschleudert wurde. Öfter begann der Vorderrad-Antrieb Probleme zu bereiten. Um ihn etwas zu schonen, fuhr man einzelne Strecken rückwärts.

Ziel: Endeavour-Krater und Cape York

Bis Juli 2011 hatte «Opportunity» eine Strecke von 31 km hinter sich und den Endeavour-Krater schon fast erreicht. Dieser weist einen Durchmesser von etwa 22 km auf und ermöglichte den Wissenschaftlern, ältere Gesteinsschichten zu untersuchen. Besonderes Augenmerk galt den Schichtsilikaten, denn diese können nur in Verbindung mit Wasser entstehen. Das Kraterinnere liess man aus, denn denselben Untergrund hatte man zuvor schon in der Meridiani-Ebene vorgefunden.
Spannend wurde es in der Region um Cape York. Hier stiess der Rover auf auffällig helle Gesteinsadern, bei denen es sich um reines Kalziumsulfat (Gips) handelt, ein weiteres Indiz für fliessendes Wasser im Untergrund und ein einst «lebensfreundliches» Klima. Das gelöste

Kalziumsulfat konnte sich in den Hohlräumen absetzen.
Nach einer weiteren Winterpause nahm «Opportunity» im Mai 2012 die Fahrt in nördliche Richtung auf. Am 2. Juli verzeichnete er bereits seinen 3000. Marstag! Um die am 6. August 2012 geplante Landung von «Curiosity» funktechnisch nicht zu stören, wurden die Systeme von «Opportunity» vorübergehend heruntergefahren.

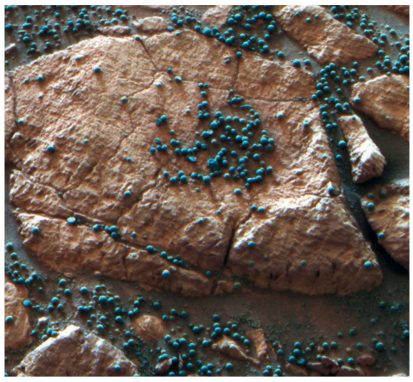


Bild: NASA, JPL

Abbildung 3: Kugelförmige Hämatit-Konglomerate, angesammelt zwischen dem plattenförmigen hellen Gestein im Bereich des Eagle-Kraterrandes.

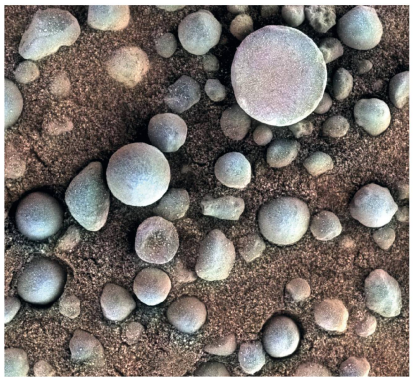


Bild: NASA/JPL-CalTech/Cornell/USGS

Abbildung 4: Graue Hämatitkügelchen oder «Blaubeeren», die mit dem mikroskopischen Kameramodell von «Opportunity» aufgenommen wurden.

Einfahrt ins Marathon-Valley

Am Solander Point machte «Opportunity» beim Aufstieg auf den Hügel interessante Entdeckungen an dessen Hängen. Das vorgefundene Gestein stammt aus einer Zeit vor 3.8 bis 3.5 Milliarden Jahren und gehört damit zu den ältesten Formationen überhaupt. Damals wurden die nördlichen Tiefländer gebildet. Starke vulkanische Aktivität bedeckte weite Teile des Planeten mit Lava und Asche. Fliessendes Wasser formte Täler und heftige Stürme trugen die Ablagerungen teilweise wieder weg. Üblicherweise sind derart alte Gesteinsschichten unter der Oberfläche verborgen und treten entweder nur durch Erosion hervor oder, wie im Falle von Solander Point, der sich 55 m über dem Meridiani Planum erhebt, durch einen Meteoriteneinschlag.
Im Juli 2014 egalisierte «Opportunity» mit 39 km den Streckenrekord auf einem fremden Himmelskörper, den bislang das russische Mondmobil Lunochod 2 inne hatte. Am 25. März 2015 hatte der Rover die Distanz eines Marathons von 42.195 km abgespult; ein Abstecher ins Marathon Valley war daher fast sinnbildlich. Hier erwarteten die Forscher offen liegendes Lehmgestein. Es wurden verschiedene Panoramaaufnahmen gewonnen, mit denen es möglich wurde, die mineralogische Zusammensetzung des Gesteins zu bestimmen. Ende 2016 waren die Erkundungsfahrten im Marathon Valley abgeschlossen.

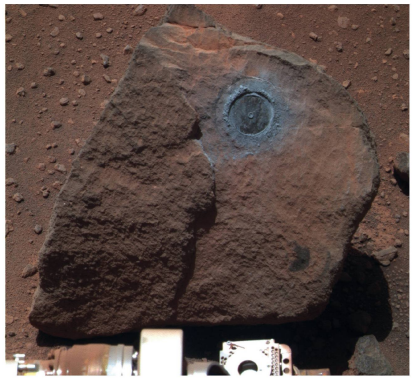


Bild: NASA, JPL

Abbildung 5: Deutlich sind die Schleifspuren am Brocken Marquette Island zu sehen. Er muss vermutlich durch einen Impakt aus dem Marsinneren an die Oberfläche befördert worden sein.

Bild: NASA, JPL

Abbildung 6: Die Gipsader Homestake; ein Hinweis, dass in der Frühgeschichte des Mars Wasser durch den Untergrund geflossen sein muss.

Erkundungen im Perseverance Valley

Weiter ging die Fahrt in Richtung Perseverance Valley nach Süden. Auf Bildern aus dem Orbit entdeckte man auch in diesem Tal einen Abflusskanals, auch Gully genannt. Bei einem Rückwärtsmanöver blockierte der Motor des linken Vorderachse; das Rad blieb mit einer Auslenkung von 33° unbeweglich. Nach einigen Tagen konnte die Bodencrew das Rad wieder in Fahrtrichtung stellen und die Reise konnte weitergehen.
Wie alle 26 Monate, wenn Mars von der Erde aus betrachtet hinter der Sonne durchgeht, war der Funkkontakt Ende Juli, Anfang August 2017 vorübergehend unterbrochen. Der aufziehende Marswinter liess die Energiezufuhr sinken und so fuhr man abwärts ins Tal hinein und stoppte den Rover an nordexponierten Stellen, damit man die bestmögliche Energieausbeute erzielen konnte.

So war es während der Winterzeit möglich, doch das eine oder andere Experiment durchzuführen und weitere Daten zu sammeln. Die Auswertungen über die Entstehung des Perseverance Valley, ob und wie viel Wasser bei dessen Bildung mit im Spiel waren, stehen noch aus. Aktuell ist geplant, noch tiefer ins Tal zu fahren, weil man dort Gesteinsschichten vermutet, die Antworten auf diese Fragen liefern könnten.

Beweise für flüssiges Wasser

Erste Belege für Wasser, das auf dem roten Planeten einst in grossen Mengen floss, gab die NASA bereits 2004 bekannt. Die von «Opportunity» gefundenen Schwefelkonzentrationen in den untersuchten Gesteinen, die auf der Erde nur in Gips und Anhydrit, also Kalziumsulfaten auftreten. Solches Gestein entsteht durch Eindampfung von Wasser mit hohem Mineralgehalt. Ein weiteres Mineral, das die Instrumente des Rovers fanden, ist Jarosit, besser als Gelbeisenerz bekannt, eine Eisen-Schwefel-Verbindung, die nur unter Mitwirkung von Wasser überhaupt entstehen kann. Solche Salze fällen normalerweise nur in stehenden Gewässern aus. Immer wieder stiess der Marsrover auf millimetergrosse und rundgeschliffene Mineralaggregate im Gestein, sogenannte Konkretionen, die nur in wässriger Umgebung enstanden sein können. Spektroskopisch sah man, dass man diese Konkretionen eine hohe Hämatitkonzentration aufweisen. Wasser war also so oder so im Spiel. Nicht klar ist, ob es sich um ein stehendes Oberflächenwasser oder um Grundwasser handelte.

Erstmals ist aber der Nachweis direkt vor Ort gelungen, dass es auf anderen Planeten Wasservorkommen in flüssiger Form in grossen Mengen gegeben haben muss und damit die Voraussetzungen für die mögliche Entstehung von Leben ideal waren. Es ist wohl nur eine Frage der Zeit, bis Lebensspuren auf dem roten Planeten gefunden werden. ▮

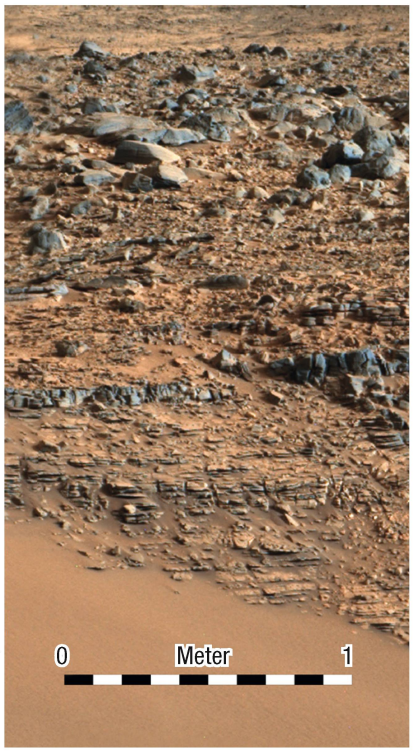
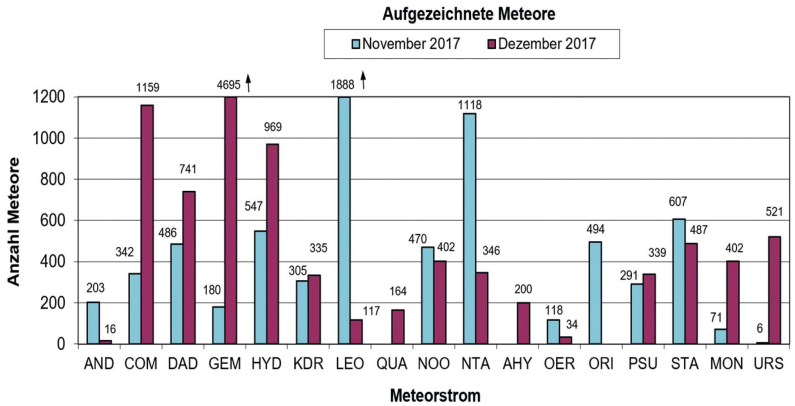


Bild: NASA, JPL

Abbildung 7: Hier sehen wir Schichten an den Rändern der Täler der Region «Pahrump Hills».

Swiss Meteor Numbers 2017

Fachgruppe Meteorastronomie FMA (www.meteore.ch)



ID	Beobachtungsstation	Methode	Kontaktperson	11/2017	12/2017
ALT	Beobachtungsstation Altstetten	Video	Andreas Buchmann	55	74
BAU	Beobachtungsstation Bauma	Video	Andreas Buchmann	15	9
BAU	Beobachtungsstation Bauma	visuell	Andreas Buchmann	2	0
BOS	Privatsternwarte Bos-cha	Video	Jochen Richert	2988	3750
BUE	Sternwarte Bülach	Foto	Stefan Meister	0	0
EGL	Beobachtungsstation Eglisau	Video	Stefan Meister	46	9
FAL	Sternwarte Mirasteilas Falera	Video	José de Queiroz	782	291
GNO	Osservatorio Astronomica di Gnosca	Video	Stefano Sposetti	4523	5034
GOR	Stellarium Gornergrat	Foto	Peter Schlatter / T. Riesen	0	0
LOC	Beobachtungsstation Locarno	Video	Stefano Sposetti	3832	5184
MAI	Beobachtungsstation Maienfeld	Video	Martin Dubs	27	167
MAU	Beobachtungsstation Mauren	Video	Hansjörg Nipp	293	316
PRO	Stazione di osservazione di Prosito	Video	Viola Romerio	382	400
SCH	Sternwarte Schafmatt Aarau	Foto	Jonas Schenker	0	0
SON	Sonnenturm Uecht	Foto	T. Friedli / P. Enderli	0	0
VTE	Observatoire géophysique Val Terbi	Video	Roger Spinner	780	2170
WOH	Beobachungsstation Wohlen / BE	Foto	Peter Schlatter	0	0

November 2017 **Total: 13813**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
507	162	445	83	11	31	159	0	40	597
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
384	416	377	975	894	1172	994	707	484	959
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
702	637	500	578	282	595	601	290	16	274

Anzahl Sporadische: 6413 Anzahl Sprites: 55
Anzahl Feuerkugeln: 5
Anzahl Meldeformulare: 49

Dezember 2017 **Total: 17404**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
434	276	681	488	829	857	887	121	516	216
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	1319	3905	549	159	410	333	514	489	545
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
446	492	336	809	464	357	10	142	378	56	386

Anzahl Sporadische: 5556 Anzahl Sprites: 9
Anzahl Feuerkugeln: 12
Anzahl Meldeformulare: 1

Video-Statistik 7/2017	Meteore		Beob.
Einzelbeobachtungen:	8594 =	81 %	8594
Simultanbeobachtungen:	1958 =	19 %	5219
Total:	10552 =	100 %	13813

Video-Statistik 8/2017	Meteore		Beob.
Einzelbeobachtungen:	12308 =	86 %	12308
Simultanbeobachtungen:	2038 =	14 %	5096
Total:	14346 =	100 %	17404

ASTRONOMIETAG 2018

Sonne, Mond und Sterne live erleben!

Besuchen Sie die Sternwarte in ihrer Region!
Mehr auf: http://www.sag-sas.ch

DAS GEHEIME LEBEN DER STERNE

24. März

SAG SAS **Schweizerische Astronomische Gesellschaft SAG** & Vereinigung VdS der Sternfreunde **Vereinigung der Sternfreunde**

orion medien

/SchweizerischeAstronomischeGesellschaft/ /SAG_SAS_d · /SAG_SAS_f · /SAG_SAS_i · /SAG_SAS_e orionmedien.ch