

Die gesellschaftliche Konstruktion einer neuen Technik

Legitimationsstrategien zur Durchsetzung der bemannten Raumfahrt als Beispiel

Von Helmar Krupp und Johannes Weyer

1. Einleitung

Gegenwärtig sind wir Zeitgenossen weitreichender politischer Entscheidungen über die Beteiligung der Bundesrepublik an der bemannten¹⁾ Raumfahrt. Beim Zustandekommen des ESA-Ministerratsbeschlusses vom November 1987 zu den Großprojekten Ariane V, Hermes und Columbus²⁾ spielte die Bundesrepublik bereits eine treibende Rolle.

Durch das Zusammenwirken von Rüstungsindustrie, verschiedenen Ressorts der Regierung (Auswärtiges Amt, Forschung) sowie der einschlägigen Wissenschaft wird in den letzten Jahren versucht, eine Aufbruchstimmung zu erzeugen, um die Forderung nach einer europäischen Autonomie im Weltall, z. B. in Form permanent bemannter Raumstationen, politisch durchzusetzen. Diese politische Entwicklung ist verknüpft mit der technischen Evolution der Raumfahrt, die von den Boden-Boden-Raketen des Zweiten Weltkrieges, der Nutzung von Satelliten für militärische Erkundung sowie für militärische oder zivile Telekommunikation ausgeht und an Prestigeprojekte wie Erdumkreisungen von Menschen und Mondlandungen anknüpft. Geopolitisch geht es um die politische und militärische Beherrschung der - nach Land, Wasser und Luft - vierten Dimension, des Weltraums.

Argumentativ und legitimatorisch kamen folgende Momente hinzu:

- Die Grundlagenforschung in den Bereichen Astro-, Atmosphären- und Geophysik wurde eingeladen oder drängte darauf, die neuen technischen Möglichkeiten zu nutzen.
- Die internationale Verflechtung von Raumfahrt und sog. Hochtechnologie-Politik leistete dem Eindruck Vorschub, man müsse ausländischen Partnern oder Konkurrenten gegenüber mithalten.

Diese Entwicklungen haben sich bisher überwiegend im Rahmen der *unbemannten* Raumfahrt zugetragen; die bemannte Raumfahrt hat trotz einiger spektakulärer Flüge, etwa an der Zahl der Starts gemessen, noch einen relativ bescheidenen Anteil.

1) Wir schließen uns diesem Sprachgebrauch an, obwohl in der Bundesrepublik aus Werbegründen auch Astronautinnen für künftige Flüge ausgebildet werden.

2) "ESA-Bulletin", 53 (1987).

Die Diskussion um die unbemannte Raumfahrt soll an dieser Stelle nicht geführt werden; denn

- Kommunikationssatelliten scheinen sich wirtschaftlich rechtfertigen zu lassen, wenn auch (relativ preiswerte und technisch unkompliziertere) Glasfaserkabel künftig mit ihnen konkurrieren dürften,
- einige Satellitenprojekte, vor allem für die astrophysikalische Grundlagenforschung, sind wissenschaftlich zu legitimieren und
- militärische Erkundungssatelliten lassen sich als Verifizierungshilfe für Rüstungskontrollabkommen nutzen.

Thema soll hier ausschließlich die *bemannte Raumfahrt* sein, die - zumindest in den OECD-Ländern - vor einem großen Aufschwung zu stehen scheint. In der Schwerpunktsetzung auf bemannte Raumfahrtsysteme liegt die entscheidende Zäsur, die sich in den letzten Jahren angebahnt hat und mit den Beschlüssen der Europäischen Raumfahrtbehörde (ESA) von 1987 formal wurde. Techniksoziologisch kann der sich z. Zt. vollziehende Prozeß als *gesellschaftliche Konstruktion einer neuen Technik* beschrieben werden, und es bietet sich an, die bemannte Raumfahrt als Fallbeispiel zum Austesten der Tragfähigkeit und Reichweite neuer Ansätze in der Technikdiskussion zu verwenden³⁾. Weil sich die bemannte Raumfahrt in einem frühen Stadium der gesellschaftlichen Konstruktion befindet, können solche Untersuchungen

- die Technikforschung mit einem Thema anreichern, das voraussichtlich erhebliche gesellschaftliche Bedeutung gewinnen wird,
- einen wichtigen Schritt zur sich mühsam herausbildenden Technikfolgenabschätzung und -Bewertung darstellen und damit zugleich
- zum Testfall für die Chancen zukünftiger wissenschaftlich orientierter Politikberatung werden.

Die vorliegenden Prolegomena beschränken sich auf folgende Teilthemen:

- Welches sind die vorgetragenen Argumente für die bemannte Raumfahrt?
- Wie stichhaltig erscheinen insbesondere die naturwissenschaftlichen, technischen und wirtschaftswissenschaftlichen Argumente?
- In welcher Richtung haben sich die Argumentationsmuster für die bemannte Raumfahrt verschoben? Wie sind die neuen Elemente (politische, militärische, symbolische) einzuordnen?
- Wie ist die bemannte Raumfahrt im Vergleich zu anderen technologischen Optionen zu bewerten?

3) Wiebe E. Bijker et al. (eds.): *The Social Construction of Technological Systems (New Directions in the Sociology and History of Technology)*, MIT Press, Cambridge Mass. 1987.

2. Argumentationsebenen und deren Verschiebungen

Für die bemannte Raumfahrt wirbt eine auf mehreren Argumentationsebenen arbeitende Begründungsliteratur und -rhetorik, die in folgender Weise geordnet werden kann:

Argumentationsebene	stichwortartige Beispiele
utopisch	Städte und Kernfusionskraftwerke auf dem Mond, Weltraumkolonien
emotional	Weltraum-, Eroberung", Vorstoß ins Unbekannte, Abenteuer
wissenschaftlich	Grundlagenforschung, Forschung in schwachem Schwerefeld
technisch	Fertigung im Weltraum, Sonnenkraftwerk, Rohstoffgewinnung
volkswirtschaftlich	neuer Industriezweig, allg. Wirtschaftswachstum
machtsymbolisch	BRD in Europa; Europa gegenüber USA; Bündnispolitik BRD/Frankreich/NATO
militärisch	Aufklärungssatelliten, Militarisierung der Atmosphäre

- Ein rezentes Beispiel auf der *utopischen* Argumentationsebene ist der Vorschlag eines Konsortiums japanischer Bauunternehmen, Mondstädte für Touristen zu bauen, insbesondere auch für Flitterwöchner (honeymoon). Phantomzeichnungen von Architekten lägen bereits vor⁴). Einen Überblick über andere technische Utopien hat Koelle⁵) zusammengestellt. Dazu gehören z. B. mondgestützte Kernfusionskraftwerke für Energielieferung zur Erde und bemannte Mars-Stationen (vgl. Kap. 5).

- In den öffentlichen Debatten der letzten Jahre vor den jetzt gefällten Entscheidungen haben bundesdeutsche Astronauten und Vertreter der Herstellerunternehmen von Raumfahrtgerät, aber auch Vertreter der involvierten Ressorts, zu *emotionalen* Argumenten gegriffen, und dies um so mehr, als es Kritikern gelang, die in den folgenden Abschnitten 4 bis 6 behandelten rationaleren Argumente in Frage zu stellen. So heißt es, der deutschen Forschung, insbesondere auch der Jugend, müssen wieder hehre Ziele gesetzt werden, um sie zu Höchstleistungen zu motivieren⁶).

Da sich allein auf dieser Basis eine langfristig angelegte *Technologiepolitik* nicht ausreichend stützen läßt, sind die wichtigsten argumentativen Ebenen der behauptete wissenschaftliche, technische und volkswirtschaftliche Nutzen der bemannten Raumfahrt. Demgegenüber kommt auf der machtsymbolisch-

4) "The Daily Yomiuri", Tokio, Nov. 1987: Lunar City Designs under Study.

5) H.H. Koelle: A 50 Years Scenario for the Utilization of Space to Improve the Quality of Life on Earth, Proceedings of the Norderney Symposium on Scientific Results of the German Spacelab Mission D 1, DFVLR, Köln 1987, S. 68-90.

6) Wie wirksam irrationale Argumente sein können, zeigte eine öffentliche Diskussion im Spätherbst 1987 in Bonn, als der forschungspolitische Sprecher einer Partei, nach einem Hinweis auf japanische Marsflugpläne, begeistert dazwischen rief: „Dann landen wir eben auf dem Jupiter!“ Dieser Planet besteht wohl im wesentlichen aus Wasserstoff, und die Flugdauer dahin beträgt auf energierationeller Flugbahn etwa 2,7 Jahre. Wegen der hohen Temperatur der Oberflächenatmosphäre käme nur ein kurzzeitiges Eintauchen in Frage, keine Jupiterlandung.

politischen Ebene wieder ein ganz anderer Begründungszusammenhang ins Spiel. Im Bereich der *militärischen* Überlegungen sind politische Prämissen entscheidend, die sich letztlich auf den Dualismus Auf- oder Abrüstung abbilden lassen.

Wir gehen im folgenden der Vermutung nach, daß sich in jüngster Zeit eine signifikante Verschiebung von der wissenschaftlich-technischen zur politisch-militärischen Rechtfertigung der Raumfahrt vollzogen hat⁷).

In der Bundesrepublik sahen sich die Raumfahrt-Protagonisten zunächst genötigt, eine breite politische Zustimmung zur bemannten Raumfahrt zu erzeugen, ohne bereits auf spektakuläre Erfolge verweisen zu können. Zum Unterschied zu z. B. den USA mußte die auf zivil-technologische Entwicklungen ausgerichtete Forschungs- und Technologiepolitik der Bundesrepublik von der Notwendigkeit einer auf wissenschaftlich-technischen Orientierungen aufbauenden Rechtfertigung ihres Handelns ausgehen und Argumente wie z. B. „Arbeitsplätze“ und „internationaler Wettbewerb“ bemühen. Solche Argumentationsmuster reichten aus, um die politische Vorlaufphase (etwa 1984-1987) durchzustehen und eine Konfiguration in Wirtschaft, Staat und Forschung aufzubauen, der gegenüber ein Zurückfahren von Programmen der bemannten Raumfahrt nur noch schwer durchzusetzen ist. Mit der Konsolidierung dieses Komplexes und der Ingangsetzung des ESA-Programmes verschieben sich dann die Argumentationsmuster. Umfassende Kritik etwa zum technischen und volkswirtschaftlichen Nutzen der bemannten Raumfahrt führte in der bundesrepublikanischen Diskussion zu einem rhetorischen Gemenge von Argumenten aus allen Ebenen.

Nachfolgend werden anhand des Abschlußberichtes der D-1-Mission⁸) zunächst die Argumente zum wissenschaftlichen, technischen und volkswirtschaftlichen Nutzen der bemannten Raumfahrt (Abschnitte 4 bis 6) und anschließend der sich in der Bundesrepublik langsam herausbildende politisch-militärische Argumentationsstrang (Abschnitt 7) diskutiert. Schließlich werden mögliche Alternativen der Technologiepolitik analysiert (Abschnitt 8).

3. Entscheidungskalküle in Forschung und Technik

Um den wissenschaftlichen, technischen oder volkswirtschaftlichen Nutzen von Forschungsprojekten und technologischen Entwicklungen zu beurteilen, benötigt man Entscheidungskalküle, die es - angesichts begrenzter Budgets und Übernachfrage seitens der Forschung und Entwicklung - dem Staat (aber auch Wirtschaftsunternehmen) gestatten, begründete Prioritätenentscheidungen zu treffen.

7) Zur Verschiebung der Argumentationsebenen vgl. auch J. Weyer, Raumpflege, in: Kursbuch 90 (Nov. 1987), S. 178-182.

8) Proceedings of the Norderney Symposium on Scientific Results of the German Spacelab Mission D 1, DFVLR,

Im Bereich der *Grundlagenforschung* ist es unmöglich, etwa Medizin mit Hochenergiephysik zu vergleichen. Daher behilft man sich bei der staatlichen Forschungsförderung mit einer (willkürlichen) Aufteilung des Gesamtbudgets auf verschiedene Disziplinen und der Priorisierung von Projekten jeweils innerhalb einer Disziplin. Innerdisziplinäre Priorisierungskriterien in der Grundlagenforschung sind z. B.

- *Erweiterung* einer Theorie, so daß sie vorhandene Theorien durch ihre größere Allgemeinheit „aufhebt“, z. B. Quantentheorie statt klassischer Mechanik und Thermodynamik oder Relativitätstheorie statt klassischer Bewegungslehre;
- *Verfeinerung* einer Theorie, um einen größeren Gegenstandsbereich „erklären“ zu können, z. B. Theorie dissipativer Systeme innerhalb der Thermodynamik;
- Entwicklung einer *neuen Theorie*, um einen experimentell neu erschlossenen Gegenstandsbereich zu „erklären“, z. B. Theorien des Lasers;
- *Experimentelle Erweiterung* des Meßbereichs, z. B. bei Teilchenbeschleunigern der Hochenergiephysik; Erhöhung der Frequenzschärfe, z. B. bei Dioden; Erhöhung der Ausbeute, z. B. bei chemischen oder biologischen Reaktionen, usw.

Das folgende Kapitel soll zeigen, daß eine Anwendung dieser Kriterien zu einem für die bemannte Raumfahrt negativen Ergebnis führt.

Die staatliche Planung *angewandter* Forschung rekurriert im allgemeinen auf vorwiegend qualitative Begutachtung durch Fachleute. Wegen ungünstiger Ergebnisse insbesondere bei staatlich finanzierten Großprojekten streben alle OECD-Länder danach, eine möglichst große Kostenbeteiligung der Industrie sicherzustellen. Ein wesentlicher Grund hierfür ist einerseits die Hoffnung, die Wahrscheinlichkeit der weiteren industriellen Nutzung der Ergebnisse zu erhöhen. Es spielt aber andererseits auch der Grund mit, durch Industriebeteiligung eine größere Rationalität bei der Projektselektion zu erreichen.

Bei den Kosten/Nutzen-Kalkülen der *Wirtschaft* wird dem geschätzten Aufwand für Entwicklung, Fertigung und Vermarktung der erwartete Erlös gegenübergestellt, und es wird abgeschätzt, nach welchen Anfangsinvestitionen in welcher Zukunft welche Gewinne erzielt werden können. Auch wenn die Schätzungen im Einzelfall unsicher sind, erzwingt die Wettbewerbswirtschaft, daß statistisch gesehen kostenwirksamere Projekte weniger kostenwirksamen vorgezogen werden.

Die folgenden drei Kapitel werden der These nachgehen, daß eine ausgewogene Bewertung der bemannten Raumfahrt auf der Basis solcher Entscheidungskalküle die faktisch hohe Priorität des Raumfahrtprogramms nicht stützen würde.

4. Zum naturwissenschaftlichen Nutzen

Schon vor 20 Jahren zirkulierten in einer deutschen Vertragsforschungsinstitution Rundschreiben der NASA mit der Aufforderung, naturwissenschaftliche Experimente der Grundlagenforschung für künftige Raumlaboratorien vorzuschlagen. Gemessen an dieser großen Vorlaufzeit sind die Qualität der Experimente von D 1 und deren Ergebnisse enttäuschend. Der vorgelegte Sammelbericht der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR)⁸⁾ rubrifiziert sie unter den fünf Kategorien:

- Physik der Flüssigkeiten
- Erstarrungsvorgänge
- Biowissenschaften
- Medizin
- Navigation.

Wir können die Experimente in diesem Rahmen nicht mit naturwissenschaftlicher Akribie diskutieren. Kurze Erläuterungen, worum es geht und wie ihr wissenschaftlicher Rang zu beurteilen ist, müssen genügen.

Bei der *Flüssigkeitsphysik* geht es darum⁹⁾, daß in homogenen Flüssigkeiten oder in Flüssigkeitsgemischen Oberflächen- und Grenzflächenkräfte auftreten, die zu Bewegungen führen, die von der Schwerkraft abhängen können. Diese Vorgänge sind als Funktion der gewählten Flüssigkeiten, eventueller Beimengungen, der Temperatur usw. seit langem untersucht worden und werden mindestens seit Jahrzehnten recht gut verstanden. Experimentell kann man die Wirkung der Gravitation auf der Erde simulieren, indem man Flüssigkeiten mit unterschiedlicher Dichte wählt, Temperaturgradienten herstellt oder elektrische, magnetische oder Zentrifugal-Kräfte ausübt. Es handelt sich um - im doppelten Sinne des Wortes - klassische Physik oder klassische physikalische Chemie, die auch in irdischen Laboratorien bearbeitet werden können; wenn man die Schwerkraft variieren will, bieten sich auch Texasflüge (schwerkraftarme Parabelflüge) an. Aus wissenschaftlicher Sicht ist der erwartbare Erkenntnisgewinn gering.

Wie geplant, hat man bei D 1

- Benetzungs- und Spreitungsvorgänge sowie Schwingungen und Aufbrechen von Flüssigkeitssäulen
- Flüssigkeitsbrücken zwischen Festkörpern
- Marangoni-Konvektion (sie ist seit dem vorigen Jahrhundert bekannt und beruht auf Ober- oder Grenzflächenspannungsgradienten, die ihrerseits insbesondere durch Temperatur- oder Beimengungsgradienten erzeugt werden können. Letztere treten z. B. auch bei Schmelz- und Kristallisationsvorgängen

9) Dieter Langbein, in: 7), S. 93-104.

auf. Man kann die Marangoni-Konvektion u. a. dadurch sichtbar machen, daß man Tropfen oder Blasen einbringt)

untersucht. Die Einzelberichte zeigen, daß - vereinfacht gesagt - entweder das erwartete Ergebnis eintrat oder daß sich Unerwartetes ereignete. Im letztgenannten Falle hatte entweder das experimentelle Design versagt (in einem Falle z. B. die automatisierte holographische Aufnahmetechnik) oder man erhielt einige unverständliche Ergebnisse, die erst bei kommenden Flügen nachgeprüft oder unter variierten Bedingungen wiederholt werden können, so daß in D 1 die Ergebnisdichte pro Zeit und pro aufgewendeter Kosten sehr klein ist.

Bei *Erstarrungsvorgängen* interessieren

- Transportvorgänge in Schmelzen, die auch in den Bereich der Flüssigkeitsphysik fallen
- die Bewegung der Erstarrungsfront
- das Verhalten flüssiger, nicht mischbarer Legierungen, z. B. Koaleszenz
- Unterkühlung und Keimbildung
- Verbindungsvorgänge, wie bei Schweißen und Löten.

In allen Vorgängen spielen Flüssigkeitsbewegungen, und sei es im mikroskopischen Maßstab, eine Rolle; diese können schwerkraftabhängig sein.

Bei den Experimenten in D 1 beobachtete man insbesondere

- Abweichungen vom 1g-Konzentrationsprofil¹⁰⁾ an der Flüssig/Fest-Grenzfläche mit Auswirkungen auf das Dendritenwachstum
- Abweichungen vom 1g-Wachstum von Siliziumeinkristallen
- Abweichungen bei der Trennung erstarrender nicht mischbarer Legierungen
- gegenüber 1g-Bedingungen veränderte Verteilung und Größe von festen oder flüssigen Dispersionen in Schmelzen, insbesondere auch veränderte Ostwald-Reifung
- veränderte Stützhautbildung auf Metallen durch gerichtetes Oberflächenwachstum mehrphasiger Legierungen.

In mehreren D 1-Experimenten ging es lediglich darum, bekannte 1g-Gerätschaften, insbesondere der Einkristallzüchtung, an die Verhältnisse im Raumlaboratorium anzupassen, so daß noch keine wissenschaftlichen Ergebnisse angestrebt und erzielt wurden. Wegen der Vielzahl jeweils beteiligter Einzeleffekte und der großen Abhängigkeit der Ergebnisse von den speziellen Versuchsparametern sind die erhaltenen Ergebnisse ein allererster Schritt, der es

in der Regel *nicht* ermöglicht, die Wirkung der Schwerkraft herauszuisolieren und in theoretischen Modellen spezifisch darzustellen.

Für den Nichtfachmann sei betont, daß wegen ihrer Bedeutung für die Materialphysik Erstarrungsvorgänge weltweit in großem Umfang erforscht werden, so daß die D 1-Experimente nur einen *sehr kleinen* Baustein hinzuzufügen vermögen. Dessen Bedeutung wird noch dadurch reduziert, daß die Ergebnisse mehrfacher Wiederholung und Bestätigung bedürfen, um als ausreichend gesichert gelten zu können, was jahrelange Flugdauern in erheblich reichlicher ausgestatteten Raumlaboratorien erfordern würde.

Anders sind die *biologischen* und *medizinischen* Untersuchungen zu bewerten. Wenn wegen der bemannten Raumfahrt Menschen verminderter Schwerkraft und erhöhter Strahlenbelastung ausgesetzt werden - bei sowjetischen Experimenten schon bis zu einem Jahr -, dann kann solche Forschung für die Betroffenen lebenswichtig sein, d. h. der Einsatz von Menschen als Versuchspersonen rechtfertigt sich zirkulär durch das Raumfahrtprogramm. Die experimentelle Ausbeute von D 1 für die Bio-Wissenschaften war jedoch wegen der schwierigen Kontrolle der Experimentierbedingungen, verglichen z. B. mit den physikalischen Versuchen, besonders gering. Man beobachtete in einigen Fällen

- veränderte Zellteilungsgeschwindigkeiten und Zusammensetzungsänderungen in schwerkraftempfindlichen Zellen oder verändertes Vermehrungsverhalten der Testfliege *Drosophila*, aber auch
- gravitationsinvariantes Wachstum, z. B. bei je einer Algen- und Wurzelsorte (*Gartenkresse*).

Auch diese wenigen Ergebnisse können den finanziellen Aufwand *nicht* rechtfertigen.

Die *Strahlenbelastung von Kosmonauten* scheint der wichtigste Engpaßfaktor bemannter Raumfahrt zu sein¹¹⁾. Die dosimetrischen und spektralen Differenzen zwischen D 1 und anderen Weltraumflügen ergeben sich aus der Variabilität der Sonnenstrahlung, der geomagnetischen Abschirmung (Strahlungsgürtel) und aus Selbstabschirmung im Satelliten. Nach den veröffentlichten Messungen soll die Besatzung von D 1 im Mittel eine Dosis von etwa 3 mSv (Millisievert) pro Tag erhalten haben. Dieser Wert entspricht der 1,5fachen mittleren Jahresbelastung durch den Strahlungshintergrund in der Bundesrepublik und der dreifachen mittleren Jahresbelastung der Bundesbürger durch Röntgenaufnahmen und Nuklearmedizin. Röntgenärzte erlauben sich gegenwärtig noch 50 mSv pro Jahr an berufsbedingter Strahlenbelastung, sowjetische Kosmonauten ein Vielfaches hiervon.

10) "1g-Konzentrationsprofil" heißt: das bei der Schwerkraft von 1g auf der Erdoberfläche herrschende Konzentrationsprofil. Sinngemäß "1g-Wachstum", "1g-Bedingungen" und "1g-Gerätschaften" weiter unten.

11) G. Reitz et al. in: 7), S. 418.

Die medizinischen Messungen ergaben u. a.

- Abfall des Blutdrucks in den äußeren Venen, der sich während der Flugzeit noch verstärkte
- Abfall des Hämatokrit, d. h. des Volumenanteils an roten Blutkörperchen im peripheren Blut
- Flüssigkeits- und Gewichtsverluste während der Flugdauer von 4 bis 9%
- Auftreten von Raumkrankheit (mit Erbrechen).

Es wurde versucht, genaueres über die *Kalzium verluste der Knochen*, die eine zweite Begrenzung menschlicher Raumtauglichkeit darstellen, zu ermitteln - das betreffende Experiment schlug fehl. Die Verluste an Knochenkalzium könnten zu Osteoporose (Knochengewebsmangel) und zu Nierensteinbildung führen.

Auch wenn die Grundlagenforschung hierdurch wenig befruchtet werden dürfte, haben solche biologischen und medizinischen Untersuchungen, wie gesagt, Bedeutung für künftige Astronauten, sofern auf bemannte Raumfahrt nicht verzichtet wird.

Die *Navigationsexperimente* hatten das Ziel, Geräte zur Positionsbestimmung, zur Zeitübertragung und zur Navigation zu testen. Sie haben lediglich technische Bedeutung im Zusammenhang mit der Raumfahrt und dienen nicht der naturwissenschaftlichen Forschung.

Zusammenfassend sei schließlich noch darauf hingewiesen, daß - im Vergleich zu Experimenten auf der Erde - Experimente im Raumlabor, von den immensen Kosten abgesehen, unter folgenden *Restriktionen* stehen:

- geringe Experimentierdauer
- fehlende oder beschränkte Möglichkeiten, das experimentelle Design oder Programm zu ändern (daran ändert die Anwesenheit von Menschen wenig)
- große Zeitabstände zwischen Meß-Serien
- große Beschränkungen hinsichtlich der Menge der variierbaren Parameter und des verfügbaren Variationsfeldes (z. B. wenige Versuchspersonen bei physiologischen Messungen)
- unsaubere Umgebung
- eingeschränkte Beobachtungsmöglichkeiten.

Allein aufgrund dieser Beschränkungen des Forschungsprozesses scheint der *wissenschaftliche Wert von schwerearmer Forschung* vergleichsweise gering.

Die Mission D 1 soll 400 Mio. DM gekostet haben - anfänglich waren 300 Mio. DM geschätzt worden¹²⁾. In der gleichen Größenordnung, eher

12) H. Steinte, in: 7), S. 31.

erheblich darunter, liegen die jährlichen Kosten von Forschungsprogrammen des Bundesministeriums für Forschung und Technologie über z. B. Laser, neue Materialien, Fertigungs- und Büroautomatisierung, Erschließung neuer Energiequellen, Techniken zur Energierationalisierung, neue Produktionsverfahren mit geringerer Umweltbelastung, Humanisierung des Arbeitslebens, AIDS.

Da die Forschung im Raumlaboratorium großenteils als Grundlagenforschung bezeichnet wird, bietet sich ein Vergleich z. B. mit der Hochenergiephysik oder der Mikrobiologie an, deren jährliche Kosten in gleicher *Größenordnung* wie D 1 liegen. In den beiden letztgenannten Fällen geht es um eine fundamentale Erweiterung des naturwissenschaftlichen Weltbildes, die im Falle der Physik unser Bild von den „Urbausteinen“ der Materie vervollständigen, in der Mikrobiologie die Grundvorgänge in lebendiger Materie erklären sollen. Demgegenüber sind die Experimente im Raumlabor höchstens angewandte, nicht Grundlagenforschung, aber auch als solche eher randständig, verglichen etwa mit der Forschungsfront in der Festkörper- oder Materialforschung.

Das *Fazit* lautet daher: Die Experimente im Weltraumlabor erfüllen *weder* die üblichen Anforderungen an die Förderungswürdigkeit wissenschaftlicher Großprojekte, *noch* sind sie kostenwirksam. Der Fortschritt der Wissenschaften wird durch sie höchstens marginal befruchtet. Daher ist zu empfehlen, daß eine führende bundesdeutsche Wissenschaftsinstitution die Ergebnisse von D 1 in einem ausgewogenen Kreis von Wissenschaftlern diskutiert, um eine unabhängige, d. h. nicht primär von den Interessen der Nutznießer geleitete Bewertung zu ermöglichen.

5. Zum technischen Nutzen

Die Auswertung der D 1-Mission geht vor allem in dem sehr gerafften Überblick von Koelle¹³⁾ und in der Zusammenstellung von Heise¹⁴⁾ auf die Frage des technischen Nutzens der bemannten Raumfahrt ein. Hiernach ziele technische Satellitennutzung auf

- Herstellung biologischer und pharmazeutischer Produkte durch Elektrophorese¹⁵⁾
- Herstellung von Metallen und Legierungen mit besonderen Eigenschaften, die auf
 - besonders kontrollierten Schmelz- und Schweißprozessen
 - extremer Homogenität
 - besonderer Dispersionsveredlung
 - tiegellosem Schmelzen
 beruhen sollen

13) Siehe Anm. S.

- anorganische Kristalle besonders geringer Baufehlerdichten
- Gläser und Keramik, obwohl hier nur ein Meßprogramm postuliert wird
- große Protein-Einkristalle; auch hier zielt das Programm offenbar auf wissenschaftliche Forschung, nicht auf technische Anwendung.

Koelle erwähnt zusätzlich satellitengestützte Sonnen- und Fusionskraftwerke, die Gewinnung mineralischer Rohstoffe auf Mond, Planeten und Asteroiden sowie Müllentsorgung in den Weltraum.

Die angedeuteten *Kosten/Nutzen-Überlegungen* von Koelle und Heise sind vor allem deshalb nicht brauchbar, weil sie irdische Alternativen außer acht lassen. Das gut insbesondere auch für die materialtechnischen Verfahrensvorschläge von Heise, die anlässlich eines Kolloquiums des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI)¹⁴⁾ vorgetragen und von anwesenden Fachleuten einhellig kritisiert wurden.

Genauer sind dagegen amerikanische Entwürfe z. B. für Sonnenkraftwerke auf Satelliten¹⁶⁾. Die Grundidee besteht darin, auf einer photovoltaisch ausgerüsteten Empfangsantenne von etwa 5x10 km² empfangene Sonnenenergie per Mikrowellen mit einer Frequenz von 2,45 GHz auf eine irdische Antenne von 10x13 km² zu strahlen, bei der eine Leistung zwischen 1 mW/cm² am Rand und etwa 20 mW/cm² in der Mitte ankommen soll. Die gesamte elektrische Leistung auf der Erde soll 5 GW (elektrisch) betragen. Abgesehen von den im Vergleich zu irdischen Anlagen zu hohen Kosten macht das amerikanische Office of Technology Assessment gemäß der zitierten japanischen Übersicht darauf aufmerksam, daß möglicherweise mit

- biologischen und medizinischen Schädigungen von Menschen auf der Erde aufgrund der Mikrowellenstrahlung
 - Ionisierung der oberen Atmosphäre und damit Störung der Telekommunikationsverbindungen und anderen, möglicherweise schädlichen Effekten (chemischen Reaktionen)
- zu rechnen sei.

Vergleichbare *Technikfolgen-Abschätzungen* und *-Bewertungen* von bemannten Raumfahrtprojekten Hegen in der Bundesrepublik nicht vor.

Zusammenfassend lautet unsere Bewertung des technischen Nutzens:

- Die gegenwärtige Materialforschung und -entwicklung auf der Erde hat eine derartige Fülle neuer Möglichkeiten ergeben, daß die Berechtigung von Materialforschung im Weltraum dadurch nachgewiesen werden sollte, daß die

14) Othmar Heise, Perspektiven der Weltraumnutzung für die Industrie, in: "Industrieforschung". BDI, Köln 1986, S. 145-180.

15) Ein elektrochemisches Trennverfahren.

16) Institute for Future Technology: An Assessment of a Satellite which Transmits Solar Power, from the Viewpoint of Economy, Tokyo 1982/83.

Industrie deren Kosten zumindest zu 50% (wie bei der staatlichen Forschungsförderung sonst üblich) übernimmt. Ein solches Engagement der Industrie zeichnet sich nicht ab, und Fachleute erwarten tatsächlich höchstens marginalen Nutzen von weltraumgestützter Materialforschung¹⁷⁾.

- Ein weltraumgestütztes Sonnenkraftwerk würde - abgesehen von der Frage der Beherrschbarkeit der Risiken - Kosten verursachen, die die geringere Ausbeute eines am Erdboden stationierten Systems vermutlich um ein Mehrfaches kompensieren würden.

- Bei Fusionsreaktoren ist es nach wie vor fraglich, ob auf der Erde je positive Energieausbeute, geschweige denn ein positives Kosten/Nutzen-Verhältnis (auch angesichts der Kernstrahlungsbelastung) erzielt werden können. Erst recht erscheinen Fusionskraftwerke auf dem Mond auch wegen der Montage-, Wartungs- und Automatisierungsprobleme auf viele Jahrzehnte hinaus utopisch.

- Solange Kostenschätzungen für Müllentsorgung, Mineraliengewinnung im Weltraum, Weltraumtourismus u. dgl. nicht vorgelegt werden, kann hierüber nicht rational diskutiert werden. Unsere Einschätzung ist, daß solche Projekte unrealistisch sind. Bezeichnend für die öffentliche Diskussion ist dieser Versuch, gravierende irdische Probleme zur Legitimation für zweckrational nicht begründbare Projekte heranzuzieheri. Dies zeigt auch der Vorschlag, hochgefährliche Chemieproduktion ins Weltall zu verlagern¹⁸⁾.

Sollte in späteren Jahrzehnten oder Jahrhunderten das eine oder andere dieser Projekte wider Erwarten eine größere Realisierungswahrscheinlichkeit erhalten, genügt es für ein Land wie die Bundesrepublik, entsprechende Entwicklungen erst dann zu beginnen. Das ergibt sich analog aus der erfolgreichen und kosteneffizienten Aufholstrategie der Bundesrepublik und später Japans nach dem Zweiten Weltkrieg.

Diese vorsichtige Einschätzung des technischen Nutzungspotentials der bemannten Raumfahrt scheint von der Industrie geteilt zu werden. Denn trotz der Beratung durch Kienbaum und der Gründung der Firma Intospace, die den Weltraum vermarkten soll, scheint es keine Industriebeteiligung zu geben, sofern sie nicht wiederum durch den Staat finanziert ist. Selbst bei vorgebllicher Industriebeteiligung wird häufig lediglich *staatliche Umwegfinanzierung* betrieben. So wird ein Filmhersteller (Kodak) gern ein Projekt angeblicher Grundlagenforschung im Raumlabor mit einigen 100 000 DM fördern, wenn er dadurch zur Durchsetzung größerer Raumfahrtprogramme beiträgt, an denen er durch Verkauf von Filmmaterial ein Vielfaches der eingesetzten Summe verdient. Ein Beispiel für solche Umwegfinanzierung über Private liefert das Battelle-Institut, das an der privaten GmbH Intospace beteiligt sein

17) Beratender Ausschuß der Industriephysiker in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft: Memorandum zur Materialforschung mit bemannter Weltraumfahrt, in: 'Physikalische Blätter', Nr. 9/1987, S. 375 f.

18) DFVLR (Hrsg.), Orientierungsrahmen Hochtechnologie Raumfahrt. Überblick und Empfehlungen, Köln 1987, S. 21.

soll, aber ein Vielfaches der Beteiligungssumme über staatliche Weltraumforschungsaufträge vereinnahmt.

Es entspräche weltweiten Privatisierungstendenzen, insbesondere auf Utopien, Emotionen und Prestige orientierte Raumflüge durch Beiträge zu einem privaten Weltraumverein zu finanzieren. Eine Beteiligungsquote von 5% der europäischen Bevölkerung mit Monatsgebühren von 10 DM würde mit einem jährlichen Gesamtaufkommen von etwa 1,5 Mrd. DM spektakuläre Flüge mit durch Los auszuwählenden Vereinsmitgliedern ermöglichen, so daß schrittweise die Beteiligung erhöht und die Ziele weiter gesteckt werden könnten.

(Zweiter Teil folgt.)

Die gesellschaftliche Konstruktion einer neuen Technik (II)*)

Legitimationsstrategien zur Durchsetzung der bemannten Raumfahrt als Beispiel

Von Helmar Krupp und Johannes Weyer

6. Zum zivilen volkswirtschaftlichen Nutzen

Der gesamte Wirtschaftszweig Luft- und Raumfahrt hatte 1986 knapp 70 000 Beschäftigte mit einem Jahresumsatz von etwa 9,6 Mrd. DM¹⁹⁾. In den nächsten wenigen Jahren dürften die Aufwendungen der Bundesrepublik für

*) Teil I erschienen in: „Blätter“, 9/1988.

19) Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.1.1., Wiesbaden 1987.

bemannte Raumfahrt etwa 2–3 Mrd. DM pro Jahr betragen. Unter Benutzung dieses Verhältnisses von Umsatz zu Beschäftigung ergibt sich ein zusätzliches Beschäftigungsvolumen von höchstens 20 000 Personen. Trotz des veröffentlichten Wunsches nach Diversifikation und Technologietransfer in zivile Bereiche haben die Raumfahrtunternehmen nur geringe private Aktivitäten. Daher ist der Multiplikatoreffekt dieser staatlichen Investitionen kleiner als bei alternativen Projekten, z. B. im Bereich staatlicher Infrastruktur wie Energieversorgung, Umweltschutz, Verkehr oder Stadterneuerung, wo sie private Investitionen nach sich ziehen und höheren Wohlfahrtsnutzen stiften – siehe Abschnitt 8.

Die amerikanischen Rüstungspläne lassen jedoch erwarten, daß die Raumfahrtaktivitäten (auch die bemannten) stark zunehmen werden. Auch wenn dies nur teilweise Real-, zum anderen Teil aber Nominalwachstum sein dürfte, das sich aus dem Wandel der Rüstungsstruktur ergibt, ist für die Rüstungsindustrie selber der Einstieg in die bemannte Raumfahrt interessant, *für die Volkswirtschaft hingegen nicht.*

Häufig werden staatliche Großprogramme durch behaupteten zivilen Nutzen aufgrund von *Technologietransfer* gerechtfertigt. Die reichhaltige Literatur ist von der IABG²⁰⁾ und von Albrecht²¹⁾ ausgewertet worden. Wir fassen hier Argumente zusammen, die an anderer Stelle ausführlicher dargestellt sind²²⁾.

1. Der Transfer von staatlich (teil-)finanzierter Technologie ist generell mit großen Schwierigkeiten behaftet. In einem 10-Jahres-Projekt der Fraunhofer-Gesellschaft wurde ab 1973 versucht, fast 7000 Patente oder Patentanmeldungen, die sich aus öffentlicher Forschungsförderung in der Industrie (70%) oder in öffentlichen Forschungsinstitutionen (30%) ergeben hatten, in andere Unternehmen und Anwendungsbereiche zu transferieren. Der Erfolg bestand in nur zehn Lizenzverträgen, die vermutlich nicht alle zu wirtschaftlichem Erfolg geführt haben. Dieser geringen Ausbeute gingen voraus die Verschickung von

- 150 661 zusammenfassenden Erfindungsbeschreibungen an 450 Unternehmen
- 2206 vollen Erfindungsbeschreibungen
- 178 konkreten Lizenzangeboten.

Es gibt unterschiedliche Erklärungshypothesen, z. B. die, das benutzte Erfindungsreservoir sei das Ergebnis einer ungünstigen Vorauswahl der für den Transfer freigegebenen Erfindungen durch die Empfänger staatlicher For-

20) Industriebetriebe- und Betriebsgesellschaft IABG: Ziviler Nutzen militärisch motivierter Forschung und Entwicklung, Ottobrunn 1985.

21) Ulrich Albrecht, Die Nutzung und der Nutzen militärischer FuE-Ergebnisse für zivile Anwendungen, Studie und Bibliographie, Berlin 1986.

22) Helmar Krupp et al. in H. I. Fusfeld and R. R. Nelson: Proceedings of an International Conference on Technical Cooperation and International Competitiveness, Dilemmata Inherent in the Public Promotion of High Technologies, Rensselaer Polytechnic Institute, School of Management, April 1988.

schungszuwendungen gewesen. Nach unserer Erfahrung scheint aber die enge Kontextbezogenheit von Erfindungen ausschlaggebend zu sein, so daß nutzbringender Transfer in einen ganz anderen technischen oder unternehmerischen Kontext unwahrscheinlich wird. Vergrößernd drückte ein Japaner diesen Sachverhalt folgendermaßen aus²³⁾: „Die gewaltigen Verteidigungs- und Weltraumprogramme sollten eigentlich ein reicher Quell neuer technologischer Erfindungen und Innovationen sein. Das ist aber nicht der Fall. Der ursprüngliche Zweck dieser Projekte ist völlig verschieden von dem, kommerzielle Produkte herzustellen. Darüber hinaus sind diese Projekte oft zu grandios, um marktorientierte Waren zu produzieren. Es ist, als wollte man Gulliver beauftragen, Nadelarbeit für Lilliput herzustellen.“ Technologietransfer in andere Kontexte, falls überhaupt möglich, erfordert Um- oder Anpassungsentwicklung, die häufig kaum billiger ist als direkte Entwicklung ohne diesen Umweg.

2. Unter dem Eindruck fehlenden spontanen Technologietransfers startete die NASA in den 60er Jahren umfangreiche Technologietransfer-Aktivitäten, die entsprechende Bemühungen in Europa anfachten. Erhebungen, insbesondere in den USA, ergaben geringe Transferraten und noch geringere Nutzenwahrscheinlichkeiten, so daß – unter dem Druck des General Accounting Office – NASA diese Transferbemühungen reduzieren mußte.

3. Wie schon gesagt, ist der zivile Umsatz unserer Raumfahrtunternehmen klein. Der Hinweis auf Einzelerfolge, wie das Gerät zur Nierensteinzertrümmerung von Dornier, ist weder der Rüstungsforschung direkt zuzurechnen noch verallgemeinerbar:

- Es gibt erfolgreiche technische Alternativen für dieses Gerät.
- Die neuerliche systematische Förderung medizinischer Technik z. B. in der Fraunhofer-Gesellschaft und an einigen Hochschulen ist auf Dauer voraussichtlich wesentlich kostenwirksamer.

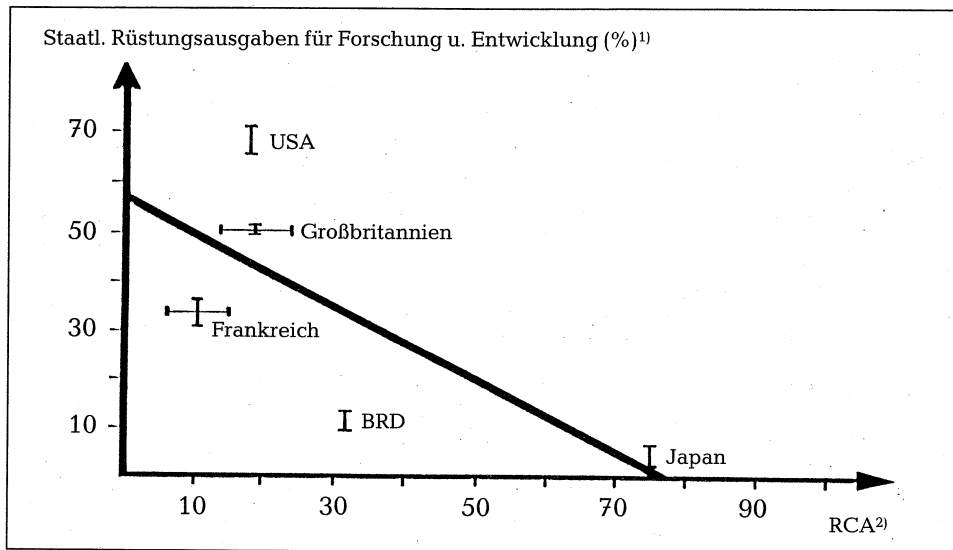
4. Es gibt, wie das nachstehende Schaubild zeigt, bei OECD-Ländern einen negativen Zusammenhang zwischen Rüstungsforschung und internationaler technologischer Wettbewerbsfähigkeit: Die weit überdurchschnittlichen Rüstungsausgaben der USA korrelieren mit weit unterdurchschnittlichen Exporterfolgen bei forschungsintensiven Gütern. Ein Beispiel für das andere Extrem ist Japan mit bisher geringfügiger Rüstungsforschung bei sehr hoher Wettbewerbsfähigkeit. Das Vereinigte Königreich und Frankreich liegen eher auf der amerikanischen, die Bundesrepublik eher auf der japanischen Seite.

Plausible Erklärungshypothesen sind:

- Rüstungsorientierte Unternehmen sind im wesentlichen auf nur einen staatlichen Kunden orientiert; das führt zu gesamtwirtschaftlich ineffizienterer Sozialisation von Entwicklung, Fertigung und Vertrieb als die Orientierung

23) Shigeo Minabe, in: „Science“ 233 (1986), S. 301 (deutsche Übersetzung durch die Autoren dieser Arbeit).

Schaubild: Rüstungsausgaben im Vergleich zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit



1) Oberer Wert: Anteil der öffentlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben für Rüstung und Raumfahrt (militärisch und zivil, unbemannt und bemannt) an allen öffentlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben, 1984.

Unterer Wert: Anteil der öffentlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben für Rüstung (inklusive Weltraumrüstung) an allen öffentlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben.

2) Indikator RCA (revealed comparative advantage), ein Maß für internationale Wettbewerbsfähigkeit bei forschungsintensiven Waren, für deren Forschung und Entwicklung drei oder mehr Prozent des Umsatzes aufgewendet werden (vgl. Anm. 49). Die Zahlen für die USA, Japan und die Bundesrepublik beziehen sich auf das Jahr 1986, für das Vereinigte Königreich und Frankreich sind sie vom Basisjahr 1980 auf 1986 extrapoliert worden. Die Fehlerbreite dieser Extrapolation beträgt ± 5 .

auf komplexe, zeitlich und inhaltlich variable, von internationaler und nationaler Konkurrenz bedrohte Zivilmärkte.

– Einzelheiten der Rüstung sind häufig geheim, so daß Wissenstransfer behindert wird.

5. Die UdSSR ist ein besonders eindrucksvolles Beispiel für die negative Korrelation zwischen Rüstung und ziviler Wettbewerbsfähigkeit. Auch der offenbar geringe Erfolg von Spionage bestätigt die Ineffektivität von Technologietransfer.

6. Häufig wird mit sog. „serendipity effects“²⁴⁾ argumentiert, also mit der Erwartung von zufällig anfallenden Nebenergebnissen. Deren Wahrscheinlichkeit ist in ziviler Forschung voraussichtlich gleich groß, wegen ihrer größeren Wissenschafts- und Wirtschaftsnähe vermutlich größer. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist noch hinzuzufügen, daß ein nicht zu frühes Einsteigen in

24) Nach einer Erzählung von Horace Walpole, 1945 aufgegriffen von Robert Merton.

eine neue Technik in der Regel kostengünstiger ist. Für den Fall nicht erwarteter nichtzivilier Zufallsentdeckungen heißt das, sie können unabhängig vom Entstehungsort in der Regel von ziviler Seite rechtzeitig erkannt und genutzt werden, müssen also nicht im eigenen Lande erfolgt sein.

In diesen Diskussionen wird oft nicht gesagt, daß alle grundlegenden Erfindungen und Entdeckungen im zivilen Bereich gemacht wurden, wie z. B. der automatische Rechner, der Transistor, integrierte Schaltungen, grundlegende optoelektronische Effekte, Maser und Laser, Faseroptik, Gentechnik, neue superplastische Materialien, Supraleitung usw. Sobald deren wirtschaftliches Potential erkannt wurde, begann entsprechende zivile Nutzungsforschung. Militärische Nutzung führte in Ländern wie in den USA nur dazu, daß häufig zivile Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen durch militärische Finanzierung substituiert wurden, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Entwicklung in der Regel gelitten hat. Insgesamt gesehen ist jedenfalls der Technologietransfer aus dem zivilen in den militärischen Bereich erheblich umfangreicher als umgekehrt.

Das Fazit dieses Abschnitts lautet: Alles scheint dafür zu sprechen, daß bemannte Raumfahrt *nicht durch zivilen volkswirtschaftlichen Nutzen gerechtfertigt* werden kann.

7. Zum politisch-militärischen Nutzen der bemannten Raumfahrt

Mit wachsender öffentlicher Skepsis bezüglich des wissenschaftlich-technischen und volkswirtschaftlichen Nutzens der bemannten Raumfahrt wächst die polemische, auch ins Persönliche gehende Aggressivität ihrer Protagonisten²⁵⁾. Der Versuch der gesellschaftlichen Ausgrenzung von Kritik wird begleitet von dem rhetorischen Konzept, Raumfahrt als eine primäre Staatsaufgabe aufzufassen und über einen emotionalen nationalen Grundkonsens abzusichern²⁶⁾. Dahinter steht offenbar eine umfassende Neuorientierung der bundesdeutschen Außen- und Rüstungspolitik²⁷⁾ mit der Raumfahrt als deren Instrument²⁸⁾. Vorgezeichnet hat sie das Forschungsinstitut der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik (DGAP) unter Karl Kaiser²⁶⁾, das erstmals öffentlich konzediert, daß das geplante, insbesondere das bemannte Raumfahrtprogramm über den wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Nutzen allein nicht zu rechtfertigen sei.

25) „Der Spiegel“, 40/1987, S. 39; „Frankfurter Allgemeine Zeitung“ (FAZ), 8. 2. 1988; E. Riedl in: „Luft- und Raumfahrt“, 4/1987, S. 4 f.

26) Raumfahrt-Wirtschaft 14 und 17/1988 sowie: Forschungsinstitut der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik (DGAP), Deutsche Weltraumpolitik an der Jahrhundertsschwelle, Bonn 1986.

27) Hans-Dietrich Genscher (Hrsg.), Nach vorn gedacht . . . , Perspektiven deutscher Außenpolitik, Stuttgart 1987, bes.: H.-D. Genscher, Kontinuität und Wandel. Moderne Außenpolitik in der Perspektive 2000, S. 9–25.

28) Orientierungsrahmen (Anm. 16), S. 1; BMFT (Hrsg.), Weltraumpolitik der Vernunft und des Maßes, 49/1987, S. 1.

Auf drei Ebenen wird deutlich, daß das Programm der DGAP heute faktisch regierungsamtlich geworden ist: auf der Ebene der

- politisch-programmatischen Terminologie
- der Entscheidungsstrukturen und
- der technischen Realisierung.

Auf der *terminologischen* Ebene heißt es beim Bundesforschungsministerium jetzt, man stehe vor einer „Umorientierung der Raumfahrt“ und „Forschung (sei) nicht das entscheidende Argument“; es gehe um „übergeordnete gesamtwirtschaftliche und politische Aspekte“²⁹⁾. Der BDI formuliert entsprechend, es gehe um bundesdeutsche „Weltraumkompetenz“, die nicht „ausschließlich oder auch nur vorrangig unter Nützlichkeitsaspekten“, sondern nach „auch außen- und sicherheitspolitischen Belangen“ zu diskutieren sei³⁰⁾. Aus vielen Verlautbarungen wird aber auch deutlich, daß sich die lange versuchte Trennung zwischen ziviler und militärischer Nutzung nicht länger aufrechterhalten läßt, so z. B. im Zusammenhang mit der deutsch-amerikanischen Zusammenarbeit in der künftigen Raumstation, wo den Amerikanern faktisch militärisches Nutzungsrecht eingeräumt wurde³¹⁾.

Die Bundeswehr – gestützt auf ihre bisherigen Erfahrungen in der militärischen Nutzung des Weltraums, die sie im NATO-Verbund gewonnen hat – bereitet sich wohl darauf vor, auch nationale weltraumgestützte Systeme für die militärische Aufklärung und Kampfführung zu entwickeln³²⁾.

Im Bereich der *Entscheidungsstrukturen* wird die in der Planung befindliche – und vor allem von der Raumfahrtindustrie geforderte – Raumfahrtagentur (häufig DARA genannt) voraussichtlich zivile und militärische Raumfahrt integrieren³³⁾, wobei diese Auslagerung von Programmplanung und -durchführung in eine privatrechtliche Behörde eine öffentliche Kontrolle der Weltraumpolitik noch erschweren dürfte.

Die indirekte Beteiligung der DFVLR an der DGAP-Studie (über ihren damaligen Vorsitzenden), der Verweis auf diese Studie als politisches Rahmenkonzept für technische Langzeitplanungen der DFVLR³⁴⁾ sowie die Tatsache, daß Kaiser seine rüstungspolitischen Überlegungen zum Aufbau eines weltraumgestützten ATM (Anti Tactical Missiles)-Systems in Europa auf der Jahreshauptversammlung der DFVLR 1986 in detaillierter Form vortragen konnte³⁵⁾, machen deutlich, daß die Raumfahrtforschung und -technik in der Bundesre-

29) „Raumfahrt-Wirtschaft“, 17/1987, S. 1 ff.

30) Perspektiven der Weltraumpolitik. Stellungnahme des Bundesverbandes der Deutschen Industrie, Köln 1987, S. 7, 19 und 23.

31) FAZ, 13. 2. 1988.

32) „Wehrtechnik“, 8/1987, S. 10.

33) Entscheidungsstrukturen und Entscheidungsprozesse im Raumfahrtbereich der BRD, IABG 1986.

34) Orientierungsrahmen (Anm. 16), S. 1.

35) K. Kaiser: Eine deutsche Weltraumpolitik für Europa – Außen- und sicherheitspolitische Überlegungen, in: „DFVLR-Nachrichten“, 50/1987, S. 7–11.

publik in ein arbeitsteiliges Konzept eingebettet ist, das die Strategieentwicklung der DGAP, die technische Realisierung der DFVLR zuweist³⁶⁾.

Zentral bleibt nur noch die Frage nach der *Realisierbarkeit* solcher Vorstellungen. Eine positive Einschätzung gibt die Westeuropäische Union³⁷⁾. Zentrale Elemente einer europäischen Raketenabwehr im Weltraum wären vor allem das Sensorium zum Aufspüren feindlicher Objekte sowie Nachrichtenverbindungen zur Datenübermittlung. Die Zerstörung von Flugkörpern stellt man sich (etwa bei MBB) vorläufig noch rein konventionell vor (d. h. mittels herkömmlicher Abfangraketen), wenn auch längerfristige Planungen zur Entwicklung von Laserkanonen bestehen, die eine Reichweite von ca. 20 km haben sollen³⁸⁾. Hochauflösende Beobachtungs- und Aufklärungssatelliten, wie sie für ein Euro-SDI benötigt werden, bilden einen der Schwerpunkte des neuen ESA-Langzeitprogramms sowie der Forschungsvorhaben der DFVLR. Der European Remote Sensing Satellite ERS-1 soll wetterunabhängig arbeiten, was bei Kriegsführungsszenarien, die sich innerhalb der Atmosphäre abspielen, im häufig dichtbewölkten Europa zentrale Bedeutung hat. Er soll mit einer neuartigen Mikrowellen-Fernerkundungstechnik, die die DFVLR im Auftrag des Verteidigungsministeriums entwickelt, ausgestattet werden. Hierzu stellt die WEU fest, daß der ERS-1 zwar „selbstverständlich ein ziviles Programm ist, das aber mit nicht allzu großem Aufwand ein militärisches Programm werden könnte“³⁹⁾.

Militärische Satelliten dieser Art haben in der Regel ein im Vergleich zu zivilen Satelliten recht hohes Gewicht, ca. 10–15 Tonnen. Zur Zeit sind die Europäer in der Lage, mit Hilfe der Ariane IV nur bis zu 5 Tonnen in den Weltraum zu transportieren. Geplant ist nach dem neuen ESA-Programm nunmehr die leistungsstärkere Rakete Ariane V. Addiert man ein Netz von Nachrichten- und Datenrelaissatelliten sowie von Bodenstationen und Abschußanlagen hinzu, so ist der weltraumgestützte Teil eines Euro-SDI technisch komplett. Ein solches Abwehrsystem ist grundsätzlich doppelverwendbar, defensiv und offensiv.

Das *Zwischenresümee* dieser Überlegungen lautet: Bis zum Jahr 2000 werden nach den gegenwärtigen Planungen in Europa und vor allem in der Bundesrepublik die organisatorischen und technischen Voraussetzungen für eine eigenständige militärische Nutzung des Weltraums geschaffen. Es ist dann weitgehend eine Frage des politischen Willens, wie diese Techniken fortan genutzt werden.

36) Weitere Details finden sich in: J. Weyer, Weltraumforschung und Weltraumpolitik in Europa. Zivile und militärische Aspekte, in: R. Braun u. a. (Hrsg.), Rüstungsforschung. Diskussion der Probleme und Alternativen (Schriftenreihe Wissenschaft und Frieden Bd. 10), Marburg 1988, S. 136–155.

37) Assembly of West European Union, Thirtieth ordinary session. The military use of space. Report submitted on behalf of the Committee on Scientific, Technological and Aerospace Questions by Mr. Wilkenson, Rapporteur, Doc. 976 (First Part), Teilabdruck in: „Blätter“, 10/1984, S. 1272–1274.

38) K.-H. Allgaier, Die Abwehr der Luftraumbedrohung Europas, in: „Wehrtechnik“, 7/1986, S. 38–41.

39) WEU (Anm. 35), S. 14.

Es bleibt noch die Frage, warum die Planungen der ESA und auch der Bundesregierung einen so starken Akzent auf die *bemannte* Raumfahrt legen, denn aus militärischer Sicht kann der Mensch allenfalls Service- und Wartungsdienste im Weltall übernehmen. Es ist zu vermuten, daß im europäischen Verbund, der neutrale Staaten einschließt, die Entwicklung von rein militärischer Raumfahrttechnik nicht durchgesetzt werden kann, die Schaffung von militärisch nutzbaren Potentialen über die Entwicklung von doppelverwendbaren Techniken jedoch konsensfähig ist. Die Möglichkeit der Nutzung von ESA-Techniken durch kommerzielle *und* militärische Stellen ist durch die Ausgliederung der Vermarktung in eine private Firma – Ariespace – gewährleistet. Vermutlich nur durch dieses Arrangement konnte die Mitgliedschaft neutraler Länder in der ESA aufrechterhalten werden. Entsprechend haben die europäischen Regierungen am 14. Januar 1980 festgelegt, daß „der Start nicht offensiver Militärsatelliten durch Ariespace nicht unvereinbar mit der ESA-Konvention“⁴⁰⁾ ist.

Die Ingangsetzung eines Großprogrammes zur Entwicklung einer (auch militärisch nutzbaren) Weltrauminfrastruktur in Europa benötigt – dies ist eine zentrale These – akzeptanzfördernde Symbolik. Daher hatte die DGAP-Studie bereits 1986 darauf hingewiesen, daß in dem Gesamtkonzept der Neuorientierung der Weltraumpolitik dem Element der Bemannung diese wichtige politisch-publizistische Funktion zukommt⁴¹⁾.

Zugunsten einzelwirtschaftlicher und ressortegoistischer Interessen kommt hinzu, daß die Bemannung die Projektkosten steigert und die bemannte Raumfahrt der militärischen Planung eine mit zivilen Forschungsgeldern entwickelte Infrastruktur zur Verfügung stellt.

Zusammenfassend läßt sich also festhalten, daß in der jüngsten bundesdeutschen Weltraumdiskussion eine deutliche Verschiebung der Argumentationsebenen stattgefunden hat; ursprünglich *wissenschaftlich-technische und volkswirtschaftliche Rechtfertigungsmuster* werden immer stärker von *politisch-militärischen überlagert*. Ist eine kaum rückholbare Dynamik der Raumfahrt erst einmal initiiert, werden die vormals verwendeten Rechtfertigungsmuster offensichtlich immer entbehrlicher, zumal sie sich als wenig haltbar erwiesen haben.

8. Technologiepolitische Alternativen

Vor der Zustimmung der Bundesregierung zum ESA-Programm waren weder Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft gehört noch das Parlament konsultiert worden. Auch hatte das Kabinett selbst lediglich einige Minuten kurz nach Mitternacht Zeit, um über ein Milliardenprogramm mit solch weitrei-

40) Zitiert nach: Interpellation von Nationalrat Hansjörg Braunschweig zur Weltraumforschung S. 5 (Manuskript) vom 18. 12. 1987, Antwort des schweizerischen Bundesrates 87.803 vom 17. 2. 1988.

41) DGAP (Anm. 24), S. 37–40.

chenden Implikationen zu beraten⁴²⁾. Die SPD beklagte daher öffentlich die faktische Ausschaltung des Parlaments aus dem Entscheidungsprozeß⁴³⁾.

Trotz des Bekenntnisses des Bundesforschungsministeriums zu Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung⁴⁴⁾ ist eine solche den Entscheidungen nicht vorausgegangen. Zur Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung ist neben der Beteiligung der Öffentlichkeit und der Betroffenen institutionelle Kompetenz erforderlich. Die Struktur bisheriger Entscheidungsverfahren und der gesellschaftlichen Akteurskonfiguration zeigt vergleichsweise entscheidende Defizite:

– Nur die an bemannter Raumfahrt Interessierten verfügen über eigenständige Informationen, wenn auch jeweils partiell, ihren Interessen gemäß, und zwar

- die einschlägigen Raumfahrtunternehmen und einige stark betroffene Zulieferanten
- die einschlägigen Ressorts, vor allem die Bundesministerien für Forschung und Technologie (BMFT), für Wirtschaft und für Verteidigung (BMVg) und das Auswärtige Amt
- die Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR), die einschlägige nachgeordnete Behörde für insbesondere das BMFT und das BMVg
- einige Hochschullehrstühle, wie z. B. in Aachen und Berlin.

Wegen der direkten Abhängigkeit von öffentlichen Aufträgen sind die Raumfahrtunternehmen und -forschungsinstitutionen in ein Interessennetzwerk eingebunden. Die zuständigen Regierungsvertreter sind überwiegend auf die in diesem Netzwerk gehandelten Informationen angewiesen und ihr Prestige baut häufig auf dem Außenprestige der genannten Zuwendungsempfänger auf. Die Ressorts vergeben Beratungsaufträge, deren Ergebnisse schon durch die Auswahl des Beratungsunternehmens antizipiert werden können.

– Es gibt in der Bundesrepublik eine Reihe „unabhängiger“, „alternativer“ Vertragsforschungsinstitutionen, z. B. Ökoinstitute, Lehrstühle an Hochschulen u. dgl. Angesichts der Vieldimensionalität der Fragestellung ist die Wahrscheinlichkeit gering, aus solchen Quellen ausreichend breit und tief fundierte Antworten bekommen zu können, vor allem weil es keinen finanziell genügend ausgestatteten Auftraggeber hierfür gibt. Denn in unserer politischen Kultur werden „stromlinienförmige“ Entscheidungsprozesse im allgemeinen vorgezogen.

– Erschwerend kommt hinzu, daß Großprogramme wie die der bemannten Raumfahrt international verflochten sind, und zwar aus mehreren Gründen:

42) FAZ, 3.–7. 11. 1987.

43) „Raumfahrt-Wissenschaft“, 1/1988, S. 2.

- einerseits durch allgemeine politische und wirtschaftliche Abhängigkeiten, z. B. Frankreich/Bundesrepublik, innerhalb der EG, USA/Bundesrepublik, innerhalb der NATO, sowie andererseits wegen der hohen Kosten, die Gemeinschaftsprojekte mit Kostenbeteiligung nahelegen
- dadurch, daß internationale Verflechtungen helfen, solche Großprogramme gegen politische Einschätzungsveränderungen abzuschirmen, wie sie z. B. durch amerikanischen Präsidentenwechsel oder amerikanisch-sowjetische Abrüstungsverhandlungen möglich sind.

Wenn man sich

- dieses komplexe und hochvernetzte Interessenfeld
- die Vieldimensionalität des Kriterien- und Gewichtungsraumes, innerhalb dessen die Programmentscheidungen letztlich gefällt werden sollten, also die Fülle des erforderlichen Fachwissens, und schließlich
- das Fehlen einschlägig vorgebildeter und hiermit beauftragter Kapazität für Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung⁴⁴⁾ in der Bundesrepublik vor Augen führt, ergibt sich: Eine ausgewogene, wissenschaftlich fundierte Beratung und Entscheidung kann es schon wegen unzureichender Beratungskapazität nicht geben. Das war bei Großprogrammen der Vergangenheit auch nicht anders und verweist auf das Dilemma wissenschaftlicher Politikberatung und daher die legitimatorische Selbstbedienung größerer Programmkonfigurationen.

Spezifika im Falle der bemannten Raumfahrt sind:

- Es geht um erhebliche Mittelbindung über Jahrzehnte⁴⁶⁾. Eine Einbindung der Bundesrepublik bedeutet vielleicht schon bis zum Jahre 2000 Gesamtkosten in der Größenordnung von 50 Mrd. DM⁴⁷⁾. Die jetzt verhandelten ESA-Milliarden sind ein allererster kleiner Schritt.
- Die erforderlichen Entscheidungen fallen in eine Zeit, in der der Bundestag die Einrichtung eigener Kapazität für Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung erwägt. Wie die Aussichten auch stehen mögen, wesentlich ist das wachsende Gefühl bei den Abgeordneten, bei wichtigen technologischen Weichenstellungen
- entweder nur randhaft beteiligt zu sein (und so denkt nicht nur die jeweilige Opposition)
- oder aber erst dann mit neuen Technologien befaßt zu werden, wenn große Probleme bereits akut werden (z. B. Kernenergie).

44) BMFT (Hrsg.), Bundesbericht Forschung 1988, Bonn 1988, S. 30 f.

45) Helmar Krupp, Notwendigkeit und Chancen der Technikfolgen-Abschätzung für den Deutschen Bundestag, Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW), Eschborn 1986.

46) Weltweit stünden zivile Gesamtausgaben von 700 Mrd. DM bis zum Jahre 2000 an: Dr. Jürgen Rüttgers, Leserschrift in: FAZ, 15. 10. 1987. Hier ist wohl unbemannte Raumfahrt mitgerechnet. Zieht man sie ab und zählt man militärische Projekte hinzu, bleibt die Größenordnung der Schätzung wohl erhalten.

47) Zu den Kosten des Raumfahrtprogrammes siehe ausführlich: J. Weyer, Subventionsruinen im erdnahen Orbit. Fiskalische Konsequenzen der Bonner Raumfahrtspolitik, in: „Forum Wissenschaft“, /1987, S. 15–19.

Das Ergebnis dieses Abschnitts lautet also: Obwohl es um langfristige Bindung erheblicher Mittel durch eine neue Großtechnologie in einer internationalen Großkonfiguration geht, gibt es in der Bundesrepublik keine ausreichend qualifizierte und mit dem erforderlichen Vorlauf finanzierte, nicht interessenorientierte Beratungskapazität. Diese hätte, etwa dem Konzept der *Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung* gemäß, *technologienpolitische Alternativen* in ihre Kalküle mit einzubeziehen.

Mit lediglich 1 Promille des Aufwandes der Bundesrepublik für die bemannte Raumfahrt im Jahre 1988, also mit etwa 2 Mio. DM pro Jahr, könnten schon beachtliche Beratungskapazitäten aufgebaut werden, um fundierte Kosten-Nutzen-Analysen vorzulegen und alternative Verwendungen von Investitionen (Opportunitätskosten) zu erörtern, bevor über Ressourcenallokationen entschieden wird.

Ein erster Schritt in solchen Abwägungsprozessen sind Zielformulierungen, die aus Zukunftsproblemen abgeleitet (statt voluntaristisch gesetzt) werden. Eine der ganz zentralen Problemstellungen der Zukunft liegt im Bereich der *natürlichen Ressourcen*.

Nach Jahrhunderten sinkender relativer Preise für Energie, Luft, Boden, Trinkwasser und Mineralrohstoffe werden wir in eine neue Ära eintreten, in der einige Schlüsselpreise voraussichtlich steigen werden⁴⁸⁾. Der, nach Arbeit und Kapital, dritte Produktionsfaktor Natürliche Ressourcen wird voraussichtlich entscheidende limitierende Bedeutung erlangen. Das gilt am wahrscheinlichsten für die Ressource Umwelt. Daher sollte die Erhöhung der *Ressourcenproduktivitäten* künftiges Rationalisierungsziel ersten Ranges werden. Unter z. B. Energieproduktivität sei verstanden das pro Einheit von Energie erwirtschaftete Bruttoinlandsprodukt. Ein entsprechendes Produktivitätsmaß kann man auch für die anderen natürlichen Ressourcen definieren.

– Bei der *Energiepolitik* kommt es darauf an, solche Rahmenbedingungen zu schaffen, daß Energie eingespart und vor allem regenerative Energiequellen erschlossen werden. Dazu dienen z. B.

- progressive Energiepreise (wie in Japan)
- dem momentanen Gesamtverbrauch angepaßte Stromtarife (wird jetzt im Saarland erprobt)
- Information und Beratung von Konsumenten (wie z. B. in Dänemark)
- ausreichend hohe Tarife für ins Netz zurückgespeisten Strom von dezentralen Erzeugern (wie z. B. in Kalifornien)
- Förderung der Sonnenenergienutzung, dezentral, aber auch zentral in Großkraftwerken in sonnenreichen Regionen
- Ausbau der Wasserstoffwirtschaft.

– Bei der Umweltpolitik ist vor allem durchzusetzen, daß die Nutzung der natürlichen Umwelt ihren angemessenen Preis bekommt. Dazu dienen unter vielem anderen

- Emissions- und Immissionsstandards
- Schließung von Materialkreisläufen durch Rezyklierung und geeignetes Abfallmanagement (z. B. Nutzung von Kraftwerksgips und Flugasche als Baustoff, Energiegewinnung aus Ligninabfall der Papierherstellung und aus landwirtschaftlicher Biomasse)
- Kompensationszahlungen an Geschädigte und Verlagerung der Beweislast auf die Verursacher (wie in Japan)
- Geschwindigkeitsbegrenzung für Automobile.

– Bei der *Transport- und Verkehrspolitik* geht es vor allem um eine Neubewertung des Verhältnisses zwischen öffentlichem Personennahverkehr und Automobil sowie um die Entlastung der Straße zugunsten des schienengebundenen Transports.

– Bei der *Stadterneuerung* werden insbesondere energie- und umweltschonende Baunormen, Verkehrsführungen und Flächenverteilungen benötigt.

Systematisch gesprochen: Die geringen relativen Preise für Energie und andere natürliche Ressourcen haben in der Vergangenheit zu falschen Wirtschaftlichkeitskalkülen geführt, die schrittweise korrigiert und neu umgesetzt werden müssen. Der Staat hat hier zentrale Aufgaben. Er hat *neue systemare Rahmensetzungen* vorzunehmen, die auch international abzustimmen sind, um Trittbrettfahren zu vermeiden.

Innerhalb dieses Rahmens ergibt sich eine Vielzahl forschungspolitischer Aufgaben, die nutzenträchtigere Alternativverwendungen für Forschungsressourcen darstellen würden als bemannte Raumfahrt.

Gegenüber skeptischen Einwänden konnte gezeigt werden, daß Prioritäten bei der Forschung zunächst auf den technischen Leistungsstand und mit einer Verzögerungszeit von einigen Jahren auch auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit durchschlagen⁴⁹⁾. Forschungs- und Technologiepolitik kann zudem ihren volkswirtschaftlichen Nutzen vergrößern, wenn sie systemhaft angelegt ist⁵⁰⁾. Forschung für bemannte Raumfahrt leistet keine Beiträge zur Lösung drängender ziviler Zukunftsprobleme.

48) F. E. Trainer, A Critical Examination of „The Ultimate Resource“ and „The Resourceful Earth“, in: „Technological Forecasting and Social Change“ 30 (1986), S. 19–37.

49) Zusammenfassend in Grupp, Hariolf et al.: Innovationsdynamik der führenden Marktwirtschaften im technologischen Vergleich, in: Balcerowicz/Welfens (Hrsg.): Innovationsdynamik im Systemvergleich, Heidelberg 1988, sowie Spitzentechnik, Gebrauchstechnik, Innovationspotential und Preise, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1987.

50) Helmar Krupp, Technologiepolitik: Staat für den Markt, „Wirtschaftswoche“, 45 (1985), S. 84–91.

9. Schlußbemerkungen

Unter Bezug auf unsere Ausgangsfragestellungen in Abschnitt 1 lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

1. Die in der bundesdeutschen Diskussion vorgetragene Argumente für die bemannte Raumfahrt weisen eine Vielzahl von Elementen auf, die grob in drei Kategorien (emotional-utopische, wissenschaftlich-technisch-volkswirtschaftliche und politisch-militärische) eingeordnet werden können.

2. Die Stichhaltigkeit der wissenschaftlichen, technischen und volkswirtschaftlichen Begründungen für die bemannte Raumfahrt ist zweifelhaft. Sie haben häufig rekursiven Charakter: Von der Existenz bemannter Raumfahrt ausgehend, wird Forschung und Technik gefordert, mit deren Notwendigkeit man die Entwicklung der bemannten Raumfahrt rechtfertigen wollte. Dazu gehören z. B.

- medizinische Forschung, um Strahlenschäden und Knochenentkalkung beizukommen;
- Weltraumfertigung, um Raumstationen montieren und warten zu können;
- Positions- und Navigationshilfen.

Ferner wird inzwischen auch von den Befürwortern zugestanden, daß der technisch-wirtschaftliche Nutzen der Raumfahrt auf absehbare Zeit gering bleiben wird.

3. Mit den wachsenden Zweifeln an der Plausibilität der letztlich wirtschaftlichen Begründungen für die bemannte Raumfahrt einerseits und an der politischen Durchsetzbarkeit des neuen Weltraumgroßprogramms andererseits wurden die Argumentationsmuster verändert, indem *außenpolitisch-militärische Interessen* an der Raumfahrt nun offen ausgesprochen werden. Der organisatorische Rahmen für eine solche Wende in der Raumfahrtspolitik wird z. Zt. mittels der Raumfahrtagentur geschaffen, die technischen Voraussetzungen sind in Form des ESA-Langzeitprogramms gleichfalls in Entwicklung. Raumfahrt wird auf diese Weise zum Instrument von Machtpolitik.

4. Weder hat eine gründliche Bewertung der Raumfahrt im Vergleich zu anderen technologiepolitischen Optionen noch ein geordneter demokratischer Willensbildungsprozeß stattgefunden. Ein solcher würde voraussichtlich dazu führen, insbesondere der Produktivitätserhöhung natürlicher Ressourcen einen wesentlich höheren politischen Rang einzuräumen.

Angesichts bereits gefällter Entscheidungen, erfolgter Vorabgespräche und politischer Abhängigkeiten ergibt sich hieraus, bei künftigen Verhandlungen über bemannte Raumfahrt eine *abwartende Strategie* zu wählen, Planungshorizonte zu strecken und Projekte zu streichen, um die Kosten zu vermindern. Die Chancen dafür werden wachsen, wenn der fehlende zivile Nutzen stärker

offenbar wird; sie werden verschwinden, wenn die sich verbreitende Welt-
raum-Rüstung weiteren Auftrieb bekommt.

10. Techniksoziologisches Postskriptum

Der Prozeß der Entstehung der bemannten Raumfahrt kann als ein Beispiel für
das Konzept der gesellschaftlichen Konstruktion von Technik angesehen und
untersucht werden. Als Prolegomena solcher künftigen Forschung sollte hier
gezeigt werden, daß das Programm der bemannten Raumfahrt in Europa nicht
Produkt technischer Eigendynamik ist, sondern daß bemannte Raumfahrt von
Interessengruppen und deren Interaktion instrumentalisiert wird. Die Ent-
wicklung gesellschaftlicher Konfigurationen ist somit untrennbar von der
Technikentwicklung, und es ist eine Frage des gesellschaftlichen Aushand-
lungsprozesses, in welcher Weise bestimmte technische Entwicklungen domi-
nant werden.

Die Entwicklung von soziotechnischen Systemen verläuft also nicht linear und
wird nicht von primär naturwüchsigem technischen Fortschritt determiniert;
zentral sind vielmehr Entscheidungen, die Selektionscharakter haben und
durch die von ihnen eröffnete Entwicklungspfade zu einer schrittweisen Ver-
festigung von – oft aus zufälligen Anfängen entstandenen – Konfigurationen
führen. Diese prägen ihrerseits charakteristische Technikkonzepte: Eine
starke Stellung der Rüstungsindustrie in einer von Wettrüsten gekennzeichne-
ten Welt liefert die Basis für einen Prozeß der gesellschaftlichen Konstruktion
einer militärisch verwendbaren Raumfahrttechnik. Gesellschaftliche Ver-
schränkungen und Legitimationsbedürfnisse prägen die speziellen techni-
schen Ausdifferenzierungen nach Kriterien wie bemannt/unbemannt, kom-
merziell/staatlich, forschungs- oder anwendungsorientiert.

Der bedeutende Rang, der von seiten der Raumfahrtbefürworter der öffentli-
chen Legitimation ihrer Vorhaben beigemessen wird, zeigt, daß gesellschaftli-
che Konstruktion mehr meint als lediglich das Durchsetzen jeweils dominanter
Interessen: Gesellschaftliche Akteure können immer nur in einem jeweils
gegebenen Kontext handeln, der ihnen limitierende Randbedingungen setzt.
Insofern handeln sie unter perzipierten Sachzwängen. Diese enthalten als
Bestandteile auch unsere (relativ intakten) Formen demokratischer Öffentlich-
keit mit ihren auch kritischen und alternativen Positionen. Der hier skizzierte
komplexe Prozeß der gesellschaftlichen Konstruktion bemannter Raumfahrt-
technik zeigt damit zugleich die Spielräume für Interventionen zugunsten
anderer Optionen. Nach dem techniksoziologischen Konzept der gesellschaftli-
chen Konstruktion von Technik ergibt sich ein Politikverständnis, wonach re-
und umkonstruiert werden darf, oder nach Ulrich Beck: „Was von Menschen
gemacht wurde, kann auch von Menschen verändert werden“⁵¹).

51) Ulrich Beck, Die Risikogesellschaft, Frankfurt/M. 1986, S. 258.