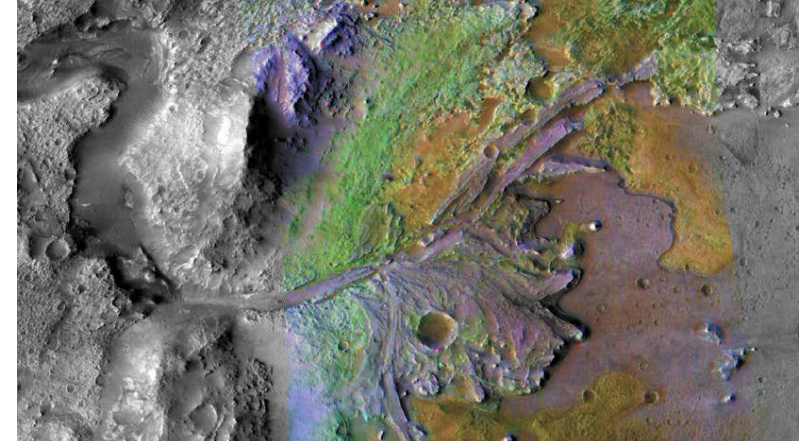


Der Trace Gas Orbiter der ESA-Mission ExoMars untersucht seit 2016 die Marsatmosphäre. 2022 soll ihm ein Rover folgen und auf dem Mars landen.

Nordwesten des Kraters Jezero – Landeplatz für die Mission Mars 2020. Die Bilddaten wurden mit dem Mars Reconnaissance-Orbiter der NASA aufgenommen. Grüne Farbtöne deuten auf Magnesiumkarbonat hin, blaue Töne auf Tonminerale mit hohem Eisen- und Magnesiumanteil und braunrote Töne auf das Eisen-Magnesium-Mineral Olivin (Fälschfarbendarstellung).



© NASA/JPL-Caltech/MSSS/JHU-APL

TRÄGER UND SAMMLER

Neue Marsmissionen und der faszinierende Plan, Proben des Roten Planeten zur Erde zu transportieren

von Falk Dambowsky

Einst war der Mars der Erde deutlich ähnlicher. Vor rund 3,5 Milliarden Jahren floss Wasser durch seine Täler und eine dichtere Atmosphäre wärmte die Oberfläche. Die Frage, ob unter diesen Bedingungen dort ehemals mikrobielles Leben existiert haben könnte, treibt Forscherinnen und Forscher schon lange um. Zwei Missionen machen sich Anfang der 2020er Jahre auf den Weg, um auf unserem Nachbarplaneten nach Spuren des Lebens zu fahnden: Die NASA-Mission Mars 2020 ist mit dem Rover Perseverance bereits auf dem Weg zum Mars, die ESA-Mission ExoMars wird im Herbst 2022 starten. Nicole Schmitz und Ernst Hauber vom DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin arbeiten an beiden Missionen. Im Interview mit dem DLRmagazin sprechen sie über die Marsforschung in diesem Jahrzehnt. Erstmals sollen dabei in einem bisher beispiellosen interplanetaren Kunststück Gesteinsproben vom Mars zur Erde gelangen.

Die Erforschung des Mars ist eines der spannendsten Themen, das die Planetenforschung bereithält. Wie sind Sie dazu gekommen, sich so intensiv mit ihm zu befassen?

Schmitz: Wie so viele Kinder wollte ich schon im Alter von drei Jahren Astronautin werden. Der Sternenhimmel, das Abenteuer der Erkundung fremder, ferner Welten und die Starts der Spaceshuttles im Fernsehen haben mich fasziniert. Ich habe mich dann für ein Studium der Luft- und Raumfahrttechnik an der RWTH Aachen entschieden und kam so 2004 erstmals als Praktikantin ans DLR in Köln, wo ich bei der Analyse von Daten der NASA-Rover Spirit und Opportunity mitarbeiten durfte. In täglichem Austausch mit dem NASA-Team bekam ich immer mehr Einblick in die faszinierende Welt unseres Nachbarplaneten mit seiner komplexen geologischen Geschichte, die uns bis heute mehr als genug Rätsel für unsere Forscherneugierde liefert.

Hauber: Bei mir war es mein Geologiestudium, verbunden mit einem starken Interesse für Fernerkundung. Dadurch kam ich Anfang der 1990er Jahre an das damals noch am DLR-Standort Oberpfaffenhofen beheimatete Institut für Optoelektronik. Schon in meinen ersten Arbeiten packte mich der Mars mit seiner vielfältigen Oberfläche, die von Wind, Wasser und Eis geformt wurde. Auch nach Jahrzehnten der Erkundungsarbeit lassen sich auf dem Mars immer noch Überraschungen entdecken – beispielsweise werden gerade mögliche subglaziale Seen in der Forschung diskutiert.

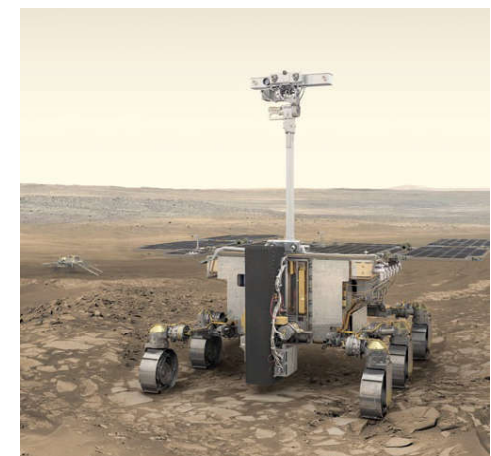
Am 18. Februar 2021 wird der NASA-Rover Perseverance im Krater Jezero landen. Was wird er dort tun?

Schmitz: Jezero liegt am inneren Rand von einem der größten und ältesten Einschlagsbecken auf dem Mars. Es ist ein faszinierender Ort, geformt durch eine Vielzahl verschiedener geologischer Prozesse. Am Rand von Jezero gab es vor mehr als 3,5 Milliarden Jahren sogar ein Flussdelta, das in den Krater mündete. Erstmals in der Geschichte der Marsforschung hat Perseverance Behälter zum Einsammeln von Proben an Bord, die mit Bohrkernen aus einigen Zentimetern Tiefe gefüllt werden. Der Rover ist ungefähr so groß wie ein Kleinwagen und hat eine Masse von etwa einer Tonne. Er hat Platz für sieben wissenschaftliche Instrumente. Mit diesen wird er die Geologie der Landestelle analysieren und nach Anzeichen früheren Lebens in Gestein und Sedimenten suchen, um die vielversprechendsten Proben für die spätere Analyse auf der Erde zu finden.

Hauber: Dann wird es richtig spannend! Jahrzehntlang diskutierte man in der Forschung die Probenüberführung vom Mars zur Erde, bis diesem Vorhaben bei NASA und ESA nun höchste Priorität eingeräumt wird. Jetzt geht es voran und Perseverance ist erst der Auftakt!

Was ist anders am ExoMars-Rover der ESA, der 2022 starten wird?

Hauber: Der entscheidende Unterschied ist die Bohrtiefe. Der ESA-Rover Rosalind Franklin der ExoMars-Mission wird erstmals auf dem Mars bis zu zwei Meter tiefe Bohrungen vornehmen und das geborgene Material direkt mit verschiedenen Instrumenten analysieren, beispielsweise per Gaschromatografie und Massenspektrometrie. So tief unter der Oberfläche ist die Chance groß, dass kosmische Strahlung dort nicht hingelange. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass wir früheres mikrobielles Leben nachweisen können.



Rover Rosalind Franklin der ESA-Mission ExoMars

© ESA

Rosalind Franklin sendet außerdem keine Proben zur Erde wie Perseverance. Welche Vorteile hat die Analyse in Laboren gegenüber robotischen Untersuchungen auf dem Mars?

Schmitz: Die Analysetechniken auf Rovern sind in Größe und Komplexität begrenzt. Da ist es hilfreich, ein umfangreicheres Arsenal an Analysemethoden auf der Erde zur Verfügung zu haben. Manche Geräte aus diesen Laboren lassen sich noch nicht für einen Raumflug verkleinern. Zudem ist es ein großer Vorteil, heute Proben einzusammeln, die auch noch in Jahrzehnten auf der Erde mit weiterentwickelten Techniken untersucht werden können.



Der Rover Perseverance der Mars-2020-Mission nimmt mit seinem Arm Proben des Marsgesteins und legt diese versiegelt auf dem Boden ab



Der Fetch-Rover, der 2026 zum Mars starten könnte, sammelt die Proben ein und transportiert diese zum Mars Ascent Vehicle (MAV)



Das MAV befördert die Probenkapseln in einen Orbit um den Mars, wo sie von einer Raumsonde eingesammelt und zur Erde gebracht werden

Und nach welchen Lebensspuren wird genau gesucht?

Schmitz: Perseverance wird an der Landestelle nach sogenannten Biosignaturen suchen. Das sind Objekte, Substanzen oder Muster, die nur das Leben hinterlassen haben kann – Muster im Gestein oder Isotope von chemischen Elementen. Anders als frühere Marsrover verfügt Perseverance über die entsprechenden Werkzeuge, um diese „Fingerabdrücke des Lebens“ zu suchen, die Signaturen zu kartieren und ihre Entstehung wie auch ihren Ursprung zu verstehen. Um die Funde zu bestätigen, müssten wir mehrere unabhängige solcher Hinweise finden und, um ganz sicher gehen zu können, bringen wir Proben von möglichen Biosignaturen zur Erde, um sie in hochspezialisierten Laboren zu untersuchen.

Hauber: Selbst auf der Erde ist es alles andere als einfach, Biosignaturen in Milliarden Jahre alten Gesteinen zweifelsfrei zu identifizieren. Sie können morphologischer, physikalischer oder chemischer Art sein. Wie bei Perseverance werden auch bei ExoMars entsprechende Analysen durchgeführt, um sie zu erkennen. Weil bei ExoMars aber keine Proben zur Erde zurückgeschickt werden, kommt es hier besonders darauf an, eine überzeugende Kombination mehrerer Hinweise zu finden.

Auf welchem Weg erreichen die Mars-Proben eigentlich die Erde?

Schmitz: Zunächst wird Perseverance die Probenkapseln mit Gestein und Sedimenten an den Orten hinterlegen, wo er diese genommen hat. Deshalb ist eine zweite Missionskomponente geplant, die die Proben später einsammelt. Das wird der Sample-Fetch-Rover übernehmen, den voraussichtlich die ESA beisteuert. Der nächste Schritt ist eine Start-Vorrichtung, das Mars Ascent Vehicle (MAV), als weiterer Beitrag der NASA. Das MAV nimmt die eingesammelten Proben in einem kleinen Raumfahrzeug auf und befördert sie in einen Orbit um den Mars. Fetch-Rover und MAV könnten gemeinsam 2026 von der Erde starten.

Hauber: Dann muss der schwierigste Teil in einem Missionsszenario gelingen, das es in dieser Komplexität noch nicht gegeben hat: Eine weitere Raumsonde, die voraussichtlich von der ESA gestellt wird, könnte gegen Ende des Jahrzehnts den Marsorbit erreichen, um den Behälter mit den Proben in der Umlaufbahn einzusammeln und Anfang der 2030er Jahre zur Erde zu bringen. Da eine direkte Steuerung von der Erde aufgrund der großen Entfernung nicht funktioniert, ist für das gesamte Vorhaben ein hoher Automatisierungsgrad nötig. Bei all diesen Schritten haben der Schutz und die Unversehrtheit der Proben höchste Priorität.

Und wie bereitet sich die Forschung auf die Ankunft der Marsproben vor?

Hauber: Wenn die Landekapsel mit den Proben auf einem Militärgelände in Utah (USA) gelandet ist und von einem speziell ausgerüsteten Team geborgen wurde, wird sie für erste grundlegende Untersuchungen in ein spezielles Hochsicherheitslabor gebracht. Dessen Vorbereitung ist sehr aufwendig, da zahlreiche Sicherheitsstandards eine Rolle spielen und alle notwendigen Instrumente schon im Vorhinein mitgedacht werden müssen.

Schmitz: Besonders relevant ist die Frage, wie das Erstuntersuchungslabor und die Folge labore mit der höchsten biologischen Sicherheitsstufe gestaltet werden können. Bisher sind unsere Sicherheitslabore darauf ausgelegt, dass nichts nach außen dringt. Bei Proben von anderen Planeten ist es andersherum, da muss die Untersuchungsumgebung so gebaut sein, dass diese nicht von außen kontaminiert werden und so ihre Ursprünglichkeit behalten.

Dieses Vorhaben ist logistisch, technisch und wissenschaftlich sehr komplex. An welchen Stellen sind Sie dabei involviert?

Hauber: Es gibt internationale Gruppen von Forscherinnen und Forschern, die diese Ideen entwickeln und vorschlagen. Seit Sommer 2020 arbeite ich in der von NASA und ESA initiierten Mars-Sample-



Magazin mit Probenkapseln für den Rover Perseverance

Return-Science-Planning-Group-2. Dort finden sich rund 20 Expertinnen und Experten aus den USA und Europa aus verschiedenen Fachbereichen regelmäßig zusammen. Gemeinsam arbeiten wir daran, einen Plan für die Untersuchung von zukünftigen Marsproben aufzustellen. Dabei diskutieren wir zum Beispiel, wie groß und mit welchen Instrumenten ein erstes Untersuchungslabor für die Proben ausgestaltet sein muss. Ein weiterer Punkt ist die Verteilung: Wie und wo werden die Marsproben aufbewahrt? Wie werden sie an Forscherinnen und Forscher weltweit verteilt und nach welchen Kriterien? Dann ist da außerdem die Frage, ob und wie Proben für nicht-biologische Untersuchungen sterilisiert werden.

Schmitz: Wir sind zudem an der ersten Mars-Sample-Return-Mission beteiligt: Ich bin Co-Investigatorin des Kamerainstruments Mastcam-Z auf dem Perseverance-Rover. Im internationalen Missionsteam planen wir bereits jetzt anhand von wissenschaftlichen Kriterien, welche Typen von Gesteins- und Bodenproben wir mit Perseverance einsammeln möchten. Während der Mission werden wir dann täglich mitentscheiden, an welchen Stellen der Rover Proben nehmen soll. In den vergangenen Jahren war ich bereits in internationalen Gremien tätig, die mit der wissenschaftlichen, technischen und programmatischen Vorbereitung des Mars-Sample-Return-Programms beauftragt waren.

Welche neuen Erkenntnisse vom Mars erhoffen Sie sich mit ExoMars und Mars 2020 bis Anfang des nächsten Jahrzehnts?

Schmitz: Wir würden gerne der Beantwortung einer der spannendsten Fragen in der Marsforschung näherkommen: Gab es früher einfaches Leben auf dem Mars? Dazu brauchen wir bessere Daten, um den Einfluss der geologischen, physikalischen und chemischen Entwicklungsprozesse auf die Habitabilität – also die Lebensfreundlichkeit des Planeten – im Laufe der Zeit besser nachvollziehen zu können. Hier hoffen wir sehr auf die Untersuchung der Proben vom Mars, die Perseverance sammelt, und auf die Analysen der ExoMars-Mission.

Hauber: Und wir hoffen auf bessere Daten, um die innere Entwicklung des Mars präziser im Computer zu modellieren und seine Entstehung und geologische Geschichte im Vergleich mit den anderen irdähnlichen Planeten unseres Sonnensystems besser zu verstehen.

Das Interview führte Falk Dambowsky, Redakteur der DLR-Pressestelle.



© Petr Brož/Czech Academy of Sciences

Ernst Hauber ist Geologe und Teil des Teams, das die Landestelle für den ExoMars-Rover ausgewählt hat. Dafür wurden auch Daten der DLR-Kamera HRSC (High Resolution Stereo Camera) auf der ESA-Raumsonde Mars Express herangezogen. Für deren Aufnahmeplanung ist Hauber seit 2005 als Co-Investigator verantwortlich. Beim ExoMars-Rover arbeitet er als stellvertretender leitender Projektwissenschaftler des PanCam-Instruments an den Vorbereitungen für den Missionsbetrieb mit. Hauber ist außerdem Mitglied der ESA-Arbeitsgruppe zu Planetary Protection, die sich um den Schutz von Erde und Planeten vor wechselseitiger Kontamination durch Raumsonden kümmert und an der Koordination entsprechender internationaler Regelungen mitwirkt.



© AMASEU/John Horvath

Nicole Schmitz ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Ingenieurin in der DLR-Planetengeologie. Bereits als Studentin arbeitete sie im DLR mit an der Auswertung von Daten der NASA-Rover Spirit und Opportunity. Als stellvertretende wissenschaftliche Projektleiterin (Co-PI) des PanCam-Instruments auf dem ExoMars-Rover der ESA und Co-Investigatorin im Mastcam-Z-Team des Perseverance-Rovers der NASA ist Schmitz an den technischen und wissenschaftlichen Arbeiten der nächsten beiden Mars-Rover-Missionen beteiligt. Darüber hinaus war Schmitz Mitglied in internationalen Teams von ESA und NASA zur wissenschaftlichen, technischen und programmatischen Vorbereitung des Mars-Sample-Return-Programms.