

Mars Sample Return

Facharbeit im Seminarfach Astronomie

Greselius-Gymnasium Bramsche

Nele Früchemeyer, Jahrgang 12

Fachlehrer: Herr Riemer

Abgabetermin: 02.03.2026

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Die Marsmission 2020.....	1
2.1 Der Perceverance-Rover und wie er funktioniert:.....	1
2.2 “Witness Tubes”	2
2.3 Der Jezero-Krater.....	2
2.4 Auswahlverfahren der Proben.....	2
3. Mars Sample Return.....	4
3.1 Bestandteile der Mission.....	4
3.2 Der “Earth Return Orbiter”	6
3.3 Sicherheit geht vor – Die Landung der Proben auf der Erde.....	6
3.4 Landung auf dem Mars.....	7
4. Probleme.....	9
5. Chinas Mars Sample Return.....	10
6. Fazit.....	11

1. Einleitung

Schon seit Jahrtausenden ist der Sternenhimmel eine der größten Faszinationen der Menschheit. Wir schauen in die unbegreifliche Weite des Universums und stellen uns immer wieder diese Fragen: Sind wir wirklich allein, oder gibt es dort draußen noch anderes Leben? Kann es auf anderen Planeten existieren? Womöglich sogar auf einem, der uns bekannt ist?

Hinweise auf mögliche Antworten zu diesen Fragen und weitere Erkenntnisse suchen Wissenschaftler vor allem in Gesteinsproben, zum Beispiel von Meteoriten oder von anderen Planeten selbst. Zurzeit werden vom Perseverance-Rover auf dem Mars Proben gesammelt und direkt vor Ort erforscht. Jedoch ist die Forschung mit einem einzigen Rover sehr begrenzt und liefert bei Weitem nicht so viele Antworten, wie man sie bei der Forschung in einem Labor auf der Erde erhalten könnte. Nun stellen sich Wissenschaftler und Experten der Raumfahrt die Frage, wie man dies in Zukunft ermöglichen kann.

Die Antwort darauf ist der "Mars Sample Return" (MSR), ein gemeinsames Missionskonzept der NASA (National Aeronautics and Space Administration) und der ESA (European Space Agency) zur Rückführung gesammelter Marsproben zur Erde.

2. Die Marsmission 2020

Bevor man sich mit der Fragestellung beschäftigen kann, wie der Mars Sample Return eigentlich funktionieren soll, muss vorerst klar werden, wie das Sammeln und Erforschen der Proben vonstattengeht. Dabei steht der Perseverance-Rover im Mittelpunkt.

Am 18. Februar 2021 endete die Reise des Mars-Rovers Perseverance, als er nach fast sieben Monaten Reisezeit erfolgreich auf dem roten Planeten landete. Seine Aufgabe bestand und besteht noch immer darin, im Jezero-Krater Gesteinsproben zu sammeln, zu erforschen und danach zu versiegeln. Zum Erfüllen dieser Aufgabe besitzt Perseverance entsprechende Werkzeuge.

2.1 Der Perseverance-Rover und wie er funktioniert:

Für seine Arbeit auf dem Mars verfügt Perseverance über den komplexesten Mechanismus, der je ins All geschickt wurde: das "Sample Cashing System".¹ Dieses System umfasst die vielen Bestandteile des Rovers, die etwas zum

¹ Vgl. Jet Propulsion Laboratory: "The Extraordinary Sample-Gathering System of NASA's Perseverance Mars Rover"

Sammeln, Untersuchen und Versiegeln der Proben beitragen. Der 2,1m lange Arm an der Frontseite des Rovers ist wohl dessen markantestes Instrument. Mit seinen fünf Gelenken ist er sogar noch beweglicher als ein menschlicher Arm. An seinem Ende, also seiner "Hand", sind Kameras und Systeme zur Analyse von Mineralien und deren chemischen Beschaffenheiten verbaut. Mit ihrer Hilfe wird entschieden, welche Orte zum Bohren geeignet sind und welches Gestein die vielversprechendsten Proben abgeben würde.

Außerdem befindet sich an der Hand des Rovers noch ein Bohrer und ein Sensor zum Erkennen von Bodenkontakt. Der Bohrer extrahiert Gesteinsproben aus dem Boden und verfügt dafür über verschiedene Bohraufsätze, sowohl für loses als auch festes Gesteinsmaterial. Die Löcher, die er bohrt, haben einen Durchmesser von 27mm.

Das Sammeln der Proben verläuft in drei Schritten: Als erstes erfolgt die Identifikation eines geeigneten Ortes für die Probenentnahme, unter anderem mithilfe der Analyseinstrumente an der Hand des Perseverance-Rovers. Sobald der Rover in Position ist, fährt er seine Hand zum Boden herunter, wobei der Sensor zum Erkennen des Bodenkontakts zum Einsatz kommt. Ist die Hand am Boden angekommen, so beginnt der Bohrvorgang mit dem passenden Aufsatz und die Entnahme der Probe.

Als zweites wird die Hand zum "bit carousel" geführt, einem drehbaren Bauteil, das die beiden Operationsbereiche des Rovers, also sein Inneres und sein Äußeres, miteinander verbindet. Außerdem versorgt es den Bohrer je nach Bedarf mit Aufsätzen und leeren Probenröhrchen. Die Probe wird an das "bit carousel" abgegeben und dadurch in den "Bauch" des Rovers rotiert. Dort nimmt ein kleinerer Arm die Probe entgegen und führt sie durch mehrere Stationen.² Innerhalb von ein paar Stunden wird das Volumen der Probe erfasst³, wird die Probe mehrfach von der "CacheCam" fotografiert, um den Wissenschaftlern auf der Erde die Überwachung des Prozesses zu ermöglichen, und schließlich versiegelt, sodass nichts hinein oder hinaus gelangt.

Nach der Versiegelung wird die Probe in einem der 43 Slots im Bauch des Rovers verstaut. Entweder bleibt sie dauerhaft dort oder sie wird zu einem späteren Zeitpunkt dem Depot, also den auf der Marsoberfläche liegenden Proben, hinzugefügt und dafür aus dem Lager fallengelassen. Dies beschreibt den dritten Schritt; das Ablegen einer Probe an einer genau dokumentierten Position, sodass sie in Zukunft leicht auffindbar ist.⁴

² Vgl. NASA: „Rover Components“

³ Vgl. NASA Jet Propulsion Laboratory: „NASA's Perseverance Mars Rover Sample Caching system“

⁴ Vgl. NASA: „Rover Components“

2.2 “Witness Tubes”

Neben den auf dem Mars gesammelten Proben trägt Perseverance noch fünf “Witness Tubes” mit sich. Sie sind identisch mit den Probenröhrchen, sind jedoch mit Materialien gefüllt, an denen man potenzielle Kontaminierung ausmachen könnte. Dazu zählen vom Rover austretende Gase, Spuren, die bei seiner Landung entstanden sind, und Material von der Erde, das am Rover haften geblieben ist.⁵ Die “Witness Tubes” werden auf dem Mars geöffnet, sodass dieses potenziell kontaminierende Material eindringen kann. Dies geschieht in der Nähe der Orte, an denen Proben gesammelt werden sollen.⁶ Wenn die Proben und “Witness Tubes” dann zurück auf die Erde gelangen, kann durch den Vergleich überprüft werden, ob Proben kontaminiert wurden und ob die Materialien von der Erde stammen oder wirklich vom Mars mitgebracht wurden.⁷

2.3 Der Jezero-Krater

Wie zuvor bereits erwähnt, beschränkt sich das Operationsgebiet des Perseverance-Rovers auf den sogenannten Jezero-Krater auf dem Mars. Der Mars wurde als Ziel der Mission ausgewählt, da er neben dem Mond das nächste Ziel ist, das man mit Robotern erreichen kann.⁸

Der Jezero-Krater war von 60 potenziellen Landungsorten für den Rover und die Mission am vielversprechendsten. Er hat einen ungefähren Durchmesser von 45 Kilometern und liegt etwas nördlich des Marsäquators. Vor über 3,5 Milliarden Jahren ist durch Überflutung im Krater ein See entstanden, als Flüsse über seine Ränder getreten sind. Aufgrund des Wasserflusses sind Materialien und Lehm von außerhalb in den Krater gespült worden und haben sich dort angesammelt. In dem Gebiet des dabei entstandenen Flussdeltas erhoffen sich die Wissenschaftler Spuren von mikrobiellem Leben, das während einer Feuchtphase existiert haben könnte, in den Gesteinsproben aufzufinden.⁹ Des Weiteren eignete sich der Jezero-Krater besonders gut für die Landung des Rovers, da das Terrain hier sehr flach ist.¹⁰

2.4 Auswahlverfahren der Proben

Nicht jedes Stück Mars ist es wert, von Perseverance gesammelt zu werden. Wie wird vor diesem Hintergrund die Entscheidung getroffen, welche Probe gesammelt wird und welche Perseverance vernachlässigen darf?

⁵ Vgl. NASA: „Rover Components“

⁶ Vgl. NASA/JPL-Caltech: „Witness‘ Tube in Perseverance Sample Cashing System“

⁷ Vgl. NASA: „Rover Components“

⁸ Vgl. NASA Jet Propulsion Laboratory: “Mission Overview: NASA’s Perseverance Mars Rover”

⁹ Vgl. NASA: „Mars 2020: Perseverance Rover“

¹⁰ Vgl. NASA: „Mars Sample Return“

Um eine Entscheidung treffen zu können, werden erst einmal Informationen über eine mögliche Sammelstelle zusammengetragen. Dazu werden primär folgende Instrumente des Rovers verwendet: Die MastCam-Z, die SuperCam, PIXL und SHERLOC. Die ersten beiden Instrumente befinden sich am Kopf des Rovers und kundschaften eine Stelle von Weitem aus. Die MastCam-Z kann dafür als Kamera an interessante Stellen heranzoomen und sie genauer betrachten. Die SuperCam ist in der Lage, einen Laserstrahl auf ihr Ziel abzuschießen, wodurch eine Plasmawolke entsteht. Diese wird dann analysiert, um etwas über die chemische Zusammensetzung des Ziels herauszufinden.

Wenn eine Stelle von den Wissenschaftlern als interessant genug empfunden wird, kommen die anderen beiden Instrumente zum Einsatz. Da sie sich an der Hand des Rovers befinden, können sie die Stelle aus der Nähe untersuchen. PIXL¹¹ nutzt seine Röntgenstrahlen, um im Gestein nach chemischen Abdrücken früheren Lebens zu suchen. SHERLOC¹² verwendet hingegen seinen eigenen Laser, um die Konzentration organischer Stoffe im Gestein zu ermitteln. Anhand der gesammelten Ergebnisse wird am Ende entschieden, wo es sich in Bezug auf die Rückführung der Proben für die weitere Forschung lohnt, diese zu entnehmen.¹³

3. Mars Sample Return

3.1 Bestandteile der Mission

Der Mars Sample Return besteht in der Theorie aus drei einzelnen Missionen: Der "Mars 2020 mission", der "Sample Retrieval Lander mission" und der "Earth Return Orbiter mission".¹⁴

Die erstgenannte Mission umfasst den Start des Perseverance-Rovers am 30. Juli 2020 und seine erfolgreiche Landung auf dem Mars am 18. Februar 2021. Seitdem sammelt Perseverance im Jezero-Krater Gesteinsproben für die geplante Sample-Return-Mission.¹⁵

Die beiden letztgenannten Missionen beschäftigen sich wiederum mit der Frage, wie man die gesammelten Proben vom Mars zur Erde transportieren kann.¹⁶ Dafür ist nicht nur die Kooperation der NASA und ESA notwendig, sondern auch das

¹¹ PIXL steht für „Planetary Instrument for x-ray Lithochemistry“. Sinngemäß übersetzt bedeutet das so viel wie „Planetares Instrument für Röntgenlithochemie“. Die Lithochemie beschäftigt sich mit dem chemischen Aufbau von Gesteinen.

¹² SHERLOC steht für „Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence for Organics & Chemicals“ (übersetzt „Untersuchung bewohnbarer Umgebungen mittels Raman- und Lumineszenzspektroskopie auf organische und chemische Stoffe“). Bei der Raman-Spektroskopie kann anhand der Streuung von Licht von einem Material dessen Eigenschaften ermittelt werden. (Vgl. Wikipedia: „Raman-Spektroskopie“)

¹³ Vgl. Jet Propulsion Laboratory: „Searching for Life in NASA’s Perseverance Mars Samples“

¹⁴ Vgl. ESA: „Mars Sample Return overview infographic“

¹⁵ Vgl. NASA: „Mars 2020: Perseverance Rover“

¹⁶ Vgl. ESA: „Mars Sample Return overview infographic“

Zusammenspiel verschiedener Roboter beziehungsweise Maschinen neben dem Perseverance-Rover.

Der erste Schritt der "Sample-Retrieval-Lander"-Mission wäre, dass die NASA den selbst entwickelten "Sample Retrieval Lander"(SRL) zum Mars schickt, jedoch nicht allein: Im Gepäck würde er noch das "Mars Ascent Vehicle" (MAV) sowie zwei "Sample Recovery Helicopters" (SRH) mit sich tragen. Geplant ist eine Landung des SRL in der Nähe von oder direkt im Jezero-Krater, wo sich auch Perseverance befindet.

Nach der Landung soll als zweiter Schritt das Einsammeln der Proben erfolgen. Der genaue Ablauf ist davon abhängig, ob der Perseverance-Rover zum Zeitpunkt der Mission noch voll funktionstüchtig ist. Wäre dies dann noch der Fall, so würde Perseverance den Weg zum SRL selbst auf sich nehmen, wo die eingelagerten Probenröhrchen mithilfe des "Sample Transfer Arm" (STA)¹⁷ am SRL auf das im Inneren enthaltene MAV transferiert werden würden.

Sollte Perseverance jedoch nicht zu diesem Manöver fähig sein, kommen zwei alternative Wege in Frage. Eine dieser Alternativen wäre der Einsatz des oben genannten SRH. Dieser würde die auf der Marsoberfläche deponierten Proben ausfindig machen und sie zum SRL transportieren.¹⁸

Bei der zweiten Alternative kommt der "Sample Fetch Rover" (SFR) der ESA ins Spiel. Der kleine Rover soll entweder ebenfalls mit dem SRL zum Mars transportiert werden¹⁹ oder seine Reise in einem separaten Landungsmodul auf sich nehmen.²⁰ Auf dem Mars angekommen bestünde seine Aufgabe darin, (wie der SRH) die deponierten Proben einzusammeln und sie zum SRL zu bringen.²¹

Sobald die Proben sicher in einem Behälter im MAV verstaut wurden, erfolgt der dritte und letzte Schritt der SRL-Mission: Mithilfe des MAV würden die Proben in die Umlaufbahn des Mars befördert werden.²² Da die ERO-Mission bereits zuvor gestartet wäre, würde sich gleichzeitig mit dem Probenbehälter auch der "Earth Return Orbiter" der ESA in der Umlaufbahn befinden. Dieser würde den Behälter mit den Proben einfangen, ihn aus Sicherheitsgründen versiegeln und in einer Erdeintrittskapsel verstauen. Schließlich fliegt der Orbiter dann mit den Proben zurück zur Erde.²³

¹⁷ Bauteil konstruiert von der ESA; ähnelt einem menschlichen Arm im Aufbau (Schulter, Ellenbogen, Handgelenk) und ermöglicht so eine große Bewegungsfreiheit, was gleichzeitig einen leichteren Transfer bedeutet. (Vgl. Jet Propulsion Laboratory: „Mars Sample Return Concept Illustration“)

¹⁸ Vgl. Jet Propulsion Laboratory: „Mars Sample Return Concept Illustration“

¹⁹ Vgl. ESA: „Mars Sample Return overview infographic“

²⁰ Vgl. NASA/ESA/JPL-Caltech: „Mars Sample Return Concept Illustration“

²¹ Vgl. ESA: „Mars Sample Return overview infographic“

²² Vgl. Jet Propulsion Laboratory: „Mars Sample Return Concept Illustration“

²³ Vgl. ESA: „Mars Sample Return overview infographic“

3.2 Der “Earth Return Orbiter”

Wie die MSR-Mission selbst wäre auch die ERO-Mission ein Meilenstein in der Geschichte der Raumfahrt. Der Orbiter wäre das größte Gerät in der Marsumlaufbahn und gleichzeitig auch das erste, das in der Umlaufbahn eines anderen Planeten ein Objekt einfängt. Dazu kommt noch, dass der Orbiter den ersten Rundflug von der Erde zum Mars und wieder zurück bewältigen würde. Der Orbiter soll eine Spannweite von 38m und eine Höhe von 7,5m haben sowie ein Gewicht von sieben Tonnen. Die Fläche der verbauten Solarpanels würde 144m² betragen.

Für die Reise zum Mars würde ERO zwei Jahre benötigen, für die Mission in der Umlaufbahn des Mars, also das Einfangen des Behälters mit den Proben, ist ein Jahr eingeplant. Die Rückreise würde wie die Hinreise ebenfalls zwei Jahre dauern. Folglich würde die ERO-Mission insgesamt fünf Jahre umfassen. Drei Tage Flugzeit von der Erde entfernt, würde ERO das Rückeintrittssystem mit den Proben von sich ablösen und es auf den Kurs Richtung Erde schicken. ERO selbst würde nach erfolgreichem Abschluss seiner Mission nicht zur Erde zurückkehren, sondern seinen Kurs so ändern, dass er zukünftig um die Sonne kreist.

Voraussichtlich wird der Earth Return Orbiter von der Stadt Kourou in Französisch-Guayana (Südamerika) aus starten, jedoch nicht vor 2027. Er sollte den Mars dann im Jahr 2029 erreichen, die Umlaufbahn zum Ausführen der Mission im Jahr 2030, wobei er sich 325km über der Marsoberfläche befinden würde.

Während seiner Reise soll ERO Informationen über die Strahlung sammeln, der er auf dem Weg zum Mars ausgesetzt wäre. Diese Informationen sind essenziell für die Planung bemannter Missionen zum Mars, damit die Astronauten ausreichend vor der dieser Strahlung geschützt werden können. Außerdem trägt ERO natürlich seinen Teil zur MSR-Mission bei, sodass ein besseres Verständnis über die Entstehung und Geschichte des Mars sowie auch der anderer Gesteinsplaneten (wie der Erde) geschaffen werden kann.²⁴

3.3 Sicherheit geht vor – Die Landung der Proben auf der Erde

Sicherheit wird bei dieser Mission großgeschrieben. Nach dem ganzen Aufwand, die Proben in Richtung Erde zu schicken, will man natürlich nicht, dass sie auf der Zielgeraden durch äußere Einflüsse zerstört werden. Dazu wird bei der Landung ein mehrschichtiges System verwendet, das “Earth Entry System”.

²⁴ Vgl. ESA: „Earth Return Orbiter – the first round-trip to Mars”

Nachdem der Behälter mit den Proben vom ERO aufgefangen wurde, würde er in einem aus einem Gefäß und einem Deckel bestehenden Schutzcontainer verpackt werden. Um diesen herum folgt ein ähnlich aufgebauter, zweiter Schutzcontainer. Zum Schluss wird alles in einem kegelförmigen Hitzeschutzschild verstaut und versiegelt. Bei seinem Eintritt in die Erdatmosphäre wird das EES einer Geschwindigkeit von fast 43.000 km/h, einer 125-fachen Erdgravitation und der auf 140 km/h heruntergebremsten Landung auf der Erde standhalten müssen. Zurzeit werden auf der Erde Test durchgeführt, um den Erfolg der Landung zu erhöhen und die Sicherheit des Systems zu überprüfen.

Von äußerster Wichtigkeit ist aber vor allem die Sicherheit des Lebens auf der Erde. Um dieses vor außerirdischem Leben zu schützen, werden mehrere Sicherheitsmaßnahmen angewandt. Zum einen wird der Probenbehälter im ERO mit starker Hitze oder Strahlung sterilisiert, sodass eventuell aktives Leben absterben würde. Studien besagen jedoch, dass es extrem unwahrscheinlich ist, dass die Marsproben etwas beinhalten würden, das eine Gefahr für das irdische Leben darstellen könnte. Marsgestein ist in der Vergangenheit auf der Erde aufgeschlagen und hat bis jetzt für noch keinen Schaden gesorgt. Außerdem ist aktives Leben in den Proben sowieso nicht zu erwarten, da sie auf der Marsoberfläche extremer Trockenheit und Strahlung ausgesetzt sind, wodurch das aktive Leben längst gestorben wäre.

Nach der Landung des EES folgen mehr Sicherheitsmaßnahmen: Es wird sofort in weiteren Schutzschichten verpackt und zur Untersuchung in eine geeignete Einrichtung transportiert. Hierbei orientiert man sich an Einrichtungen, die sich auf den Umgang mit ansteckenden Krankheiten spezialisiert haben. Die Proben wären so lange dort untergebracht, bis sie komplett steril sind und als sicher für den Transport zu anderen Laboren angesehen werden.²⁵

3. 4 Landung auf dem Mars

Neben einer Landung auf der Erde ist auch eine Landung auf dem Mars nicht unkompliziert. Dass der SRL auf dem Mars landen müsste, ist einfacher gesagt als getan, denn auf dem roten Planeten herrschen andere Bedingungen als hier auf der Erde, welche eine Landung erschweren.

Das größte Problem ist die dünne Atmosphäre des Mars. Sie ist nicht dicht genug, um eine Landung mit ausschließlich einem Fallschirm zu gewährleisten und ein Eintritt in die Atmosphäre ohne entsprechende Schutzvorrichtungen führt zum Verbrennen der Maschine. Mit steigendem Gewicht der Maschine wird die Landung noch komplexer, da sie mit größerer Geschwindigkeit in Richtung Marsoberfläche rast.²⁶

²⁵ Vgl. NASA Facts: „The Safety of Mars Sample Return“

²⁶ Vgl. Troche, Kat: „Landing On Mars: A Tricky Feat!“

Um die Erfolgchancen der Landung des SRL zu erhöhen, sollen zwei potenzielle Landungspläne ausgearbeitet werden. Aus dem Wettbewerb verschiedener Organisationen sollen möglichst effiziente, innovative und weit entwickelte Entwürfe hervorgehen. Später soll dann das beste Konzept ausgewählt werden, mit dem man die SRL-Mission durchführen wird. Das Programm und Design sollen in der zweiten Hälfte dieses Jahres festgelegt werden.

Bis jetzt gibt es folgende Möglichkeiten für ein Landungsmanöver des SRL: erstens die sogenannte "Sky Crane"-Methode, und zweitens eine neuartige, nicht-spezifizierte Methode, die sich modernere Technologien zunutze machen würde.²⁷

Die "Sky Crane"-Methode wurde zuvor auch bei der Landung des Perseverance-Rovers im Februar 2021 angewendet. Hierbei wird die Maschine mit einem Hitzeschild vor extremen Temperaturen während des Landungsvorgangs geschützt und mit einem Fallschirm abgebremst. Der "Sky Crane" bremst die Maschine mittels "Retrorockets" (=Gegenraketen) weiter auf ungefähr 3 km/h runter und setzt sie vorsichtig auf der Marsoberfläche ab.

Zehn Minuten vor dem Eintritt ändert der SRL seinen Kurs in Richtung der Marsoberfläche. Nach zehn Minuten tritt er dann in die Atmosphäre des Planeten ein. 80 Sekunden später wird die Maschine der maximalen Temperatur während der Landung ausgesetzt und erreicht weitere zehn Sekunden später auch ihre maximale Fallgeschwindigkeit. Vier Minuten nach dem Eintritt, und bei einer Geschwindigkeit von circa 1500 km/h, wird der Fallschirm geöffnet. Innerhalb der nächsten 20 Sekunden wird der Hitzeschild abgeworfen und die Geschwindigkeit der Maschine durch den Fallschirm auf circa 600 km/h reduziert. Bevor der Fallschirm schließlich nach weiteren 90 Sekunden abgelöst wird, beträgt die Geschwindigkeit circa 300 km/h und die Maschine befindet sich in einer Höhe von rund zwei Kilometern über der Marsoberfläche.

Danach folgt der raketengetriebene Abstieg. Die Raketen wirken der Gravitation entgegen und bremsen die Maschine weiter ab, bis sie in einer Höhe von circa 20 Metern schweben bleibt. Ab hier wird das "Sky Crane"-Manöver durchgeführt. Die Maschine wird vom "Sky Crane" gelöst und in einer Geschwindigkeit von ungefähr 3 km/h an Seilen zum Boden abgesenkt. 410 Sekunden nach dem Eintritt in die Atmosphäre erreicht die Maschine endlich die Marsoberfläche. Nachdem der "Sky Crane" seine Arbeit verrichtet hat, werden die Seile von der Maschine gelöst und er fliegt davon. Dann legt er in sicherer Entfernung eine Bruchlandung ein, um die Maschine zum Beispiel durch Splitterstücke nicht zu beschädigen.²⁸

²⁷ Vgl. Barden, Roxana: NASA to Explore Two Landing options for Returning Samples from Mars"

²⁸ Vgl. Troche, Kat: „Landing On Mars: A Tricky Feat!"

4. Probleme

Das MSR-Projekt ist aufgrund seines Ausmaßes sehr kostspielig. Im Jahr 2024 lagen die Kosten für die MSR-Mission bei 11 Milliarden USD, im Jahr 2025 „nur noch“ bei 7 Milliarden USD. Insgesamt war auch der zweite Geldbetrag immer noch zu hoch, weil die Ausgaben für andere Projekte ihn weiter ansteigen ließen.

Am 5. Januar dieses Jahres veröffentlichte der US-Kongress einen Gesetzesentwurf, in dem es um die Neuverteilung der Ausgaben des Staates geht und der für die Kürzung des Budgets der NASA sorgen würde. Noch ist dies nicht endgültig beschlossen worden. Sollte der Entwurf jedoch offiziell in Kraft treten, könnte dadurch das vorzeitige Ende der MSR-Mission erreicht worden sein. Gleichzeitig könnte es aber auch den Startschuss für andere Projekte der NASA geben, welche unter anderem wegen der MSR-Mission ins Stocken geraten sind. So würden zum Beispiel zwei Venusmissionen von den umverteilten Investitionen profitieren.

Durch einen Kompromissvorschlag würde die NASA nämlich 7,25 Milliarden USD erhalten; das ist ein Prozent weniger im Vergleich zum vorherigen Jahr. Auf der anderen Seite kam vom Weißen Haus der Vorschlag, das Budget der NASA sogar zu halbieren. Im Kompromissvorschlag ist auch deutlich vermerkt worden, dass die MSR-Mission nicht länger unterstützt werden wird. Dafür soll das Budget jetzt in andere zukünftige Marsmissionen investiert werden. So besteht noch die Möglichkeit, an den Technologien des MSR weiterzuforschen und die Mission eventuell wiederzubeleben.

Sollte der NASA am Ende tatsächlich das Geld für den MSR fehlen, so würde wahrscheinlich auch die Kooperation mit der ESA scheitern. Die ESA wäre nämlich bereit dafür, allein zu agieren und den ERO unabhängig von der MSR-Mission zu nutzen, um die Geologie der Marsoberfläche aus seiner Umlaufbahn heraus zu untersuchen. ERO würde in diesem Fall zukünftig nicht mehr für die MSR-Mission zur Verfügung stehen. Sollte sich die NASA in der fernen Zukunft dazu entscheiden, das Projekt tatsächlich wiederzubeleben, müsste dafür ein komplett neuer ERO gebaut werden, was einen großen Kostenaufwand bedeuten würde. Um das zu vermeiden zu können, muss der MSR also eher früher als später stattfinden.

Das Ende des MSR wäre gerade deshalb besonders tragisch für die Wissenschaft, weil man in einer bestimmten Probe ein sehr großes Potenzial für Spuren mikrobiellen Lebens sieht. Genaue Erkenntnisse darüber können aber nur in den Laboren auf der Erde erlangt werden. Diese Erkenntnisse würden folglich bis auf unbestimmte Zeit ausbleiben, wenn die Probe es nicht bis auf die Erde schafft.²⁹

²⁹ Vgl. Voosen, Paul: „NASA’s Sample Return mission is dead”

5. Chinas Mars Sample Return

Während die MSR-Mission der NASA auf unsicheren Beinen steht, nimmt man die Mission in China selbst in die Hand. Eine Mission namens Tianwen-3 soll um das Jahr 2028 herum starten, um Proben auf dem Mars zu sammeln und sie im selben Zug zur Erde zu transportieren. Die Proben von insgesamt mindestens 500 Gramm sollen dann bis circa 2031 zurückgebracht werden. Für den zeitlichen Ablauf sind 2,5 bis 3 Jahre geplant. Diese setzen sich aus sieben bis acht Monaten Hin- und Rückflug sowie einem Jahr Operationszeit auf und um den Mars zusammen.

Die Mission hat drei konkrete Ziele: Erstens die Suche nach Spuren von organischen Stoffen, zweitens die Untersuchung der Entwicklung der Bewohnbarkeit des Planeten im Bezug auf Veränderungen der Atmosphäre und in der Existenz von Wasser, und drittens die Untersuchung der Geologie von der Oberfläche bis ins Innere des Mars.³⁰

Bei der Mission werden vier Aspekte berücksichtigt: Wo man die Proben aufnimmt, welche Proben gesammelt werden, wie die Proben gesammelt werden und wozu man die Proben nutzt. Für den Landeplatz wird ein Ort ausgesucht, der ein möglichst großes Potenzial hat, organische Stoffe aufzuweisen. Dafür kommen Orte in Frage, die früher Leben ermöglicht haben können; also wo es einst Wasser gegeben hat. Außerdem muss der Ort sicher für eine Landung sein. Welche Probe genommen wird, ist von ihrem wissenschaftlichen Wert abhängig. Wertvolle Proben werden mittels Testversuchen identifiziert. Dafür wird untersucht, wann Spuren entstanden sein könnten und innerhalb welcher Gesteinsart. Mit diesen Erkenntnissen kann dann eine vielversprechende Probe gewählt werden. Für die verschiedenen Zwecke werden unterschiedliche Proben entnommen.

Für die Mineralanalyse wählt man grobe und feste Gesteinsgemische, für die Suche nach organischen Spuren eher loser Material, das durch Ablagerungen entstanden ist. Wegen der Bedingungen an der Oberfläche muss man für letzteres tiefer bohren. Der Nutzen der Proben für die Wissenschaft ist das Erlangen neuer Erkenntnisse. Durch die Untersuchung kann herausgefunden werden, welche Art von organischem Material sie enthalten, worin dieses Material am besten erhalten bleibt und wie die Proben entstanden sind. Nach genau diesen Punkten wird momentan mit simulierten Marsbedingungen auf der Erde geforscht. Mit den originalen Proben vom Mars wäre diese Forschung natürlich aussagekräftiger und könnte in Zukunft für die Auswahl weiterer Proben genutzt werden.³¹

Der Missionsablauf wäre wie folgt: Von der Erde aus erfolgen zwei Abflüge. Zum einen die Kombination aus Orbiter und Erdeintrittskapsel (ORC) und zum anderen

³⁰ Vgl. ENGLISH.GOV.CN: „Chinese scientist details first planned Mars sample-return mission Tianwen-3“

³¹ Vgl. National Science Review: „The search for life signatures on Mars by the Tianwen-3 Mars sample return mission“

die Landungsmodul-Aufstiegsmodul-Kombination (LAC). ORC würde in einer Höhe von 350 Kilometern für elf Monate um den Mars kreisen. LAC würde währenddessen für zwei Monate auf der Oberfläche des Mars arbeiten und Proben sammeln. Dabei gibt es Möglichkeiten für stationäres Sammeln mittels LAC und mobiles Sammeln mittels eines Helikopters, den LAC mit sich trägt. LAC verfügt über einen beweglichen Arm mit einem Radius von 1,5 Metern und einem Bohrer.³² Mit dem Arm können Proben direkt von der Oberfläche gesammelt werden und mit dem Bohrer ist es möglich, bis zu zwei Meter tief in den Boden einzudringen.³³ Im weiteren Verlauf werden die Proben in einem Aufstiegsmodul verstaut, welches dann in die Umlaufbahn fliegt. Dort trifft das Aufstiegsmodul auf den Orbiter und gibt die Proben an diesen zum Transport auf die Erde weiter.³⁴ Bevor sie dort ankommen soll bereits der Bau eines hochsicheren Labors abgeschlossen worden sein, in dem die Proben zukünftig verwahrt und untersucht werden können. Geplant ist, die Proben für Wissenschaftler auf der ganzen Welt zur Verfügung zu stellen, sobald sie dafür sicher sind.³⁵

6. Fazit

Die Idee des Mars Sample Returns ist ein Zeugnis für die Ambitionen der modernen Raumfahrt. Die Erkenntnisse, die im Falle einer erfolgreichen Durchführung dieser Mission erlangt werden könnten, wären bahnbrechend und in der Lage, die Forschung für immer zu verändern.

Die Proben könnten uns eine Antwort auf die Frage liefern, ob wir Lebewesen auf der Erde wirklich die einzigen sind. Vielleicht war es in der Vergangenheit der Fall, dass auch auf unserem Nachbarplaneten Leben herrschte. Das können wir jedoch nur in Erfahrung bringen, wenn die Proben hier auf der Erde untersucht werden. Und dafür müssen sie auf irgendeinem Weg hierher gelangen.

Schon seit Jahrzehnten plant die NASA einen Mars Sample Return. Aktuell ist es um ihre Mission schlecht bestellt. Durch die Kürzung der Gelder fehlen der NASA die finanziellen Mittel, um dieses Projekt weiter voranzutreiben. Mit der Erstellung des MSR-Projektes kann auch die derzeitige Mission des Perseverance-Rovers ein Stück weit als gescheitert angesehen werden. Zwar ist es ihm gelungen, mehrere Proben zu sammeln und diese zu untersuchen, jedoch wird es ohne einen Sample Return bei den beschränkten Ergebnissen bleiben. Besonders jetzt, wo eine äußerst vielversprechende Probe gefunden wurde, die mit großer Wahrscheinlichkeit Spuren organischen Lebens enthält.

³² Vgl. Nature Astronomy: „In search of signs of life on Mars with China’s sample return mission Tianwen-3”

³³ Vgl. ENGLISH.GOV.CN: „Chinese scientist details first planned Mars sample-return mission Tianwen-3”

³⁴ Vgl. Nature Astronomy: „In search of signs of life on Mars with China’s sample return mission Tianwen-3”

³⁵ Vgl. ENGLISH.GOV.CN: „Chinese scientist details first planned Mars sample-return mission Tianwen-3”

Aber nicht alle Hoffnung ist verloren. Mit der Mission Tianwen-3 könnte es China sogar gelingen, noch vor der NASA eine erfolgreiche Rückführung gesammelter Proben zur Erde durchzuführen.

Momentan gibt es noch keine weiteren Informationen dazu, ob die NASA am Mars Sample Return weiterarbeiten kann und ob die Tianwen-3-Mission stattfinden wird.

Ob wir hier auf der Erde in naher Zukunft in den Genuss von Marsproben kommen werden, steht also noch in den Sternen.

Quellenverzeichnis

Internetquellen:

1. Jet Propulsion Laboratory: "The Extraordinary Sample-Gathering System of NASA's Perseverance Mars Rover" <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/jpl/the-extraordinary-sample-gathering-system-of-nasas-perseverance-mars-rover/>
2. NASA: „Rover Components“ <https://science.nasa.gov/mission/mars-2020-perseverance/rover-components/>
3. NASA Jet Propulsion Laboratory: „NASA's Perseverance Mars Rover Sample Caching system“ <https://www.youtube.com/watch?v=MFyv8mtRPCA>
4. NASA/JPL-Caltech: „Witness' Tube in Perseverance Sample Caching System“ <https://science.nasa.gov/resource/witness-tube-in-perseverance-sample-caching-system/>
5. NASA Jet Propulsion Laboratory: "Mission Overview: NASA's Perseverance Mars Rover" <https://www.youtube.com/watch?v=5qqsmjy8Rx0>
6. NASA: „Mars 2020: Perseverance Rover“ <https://science.nasa.gov/mission/mars-2020-perseverance/>
7. NASA: „Mars Sample Return“ <https://science.nasa.gov/mission/mars-sample-return/>
8. Jet Propulsion Laboratory: „Searching for Life in NASA's Perseverance Mars Samples“ <https://www.nasa.gov/solar-system/searching-for-life-in-nasas-perseverance-mars-samples/>
9. ESA: „Mars Sample Return overview infographic“ https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/05/Mars_Sample_Return_overview_infographic
10. Jet Propulsion Laboratory: „Mars Sample Return Concept Illustration“ <https://www.jpl.nasa.gov/images/pia25326-mars-sample-return-concept-illustration/>
11. NASA/ESA/JPL-Caltech: „Mars Sample Return Concept Illustration“ <https://science.nasa.gov/resource/mars-sample-return-concept-illustration/>
12. ESA: „Earth Return Orbiter – the first round-trip to Mars“ https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Earth_Return_Orbiter_the_first_round-trip_to_Mars
13. NASA Facts: „The Safety of Mars Sample Return“ https://mars.nasa.gov/internal_resources/1489/
14. Troche, Kat: „Landing On Mars: A Tricky Feat!“ <https://science.nasa.gov/solar-system/skywatching/night-sky-network/landing-on-mars-a-tricky-feat/>
15. Barden, Roxana: NASA to Explore Two Landing options for Returning Samples from Mars“ <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-to-explore-two-landing-options-for-returning-samples-from-mars/>

16. Voosen, Paul: „NASA’s Sample Return mission is dead”
<https://www.science.org/content/article/nasa-s-mars-sample-return-mission-dead>
17. ENGLISH.GOV.CN: „Chinese scientist details first planned Mars sample-return mission Tianwen-3”
https://english.www.gov.cn/news/202507/23/content_WS68803af3c6d0868f4e8f45d3.html
18. National Science Review: „The search for life signatures on Mars by the Tianwen-3 Mars sample return mission”
<https://academic.oup.com/nsr/article/11/11/nwae313/7829283>
19. Nature Astronomy: „In search of signs of life on Mars with China’s sample return mission Tianwen-3” <https://www.nature.com/articles/s41550-025-02572-0>

Alle Quellen wurden zuletzt am 01.03.2026 aufgerufen.

Versicherung der selbständigen Erarbeitung und Anfertigung der Facharbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken (auch aus dem Internet) entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Verwendete Informationen aus dem Internet sind nach Absprache mit der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer vollständig im Ausdruck zur Verfügung zu stellen.

Bramsche, den 01.03.26

Nele Fruchtemeyer

Unterschrift der Schülerin / des Schülers

Einverständniserklärung zur Veröffentlichung

Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Bramsche, den 01.03.26

Nele Fruchtemeyer

Unterschrift der Schülerin / des Schülers