

Raumfahrt Concret

HEFT
81

W E L T A L L + E R D E + M E N S C H

AUSGABE
1/2014

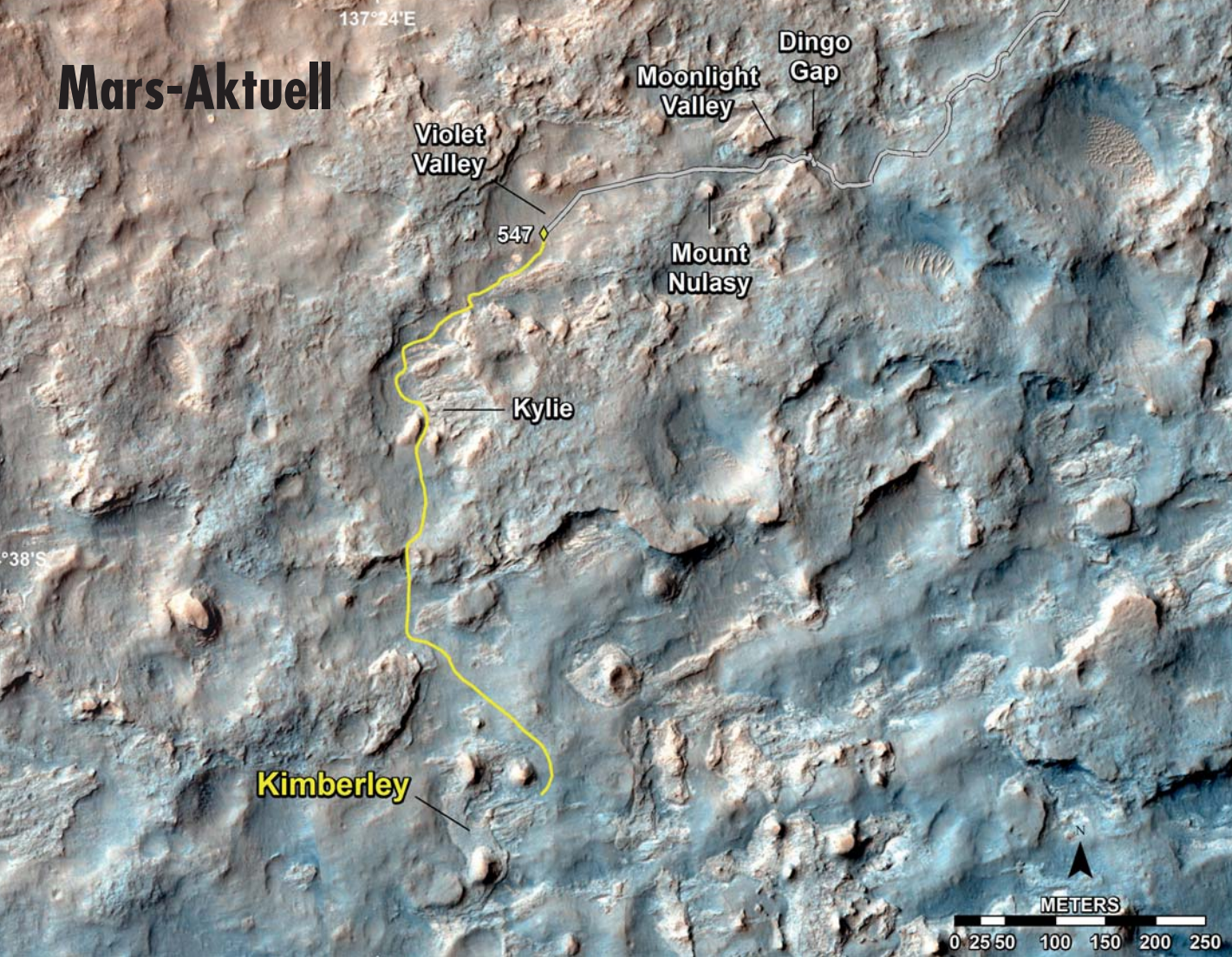
Euro 4,50
US\$ 6,00



Raumfahrtcocktail 2014

Kontrovers: Ariane 6 • Ehrgeizig: Private Raumfahrt • Vielseitig: Russische Triebwerke
Nostalgisch: Spacelab • Erfolgreich: Shenzhou 10

Mars-Aktuell



Durch diese hohle Gasse ist er gekommen – Curiosity wurde über ein kleines Dünenfeld durch das ‚Dingo Gap‘ gesteuert (unten) und befindet sich nach der Fahrt durch das ‚Moonlight Valley‘ auf dem Weg nach ‚Kimberley‘. Dort soll eine ungewöhnliche Sedimentstruktur untersucht werden. Bild: NASA/JPL/UA



Marszeit (Folge 36)

Von Tümpeln, Blaubeeren und Höhlenmenschen auf dem Mars

Von Ulrich Köhler

Das Dasein für Marsforscher gleicht seit Jahren einem Aufenthalt im Schlaraffenland. Drei Sonden in der Umlaufbahn, zwei mobile Forschungslabore auf der Oberfläche und zwei Sonden im Anflug.

Mehr Forschung geht kaum. Und für weitere Projekte in der zweiten Hälfte des Jahrzehnts sind längst die Weichen gestellt. Wenn unser Nachbarplanet nur endlich sein größtes Geheimnis preisgeben würde: Gab es auf dem Mars jemals Leben? Sind die Voraussetzungen so, dass Leben dort auch heute noch denkbar wäre? Mit

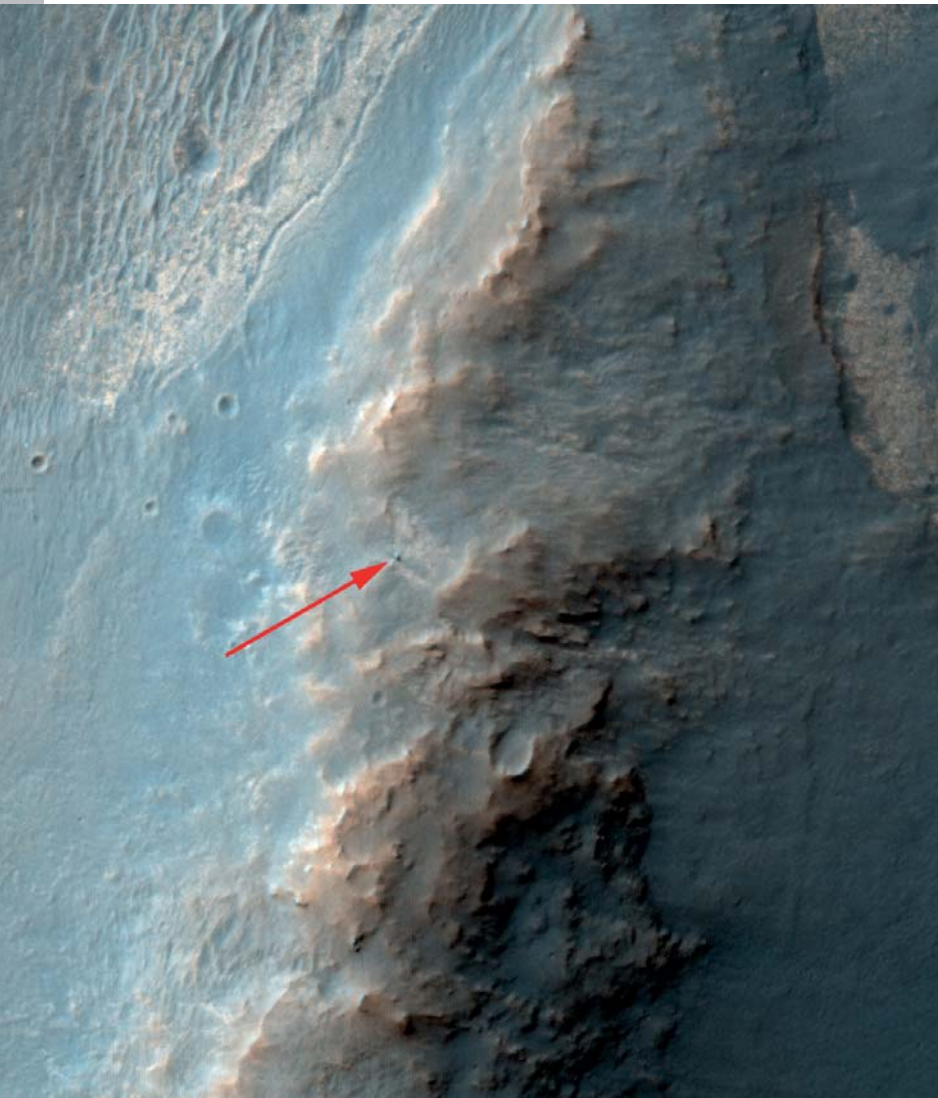
großem Einsatz und detektivischer Akribie versucht die Wissenschaftsgemeinde die Antworten zu finden. Den größten Teil der Aufmerksamkeit, das überrascht kaum, bekommt das Mars Science Laboratory auf dem Rover Curiosity ab. Seit das auf Erden etwa eine Tonne schwere Fahrzeug im August 2012 in einer spektakulären Aktion von einem „Himmelskran“ auf dem Boden des Kraters Gale abgesetzt wurde ist es der ‚Primus inter Pares‘, der Star unter den Mars-Robotern. Nach anderen Kriterien ist allerdings Opportunity, der kleine Verwandte der ‚Neugierde‘ – der Name von Curiosity ist Programm – der unbestrittene Spitzenreiter. Der

zweite der beiden Mars Exploration Rover (der im Januar 2004 zuerst gelandete Spirit musste vor zwei Jahren aufgegeben werden) fährt seit über zehn Jahren durch die Region Meridiani Planum: Ursprünglich sollten die beiden kleinen Rover nur 90 Tage durchhalten.

Mit fast 40 Kilometern hält Opportunity inzwischen auch den Rekord an zurückgelegter extraterrestrischer Wegstrecke, ist also auch weiter gefahren als in den 1970er-Jahren die drei Mondrover mit den Astronauten der letzten drei Apollo-Missionen oder der robotischen sowjetischen Lunochods auf dem Mond. Gegenwärtig hält Opportunity eine Art Winterschlaf, die NASA hat den Rover schräg an einer Böschung geparkt, so dass die starren Solarzellen direkt zur Sonne ausgerichtet sind; erst mit dem Einsetzen des Frühlings auf der Nordhalbkugel des Mars wird der Rover wieder bewegt werden. Dann soll er seine Erkundung entlang des 22 Kilometer großen Kraters Endeavour fortsetzen. Aus technischer Sicht deutet nichts darauf hin, dass Opportunity nach dieser Pause bald den Geist aufgeben würde: Eine echte



Für den Marsrover Curiosity sind die Sedimentgesteine im Gebiet ‚Glenelg‘ eine abwechslungsreiche geologische Spielwiese, für deren Erkundung sich die NASA ausgiebig Zeit nahm. Der Blick geht nach Westen in Richtung des Rands Gale-Kraters. Bild: NASA/JPL-Caltech/MSSS



Das Winterquartier für Opportunity (Pfeil) befindet sich auf dem ‚Murray Ridge‘ im zerklüfteten Rand des Kraters Endeavour. Der Rover ist seit zehn Jahren im Einsatz. Auf der Aufnahme des Mars Reconnaissance Orbiter sind sogar die Spuren des Rovers zu erkennen. Bild: NASA/JPL/UoA

Glanzleistung der robotischen Raumfahrt.

Marathonläufer sind auch in der Marsumlaufbahn unterwegs: Zu Weihnachten 2013 war die ESA-Sonde Mars Express zehn Jahre im Orbit, noch länger, nämlich seit bald 13 Jahren, umkreist die amerikanische Mission 2001 Mars Odyssey den Roten Planeten, und selbst beim Mars Reconnaissance Orbiter, der 2006 ankam, ist die magische Zehnjahresgrenze bald erreicht. Damit nicht genug, sind mit MAVEN, einer NASA-Sonde zur Untersuchung der Marsatmosphäre, und der indischen Mangalayaan-Sonde zwei weitere Forschungorbiters ihrem Ziel schon recht

nahe. Und 2016/17 werden zwei weitere Missionen folgen – Europa wird mit dem ExoMars-Orbiter der ESA seine zweite Sonde zum Mars senden, und die Amerikaner wollen mit InSight ebenfalls 2017 auf dem Mars landen, um erstmals geophysikalische Messungen unter der Oberfläche durchzuführen.

Hoher Einsatz zur Beantwortung der einen großen Frage

Dass der Mars neben der Erde jener Ort im Sonnensystem ist, an dem viele Wissenschaftler die Existenz von Leben – sei es in der Frühzeit des Planeten, oder aber auch noch heute – am ehesten für wahrscheinlich hal-

ten, ist längst eine Binsenweisheit. Wie aber ist der Wissensstand heute, nach 15 überaus außergewöhnlichen Jahren Marsforschung mit weitaus mehr und vor allem über lange Zeit erfolgreichen Missionen? Nach wie vor ist der Konjunktiv das unverzichtbare Stilmittel im Jargon der Marsforscher: Hätte, könnte, vielleicht, möglicherweise... Aber immer öfter, immer selbstbewusster und immer überzeugter lassen sie verlauten, dass es früher Wasser in ausreichender Menge auf dem Mars gegeben haben muss, und dass es ergo zumindest zeitweise lebensfreundliche Bedingungen gegeben hatte und schließlich: Dass Leben in der Frühzeit des Mars möglich gewesen sein dürfte und unter bestimmten Bedingungen vielleicht auch heute dort existieren könnte.

Zu diesem Befund tragen nach wie vor die Messungen und Beobachtungen der „Oldies“ auf und um den Mars bei. Die Orbiter entdecken immer mehr Gebiete, in denen Wasser über den Mars geflossen ist oder in Vertiefungen wie Kratern oder tektonischen Senken stehende Gewässer gebildet hat. Und am Boden liefern Opportunity und Curiosity die dazugehörigen handfesten Beweise. Darüber hinaus identifizieren die Spektrometer an Bord der drei Marskundschafter Minerale, die sich in wässriger Umgebung gebildet haben müssen und, das macht die Geschichte zusätzlich spannend, deutliche Hinweise beinhalten, dass es vor etwas mehr als dreieinhalb Milliarden Jahren zu einem dramatischen Klimawandel auf dem gekommen war: Handelt es sich bei den unter dem Einfluss von Wasser gebildeten Mineralen, die älter als diese Zeitenwende sind, vorwiegend um Tone, die bei der Verwitterung von vulkanischem Gestein in neutralem, also weder saurem noch alkalischem Wasser entstanden sind, sind Minerale, die sich danach in der Gegenwart von Wasser gebildet haben, „salziger“, sind ganz eindeutig in saurem Milieu entstanden.

So entdeckte der Mars Reconnaissance Orbiter 2010 bei einem Überflug von Meridiani Planum im aufgeworfenen Kraterrand von En-

deavour das eisenreiche Tonmineral Smektit. Daraufhin wurde Opportunity im Laufe mehrerer Monate genau dorthin manövriert, um das Mineral zu finden, um es dann genauer untersuchen zu können. Am ‚Matijevic Hill‘ wurde der Rover fündig und konnte dann zum ersten Mal an einem konkreten Fundort Informationen über die geologischen Prozesse und das mineralische „Umfeld“ sammeln, die zur Bildung dieser Smekтите führten: Die Forscher fanden heraus, dass die Minerale älter sind als der Krater, und konnten rekonstruieren, dass in dieser Region vor über 3,8 Milliarden Jahren pH-neutrales Wasser vorhanden gewesen sein musste – auch, dass es wärmer war und generell ein feuchteres Klima geherrscht haben muss. Allerdings werden unter den Wissenschaftlern auch immer mehr Stimmen laut, dass es in jener frühen Zeit auf dem Mars vielleicht aber doch nicht „warm and wet“, also warm und feucht war, sondern eher kalt und feucht, ein Klima, das dem unserer Polargebiete ähnlich ist. Anders verhält es sich mit den „Blaubeeren“, die Opportunity in der Umgebung von Endeavour gefunden hat: Dabei handelt es sich um Kügelchen aus dem Eisenoxid Hämatit, die sich auf der Erde in eher saurer Umgebung bilden; der Rover hatte ähnliche Mineralkügelchen schon in den beiden ersten Jahren seiner Marstour entdeckt. Ihr Vorhandensein am Rand des Kraters zeigt nun, dass Wasser hier zu unterschiedlichen Zeiten präsent war, möglicherweise liegen hundert oder mehrere hundert Millionen Jahre dazwischen: Ein weiteres Indiz für den drastischen Klimawandel auf dem Mars.

Im Krater Gale herrschten gute Bedingungen für Leben

Nach der Landung von Curiosity im August 2012 und den frühen aufregenden Nahaufnahmen der Umgebung und den ersten wissenschaftlichen Einschätzungen, die in den Medien zu Selbstläufern wurden, war es dann im vergangenen Jahr wesentlich stiller um den Rover geworden. Die Öffentlichkeit und auch nicht beteiligte Marsforscher wurden ein wenig ungeduldig und erwarteten

mit etwas Nervosität neue Ergebnisse. Doch die NASA und das Jet Propulsion Laboratory, das die Mission leitet, wie auch die Wissenschaftler wollten nicht vorschnell Erkenntnisse nach außen geben, die nicht wirklich substantiell waren, zumal die Beobachtung, dass es in der Umgebung der Landestelle, auf dem Grund des Kraters Gale, einst auch Wasser gegeben hat, schon früh zirkuliert wurde (Raumfahrt Concret berichtete).

In Erinnerung gerufen seien aber noch einmal einige wichtige Resultate: Das Curiosity-Team konnte zeigen, dass der Tümpel, in dem sich die Sedimente gebildet haben, auf denen der Rover herumfuhr, mit einem Nass in „Trinkwasserqualität“ gefüllt war, wie es der leitende Missionswissenschaftler John Grotzinger ausdrückte: Also ein ausgetrockneter Urzeit-See. Außerdem analysierte das mobile Labor eine erste Bohrprobe, die genau jene chemischen Elemente enthielt, die für die Entwicklung von Leben als essentiell erachtet werden: Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor – die wesentlichen Bestandteile der Zellen von irdischen Organismen jeglicher Art.

So war die Behauptung keineswegs verwegen, dass im Krater Gale Voraussetzungen für eine „organische“, eine Kohlenwasserstoff-Chemie und folglich auch für Leben vorhanden waren. Denn auch wenn es auf der Erde Leben gibt, das es gerne extremer hat und auch mal in saurer oder alkalischer Umgebung gedeiht, also sogenannte ‚extremophile‘ Organismen, so scheinen die Erfahrungen von der Erde doch anzuzeigen, dass es Kleinlebewesen bei uns in einem ganz „normalen“, neutralen stehenden Gewässer leichter haben als in einer salzigen, sauren Suppe.

Bestimmt, auch darin waren sich die Forscher einig, existierte dieses Gewässer nicht nur kurze Zeit, sondern vielleicht mehrere zehntausend Jahre, womöglich sogar über Millionen von Jahren, denn es ist bekannt, dass viele Prozesse wie zum Beispiel die Erosion von Geländeformen auf dem Mars langsamer vonstatten gehen als auf der Erde. Später fuhr Curiosity in eine etwa fünf Meter tiefe Senke namens

‚Yellowknife‘, in der er ein feinkörnigeres Material anbohrte. Die Untersuchung mit Lupe und Labor ergab, dass es sich um Sedimente handelte, die sich auf dem schlammigen Grund eines stehenden, nur wenig bewegten Gewässers gebildet hatten.

Die Wissenschaftler fanden auch Hinweise auf chemische Reaktionen, die im Yellowknife-Tümpel ähnlich wie auf der Erde in heißen Quellen am Meeresgrund oder in feuchten Höhlen abgelaufen sein könnten, durch die Organismen ohne Sonnenlicht Energie gewinnen und so im Dunkel existieren können. Allerdings kann Curiosity die Existenz von Leben auf dem Mars nicht nachweisen – die Minilabore im Innern des Rovers sind lediglich in der Lage organische Verbindungen zu identifizieren.

Zahlreiche Forscher sind allerdings nach wie vor skeptisch, ob es auf dem Mars überhaupt Leben gegeben haben könnte. Sie bemängeln das Fehlen jeglicher Hinweise auf eine wie auch immer geartete Biosphäre, die es gegeben haben müsste – keine Fossilien, keine Sedimente, die eine Veränderung der Atmosphäre beispielsweise durch den Stoffwechsel von Organismen anzeigen, wie dies die Kalksteine auf der Erde darstellen. Lokale Vorkommen von Tonmineralen, die sich in neutralen Gewässern gebildet haben und ein mit den erforderlichen Elementen gefüllter „chemischer Baukasten“ sind wichtige Hinweise, aber eben alles andere als Beweise. Zumal das potenzielle Marsleben auch ganz woanders zu finden sein könnte: Im Untergrund. Vielleicht ist es dem versickernden Wasser ‚gefolgt‘ und hat sich, nachdem es an der Oberfläche durch eine Veränderung des Klimas hin zu sauren Bedingungen kam, tief im Marsboden entwickelt – wenn überhaupt. Curiosity hat aber seine beste Zeit noch vor sich, die Mission soll ja bis in die 20er-Jahre hinein andauern: Dabei wird der Rover – der im vergangenen Jahr eine kleine Schwächephase gut überstanden zu haben scheint – entlang eines ehemaligen Wasserlaufs den Aeolis Mons, den 5.500 Meter hohen Zentralberg im Gale-Krater erklimmen.



Das hatte man so auf dem Mars noch nicht gesehen: Am Felsbrocken ‚Harrison‘ fotografierte die Mikrokamera von Curiosity helle, zentimeterlange Feldspat-Kristalle, die in dunklen Pyroxenen, typischen vulkanischen Silikatmineralen, eingebettet sind (oben). Das erste Loch auf dem Mars wurde am Felsen ‚John Klein‘ in einen homogenen, zur Überraschung vielen fast weißen Sandsteinfelsen gebohrt. Eine feine Sulfatader ist ein Hinweis, dass sich das Sediment in wässriger Umgebung zu Stein verfestigte. Bild: NASA/JPL-Caltech/LANL/CNES/IRAP/LPGNantes/CNRS/IAS/MSSS

Zukünftige ‚Marsianer‘ werden in Höhlen wohnen müssen

Neben potenziellen Lebensformen auf dem Mars oder zumindest dessen Voraussetzungen untersuchte Curiosity mit einem erstmals durchgeführten Experiment auch die Strahlungsumgebung auf dem Mars: Um tatsächlich existierenden Lebensformen, also Menschen, für einen zukünftigen Aufenthalt auf dem Nachbarplaneten ganz praktische Hinweise auf dessen Bewohnbarkeit zu liefern. Das Team des Strahlungsmessinstruments RAD – für Radiation Assessment Detector – legte nach einem Jahr kontinuierlicher Aufzeichnungen eine erste Auswertung vor. Da auch die Mes-

sungen während des 253-tägigen Flugs zum Mars durch das Sonnensystem berücksichtigt wurden, konnte ein einigermaßen realistisches Szenario für einen bemannten Flug zum Mars quasi simuliert werden. Die aufgezeichnete Strahlung stammt aus zwei unterschiedlichen Quellen: Zum einen die permanent vorhandene kosmische Strahlung aus den Tiefen des Weltalls, zum anderen die Strahlung, die von Sonnenstürmen ausgeht. Während des Flugs zum Mars ereigneten sich fünf solcher, zum Teil heftiger koronaler Massenauswürfe – während der ersten 300 Tage auf dem Mars allerdings kein einziger, was die Wissenschaftler

etwas ärgerte, weil dies für eine echte Abschätzung der Strahlendosis auf dem Mars natürlich wichtig wäre. Obwohl die Sonne gegenwärtig nahe dem Maximum ihres zwölfjährigen Zyklus‘ ist, macht sie zurzeit anscheinend eine ruhigere Phase durch.

Das Ergebnis: Summiert man zweimal ein halbes Jahr für Hin- und Rückflug plus einen einjährigen Aufenthalt, so wären die irdischen Marsianer einer Belastung von über 1.000 Millisievert ausgesetzt. Das ist sehr viel im Vergleich zu Menschen, die bei ihrer Arbeit radioaktiver Strahlung ausgesetzt sind, wie sie zum Beispiel in Kernkraftwerken herrscht: In den USA sollte dieser Wert 20 Millisievert pro Jahr nicht überschreiten. Selbst ein halbjähriger Aufenthalt auf der Internationalen Raumstation ISS, wie ihn in diesem Jahr der deutsche Astronaut Alexander Gerst absolvieren wird, fällt mit 130 Millisievert vergleichsweise moderat aus. Im gemessenen Wert für den Mars von 1.010 Millisievert sind aber keine Sonnenstürme auf der Marsoberfläche berücksichtigt – kommen diese noch hinzu, könnten die Astronauten schnell eine lebensbedrohliche Belastung erleiden.

Ob unter solchen Voraussetzungen ein Flug zum Mars überhaupt jemals verantwortlich ist? Der Knackpunkt ist sicherlich der lange, einjährige Aufenthalt, der wegen der Planetenkonstellation von Mars und Erde erforderlich ist, ehe man zurückfliegen kann. Den Astronauten wird nach heutigem Kenntnisstand kaum etwas anderes übrig bleiben, als sich die meiste Zeit in vorbereitete Wohncontainer unter der Oberfläche zurückzuziehen – in Höhlen von erstarrten Lavakanälen beispielsweise. Und nicht zu häufig, und bei Sonnenstürmen schon gar nicht, zu geologischen Exkursionen und für die Durchführung von Experimenten außerhalb der Marsstation „aufzutauchen“. Das sind für die Hoffnungen der Wissenschaftler, die sich ergiebige Erkenntnisse von Feldversuchen und geologischen Traversen versprechen, freilich ernüchternde Aussichten.