

ANSTOSS

ÜBERHITZTE GENDEBATTE

Von VOLKER STOLLORZ

Der Streit um die Frage, wie viel Gentechnologie gut ist für Mensch und Umwelt, war mit Parolen noch nie zu entscheiden. Für oder gegen die Gentechnik zu sein ist schon deshalb unmöglich, weil ihre Methoden nicht nur die Medizin, sondern auch die Nahrungsmittelherstellung, die Landwirtschaft und die Umweltechnik revolutionieren können.

Inzwischen beginnen selbst die Grünen genauer zwischen Mythos und Wirklichkeit der Gentechnik-Risiken zu unterscheiden. Das ist gut so. Wenn jetzt die Vorstandssprecherin Gunda Röstel gentechnologische Forschungen zu medizinischen Zwecken befürwortet – und damit im Einzelfall die Anwendung am Menschen billigt –, sind das Zeichen der Normalisierung in einer überhitzten Debatte: Diskurs statt Verdammung.

Umso ärgerlicher ist, dass derzeit ausgerechnet die Befürworter der Biotechnologie wieder verstärkt die Ideologiekarte ziehen. Wer die grüne Gentechnik als Lösung des Welthungerproblems oder Biotechnologie als Arbeitsplatz-Wunderwaffe propagiert, der versteigt sich ebenso wie derjenige, der jede Freisetzung einer genmanipulierten Pflanze zu einer ökologischen Zeitbombe stilisiert.

Weit erhellender sind da die Resultate einer jüngst veröffentlichten Umfrage, bei der 16 000 Menschen in allen EU-Ländern nach ihrer Einstellung zu Anwendungen der Gentechnik befragt wurden. Fazit der Studie: Europas Bürger zeigen eine zutiefst ambivalente Haltung. Sie lehnen Anwendungen immer dann ab, wenn sie diese für moralisch bedenklich halten – Beispiele sind Klonen und die Xenotransplantation, also die Übertragung tierischer Organe auf den Menschen. In diesen Fällen können selbst risikomindernde Maßnahmen gegen den öffentlichen Widerstand der Bevölkerung wenig ausrichten.

Europas Industrie und Politik sollten aus diesem Akzeptanzproblem Lehren ziehen: Die Bürger fürchten sich weniger vor den Risiken, sofern Gentechnik nachweisbaren Nutzen bringt. Was sie ablehnen, ist das Niederreißen aller moralischen Grenzen im Zeichen eines globalen Standortwettbewerbs.

VON NIELS BOEING

**G**äbe es Marsmenschen, sie würden sich am 4. Juli, dem amerikanischen Unabhängigkeitstag, wahrscheinlich wundern über ungewöhnlichen Besuch: Eingehüllt von dicken Prallballons wird die Nasa-Sonde „Mars Pathfinder“ eine möglichst weiche Hopper-Landung versuchen. Etwa zwei Stunden später soll die Landeeinheit aufklappen und drei große Solarpaneele zur Stromversorgung entfalten. Dann kommt der ganz große Moment: Wie ein Käfer, der aus einer Blüte krabbelt, wird ein selbst fahrender Roboter über eine Rampe auf die unwirtliche Mars-Oberfläche gleiten. Mindestens sieben Marstage (à 24,6 Stunden) soll er auf eigene Faust die nähere Umgebung erkunden. Damit wird ein weiteres Kapitel Sciencefiction Wirklichkeit. Beim letzten Mars-Besuch vor gut 20 Jahren durch die amerikanischen Sonden Viking 1 und 2 gab es fahrende Roboter nur im Kino: Bei George Lucas kurvte R2D2, der pfeifende Mülleimer auf drei Rädern, durch den „Krieg der Sterne“.

Pathfinder ist der Startschuss zu einer Serie von Mars-Missionen, die endlich Routine in die Erforschung unseres Nachbarplaneten bringen sollen (siehe Chronik). Vor allem aber rückt die Mission eine Technologie ins Rampenlicht, die in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht hat: mobile Ro-

boter, die selbstständig in einer unbekannteren Umgebung arbeiten können. Dave Lavery, Leiter des Telerobotik-Programms der Nasa, ist enthusiastisch: „In diesem Markt sind Milliarden zu holen.“

Bis dahin muss Pathfinder aber noch manch riskante Situation bestehen. So bleiben ihm nach Eintritt in die dünne Mars-Atmosphäre nur vier Minuten, um die Sturzgeschwindigkeit mit einem Fallschirm und zwei kleinen Bremsraketen zu reduzieren.

Europas Industrie und Politik sollten aus diesem Akzeptanzproblem Lehren ziehen: Die Bürger fürchten sich weniger vor den Risiken, sofern Gentechnik nachweisbaren Nutzen bringt. Was sie ablehnen, ist das Niederreißen aller moralischen Grenzen im Zeichen eines globalen Standortwettbewerbs.

# Kletternder Beistelltisch

Mit der **MARS-SONDE PATHFINDER** beginnt am 4. Juli ein neues Zeitalter: die Erkundung ferner Planeten durch selbstlenkende Roboter

Erst kurz vor dem Aufprall im Ares Vallis („Tal des Ares“) mit rund 100 Stundenkilometern werden Airbags an der Unterseite der Sonde aufgepumpt (siehe Grafik). Die Gefahr einer Bruchlandung ist allerdings kalkulierbar: Nur 1 Prozent des Ares Vallis ist mit Gesteinsbrocken bedeckt, die größer als ein Kühlschrank sind.

Dass der Pathfinder mit Fallschirm und Airbags auskommen muss – statt sich auf einen lenk- und dosierbaren Raketenantrieb verlassen zu können wie etwa die Mondlandefähren der „Apollo“-Missionen –, das hat er dem „Faster cheaper better“-Programm zu verdanken, das Nasa-Chef Dan Goldin seiner Behörde verordnet hat und mit dem er auf ihre drastischen Budgetkürzungen der letzten Jahrzehnte reagierte. Die jetzige Mission kostet nur 150 Millionen Dollar – ein Fünftel des Viking-Programms aus den 70er Jahren.

So kommt auch der Star der Pathfinder-Mission, der selbst fahrende Roboter „Sojourner“ („verweilender Besucher“), recht bescheiden daher, fast wie ein Beistelltischchen auf Rädern. Die Technik ist den Anforderungen aber optimal angepasst: Durch das Übersetzungsverhältnis von 2000:1, mit dem jedes der sechs Aluminiumräder angetrieben wird, kann das 11,5 Kiloschwere Wägelchen zum Beispiel auch steilste Sandhänge erklimmen. Spitzengeschwindigkeit (24 Meter pro Stunde) und Aktionsradius sind dadurch allerdings drastisch eingeschränkt. Zum Vergleich: Der erste Gang eines VW Golf ist mit 3,5:1 übersetzt.

Sojourners Deckplatte besteht aus Solarzellen, die es bei schönem Marswetter auf eine Energieleistung von 16 Watt bringen. Genug um den Bordcomputer, das Kamera-Lasersystem und ein Alpha-Proton-Röntgen-Spektrometer (APXS) mit Strom zu versorgen. Das APXS tastet Staub und umliegendes Gestein ab und kann daraus die chemische Zusammensetzung ableiten. Die Stereo-Kamera der Landeeinheit zieht aus Sojourners Reifenabdrücken Rückschlüsse auf die Bodenbeschaffenheit.

Die Zielpunkte seiner Ausflüge werden Sojourner von der Nasa-Kontrollstation über die Landeeinheit übermittelt. Bei der konkreten Navigation durch die Gerölllandschaft aber bleibt der Roboter sich selbst überlassen. Eine Fernsteuerung ist wegen der großen Entfernung zur Erde unsinnig. Über zehn Minuten brauchen Funksignale, um die derzeitige Distanz von etwa 187 Millionen Kilometern zwischen Erde und Mars zu überwinden. Bis das

Nasa-Kontrollzentrum auf gefährliche Situationen reagieren könnte, wäre Sojourner längst gegen einen Felsen gefahren. So wird sich der Tele-Roboter nur vorsichtig im Stop-and-go-Rhythmus vorantasten.

Zur Kursbestimmung kombiniert er zwei Verfahren: die Bildverarbeitung und das Abscannen mit einem Laserstrahl. Im Umkreis von rund anderthalb Metern kann der Bordrechner so die Konturen, die Entfernung und die Farbe von 20 Bildpunkten analysieren – und daraus eine sichere Route errechnen. „Er kann auch Löcher erkennen“, versichert Brian Cooper vom kalifornischen Jet Propulsion Laboratory, der Sojourner während seiner Ausflüge überwacht. „In einer vermeintlichen Sackgasse dreht er sich so lange, bis er wieder ein freies Stück vor sich erkennt“ – und fährt gegebenenfalls denselben Weg zurück. Das innere Koordinatensystem des Bordcomputers sorgt dafür, dass der Roboter das Ziel nicht aus den Kameraaugen verliert. Ein Kreiselkompass und ein Streckenmesser liefern ihm jeweils die aktuelle Position. Nach jeder Etappe gibt Sojourner seine Na-

vigationsdaten an die Landeeinheit weiter. Die erhält so regelmäßig „Lebenszeichen“. Aufnahmen und zurückbringen kann der Roboter allerdings nichts. Den Beweis für Lebensformen auf dem Mars, seit einer strittigen Gesteinsanalyse aus dem vergangenen Jahr heftig gesucht, wird auch diese Mission schuldig bleiben. Red Whittaker, Professor für Robotik an der Carnegie Mellon Universität im amerikanischen Pittsburgh, lässt deshalb in Zusammenarbeit mit der Nasa bereits die nächste Generation von Raumfahrtrobotern in der nordchilenischen Atacama-Wüste erproben. Das Modell „Nomad“ ist eine halbe Tonne schwer und so groß wie ein kleiner Jeep. „Schon bei den nächsten Mars-Missionen könnte Nomad dabei sein“, hofft Whittaker. Dabei sollen die Roboter auf zwölfmonatigen Exkursionen im Umkreis von 1000 Kilometern Gesteinsproben einsammeln und zur Landeeinheit zurückbringen. Eine weitere Sonde würde sie zur Erde transportieren. Erst dann ließe sich die Frage endgültig klären, ob es auf dem Mars je Leben gegeben hat – oder womöglich noch gibt.

**34 MIN. VOR DEM AUFPRALL:** Pathfinder rast mit 27 000 km/h auf den Mars zu. Landekapsel und Triebwerk werden getrennt

**4 MIN. VOR DEM AUFPRALL:** Pathfinder taucht in die Marsatmosphäre ein. Der Hitzeschild beginnt zu glühen

**2 MIN. VOR DEM AUFPRALL:** Der Fallschirm öffnet sich – die Geschwindigkeit beträgt jetzt 1500 km/h

**100 SEK. VOR DEM AUFPRALL:** Der Hitzeschild wird abgesprengt. Die Landeeinheit wird an einem Seil aus dem Gehäuse herabgelassen

**32 SEK. VOR DEM AUFPRALL:** Das Bordradar tastet die Landestelle ab und ermittelt die exakte Zeit bis zum Aufprall

**8 SEK. VOR DEM AUFPRALL:** Die Airbags füllen sich mit Luft und umschließen vollständig die Landeeinheit. Geschwindigkeit: 200 km/h

**4 SEK. VOR DEM AUFPRALL:** Die Bremsraketen zünden und reduzieren die Fallgeschwindigkeit auf 100 km/h. Die Sonde löst sich

**AUFPRALL:** Die Sonde springt noch einmal 12 Meter in die Luft, bevor sie endgültig liegen bleibt

**2-3 STD. NACH DEM AUFPRALL:** Die drei Solarpaneele entfalten sich und der Teleroboter „Sojourner“ verlässt die Landeeinheit

**Der Marsroboter SOJOURNER,** entwickelt vom Jet Propulsion Laboratory, ist nur 60 cm lang und 35 cm hoch



CHRONIK

Bisherige Missionen, die den Mars erreichten:

- JULI 1965** Mariner 4 (USA) nähert sich auf 10 000 km Entfernung und sendet erste Bilder vom Roten Planeten.
- JULI/AUG. 1969** Mariner 6 und 7 (USA) kommen schon auf 3400 km heran und messen erstmals Druck und Zusammensetzung der Marsatmosphäre.
- NOV. 1971** Mariner 9 (USA) erreicht erstmals eine stabile Umlaufbahn und kartografiert die gesamte Marsoberfläche.
- NOV./DEZ. 1971** Mars 2 und 3 (UdSSR): Das Landegerät von Mars 2 stürzt ab; die Trümmer sind immerhin das erste menschliche Objekt

- auf dem Roten Planeten. Das Landegerät von Mars 3 fällt kurz nach der Landung aus.
- FEB./MÄRZ 1974** Mars 4 bis 7 (UdSSR) treffen innerhalb von wenigen Wochen am Mars ein. Aber alle Missionen scheitern: Drei Sonden fliegen am Mars vorbei, nur Mars 5 erreicht eine Umlaufbahn. Nach wenigen Tagen bricht der Funkkontakt ab.
- JULI/SEPT. 1976** Viking 1 und 2 (USA) schaffen als erste Sonden eine weiche Landung auf dem Mars. Ihre Kameras senden sensationelle Bilder und Filmsequenzen von der Marsoberfläche zur Erde. Zum ersten Mal werden Bodenproben entnommen und auf Spuren von Leben untersucht. Vergeblich. Leben auf dem Mars bleibt weiterhin eine Spekulation.

In diesem Jahr:

- JULI 1997** Mars Pathfinder Mission (USA).
- SEPT. 1997** Mars Global Surveyor (USA) soll aus einer Umlaufbahn Geologie und Klima auf dem Mars untersuchen.

In den nächsten Jahren geplante Missionen:

- 1998** Mars Global Surveyor 2 (USA) soll aus einer Umlaufbahn die Marsoberfläche nach Wasser absuchen.
- 1998** Planet B (Japan).
- 1999** Mars Lander 98 (USA) – soll in der Nähe

- des Südpols landen und dort nach Wasser suchen.
- 2001** Mars Global Surveyor 3 (USA) soll aus einer Umlaufbahn die Chemie geologischer Prozesse auf dem Mars untersuchen.
- 2001** Landung einer Sonde (USA), die einen weiteren Tele-Roboter absetzen soll.
- 2001** Mission (Russland) mit einem Landegerät und einem Element in der Umlaufbahn.
- 2003** Landung einer Sonde (USA); ihr Tele-Roboter soll eine Reichweite bis zu 1000 Kilometern haben; der Roboter sammelt Gesteinsproben und transportiert sie zur Landeeinheit.
- 2005** Eine weitere Sonde (USA) holt die Gesteinsproben ab und bringt sie zur Erde zurück.