

Armin Grunwald
Hartmut Sax (Hg.)

Technikbeurteilung in der Raumfahrt

Anforderungen,
Methoden,
Wirkungen



Berlin 1994

Raumfahrt als umstrittene Großtechnologie. Technikkontroversen und Technikfolgenabschätzung in netzwerktheoretischer Perspektive

Johannes Weyer

1. Einleitung: Die Normalität von Technikkontroversen in modernen Gesellschaften

Die Entwicklung und Anwendung neuer Technik wird in modernen Gesellschaften stets von weitreichenden Zukunftsträumen und Nutzenerwartungen einerseits, von grundlegenden Zweifeln und Kritiken andererseits begleitet. Dies gilt bereits für frühe Technikkontroversen, wie sie beispielsweise im Falle der Einführung der Eisenbahn dokumentiert sind (vgl. u.a. Koch 1993). Was im 19. Jahrhundert noch Episode war, entwickelte sich im 20. Jahrhundert vor dem Hintergrund der forcierten Entwicklung und der gesellschaftsweiten Verbreitung neuer Techniken zu einem prägenden Merkmal gesellschaftspolitischer Diskurse: Positive wie negative gesellschaftliche Zukunftserwartungen sind stets an technische Utopien geknüpft; die Idee der "technischen Konstruktion der gesellschaftlichen Wirklichkeit" (Tschiedel 1990) kann somit als ein zentrales Charakteristikum der Zukunftsprojektionen moderner Gesellschaften angesehen werden.¹

Die Vision, daß beispielsweise der Industriestandort Deutschland ohne die beschleunigte Nutzung neuer Techniken Schaden leiden wird,² ist argumentationslogisch (d.h. bezüglich der in ihr enthaltenen Unterstellung der Verknüpfung von technischer und gesellschaftlicher Entwicklung) nicht von der Vision zu unterscheiden, daß ein umfassender Einstieg Europas in die bemannte Raumfahrt eine Vorstufe zur Militarisierung des Weltraums und damit der internationalen politischen Beziehungen darstellt (vgl. u.a. Engels/Scheffran 1987, Weyer 1988). Wie ein Rückblick auf vergangene Kontroversen belegt, erwiesen sich jedoch sowohl

-
- 1 Die ethisch-moralische Dimension, die seit dem Giftgaseinsatz im 1. Weltkrieg, vor allem aber seit dem ersten Atombombenabwurf 1945 aus Technikdebatten nicht mehr wegzudenken ist, wirkt zweifellos als zusätzlicher 'Verstärker'; dieser Aspekt soll im folgenden jedoch nicht behandelt werden.
 - 2 Dies war ein häufig verwendetes Argument in vielen industrie- und technologiepolitischen Stellungnahmen des Sommers 1993.

die Visionen der Technikbefürworter als auch die der Technikgegner im Nachhinein meist als unhaltbar: Beispielsweise ließen sich weder die Energieprobleme der Industriegesellschaft dauerhaft durch den Einsatz der Kernenergie lösen, noch sind die Fahrgäste der ersten Eisenbahn am Geschwindigkeitsrausch erkrankt.

Dies verweist darauf, daß Technikkontroversen zwar Kontroversen über die Zukunft von Gesellschaft sind, die Funktion der Visionen und Utopien jedoch vorrangig in der Gestaltung aktueller Entscheidungsprozesse besteht. Nachdem eine Entscheidung gefallen und das betreffende Projekt in Gang gesetzt worden ist, kann die Vision dann ad acta gelegt werden.³ Technikvisionen sind also instrumentell auf Technikdiskurse und politische Entscheidungsprozesse bezogen; sie sollen die Öffentlichkeit und die Politik mobilisieren und dazu bewegen, eine angestrebte (sozio-technische) Option zu realisieren. Zudem dienen Visionen als Kristallisationspunkt für die beteiligten Gruppen; Chiffren wie "Mensch aus der Retorte" oder "Atomstaat" (auf der einen Seite) bzw. "Informationsgesellschaft" oder "Europäische Autonomie im All" (auf der anderen Seite) fungieren als identitätsstiftende Muster, die - ähnlich wie die Banner der mittelalterlichen Heere - den jeweiligen Gefolgsleuten signalisieren, wo der Kern der 'Truppe' sich befindet und in welche Richtung er sich momentan bewegt.⁴

In dieser instrumentellen Funktion technischer Visionen für gesellschaftspolitische Zwecke liegt allerdings nicht nur eine große Chance, sondern auch eine große Gefahr. Zum einen besteht die Gefahr, daß die Visionen allzu kühn ausfallen und daher vom Publikum nicht ernst genommen werden. So träumte beispielsweise Eugen Sänger in den 50er Jahren (von der Raumfahrt-Community unwidersprochen) folgenden Traum: "Allein aus der seit Anbeginn völlig geradlinigen und immer rascher ablaufenden Erfüllungsgeschichte dieses Menschheitswillens ins Weite dürfen wir schließen, daß schon unsere Kinder und Enkel auf der Suche nach ihren Brüdern im Weltall von Stern zu Stern wandern werden." (1952, S. 97). Seine Forderung nach Inangsetzung der Raumfahrtforschung in Westdeutschland begründete er unter anderem damit, daß sich binnen kürzester Zeit Photonenstrahl-Triebwerke entwickeln ließen, die eine Fortbewegung mit Lichtgeschwindigkeit ermöglichen würden (Sänger 1955, Weyer 1993a). Diese Vision

3 Dies gilt sowohl für Horrorszenarien der Gegner, die in einem Prozeß der Veralltäglichsung und Normalisierung der Technik ihre Wirksamkeit verlieren (vgl. van den Daele 1989), wie auch für die überoptimistischen Versprechungen der Befürworter, die später meist eingestehen müssen, daß ihre Projekte nicht wie versprochen funktionieren.

4 Die zentrale Funktion von Symbolen bei der Herstellung von Gruppenidentität wird vor allem von kultursoziologischer Seite betont, vgl. u.a. Douglas/Wildavsky 1982, Rip 1991, Krücken 1990.

wirkte innerhalb der Raumfahrt-Community zwar identitätsstiftend; ihre Anschlußfähigkeit bei anderen gesellschaftlichen Gruppen war hingegen begrenzt.

Zum anderen besteht die Gefahr, daß kühne Utopien mit konkurrierenden Interpretationen konfrontiert werden, die die Zukunftsprojektionen und die in ihnen enthaltenen Behauptungen grundsätzlich in Frage stellen. In der westdeutschen Auseinandersetzung um die bemannte Raumfahrt Mitte/Ende der 80er Jahre wurde von den Kritikern beispielsweise die - von der Befürworterseite ins Feld geführte - Behauptung attackiert, die (nicht-automatisierbare) Forschung unter Schwerelosigkeit sei ein entscheidender Beitrag zum technischen Fortschritt in den Bereichen 'Neue Werkstoffe' und 'Pharmazeutika'.⁵ Sowohl die Pro- als auch die Contra-These war zum Zeitpunkt der Kontroverse unbewiesen, ja unabweisbar; denn um den experimentellen Nachweis zu erbringen, welche der beiden Thesen zutreffend ist, hätte man eine umfassende bemannte Infrastruktur im Weltall aufbauen und über einen längeren Zeitraum operieren lassen müssen - eine Entscheidung, welche die Kritiker bekanntlich verhindern wollten.⁶ Die Kontroverse über Sinn und Unsinn der bemannten Raumfahrt war nicht entscheidbar; die Debatte hatte sich in einer argumentativen Sackgasse festgefahren. Als Ausweg blieb lediglich die beliebte Strategie des Durchwurstelns, die grundlegende Festlegungen vermeidet und eine Politik der kleinen Schritte praktiziert.⁷ Das Beispiel zeigt also, daß die instrumentelle Handhabung technischer Visionen auch zur Blockade von Technikprojekten führen kann.

Die Auseinandersetzungen um das Projekt des Hyperschall-Raumtransporters Sänger II Anfang der 90er Jahre zeigen ebenfalls, daß kühne Zukunftsvisionen wie etwa die einer ökologisch verträglichen Raumfahrt⁸ immer eine gewisse Ambivalenz in sich tragen: Einerseits sind sie besser als 'trockene' Berechnungen und Konstruktionszeichnungen dazu geeignet, Aufmerksamkeit zu erzeugen und Anhänger zu mobilisieren; andererseits ist es in einer pluralistisch-demokratischen, zudem wissenschaftsbasierten Gesellschaft geradezu unumgänglich, daß gewagte Hypothesen über die technische Zukunft der Gesellschaft auf den Prüfstand gestellt und kritisch beleuchtet werden. In dieser Perspektive sind Protest und Technikkritik eher der Normalfall und keine Deformation der politischen Kultur. Oder anders formuliert: Es muß als selbstverständlich erachtet werden, daß Zukunftsvision A Konkurrenz durch Zukunftsvision B (und diese wiederum

5 Vgl. u.a. Krupp/Weyer 1988. Mittlerweile gestehen selbst Befürworter der bemannten Raumfahrt ein, daß diese Behauptungen überzogen und unrealistisch waren, vgl. etwa das Vorwort von Wolfgang Wild, in: DARA 1991.

6 Zur Problematik von großtechnischen Experimenten außerhalb des Laborkontextes siehe ausführlich Krohn/Weyer 1989.

7 Vgl. u.a. Lindblom 1959 und als Anwendung auf den Fall der Raumstation Fries 1988.

8 Vgl. u.a. DGAP 1992 sowie dazu kritisch Weyer 1992.

durch C) erhält. Der hypothetische Fall, daß Zukunftsprojekte autoritär verordnet und nicht diskursiv verhandelt werden, erscheint in demokratischen Gesellschaften hingegen inakzeptabel.

Die bisherigen Ausführungen mögen den Eindruck erweckt haben, daß technische Großprojekte in modernen Gesellschaften, die eine politische Streitkultur entwickelt haben, nur schwer zu realisieren sind. Diesem Eindruck zu widersprechen, ist Aufgabe des Kapitels 3, das ein soziologisches Modell zur Technikplanung, Technikfolgenabschätzung und Technik-implementation entwickelt. Zuvor soll jedoch zunächst in einem knappen Rückblick auf die Geschichte der westdeutschen Raumfahrt gezeigt werden, daß die raumfahrtpolitische Programmatik in Deutschland spezifische Schwächen besaß und sich deshalb in kontroversen Auseinandersetzungen oft als wenig widerstands- und durchsetzungsfähig erwies. Nicht allgemeine Technikfeindlichkeit oder ein besonderes 'Jagdfieber' der Raumfahrtgegner ist - so die im folgenden zu illustrierende These - die Ursache für die gegenwärtige Krise der Raumfahrt, sondern ein Bündel von Faktoren, das sich in den 80er Jahren derart verdichtete, daß kontraproduktive Dynamiken ausgelöst wurden.

2. Das raumfahrtpolitische Paradigma in Deutschland: Ein Konglomerat widersprüchlicher Ziele

Die Entwicklung der Raumfahrt in (West-)Deutschland seit 1945 wurde durch zwei Ziele geprägt, die sich leitmotivisch durch die unterschiedlichen Entwicklungsetappen zogen: Die bemannte Raumfahrt und die eigenständige Entwicklung eines Trägersystems. Diese hochgesteckten Ziele lassen sich in praktisch allen raumfahrtpolitischen Manifesten seit 1949 nachweisen.⁹ Die Orientierung auf die (Fremd-)Nutzung von Raumfahrtstechniken stand demgegenüber in der Regel im Hintergrund; wenn sie überhaupt eine Rolle spielte, waren die Relationen zwischen nutzerbezogenen (etwa: wissenschaftlich oder kommerziell verwendbare Satelliten) und 'infrastrukturellen' Programmelementen meist zugunsten letzterer ausgelegt. Zwei Beispiele mögen dies illustrieren:

- Im Raumfahrtprogramm der Kommission für Raumfahrtstechnik von 1962 waren 82,6 Mio. DM für das Industrieprogramm des Planjahres 1963 vorgesehen, von denen 31,6 % für Raketenprojekte, 31,8 % für die Entwicklung von Raumtransportern und Raumstationen, aber nur 0,2 % für Studien über Satelliten veranschlagt waren (vgl. KfR 1962, Weyer 1993a, S. 268).
- Das ESA-Langzeitprogramm von 1987 sah eine Verteilung zwischen bemannten und unbemannten Projekten im Verhältnis von 31,5% zu 68,5%

für 1987 vor; bis zum Jahr 1993 sollte sich diese Relation jedoch - nach den inzwischen nicht mehr gültigen Planungen - drastisch zugunsten der bemannten Projekte verschieben, die dann 71,2% des gesamten Budgets beansprucht hätten (eigene Berechnungen nach ESA 1987).

Eine derartige Selbstzentrierung von Forschung findet sich typischerweise bei Vorhaben der wissenschaftlichen Grundlagenforschung, die - ungeachtet der antragsstrategischen Lippenbekenntnisse eines hohen gesellschaftlichen Nutzens - primär an den intern generierten Forschungsfronten orientiert sind (vgl. Lakatos 1974, Böhme et al. 1973). Anwendungsbezogene, kommerzielle Projekte sind hingegen fremdzentriert, d.h. sie versuchen, Nutzerinteressen, Marktverhältnisse, Bedarfsstrukturen etc. zu berücksichtigen und hieraus Prioritäten für die Forschung abzuleiten. Verglichen mit anderen Gebieten der Grundlagenforschung, befand sich die Raumfahrtforschung und -technik allerdings von Beginn an in einer ungünstigen Position, weil die Durchführung ihrer Projekte nicht nur einen hohen finanziellen Aufwand erforderte, sondern auch die großtechnische Umsetzung ihrer Vorhaben bedingte. Aufgrund dieser fachspezifischen Beschränkungen fiel Mitte der 50er Jahre in der Bundesrepublik die Entscheidung für das Modell 'Großforschung', das allein in der Lage war, großmaßstäbige Technikprojekte in Gang zu setzen und die dafür erforderliche politische Unterstützung, v.a. aber die staatliche Finanzierung, sicherzustellen - eine folgenreiche Entscheidung, die neben den gewünschten Effekten auch eine Reihe nichtgewünschter Effekte nach sich zog (vgl. Trischler 1992, Weyer 1993a, Weyer 1994a).

Eine weitreichende Konsequenz war die starke Politisierung der Raumfahrt, die sich auf zwei Ebenen manifestierte: Zum einen war jeder neue Projektvor-

-
- 9 Als Beispiele seien hier genannt
- a) die von Heinz Gartmann und Heinz-Hermann Kölle vorgelegte "Entschließung für die Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Weltraumforschung e.V. am 22. Juni 1949 in Stuttgart" (in: Weltraumfahrt 1/1949: 14) - das erste raumfahrtpolitische Manifest in Westdeutschland - ,
 - b) programmatische Aussagen von Eugen Sänger, etwa in dem Vortrag "Raumfahrt - einige politische Aspekte" von 1958,
 - c) der "Vorschlag für ein gemeinsames Vier-Jahres-Programm der deutschen Forschung und Industrie" der Kommission für Raumfahrtstechnik von 1962 - das erste offiziöse westdeutsche Raumfahrtprogramm - ,
 - d) das "BDLI-Memorandum zur Zukunft der Raumfahrt in der Bundesrepublik" von 1984,
 - e) die "Strategiestudie Raumfahrt" der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt von 1984 sowie
 - f) der Expertenbericht "Deutsche Weltraumpolitik an der Jahrhundertsschwelle", der 1986 von der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik vorgelegt wurde.

schlag gezwungen, sich nicht nur der innerwissenschaftlichen Kritik zu stellen (wie dies beispielsweise bei Anträgen an die Deutsche Forschungsgemeinschaft der Fall ist), sondern gezielt öffentliche Aufmerksamkeit zu erzeugen, um so die Politik von der Förderungswürdigkeit zu überzeugen. Zum anderen erhielten staatliche Instanzen einen großen Einfluß auf die Raumfahrtforschung und -technik, so daß wichtige Entscheidungen oftmals nicht nach wissenschaftlichen oder ökonomischen, sondern nach politischen Kriterien gefällt wurden (vgl. Keppler 1993, Koelle 1993, Treinies 1993, Stucke 1993).

Diese starke Politisierung der Raumfahrt wurde zudem durch den allgemeinen politisch-gesellschaftlichen Kontext verstärkt, der die westdeutsche Raumfahrt immer wieder dazu zwang, zusätzliche Legitimationsfiguren zu generieren. In einem knappen - zweifellos vereinfachenden - Überblick können folgende Stationen ausgemacht werden:

- Die politische Konstellation der unmittelbaren Nachkriegszeit zwang die westdeutsche Raumfahrt-Community dazu, den *friedlichen* Charakter ihrer Projekte in den Mittelpunkt zu stellen.¹⁰ Was zunächst eine adäquate Überlebensstrategie in einer turbulenten Umwelt war, erwies sich in der Folgezeit immer stärker als eine lästige Selbstbindung.
- Als Anfang der 60er Jahre der langersehnte Wiedereinstieg in die Raumfahrt Wirklichkeit wurde, war dieser Schritt mit zwei gravierenden Einschränkungen verbunden, nämlich der Einbindung in *internationale* Kooperationsprogramme und der - vom Grundgesetz erzwungenen - Definition von Raumfahrt als "*wissenschaftliche* Forschung". Auch diese beiden Komponenten, ohne die der Wiederbeginn nicht möglich gewesen wäre, erwiesen sich später als Hemmnisse, die immer wieder zu politischen Kompromissen zwangen und der Raumfahrt-Community argumentative 'Verrenkungen' abforderten, die von den Kritikern leicht dekomponiert werden konnten.
- Anfang der 70er Jahre bewirkten das Abflauen der globalen Systemauseinandersetzung sowie die offenkundigen Defizite im Sozial-, Gesundheits- und Bildungsbereich vorübergehend ein Umdenken in der Raumfahrtspolitik. In den USA führten die hohen Kostenvoranschläge für das Post-Apollo-Programm zu der Forderung nach einem *wirtschaftlichen* Nutzen (Spin-off) der Raumfahrt. Eine Technik, die (zumindest von den beiden Großmächten) zuvor primär aus machtpolitischen Interessen betrieben worden war, sah sich nunmehr neuen Beweislasten ausgesetzt (vgl. Schrader 1993, Krück 1993). Auch in der Bundesrepublik unternahm die sozialliberale Regierung

10 Diese Strategie war nicht konkurrenzlos, wie u.a. das zweifelhafte Ägypten-Abenteuer Eugen Sägers belegt, vgl. Weyer 1993a.

erstmal den Versuch einer Kurskorrektur in der Raumfahrtspolitik, der im Kontext der Umorientierung auf innergesellschaftliche Probleme (Stichwort: Reformpolitik) stand. Das Ziel eines (zumindest sekundären) wirtschaftlichen Nutzens der Raumfahrt fand damit Einzug in die bundesdeutsche Raumfahrtprogrammatis.¹¹ Zudem wurde erstmals eine TA-Studie zur Raumfahrt in Auftrag gegeben, die das Berliner Institut für Raumfahrttechnik unter Leitung von H.H. Koelle durchführte (vgl. Koelle et al. 1970, Ehinger/Niederau/Stark 1970).

Anfang/Mitte der 70er Jahre befand sich die bundesdeutsche Raumfahrt somit in einer Situation, in der sie ihre Projekte als friedlich, als wissenschaftlich relevant sowie als ökonomisch attraktiv 'verkaufen' mußte. Diese Kompromißstruktur der westdeutschen Raumfahrtprogrammatis hatte sich als Resultat unterschiedlicher Weichenstellungen in historischen Umbruchphasen ergeben, die jeweils für sich genommen rational waren, da sie plausible Überlebensstrategien in turbulenten Umwelten darstellten.¹² Sie entwickelte jedoch auch Selbstbindungskräfte, welche einige Handlungsoptionen ausschlossen, andere mit hohen Risiken belegten.

Ein möglicher Weg zur pragmatischen Lösung der damaligen Probleme hätte darin bestanden, diejenigen Optionen in den Mittelpunkt der eigenen Überlebensstrategien zu stellen, die von Politik und Öffentlichkeit positiv bewertet wurden. So zeichnete sich beispielsweise Anfang der 70er Jahre die Perspektive einer kommerziell nutzbaren Raumfahrt ab, die ihre Dynamik weniger von Staatsaufträgen als von einem zunehmend globalen Markt für unterschiedlichste Dienstleistungen aus dem All bezieht. Zumindest im Nachhinein betrachtet, erscheint es als ein gravierender Fehler, daß die westdeutsche Raumfahrt-Community sich an ihre beiden Ur-Motive, die bemannte Raumfahrt und das eigene Trägersystem, klammerte, statt neue situationsadäquate Strategien zu entwickeln.¹³ Eine stärkere kommerzielle Perspektive hätte die Raumfahrt aus ihrer einseitigen Abhängigkeit von staatlichen Entscheidungen herausführen können; die Fixierung auf bemannte Projekte, die Anfang der 80er Jahre dann geradezu zum Motor der westdeutschen Raumfahrt wurde, führte hingegen nicht nur immer tiefer in das Dilemma der Abhängigkeit von staatlichen Aufträgen sowie von politischen Kompromissen (im nationalen wie internationalen Rahmen) hinein. Sie belastete die Community zudem mit einer nicht einlösbaren Beweislast, die darin bestand, daß

11 Vgl. BMwF 1969 und zuvor bereits DKfW 1965.

12 Zum Konzept der situativen Rationalität vgl. Brunsson 1982.

13 Die Details des Entscheidungsprozesses müssen hier leider ausgeklammert werden, womit auch die Frage unbeantwortet bleibt, wem die 'Schuld' an der Fehlentscheidung zuzuschreiben ist. Zum Zickzack-Kurs der Amerikaner sowie zur Politik des Forschungsministeriums unter Dohnanyi vgl. Stucke 1993, Koelle 1993, Treinies 1993.

eine Technik, die ihre Dynamik überwiegend aus dem puren Forscherdrang einerseits, aus machtpolitisch-symbolischen Motiven andererseits erhalten hatte, sich nunmehr an den Kriterien des wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzens messen lassen mußte.¹⁴

Die Raumfahrt-Community wurde recht bald mit den nicht-intendierten Konsequenzen ihres Handelns konfrontiert: Ein Großtechnikprojekt, das sich in einseitige Abhängigkeit von staatlichen Instanzen begibt, zudem auf leicht kritisierbaren Fundamenten beruht, hat nur geringe Überlebenschancen in einer turbulenten Umwelt; es ist nicht elastisch, flexibel, krisenstabil, weil es nicht in den technischen, sozialen und politischen Implementationskontext eingepaßt ist.

Sicherlich hängt es von einer Reihe von (nicht-antizipierbaren) Zufällen ab, ob es gelingt, ein sozio-technisches System so zu konfigurieren, daß es nach seiner Freisetzung in reale Anwendungskontexte eine Überlebenschance hat und vor allem Krisen überlebt. Das Beispiel des Intercity-Express (ICE) ist hier aufschlußreich: Die Deutsche Bundesbahn hatte den ICE Anfang der 70er Jahre allein nach betriebswirtschaftlichen Kalkülen konzipiert, welche die Geschwindigkeit in den Mittelpunkt stellten; Ende der 80er Jahre rückte das Ökologieargument als Vermarktungs- und Durchsetzungsstrategie jedoch immer stärker in den Mittelpunkt, das sich als wesentliche Stütze für die Bahn (und damit auch für ihre Innovationsstrategien) erweist.¹⁵ Die flexible Anpassung an neue Bedarfs- und Diskursstrukturen kann somit als ein wichtiger Faktor identifiziert werden, der die Überlebenswahrscheinlichkeit eines technischen Großprojekts erhöht; im Gegensatz zum ICE erwiesen sich insbesondere die Projekte der bemannten Raumfahrt als wenig anpassungsfähig und damit in gewandelten Kontexten als schlecht durchsetzbar.

Diese Überlegungen führen nunmehr zu der Frage, ob sich Fehlentwicklungen, die zum Scheitern eines Projekts bzw. eines kompletten Programms führen, vorhersehen und durch entsprechende Interventionen vermeiden lassen. Das folgende Kapitel wird versuchen, diese Problematik durch einen Exkurs in die sozialwissenschaftliche Netzwerkanalyse zu reformulieren.

14 So erscheint es kaum verwunderlich, daß es starke Bestrebungen gab, die Raumfahrt aus diesen Legitimationskontexten zu lösen und neue Begründungsmuster, insbesondere in den Bereichen Außen- und Sicherheitspolitik sowie Umweltüberwachung, zu finden, vgl. DGAP 1990, DGAP 1992, dazu kritisch Weyer 1992.

15 Vgl. Koch 1993. Das Sänger-Projekt, das auf ähnliche Argumentationsmuster rekurriert, hat vermutlich deshalb weniger Erfolg als der ICE, weil es nicht evolutionär an vorhandene Techniken (und damit an bestehende Bedarfsstrukturen) anschließt.

3. Soziale Netzwerke und Technikentwicklung

Thomas P. Hughes hat im Rahmen seiner technikhistorischen Studien über Edisons Erfindung der Glühlampe sowie über den Siegeszug der flächendeckenden Elektrizitätsversorgung den Begriff des sozio-technischen Systems geprägt, das er als Kopplung unterschiedlichster sozialer und technischer Elemente definiert, deren Funktion es ist, ein Problem zu lösen (vgl. Hughes 1987). Hughes hat auf diese Weise eine Mittel- und Mittlerposition zwischen Technikgeschichte, Techniksoziologie und Ingenieurwissenschaften bezogen. Seiner Auffassung ist es für den Erfolg einer technischen Erfindung gleichermaßen erforderlich,

- daß die technisch-ingenieurwissenschaftlichen Probleme gelöst werden und
- daß das Gesamtarrangement aus technischen und sozialen Komponenten derart stabilisiert wird, daß es sich als Lösung für ein allgemein wahrgenommenes Problem präsentieren kann.

Die vorausschauende Einpassung in künftige Anwendungs- und Nutzungskontexte ist dabei für Hughes ein entscheidender Faktor, der die Überlebensfähigkeit sozio-technischer Systeme nach der Freisetzung der jeweiligen Technik erhöht.

Aufbauend auf Hughes lassen sich Modelle konstruieren, die ihre Aufmerksamkeit auf die Akteurnetzwerke richten, welche den sozialen Kern sozio-technischer Systeme bilden.¹⁶ Mit Hilfe dieser Netzwerk-Modelle, so die These des vorliegenden Beitrags, können einige Probleme der Technikplanung und Technikfolgenabschätzung präziser benannt und somit möglicherweise besser bewältigt werden. Soziale Netzwerke entstehen demzufolge, wenn es Akteuren bzw. Akteurgruppen unterschiedlichster Provenienz gelingt, durch wechselseitige Verschränkung ihrer Strategien und Handlungsprogramme einen partiellen Interessenkonsens herzustellen.¹⁷ Ein einfaches Beispiel mag dies illustrieren: Wissenschaftlern und Technikern einer Raumfahrtfirma gelingt es, das Forschungsministerium davon zu überzeugen, Infrastrukturprojekte der bemannten Raumfahrt zu finanzieren; zugleich setzt das Forschungsministerium die Forderung durch, ein Raumstationsmodul zu bauen, das mit amerikanischen Projekten kompatibel ist. Die beiden Akteure tauschen also Ressourcen aus, die für den jeweiligen Partner von großem Wert sind: Ohne die politische Unterstützung und Finanzierung kann die Raumfahrtfirma kein Projekt dieser Größenordnung erfolgreich in Angriff nehmen; und ohne die Entwicklungsarbeit der Raumfahrtfirma kann das Forschungsministerium den Nachweis erfolgreicher Technologiepolitik nicht erbringen. Beide Partner legen sich durch ihre Entscheidungen

16 Vgl. van den Daele et al. 1979, Schimank 1992, Weyer 1989, Weyer 1993b, Weyer 1994b.

17 Sozio-technische Netzwerke sind der Sonderfall, in denen diese Netzwerke um eine technische Vision geknüpft sind.

fest, weil sie sich von dem symbiotischen Arrangement Vorteile in ihren jeweiligen Handlungssphären versprechen, die für ihre Problemlösungsstrategien attraktiv sind: Die Raumfahrtfirma will wirtschaftlich erfolgreich sein, die Politiker streben politische Erfolge an (z.B. eine Stärkung der transatlantischen Allianz), und die beteiligten Wissenschaftler suchen nach wissenschaftlich erfolgversprechenden Themen (z.B. in der Forschung unter Schwerelosigkeit). Alle Beteiligten profitieren somit von der Kopplung ihrer Handlungsprogramme. Zugleich *binden* sich die Akteure jedoch aneinander, denn ein kurzfristiger Ausstieg aus dem Netzwerk ist kaum möglich. Selbst Nachteile werden dabei so lange in Kauf genommen, wie sich keine attraktiveren Alternativen eröffnen und das weitere Mitspielen höhere Gewinne verspricht als der Ausstieg aus dem Netzwerk. Für die Raumfahrtfirma mag es beispielsweise attraktiver sein, Raumtransporter zu bauen; wenn diese Option jedoch sozial nicht anschlussfähig ist (weil kein Politiker bereit ist, ein Forschungsprogramm in diesem Bereich zu initiieren), steht sie nur hypothetisch zur Verfügung.

In dieser netzwerktheoretischen Perspektive ist es für den Erfolg eines Technikprojektes von entscheidender Bedeutung, ob es gelingt, das Akteurnetzwerk auch in veränderten Kontexten stabil zu halten, in denen sich neue Optionen eröffnen bzw. zentrale Elemente des Netzwerkes brüchig werden.¹⁸ (Dies kann sowohl durch Veränderung der Akteurkonstellation als auch durch technische Veränderungen verursacht werden.) Das Problem des Kontextwechsels läßt sich folgendermaßen veranschaulichen (vgl. Abb. 1). Das Projekt P zum Zeitpunkt t wird hier als ein sozio-technisches Netzwerk aufgefaßt, das von den Akteuren A und B gebildet wird und den (konkurrierenden) Akteur C ausschließt. Zum Zeitpunkt t' besteht das Projekt P' nunmehr aus den Akteuren A, C und D, während B das Feld verlassen und E als neuer Konkurrent hinzugesetreten ist. Dieser fiktive Fall soll verdeutlichen, daß Restrukturierungen sowohl netzwerkintern als auch in der sozialen und technischen Umwelt stattfinden. Anwendbar ist dieses (stark vereinfachende) Modell auf ganz unterschiedliche Sachverhalte, z.B.:

18 Mit dem Bezug auf das Kriterium der Überlebensfähigkeit (vgl. u.a. Glasersfeld 1992) entfällt jede Möglichkeit, den Erfolg anders zu vermessen als über die faktische Existenz einer (technischen, sozialen oder biologischen) Spezies. Zweifellos sind normative Modelle legitim; sie laufen jedoch Gefahr, kontrafaktische Postulate aufzustellen, die vom evolutionären Prozeß der (Technik-, Gesellschafts-, Arten- etc.) Entwicklung nicht bestätigt werden. Auch eine rationale Kritik der Argumente, mit denen die beteiligten Akteure Netzwerke konstruieren, ist berechtigt (vgl. u.a. SAPHIR 1993, Teil 1, S. 12), ändert jedoch nichts an der Tatsache, daß die von den Akteuren verwendeten Argumente vor allem strategischen Charakter besitzen und damit ihren jeweiligen Teilrationalitäten entsprechen. Die einzige sozial folgenreiche Kritik scheint mir die praktische Tat zu sein, welche (u.a. mit dem Mittel des rationalen Arguments) neue Netzwerke schafft und somit zur Auflösung kritikwürdiger Strukturen beiträgt.

- den Kontextwechsel, der beim Übergang von der (Labor-) Erfindung eines technischen Produkts zur Freisetzung in Natur und Gesellschaft stattfindet,
- den Kontextwechsel, der beim Übergang von der Formulierung eines Projektvorschlags zum Prozeß der Entscheidungsfindung (Alternativenauswahl etwa auf Seiten der Politik) stattfindet,
- den Kontextwechsel, der sich zwischen dem Initialdiskurs (in der Frühphase einer Technik) und dem Folgediskurs (in der Phase der großflächigen Anwendung) vollzieht.

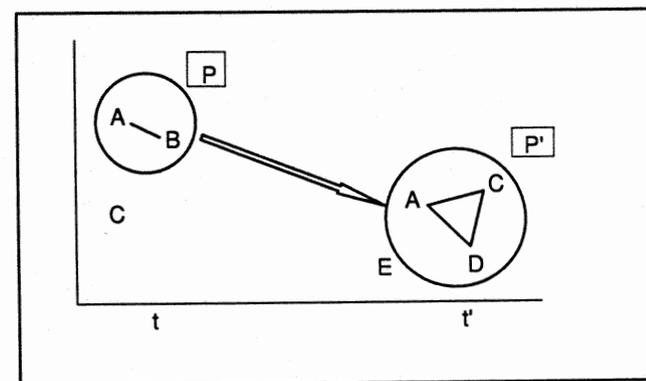


Abb. 1 Sozio-technische Netzwerke und Kontextwechsel

Allen Fällen ist gemeinsam, daß ein soziales Netzwerk und das von ihm getragene Technikprojekt sich in gewandelten Kontexten bewähren muß. Es kann als der Normalfall technischer Entwicklung angesehen werden, daß spätestens mit der Implementation eines Projekts die Kontexte sich ändern und damit die Durchsetzungschancen steigen oder fallen. Auch hierfür können mehrere Faktoren benannt werden:

- Zur Realisierung eines Technikprojektes bedarf es im Regelfall einer Reihe zusätzlicher Partner; das Netzwerk erweitert sich, und damit ändern sich die Strukturen sowohl der Binnen- wie der Außenbeziehungen.
- Mit der Implementation eines Projekts werden Interessen tangiert, die zuvor außerhalb des Horizonts der Netzwerkstruktureure lagen; es treten Wirkungen auf, die positiv oder negativ bewertet werden können, die jedoch in jedem Fall neue Akteure ins Spiel bringen (Betroffene, Öffentlichkeit, konkurrierende Gruppen, welche andere Interessen verfolgen, u.a.m.).¹⁹

Die These, daß die Stabilität sozialer Netzwerke und ihre Fähigkeit, Kontextwechsel zu überstehen, eine entscheidende Voraussetzung für die Realisierung technischer Großprojekte darstellt, soll im folgenden anhand eines Beispiels aus der Geschichte der deutschen Raumfahrt illustriert werden. Dabei wird deutlich werden, daß es eine Vielzahl von Gründen für das Scheitern eines Großprojektes gibt, die sich keinesfalls auf politische Inkompetenz und irrationalen Technikwiderstand reduzieren lassen.

4. Der Sängersche Raumtransporter: Ein Beispiel für ein gescheitertes Großprojekt

Das von Eugen Sänger entworfene Projekt eines Hyperschall-Raumtransporters ist mittlerweile mehr als 50 Jahre alt; trotz verschiedener Anläufe wurde das Projekt jedoch bislang in Deutschland nicht realisiert, und es hat gegenwärtig den Anschein, daß damit auch in absehbarer Zukunft nicht zu rechnen sein wird.²⁰ Als Ursache für dieses mehrfache Scheitern kann benannt werden, daß es den Befürwortern des Raumtransporters bislang nicht gelungen ist, ein stabiles sozio-technisches Netzwerk zu konstruieren.

Das Sängersche Projekt des Antipodenbombers von 1941/44 (vgl. Sänger/Bredt 1957, Treinies 1993) hätte Kristallisationspunkt eines Netzwerks sein sollen, das die Luftfahrt-/Raketenforschung und das deutsche Militär umfaßte. Nutzungsmöglichkeiten, die jenseits des militärischen Horizontes lagen, spielten bei Sänger keine Rolle. Aufgrund des Desinteresses des Militärs kam das Netzwerk jedoch nicht zustande. Anfang der 50er Jahre propagierte Sänger dann die Idee eines nukleargetriebenen "Antipoden-Raketenflugzeugs" (1951, S. 54) für den bemannten Raumflug zu anderen Planeten; auch diese technische Option erwies sich als sozial nicht anschlussfähig. Erst das Konzept eines "Überschalltransportflugzeuges" (1958, S. 18), das 'nur' vierfache Schallgeschwindigkeit erreichen sollte, erzeugte Resonanz auf Seiten der Politik, und zwar im Bundesverkehrsministerium. Diesem Ministerium, das zur damaligen Zeit seine Kompetenzen auszuweiten strebte, unterbreitete Sänger mit der griffigen Formel "Raumfahrt als

19 Ein völlig anders gelagerter Fall liegt vor, wenn gewandelte Kontexte neue Optionen eröffnen, die das betreffende Projekt für einen (oder mehrere) der beteiligten Partner unattraktiv machen; das Netzwerk löst sich quasi von innen her auf, weil es nicht mehr als geeignetes Mittel zur Lösung der anstehenden Probleme wahrgenommen wird. Es entstehen neue Netzwerke.

20 Ähnliche Vorhaben in den USA (Shuttle) und den UdSSR/GUS (Buran) zeigen, daß die Entwicklung wiederverwendbarer bemannter Raumtransporter gegenwärtig keine erfolgversprechende Zukunftsoption darstellt.

Verkehrsmittel" ein Angebot, das zur Konstruktion eines sozialen Netzwerkes führte, welches zumindest die Inangangsetzung erster Forschungsarbeiten im

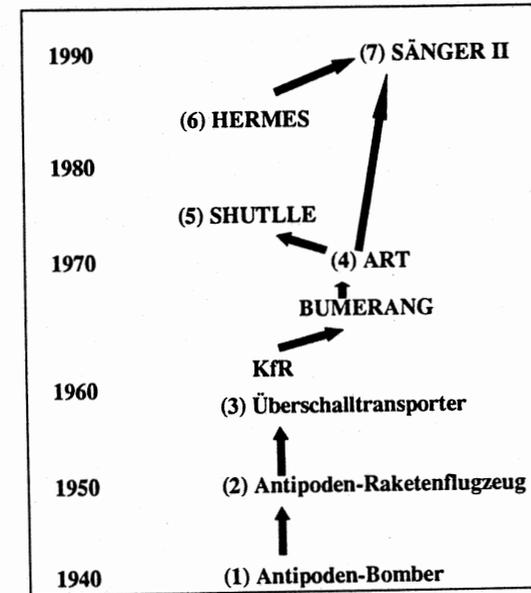


Abb. 2 Geschichte des Sängers-Raumtransporters

Bereich der Hyperschalltechnik in Westdeutschland ermöglichte.²¹ Die 60er Jahre hindurch blieb die Option eines Raumtransporters zwar konzeptionell präsent;²² sie hatte aber wenig Chancen gegenüber den gerade anlaufenden europäischen Kooperationsprogrammen, die - sehr zu Sängers Leidwesen - sich auf den Bau einer konventionellen ballistischen Rakete konzentrierten. Ende der 60er Jahre erhielt die Idee eines Raumtransporters durch die amerikanischen Pläne eines Post-Apollo-Programms kurzzeitig neuen Auftrieb; die amerikanische Politik machte jedoch alle Hoffnungen der westdeutschen Raumfahrt-Community zunichte, sich über ein 'Einklinken' in das Space Shuttle-Projekt doch noch einen Zugang zum Projekt des bemannten Raumtransporters zu verschaffen. Die

21 Diese fanden am Stuttgarter Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe statt und wurden später bei Junkers fortgesetzt, vgl. Weyer 1993a.

22 Vgl. KfR 1962. Die Forschungsarbeiten in diesem Bereich wurden vom BMwF gefördert, vgl. Wengeler 1993.

Arbeitsgemeinschaft Rückkehrtechnologie (ART), die bereits Vorstudien für ein Hermes-ähnliches Gerät erstellt hatte, mußte ihre Arbeiten einstellen.²³

Nach diesen - für die Beteiligten teils sehr enttäuschenden - Episoden, in denen niemals ein stabiles sozio-technisches Netzwerk entstanden war, schien sich Anfang der 80er Jahre mit dem französischen Vorschlag des Euro-Raumgleiters Hermes das Blatt zu wenden. Nunmehr war absehbar, daß die deutsch-französische Achse ein Fundament für die Realisierung eines Mini-Raumtransporters darstellen könnte; doch aus einer Reihe von Gründen war es nun die deutsche Seite, die das Netzwerk dadurch schwächte, daß sie das Leitkonzept Sänger II kreierte. Sänger II wurde zwar offiziell als Folgeprogramm zu Hermes dargestellt; der deutlich gegen Frankreich gerichtete Anspruch der deutschen Raumfahrt-Community auf 'Systemführerschaft' beim Hermes-Nachfolgeprogramm belegt jedoch, daß die sozialen, politischen und finanziellen Ressourcen für die Hyperschallforschung nunmehr auf zwei Projekte verteilt wurden, von denen ein jedes einer konzentrierten Bündelung der Kräfte bedurfte hätte, um Chancen zur Realisierung zu haben. Sänger II geriet seinerseits dann im nationalen Prozeß der Entscheidungsfindung in erhebliche Schwierigkeiten.²⁴

Dieser knappe Überblick über die wechselvolle Geschichte eines Großtechnikprojektes bestätigt also die in Kapitel 3 entwickelte These: Eine technische Idee benötigt zu ihrer Realisierung ein stabiles soziales Netzwerk, das konkurrierenden Netzwerken überlegen ist und sich als widerstandsfähig gegenüber Turbulenzen in der Umwelt erweist. Dies gilt in zweierlei Hinsicht: Zum einen muß ein derartiges Netzwerk entstehen, um den take-off eines Projekts zu ermöglichen (Initialphase/Genese), zum anderen muß das Netzwerk in der Lage sein, Störungen, die zu einem späteren Zeitpunkt auftreten, aufzufangen und in produktive statt in destruktive Dynamik umzusetzen (Implementationsphase/Folgen).²⁵ Auf den Stufen 1 bis 5 (vgl. Abb. 2) scheiterte das Raumtransporter-Projekt bereits an der ersten Anforderung: Es bildeten sich keine dauerhaft stabilen Netzwerke. Hauptursache für diese Mißerfolge waren interne Probleme, nicht öffentliche Kritik. Auf den Stufen 6 und 7 hingegen entstanden zwar Netzwerke als Basis von Großtechnikprojekten; diese erwiesen sich jedoch nicht als krisenstabil. Was im engeren Kontext der Projektbeteiligten zu einem konsistenten Ganzen verknüpft werden konnte, erwies sich in einem größeren Kontext, der insbesondere

23 Die ART war in sozialer Hinsicht das erste kohärente Netzwerk von Politik, Industrie und Forschung im Bereich der Hyperschallforschung, vgl. Treinies 1993.

24 Diese Schwierigkeiten führten dazu, daß das Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages mit einer TA-Studie zu diesem Thema beauftragt wurde. Vgl. den Beitrag von W.-M. Catenhusen in diesem Band (Anm. d. Hrsg.).

25 Dieser Gedanke lehnt sich an Lakatos' Konzept der progressiven bzw. degenerativen Problemverschiebung an, vgl. Lakatos 1974.

die Öffentlichkeit sowie konkurrierende Positionen mit einbezogen, als nicht stabil genug, um ein Fortbestehen des Projekts zu gewährleisten.

5. Partizipative Technikfolgenabschätzung

Wie das Beispiel gezeigt hat, hängt der Erfolg bzw. Mißerfolg eines Technikprojekts nicht ausschließlich von dessen innertechnischen Qualitäten ab, sondern vor allem von der Fähigkeit des - die Technik tragenden - sozialen Netzwerks, Kontextwechsel zu überstehen. In diesem Sinne kann nunmehr Technikfolgenabschätzung als der Versuch betrachtet werden, die Erwartung eines Kontextwechsels in den Technikgenese-Prozeß zurückzuführen. Diese Auffassung von TA unterscheidet sich von scientistischen oder technokratischen Konzepten derart, daß nicht Wissens- oder Vollzugsdefizite im Mittelpunkt stehen, sondern der soziale Prozeß der Technikerzeugung und -implementation.²⁶

Im Zentrum dieser TA-Konzeption steht die Vermutung, daß die Risiken, die das Auftreten neuer Akteure im Zeitpunkt t' erzeugt (vgl. Abb. 1), minimiert werden können, wenn diese Akteure mit ihren Projektionen, Interessen, Bewertungen etc. bereits vorab in den Technikgenese-Prozeß einbezogen werden.²⁷ Die Marktforschung von Unternehmen ist ein anschauliches Beispiel für solche antizipative Technikfolgenabschätzung, die einen sehr weiten Horizont von Entscheidungsvarianten kennt: Selbst bis zur Marktreife entwickelten Produkten kann das Schicksal widerfahren, im Museum zu landen.²⁸

Dieser Ansatz, für den sich die Bezeichnung 'partizipative Technikfolgenabschätzung' eingebürgert hat, geht davon aus, daß konkurrierende Interessen und Wertungen bereits in einem frühen Stadium in den Prozeß der Technikentwicklung eingefüttert werden müssen, um einerseits rechtzeitig Faktoren zu identifizieren, die zum Scheitern eines Projektes führen könnten, und andererseits konsensfähige Positionen zu entwickeln, die die soziale Basis für erfolgreiche Technikprojekte darstellen (Conrad 1994, Mai 1994, Bora/Döbert 1994, Gloede 1994).

26 Die zwei technokratischen Optimierungsstrategien bestehen in der Behebung von Wissensdefiziten durch Verfeinerung der Methoden einerseits, in einer verbesserten Steuerung der Technikimplementation andererseits; beide Strategien können als gescheitert angesehen werden.

27 Selbstverständlich kann auch eine solche Strategie nicht aus dem grundsätzlich unlösbaren Antizipationsproblem herausführen; sie stellt jedoch einen pragmatischen Weg dar, der über eine Inkaufnahme von Entscheidungsrisiken zum Zeitpunkt t' die Risiken zum Zeitpunkt t' zu minimieren sucht. Absolute Sicherheit kann auch diese Methode nicht produzieren.

28 Insofern wäre es ein Mißverständnis, den hier präsentierten Ansatz als Akzeptanzbeschaffungskonzept zu interpretieren.

TA läßt sich somit als Versuch einer Prognose künftiger Nutzungsweisen und potentieller Wirkungen einer Technik begreifen;²⁹ somit bezieht sie sich nicht nur auf die Technik an sich, sondern auch auf diejenigen, die Technik nutzen bzw. von ihrer Wirkungen (im positiven wie im negativen Sinne) betroffen sind. Die Technikfolgenforschung darf daher nicht nur die gewünschten (netzwerkinternen) Effekte analysieren, sondern muß sich in einer erweiterten Perspektive auch mit möglichen externen Wirkungen auseinandersetzen, die sich im Rahmen von Kontextwechseln ergeben können.

In der (west-)deutschen Raumfahrt ist gerade dieser letzte Aspekt zu oft vernachlässigt worden. Die Projektvorschläge wurden häufig mit allzu positiven und überoptimistischen Erwartungen verknüpft, die vor allem darauf abzielten, die zuständigen Politiker von der Förderungswürdigkeit zu überzeugen. Ein eingehendes Abwägen von Vor- und Nachteilen sowie eine rechtzeitige Einbeziehung weiterer Akteure und ihrer möglicherweise konkurrierenden Positionen fand hingegen nur selten statt, so daß die Überlebenschancen der jeweiligen Projekte in gewandelten Kontexten allenfalls gering waren.

Als Alternative zu diesem Vorgehen bietet sich ein partizipatives Modell von Technikentwicklung an, das bereits in frühen Stadien des Entscheidungsprozesses alle gesellschaftlichen Gruppen einbezieht, die als potentielle Nutzer, aber auch als potentielle Gegner einer Technik in Frage kommen. Wenn in einem solchen erweiterten Netzwerk (das die Strukturen zum Zeitpunkt t vorwegzunehmen versucht) unterschiedliche Standpunkte und Bewertungen zu Wort kommen und gemeinsam die technischen Entwicklungspotentiale und die gesellschaftlichen Bedarfsstrukturen evaluiert werden, steigt die Wahrscheinlichkeit, daß ein stabiles sozio-technisches Netzwerk entsteht;³⁰ denn Entscheidungen, die auf diese Weise gefällt werden, haben eine höhere soziale Bindungswirkung. Dies muß nicht zwangsläufig bedeuten, daß keine Risiken mehr eingegangen werden können und der technische Fortschritt stagniert. Es erscheint im Gegenteil plausibel, daß moderne Gesellschaften große Wagnisse nur noch eingehen können, wenn diese konsensuell und auf der Basis eines sorgfältigen Abwägens von Vor- und Nachteilen konkurrierender Optionen zustandekommen.

Das Fazit dieses Beitrags führt also zum Ausgangspunkt zurück: zur Normalität von Technikkontroversen in pluralistisch-demokratischen Gesellschaften. Technikplanung und Technikfolgenabschätzung sind demzufolge falsch konzipiert, wenn sie davon ausgehen, daß Technik an den gesellschaftlichen Technikdiskursen vorbei entwickelt werden kann. Eine elitistische, technokratische Kon-

zeption von Technikentwicklung läuft vielmehr große Gefahr, erfolglose Projekte zu produzieren. Eine partizipatorische Technikentwicklung, die von einer strukturellen Gleichrangigkeit der konkurrierenden Technikvisionen ausgeht, hat demgegenüber größere Chancen, Programmorschläge zu generieren, die selbst starke Turbulenzen überstehen.

Literatur

- [BDLI 1984] Bundesverband der Deutschen Luftfahrt-, Raumfahrt- und Ausrüstungsindustrie e.V. (1984): BDLI-Memorandum zur Zukunft der Raumfahrt in der Bundesrepublik, Bonn.
- [BMwF 1969] Bundesminister für wissenschaftliche Forschung (o.J.) (Hg.): Weltraumprogramm. Mittelfristiges Programm der Bundesregierung zur Förderung der Weltraumforschung und Weltraumtechnik in der Bundesrepublik Deutschland 1969-1973, Bonn.
- Böhme, G./Daele, W. v. d./Krohn, W. (1973): Die Finalisierung der Wissenschaft, in: Zeitschrift für Soziologie 2, S. 128-144.
- Bora, A./Döbert, R. (1994): Konflikt und Konsens im Technikfolgendiskurs. Ein praktisches Experiment, in: Weyer 1994c, S. 69-104.
- Brunsson, N. (1982): The Irrationality of Action and Action Rationality: Decisions, Ideologies and Organizational Actions, in: Journal of Management Studies 19, S. 29-44.
- Conrad, J. (1993): AKW revisited - 50 Jahre danach. Substantielle und prozedurale Effekte von Technikfolgenabschätzung, in: Weyer 1994c, S. 35-50.
- Daele, W. v. d. (1989): Kulturelle Bedingungen der Technikkontrolle durch regulative Politik, in: P. Weingart (Hg.): Technik als sozialer Prozeß, Frankfurt/M.: Suhrkamp, S. 197-230.
- Daele, W. v. d./Krohn, W./Weingart, P. (1979): Die politische Steuerung der wissenschaftlichen Entwicklung, in: dies. (Hg.): Geplante Forschung. Vergleichende Studien über den Einfluß politischer Programme auf die Wissenschaftsentwicklung, Frankfurt/M.: Suhrkamp, S. 11-63.
- [DARA 1991] Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten, Deutsches Weltraumprogramm 1990-2000ff. (Januar 1991).
- [DFVLR 1984] Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Strategiestudie Raumfahrt, Köln-Porz.
- [DGAP 1986] Forschungsinstitut der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik: Deutsche Weltraumpolitik an der Jahrhundertsschwelle. Analyse und Vorschläge für die Zukunft (Vorsitz: Karl Kaiser), Bonn.
- [DGAP 1990] Forschungsinstitut der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik: Beobachtungssatelliten für Europa, Bericht einer Expertengruppe, Bonn.
- [DGAP 1992] Kaiser, K., Becher, K.: Außen- und sicherheitspolitische Aspekte des Raumtransportsystems SÄNGER. Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages, Materialien zum TAB Arbeitsbericht 14, Bonn.
- [DKfW 1965] Weltraumforschung in der Bundesrepublik Deutschland. Memorandum der Deutschen Kommission für Weltraumforschung zur Lage und zu den Aufgaben der

29 Vgl. auch Bechmann und Grunwald, in diesem Band.

30 Wiederum muß betont werden, daß auch ein solches Vorgehen keine vollständige Absicherung gegen Fehlschläge darstellt, wohl aber impliziert, daß alle Beteiligten nicht davon ausgehen können, ihre Maximalforderungen durchzusetzen.

- Weltraumforschung in den Jahren 1966 bis 1970 in der Bundesrepublik Deutschland, 12. Mai 1965, Bonn.
- Douglas, M./Wildavsky, A. (1982): Risk and Culture, Berkeley: Universita of California Press.
- Ehinger, G./Niederer, G./Stark, U. (1970): Wozu Weltraumforschung in Deutschland?, in: Bild der Wissenschaft 1970, S. 678-685.
- Engels, D./Scheffran, J. (1987): Bundesdeutsche Weltraumpolitik - Großmachtstreben im All, in: Blätter für deutsche und internationale Politik 32, S. 764-779.
- European Space Agency Council (1987): European Long Term Space Plan 1987 - 2000, ESA/C(87)3, Paris, 10 June 1987.
- Glaserfeld, E.v. (1992): Aspekte des Konstruktivismus: Vico, Berkeley, Piaget, in: G. Rusch/S.J. Schmidt (Hg.), Konstruktivismus: Geschichte und Anwendung, Frankfurt/M.: Suhrkamp, S. 20-33.
- Gloede, F. (1994): Der TA-Prozeß zur Gentechnik in der Bundesrepublik Deutschland - zu früh, zu spät oder überflüssig?, in: Weyer 1994c, S. 105-128.
- Hughes, T.P. (1987): The Evolution of Large Technological Systems, in: W.E. Bijker/T.P. Hughes/T.J. Pinch (eds.): The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology, Cambridge (Mass.)/London: MIT Press, S. 51-82.
- Kepler, E. (1993): Weltraumwissenschaften und Raketentechnik. Ein persönlicher Rückblick, in: Weyer 1993c, S. 23-35.
- [KfR 1962] Kommission für Raumfahrttechnik des Bundesverbandes der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e.V. (BDLI) und der Deutschen Gesellschaft für Flugwissenschaften e.V. (DGF): Vorschlag für ein gemeinsames Vier-Jahres-Programm "Raumfahrttechnik" der deutschen Forschung und Industrie, Bonn (Historisches Archiv der DLR, Köln-Porz).
- Koch, W. (1993): Technikgenese und Technikkontrolle am Beispiel des ICE, Bamberg (Diplomarbeit).
- Koelle, D.E. (1993): Die Entwicklung der deutschen Raumfahrt-Aktivitäten in den 60er Jahren und die weitere Politik auf dem Trägerraketen-Gebiet, in: Weyer 1993c, S. 73-87.
- Koelle, H.H. et al. (1970): Welchen Nutzen hat das deutsche Weltraumprogramm? Zusammenfassung der Ergebnisse einer Studie, durchgeführt am Institut für Raumfahrttechnik der Technischen Universität Berlin im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft, Berlin, Juli 1970.
- Krohn, W./Weyer, J. (1989): Gesellschaft als Labor. Die Erzeugung sozialer Risiken durch experimentelle Forschung, in: Soziale Welt 40: S. 349-373.
- Krück, C. (1993): Spin-off aus der Raumfahrt. Empirische Befunde und Diskursstrategien, in: Weyer 1993c, S. 285-314.
- Krücken, G. (1990): Gesellschaft/Technik/Risiko: Analytische Perspektiven und rationale Strategien unter Ungewißheit, Bielefeld: Kleine.
- Krupp, H./Weyer, J. (1988): Die gesellschaftliche Konstruktion einer neuen Technik. Legitimationsstrategien zur Durchsetzung der bemannten Raumfahrt als Beispiel, in: Blätter für deutsche und internationale Politik 33: S. 1086-1098 und S. 1249-1262.
- Lakatos, I. (1974): Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme, in: I. Lakatos/A. Musgrave (Hg.): Kritik und Erkenntnisfortschritt, Braunschweig: Vieweg Vlg., S. 89-189.
- Lindblom, C.E. (1975): Inkrementalismus: die Lehre vom "Sich-Durchwursteln", in: W.-D. Narr/C. Offe (Hg.), Wohlfahrtsstaat und Massenloyalität, Köln: Kiepenheuer & Witsch, S. 161-177 (Original 1959).
- Mai, M. (1994): Technikbewertung im Parlament. Gesellschaftlicher Steuerungsbedarf und parlamentarische Eigenrationalität, in: Weyer 1994c, S. 51-68.
- Rip, A. (1991): The Danger Culture of Industrial Society. In: R. E. Kapseron/P. J. M. Stallen (eds.): Communicating Risks to the Public, Dordrecht: Kluwer, S. 345-365.
- Sänger, E. (1951): Was kostet Weltraumfahrt?, in: Weltraumfahrt, Beiträge zur Weltraumforschung und Astronautik 2: S. 49-55.
- Sänger, E. (1952): Raumfahrtforschung (Ansprache zur Eröffnung des 3. Internationalen Astronautischen Kongresses in Stuttgart), in: Weltraumfahrt, Beiträge zur Weltraumforschung und Astronautik 3: S. 97-98.
- Sänger, E. (1955): Forschung zwischen Luftfahrt und Raumfahrt, in: Weltraumfahrt, Zeitschrift für Astronautik und Raketentechnik 6: S. 12-21.
- Sänger, E. (1958): Raumfahrt - Einige politische Aspekte (Festvortrag zur Zehnjahresfeier der DGRR am 1.2.1958), in: Weltraumfahrt, Zeitschrift für Astronautik und Raketentechnik 9: S. 12-22.
- Sänger, E./Bredt, I. (1944/1957): Über einen Raketenantrieb für Fernbomber (Unveränderte zweite deutsche Auflage), Stuttgart: Verlag Flugtechnik/Ernst von Olshausen (Mitteilung aus dem Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe e.V. 13).
- [SAPHIR 1993] Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) (Hg.): Technikfolgenbeurteilung der bemannten Raumfahrt. Systemanalytische, wissenschaftstheoretische und ethische Beiträge; ihre Möglichkeiten und Grenzen, DLR - TB - 318 - 1993 - 01B, Köln-Porz.
- Schimank, U. (1992): Spezifische Interessenkonsense trotz generellem Orientierungsdissens. Ein Integrationsmechanismus polyzentrischer Gesellschaften, in: H.-J. Giegel (Hg.): Kommunikation und Konsens in modernen Gesellschaften, Frankfurt/M.: Suhrkamp, S. 236-275.
- Schrader, K. (1993): Eine ökonomische Bewertung der bemannten Raumfahrt, in: Weyer 1993c, S. 237-253.
- Treinius, N. (1993): Von Eugen Sängers Raketenfern timer zum Space Shuttle. Ein Beitrag zur Ideengeschichte geflügelter Raumtransporter, in: Weyer 1993c, S. 153-178.
- Trischler, H. (1992): Luft- und Raumfahrtforschung in Deutschland 1900-1970. Politische Geschichte einer Wissenschaft, Frankfurt/M.-New York: Campus.
- Tschiedel, R. (1990) (Hg.): Die technische Konstruktion der gesellschaftlichen Wirklichkeit, München/Wien: Profil.
- Wengeler, H. (1993): Umwelt- und technologiepolitische Aspekte der bundesdeutschen Raumtransporter-Entwicklung 1962-1991, in: Weyer 1993c, S. 215-235.
- Weyer, J. (1988): Bemannte Raumfahrt: Taktische Spiele im All, in: Die ZEIT, 22.4.1988, S. 36-37.
- Weyer, J. (1992): Der Raumtransporter SÄNGER als Instrument deutscher Großmacht politik? Materialien zum TAB-Arbeitsbericht Nr. 14. Bonn.
- Weyer, J. (1993a): Akteurstrategien und strukturelle Eigendynamiken. Raumfahrt in Westdeutschland 1945-1965, Göttingen: Otto Schwartz.

- Weyer, J. (1993b): System und Akteur. Zum Nutzen zweier soziologischer Paradigmen bei der Erklärung erfolgreichen Scheiterns, in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 45: S. 1-22.
- Weyer, J. (1993c) (Hg.): Technische Visionen - politische Kompromisse. Geschichte und Perspektiven der deutschen Raumfahrt, Berlin: edition sigma.
- Weyer, J. (1994a): Space Policy in West Germany 1945-1965. Strategic Action and Actor Network Dynamics, in: U. Schimank/A. Stucke (eds.): Coping with Trouble. How Scientists and Research Institutes React to Political Disturbances of Their Research Conditions, Frankfurt/M.: Campus.
- Weyer, J. (1994b): Größendiskurse. Die strategische Inszenierung des Wachstums soziotechnischer Systeme, in: I. Braun/B. Joerges (Hg.): Technik ohne Grenzen. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Weyer, J. (1994c) (Hg.): Theorien und Praktiken der Technikfolgenabschätzung, München/Wien: Profil.