

Schrader, Klaus

**Book Part — Digitized Version**

## Eine ökonomische Bewertung der bemannten Raumfahrt

**Provided in Cooperation with:**

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

*Suggested Citation:* Schrader, Klaus (1993) : Eine ökonomische Bewertung der bemannten Raumfahrt, In: Weyer, Johannes (Ed.): Technische Visionen - politische Kompromisse: Geschichte und Perspektiven der deutschen Raumfahrt, ISBN 3-89404-362-8, Ed. Sigma, Berlin, pp. 237-253

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/1903>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

## **Eine ökonomische Bewertung der bemannten Raumfahrt**

### **1. Einleitung**

Die Befürworter der bemannten Raumfahrt verweigern sich oftmals einer rationalen Bewertung von Raumfahrtprojekten. Aus ihrer Perspektive stellt die Raumfahrt einen evolutionären Vorgang dar, der das menschliche Bewußtsein transformiert und die gesellschaftliche Entwicklung fördert. Es erscheint ihnen unangemessen, zukünftige Entwicklungen durch die gegenwartsbezogene Vernunft bestimmen zu wollen. Ihr Bestreben, die Entwicklung der Raumfahrt voranzutreiben, entspringt, jedenfalls nach ihrer eigenen Einschätzung, tieferen menschlichen Idealen und Triebkräften. An erster Stelle steht der Traum einer Erschließung des Alls durch den Menschen; die Suche nach einer rationalen Begründung für dieses Vorhaben dient lediglich als Mittel zum Zweck (vgl. etwa Puttkamer 1990). Die Notwendigkeit einer rationalen Begründung der Raumfahrt ergibt sich daraus, daß die Verwirklichung dieses Traums die Entwicklung komplexer technischer Systeme erfordert. Da die Durchführung von Raumfahrtprojekten mit hohen Kosten verbunden ist, kann dieser Menschheitstraum, der zu den immateriellen bzw. ideellen Wohlstandsdeterminanten zählen mag, grundsätzlich in Geldeinheiten bewertet werden. Daher muß neben einer technischen Bewertung durch die Natur- und Ingenieurwissenschaften eine ökonomische Bewertung der bemannten Raumfahrt durch die Wirtschaftswissenschaften treten. Dem ökonomischen Nutzen müssen die ökonomischen Kosten der Raumfahrt gegenübergestellt werden, so daß eine Bewertung von Raumfahrtprojekten im Vergleich zu Projekten erfolgen kann, die sich mit der Raumfahrt im Wettbewerb um knappe Ressourcen befinden. Die Durchführung von Raumfahrtprojekten läßt sich demnach nur dann ökonomisch rechtfertigen, wenn die benötigten Ressourcen effizient, d.h. zu minimalen Opportunitätskosten verwendet werden. Vor dem Hintergrund dieses ökonomischen Maßstabs soll im folgenden versucht werden, eine Bewertung der bemannten Raumfahrt vorzunehmen.

## **2. Der ökonomische Nutzen aus den Spin-offs der bemannten Raumfahrt**

Bei fast jedem Versuch, den ökonomischen Nutzen der bemannten Raumfahrt herauszustellen, werden die sogenannten "Spin-offs" angeführt. Nach einer allgemein akzeptierten Definition unterscheidet man zwei Kategorien aneignungsfähiger Spin-offs: Direkte oder greifbare Spin-offs bezeichnen den Transfer von Erzeugnissen, Prozessen und Materialien aus dem Raumfahrtbereich in andere zivile, nicht staatliche Bereiche; indirekte oder nicht greifbare Spin-offs umfassen den entsprechenden Transfer von Informationen wissenschaftlicher und technologischer Art (Welles/Waterman 1964: 108). Demnach würden sich bei der Verfolgung von Raumfahrtprojekten positive ökonomische Nebenwirkungen für die Privatwirtschaft ergeben, die allerdings in der Regel ungeplant und zufällig auftreten.

### **2.1 Die Spin-offs der NASA-Programme**

Die Spin-off-Argumentation wurde nach dem Auslaufen des APOLLO-Programms Ende 1972 auch von der NASA (National Aeronautics and Space Administration) aufgegriffen, da sich diese mit einem Rückgang des öffentlichen Interesses an der Raumfahrt konfrontiert sah. Um eine drohende Kürzung der Haushaltsmittel zu vermeiden, lag es im Interesse der NASA, den Nutzen der Raumfahrttechnologien in anderen Wirtschaftsbereichen herauszustellen. Zu diesem Zweck wurde von der NASA eine Reihe von Spin-off-Studien bei großen Forschungsinstituten, die auch auf dem Gebiet der statistischen Analyse ausgewiesen waren, in Auftrag gegeben; sie sollten diesen Nutzen empirisch erfassen und quantifizieren. Dabei zeigte sich, daß die empirische Analyse von Spin-offs und des mit diesen verbundenen zivilen Nutzens beträchtliche Probleme aufwirft. Diese liegen zum einem im Grundsätzlichen, bei der Zurechenbarkeit und Meßbarkeit überhaupt, und zum anderen bei der Auswahl und Interpretation geeigneter Indikatoren.

Eine Analyse der NASA-Studien veranschaulicht die Problematik von Spin-off-Untersuchungen:

Eine Untersuchung des Midwest-Research Instituts (MRI) versuchte den Beitrag der NASA-Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) zum gesamtwirtschaftlichen Wachstum in den Vereinigten Staaten zwischen 1949 und 1968 abzuschätzen. 24 vH des Wirtschaftswachstums wurden dem technischen Fortschritt aus FuE-Ausgaben zugerechnet. Durch die Berechnung des NASA-Anteils an den FuE-Gesamtausgaben glaubte man damit auch den Anteil der NASA-FuE am technologieinduzierten Wachstum bestimmen zu können. Eine Differenzierung zwischen den Wachstumseffekten privater industrieller, sonstiger staatlicher und der NASA-FuE unterblieb, obwohl gerade diese zum Nachweis von Spin-off-Effekten notwendig gewesen wäre.

Eine ähnliche Untersuchung wurde auch von Chase Econometric (CE) durchgeführt, die mit Hilfe von Regressionsanalysen für den Zeitraum von 1960 bis 1974 die gesamtwirtschaftlichen Produktivitätseffekte der NASA-FuE-Ausgaben zu ermitteln versuchte. Danach wäre ohne NASA-FuE zwischen 1965 und 1974 die Produktivität in den Vereinigten Staaten gefallen. Eine Überprüfung durch den amerikanischen Rechnungshof konnte jedoch diese Ergebnisse nicht bestätigen: Schon leichte Variationen des Untersuchungszeitraums und der verwendeten Variablen führten zu einem erheblichen Absinken des Signifikanzniveaus der NASA-FuE.

Einer anderen Vorgehensweise bediente sich die Untersuchung von Mathematica, in der der ökonomische Nutzen der zivilen Verwendung ausgesuchter NASA-Technologien quantifiziert werden sollte. Die untersuchten Technologiebereiche waren Kältetechnik, Gasturbinen, integrierte Schaltkreise und das Software-Programm NASTRAN. Der Nutzen neuer Technologien aus diesen Bereichen wurde in Form von Kostenersparnissen geschätzt, die durch die Einführung dieser Technologien bedingt waren. In einem weiteren Schritt konnte der Nutzenanteil der NASA bestimmt werden, wenn auch andere Institutionen an der Entwicklung einer dieser Technologien beteiligt waren. Es wurde unterstellt, daß die NASA-FuE technische Neuerungen beschleunigt hätte, die anderenfalls erst zu einem späteren Zeitpunkt realisiert worden wären. Die Schätzung dieses Beschleunigungseffekts erfolgte mittels der Befragung "unabhängiger" Experten. Allerdings verweist selbst Mathematica auf die Schwächen dieser Vorgehensweise, die vor allem in der unzureichenden Datenbasis, in den mit persönlichen Werturteilen behafteten Schätzungen der Be-

**Tabelle 1: Schätzung des ökonomischen Nutzens für die amerikanische Wirtschaft aus der sekundären Anwendung unterschiedlicher NASA-Technologien**

	Gesamtnutzen <sup>1</sup>		Nutzenanteil <sup>1</sup> der NASA		
	bei einer Diskontrate in Höhe von		Beschleunigungszeit in Jahren	bei einer Diskontrate in Höhe von	
	5 vH	10 vH		5 vH	10 vH
Kältetechnik 1960-1983	2.127	2.137	1	205 (9,6)	263 (12,1)
			5	897 (42,2)	1.054 (48,5)
			10	1.504 (70,7)	1.663 (76,5)
Gasturbinen in der Elektrizitätserzeugung 1969-1982	1.000	887	0,5	58,3 (5,8)	55,6 (6,3)
			1	116,5 (11,7)	111,2 (12,7)
			4	516,7 (51,7)	479,1 (54,6)
Integrierte Schaltkreise 1963-1982	19.844	18.747	0,5	1.239 (6,2)	1.349 (7,2)
			2	4.740 (23,9)	5.080 (27,1)
			3	6.887 (34,7)	7.277 (38,8)
NASTRAN 1966-1984			4	684,6 (100,0)	701,2 (100,0)
			10	1.491,1 (100,0)	1.359,1 (100,0)

1 In Millionen US-Dollar auf der Basis von 1974; relative Werte in Klammern.  
 Quelle: Mathematica, Quantifying the Benefits to the National Economy from Secondary Applications of NASA Technology. Princeton/New Jersey 1976.  
 Eigene Zusammenstellung und Berechnung.

schleunigungszeiten und in den weit auseinanderliegenden Schätzungen der NASA-Nutzenanteile zu sehen sind. Zudem wurde nicht die Frage beantwortet, ob bei den NASA-Technologien der Nutzen die Kosten überwogen hat (siehe Tabelle 1).

Eine weitere Untersuchung von Mathtech, die sich auf den Zeitraum von 1970 bis 1976 beschränkte, versuchte den ökonomischen Wert einer Anzahl von Technologietransferprogrammen des Technology Utilization Office (TUO), der Technologietransferagentur der NASA, zu ermitteln.<sup>1</sup> Mathtech arbeitete zu diesem Zweck ebenfalls mit Beschleunigungseffekten, verzichtete allerdings auf Expertenbefragungen. Statt dessen wurden die auf die TUO-Programme zurückführbaren Verringerungen der "Lags" errechnet, die normalerweise vor der kommerziellen Nutzung einer Technologie auftreten. Der Nutzen der Raumfahrttechnologien ergab sich entsprechend aus der Differenz der Gegenwarts- werte mit und ohne NASA-Transferprogramm, die für jedes einzelne Projekt ermittelt wurde. Diesem Nutzen wurden die Kosten des Technologietransfers gegenübergestellt, wobei Mathtech in allen Fällen zu einer positiven Bewertung der Transferprogramme gelangte. Die Schwächen dieser Vorgehensweise liegen darin, daß nur ein kleiner Teil, wahrscheinlich der erfolgreichere, der Transferprogramme in die Untersuchung einbezogen wurde und auch die Datenbasis große Mängel aufweist, wie selbst Mathtech zugibt. Fragwürdig muten auch die Beschleunigungszeiten an, die zum Teil gerade 2 Wochen betragen, also außerhalb des Wahrnehmbaren liegen und eher als ein Hinweis auf schlichte Verschwendung von Steuermitteln gelten können (siehe Tabelle 2).

Auch die beiden Untersuchungen von Mathematica und Mathtech, die den ökonomischen Wert einzelner Spin-offs des APOLLO-Programms zu quantifizieren versuchen, werfen somit mehr Fragen als Antworten auf. Sie lassen viele Probleme im Dunkeln und weisen erhebliche methodische Defizite auf. Das gilt für die (fehlende) Nachvollziehbarkeit der Modelle wie auch für die konkrete Erfassung von Nutzen und Kosten einzelner Maßnahmen. Die Kosten, die mit der Einführung dieser Technologien verbunden sind, werden gar nicht oder nur

---

1 Dabei handelte es sich um Computer-Software, medizinische Geräte und Behandlungstechniken, Ernährungspläne für Senioren, Batterien und Brandbekämpfungsausrüstungen.

**Tabelle 2: Kosten-Nutzen-Analyse ausgewählter TUO-Programme**

TUO-Programm	Realisierungswahrscheinlichkeit	Gesamtnutzen <sup>1</sup>	Nutzenanteil <sup>1</sup> des TUO <sup>2</sup>	TUO-Kosten	Beschleunigungszeit in Jahren <sup>3</sup>	TUO-Nutzen-Kosten-Verhältnis
		bei einer Diskontrate von 10 vH				
Informationspakete (Technical Support Packages), 1970-1976	1,0	83,0	2,0 (2,4)	1,70	-	1,2
COSMIC (Computer Software Management and Information Center), 1970-1976	1,0	307,0	6,1 (2,0)	1,50	-	4,1
Operationsgerät zur Behandlung des "Grauen Star", 1979-1988	0,5	31,0	6,4 (20,7)	0,16	2,00	41,3
Brandwundendiagnostik, 1980-1989	0,5	2,7	1,8 (66,7)	0,22	6,50	8,2
Ernährungssysteme für Senioren, 1977-1986	0,1	10,5	0,8 (7,6)	0,13	0,75	5,8
Wiederaufladbarer Herzschrittmacher, 1974-1977	1,0	72,0	0,7 (1,0)	0,17	0,04	4,1
Impulsgeber (Human Tissue Stimulator), 1978-1987	0,3	516,0	2,6 (0,5)	0,27	0,04	9,6
Nickel-Zink-Batterie, 1980-1989	0,5	328,0	15,0 (4,6)	0,22	0,50	68,2
Verzinkte Ummantelungen, 1977-1986	0,8	68,0	14,6 (21,5)	0,04	2,00	339,5
Feuerwehratemgerät, 1976-1985	1,0	6,1	3,0 (49,2)	0,83	5,00	3,6

1 In Millionen US-Dollar in Werten von 1976; 2 TUO-Nutzen in vH des Gesamtnutzens in Klammern

3 Beschleunigungszeit = TUO-Nutzenanteil: (Gesamtnutzen: Jahre der kommerziellen Nutzung)

Quelle: Mathech, A Cost-Benefit Analysis of Selected Technology Utilization Office Programms. Princeton/New Jersey 1977. Eigene Zusammenstellung und Berechnung.

zu einem geringen Teil berücksichtigt.<sup>2</sup> In beiden Untersuchungen wird der Versuch unternommen, mit Hilfe von Beschleunigungszeiten den Nutzenanteil der NASA zu bestimmen, wobei wie selbstverständlich die beschleunigte Einführung einer Technologie durch die NASA als nutzensteigernd unterstellt wird. Dabei übersieht man jedoch die Kosten, die eine solche NASA-Beschleunigung hervorrufen kann. Denn zum einen werden die NASA-FuE-Ausgaben mit staatlichen Mitteln finanziert, die zuvor, etwa über Steuern, den privaten Sektoren entzogen worden sind. Diese Mittel fehlen bei der Finanzierung privatwirtschaftlicher, gewinnorientierter FuE-Ausgaben, die zu einer Steigerung des technischen Fortschritts beitragen würden. Des weiteren entzieht die NASA der Privatwirtschaft mit Hilfe dieser Mittel knappe FuE-Ressourcen, die ansonsten in privaten FuE-Projekten ebenfalls fortschrittssteigernd verwendet würden. D.h. die NASA-FuE ruft zumindest in solchen Fällen erhöhte Kosten hervor, in denen FuE-Ressourcen ineffizient bzw. nicht opportunitätskostenminimierend eingesetzt werden. Aber auch unter der Annahme, daß die NASA-FuE zu einem kommerziell verwertbaren Ergebnis führt, entstehen Kosten: Es werden der Privatwirtschaft die Anreize genommen, eigene FuE-Risiken auf sich zu nehmen, weil man als Trittbrettfahrer von der NASA-FuE profitieren kann. Auf diese Weise wird der fortschrittsfördernde dezentrale Suchprozeß der Unternehmen beeinträchtigt, dessen Erfolgswahrscheinlichkeit größer ist als die des mit außerökonomischen Zielsetzungen belasteten Vorgehens der NASA (vgl. Schrader 1990: 230ff.).<sup>3</sup>

Die Zweifel, die schon aufgrund der NASA-eigenen Untersuchungen an den fortschrittsfördernden Effekten der Raumfahrtausgaben entstehen, werden auch durch Untersuchungen des Instituts für Weltwirtschaft bestätigt. So zeigt sich in rüstungs- und raumfahrtintensiven Branchen der Vereinigten Staaten kein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Rüstungs- und Raumfahrt-

---

2 Die von Mattech berücksichtigten TUO-Kosten umfassen nur die bei dem TUO im Rahmen des Technologietransfers entstehenden Programmkosten.

3 Diese Kritik trifft auch auf jüngere NASA-Schätzungen des volkswirtschaftlichen Nutzens ausgewählter NASA-Spin-offs zu. Es wurden für den Zeitraum von 1978 bis 1988 Einnahmen und Einsparungen für etwa 350 Anwendungen von Raumfahrttechnologien in Höhe von 27 Mrd. US-Dollar ermittelt, ohne daß eine umfassende Kostenanalyse erfolgte; vgl. NASA 1988: 15.

**Tabelle 3: Kennziffern zum technischen Fortschritt<sup>1</sup> und zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit<sup>2</sup> in Branchen mit hoher Rüstungs- und Raumfahrtintensität in den Vereinigten Staaten 1963-1984<sup>3</sup>**

Industriebranche <sup>5</sup>	Relative Patentproduktivität			Internationale Wettbewerbsfähigkeit			Rüstungs- und Raumfahrtintensität <sup>4</sup>		
	1963-1970	1975-1977	1982-1984	1964-1970	1975, 1976, 1987	1982-1984	1965	1982	1965-1982
Chemische Industrie	1,209	1,374	1,331	0,974	0,821	0,945	0,3	0,2	0,2
Eisen und Stahl, NE-Metalle	-0,995	-1,739	-1,552	-	-1,024	-1,030	0,5	0,8	0,7
Eisen-, Blech-, Metallwaren sowie Stahlverformung	0,194	-0,12	0,099	-	0,599	0,355	0,5	3,5	2,9
Maschinenbau	0,896	0,654	0,571	1,054	1,108	0,755	1,9	2,2	2,2
Elektronische Industrie	0,726	0,706	0,593	0,023	-0,291	0,104	13,1	12,0	12,2
Fahrzeugbau	-0,792	-0,741	-0,901	0,032	0,176	-0,016	16,9	20,9	19,9
Feinmechanik und Optik	1,836	1,353	1,279	0,461	0,478	0,483	6,0	4,9	5,1

1 Gemessen an den Patenterteilungen je Beschäftigten: In  $[(\text{PaT}/\text{Besch}_i)/(\Sigma\text{PaT}/\Sigma\text{Besch}_i)]$ , wobei Pat=Patente; Besch=Beschäftigte; i=zweistellige SIC-Branche.

2 Gemessen an den Handelsströmen: In  $[(x_i/m_i)/(\Sigma x_i/\Sigma m_i)]$ , wobei x=Exporte; m=Importe; i=zweistellige SIC-Branche.

3 Jeweils Jahresdurchschnitte.

4 Lieferungen (Umsätze) an das Verteidigungsministerium in vH der Industrieumsätze insgesamt

5 Abgrenzung nach SIC.

Quelle: Hans H. Glismann/Ernst-Jürgen Horn, Rüstungs- und Raumfahrtausgaben, technischer Fortschritt und internationale Wettbewerbsfähigkeit: Eine einzelwirtschaftliche Analyse. In: Die Weltwirtschaft 2/1989: 130

intensität einerseits und Kennziffern für Patentproduktivität und internationale Wettbewerbsfähigkeit andererseits (siehe Tabelle 3). Dieses Ergebnis könnte darauf zurückgeführt werden, daß die Rüstungs- und Raumfahrtausgaben nicht in die Branchen geflossen sind, die sich durch eine besondere Innovationshäufigkeit oder eine besonders hohe Wettbewerbsfähigkeit auszeichnen; alternativ könnte die Schlußfolgerung gezogen werden, daß Rüstungs- und Raumfahrtaufträge weder zu einer auffällig hohen Inventionstätigkeit und Wettbewerbsfähigkeit geführt haben noch zu einer auffällig niedrigen.

Eine Antwort auf diese noch offenen Frage, ob es spezifische Rüstungs- und Raumfahreffekte gibt, kann eine Analyse auf Unternehmensebene geben. So wurde untersucht, inwieweit die Rüstungsforschung, Rüstungsaufträge und NASA-Aufträge - neben klassischen Faktoren wie Investitions- und eigene FuE-Tätigkeit - als signifikante Einflußfaktoren des wissenschaftlich-technischen und des ökonomischen Erfolgs anzusehen sind. Die entsprechende Effizienzanalyse zeigt folgende Zusammenhänge auf:

- \* Die Investitionen hängen eng mit den Indikatoren der ökonomischen Effizienz (Unternehmenswachstum, Umsatzrendite) zusammen; die eigene FuE erklärt die technische Effizienz (Patentproduktivität, Veröffentlichungsproduktivität) sowie die an der Umsatzrendite gemessene ökonomische Effizienz;
- \* die Rüstungsforschung bleibt insignifikant; auch die Rüstungs- und NASA-Aufträge leisten keinen signifikanten Beitrag zur ökonomischen Effizienz;
- \* hinsichtlich des technischen Fortschritts, gemessen an der Patentproduktivität, zeigen weder Rüstungs- noch NASA-Aufträge einen signifikanten Einfluß; lediglich die Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen wird vor allem von den NASA-Aufträgen positiv beeinflusst (siehe Tabelle 4).

Die letzte Beobachtung kann als ein Hinweis darauf angesehen werden, daß seitens des staatlichen Auftraggebers ein starker Wunsch nach Publizität vermeintlich positiver Gemeinwohleffekte besteht, wozu Patente oder Publikationen dienen. Während Patente technische Neuerungen darstellen, dokumentieren Publikationen Erkenntnisse, die kein geistiges Eigentum beinhalten und unterhalb der Schwelle von technischen Neuerungen bleiben. Sie mögen zwar von dem staatlichen Auftraggeber als Substitute für nachgewiesene Erkenntnisfort

**Tabelle 4: Bestimmungsfaktoren technischer und wirtschaftlicher Effizienz der Ausgaben für Rüstung und Raumfahrt in den Vereinigten Staaten - Eine Unternehmensanalyse<sup>1</sup>**

Effizienzkriterium	Konstante	Investitionstätigkeit <sup>2</sup>	Eigene FuE <sup>3</sup>	RDTuE <sup>3</sup>	Rüstungsaufträge <sup>3,4</sup>	NASA-Aufträge <sup>3</sup>	Beschäftigung <sup>3</sup>	$\bar{R}^2$	F
Unternehmenswachstum <sup>6</sup>	-15,1	6,61***	0,12	1,41	0,07	-2,9	0,10**	0,08	3,64***
	(-1,50)	(3,62)	(0,06)	(0,73)	(0,20)	(-0,56)	(2,23)		
Umsatzrendite <sup>7</sup>	3,0***	0,31***	0,22**	-0,03	-0,02	0,18	-0,01	0,11	4,81***
	(5,89)	(3,36)	(2,03)	(-0,36)	(-0,94)	(0,69)	(-0,28)		
Patentproduktivität <sup>8</sup>	93,5***	-4,25	17,79***	1,91	-0,99	5,49	-0,06	0,06	2,97***
	(4,28)	(-1,07)	(3,81)	(0,45)	(-1,32)	(-0,49)	(-0,61)		
Veröffentlichungsproduktivität <sup>9</sup>	29,9*	-2,68	10,89***	0,85	0,96*	34,11***	0,05	0,21	9,22***
	(1,92)	(-0,95)	(3,27)	(0,28)	(1,79)	(4,23)	(0,78)		

t-Werte in Klammern.

\*\*\* Statistisch signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 vH.

\*\* Statistisch signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 vH.

\* Statistisch signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 vH.

1 Poolanalyse für 93 Unternehmen mit Jahresdurchschnitten 1975-1979 und 1979-1983; 179 Freiheitsgrade

2 Änderung des Bruttoanlagevermögens in vH des Umsatzes

3 In vH des Umsatzes

4 Ohne RDTuE

5 Zahl der Beschäftigten;

6 Änderung der Beschäftigung in vH, bezogen auf das Ausgangsjahr

7 Gewinne nach Steuern in vH des Umsatzes

8 Anzahl der erteilten Patente je 1 000 Beschäftigte

9 Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen je 1 000 Beschäftigte.

Quelle: Wie Tabelle 3, S. 132.

schritte angesehen werden; jedoch gilt die wissenschaftliche Publikation in den Vereinigten Staaten oftmals weniger als ein Indikator des technischen Fortschritts, sondern vielmehr als Ausdruck des Vermarktungsgeschicks eines Wissenschaftlers oder des Vermarktungsinteresses des staatlichen Auftraggebers. Hingegen ging von den privaten FuE-Aufwendungen der Unternehmen ein signifikant positiver Einfluß auf ihre Patentproduktivität aus. Daher wäre bei einem Abbau der staatlichen FuE, wie sie von DoD und NASA in Auftrag gegeben wird, zugunsten höherer Aufwendungen für private FuE mit einem Zuwachs an technischer und auch ökonomischer Leistung zu rechnen (vgl. Glismann/Horn 1989).

## **2.2 Spin-off-Potentiale der ESA-Großprogramme**

Die Untersuchungen der ökonomischen Effekte von NASA-Programmen machen deutlich, daß ein systematisches Auftreten von Spin-offs nicht beobachtet werden kann. Vielmehr treten Spin-offs in Einzelfällen als zufällige Nebenprodukte auf, deren Kosten ihren ökonomischen Nutzen oftmals übersteigen. Deshalb kann aus dem Auftreten von Spin-offs keine ökonomische Rechtfertigung für die Raumfahrtprogramme der NASA abgeleitet werden. Vor diesem Hintergrund ist es fraglich, ob die europäischen Großprogramme zur bemannten Raumfahrt - ARIANE 5, HERMES und COLUMBUS - über ihr Spin-off-Potential ökonomisch zu begründen sind. Bei diesen eng aufeinander abgestimmten Programmen wird das Spin-off-Potential von vornherein dadurch begrenzt, daß auf die Anwendung extrem neuer, risikoreicher Technologien verzichtet und stattdessen auf vorhandene, erprobte Technologien zurückgegriffen werden soll. Dadurch werden in der Raumfahrt Technologien verwendet, die oftmals nicht dem neuesten Stand in der Industrie entsprechen, zumal nach dem vor der Bauphase üblichen "design-freeze" modernere Lösungen auch dann keine Berücksichtigung finden, wenn sie verfügbar sind. Da zudem bei einer kommerziellen Nutzung von Raumfahrttechnologien ein nicht unbedeutender Zeitraum für Nach- und Anpassungsentwicklungen benötigt wird, verringert sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Spin-offs, die für den technologischen Fortschritt in der Industrie von Bedeutung sein könnten.

Nach einer Studie von Scientific Consulting könnten aus den europäischen Raumfahrtprogrammen Spin-offs in einzelnen Bereichen wie System- und Einsatztechnik, Energieversorgung und Lebenserhaltung, Antriebe, Strukturen/Werkstoffe/Bauweisen sowie Kommunikation/Automation/Robotik resultieren. Aus den höheren Sicherheitsanforderungen der bemannten Raumfahrt ergeben sich auch insbesondere höhere Anforderungen an die Qualität und Zuverlässigkeit von Komponenten und Systemen. Jedoch dürften damit nur sehr begrenzte Spin-off-Effekte verbunden sein. Weiterhin kann vermutet werden, daß von der Bemannung der Raumfahrt für folgende Bereiche spezifische Impulse ausgehen: Selbstheilende Werkstoffe (Verhinderung von Spannungsrißkorrosion), Recycling (Erkenntnisse aus der Entwicklung abgeschlossener Lebenserhaltungssysteme), Software-Entwicklung (höhere Sicherheitsstandards) und Telemetrie (medizinische Ferndiagnostik) (vgl. Scientific Consulting 1989).

Aufgrund der genannten Vorbehalte und der bisherigen Erfahrungen dürfte es unwahrscheinlich sein, daß von den ESA-Großprogrammen ein wesentlicher Beitrag zum technischen Fortschritt zu erwarten ist. Die möglichen Anwendungsbereiche von Raumfahrttechnologien sind zu allgemein gehalten, als daß sich eine konkrete kommerzielle Nutzung von Spin-offs bestimmen ließe. Die dafür notwendige Förderung des systematischen Auftretens von Spin-offs ist nicht erkennbar, so daß Spin-offs weiterhin ein Zufallsprodukt bleiben. Diese Einschätzung wird beispielsweise im Zusammenhang mit COLUMBUS bestätigt, wo davon die Rede ist, daß sich die kommerzielle Nutzung von COLUMBUS erst allmählich nach der Indienststellung entsprechend den politischen und kommerziellen Bedürfnissen entwickeln dürfte (IABG 1988: 20).

Auch eine Verbesserung der Mechanismen für den Technologietransfer aus dem Raumfahrtbereich dürfte die Bedeutung von Spin-offs nicht wesentlich steigern. Denn solange die Raumfahrtprogramme der ESA und der NASA nicht dem Primat der kommerziellen Nutzung verpflichtet sind, können Spin-offs nur ein zufälliges Nebenprodukt sein und nicht der Rechtfertigung derartiger Programme dienen. Zudem scheint sich die Fließrichtung der Spin-offs zunehmend umzukehren: Der Technologietransfer aus industriellen Bereichen in den Raumfahrtbereich gewinnt an Bedeutung. So ist beispielsweise im Fall der Robotik weniger damit zu rechnen, daß die Raumfahrttechnologie entscheidend die Fabrik der Zukunft prägen wird. Vielmehr ist ein Technologietransfer in die

Raumfahrt zu erwarten, da der industrielle Robotereinsatz bereits weit fortgeschritten ist. Außerdem dominieren in der Raumfahrt Problemlösungen für den Robotereinsatz unter Schwerelosigkeit, die von geringer terrestrischer Relevanz sind. Daher muß auch die Divergenz raumfahrtbezogener und industrieller Technologienutzungen als Hindernis für den Technologietransfer angesehen werden. Notwendige Anpassungsentwicklungen wären mit hohen Kosten verbunden, die den ökonomischen Sinn eines Technologietransfers in Frage stellen (vgl. Schrader 1990: 252; Scientific Consulting 1989: 82). Diese Skepsis wird auch durch Untersuchungen gestützt, die mit Hilfe von Patentindikatoren die Ausstrahlungseffekte der Raumfahrtforschung in fremde Technologiegebiete untersucht haben. Danach gehen von der Raumfahrt im Vergleich zu anderen Bereichen der Spitzenforschung eher unterdurchschnittliche Impulse aus (vgl. Schmoch, in diesem Band).

### **3. Externe Erträge der bemannten Raumfahrt**

Wie sich zeigt, lassen sich Raumfahrtprojekte schwerlich aufgrund wirtschaftlich verwertbarer Spin-offs ökonomisch rechtfertigen. Jedoch könnten mit der Raumfahrtforschung ökonomische Effekte in Form externer Erträge verbunden sein, die kurzfristig nicht zu marktgängigen Ergebnissen führen, aber längerfristig einen Beitrag zum technischen Fortschritt leisten. In diesem Fall würden aus der FuE im Raumfahrtbereich volkswirtschaftliche Erträge erwachsen, die die privaten Erträge überstiegen. Diese externen Erträge sind vor allem bei der Grundlagenforschung zu vermuten, die den Charakter eines öffentlichen Gutes hat. D.h. die Ergebnisse der Grundlagenforschung unterliegen als Folge mangelnder Patentierbarkeit nicht dem Ausschlußprinzip, so daß an diesen Forschungsergebnissen keine privaten Eigentumsrechte entstehen und die Ergebnisse daher von jedermann genutzt werden können. Somit bestehen für private Wirtschaftssubjekte keine Anreize für die volkswirtschaftlich wünschenswerte Produktion des öffentlichen Gutes "Grundlagenforschung". Demnach könnten von der Raumfahrt externe Effekte ausgehen, die eine staatliche Finanzierung von Raumfahrtprogrammen in Höhe der nicht aneignungsfähigen externen Erträge rechtfertigen.

Jedoch ergibt sich das Problem, daß die externen Erträge ihrer Natur entsprechend nicht quantifizierbar sind und daher das durch sie gerechtfertigte Subventionsvolumen nicht zu bestimmen ist. Eine vollständige staatliche Finanzierung von Programmen der bemannten Raumfahrt kann also schwerlich durch externe Erträge begründet werden.<sup>4</sup> Gegen eine solche Argumentation spricht auch das Vorhandensein einer Budgetrestriktion bei der staatlichen Forschungsförderung: Für die gesamte Grundlagenforschung stehen nur begrenzte staatliche Finanzmittel zur Verfügung. Daher befindet sich die bemannte Raumfahrt in einem Wettbewerb um die knappen Ressourcen für Forschung und Entwicklung. Denn es ist ökonomisch sinnvoll, mit den vorhandenen Mitteln die externen Erträge der Grundlagenforschung zu maximieren, so daß die Grundlagenforschung im Rahmen der bemannten Raumfahrt den Vergleich mit anderen Arten der Grundlagenforschung bestehen muß. Die für eine Bewertung unterschiedlicher Arten von Grundlagenforschung notwendige vergleichende Analyse scheidet allerdings in der Regel an den genannten Meßproblemen bei externen Effekten. Eine vergleichende Analyse wird hingegen möglich, wenn die Grundlagenforschung der bemannten Raumfahrt auch alternativ durchzuführen ist. In diesem Fall müßte die kostengünstigere Alternative den Zuschlag erhalten. Ein Beispiel: Im Bereich der Mikrogravitationsforschung können experimentelle Untersuchungen so angelegt werden, daß sie von vornherein die Unterstützung von Astronauten benötigen. Da die Anwesenheit von Menschen extreme Sicherheitsanforderungen und damit verbunden hohe finanzielle Aufwendungen bedingt, sind die Kosten der Experimente entsprechend hoch. Jedoch wird von Seiten der Wissenschaft darauf verwiesen, daß sich keine Beispiele finden lassen, bei denen der Mensch nicht durch kostengünstigere Roboter ersetzt werden könnte. Außerdem wird zu Bedenken gegeben, daß im Rahmen der bemannten Raumfahrt nicht die notwendige Häufigkeit von Untersuchungen gewährleistet werden kann, die für den Erfolg wissenschaftlicher Projekte im Weltraum eine Vorbedingung ist (vgl. DPG 1990: 4ff.). Allerdings wird wiederum von anderer Seite die nur begrenzte Substituierbarkeit des Menschen durch Roboter betont, die die Mehrkosten der bemannten Raumfahrt recht-

---

4 Der Anteil der Grundlagenforschung an der deutschen Weltraumforschung betrug beispielsweise in den Jahren 1986 und 1987 etwa 35 vH.

fertigen würde (vgl. Hauger 1991). Solche Beispiele zeigen jedenfalls, daß sich die bemannte Raumfahrt dem Wettbewerb um staatliche Forschungsmittel selbst in den Bereichen der raumfahrtbezogenen Grundlagenforschung stellen muß. Und es scheint nicht undenkbar zu sein, daß eine vergleichende Kosten-Nutzen-Analyse zu ihrem Nachteil ausfallen könnte.

Es bleibt festzuhalten, daß der Verweis auf externe Erträge der Grundlagenforschung nicht ausreicht, um die Finanzierung von Programmen der bemannten Raumfahrt über eine staatliche Forschungsförderung zu begründen, zumal die bemannte Raumfahrt nur einer unter einer größeren Anzahl von Wettbewerbern um knappe Forschungsgelder ist.

#### **4. Die Kommerzialisierung als Perspektive für die bemannte Raumfahrt**

Die bisherigen Versuche, die bemannte Raumfahrt aufgrund von Spin-offs und externen Erträgen ökonomisch zu rechtfertigen, erscheinen wenig überzeugend. Doch ist ein derartiges Bemühen um eine ökonomische Rechtfertigung vor allem darauf zurückzuführen, daß die bemannte Raumfahrt vornehmlich durch öffentliche Gelder finanziert wird. Allein die deutsche Beteiligung an den drei ESA-Großprogrammen beträgt etwa 8,6 Mrd. DM (IABG 1988). Da mit beträchtlichen Kostensteigerungen gerechnet werden muß, kann es nicht verwundern, daß Forderungen nach einem Ausstieg der deutschen Bundesregierung aus diesen Programmen erhoben werden (DPG 1990: 8f.). Angesichts dieser Entwicklung ist es verständlich, daß die staatlichen Geldgeber an einem Nachweis des gesamtwirtschaftlichen Nutzens ihrer Investitionen in die bemannte Raumfahrt interessiert sind.

Diese Argumentationsprobleme ließen sich vermeiden, wenn die bemannte Raumfahrt darauf ausgerichtet würde, die kommerzielle Nutzung des Weltraums voranzutreiben. Überzeugende technisch-wirtschaftliche Perspektiven könnten privates Kapital für die Finanzierung von Raumfahrtprojekten mobilisieren, so daß sich die Frage nach einer ökonomischen Rechtfertigung nicht mehr stellen würde - vorausgesetzt die privaten Investoren tragen auch das Risiko ihres Kapitaleinsatzes.<sup>5</sup>

Daß die Kommerzialisierung der bemannten Raumfahrt keine Utopie bleiben muß, zeigt die Entwicklung im Bereich der unbemannten Raumfahrt. Dort ist eine wachsende Kommerzialisierung beim Bau von Kommunikationssatelliten und deren Bodenstationen, dem Verkauf von satellitengestützten Kommunikationsdienstleistungen und der Beförderung von Satelliten in Erdumlaufbahnen zu beobachten. So hat der mit Weltraumaktivitäten befaßte Teil des amerikanischen Telekommunikationssektors augenblicklich einen jährlichen Umsatz von etwa 6 Mrd. US-Dollar, wobei mit steigenden Zuwachsraten zu rechnen ist. Ein ähnlich großes kommerzielles Potential wird auch von Projekten der bemannten Raumfahrt erwartet. Dazu gehört die Herstellung von Werkstoffen, der Bau von Forschungsstätten für die wissenschaftliche Forschung und die Produktentwicklung sowie etwa die Einrichtung von Wartungs- und Reparaturstützpunkten im Weltraum (vgl. McLucas 1991: 4ff.).

Mit einem gesteigerten privatwirtschaftlichen Engagement in der bemannten Raumfahrt und einer damit verbundenen kommerziellen Ausrichtung der Raumfahrtprogramme würde sich die Frage nach der ökonomischen Rechtfertigung erübrigen. Die staatliche Finanzierung der bemannten Raumfahrt könnte auf ein geringes Maß zurückgeschraubt werden und die Hauptaufgabe des Staates würde darin bestehen, einen geeigneten Ordnungsrahmen für die privatwirtschaftliche Raumfahrt zu schaffen. Denn eine kostenlose und unbeschränkte Nutzung des Weltraums könnte negative externe Effekte zur Folge haben, die zu einer Gefährdung von Raumfahrtunternehmungen oder zu Gefahren für die Erde selbst führen könnten. Beispielsweise ist an den Weltraumschrott in der Gestalt nicht funktionstüchtiger Satelliten oder an den Mißbrauch der Raumfahrt für existenzgefährdende Zwecke zu denken. Eine Rechts- und Nutzungsordnung für den Weltraum, die das Auftreten negativer Externalitäten vermeidet, gleichzeitig aber auch genügend Spielraum für wirtschaftliche Aktivitäten läßt, müßte das Ergebnis einer internationalen Vereinbarung sein. Der Antarktisvertrag könnte als Vorbild dienen (vgl. etwa Foders 1984).

Es bleibt demnach festzuhalten, daß bei einer kommerziellen Ausrichtung der Raumfahrt innerhalb eines internationalen Ordnungsrahmens neue Chancen

---

5 In den Jahren 1983 bis 1987 betrug der Finanzierungsanteil der deutschen Wirtschaft an der Weltraum-FuE durchschnittlich nur 33 vH.

für eine Steigerung des technologieinduzierten Wachstums entstehen dürften. Dazu müßte sich der Hauptzweck der bemannten Raumfahrt entsprechend ändern und als Spin-off, als zufallsbedingtes Nebenprodukt, könnte sich mit der Erschließung des Alls ein Menschheitstraum erfüllen.

## Literatur

- DPG (Deutsche Physikalische Gesellschaft) (Hg.), 1990: Entschließung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zur bemannten Raumfahrt. Bad Honnef
- Foders, Federico, 1984: Allokations- und Verteilungswirkungen von internationalen Gemeinnutzungsressourcen. In: Schriften des Vereins für Sozialpolitik 140 (Neue Folge), 621-639
- Glismann, Hans H./Ernst-Jürgen Horn, 1989: Rüstungs- und Raumfahrtausgaben, technischer Fortschritt und internationale Wettbewerbsfähigkeit: Eine einzelwirtschaftliche Analyse. In: Die Weltwirtschaft 2, 118-134
- Hauger, Michael K.E., 1991: Die faszinierende Mission zum Planeten Erde. Beilage der Süddeutschen Zeitung 144, 25. Juni 1991
- IABG (Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft) (Hg.), 1988: Ariane 5 - Hermes - Columbus: Technologische Bedeutung der ESA-Großprogramme für die deutsche Industrie. Otto-brunn
- McLucas, John L., 1991: Space Commerce. Cambridge (Mass.)
- Puttkamer, Jesco von, 1990: Raumfahrt: Humanistisch-ethischer Imperativ und Metapher der Zukunft. In: Ethik und Sozialwissenschaften 1, 496-497
- Schrader, Klaus, 1990: Einzelwirtschaftliche Wirkungen von Rüstungs- und Raumfahrtausgaben in den Vereinigten Staaten - eine Literaturanalyse. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik 39 (2), 211-262
- Scientific Consulting (Hg.), 1989: Spin-offs der Raumfahrt: Ihre Auswirkungen auf Firmenstrategien und Märkte in der Bundesrepublik Deutschland. Köln
- Welles, John G./Robert H. Waterman jr., 1964: Space Technology: Pay-off from Spin-off. In: Harvard Business Review 42, 106-118