

Aufbruch zum Mars

Der Mensch erobert den Weltraum

Prof. Dr. phil. h.c. Dipl.-Ing. Jesco Frhr. von Puttkamer

Am Freitag, den 12.9.97, früh um 3:31 Uhr MEZ, erreicht die Aufklärungssonde MGS (Mars Global Surveyor) den Mars und schießt sich, wenn alles planmäßig verläuft, mit einem 22-minuetigen Bremsmanöver in eine Umlaufbahn ein. Zunächst eine Ellipse mit 250 x 56.000 km Nah- bzw. Fernpunkt sowie 45 Std. Umlaufzeit, wird sie von der Sonde im Verlauf der darauffolgenden vier Monate durch bis zu 400maliges Abbremsen in den obersten Luftschichten auf eine für die vollständige Kartographierung des Planeten ideale Kreisbahn von 378 km Höhe abgeändert: ihre Neigung von 93° zum Äquator und Umlaufzeit von 118 min. sorgen dafür, daß sie nicht nur über die Pole verläuft und dadurch ständigem Sonnenschein ausgesetzt ist, sondern nach jeweils 88 Umläufen immer wieder das gleiche Bodengebiet unter sich repetieren sieht.

Mit der eigentlichen Kartographierung beginnt MGS im März 1998. Sie dauert mindestens ein Marsjahr (=687 Erdtage); seine zusätzliche Funktion als Radiorelais zwischen späteren Landestationen und der Erde soll er noch für zwei bis drei weitere Jahre wahrnehmen. Ausgerüstet ist er mit sechs Instrumenten, darunter ein Laserhöhenmesser und eine Doppelobjektivkamera, mit denen hochauflösende Stereoaufnahmen gewonnen werden können.

Von kritischer Bedeutung für die Steuerung er in den folgenden Tagen beginnenden spiralenförmige Einfangbremsung ist eine ausreichende Kenntnis der atmosphärischen Dichte der oberen Schichten. Beigetragen hat dazu die Landesonde Pathfinder: im vergangenen Juli fand sich bei ihrem stürmischen Eintritt in die Atmosphäre - der gesamte Landevorgang dauerte nur fünf Minuten - in den Schichten oberhalb 60 km eine wesentlich geringere Luftdichte vor als noch die Sonde Viking-1 im Juli 1976, und zwar bis zu fünfmal weniger. Auch in den niedrigeren Höhen scheint die Marsatmosphäre heute weniger dicht zu sein als vor 21 Jahren, doch bleibt derzeit noch offen, inwieweit diese Messung mit der geographischen Höhe der jeweiligen Landestelle zu tun hat.

Pathfinder landete um 19:07 Uhr MEZ am 4. Juli, dem Nationalfeiertag der USA, mit schöner Präzision: nur 19 km vom Zentrum des Zielgebiets entfernt. Die genaue Landestelle auf der steinigen Flutebene des Ares Vallis, etwa 850 km südöstlich des einstigen Landeorts von Viking 1, liegt auf 19,33°N und 33,55°W. Nach der rasanten Abbremsung mittels Hitzeschild, Fallschirm und Bremsraketen betrug die Geschwindigkeit bei der Landung nur noch 18 m/s, und vier Luftkissen polsterten sie ab. Auf ihnen vollführte der Lander wenigstens 16 Luftsprünge von abnehmender Höhe, bevor er schließlich in aufrechter Stellung zum Halten kam. Die Entfernung zur Erde betrug zu dieser Zeit 190 Millionen km, und die Radiosignale benötigten dafür knapp elf Minuten.

Zunächst gab es ein paar technische Schwierigkeiten. Beim Ausfahren einer der beiden Laderampen war das Material eines kollabierten Luftkissens im Weg, bis zusätzliche Kommandos an die Seilzüge des Prallsacks das Hindernis beseitigten. Der Computer zeigte sich anfangs zeitweise überfordert und schaltete mehrmals ab, bis er neue Software erhielt, die das Problem löste. Am 5. Juli war es dann um 17.40 MEZ soweit: der Mikrorover Sojourner richtete sich auf deinem zusammengeklappten Fahrgestell auf, und am 6.7. gegen 8:30 Uhr rollte er langsam von der Rampe. Sein erster Ausflug ging über eine Strecke von 36 cm zum ersten Forschungsobjekt, einem krustigen Stein namens Barnacle Bill.

Pathfinder war offiziell für eine Einsatzdauer von 30 Tagen ausgelegt, das heißt, die eigentliche Mission war am 3. August beendet - mit vollem Erfolg. In diesem Zeitraum hat er

rund 1,2 Gigabits (1,2 Milliarden Bits) an Daten zur Erde gefunkt, darunter 9669 Bilder. Der kleine Sojourner legte im ersten Betriebsmonat eine Strecke von 52 m zurück, durchleuchtete mit seinem Alpha/Protonen/Röntgen-Spektrometer zahlreiche Steinproben und lieferte 384 Aufnahmen seiner Umgebung. Ein paarmal fuhr er sich an steinigen Hindernissen fest, kam aber bisher immer wieder frei. Jetzt beginnt er sein Alter zu zeigen: das Gyroskop im Kreiselkompaß wird ungenauer („Trift“), und seine neun nicht aufladbaren Lithium-Thionyl-Chlorid-Batterien sind am Ende, so daß er seinen Strom von nun an nur noch aus den Sonnenzellen auf den „Dach“ beziehen kann. Der als Relais-, Wetter- und Beobachtungsstation dienende Lander selbst funktioniert weiterhin ausgezeichnet. Die Mission ist deshalb verlängert worden, und wir gehen davon aus, daß Pathfinder noch bis zu eine Jahr lang tätig sein wird.

Doch zur Zeit endet für ihn der Sommer, und es wird sich zeigen, wie er den am 12.9. beginnenden Herbst und vor allem den am 6. Februar einsetzenden kalten Winter übersteht. An einem typischen Tag, etwa am 27.8. (bzw. Sol 53 – die Sol-Zählung begann bei seinem Eintritt in die Marsatmosphäre [1 Sol = 24 Std. 38 Min]) ging für ihn um 5:15 Uhr MEZ die Erde auf und um 18:35 Uhr unter, während Sonnenaufgang um 8:05 Uhr, Sonnenuntergang 20:35 war. Das Marsjahr dauert 687 Erdtage.

Die Auswertung seiner Forschungsdaten wird noch sehr lange Zeit in Anspruch nehmen, doch hat sich bereits gezeigt, daß die Geologie des roten Planeten wesentlich komplexer ist als angenommen. Beim Ares Vallis handelt es sich tatsächlich um ein ehemaligen Ueberströmungsgebiet, geformt von einer gewaltigen Wasserflut, die vor 1-3 Milliarden Jahren mit einer Menge von 1 Milliarde Kubikmeter pro Sekunde geströmt sein mußte. Von der Landestelle aus gesehen, mußte sich das Wasser von Horizont zu Horizont erstreckt haben, wahrscheinlich wie unser Mittelmeer bei seiner Bildung. Die Felsblöcke im Umfeld zeigen stark unterschiedlichen Charakter - einige sind gerundet, deutlich von Wasser geformt und durch Fluteinwirkung in die gleiche Richtung, gen Nordost, geneigt („Imbrikation“), andere tafelförmig, eckig und ohne ersichtliche Wasserwirkung.

Gefunden wurden bisher zwei stark unterschiedliche Gesteinsarten, - die eine, vertreten durch die Steine „Barnacle Bill“ und „Shark“, reich an Silizium in Form von Quarz, das heißt, sehr ähnlich Erdgestein, das wiederholt zu flüssigem Zustand erhitzt worden ist, die andere, etwa „Yogi“ und „Wedge“, mit weniger Silizium, dafür mit sehr viel Schwefel, und zwar mehr Schwefel als irdisches Vulkangestein. Keine der beiden Sorten entspricht in ihrer Zusammensetzung genau den zwölf vermuteten Marsmeteoriten in unserem Besitz.

Neben der beobachteten Verringerung der oberen Luftdichte seit 1976 wurden in der Atmosphäre Wasserdampf entdeckt, doch nur Spuren davon - gerade ausreichend, um auf dem Planeten eine hauchdünne Wasserschicht von nur einem Zehntel eines Menschenhaars Dicke bilden zu können. Auf Pathfinder-Fotos sind die atmosphärischen Wassereispartikel vor Sonnenaufgang als dünne, bläuliche Schleierwolken erkennbar. Der Luftdruck schwankt an der Landestelle zwischen 6,75 und 6,81 Millibar, 150mal weniger als auf der Erde (1013 mb). Die in den ersten drei Tagen nach der Landung gemessenen örtlichen Temperaturen zeigten Mittelwerte von -10°C zur wärmsten Zeit am Nachmittag (etwas wärmer als Viking-1) und bis zu -77° in der Nacht. Der Wind erreichte nachts Geschwindigkeiten bis zu 16 km/h - doch würden wir ihn wegen der geringen Luftdichte als wesentlich schwächer als einen entsprechenden Sturmwind auf der Erde empfinden.

Die Pathfinder-Mission hat weltweit Aufsehen auf sich gezogen und in den vergangenen zwei Monaten rund um den Erdball für Schlagzeilen gesorgt. Im Internet verzeichneten die dafür zuständigen Websites und ihre über 20 Spiegeladressen im ersten Monat der Mission (1. Juli - 4. August) rund 565 Millionen Hits. Aber Pathfinder und der MGS machen erst den Anfang einer langen Reihe geplanter robotischer Marsaufklärer. Hinfort schwärmen Orbiter- und Landersonden alle 26 Monate zum roten Planeten aus, entsprechend der sich in dieser

sogenannte synodischen Periode wiederholenden günstigsten Erde-Mars-Stellung. Derzeit in Vorbereitung bei der NASA sind Mars Surveyor '98, bestehend aus einem am 10. Dezember 1998 startenden und im September 1999 am Ziel eintreffende Orbiter, und ein am 3. Januar 1999 nachfolgender Lander. Er soll im Dezember des gleichen Jahres im Bereich des Südpols zwischen 75 und 78 Grad Breite niedergehen, ein äußerst spannendes Ereignis, denn von dort haben wir noch keine genaueren Aufnahmen. Zur Ausrüstung der Sonden gehören zwei russische Instrumente und ein französisches Radio-Relaisgerät.

Die darauffolgende Surveyor-Mission in 2001 besteht ebenfalls aus Orbiter und Lander plus einem Rover mit anspruchsvollerem Instrumentarium, das speziell für spätere Landungen mit Menschen ausgelegt ist, ebenso wie das für das nächste Startfenster in 2003 geplante Unternehmen. Für 2005 ist dann eine Probenrückholmission im Gespräch. Es steht freilich außer Zweifel, daß die geplante Armada robotischer Marssonden bei aller ihrer Effizienz und Effektivität auf die Dauer nicht den Menschen ersetzen kann. Endgültigere Antworten auf die großen Fragen nach der Entwicklung des Mars und, damit unmittelbar zusammenhängend, Geschichte und Schicksal unserer eigenen Welt, nach der Entstehung und dem etwaigen Vorkommen von Leben im All sowie nach der Möglichkeit einer einstigen Besiedlung unserer Nachbarwelt durch Menschen lassen sich durch die unbemannten Marsmissionen nicht einholen.

Was wir derzeit erleben, ist der erste Schritt in einem dreistufigen Programm der Marserschließung: die aufklärende Erforschung mit Robotern, die unter anderem der Identifizierung besonders interessanter späterer Landestellen dient. Der zweite Schritt ist die humanphysiologische Erforschung der menschlichen Eignung und Vorbereitung für den Langzeitaufenthalt im All. Was für Auswirkungen hat die Schwerelosigkeit auf uns über längere Zeiträume? Benötigen wir künstliche Schwerkraft? Und was sind unsere psychologischen Bedürfnisse für solche Fernreisen im All? Der dritte Schritt ist die Entwicklung der für den Menschenflug zum Mars notwendigen Technologien und Systeme, vor allem auf Gebieten wie Lebenserhaltung, Strahlenschutz, Antriebe, Produktsicherheit und Zuverlässigkeit. Die Entwicklung der Internationalen Raumstation, deren Montage im Juni nächsten Jahres beginnt, steht unter anderem auch im Zeichen dieser beiden für den menschlichen Marsflug erforderlichen Schritte.

Sehr selten ist dem Menschen ein so einmaliges Privileg gegeben wie uns heute: Wir stehen an der Schwelle eines neuen Millenniums, des dritten unserer Zeitrechnung. Dieser Zeitenwechsel tritt nur alle 1000 Jahre auf, und er veranlaßt zum Nachdenken über die großen, dynamischen Veränderungen unserer Welt, in erster Linie wissenschaftlich-technologischer und damit gesellschaftlich-kultureller Art. Voraussagen können wir von ihnen lediglich, daß sie ständig unser Bewußtsein verändern und unsere begrifflichen Horizonte ausweiten. Ein maßgeblicher Motor dieser Veränderungen ist die Raumfahrt. Wie sie uns ins 21. Jahrhundert führt, ja, mit der Internationalen Raumstation einen frappierenden stimmigen Auftakt zum großen Zeitenwechsel liefert, das möchte ich heute abend zeigen.

Die Zukunft des Menschen liegt im Weltraum. Der dynamische Umbruch zur Realisierung dieser Zukunft ist bereits im Gang, denn wir sind dabei, das aufzubauen, was ich unseren „Standort Weltraum“ nenne. Nah- und mittelfristig geht es bei ihm um die Erforschung des Menschen und seiner Umwelt und um die Weiterentwicklung von Wirtschaft, Industrie und Lebensqualität. Er bedeutet eine solide Langzeit-Investierung in neues Wissen, das wir heute noch nicht haben und ohne Raumfahrt auch morgen nicht haben würden. Die Ergebnisse der durch Raumfahrt ermöglichten Wissenschaftsforschung können wir zwar nicht voraussagen (ebenso wenig, wie wir verhindern können, daß dabei Fehler begangen werden), aber was wir voraussagen können, ist, daß wir ohne sie kein neues Wissen, keine neuen Lösungsansätze erhalten werden, die über die auf der Erde erzielbaren hinausgehen.

Standort Weltraum – sein Kernstück ist die Raumstation ISS (International Space Station). Entwickelt wird sie von der NASA und ihren Partnerorganisationen von Rußland, Europa, Japan und Kanada, insgesamt 15 Nationen. Sie ist das größte internationale technische Gemeinschaftsprojekt, das der Erdkreis je gesehen hat, - ein gewaltiges Unternehmen von wissenschaftlicher, technologischer und weltpolitischer Bedeutung. Ihre Aufgaben sind für uns Alle vorrangig, denn es geht um Leben und Lebensqualität auf der Erde, um Lebensinhalt und Lebenswachstum, um die Befreiung von althergebrachten „Business as usual“-Methoden in Forschung und Entwicklung und um technologische Wettbewerbsfähigkeit. Es geht um politische Bindungen, Weltfrieden und Welteinheit, um katalytische Aktion in Schulen und Universitäten, und um Wirtschaftsstimulanz und Arbeitsplätze.

Die erste Phase des Programms gehört bereits zu meinem täglichen Einerlei als Manager: es handelt sich um die Gemeinschaftsmissionen zwischen dem Space Shuttle und der russischen Raumstation Mir. Durchgeführt haben wir bisher sechs von insgesamt neun solcher Andockflüge, die uns risikoreduzierende Erfahrungen für Bau und Betrieb der Station einbringen (gegen 472 Mio Dollar Bezahlung an Rußland). Mir ermöglicht uns eine ständige US-Präsenz im All, derzeit mit Mike Foale, unserem fünften Astronauten, der dort 144 Tage lang bleibt. Die nächste Shuttle-Mission zu Mir startet am 25. September, und mit ihr liefern wir unseren Astronauten David Wolf an, der Foale ablösen wird, um weitere 123 Tage im All zu verbringen.

Derzeit ist das ISS-Programm zu drei Viertel komplett; in den USA haben wir bereits an die 80 t an Stationsbauteilen produziert. Das Programm steht also unter Volldampf, und es verbleibt bald nur noch die Montage. Sie beginnt im nächsten Juni mit dem Start des ersten Bausteins, des sogenannten FGB (für Funktionsaloje-Grusovoj Blok, d.h. Funktioneller Fracht-Block) auf einem russischen Proton-Träger in Kasachstan. Dieses 20 t schwere Bauelement haben wir der Herstellerfirma Krunischev abgekauft, - für 190 Millionen Dollar inklusive Startkosten. Einen Monat später bringt das Shuttle Endeavour (STS-88) den US-Kopplungsknoten „Node 1“ herauf, der vorne angesetzt wird. Andere russische und amerikanische Bausteine kommen Stück für Stück hinzu, und so entsteht die erste, 37 m lange Baustufe der Internationalen Raumstation.

Im Januar 1999 trifft dann die erste Stations-Crew per Sojus-Transporter ein: die beiden russischen Kosmonauten Sergei Krikalev und Juri Gidzenko und der amerikanische Expeditionskommandant Bill Shepherd. Insgesamt dauert die Stationsmontage 4 ½ Jahre. Das Shuttle kommt dabei 27mal zum Einsatz, zur Beförderung von Bauteilen, Versorgungsgütern und Besatzungen; weitere 15-16 Zubringerflüge führen russische Proton-, Sojus und Zenit-Träger durch. Die Fertigstellung der Station ist für Ende 2002 festgelegt; danach ist sie mit einer siebenköpfigen internationalen Crew voll in Betrieb: 74 m lang, 108m weit und über 400 t Masse. Sie bietet über 110 kW elektrische Energie (jährlicher Durchschnitt: 30 kW), 33 Geräteschränke für die Benutzer, 14 Experimentplätze im Freien, ein optisch geschliffenes Fenster, eine von Japan für uns gebaute Bordzentrifuge, und jährlich sechs bis acht Perioden Mikroschwerkraft von jeweils 30 Tagen Dauer. Ihre Gesamtkosten belaufen sich auf 40 Milliarden Dollar.

Worin werden ihre Aufgaben bestehen?

Ihre zentrale Rolle muß man sich als die eines ständig, rund-um-die-Uhr betriebenen orbitalen Vielzweck-Laboratoriums vorstellen, das sich die auf keine andere Weise realisierbaren Zustände der Schwerelosigkeit und des ultrafeinen Vakuums zunutze macht.

Wir sehen sie als eine Kombination Technikzentrum, Produktentwicklungslabor und wissenschaftliches Forschungsinstitut für solche Aufgaben, die lange Zeiträume, reichliche Energieversorgung, Bedienung durch hochgradig geschultes Personal und geräumiges Nutz- und Wohnvolumen unter Weltraumbedingungen erfordern. Sie hat zweieinhalb mal soviel

nutzbaren Innenraum wie die heutige Mir. Damit ermöglicht sie im All etwa klinische Forschungen auf Gebieten wie Physiologie, Strahlungswirkung, Umweltfaktoren, Verhaltens- und Leistungsforschung, Zell- und Molekularbiologie, usw. Gerade auf dem uns allen hautnahen Gebiet der Medizin erwarten sich die Experten von ihrem Bordprogramm wesentliche Durchbrüche, beispielsweise bei immunologischen Untersuchungen zur Entwicklung von Methoden zur Behandlung, Bekämpfung und Verhütung von Krebs. Langzeitmissionen in der Schwerelosigkeit sind ferner von kritischer Bedeutung bei der Untersuchung von Mikrogravitationsauswirkungen auf die Immunität gegenüber Infektionen, auf die Abstoßung von Organtransplanten und wie sich AIDS aus dem HIV-Virus entwickelt. Darüber hinaus fördern ihre Bordzustände chemische und physikalische Forschung auf Bereichen wie Halbleiter-Kristallwachstum, Niedertemperaturphysik, Verbrennungsphysik, Flüssigkeitsverhalten, Herstellung elektronischer Werkstoffe, industrielle Prozesse und andere Untersuchungen. Das bedeutet natürlich, daß sie als Standort Weltraum den an ihr beteiligten Nationen heute und morgen neue Arbeitsplätze und neue Wirtschaftschancen schafft. Als Motor revolutionärer Hochtechnologien bewahrt sie ihnen Führungsrollen in der Raumfahrt und im internationalen Wettbewerb. Meine Damen und Herren: wenn sich ein Industrieland wie Deutschland an der Entwicklung solcher Zukunftstechnologien nicht oder nur symbolisch, beziehungsweise „lauwarm“ beteiligt und sich durch mangelnde Langfristplanung und visionsarmes Management dabei auch noch verzettelt, rückt es auf dem globalen Spielfeld unweigerlich ins Abseits.

Für die längere Zukunft mit Sicherheit noch wichtiger ist die Bedeutung der Station als Auftakt einer neuen Ära friedlicher Kooperation der Nationen. Im Prozeß der Umstrukturierung und Neudefinierung der Welt im Kielwasser des Ost-West-Konflikts von Gestern und der fortschreitenden Globalisierung in allen Gesellschaftsparten wirkt ISS als Katalysator für internationale Verständigung und Zusammenarbeit. Sie bildet und fördert neue Partnerschaften unter den Nationen der Erde, inspiriert unsere Jugend und stimuliert und fördert die nächste Generation von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Unternehmern. Nicht zuletzt liegt das daran, daß sie eine Antwort auf den uralten menschlichen Trieb zur Erforschung des Unbekannten darstellt, des Strebens nach neuen Zielen.

Damit komme ich zum Menschenflug zum Mars, für den die ISS eine Schlüsselposition einnimmt. Zunächst einmal gelten ihre Entwicklung und Betrieb als eine Art Frühmodell und Demonstration eines gemeinsamen bemannten Marsprogramms der späteren Zukunft. Aber mehr noch: langfristig beginnt sie als orbitale Forschungsstätte mit der Erarbeitung des dafür benötigten wissenschaftlichen und technischen Fundaments. In erweiterter Form sehe ich sie außerdem als einstigen Transportknotenpunkt und Umschlaghafen für Planetenmissionen. Auf ihrer Aufgabenliste obenan steht die Erforschung des Menschen und aller mit seiner Gesunderhaltung bei langen Weltraumaufenthalten verbundenen „Humanfaktoren“, die schwierigsten Hürden auf dem Weg zum Mars: die Auswirkungen der Schwerelosigkeit und die Ausarbeitung potenter Gegenmaßnahmen, die Entwicklung von Strahlungsschutz, die Wahrung von Stabilität und Produktivität kleiner, multikultureller Menschengruppen in langwährender Eingeschlossenheit und Isolation, und die Entwicklung zuverlässiger regenerativer Lebenserhaltungssysteme für Missionen von mehrjähriger Dauer. Auch für die meisten anderen Systeme des Marsprojekts ist sie ein Prüffeld innovativer Hochtechnologien. Als Standort All bildet sie also eine Art frühen Brückenkopf zum neuen Kontinent außerhalb der Erde, - zum Mars, unserem nächsten Ziel.

Im Brennpunkt des öffentlichen Interesses steht Mars seit vergangenem Jahr besonders durch die Entdeckung vermutlicher Lebensformen in seiner Frühzeit. Die Möglichkeit von Leben auf der Nachbarwelt ist eine jahrhundertalte Frage; 1976 stand sie bekanntlich auch hinter unseren beiden erfolgreichen Viking-Landesonden. Deren Experimente ließen freilich alles offen: ein Leben, wie wir es kennen, fanden sie nicht, und auf Grund der zum Teil

widersprüchlichen Daten konnte die Existenz von mikroskopischem Marsleben, heute oder in der Vergangenheit, weder bewiesen noch widerlegt werden. Jetzt aber liegen erstmals Indizien vor, die mit einiger Wahrscheinlichkeit auf das Vorkommen primitiver Marsbiota vor mehr als 3,6 Milliarden Jahren hindeuten. Entdeckt wurden sie tief in einem vor 13000 Jahren als Meteorit auf die Erde gestürzten Steinbrocken vom Mars; organische Moleküle, daneben Spuren mehrerer mit biologischer Aktivität verknüpfter Mineralien sowie mögliche mikroskopische Fossilien primitiver, mikrobe-ähnlicher Organismen, - einige eiförmig, andere röhren- bzw. wurmartig und gegliedert, doch winzig klein im Vergleich zu irdischen Mikroben.

Sollte sich der Fund bestätigen, so wäre er eine der größten wissenschaftlichen Entdeckungen des ausgehenden Jahrhunderts. Ihre Auswirkungen auf unsere Welt wären von heute kaum absehbarer Breiten- und Tiefenwirkung in den geistigen und materiellen Bereichen unseres Lebens. Bezüglich unserer Vergangenheit und Zukunft ergäben sich phantastische Möglichkeiten: ist das Leben auf Mars und Erde getrennt entstanden oder einst per „Meteoritenpost“ in Form lebensfähiger Sporen aus der Ferne des Alls gekommen? Stammen wir Menschen ursprünglich von Saatgut eines frühen Marsmeteoriten ab und sind somit die wirklichen Marsianer? Zweifellos erhielte dann auch die Suche nach späteren Fossilien höherer Tierformen auf dem Mars und nach Versteinerungen auf anderen Himmelskörpern des Sonnensystems höchste Prioritätsstufe, etwa auf den Monden der äußeren Planeten, wie Europa und Titan, und bestimmten Asteroiden. Vielleicht gibt es gar heute Leben auf dem Mars – wie es besonders der jüngere Meteorit nahelegt? Davon betroffen wäre auch die Frage, ob Leben außerhalb des Sonnensystems in der Milchstraße existiert, und damit würde das Interesse an der Suche nach eventuellen Radiosignalen intelligenter Rassen ebenfalls hochschnellen.

Die Entdeckung in den beiden Meteoriten kam natürlich zu spät, um die Aufträge der gegenwärtigen und in der nächsten synodischen Periode in anderthalb Jahren startbereiten Forschungssonden entsprechend abzuändern. Als Robotern fehlt ihnen eben die schnelle Anpassungsfähigkeit des Menschen, der sie damit weit hinter sich läßt. Gerade Pathfinder und der kleine Sojourner haben hervorragend demonstriert, wie umständlich, zeitraubend und letzten Endes limitiert die Teleforschung per Fernsteuerung über 200 Millionen km ist. Eines steht deshalb für mich fest, wie es auch schon für Wernher von Braun feststand: Endgültige Antworten werden sich durch die unbemannten Marsmissionen kaum einholen lassen, dagegen werden sie unsere Fragen nur noch größer und komplexer machen.

Als Folge wird in der Öffentlichkeit, und speziell bei der Jugend, häufiger denn je zuvor gefragt, wann „wir“ zum Mars fliegen, und ob sich dieser Nachbarplanet überhaupt zur einstmaligen Fußfassung durch menschliche Siedler eignet. Seit 40 Jahren beschäftigt mich diese Frage in meiner Arbeit, und ich möchte dazu folgendes sagen:

Die Erforschung und Besiedlung des Mars ist ein großes Langfristziel, ein Jahrtausendprojekt, an dessen Globalität kein anderes Ziel der Menschheit auch nur entfernt heranreicht. Der Prozeß ist in unserer Zeit in Gang gekommen, aber begonnen hat der Aufbruch zur Nachbarwelt bereits vor langer Zeit: Schon seit den Tagen der ersten Ingenieurträume von Konstantin Ziolkowsky und Hermann Oberth und der ersten Raketenstarts von Robert Goddard und Wernher von Braun sind wir auf dem Weg, das ist unbestreitbar. Im bevorstehenden dritten Jahrtausend wird dieser Prozeß die daran teilhabenden Erdenbürger über Jahrzehnte und Jahrhunderte hinweg quer durch alle Kultursparten beschäftigen – aufklärend, forschend, fußfassend, siedelnd und heimisch werdend.

Für den Menschenflug zum Mars in absehbarer Zeit sprechen mehrere Gründe: An vorrangiger Stelle natürlich die weiterführende Suche nach einstigem oder heutigem Leben: also nach Bio-Oasen und Fossilien, nicht nur von Mikroorganismen, sondern auch höheren Lebensformen. Der Mensch selbst muß in der Arena des Geschehens sein, in situ, um sein

Forschungsprogramm nach dem aktuellen, soeben gemachten Entdeckungen ohne Zeitverzug adaptieren und ausrichten zu können. Für die Zukunft des Menschengeschlechts von wahrscheinlich arterhaltender Bedeutung ist danach die Frage, ob und wie Homo Sapiens selbst auf dem Mars „vom Lande“ leben und eine neue Heimat finden kann.

Wann ist es nach der jetzt angelaufenen Phase der robotischen Forschungssonden so weit für die erste menschliche Expedition? Von der technischen Machbarkeit her könnte sie gegen Ende des zweiten Jahrzehnts nach 2000 stattfinden (ein für uns symbolisch besonders bedeutsames Landedatum, mit dem die NASA geliebäugelt hat, wäre etwa der 20. Juli 2019: der 50. Jahrestag der ersten Mondlandung durch Apollo 11).

Und weiter: Werden Menschen auf dem Mars tatsächlich leben können? Die Geschichte zeigt, daß Homo Sapiens sich hauptsächlich dadurch verbreitet hat, daß er es verstand, lokale Rohstoffe auszuwerten und zu nutzen. Für die ersten Marspioniere wird nach Sicherung ihres unmittelbaren Überlebens für lange Zeit die wichtigste Aufgabe darin bestehen, die Nabelschnur von der Erde in Form kostspieliger Nachschubtransporte auf ein Minimum zu reduzieren. Örtliche Mineralschürfung, Rohstoffprozessierung, Veredelung, Produktion usw. erfordern neue Technologieentwicklungen, die bereits heute untersucht werden.

Ein Leben „unter freiem Himmel“, wie wir es kennen, ist auf dem Mars freilich nicht möglich. Seine atmosphärischen Zustände sind dergestalt, daß der Mensch im Freien einen Schutzanzug braucht. Andererseits besitzt Mars alle Rohstoffe, die zum Leben und zur Begründung eines neuen Ablegers der menschlichen Zivilisation nötig sind, und darin zeichnet er sich von allen nichtterrestrischen Körpern in unserem Sonnensystem drastisch aus, auch von unserem eigenen Mond. Im Gegensatz zu diesem lassen sich auf dem Mars die Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff direkt gewinnen: aus der Atmosphäre, dem Wassereis der Polarkappen und dem vermuteten Grundeis (Permafrost). Auch von den meisten industriell interessanten Elementen wie Kupfer, Schwefel, Phosphor usw. hat der Mars große Bestände. Mit einiger Sicherheit liegen sie in konsolidierten und daher abbaugünstigen Mineralerzlagern, weil es in seiner Entstehungsgeschichte hydrologische und vulkanische Prozesse wie bei der Erde gegeben hat, die eine Absonderung und Differenzierung der verschiedenen Elemente entsprechend ihrer Dichte und anderer Charakteristiken ermöglichten.

Die Marsatmosphäre hat zwar keine gegen UV-Licht schützende Ozonschicht, ist jedoch vor allem in den Niederungen dicht genug, um zum Beispiel Erntebestände auf der Oberfläche vor Sonneneruptionen zu schützen. Für sie genügen daher dünnwandige aufblasbare Treibhäuser mit Schutzkuppeln aus UV-beständigem Kunststoff. Der in ihnen auftretende Treibhauseffekt ist auf dem kalten Mars hochwillkommen. Größere Kuppeln wird man aus einheimischen Rohstoffen herstellen, unter denen der zunächst auf Schutzhabitate auf oder unter der Oberfläche angewiesene Mensch dereinst im Freien unter Plastikdomen leben und lustwandeln kann.

Für die ferne Zukunft ist darüber hinaus eine radikale ökosynthetische Klima-Umwandlung der Marsumwelt zu mehr irdischen Verhältnissen denkbar. Solche Prozesse, unter dem Sammelbegriff „Terraformung“ geführt, werden schon heute spekulativ untersucht. „Planetenumwandlung“ in globalem Ausmaß ist auf der Erde in vieler Hinsicht bereits Wirklichkeit geworden, wenn auch nicht immer beabsichtigt, wie die von uns selbst verursachten Klimaveränderungen zeigen. Auf dem Mars könnte das Klima durch künstlich ausgelöste globale Erwärmung, dadurch geförderte „Ausgasung“ des Bodenmaterials und teilweise Abschmelzung der gewaltigen Wassereismengen für das Wachstum terrestrischer Organismen zuträglich gemacht werden, vorausgesetzt, es gibt keine einheimische Biota, die dadurch in Mitleidenschaft gezogen oder gar umgebracht würde. Dazu wären sehr lange Zeiträume notwendig, um 500 bis 10000 Jahre und mehr.

Warum Marserschließung? Die Frage nach ihrem Sinn und Zweck fällt in den größeren Bereich der Grundsatzfrage nachdem transutilitären Sinn und Zweck der bemannten Raumfahrt. Das Grenzüberschreitungsphänomen der Erforschung und einstmaligen Besiedlung des Weltraums steht in dem Geist, der menschliche Forscher zu allen Zeiten angetrieben hat: der Drang, die Grenzen unseres Wissens und Verstehens auszuweiten, und damit den Bereich der menschlichen Existenz, des Lebens und Wirkens. Von Anbeginn an, als Menschen erstmals zu Bewußtsein kamen, war dies der fundamentale Grund, warum sie die Domänen Land, Wasser und Luft erforscht haben und heute wieder und wieder ins All vorstoßen, - inzwischen über 200mal.

Was Deutschland betrifft, so ist die bemannte Raumfahrt in diesem Land notorisch unpopulär geworden. Deutschland hat seine Kapazitäten auf diesem Gebiet reduziert, seine mit so schönen und harterkämpften Leistungen wie die D1- und D2-Missionen aufgebaute Infrastruktur aus Anlagen, Industrieteams und Know-how demontiert. Die deutsche Luft- und Raumfahrtindustrie hat Entwicklungszentren geschlossen und Tausende von Stellen abgebaut, derzeit um fast 25000 seit 1991, das sind 30%, und weitere 3000 Arbeitsplätze sollen bis Jahresende gestrichen werden. In der Raumfahrt sind derzeit nur noch wenig mehr als 4000 Ingenieure beschäftigt – 1990 waren es noch 7000, das ist ein Rückgang um 40%. Den mühsam errungenen „front-row seat“ in der bemannten Raumfahrt hat man längst geräumt.

Eine Folge davon ist, daß die deutsche Jugend heute bei der Berufswahl anderen Ausbildungsrichtungen den Vorzug gibt. Frischgebackene Diplomingenieure, die in der Luft- und Raumfahrt keinen Job finden, beziehungsweise ihren Job bei der DASA verloren haben, oder teuer ausgebildete deutsche Astronauten, für die es keine Einsätze mehr gibt, sind als Rollenmodelle für die Jüngeren eher abschreckend. Da es keinerlei Anzeichen einer baldigen Änderung gibt, bahnt sich hier wegen der antizyklischen Natur des Bildungswesens eine Katastrophe für die weitere Zukunft an: der durch den Mangel an Arbeitsstellen heute verursachte Rückgang in der Nachfrage nach Ausbildung wirkt sich negativ für die Volkswirtschaft aus, wenn es morgen wieder aufwärts geht und dann die Arbeitskräfte fehlen. Noch eine zweite Überlegung zeigt, wie idiotisch es ist, zu glauben, man könnte in der Raumfahrt in ein paar Jahren einfach wieder auf den fahrenden Zug zusteigen, von dem man sich abgekuppelt hat. Wenn man derart kritische und stürmische Entwicklungen der Hochtechnologie den Anderen überlassen hat, muß man sie bei ihnen einkaufen, das heißt, das spätere Wiederankuppeln an den Zug lassen sich diejenigen, die auf ihm geblieben sind, teuer bezahlen. Außerdem fehlt dann nicht nur das nötige Schwungmoment, dessen Ankurbelei über die Jahre viel Mühe und Geld gekostet hat, sondern wie gesagt fehlen dann ganz einfach auch die Fachkräfte. Es steht aber völlig außer Frage, daß ein Land wie Deutschland wieder rein muß in die Raumfahrt; daran läßt sich allein aus puren Vernunftgründen nicht rütteln, denn mit der stattfindenden weltweiten elektronischen Datenvernetzung und der Gentechnik wird Raumfahrt die wichtigste Technologieentwicklung des nächsten Jahrhunderts sein. Es ist eine Entwicklung, die eine eigene, rasante Dynamik zeigt und zudem ja schon längst begonnen hat.

Eine weitere Beteiligung daran kann hier freilich nur dann realisiert werden, wenn das vorhandene Know-how erhalten und weiterentwickelt wird, d.h. wenn man die Kontinuität im Raumfahrtprogramm beibehält: es ist schlichtweg eine Frage der Kompetenz und der Erfahrung bei bemannten Missionen, und die hat Deutschland eingebüßt. Wie kann es sein, daß sich Deutschland derzeit am ESA-Programm finanziell mit 41% beteiligt, aber für ein nationales Programm fast gar nichts übrig hat? Jawohl – es muß ein europäisches Programm geben, damit Europa mit den Weltraumgroßmächten USA und Rußland kooperationsfähig bleibt. Doch um sowohl im Rahmen Europas als auch mit den Programmen der USA und Rußlands kollaborationsfähig zu bleiben, muß es darüber hinaus eine eigenständige deutsche Raumfahrt geben, mit einem nationalen Langfristkonzept und entschlossener Führung durch

innovationsfreudige Manager und Politiker, die an der Zukunft interessiert sind – und zwar mehr an der ihres Landes, als an der ihrer persönlichen oder politischen Laufbahn.

Auch das Bildungswesen, die Pädagogik, ja das kulturelle Selbstverständnis des Bürgers insgesamt leiden darunter, daß es für ihn keine eigenen Rollenmodelle, keine Raumflüge nationaler Prägung mehr gibt, wie in den früheren Jahren durch Ernst Messerschmid, Reinhard Furrer, Hans Schlegel und Ulrich Walter. Jedes weitere Zögern, sich an den fahrenden Zug wieder anzukuppeln, fügt dem Land und seinen Menschen langfristig Schäden zu, die sich so bald nicht mehr gutmachen lassen. Denn wie gesagt: hochtechnologisch getriebene gesamtgesellschaftliche Vorsprünge dieser Art lassen sich nur mit heroischen Gewaltanstrengungen einholen – d.h. mit Finanzaufwendungen, die unter den heutigen limitierten Wirtschaftsbedingungen nicht mehr gegeben sind.

Am 20. April sprach Bundespräsident Roman Herzog in Berlin im Hotel Adlon über den Aufbruch ins 21. Jahrhundert und darüber, warum dieser Aufbruch in Deutschland eben nicht stattfindet. Ich habe seine Worte sehr begrüßt, sie trafen auch hinsichtlich der Raumfahrt genau ins Schwarze. Und sie wurden auch vom Publikum begeistert aufgenommen. Viele Menschen gingen mit einem warmen Gefühl im Herzen nach Hause, lobende Leitartikel wurden geschrieben und Tausende zogen sich die Rede aus dem Internet. Aber das war's dann wohl auch schon – der „Ruck“ blieb und bleibt offenbar aus, uns seine Worte sind weiterhin nur Worte.

Lassen Sie mich zusammenfassend ein paar Tatsachen der Raumfahrt anführen.

Erstens: Es ist ein erwiesener Fakt, daß bisher jeder in die Raumfahrt gesteckte Pfennig in die Volkswirtschaft zurückgeflossen ist. Ihre kommerziellen Spinoffs allein haben die amerikanische Wirtschaft in den ersten drei Jahrzehnten mit über 1,5 Billionen Dollar bereichert. Weltweit werden die Umsätze der Raumfahrtindustrien derzeit auf nahezu 77 Milliarden Dollar jährlich geschätzt; im Jahr 2000 werden es 121 Milliarden sein. Raumfahrt ist eine ständige Herausforderung, die große Anstrengungen in Koordination und Zusammenarbeit benötigt, und das macht sie zu einem einmaligen Ideengenerator, Technologiedemonstrator und Prüffeld für Neuentwicklungen. Inzwischen sind es weit über 30000 neue Erzeugnisse aus unserer Raumfahrt, die allen Menschen zugute kommen, nicht nur den Amerikanern. Bei uns erbringt derzeit jeder in die Raumfahrt gesteckte Dollar zwei Dollar für die Volkswirtschaft.

Zweitens: Bei der Raumfahrt geht es auch um Arbeitsplätze. Das Apollo-Programm schuf auf seinem Höhepunkt über 400000 Jobs bei der NASA und in mehr als 20000 Betrieben in 49 US-Bundesstaaten, die nach Ende des Koreakriegs dringend gebraucht wurden. Beteiligt waren außerdem Lehrpersonal und Studenten an etwa 200 Universitäten und akademischen Forschungsinstituten. Die internationale Raumstation bedeutet heute für die USA allein über 42000 Jobs. Der Ausstieg aus der bemannten Raumfahrt hat Deutschland Tausende von Jobs gekostet, und in dieser Zukunftstechnologie ist Deutschland heute weg vom Fenster.

Drittens: Die Politik. Schon Apollo demonstrierte die positive politische Wirkung der Raumfahrt, denn es handelte sich dabei um eine friedliche Demonstration militärischer Stärke, die den Kalten Krieg mit den Sowjets entschärfte, das Gleichgewicht zwischen den Supermächten nach den Sputnik- und Gagarin-Schocks wiederherstellte und uns vor einer militärischen Demonstration dieser Stärke bewahrte. Das läßt sich mit der hierzulande häufig anzutreffenden „Scheckbuch-Mentalität“ nicht in Mark und Pfennig aufrechnen. Inzwischen gehört der Kalte Krieg längst der Vergangenheit an, doch ist es bezeichnenderweise nicht der

wissenschaftliche, sondern der politische Stellenwert der bemannten Raumfahrt, der auch jetzt wieder den Ausschlag gab bei der neuen Raumfahrtpartnerschaft zwischen den USA und Boris Jelzins Rußland.

Viertens: Die Wissenschaften. Die Mondexpeditionen und bisherigen Shuttle- und Mir-Missionen haben erwiesen, daß Menschen vor Ort viel gezielter nach Erkenntnissen suchen können als Automaten, und seien diese noch so aufwendig konzipiert. Das zeigen auch die komplexen Reparaturen von Wissenschaftsnutzlasten wie das Hubble-Teleskop, das Gammastrahlenobservatorium Compton oder das Solar-Maximum-Teleskop SMM. Trotzdem hört man immer wieder die kolossale Idiotie, die wissenschaftliche Forschung im All könne an sich auf die Anwesenheit des Menschen verzichten. Solche pauschalisierenden Behauptungen, Roboter seien besser als Menschen, sind nachweislich falsch; sie sind hohle Sprechblasen und eine blanke Schande für jeden Naturwissenschaftler, der damit öffentlich schwadronisiert.

Fünftens: Die Umwelt. Die Raumfahrt ermöglicht und stützt unsere Rolle als Verwalter unseres Planeten. Raumfahrt ermöglicht lebenserhaltende Umweltprogramme aus dem All für Pflanze, Tier und Mensch.

Sechstens: Neue Lösungen. Ich habe bei der Beschreibung der internationalen Raumstation bereits darauf hingewiesen, daß die bemannte Raumfahrt eine solide Investierung in neues Wissen ist, das heute noch nicht existiert und ohne eine neue Beteiligung an ihr auch morgen nicht existieren wird.

Siebtens: Die Gesellschaft. Der Erlebnisbereich Weltraum bedeutet für den Menschen eine Seinsbereichserweiterung und damit eine Chance für eine neue Denkweise, die uns positiv beeinflußt und befähigt, mit der Erde behutsamer umzugehen und ein neues Verhältnis zur Natur und zu unserem Mitbürger zu gewinnen. Glauben Sie mir: Wer den Weltraum erlebt hat, erkennt die zwingende Notwendigkeit, das Raumschiff Erde intakt zu halten. Der sogenannte „Overview-Effekt“ des Raumflugs auf unsere Psyche läßt einem neuen Menschen entstehen mit einem neuen Verständnis der Wirklichkeit, wie er gebraucht wird für neue Maßstäbe, neue Ziele und neue Werte: Weg von Zäunen und Grenzen, von Kurzsichtigkeit und dem engen Horizont von Ethnozentrismus, Rassismus, Fremdenangst und Fremdenhaß, die unsägliches Leid über die Welt gebracht haben und bringen.

Achtens: Raumfahrt ist mehr noch als Kulturaufgabe: sie ist Kulturpflicht. Raumfahrt zeigt Perspektiven für die Zukunft; sie macht Visionen lebbar. Wer anders als die Jugend muß existentiell interessiert sein an den heutigen und zukünftigen Problemen der Gesellschaft und den Möglichkeiten, sie zu lösen! Ich frage mich oft, ob es uns älteren Menschen, die wir selber die Ausreifung vieler heutigen Technikansätze nicht mehr erleben werden, überhaupt ansteht, gegen diese derart unreflektiert und stur vom Leder ziehen, wie es mit der bemannten Raumfahrt hier in Deutschland geschieht. Mein Gott, woher nimmt man sich eigentlich das Recht, den Jugendlichen Zukunftsalternativen auszureden, zu vermiesen, ja gar zu blockieren, die sie durchaus zu Großem führen können, wenn die Zeit dafür gekommen ist? Welche Leitbilder geben wir den jungen Menschen? – so fragte auch Roman Herzog im April im Adlon. Den Charakter eines Volkes, seinen Reifezustand und die Mündigkeit seines gesellschaftlichen Bewußtseins, sein Selbstverständnis, erlernt man auch an seiner Fürsorge- und Zuwendungsbereitschaft für die Generationen seiner Nachkommenschaft.

Bemannte Raumfahrt ist also für mich in erster Linie eine ethische Aufgabe, ja Verpflichtung. Denn entgegen populärer Ansicht ist es nicht die technische Entwicklung, die sie treibt, sondern es ist der uns immanente Wunsch nach Seinsbereichserweiterung, der die Technik der Raumfahrt treibt. Daß es diesen Wunsch gibt, und daß er urmenschliche Substanz ist, zeigen uns die Mythen und Sagen der Völker: bei ihnen ist Seinsbereichserweiterung die Voraussetzung für Bewußtseinsweiterung. Diese These reflektiert den gesinnungsethischen Aspekt der bemannten Raumfahrt. Daß dabei ein Füllhorn pragmatischer Wirkungen zugunsten der Wissenschaften, der Umwelt oder der Volkswirtschaft, etwa neue Arbeitsplätze, erzeugt wird, ist ihre erfolgsethische Seite, doch ist diese eben nur die Wirkung und nicht die Ursache unseres Tuns. Wir müssen das Geschehen als einen Teil der menschlichen Entwicklungsstruktur verstehen und die Raumfahrt neben ihrer vordergründig-praktischen Bedeutung auch als ein Abenteuer der „Schatzsuche“ sehen, aus Hunger des Menschen nach umfassenderer Erkenntnis, nach dem großwürfigeren Entwicklungsschub und nach seiner geistigen Spiegelung an seinen Schöpfungen.

Ein Motor dieses Bewußtseinswandels in unserer Zeit ist die Raumstation, der „Standort Weltraum“ in den kommenden Jahrzehnten, und der nächste logische Schritt führt danach zum Mars. Der rote Planet steht in unserem Blickpunkt, und wir brechen zu ihm auf.

Wir nähern uns rasch der Schwelle des dritten Jahrtausends. Die bis dahin noch verbleibenden paar Dutzend Monate stehen im Zeichen des Übergangs aus der Abenddämmerung des alten Millenniums in die Morgenröte des neuen, und die Raumfahrt liefert dazu ihren Beitrag mit dem durch die Raumstation symbolisierten Paradigma-Wechsel vom alten Konkurrenz-Motiv (des Wettlaufs im All) als Triebfeder der Raumfahrt von Gestern zur Kooperation im All als neuer Triebfeder zu Beginn des nächsten Jahrtausends – ein Symbol wie es auch die Stadt Berlin ist. Historisch gesehen ist sie eine Antwort auf die ganz spezielle Herausforderung unseres globalen Zeitalters, und zwar in der ethisch einzig möglichen und angemessenen Weise: durch die Ausweitung und das Über-sich-selbst-Hinauswachsen des zusammenhängenden Systems Erde-Mensch.

Wie ich meine, ein frappierend stimmiger Auftakt zum dritten Jahrtausend!

Prof. Dr. phil. h.c. Dipl.-Ing. Jesco Frhr. von Puttkamer

NASA Headquarters

Washington, D.C.

Tel.: (202)358-1699

Fax: (202)358-2803

E-mail: jvonputt@hq.nasa.gov

URL: <http://www.osf.hq.nasa.gov>

Vortrag für die Astronomische Vereinigung Augsburg in der Fachhochschule Augsburg am 13. September 1997

Die hier geäußerten Meinungen sind die des Autors und nicht unbedingt auch die seiner Institution