

Neue Zürcher Zeitung

NZZ – GEGRÜNDET 1780

LUCERNE FESTIVAL
NZZ-SCHWERPUNKT

Samstag, 6. Juli 2024 · Nr. 155 · 245. Jg.

AZ 8021 Zürich · Fr. 6. 10

Die Monotonie der Mars-Menschen

Die Nasa hat vier gewöhnliche Menschen zwölf Monate in einen Mars-Simulator geschickt – nun kehren sie zurück

ELENA PANAGIOTIDIS

Vier Fremde leben 378 Tage auf 160 Quadratmetern, eingesperrt, ohne Fenster. Und sie werden vollständig überwacht. Klingt nach «Big Brother», ist aber ein ernsthaftes wissenschaftliches Experiment – durchgeführt von der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa. Mehr als zwölf Monate verbrachten vier Freiwillige des Chapea-Programms (Crew Health and Performance Exploration Analog) auf einem Mars-Simulationsgelände in Houston, Texas. An diesem Samstag kehren sie «auf die Erde» zurück. Die Nasa will herausfinden, ob und wie Menschen es auf dem Mars aushalten könnten.

Die Umweltbedingungen auf dem Mars gelten als lebensfeindlich: Der Boden ist giftig, die Atmosphäre dünn. Die Weltraumstrahlung, die den Organismus schädigen kann, ist sehr hoch. Zudem ist in der Realität die Reisezeit lang: Eine Mission würde idealerweise auf dem Mars ankommen, wenn der Planet auf seiner elliptischen Bahn der Erde am nächsten kommt. Das verkürzt die Reisezeit. Das nächste Zeitfenster dafür ist 2033.

Die Nasa glaubt daran, dass eine bemannte Marsmission möglich ist. Sie bemüht sich derzeit darum, erstmals Proben vom Mars zurückzuführen – eine grosse Herausforderung, da Kritiker eine Kontamination mit tödlichen Keimen für möglich halten. Bei dem Chapea-Experiment mit den vier Analog-Astronauten geht es aber in erster Linie

nicht um technische Hürden, sondern um die Frage, wie Menschen die lange Isolation auf dem Weg zum kargen Mars und zurück psychologisch aushalten. Die Nasa-Managerin Grace Douglas sagte beim Einzug der vier Bewohner im Juni 2023: «Das Wissen, das wir hier sammeln werden, wird uns ermöglichen, irgendwann Menschen zum Mars und sicher wieder nach Hause zu bringen.»

Gelände aus dem 3-D-Drucker

Eine künftige Besatzung auf einer Expedition zum Mars wird damit leben müssen, dass sie über Monate die isoliertesten Menschen sein werden. Sollten ihre Kinder oder Ehepartner auf der Erde krank werden, gibt es keine Möglichkeit, ihnen beizustehen. Sollte man seine Mitastronauten nicht ausstehen können, gibt es keinen Rückzugsraum. Die Astronauten wären vollständig aufeinander angewiesen. Der Wunsch, zum Mars zu fliegen, muss grösser sein als alles andere.

Die vier Freiwilligen in Houston haben zumindest ihren Wunsch, auf dem simulierten Mars zu leben, über ihr Erdenleben gestellt. Ein Teilnehmer ist der Arzt Nathan Jones aus Illinois. Jones ist Vater von drei Kindern. Der Nasa hatte er laut der «New York Times» im Vorfeld mitgeteilt, er wolle auf der Mission so beschäftigt sein wie möglich, damit er nicht zu viel Zeit dafür habe, um seine Frau und die Jungs besorgt zu sein. Jones' Umgebung reagierte besorgt,

manche hielten ihn gar für verrückt. Seine Frau sagte gegenüber der «New York Times», dass sie sich als Mutter nicht vorstellen könne, die Kinder ein Jahr lang zu verlassen. Doch am Ende habe sie der Enthusiasmus ihres Mannes für das Projekt überzeugt.

Auch bei den anderen drei Teilnehmern handelt es sich um Freiwillige, die in ihrem normalen Leben völlig anderen Aufgaben nachgehen. Die Nasa stellte nur wenige Bedingungen: Die Freiwilligen sollten gesund sein, zwischen 30 und 55 Jahre alt sein, nicht rauchen. Zudem sollten sie ein naturwissenschaftliches Fach studiert und mindestens tausend Flugstunden absolviert haben. Ausgewählt wurden neben Nathan Jones der Betriebsleiter Ross Brockwell, die Biologin Kelly Haston und die Mikrobiologin Anca Selariu.

Die vier Freiwilligen lebten das vergangene Jahr auf dem «Mars Dune Alpha»-Gelände. Die Nasa hat es mit einem 3-D-Drucker erstellt, nach dem Vorbild, wie sich die Nasa künftige Mars-Missionen vorstellt. Vorerst ist es jedoch noch ein 1700 Quadratmeter grosses Gelände in einem Lagerhaus im Johnson Space Center in Texas.

Die Tage in der analogen Marsmission waren streng strukturiert. Die Freiwilligen begannen ihren Tag um 6 Uhr morgens. Sie mussten sich täglich wiegen, damit wertvolle Daten zu ihrem Gesundheitszustand gesammelt werden konnten. Die Nasa will unter anderem herausfinden,

ob eine Mars-Besatzung über Monate von salzreicher Astronautennahrung leben kann, ohne an Gewicht und Lebensfreude zu verlieren. Es geht um die praktische Frage, wie viel Nahrung ein Mensch auf einer Mars-Mission braucht. Die Teilnehmer durften in einem Indoor-Garten Gemüse selbst anpflanzen. Das Gärtnern soll gut für die Psyche sein und Abwechslung in den Speiseplan bringen. Immerhin.

Nach dem Frühstück besprachen die Teilnehmer, wie der Tag ablaufen sollte. Abwechslung versprachen die Tage, an denen die Teilnehmer sogenannte extravehikuläre Aktivitäten auf der simulierten Marsoberfläche unternahmen. Jeweils zwei Teilnehmer durften, in Raumanzügen und mit Werkzeug, durch Schleusen die Station verlassen. Sie durften auf dem «Mars» herumlaufen und Aufgaben ausführen, von denen man annimmt, dass sie notwendig sein werden, um eine Mars-Basis zu bewirtschaften. Die zurückgebliebenen Astronauten erteilten Anweisungen.

«Hi Seas» und «Mars 500»

Einen Monat nach Beginn der Mission fragte die Nasa die Teilnehmerin Kelly Haston nach ihrer Stimmung. Es überwog der Enthusiasmus und die Aufregung. Noch. Als Herausforderung empfanden die Teilnehmer vor allem die Kommunikation mit ihren Angehörigen. Zeitverzögerung und Datenbeschrän-

kungen bedeuteten, dass die Übermittlung von Nachrichten länger brauchte, als sie es erwartet hatten. Die Kommunikation geschah in Mars-Zeit, so dass beispielsweise das Übermitteln einer kurzen SMS über zwanzig Minuten dauerte. In der Mitte des Experiments gab es einen dreiwöchigen Zeitraum, in dem keinerlei Kontakt zur «Erde» bestanden hat. So, wie es auch bei einer wirklichen Mars-Mission sein würde.

Die Nasa hat bereits mit früheren Tests erste Erfahrungen und Daten für eine Mars-Simulation gesammelt. Etwa bei den «Hi Seas»-Missionen auf Hawaii. Eine der Teilnehmerinnen beschrieb danach ihre Erfahrungen und sprach von «Langeweile» und «Isolation». Irgendwann sei ihre «mentale Müdigkeit zum Grundzustand» geworden, wird sie von der «New York Times» zitiert.

Die Raumfahrtbehörden Europas, Russlands und Chinas nahmen vor rund fünfzehn Jahren am «Mars 500»-Projekt teil. Es war das bisher längste Isolationsprojekt: Sechs Teilnehmer simulierten 520 Tage lang einen Mars-Flug. Der chinesische Teilnehmer verlor während der Mission zehn Kilogramm an Gewicht und jede Menge Haare. Über seine Stimmung sagte er gegenüber der «China Daily»: «Es ist unmöglich, die ganze Zeit glücklich zu sein. Schliesslich bin ich ein Mensch und kein Roboter.»

Die Nasa hat bereits zwei weitere Missionen geplant, die nächste startet im Frühjahr 2025.

Die Ariane 6 ist immer noch viel zu teuer

Modell:	Ariane 5	Ariane 6 (62)	Ariane 6 (64)	Falcon 9	Falcon Heavy	Starship
Hersteller:	ESA	ESA	ESA	SpaceX	SpaceX	SpaceX
Erststart:	1996	2024	–	2010	2018	2023
Nutzlast:*	20 t	10,35 t	21,6 t	22,8 t	64 t	100–150 t
Frachtpreis:*	~9200 Fr. pro kg	~6500 Fr. pro kg	~4800 Fr. pro kg	~2300 Fr. pro kg	~1300 Fr. pro kg	~600 Fr. pro kg



QUELLEN: BRUEGEL, ESA, WIKIPEDIA

* Transport in den Low Earth Orbit. Der Frachtpreis ist ein teuerungskorrigierter Schätzwert. Er kann je nach Mission und Konfiguration der Rakete variieren.

Die Hoffnungs-Trägerrakete

Die Ariane 6 soll die europäische Raumfahrt aus der Krise führen. Im Vergleich zu den Raketen von SpaceX sieht sie allerdings alt aus. VON CHRISTIAN SPEICHER (TEXT) UND JONAS OESCH (GRAFIK)

«Zwei neue Satelliten ergänzen die Galileo-Konstellation» – mit dieser Überschrift feierte die Europäische Weltraumorganisation ESA kürzlich die Erweiterung des europäischen Satelliten-Navigationsystems Galileo. Der Pferdefuss folgte im ersten Absatz der Pressemitteilung. Dort erfährt man, dass die beiden Satelliten mit einer Falcon-9-Rakete von SpaceX in den Weltraum befördert worden waren. Für die auf Autonomie pochende ESA war das ein peinlicher Moment.

Solche Verlegenheitslösungen dürften bald der Vergangenheit angehören. Am 9. Juli soll die europäische Ariane-6-Rakete mit vierjähriger Verspätung zu ihrem Erstflug aufbrechen. Die Erwartungen an die Nachfolgerin der Ariane 5 sind gross. Sie soll endlich die Raketenkrise beenden, in der sich die ESA seit der Ausmusterung der Ariane 5 im vergangenen Jahr befindet.

In Zukunft sollen europäische Satelliten mit strategischer Bedeutung wieder mit europäischen Trägerraketen in den Weltraum gebracht werden. Zudem möchte die Vermarkterin der europäischen Rakete, das Unternehmen Arianespace, Marktanteile zurückgewinnen, die es in den vergangenen Jahren an SpaceX und andere kommerzielle Anbieter von Raketenstarts verloren hatte.

Ob das gelingt, ist ungewiss. Für die ersten 30 Flüge der Ariane 6 liegen zwar bereits Buchungen vor. Trotzdem ist die Ausgangslage für die Ariane 6 schwierig. Und das liegt nicht nur daran, dass die Entwicklung der vier Milliarden Euro teuren Rakete länger gedauert hat, als es ursprünglich vorgesehen war. Die ESA muss sich zudem die Frage gefallen lassen, warum sie sich für eine Rakete entschieden hat, die nicht wiederverwendet werden kann und deshalb teurer ist als die Raketen der Konkurrenz.

Deutschland gegen Frankreich

Der Entscheid zum Bau der Ariane 6 fiel im Jahr 2014. «Die Ariane 5 hatte damals eine sehr gute Stellung im Markt, war aber teuer», sagt Daniel Neuschwander, der bei der ESA die Abteilung für menschliche und robotische Exploration leitet. Es sei klar gewesen,

dass Europa etwas tun müsse, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Neuschwander war damals Delegationsleiter der Schweiz, die sich zusammen mit Luxemburg die Präsidentschaft im ESA-Ministerrat teilte. Die ESA habe damals zwei Vorgaben für die neue Rakete gemacht. Zum einen sollte sie nur halb so teuer sein wie die Ariane 5, zum anderen sei es darum gegangen, mit europäischer Technologie einen unabhängigen Zugang zum Weltraum sicherzustellen. Europa wollte nicht länger von russischen Sojus-Raketen abhängig sein, die damals im Auftrag der EU die Galileo-Satelliten ins Weltall beförderten.

Dem Entscheid für die Ariane 6 seien Auseinandersetzungen zwischen Deutschland und Frankreich vorausgegangen, erinnert sich Neuschwander. Während Deutschland die Ariane 5 weiterentwickeln wollte, habe Frankreich auf den Bau einer komplett neuen Rakete gedrängt. Beide Länder hätten damals versucht, der heimischen Industrie Vorteile zu verschaffen.

Nach schwierigen Verhandlungen einigte man sich auf einen Kompromiss.

Glaubt man Analysten, dürften die Transportkosten von Raketen bald unter 1000 Dollar pro Kilogramm Fracht fallen. Da kann die Ariane 6 nicht mithalten.

Die Ariane 6 besteht aus drei Raketenstufen. Die Hauptstufe besitzt ein Triebwerk, das in ähnlicher Form bereits für die Ariane 5 verwendet wurde. Für die Oberstufe wurde ein neues Triebwerk entwickelt, das sich mehrmals zünden lässt. Das erlaubt es, mehrere Satelliten in verschiedenen Orbits auszusetzen. Zudem kann die Oberstufe nach Beendigung ihrer Mission in die Erdatmosphäre gelenkt werden, wo sie verglüht. Die ESA macht damit vor, wie sich Weltraumschrott vermeiden lässt.

Die Hauptstufe wird je nach Bedarf durch zwei oder vier Feststoffraketen-Triebwerke ergänzt, die beim Start zusätzlichen Schub erzeugen. Während die Ariane 6 vor allem mittelschwere Nutzlasten wie die Galileo-Satelliten in den Weltraum bringen soll, ist die Ariane 64 für schwerere Satelliten und spätere Frachtflüge zum Mond ausgelegt. Damit deckt die Ariane 6 ein ähnlich breites Segment von Nutzlasten ab wie die Sojus und die Ariane 5 zusammen.

Nicht wiederverwendbar

Das grösste Manko der Ariane 6 ist, dass sie nicht wiederverwendbar ist. Dabei zeichnete sich im Jahr 2014 bereits ab, wohin die Entwicklung geht. Im Juni 2010 hatte die Falcon 9 von SpaceX ihr Debüt geflogen. Fünf Jahre später gelang es nach mehreren Fehlschlägen zum ersten Mal, die erste Stufe dieser Rakete heil zur Erde zurückzubringen. Seither hat SpaceX die vertikale Landung perfektioniert. Manche Erststufen der Falcon 9 sind inzwischen zwanzig Mal geflogen. Und die Zeitabstände zwischen zwei Flügen werden immer kürzer.

Das hat SpaceX für unbestrittenen Nummer 1 im Raketenbusiness gemacht. Im vergangenen Jahr absolvierte die Firma fast hundert Flüge – und das zu Preisen von 67 Millionen Dollar pro Flug, das entspricht 62 Millionen Euro. Damit kann die Konkurrenz nicht mithalten. Ein Flug der Ariane 62 wird voraussichtlich um die 90 Millionen Euro kosten. Die Ariane 64, die ähnlich grosse Nutzlasten transportieren kann wie die Falcon 9, ist sogar noch teurer. Damit wurde das ursprüngliche Ziel verfehlt, die Kosten zu halbieren. Mittlerweile ist man froh, wenn die Kosten

um 40 Prozent gegenüber der Ariane 5 gesenkt werden können.

Die Wiederverwendbarkeit sei 2014 an der Ministerratstagung der ESA in Luxemburg durchaus ein Thema gewesen, sagt Neuschwander. Die ESA habe sich aber dagegen entschieden. Einer der Gründe dafür sei gewesen, dass man die Industriefähigkeit Europas erhalten wollte. Die Nachfrage nach Raketen sei in Europa kleiner als in den USA. «Am Bau der Ariane 6 sind heute rund 600 Firmen quer durch Europa beteiligt. Die hätte man nicht gebraucht, wenn man sich für eine wiederverwendbare Rakete entschieden hätte, die vielleicht zehnmal pro Jahr fliegt», so Neuschwander. «Insofern ist die Ariane 6 auch ein Förderprogramm für die europäische Industrie.»

Ob die ESA heute noch einmal so entscheiden würde, ist fraglich. Im Jahr 2020 sagte der französische Wirtschaftsminister Bruno Le Maire am Rande einer Tagung: «Im Jahr 2014 gab es eine Weggabelung, und wir haben nicht den richtigen Weg gewählt. [...] Wir hätten uns für die wiederverwendbare Träger Rakete entscheiden sollen. Wir hätten diese Kühnheit haben sollen.»

Politisch motiviert

Bei der Beurteilung der Ariane 6 gilt es zu bedenken, dass diese Rakete nicht nur aus ökonomischen Gründen gebaut wurde. Die vier Milliarden Euro, die man in die Entwicklung gesteckt hat, sind auch politisch motiviert. In der Raumfahrt sei ein Trend zur Nationalisierung zu beobachten, sagt Neuschwander. Deshalb sei es für Europa so wichtig, einen unabhängigen Zugang zum Weltraum zu haben.

Diese Botschaft scheint allerdings noch nicht bei allen europäischen Satellitenbetreibern angekommen zu sein. So hat die Europäische Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten (Eumetsat) vor wenigen Tagen bekanntgegeben, ihr neuester Wettersatellit werde Anfang 2025 nicht mit einer Ariane 6, sondern mit einer Rakete von SpaceX in den Weltraum gebracht. Gründe dafür gab Eumetsat nicht bekannt.

Einen ungünstigeren Zeitpunkt hätte Eumetsat für diese Ankündigung kaum

wählen können. Entsprechend erobert sind die Reaktionen. So fordert Arianespace von der EU gesetzliche Regelungen, die sicherstellen sollen, dass europäische Missionen in Zukunft mit europäischen Trägerraketen und Technologien von europäischen Anbietern gestartet werden.

Ein neues Geschäftsmodell

Umgekehrt empfängt Arianespace ausländische Kunden mit offenen Armen. Zum Beispiel die amerikanische Firma Amazon, die in den nächsten Jahren ein Satelliten-basiertes Kommunikationssystem namens Kuiper im Weltraum errichten will. Von den rund 80 Flügen, die dafür nötig sind, hat Amazon 18 bei Arianespace gebucht. Dass Amazon bereit ist, einen höheren Preis zu zahlen als bei SpaceX, hat damit zu tun, dass Kuiper in direkter Konkurrenz zum Starlink-Satelliten-system von SpaceX steht.

In einigen Jahren könnte die Situation allerdings anders aussehen. Denn mit Sicherheit wird der Markt für Raketenstarts noch kompetitiver. Neue Privatfirmen drängen auf den Markt. Und SpaceX entwickelt mit dem Starship eine Rakete, die noch viel leistungsfähiger sein wird als die Falcon 9 oder die Ariane 6. Glaubt man Analysten, dürften die Transportkosten bald unter 1000 Dollar pro Kilogramm Fracht fallen. Da kann die Ariane 6 nicht mithalten.

An ihrer Ministerratstagung in Sevilla hat die ESA im November vergangenen Jahres auf diese Entwicklung reagiert. Sie kündigte einen Wettbewerb für europäische Raketenhersteller an. Bis zur nächsten Ministerratstagung im Jahr 2025 sollen bis zu drei Projekte ausgewählt werden, die dann aus dem Etat der ESA gefördert werden.

Mit dem Wettbewerb vollzieht die ESA eine Kehrtwende, die die Nasa bereits vor langer Zeit gemacht hat. Die europäische Weltraumorganisation will in Zukunft nicht mehr selber Raketen entwickeln, sondern als Kunde Dienstleistungen beziehen. «Die Ariane 6 ist mit Sicherheit die letzte europäische Rakete, die nach dem alten Modell gebaut wird», sagt Neuschwander.