Und hier sollen wir leben?

Auf zum Mars! Nicht nur Wissenschaftler, auch Filmemacher und Abenteurer haben den staubigen Nachbarn als ein lohnendes Ziel entdeckt. Nach und nach finden Forscher Lösungen für die entscheidenden Probleme einer solchen Weltraumreise: Techniken, mit denen Menschen den Gefahren trotzen können – um lebendig auf dem Mars anzukommen

Irdische Spuren in noch unberührter Marsnatur hinterließ der NASA-Rover »Curiosity« bei der Querung eines Dünenkamms

Eine Crew der Mars Desert Research Station sammelt Bodenproben – in der Wüste von Utah. Bei Simulationen wie dieser dürfen die Teilnehmer ihr Wohnmodul nur in Raumanzügen verlassen. Ziel: die komplizierten psychologischen Prozesse zu verstehen, die in Gruppen von Menschen unter extremen Bedingungen zu Problemen führen können

Text: JÜRGEN BISCHOFF

B

BECHARA SAAB, 36, geboren in Kanada, Doktor der Neurowissenschaften an der Universität Zürich, will auf dem Mars sterben. Als Pionier. Als einer der Ersten, die aus der Menschheit eine multiplanetare Spezies machen. Das ist sein Traum, seit Jahren schon.

Er hat sich deshalb, wie 4227 andere auch, bei „Mars One“ beworben: jener Privatstiftung in den Niederlanden, die behauptet, sie könne in zwölf Jahren mit der Besiedelung des Mars beginnen – allerdings ohne Rückkehroption für die Siedler.

Lucie Poulet, 29, Raumfahrtingenieurin, Doktorandin im französischen Clermont-Ferrand, hält das für „eine ziemlich dumme Idee“. Auch sie will auf den Mars, wenn es geht, aber warum sollte sie dort bleiben? Der Mars, sagt sie, sei ein Ziel für die Wissenschaft, um nach Lebensspuren zu suchen, um die Historie unseres Planetensystems zu ergründen. Menschen könnten, anders als Roboter, ihre Erkenntnisse an Ort und Stelle auswerten. Und dann sollen sie gefälligst zurückkommen und davon berichten.

Man könnte sagen, dass Bechara Saab vor allem wissen möchte, wie der Mensch funktioniert. Lucie Poulet will wissen, wie das Universum funktioniert.

Und beiden erscheint der Mars als das geeignete Labor.

Der Mars ist en vogue, Marsomanie gesellschaftsfähig. Die Bilder, welche die Mars-Rover der NASA zur Erde senden, lassen uns den mindestens 56 Millionen Kilometer entfernten Nachbarn fast schon so vertraut erscheinen wie, sagen wir, die Atacamawüste. Und in den Kinos kämpft sich gerade Matt Damon als „Der Marsianer“ vor einem Millionenpublikum durch den Marsstaub.

Eine Studie der NASA kam jüngst zu dem Ergebnis, dass eine erste bemannte Marsumrundung schon 2033 möglich wäre und sechs Jahre später eine Landung. Und zwar ohne dass die Raumfahrtbehörde dafür ihr Budget überstrapazieren müsste.

Wann bei Bechara Saab, genannt Besh, der Traum vom Mars seinen Anfang nahm, weiß er noch genau. Es war im Jahr 2002, er zeltete auf einer Insel im Ontariosee, am sternklaren Himmel beobachtete er die Internationale Raumstation. Damals hatte er zum ersten Mal diesen Gedanken, dass Menschen viel mehr können müssten, als bloß um die Erde zu kreisen. Zum Beispiel: auf einem anderen Planeten eine neue Zivilisation formen.

**Der Mars ist wieder in Mode.
Tausende bewarben sich
für einen Flug ohne Rückkehr.
Und im Kino zieht der
Planet ein Millionenpublikum an**

Die Raumfahrtingenieurin Lucie Poulet (l.) nahm an Marssimulationen teil und erforscht den außerirdischen Pflanzenanbau. Auch Bechara Saab verbrachte Zeit auf der Forschungsbasis in Utah. Er wäre gern ein Marskolonist. Notfalls ohne Rückkehroption

GEO 11 2015

Die gefährlichste, einsamste und teuerste Reise in der Geschichte der Menschheit

Der Rover »Curiosity« hat in gut 1000 Marstagen 250 000 Fotos geschossen – inklusive dieses Selfies. Vom Arm mit der Kamera ist nur der Schatten sichtbar, da es sich um eine Fotomontage handelt, die nur aus Bildteilen ohne Arm zusammengesetzt wurde

Der Aufruf von Mars One kam da gerade recht. Besh verzichtete für den Traum der Weltraumreise sogar auf eine Familie: „Hätte ich Kinder“, sagt er, „könnte ich mich natürlich nicht ernsthaft bewerben.“

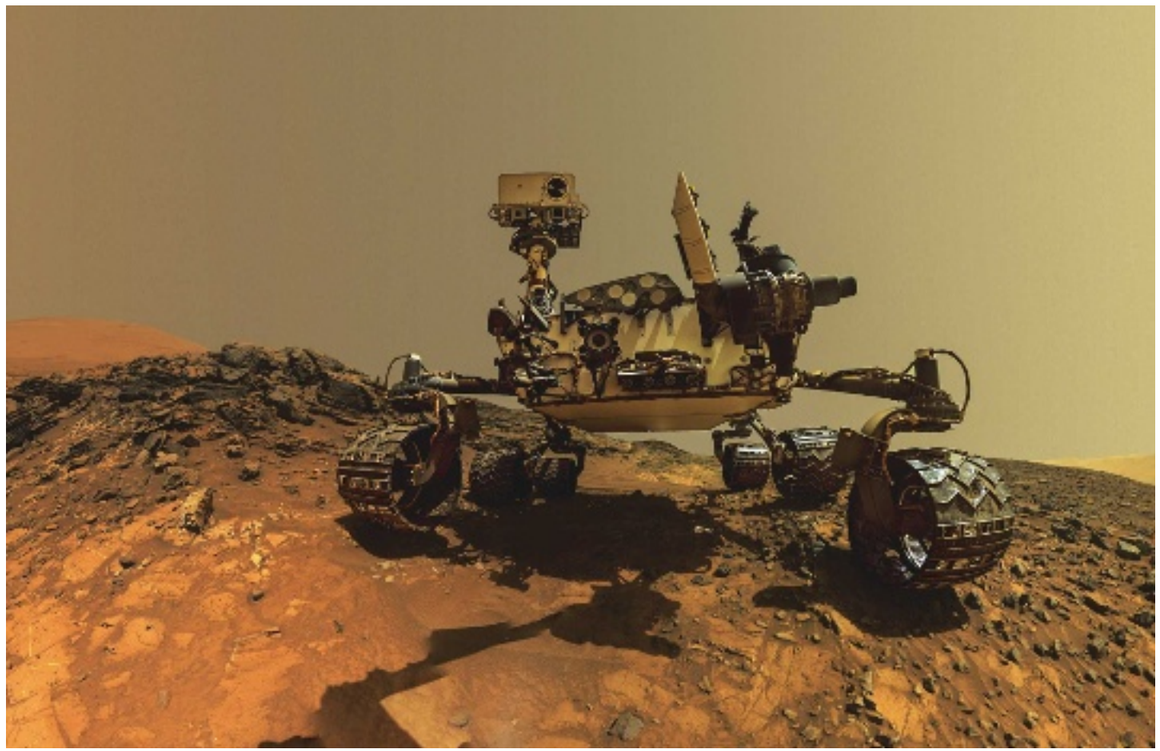
Bei Lucie Poulet fing es früher an. „Schon als Kind“, erzählt sie, „wollte ich Astronautin werden.“ Als Raumfahrtingenieurin beschäftigt sie sich seit Jahren mit der Frage, wie sich auf Mond oder Mars Pflanzen züchten ließen – als Nahrung für Raumfahrer, die dort einmal forschen sollen.

Schon ihren 29. Geburtstag beging sie außerirdisch. „My Birthday on Mars“ überschrieb sie ihren Blog-Eintrag vom 31. Januar. Für zwei Wochen war Lucie Poulet damals Kommandantin einer simulierten Marsforschungsstation, gelegen in der Einsamkeit der Wüste von Utah, USA. Es war bereits ihre dritte Teilnahme an einer solchen Studie.

Am längsten dauerte bisher ihr Aufenthalt in der Vulkanlandschaft des Mauna Loa auf Hawaii, wo die NASA und die Universität Hawaii die Isolationsstation HI-SEAS betreiben. Vier Monate verbrachte Lucie Poulet 2014 mit fünf anderen Probanden in der unwirtlichen Abgeschiedenheit. Ein überwachter Psychotest unter realistischen Bedingungen: Keine Sprachverbindung zur Außenwelt, jeder E-Mail-Kontakt zu Mission Support, vom Absenden der Nachricht bis zur Antwort, dauerte 40 Minuten – exakt die Zeit, die auch eine Mail-Konversation zwischen Erde und Mars benötigen würde.

Besh Saab beschäftigte sich derweil mit Mäusen – und erforscht als Neurologe mit Laborversuchen, warum die Tiere Neugier und „Forscherdrang“ am ehesten dann entwickeln, wenn sie sich auf zumindest halbwegs bekanntem Grund befinden. Das ist insofern bemerkenswert, als sich Saab ja selbst als eine Art Versuchstier zur Verfügung hält. Und dabei bereit ist, jedes sichere Terrain hinter sich zu lassen.

Vermutlich werden Besh Saab und Lucie Poulet sich aber beide noch gedulden müssen: Vor dem Countdown zur Marsmission haben die Raumfahrtagenturen noch einige Hürden zu überwinden – von denen die meisten leider umso höher werden, je genauer man sich mit ihnen beschäftigt.



1

Wie kommen wir hin?

EIN FRÜHJAHRSTAG IM JAHR 2039. Am Cape Canaveral in Florida steht eine gewaltige Rakete – 98 Meter hoch, Startgewicht 2500 Tonnen, davon 70 Tonnen Nutzlast. Die „SLS Block 1“ – SLS für „Space Launch System“ – ist die größte Rakete, die die NASA bis dahin entwickelt hat, um Menschen in den Orbit zu bringen. An der Spitze trägt sie eine Kapsel des Typs Orion, die ein wenig an die Apollo-Raumschiffe der 1960er Jahre erinnert. Sie bietet Platz für vier Astronauten, für die in diesen Minuten die gefährlichste, die einsamste und die teuerste Reise beginnt, die Menschen je unternommen haben. Es ist ein guter Zeitpunkt, nur alle 26 Monate stehen Mars und Erde so günstig zueinander, dass die Missionsdauer überschaubar bleibt. 210 Tage Hinflug hat die NASA kalkuliert, 496 Tage Forschung auf dem Planeten, bis sich erneut ein Startfenster öffnet, dann 210 Tage retour.

Ein dumpfes Grollen rollt über Cape Canaveral, als sich die weiße Rakete zeitlupenlangsam in den Himmel hebt. Rund zweieinhalb Jahre wird die Besatzung der Orion die Erde nicht mehr sehen.

SO UNGEFÄHR soll die Reise dereinst beginnen. Dem Start der Orion-Kapsel sind dann bereits elf andere SLS-Starts vorausgegangen. Mit den ersten fünf wurden 26 Monate zuvor zwei Cargo-Missionen in der Erdumlaufbahn zusammengestellt: eine mit einer Landeeinheit, die im Marsorbit auf die Pioniere wartet. Eine zweite, um eine kleine Fabrik auf dem Planeten abzusetzen. Sie soll dort aus Kohlendioxid und Wasserstoff Methan und Sauerstoff produzieren: Treibstoff für den späteren Rückstart der Pionier-Crew. Sechs andere Raketen haben Antriebs- und Mannschaftsmodule in die Erdumlaufbahn gebracht, die dort zum „Mars Transfer Vehicle“ zusammengefügt wurden und jetzt bereit sind für die Kopplung mit der Orion-Kapsel. Fast 400 Tonnen Material (Treibstoff nicht mitgerechnet) wurden für diese eine Mission schon ins All befördert.

So weit der Plan der NASA.

Allerdings: Von alledem gibt es noch gar nichts. Nur einige Prototypen der Orion-Kapsel. Aber keine SLS (deren Erstflug ist für 2018 geplant), keine Methanfabrik, kein Deep-Space-Modul zum Mannschaftstransport, keinen Mars-Lander. Es ist noch nicht einmal klar, welchen Antrieb man verwenden will, um aus dem Erdorbit zum Mars zu starten. Einen nuklearthermischen, empfiehlt die NASA, bei dem ein Atomreaktor Wasserstoff auf über 2000 Grad Celsius erhitzt und aus der Düse treibt. Eine heikle Sache. Auch weil der Brennstoff – Uran oder Plutonium – von der Erde irgendwie in den Orbit geschafft werden muss. Was, wenn ausgerechnet dieser Cargo-Flug beim Start in einem Feuerball endet?

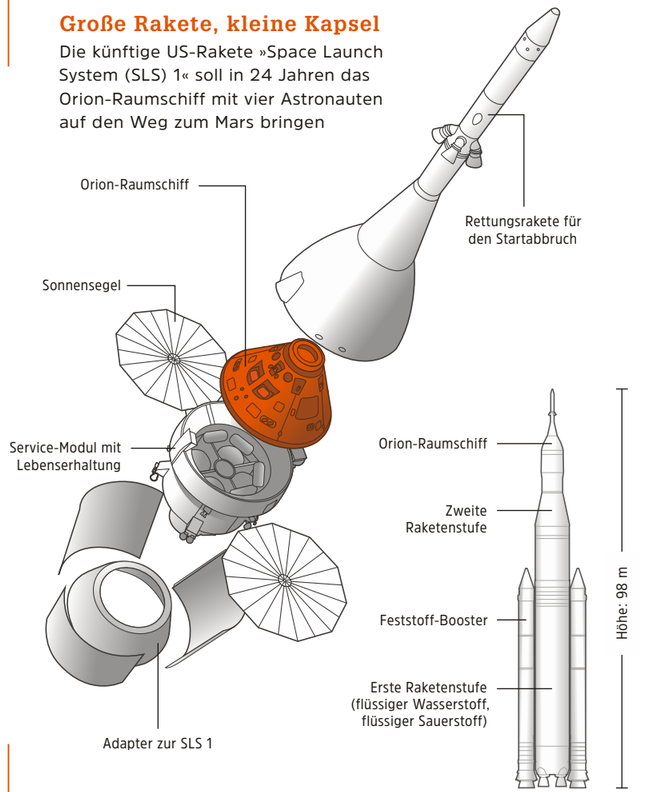
Chemischer Treibstoff ginge auch. Aber man brauchte zwischen 700 und 1100 Tonnen davon, um das Raumschiff auf die nötigen 11,2 Kilometer pro Sekunde zu beschleunigen, damit es die Erdumlaufbahn Richtung Mars verlassen kann. Das Mars Transfer Vehicle müsste ein Mehrfaches seines Eigengewichtes an Treibstoff mitschleppen.

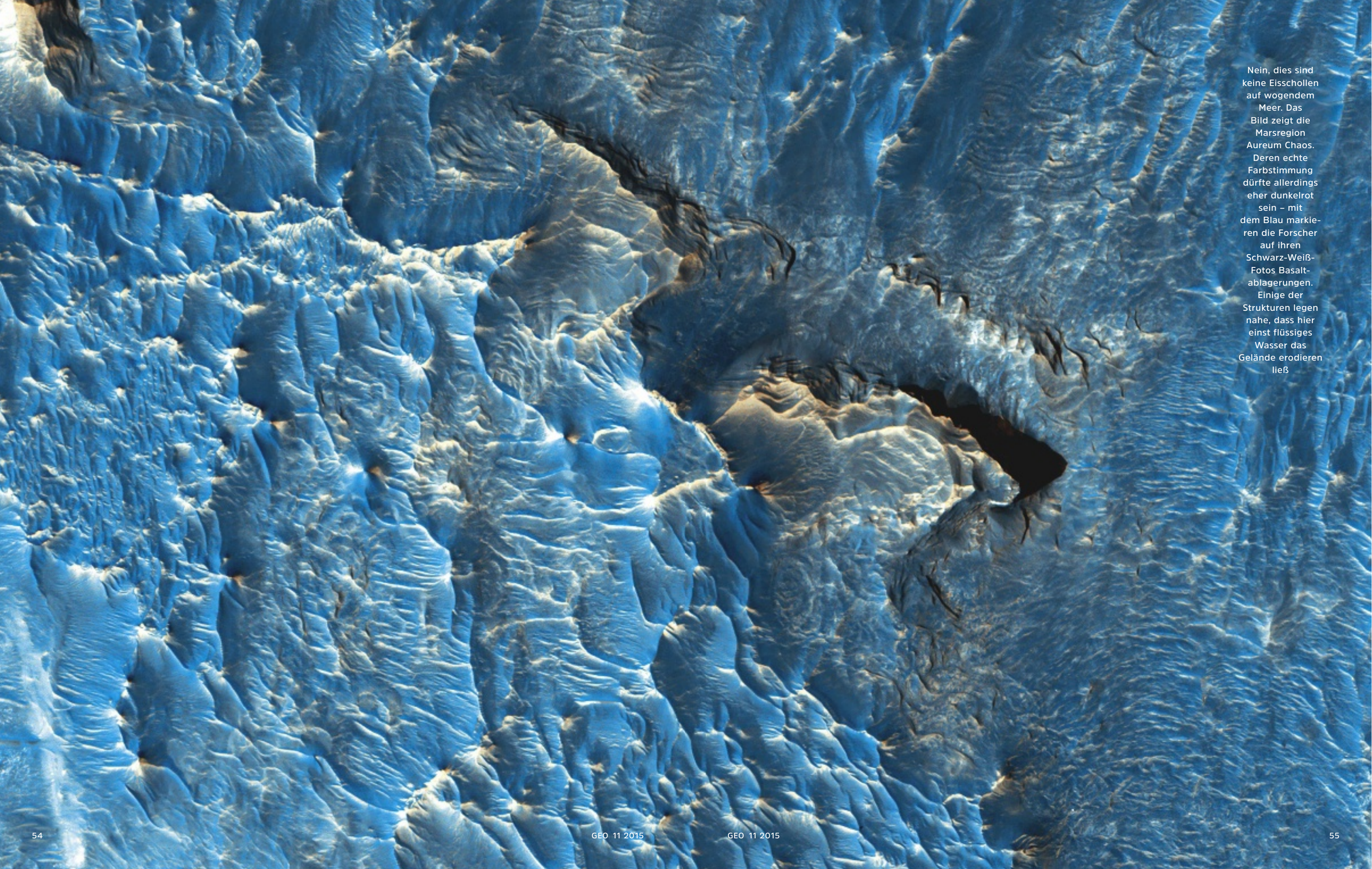
Am leichtesten wäre ein elektrisches Ionentriebwerk. Dabei werden Gasatome in einem durch Solarstrom erzeugten elektrischen Feld beschleunigt und

(WEITER AUF SEITE 56)

Große Rakete, kleine Kapsel

Die künftige US-Rakete »Space Launch System (SLS) 1« soll in 24 Jahren das Orion-Raumschiff mit vier Astronauten auf den Weg zum Mars bringen



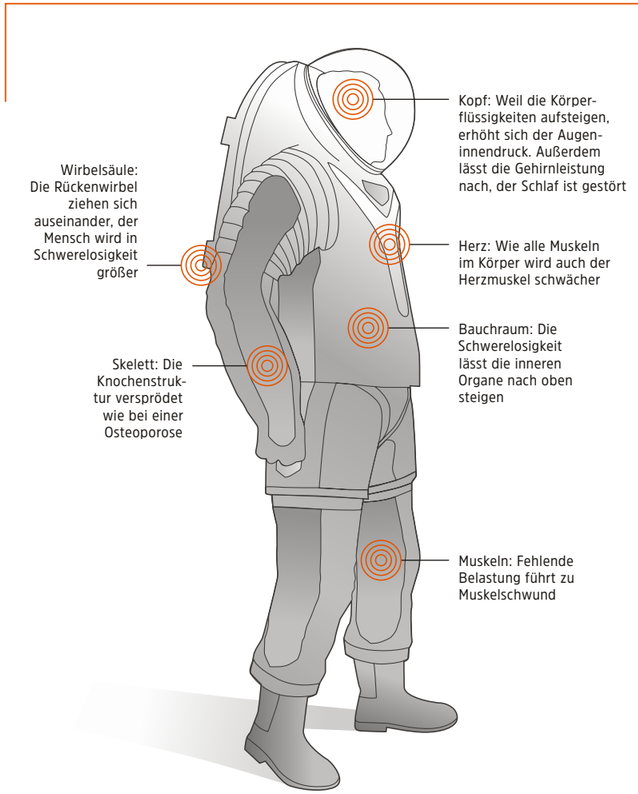


Nein, dies sind keine Eisschollen auf wogendem Meer. Das Bild zeigt die Marsregion Aureum Chaos. Deren echte Farbstimmung dürfte allerdings eher dunkelrot sein – mit dem Blau markieren die Forscher auf ihren Schwarz-Weiß-Fotos Basaltablagerungen. Einige der Strukturen legen nahe, dass hier einst flüssiges Wasser das Gelände erodieren ließ

ausgestoßen. Der Nachteil: Schubschwäche. Es würde Wochen dauern, um nur den Erdorbit zu verlassen. Daher käme das System wohl allenfalls für die unbemannten Cargo-Flüge infrage.

UND DIE KOSTEN? Kennt keiner. Alle raten nur, bestenfalls schätzen sie.

Die NASA rechnet mit 125 Milliarden Dollar über 25 Jahre (in denen auch rund 40 Tonnen Nutzlast sicher und präzise auf dem Mars gelandet werden müssten). Näher an der Realität ist deshalb vermutlich der Nationale Forschungsrat (NRC) der USA. Der nennt eine Preisspanne zwischen 75 und 300 Milliarden. Für eine einzige Expedition. Dass die Mars-One-Stiftung in den Niederlanden für ihr Besiedlungsprojekt gerade einmal sechs Milliarden veranschlagt, darf wohl getrost als PR-Gag durchgehen.



Weltraum macht krank

Zipperlein von Kopf bis Fuß – auf längere Aufenthalte in der Schwerelosigkeit ist der menschliche Organismus nicht eingestellt

2

Drehen die Astronauten durch?

NIEMAND KANN BEHAUPTEN, dass interplanetare Reisen gesund seien. In der Schwerelosigkeit lässt die Sehkraft nach, das Immunsystem wird schwächer, und der Verlust an roten Blutkörperchen macht die Raumfahrer müde. Trotzdem schlafen sie schlecht. Ohne irdische Gravitation versprödet zudem das Skelett, pro Monat verlieren Astronauten bis zu 1,5 Prozent Knochenmasse; die Muskeln, auch der Herzmuskel, bilden sich zurück. Wird nicht während des gesamten Fluges dagegen antrainiert, müssen die Astronauten damit rechnen, sich gleich bei der Landung auf dem Mars die Knochen zu brechen. Aber all das sind Probleme, die sich erforschen – und dann bewältigen – lassen.

Im Frühjahr bezogen der Russe Michail Kornijenko, 55, und der Amerikaner Scott Kelly, 51, Quartier auf der ISS. Sie sollen ein ganzes Jahr in der Raumstation verbringen, doppelt so lange wie andere Astronauten. Ärzte auf der Erde überwachen ständig den Zustand der beiden Langzeitraumfahrer. Unter anderem interessieren sich die Mediziner für Veränderungen der Sehqualität (hervorgerufen durch schwankenden Flüssigkeitsdruck im Schädel); sie beobachten das Verhalten der Mikroorganismen in Schleimhäuten und im Darm, mögliche Veränderungen der Leistungsfähigkeit, der Feinmotorik und vieles mehr.

Am Ende wollen die NASA-Ärzte auch feststellen, ob die Probanden nach der Landung auf der Erde überhaupt noch imstande sind, ihr Raumschiff ohne Hilfe zu verlassen. Eine wichtige, vielleicht die wichtigste Frage wird der Versuch aber nicht beantworten: Wie reagieren Menschen, wenn ihnen die Erde aus dem Blick gerät? Spielt dann die Psyche verrückt?

Das werden wir erst erfahren, wenn sich Astronauten tatsächlich so weit vom Blauen Planeten entfernen, dass er nur noch zu einem Punkt unter Millionen anderen wird. Forscher untersuchen aber bereits in mehreren Projekten die psychischen Reaktionen von Menschen, die über Monate in Isolation miteinander auskommen müssen.

Eines dieser Projekte ist das, an dem Lucie Poulet teilgenommen hat.

DAS NASA-PROJEKT „HI-SEAS“, die Abkürzung steht für Hawaii-Weltraumforschungssimulation, ragt wie ein übergroßer, halbierter Golfball aus der roten Wüste des Mauna Loa. Das eisenreiche Basaltpulver an den Vulkanhängen ähnelt tatsächlich dem Marsboden. Seit Langem schon nutzt die NASA das Gelände, um etwa Roboter oder Fahrzeuge für den Einsatz auf dem Roten Planeten zu testen.

Das weiße Habitat hat 111 Quadratmeter Fläche, verteilt auf zwei Etagen, mit Küche, Sportraum und sechs Zimmerchen für die Besatzung: drei Frauen, drei Männer. Lucie gehörte zu einer Crew, die vier Monate blieb – während der Zeit gab es Kontakte zur Familie nur per Videodatei. Raus aus der Kuppel (etwa zu geologischen Exkursionen), so erzählt es Lucie, durften sie nur auf schriftlichen Antrag oder nach Anweisung von Mission Control. In jedem Fall „nur im Raumanzug“, anzulegen in der „Luftschleuse“. Alles sollte realistisch sein.

Und? Gab es Konflikte?

„Na ja, wir waren halt sechs starke Persönlichkeiten“, sagt Lucie. Der Commander, ein Mittdreißiger mit Irakkrieg-Erfahrung, war Luftfahrtwissenschaftler. Der Jüngste in der Crew ein Physik-Doktorand von 26 Jahren, der älteste ein Neuropsychologe Anfang sechzig. Die drei Frauen – neben Lucie noch eine Chemikerin und eine Mikrobiologin – waren alle um die dreißig. 120 Tage sollten sie in gemeinsamer Isolation verbringen, ein menschlicher Cocktail aus unterschiedlichsten Biografien, Mentalitäten, Temperamenten. Sie brauchten den ganzen ersten Monat, um sich aufeinander einzustellen. „Wir hatten ja alle wenigstens eine Gemeinsamkeit: unsere Begeisterung für den Weltraum.“

Anders entwickelte sich das Verhältnis gegenüber der Missionsleitung. Da wuchs mit der Dauer des Projekts die Neigung zu Gereiztheiten. „Dinge, die einen sonst nicht besonders ärgern, werden in einer Situation, wo jede Kommunikation 40 Minuten braucht, plötzlich zu Riesen.“ Eine dumme Frage zum Beispiel oder eine, die längst beantwortet war. Und noch etwas fand die junge Forscherin beunruhigend: „Das Zeitgefühl verlor sich. Am Ende der Mission wusste ich nicht mehr, wann was geschehen war.“ Vor zwei Erdentagen? Oder vor zwei Marswochen?

DAS BISLANG AUFWENDIGSTE Isolationsexperiment fand 2010/2011 in der Nähe von Moskau statt. Beim Projekt „Mars500“ simulierten sechs Männer 520 Tage lang einen Flug zum Mars, mit Landung und 30-tägigem Aufenthalt. Die Psychologin Elena Feichtinger hat für die ESA das Experiment betreut. Ihr Fazit: „Erstens, die meisten Konflikte zwischen den Crew-Mitgliedern müssen ausgetragen sein, bevor es losgeht.“ Bei einem Vorläuferprojekt hatten sich Spannungen unter den Teilnehmern in einer Prügelei entladen.

Zweitens: „Die Besatzung eines Raumschiffes organisiert sich selbst.“ Testhalber, erzählt Elena Feichtinger, habe man für eine Woche die Kommunikation mit der Crew komplett unterbrochen und per Kamera die Reaktionen der Männer beobachtet. „Die fühlten sich prächtig! Die Funkstille war offensichtlich gut für das Team.“

Wohl eine Folge der Erkenntnis, auf sich allein gestellt zu sein. Was aber auch dazu führen kann, dass Marspioniere, Millionen Kilometer von der Erde entfernt, rebellisch werden, wenn ihnen die Bodenstation Anweisungen geben will.

Alles schon da gewesen: 1973 moserten US-Astronauten in der Raumstation Skylab 4 so lange über ihre Arbeitsbelastung, bis Houston einen freien Tag gewährte. Russische Kosmonauten auf der MIR ignorierten einfach Anweisungen aus dem Kontrollzentrum, die sie für unsinnig hielten.

Und dann ist da noch das „Dreiviertel-Phänomen“. Im dritten Viertel der Reise, wenn sich die Crew etwa nach einem Marsaufenthalt auf den Rückflug vorbereitet, lässt voraussehbar die Konzentration nach: Monotonie greift um sich, die Stimmung kippt ins Depressive. Das Phänomen ist von antarktischen Forschungsstationen bekannt, wo es meist auftritt, wenn der stockfinstere Winter seinen Höhepunkt überschritten hat. Ähnlich war es auch bei Mars500. Das Stimmungstief aber ist nicht von Dauer: Im letzten Viertel einer Mission hebe sich die Moral wieder, sagt Feichtinger.

Mit der Dauer der Mission wuchsen die Gereiztheiten gegenüber Mission Control

Auch Besh Saab in Zürich, der gern dauerhaft auf dem Mars bleiben würde, fragt sich, wie er mit einer solchen Situation zurechtkäme. Langeweile, sagt er, wäre tödlich. Er versucht, sich vorzubereiten. Lange, einsame Wanderungen, Bergsteigen, Skilaufen. Ein zweiwöchiger Isolationstest in der Marssimulation in Utah. „Ich kann mich gut mit mir selbst unterhalten“, erzählt Besh. Und das Dreiviertel-Phänomen? In einer Mission, die gar keine Halbzeit hat, könne das eigentlich nicht auftreten, glaubt er.

Aber fehlt ohne Rückkehroption zur Erde nicht überhaupt jedes Überlebensmotiv?

Auch darauf hat Besh Saab eine Antwort. „Ich betrachte die Erde nicht als mein Zuhause, mein Zuhause ist das Sonnensystem. Ich habe jeden Grund, am Leben zu bleiben. Überall.“

(WEITER AUF SEITE 60)

Canyons, Berge und endlose Ödnis. Dieses 3-D-Bild des Mars wurde aus Aufnahmen der Stereokamera auf der ESA-Sonde »Mars Express« zusammengesetzt. Der Blick geht über das äquatornahe Hochland Meridiani Planum nach Norden

Abendblau als Postkartenmotiv? In blauem Dunst verschwindet die Sonne hinter den Rändern des Gale-Kraters. Der Feinstaub in der Marsatmosphäre absorbiert die langwelligen Rotanteile des Lichtes

3

Werden die Raumfahrer verstrahlt?

ANRUF BEI ULRICH WALTER, Professor für Raumfahrttechnik an der TU München. Im Frühjahr 1993 hat er an Bord des Spaceshuttles „Columbia“ die Erde umkreist. Frage: Wie muss ein Raumschiff beschaffen sein, das Menschen zum Mars bringen soll?

Antwort: „Es muss vor allen Dingen über die gesamte Zeit reibungslos funktionieren. Bei interplanetaren Reisen kann man keine Ersatzteile nachsenden.“ Anders als bei der ISS, die nur 400 Kilometer entfernt ist, so weit wie Hamburg von Frankfurt am Main.

Was noch wäre bei Marsreisen anders als bei bisherigen bemannten Missionen?

„Das Schiff müsste wenigstens in einem Teil Schutz vor der kosmischen Strahlung bieten.“

Denn im Gegensatz zur ISS, die noch unter dem schützenden Schirm des Erdmagnetfeldes fliegt, ist ein Raumschiff bei interplanetaren Reisen ganz der gefährlichen kosmischen Partikelstrahlung ausgesetzt.

Die stammt aus zwei verschiedenen Quellen. Da ist zum einen die galaktische kosmische Strahlung aus den Tiefen des Alls. Sie durchströmt aus allen Richtungen ständig unser Sonnensystem und besteht zu 85 Prozent aus Protonen, den Kernen des Wasserstoffatoms, zu weiteren zwölf Prozent aus Heliumkernen.

Gegen den galaktischen Teilchenregen gibt es keinen vollständigen Schutz. Thomas Reiter, der 2006 auf der ISS Dienst tat, berichtet, dass er mit geschlossenen Augen die Partikelstrahlung wahrnahm: als Blitze auf der Netzhaut.

Und dann ist da noch die solare kosmische Strahlung, die von der Sonne kommend wie ein Wind bis zu den Rändern unseres Planetensystems bläst – und nur deswegen nicht auf die Erde trifft, weil das Magnetfeld die Teilchen ablenkt.

Besonders heikel wird sie, wenn eine Störung im Sonnenmagnetfeld gewaltige Sonnenstürme freisetzt, sogenannte koronale Massenauswürfe. Dabei werden in kürzester Zeit um die zehn Milliarden Tonnen Plasma ins All geschleudert.

Für ungeschützte Raumfahrer wäre diese Strahlung tödlich, sie stürben an der Strahlenkrankheit – zuerst Übelkeit und Konzentrationsverlust, dann schwindet das Knochenmark, innere Blutungen setzen ein, das Gehirn wird zerstört. Je nach Sturmstärke hätten Astronauten noch zwischen einigen Stunden und einigen Wochen zu leben.

Vorwarnungen aber sind schwierig. Denn die Partikel bewegen sich rasant von der Sonne weg. In achteinhalb Minuten erreicht ihre Vorhut – bestehend aus UV- und Röntgenstrahlen – das Erdmagnetfeld, in etwa elf Minuten den Mars. Die hochenergetischen Protonen folgen jeweils einige Stunden später. Seit Jahren suchen Wissenschaftler nach Methoden, das Sonnenwetter besser vorherzusagen.

Bislang mit überschaubarem Erfolg.

Was also könnte eine Crew schützen, die auf dem Weg zum Roten Planeten von einem Sonnensturm überrascht wird?

„Man könnte einen Schutzraum einrichten, der fast vollständig von einem Wassertank umgeben ist“, sagt Ulrich Walter. Darin wäre die Crew sicher, weil Wasser die schnellen Protonen gut absorbiert. Allerdings dürfte der Raum nicht zu klein sein – Sonnenstürme können dauern.

Erst recht problematisch würde die Angelegenheit auf dem Mars selbst. Denn der Planet hat kein eigenes Magnetfeld, das die Strahlung ablenkt. Natürlich könnte man auch die Marshabitate der Astronauten mit Wasser umgeben, das man ohnehin in großen Mengen aus dem Marsboden holen müsste.

Eine andere Möglichkeit wäre, die Station einzugraben. „40 bis 60 Zentimeter Marsboden, sogenannter Regolith, bieten einen gewissen Schutz“, sagt der Physiker Thomas Berger vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Die Strahlung an der Oberfläche kennt der Forscher inzwischen genau: Ein Strahlenmessgerät auf dem Mars-Rover „Curiosity“ maß jüngst eine durchschnittliche Dosis von etwa 26 Mikrosievert pro Stunde. Das ist etwa so viel, als würde man sich den Brustkorb röntgen lassen. Stündlich.

Und als wäre das alles nicht schon widrig genug, präsentierten Strahlenforscher der Marsomanie-Gemeinde im Frühjahr eine weitere Hiobsbotschaft: Kosmische Strahlung mache das Gehirn kaputt. Unwiderruflich.

Sie hatten Labormäuse eine Zeit lang hochenergetischem Teilchenbeschuss ausgesetzt, wie er der galaktischen Partikelstrahlung entspricht. Das Ergebnis: kurzfristig Erinnerungslücken. Und langfristig ein Abbau von Synapsen, den neuronalen Verbindungen im Gehirn. Kurzum: „Wir fanden ähnliche Effekte wie bei Alzheimer“, so die Wissenschaftler. Selbst ein besserer Schutzschild könne den Schaden allenfalls verringern – „entkommen kann man ihm nicht“.

Besh Saab nimmt sich Zeit, um die Studie anzusehen, die Antwort schickt er per E-Mail: Als Wissenschaftler sehe er keinen Grund zur Beunruhigung. Die Forscher hätten die Labormäuse „für ein paar Sekunden einer Strahlenmenge ausgesetzt, wie sie einer siebenmonatigen Reise zum Mars entspricht“, schreibt er. „Da wundert es mich nicht, dass das Auswirkungen auf Nervensystem und Wahrnehmung hat.“

Ja, er könne in Kauf nehmen, dass er auf dem Mars wohl kürzer leben würde als auf der Erde. Aber zehn Jahre, findet Besh Saab, sollten es schon sein. „Sonst lohnt es sich nicht.“

4

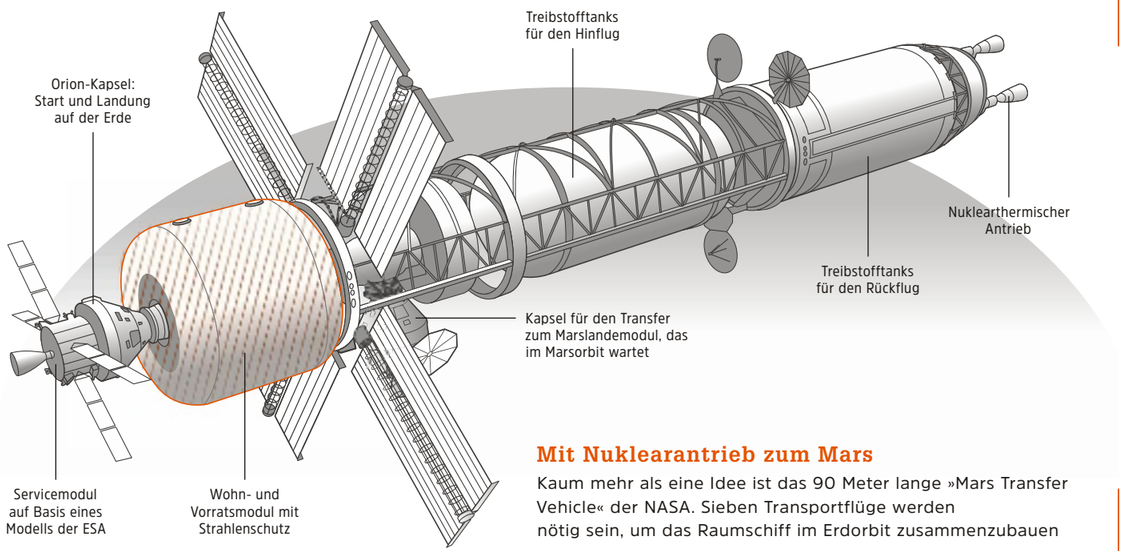
Wie können wir auf dem Mars überleben?

DAS ZIEL: Eine von Eisenoxid rot gefärbte Staub- und Geröllwüste. Der Staub ist überall, dringt in jede Ritze. Und wird hin und wieder von planetaren Stürmen, die wochenlang anhalten und bis zu 400 Kilometer pro Stunde erreichen können, zu riesigen, wirbelnden Wolken getürmt. Die Temperatur beträgt im Schnitt minus 60 Grad Celsius, die Schwerkraft kaum mehr als ein Drittel der irdischen. Zwar gibt es eine Atmosphäre, aber sie besteht zu 95 Prozent aus Kohlendioxid. Und der Luftdruck ist am Marsboden so niedrig wie auf der Erde in 35 Kilometer Höhe – das ist mehr als das Dreifache der Reiseflughöhe von Passagierflugzeugen.

Der Mars ist alles andere als eine Wohlfühloase.

Zwar gibt es Wassereis im Regolith. Stickstoff und Sauerstoff für die Atemluft ließen sich vielleicht aus der dünnen Marsluft gewinnen.

Aber was ist mit dem Essen? Man könnte natürlich alles, was die Raumfahrer benötigen, einfach mit-



Mit Nuklearantrieb zum Mars

Kaum mehr als eine Idee ist das 90 Meter lange »Mars Transfer Vehicle« der NASA. Sieben Transportflüge werden nötig sein, um das Raumschiff im Erdorbit zusammenzubauen

nehmen – gefriergetrocknet ist Nahrung jahrelang haltbar. Die NASA berechnet für ihre Astronauten heute etwa 1,3 Kilogramm Essen pro Tag. Die importierte Vollpension wäre allerdings nicht ganz billig: Rund 20 000 Euro kostet derzeit der Transport von einem einzigen Kilogramm in den Weltraum. Wollte man tonnenweise Mahlzeiten von der Erde auf den Mars bringen, würde der Lieferpreis schnell ins Unermessliche steigen.

Außerdem haben Psychologen inzwischen gelernt, dass ordentliches Essen – gern auch frisches Obst und Gemüse – bei Astronauten ein wichtiger Faktor fürs Wohlbefinden ist. Menschen, die 500 Tage in einer Marsstation verbringen sollen, werden folglich einen Teil dessen, was sie essen wollen, selbst anbauen. Da man jedoch wegen der Strahlenbelastung nicht einfach gläserne Gewächshäuser in den Marssand setzen kann, wird die Sache kompliziert. Auch eignet sich der Regolith nicht als Wurzelgrund: Verstrahlung, Nährstoffarmut und Fäulnisgefahr machen ihn zu einem schlechten Ackerboden.

Gärtnern auf dem Mars: Lucie Poulet hat sich mit genau diesem Problem beschäftigt. „Eden“ heißt das Projekt des DLR in Bremen. Der Paradiesgarten wächst in einem Labor hinter einer Tiefgarage – und besteht bislang vor allem aus Salat, Paprika, Gurken und Tomaten. Als Teil eines kleinen Forscherteams untersuchte Lucie Poulet hier zwei Jahre lang, welches Spektrum Kunstlicht haben muss, damit das Gemüse gedeiht, wie viel Kohlendioxid in der Luft optimal und welche Nährlösung geeignet ist. Denn die Pflanzen im Bremer Eden wachsen nicht im Boden, ihre Wurzeln hängen in der Luft und werden mit einer recycelbaren Nährlösung benetzt. Und statt der Sonne leuchtet ihnen pinkfarbenes Licht aus Hochleistungs-LEDs, vor dem das menschliche Auge mit Spezialbrillen geschützt werden muss.

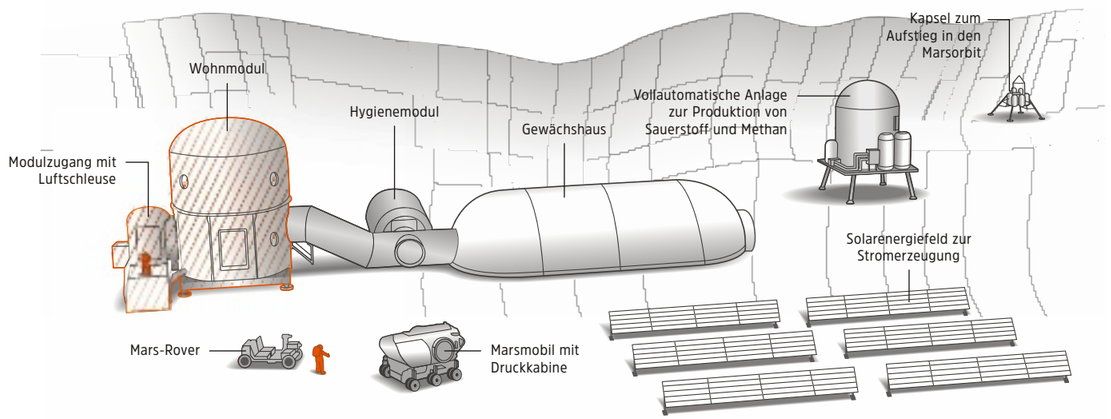
Es ist ein geschlossenes System, und es funktioniert hervorragend. Derzeit, sagt Eden-Projektleiter Daniel Schubert, „entwickeln wir Kultivierungsvorrichtungen, die auf außerirdischen Forschungsstationen einsetzbar sind“. Im Jahr 2017 geht das System in den Härtetest: Während des antarktischen Winters soll es bei der deutschen Station „Neumayer III“ seine Zuverlässigkeit unter Beweis stellen.

Derweil können die Forscher das nächste Problem angehen: die Fettversorgung. Denn Nüsse oder Avocados wachsen auf Bäumen und nicht als Blattgemüse. „Und wie wir auf dem Mars Bäume pflanzen sollen, davon haben wir leider noch nicht die leiseste Ahnung“, sagt Lucie Poulet.

Wie groß aber muss die Anbaufläche überhaupt sein, die vier Menschen auf einem anderen Himmelskörper zuverlässig ernährt? Auch darüber hat Lucie Poulet Berechnungen angestellt. „400 Quadratmeter dürften für eine Crew von vier Menschen das Minimum sein“, sagt die Wissenschaftlerin.

Wieso? Mars One, bei denen sich Besh Saab für sein One-Way-Ticket beworben hat, rechnen mit 80 Quadratmetern.

„Die werden auch merken, dass das nicht reicht. Spätestens, wenn sie dort sind.“



Die neue Heimat auf dem Mars

Damit die Pioniere überleben, müssen viele Materialien vorab auf der Oberfläche landen. Und zwar möglist nah beieinander

TERRAFORMING

Können wir den Mars bewohnbar machen?

Warum der Rote Planet wohl niemals wärmer, sondern vor Jahrmilliarden eher kälter war als heute. Und was das für die Idee bedeutet, den Mars »irdischer« machen zu wollen

Die Frage bietet Stoff für Science-Fiction-Romane genauso wie für wissenschaftliche Debatten: Ließe sich der Mars über einen Zeitraum von vielleicht 1000 Jahren so „umbauen“, dass er zur rettenden Insel für eine überbevölkerte Erde werden kann? Mit Pflanzungen, die eine zum Leben geeignete Atmosphäre schaffen; mit künstlich gemilderten Temperaturen, mit fließendem Wasser?

Die Antwort lautet: vermutlich nicht. Denn die Idee des sogenannten Terraforming fußt auf der Annahme, dass der Mars vor langer Zeit der Erde bereits ähnlicher war als heute. Aber diese These gerät im Licht neuerer Forschungen ins Wanken.

Lange glaubten Forscher (Annahme 1), dass es auf dem Mars vor drei Milliarden Jahren offene Flüsse und sogar ein Meer gab. Dies schloss man aus Geländeformen, Sedimentablagerungen und rund geschliffenen Steinen. Das aber (Annahme 2) würde voraussetzen, dass zu jener Zeit auf der Marsoberfläche Temperaturen über dem Gefrierpunkt herrschten. Was wiederum (Annahme 3) nur bei einer dichten Atmosphäre möglich gewesen wäre. Für eine solche aber müsste der Mars (Annahme 4) ein Magnetfeld wie das der Erde besessen haben, das seine Atmosphäre vor dem Sonnenwind hätte schützen können.

Das alles ist unwahrscheinlich. Fangen wir hinten an: Ein Magnetfeld kann nur durch einen Dynamoeffekt in einem Kern wie dem der Erde erzeugt werden. Einen solchen Dynamo aber besitzt der Mars nicht. Selbst wenn der Mars ursprünglich eine dichtere Atmosphäre besessen hätte, wäre sie schon sehr früh vom Sonnenwind zerstreut worden. Oder sie hätte sich einfach ins All verflüchtigt. Denn mit nur einem Zehntel der Erdmasse hat der Mars nicht genug Schwerkraft, um eine dichte Atmosphäre dauerhaft halten zu können. Das lässt sich auch mit moderner Technik nicht ändern. Hinzu kommt: Vor drei Milliarden Jahren war die Leuchtkraft der Sonne um 30 Prozent geringer als heute; was bedeutet, dass es auf dem Mars deutlich kälter gewesen sein dürfte als jetzt, keinesfalls jedoch warm genug für flüssiges Wasser.

Doch woher kommen dann die Flusstäler, die Deltas, die Meeresküsten? Wissenschaftler bieten drei Erklärungen an: Lavaströme könnten für einige dieser Strukturen verantwortlich sein. Vulkanismus und Asteroideneinschläge könnten zudem über Teilen des Planeten die Atmosphäre zeitweilig so stark erwärmt haben, dass Eis getaut ist und Wasser fließen konnte. Und schließlich verweisen sie auf die Polarregionen der Erde. Auch dort fließen Flüsse, gibt es Seen: unter den Gletschern, bei Temperaturen unter null Grad. Vermutlich sah es genau so einst auch auf dem Mars aus.

5

Wie kehren wir zurück?

FRÜHJAHR 2041. Mars und Erde stehen günstig für den Rückflug, die Crew macht sich bereit. Mit einer kleinen, zylindrischen Kapsel, dem „Mars Ascent Vehicle“ (MAV), wollen sie den Roten Planeten wieder verlassen. Den Treibstoff für den mehrstündigen Flug zum Transfer Vehicle, das seit anderthalb Jahren im Orbit auf sie wartet, haben sie an Ort und Stelle produziert: Aus dem Kohlendioxid der Atmosphäre und mitgebrachtem Wasserstoff hat ein Sabatier-Reaktor durch chemische Reaktionen Methan und Sauerstoff gewonnen, eine ganze Tankfüllung für den Rückflug.

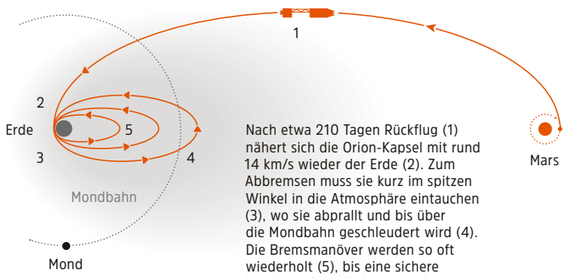
Langsam, aber vollautomatisch.

Zwar erfordert der Start vom Roten Planeten wegen der dünnen Atmosphäre und der geringen Schwerkraft weniger Schubkraft als der von der Erde. Trotzdem aber werden für jedes Kilogramm Last, das diesen Wüstenplaneten verlassen will, noch immer sieben Kilogramm Treibstoff gebraucht.

Die Crew ist erleichtert – denn die Herstellung des Treibstoffs aus der Marsatmosphäre war eine Premiere. Natürlich wurde der Prozess auf der Erde

Heikle Rückkehr

Noch nie erprobt und risikoreich: Das Bremsmanöver der heimkehrenden Orion-Kapsel wird vermutlich mehrere Tage dauern



Nach etwa 210 Tagen Rückflug (1) nähert sich die Orion-Kapsel mit rund 14 km/s wieder der Erde (2). Zum Abbremsen muss sie kurz im spitzen Winkel in die Atmosphäre eintauchen (3), wo sie abprallt und bis über die Mondbahn geschleudert wird (4). Die Bremsmanöver werden so oft wiederholt (5), bis eine sichere Landegeschwindigkeit erreicht ist

erprobt. Aber hier herrschen harschere Bedingungen. Und ein Kurzschluss, ein Leck, ein Fehler in einer Programmzeile in den Tiefen der Steuerungssoftware – all das hätte den Start verzögern können. Was, wenn das Zeitfenster der Planetenkonstellation sich wieder geschlossen hätte?

Irgendwann in der zweiten Hälfte des Jahres 2041 nähert sich das Mars Transfer Vehicle dann der Erde. Kurz vor dem Orbit trennt die Besatzung das Transfermodul von der Orion-Kapsel ab. Was nun folgt, gehört zu den schwierigsten Manövern des Fluges. Denn das fast neun Tonnen schwere Raumfahrzeug nähert sich im spitzen Winkel und mit einer Geschwindigkeit von rund 14 Kilometern pro Sekunde dem Heimatplaneten – zu schnell für einen direkten Eintritt in die Atmosphäre. Um die Kapsel abzubremsen, muss sie gleichsam an der Lufthülle abprallen – um dann in einer hochelliptischen Kurve bis über die Mondbahn hinausgeschleudert zu werden. „Bei der Rückkehr wird sie erneut an der Erdatmosphäre abprallen und wieder ins All geschleudert, jedoch nicht mehr ganz so weit“, erläutert Raumfahrtprofessor Ulrich Walter: „Wie ein Stein, der übers Wasser flitscht.“ Bis zu fünf Mal in zehn Tagen – eine ungeheure Belastung für die Raumfahrer.

Vor allem psychisch, denn ist der Anflugwinkel bei der ersten Annäherung zu flach, würde die Orion auf Nimmerwiedersehen ins All katapultiert. Ist der Winkel aber zu steil, könnte das Raumschiff in der Lufthülle verglühen. Und selbst wenn der Hitzeschild hielte, würde einen solchen Wiedereintritt wegen der dabei auftretenden Beschleunigungskräfte „kein Mensch überleben“, sagt Walter.

Es ist das letzte große Problem vor der Rückkehr.

WANN ALSO WIRD die Menschheit den nächsten „großen Sprung“ ins All wagen? Garantiert nicht 2026, wie Mars One behauptet. 2048 sei realistisch, sagt Ulrich Walter – sicher, günstig und mit Rückkehr.

„Nicht vor 2050“, schätzt der ESA-Chef Johann-Dietrich Wörner.

Ganz bestimmt irgendwann.

Aber in der Raumfahrt sind Ewigkeiten manchmal sehr überschaubare Zeiträume. Wer hätte geglaubt, dass nur 43 Jahre nachdem der Raketenpionier Robert H. Goddard 1926 die erste Flüssigtreibstoffrakete der Welt auf eine Höhe von gut zwölf Metern geschossen hatte, zwei Männer auf dem Mond spazieren – 384 000 Kilometer von der Erde entfernt?

Und wer sagt denn, dass menschliche Besuche auf dem Mars anderthalb Jahre dauern müssen? So wird längst auch die Idee diskutiert, eine ständig bemannte Raumstation im Mars-Orbit zu platzieren. Dann würden Astronauten aus Fleisch und Blut nur gelegentlich einen Ausflug auf den Planeten unternehmen. Dafür brauchte es dann auch keine Armada von Raumschiffen, die mit tonnenschwerem Equipment auf dem Roten Planeten niedergehen.

Lucie Poulet wäre auch das recht: „Ich finde den Gedanken einfach faszinierend, dass die Menschheit eine multiplanetare Spezies sein kann.“

Bechara Saab hingegen wird seine Hoffnungen vorerst zurückstellen müssen. Mars One nahm ihn nicht in die engere Auswahl der Kolonisten.

Der Neurowissenschaftler musste sich unter anderem einer japanischen Köchin geschlagen geben, deren Traum laut Bewerbung „die erste Sushi-Bar auf dem Mars“ ist, sowie einem Polen, der unter „Interessen“ die „Nutzung der Energie aus dem Zentrum der Galaxis“ angibt.

Was wird jetzt aus seinem Plan, auf dem Mars zu leben, eine neue Gesellschaft zu begründen?

„Den habe ich seit mehr als zehn Jahren, und weder die technischen Schwierigkeiten noch Probleme von Mars One sind für mich ein Grund, ihn aufzugeben“, antwortet er.

JÜRGEN BISCHOFF
träumte selbst einst von einem Trip zum Mars und hat sogar schon Schwerelosigkeit erlebt. Nach dieser Recherche aber hat er solche Reisepläne endgültig begraben.