



Weiter Weg zum Mars

Der technologische Fortschritt scheint den Traum von einer bemannten Mars-Mission in greifbare Nähe zu rücken. Doch damit Menschen den roten Planeten erreichen können, müssen sie der lebensfeindlichen Umgebung des Alls standhalten. Am Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Köln erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Strategien zur Erhaltung der menschlichen Gesundheit im Weltraum.

von Marc Strohm

Eine rote Felswüste erstreckt sich bis zum Horizont, durchzogen von tiefen Schluchten und Kratern. Inmitten dieses staubigen Ödlands steht eine silberne Raumkapsel, Astronauten in orange-weißen Anzügen sammeln Gesteinsproben, während ein sechsrädriger Rover die Gegend erkundet. Per Funk halten sie Kontakt zur Erde und besprechen ihre Funde. So stellten sich die Macher des Films „Der Marsianer“ 2015 eine Mission auf dem Mars vor. Zehn Jahre später ist die Idee vom bemannten Flug zum Mars nicht mehr nur Science-Fiction. Weltweit arbeiten staatliche Raumfahrtprogramme und private Raumfahrtunternehmen daran, die Mission umzusetzen – unter anderem auch in Köln, wo das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Europäische Astronautenzentrum (EAC) zentrale Forschungsarbeit leisten.

Wettlauf zum roten Planeten

Durch den technischen Fortschritt in der Raumfahrt ist der Mars kein undenkbares Ziel mehr: Elon Musks privates Raumfahrtunternehmen SpaceX kündigte im vergangenen Jahr an, ab 2026 erste unbemannte Flüge mit dem Starship dorthin durchführen zu wollen. Gelingt dieses Vorhaben, könnten ab 2029 oder 2030 die ersten bemannten Missionen zum Mars aufbrechen, heißt es bei SpaceX. Langfristig verfolgt Musk das Ziel, eine dauerhaft bewohnte Marskolonie zu errichten. Auch das chinesische Raumfahrtprogramm plant, in den 2030er-Jahren Menschen auf den Mars zu schicken. Deutlich vorsichtiger äußern sich NASA und ESA: Sie halten eine bemannte Mars-Mission erst um das Jahr 2040 für realistisch. Unabhängig davon, ob Astronautinnen und Astronauten sich auf der ISS oder auf einer Marsmission befinden, bleibt regelmäßiges Training im All eine zwingende Voraussetzung, um Muskel- und Knochenabbau zu verhindern.

Foto groß: istockphoto/buradaki
Foto klein: NASA/ESA



„Trotz großer technischer Fortschritte in den vergangenen Jahren stehen wir bei der konkreten Umsetzung noch vor vielen Herausforderungen“, erklärt Professor Dr. Jens Jordan im Gespräch mit dem *Rheinischen Ärzteblatt*. Der Internist ist Leiter des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin am DLR und forscht aus medizinischer Sicht unter anderem zur Durchführbarkeit einer bemannten Mars-Mission für den Menschen. Zu den größten Herausforderungen zähle die hohe Strahlenbelastung im Weltall, so Jordan. Schon auf der relativ nah gelegenen Internationalen Raumstation ISS sei die Dosis an kosmischer Strahlung deutlich höher als auf der Erde. Auf dem knapp sechs- bis neunmonatigen Weg zum Mars steige sie auf das 600-fache, im Falle eines Sonnensturms noch höher. „Kosmische Strahlung besteht unter anderem aus Schwerionen und Röntgenstrahlen, die sich mit der heutigen Technik nicht vollständig abschirmen lassen“, erläutert der Wissenschaftler. Im schlimmsten Fall könne die Strahlenbelastung bei den Astronauten zu einer akuten Strahlenkrankheit führen, auch das Risiko für Krebserkrankungen und Unfruchtbarkeit erhöhe sich. Als typische „Astronautenerkrankung“ zähle auch der Graue Star, der durch Strahlenexposition begünstigt werde.

Körperlich zu schaffen macht den Astronauten auch die Schwerelosigkeit. Durch die Entlastung des Körpers würden die Astronauten ohne Trainingsmaßnahmen innerhalb weniger Monate so viel Muskelmasse verlieren wie in Jahrzehnten der Alterung auf der Erde, sagt Jordan. Zusätzlich verändere die Schwerelosigkeit die Flüssigkeitsverteilung im Körper. Das Wasser verlagere sich Richtung Kopf und könne dort unter Umständen Schäden am Zentralen Nervensystem oder an den Augen verursachen. Auch Halsvenenthrombosen könnten entstehen. Hinzu kommen Jordan zufolge psychische Belastungen durch die Isolation in der Raumkapsel. Im schlimmsten Falle könne ein Astronaut auf dem Weg zum Mars eine Depression entwickeln.

Gefährliche Reise

Nicht zuletzt stellt die Ausrüstung des Raumschiffs die Wissenschaftler vor Schwierigkeiten. Auf eng begrenztem Raum müssten ausreichend Nahrungsmittel und Medikamente gelagert werden können, und es müsse Platz für Sportgeräte geben, an denen die Astronauten regelmäßig trainieren könnten. Ebenfalls berücksichtigt werden müsse das mikrobielle Umfeld an Bord eines Mars-Transporters. Auf einer Langzeitmission zum Mars könne das geringere Vorkommen von natürlichen Mikroben – ähnlich wie auf der ISS – das Immunsystem der Astronauten schwächen und Hautausschläge sowie andere entzündliche Krankheiten begünstigen.

Risiken birgt jedoch nicht nur der Flug zum Mars. Nach der Landung auf der Oberfläche des roten Planeten wären die Astronauten mit giftigem Staub konfrontiert. Zu diesem Schluss gelangte jedenfalls eine Studie der University of California in Los Angeles, die Anfang 2025 in der Fachzeitschrift *GeoHealth* erschienen ist. Demnach enthält der feine Staub auf dem Mars gesundheitsschäd-

liche Stoffe wie nanophasige Eisenoxide und giftige Schwermetalle wie Chrom und Arsen. Der Staub bleibe an den Raumanzügen haften und könne so in die Raumkapsel gelangen. Aufgrund ihrer winzigen Größe könnten die Partikel tief in die Atemwege der Astronauten eindringen und dort beispielsweise eine Staublunge verursachen. Perchlorate wiederum könnten die Schilddrüsenfunktion beeinträchtigen. Die Studienautoren empfahlen daher spezielle, selbstreinigende Schutzanzüge und Filtersysteme. Gleichzeitig verwiesen sie darauf, dass es noch große Forschungslücken gebe, wie sich der Mars-Staub auf den menschlichen Körper auswirke.



„Ein großes Problem auf dem Weg zum Mars ist die kosmische Strahlung, die sich mit den derzeit verfügbaren Mitteln nicht vollständig abschirmen lässt. Im schlimmsten Fall könnten die Astronautinnen und Astronauten an akuter Strahlenkrankheit leiden.“

Professor Dr. Jens Jordan

Leiter des Instituts für Luft und Raumfahrtmedizin am DLR
Foto: DLR

Die größten Risiken bei sämtlichen Raumfahrt-Missionen bergen medizinische Notfälle, betont Professorin Dr. Bimba Hoyer, Internistin und Spezialistin für Immunologie und Rheumatologie am DLR. Als ISS Flight Surgeon der ESA betreut sie Astronautinnen und Astronauten ärztlich und kennt die Herausforderungen, mit denen diese während und nach Langzeitmissionen auf der Internationalen Raumstation konfrontiert sind. „Wenn Astronauten auf der ISS erkranken, haben sie jederzeit die Möglichkeit, einen Arzt auf der Erde zu konsultieren“, sagt Hoyer. Auch Ultraschall-Untersuchungen könnten auf der ISS unter ärztlicher Fernanleitung „in Echtzeit“ durchgeführt werden. Keine Erfahrungen habe man bislang mit chirurgischen Eingriffen. Bisher sei unbekannt, wie sich Blut während eines solchen Eingriffes in der Schwerelosigkeit verteilen würde. Außerdem benötige man an Bord einen Astronauten, der über das für einen solchen Eingriff notwendige medizinische Wissen verfüge. Von der ISS aus könne im Notfall ein schwer erkrankter Astronaut innerhalb weniger Stunden auf die Erde verlegt werden. „Eine solche Option gibt es bei einem Flug zum Mars nicht“, erklärt Hoyer. Auch telemedizinische Behandlungen seien aufgrund der stark verzögerten Signalübertragung kaum möglich. Potenzielle Mars-Astronauten müssten daher einem noch gewissenhafteren Gesundheits-Screening unterzogen werden als „normale“ Raumfahrer. Denn grundsätzlich müssten natürlich alle, die als Astronauten ins Weltall geschickt würden, topfit sein, betont Hoyer. Die medizinische Vorbereitung für eine Langzeitmission

zur ISS beginnt der Ärztin zufolge bereits knapp zwei Jahre vorher: Im Rahmen einer Spiroergometrie wird untersucht, wie sich der Kreislauf und die Atemleistung des Astronauten unter körperlicher Belastung verhalten, um sicherzustellen, dass Herz, Lunge und Muskulatur optimal auf die extremen Bedingungen im All vorbereitet sind. Es wird die Knochendichte errechnet und in Zusammenarbeit mit Ernährungsspezialisten der individuelle Vitaminbedarf ermittelt. Insbesondere Vitamin B werde supplementiert, um mögliche Schäden an den Augen zu verhindern, die durch kosmische Strahlung hervorgerufen werden können, erklärt Hoyer. Anschließend durchlaufen die Astronauten ein Fitnessprogramm. Kardio- und Kraftübungen sollen dem Muskel- und Knochenabbau im All entgegenwirken. Auch auf der ISS selbst ist ein regelmäßiges Kraft- und Fitnesstraining unverzichtbar. Die Astronauten trainieren dort zum Beispiel bis zu zwei Stunden pro Tag auf dem Laufband oder einem Fahrradergometer. „Auch während eines Flugs zum Mars müssten die Astronauten trainieren“, betont Hoyer. Das Problem: Eine Raumkapsel zum Mars sei wesentlich kleiner als die ISS. Damit sei auch die Wahl der Sportgeräte deutlich eingeschränkt. Eine weitere Herausforderung stelle die Kalorienbilanz der Astronauten dar: Trainierten sie viel, müssten sie viel Nahrung zu sich nehmen, die ebenfalls auf begrenztem Raum untergebracht werden müsse. Auf der ISS stehe derzeit überwiegend gefriergetrocknete Kost auf dem Speiseplan, die mit Wasser aufgegossen wird. Frisches Obst oder Gemüse seien eine Seltenheit, auch wenn es theoretisch möglich sei, im All Gemüse zu ziehen. Das an Bord der ISS benötigte Wasser werde in einem komplexen Recycling-Prozess gewonnen, zum Teil aus dem Urin der Astronauten.



„Auf der ISS lassen sich medizinische Notfälle per Telemedizin betreuen oder im Ernstfall durch einen Rücktransport lösen. Auf dem Weg zum Mars ist das ausgeschlossen. Umso wichtiger ist daher eine sorgfältige medizinische Vorbereitung.“

Professorin Dr. Bimba Hoyer
ESA Flight Surgeon
Foto: ESA

Auch nach der Rückkehr zur Erde würden die Astronauten engmaschig überwacht, betont Hoyer. Grundsätzlich kämen sie weniger fit zurück, als sie gestartet seien. Zuerst müssten sie sich wieder an die Schwerkraft gewöhnen. Das Wasser versacke wieder in den Beinen. Sie hätten Kreislaufprobleme beim längeren Stehen, die ein bis zwei Tage anhalten würden. Aufgrund mangelnder Koordinationsfähigkeit dürften sie auch nicht selbst Auto fahren. Bei manchen Astronauten würden

aktivierte Herpesviren nachgewiesen, weil sich das Immunsystem während der Zeit im All, unter anderem durch Stress und wahrscheinlich auch durch Strahlung, geringfügig verschlechtert habe. Auch der Tag-Nacht-Rhythmus müsse sich erst wieder auf die innere 24-Stunden-Uhr einstellen. Denn auf der ISS erlebten die Astronauten alle 90 Minuten einen Sonnenaufgang. In der Regel dauere es nach einer sechsmonatigen Mission auf der ISS mithilfe eines intensiven Reha-Programms ungefähr drei Wochen, bis die Astronauten wieder fit seien, lediglich die Knochendichte benötige knapp ein Jahr zur vollständigen Regeneration. Nach einem Flug zum Mars dürfte die Rehabilitationsphase vermutlich deutlich länger ausfallen, schätzt Hoyer.

Mehr Forschung nötig

Wie realistisch die Weltraumpläne von SpaceX und anderen Organisationen sind, hänge letztendlich von der Risikobereitschaft der einzelnen Akteure ab, erklärt Raumfahrtmediziner Jordan. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts habe vermutlich niemand ernsthaft daran geglaubt, dass eines Tages ein Mensch zum Mond fliegen würde. Dass die Mondlandung im Jahr 1969 erfolgreich war, sei auch eine Folge von glücklichen Umständen gewesen. Denn dieser Mission waren zahlreiche, oftmals tödliche Unfälle vorausgegangen, wie etwa bei Apollo 1, bei der die Raumfahrer durch technische Mängel in ihrer Kapsel verbrannten. Vor dem Hintergrund der technischen Möglichkeiten und zahlreicher ungeklärter medizinischer Herausforderungen halten es aber weder Jordan noch seine Kollegin Hoyer für realistisch, in naher Zukunft eine ethisch vertretbare Mission auf den Mars durchzuführen. „Als Wissenschaftler tragen wir die Verantwortung für das Leben unserer Astronauten und nach dem jetzigen Kenntnisstand wäre eine bemannte Mars-Mission mit zu großen Risiken verbunden“, betonen beide einmütig.

Es brauche weitere Forschungsanstrengungen, um eine solche Mission für die Astronauten sicherer zu machen. Dabei könnten die Erkenntnisse, die daraus gewonnen würden, auch dem zivilen Sektor zugute kommen, betont Jordan. So könnten beispielsweise die Ergebnisse, die sich aus der Forschung zum Schutz vor kosmischer Strahlung ergäben, in der Onkologie genutzt werden. Strategien zur Reduzierung des Muskel- und Knochenabbaus könnten in die Prävention und Altersmedizin einfließen. Auch könne die telemedizinische Behandlung von Astronauten als Vorbild für die ärztliche Versorgung in unterversorgten Regionen dienen. Nicht zuletzt könne das Auskommen mit begrenzten Ressourcen im All helfen, Nachhaltigkeitskonzepte und Recyclingverfahren auf der Erde zu optimieren.

Aufschluss darüber, wie Menschen langfristige Missionen in abgeschotteter lebensfeindlicher Umgebung verkraften können, gibt nicht nur der Aufenthalt auf der ISS. In der Antarktis haben Studienteilnehmer bereits 100 Tage isoliert und mit begrenztem Zugang zu Nahrungsmitteln und medizinischer Versorgung ausgeharrt. **RA**