

Analyse von Spin-offs der Raumfahrtforschung mit Hilfe von Patentindikatoren

Ulrich Schmoch, Norbert Kirsch*

Vortrag von Ulrich Schmoch auf der Tagung
"Geschichte und Perspektiven der deutschen Raumfahrt"
in der Universität Bielefeld, 6. bis 8.11.1991

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik
und Innovationsforschung,
Karlsruhe

* Die Studie, auf der dieser Beitrag basiert, wurde ursprünglich vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) in Auftrag gegeben und von der Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA) übernommen. Die Auftraggeber haben die Untersuchungen in keiner Weise beeinflusst; die Verantwortung liegt allein beim Autor. Der Autor bedankt sich bei W. Ley, E. Plescher (FH Aachen) und K.O. Jung (DARA) für ihre wichtigen inhaltlichen Beiträge und viele hilfreiche Diskussionen.

1. Einführung

In den letzten Jahren werden in der Bundesrepublik erhebliche Mittel für die Raumfahrtforschung verausgabt, die fast ausschließlich von öffentlicher Seite zur Verfügung gestellt werden. Auf diesem Hintergrund gibt es eine intensive politische Diskussion zwischen Befürwortern und Gegnern der Raumfahrtförderung, wobei vor allem die Beteiligung der Bundesrepublik an Projekten der bemannten Raumfahrt zur Diskussion steht (Krupp, Weyer 1988, Keppler 1991). In den Stellungnahmen zugunsten der Raumfahrtförderung spielt neben anderen Punkten häufig das Argument eine zentrale Rolle, daß Entwicklungen für die Raumfahrt auch anderen Bereichen der Wirtschaft zugute kämen. Um dieses sogenannte Spin-off-Argument weiter zu fundieren, sind in letzter Zeit verschiedene Studien durchgeführt worden, die aber zu teilweise widersprüchlichen Ergebnissen führen. Im deutschen Bereich sind dabei insbesondere die Untersuchungen der Unternehmensberatung Booze, Allen u. Hamilton (1988) sowie der IABG (1988) zu erwähnen, die zu einer insgesamt positiven Einschätzung der Spin-off-Effekte gelangen, während das Unternehmen Scientific Consulting (Schulte-Hillen et al. 1989) eher zu einer kritischen Einschätzung gelangt. Auch die Analysen von Hornschild, Neckermann (1988) sowie der Unternehmensberatung Kienbaum (1989) weisen nur begrenzte Spin-off-Raten aus. Sehr umfassende Arbeiten zum Technologietransfer aus der Raumfahrt wurden schließlich vom Institut BETA der Universität Straßburg für den Bereich der ESA vorgelegt, wonach sich im Vergleich zu den bisher genannten Studien sehr hohe Spin-off-Quoten ergeben (Bach et al. 1989, Shachar et al. 1988).

Ein grundsätzliches methodisches Problem aller oben angesprochenen Studien besteht darin, daß die Daten auf der subjektiven Einschätzung der befragten Raumfahrtunternehmen beruhen, was sowohl für die eigentliche Identifikation von Spin-offs als auch für deren monetäre Bewertung gilt. Insofern ist es nicht überraschend, daß BETA hohe Spin-off-Quoten in Schweden, Dänemark oder der Bundesrepublik ermittelt, wo die Raumfahrtförderung umstritten ist, wogegen die Werte in Frankreich und vor allem Großbritannien deutlich niedriger liegen, wo ein breiter gesellschaftlicher Konsens vorliegt (Shachar et al. 1988, S. 30). Hier ist zu vermuten, daß im Falle der Länder mit kritischer Diskussion durch die Angabe hoher Spin-off-Quoten die Akzeptanz der Raumfahrtforschung erhöht werden soll, während französische oder britische Firmen bei der Angabe hoher Spin-off-Zahlen eine Reduzierung ihrer Zuschüsse befürchten müßten und dementsprechend niedrigere Angaben machen.

Um diesem Problem der Selbsteinschätzung von betroffenen Unternehmen aus dem Wege zu gehen, wurde für die vorliegende Untersuchung eine weitgehend objektive Methode zur Beschreibung von Technologietransfers aus der Raumfahrt entwickelt, welche auf Patentindikatoren basiert. Die Studie zielt dabei nicht nur auf die Bereitstellung neuen Datenmaterials im Zusammenhang mit der oben skizzierten politischen Diskussion, sondern auch auf die Frage, in welchen Teilbereichen der Raumfahrtforschung mit einer besonders günstigen oder ungünstigen Spin-off-Situation zu rechnen ist. Im Hintergrund steht somit ein rein pragmatisches Interesse an einer optimalen Ressourcennutzung in der Raumfahrtforschung.

2. Abbildung der Raumfahrtforschung mit Hilfe von Patentindikatoren

Für die Messung von Forschung und Entwicklung gibt es keine feste Maßeinheit, weshalb nur eine indirekte Darstellung mit Hilfe von Indikatoren möglich ist. Bei den gängigen Input-Indikatoren - FuE-Personal und -budgets - besteht das Problem, daß sie in der Regel nur in sehr hochaggregierter Form zu Verfügung stehen und daher nur in Ausnahmefällen einzelne Technologien in sinnvoller Weise abgebildet werden können. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von methodischen Problemen bei der Datenerfassung. Demgegenüber haben Patente als Output-Indikator eine Reihe von Vorteilen, weshalb sie sich in der empirischen Wirtschaftsforschung als wichtiges Hilfsmittel zur Erfassung von FuE-Aktivitäten erwiesen haben: In jedem Jahr wird weltweit rund eine halbe Million neuer Erfindungen zum Patent angemeldet, womit eine sehr breite Dokumentation der FuE-Anstrengungen für alle Industrieländer und auch für nahezu alle Technologien vorliegt. Patente beinhalten dabei häufig technische Informationen, die an keiner anderen Stelle schriftlich festgehalten sind. Eine solch umfangreiche Dokumentation, die im Laufe der Jahre auf mehrere Millionen Dokumente angewachsen ist, ist für statistische Zwecke nur dann sinnvoll auswertbar, wenn einzelne Fachbereiche abgegrenzt werden können. Dieses ist aufgrund der sehr feinen Internationalen Patentklassifikation (IPC) gewährleistet, die derzeit mehr als 60.000 Einzelstellen umfaßt. Auf dieser Basis ist eine Darstellung einzelner Technologien und Technikbereiche auf den verschiedensten Aggregationsniveaus möglich.

Ein wesentlicher Vorteil von Patenten besteht darin, daß es sich um amtliche Dokumente handelt, die gesetzlich festgelegte formale und inhaltliche Kriterien erfüllen müssen. Dieses gewährleistet ein hohes Maß an Objektivität bei der Bildung von Indikatoren und begünstigt statistische Auswertungen (Schmoch 1990, Schmoch et al. 1988). Da Patentanalysen sich bei der Untersuchung der verschiedensten Technikbereiche bewährt haben, liegt es nahe, sie auch für die Untersuchung der vorliegenden Problematik einzusetzen.

2.1 Stichprobendefinition für Datenbankrecherchen

Ein erster grundlegender Schritt zur Durchführung einer Ausstrahlungsanalyse mit Hilfe von Patentindikatoren ist die Definition einer geeigneten Stichprobe von Raumfahrtpatenten. Für die Datenbankrecherche bietet sich hier zunächst einmal ein Rückgriff auf die Patentunterklasse B64G an, die sich explizit auf die Raumfahrttechnik bezieht. Darin werden Patentschriften eingeordnet, die die Ausbildung von Raumfahrzeugen zum Gegenstand haben, aber auch spezielle Leit- oder Steuergeräte, Energieversorgungssysteme, Antriebe, Raumanzüge, Starttürme usw. Es gibt aber viele Schriften, beispielsweise zu Werkstoffen, optischen Geräten oder Funksystemen, die Entwicklungen für die Raumfahrt beschreiben, aber nach den Regeln der internationalen Patentklassifikation in den entsprechenden Technikbereichen und nicht in der zentralen Raumfahrtklasse eingeordnet sind. Solche Schriften lassen sich bei Online-Recherchen nur mit Hilfe von Stichworten auffinden. In den benutzten englischsprachigen Datenbanken Word Patents Index (WPI) und US Patents (USP) ist dabei die Benutzung des Begriffs "space" für sich allein problematisch, da dieser nicht nur "Weltraum" sondern auch "Abstand" oder "Raum" bedeutet und somit in den verschiedensten Zusammenhängen auftritt. Durch gezielte Wortkombinationen wie "space shuttle" oder "space platform" läßt sich hier aber ein hoher Grad an Zuverlässigkeit erreichen. Für die Untersuchung wurden in die Recherche alle wichtigen Stichwortkombinationen eingebracht, die zu einer nennenswerten Zahl zusätzlicher Schriften führen. Als problematisch hat sich vor allem die Benutzung des Suchbegriffs "satellite" erwiesen, da dieser beispielsweise auch im Zusammenhang mit Satellitenanordnungen (verteilten Außenstellen) von Computern oder von Getriebeelementen auftritt. Der Verzicht auf dieses Stichwort hätte aber umgekehrt zu einem Verlust vieler relevanter Schriften geführt, so daß hier letztlich eine größere Fehlermenge in Kauf genommen wurde.

Die Datenbank WPI enthält Anmeldungen an den 30 wichtigsten Patentämtern der Welt. Im vorliegenden Projekt erfolgte eine Beschränkung auf die beiden wichtigsten Märkte der Vereinigten Staaten - definiert durch Anmeldungen am Amerikanischen Patentamt (USPTO) - sowie der Bundesrepublik - definiert durch Anmeldungen am Deutschen Patentamt (DPA) und am Europäischen Patentamt (EPA) mit Benennung Bundesrepublik. Die Datenbank USP erfaßt ausschließlich Patenterteilungen am USPTO. Die Untersuchung wurde bewußt auf den Zeitraum ab 1975 beschränkt, da es nicht um eine historische Betrachtung, sondern um eine Analyse der Spin-offs der aktuellen Raumfahrtforschung ging. Für den Betrachtungszeitraum zwischen 1975 und 1988 konnten in der Datenbank WPI immerhin rund 3.000 Patentdokumente am deutschen und amerikanischen Markt ermittelt werden, wobei Doppelzählungen aufgrund

von Parallelanmeldungen an beiden Märkten ausgeschlossen wurden. Diese Menge liegt deutlich über der Zahl von einigen Hundert raumfahrtrelevanten Patentanmeldungen, die zu Beginn des Projektes angenommen wurden. Dieses quantitative Ergebnis ist ein erster Hinweis darauf, daß sich aus statistischer Sicht eine sehr umfangreiche, weitgehend repräsentative Stichprobe ergibt.

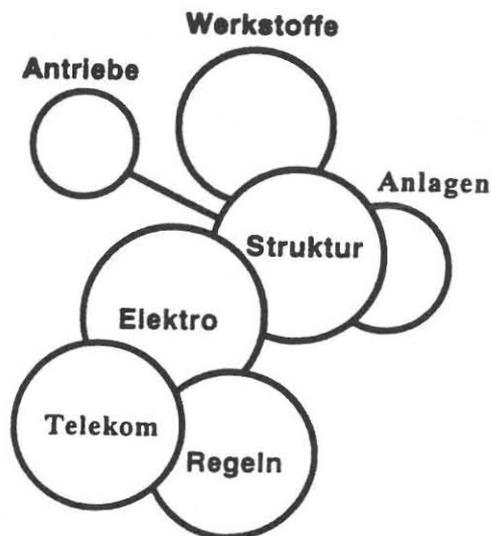
Hinsichtlich der inhaltlichen Struktur ist es interessant, daß der Kernbereich der Raumfahrttechnik, wie er durch die oben erwähnte IPC-Unterkategorie B64G beschrieben wird, gerade 25 % der Gesamtstichprobe ausmacht, womit die durch Stichworte erfaßte Umgebung quantitativ eine bedeutende Rolle spielt. Eine statistische Analyse der Patentunterklassen weist eine sehr breite Streuung der Raumfahrtforschung über nahezu alle Bereiche der Technik aus, wodurch a priori die These gestützt wird, daß es eine große Ausstrahlung auf Gebiete außerhalb der Raumfahrt geben könnte (vgl. auch Ley et al. 1991).

Um eine fachliche Differenzierung der Untersuchungsergebnisse zu ermöglichen, wurde die Raumfahrttechnik nicht nur als Ganzes betrachtet, sondern auch eine Aufteilung in sieben Teilfelder vorgenommen. Die Definitionen lehnen sich dabei an gängige Aufteilungen der Raumfahrttechnik an (Hallmann, Ley 1988), wobei aber aus datentechnischen Gründen einige inhaltliche Kompromisse erforderlich waren. Die in der folgenden Liste durch Fettdruck hervorgehobenen Begriffe werden im folgenden als Kurzbezeichnungen für die jeweiligen Teilfelder verwendet:

- **Raumfahrtantriebe**, Lageregelungsantriebe
- **Struktur** und Ausstattung von Raumflugkörpern
- Messen, Steuern, **Regeln**; Automation, Robotik
- **(Tele-) Kommunikation**, Datenübertragung und -verarbeitung
- elektrische und **elektronische** Ausrüstung, Energieversorgung
- **Werkstoffe** und Materialien; Herstellungs-, Fertigungs- und Verarbeitungsverfahren
- **Betriebsanlagen**, Infrastruktur (Orbit und Ground), Umweltsimulation

Zur datentechnischen Beschreibung wurde jede in der Stichprobe auftretende IPC-Unterkategorie eindeutig einem der sieben Teilfelder zugeordnet. Aufgrund von Mehrfachklassifikationen gibt es aber mehr oder weniger große Überschneidungen, aus denen sich inhaltliche Strukturen ableiten lassen. Bild 1 zeigt das Ergebnis einer solchen Analyse in Form einer zweidimensionalen Karte, die mit dem Verfahren der multidimensionalen Skalierung gewonnen wurde. Demnach gibt es einen Elektronik-Cluster mit den Teilfeldern Telekom, Elektro und Regel sowie einen Mechanik-Cluster mit den Teilfeldern Struktur, Werkstoffe und Anlagen, während das Teilfeld der Antriebe eine weitgehend selbständige Einheit bildet.

Bild 1: Karte der Beziehungen zwischen den sieben Raumfahrt-Teilfeldern nach den Ergebnissen einer multidimensionalen Skalierung für die Datenbank WPI, 1975 bis 1987



2.2 Eignung von Patentindikatoren zur Erfassung der Raumfahrtforschung

Die erstaunlich große Zahl von Patenten am deutschen und amerikanischen Markt ist selbstverständlich nur ein Plausibilitätsbeweis für die Eignung von Patentindikatoren zur Erfassung der Raumfahrtforschung. Aus diesem Grunde wurden im Rahmen des Projektes zwei weitere Tests vorgenommen, die sich zum einen auf eine Abschätzung der Patentintensitäten und zum anderen auf einen Zeitreihenvergleich zwischen FuE-Ausgaben und Patenten beziehen.

Nach den Ergebnissen der Datenbank WPI wurden im Raumfahrtbereich in der Zeit von 1986 bis 1988 225 raumfahrtrelevante Patente westdeutscher Herkunft angemeldet, wobei nicht nur der Kern, sondern auch die Umgebung berücksichtigt ist. Da die FuE-Mittel für die Raumfahrt überwiegend von öffentlichen Stellen finanziert werden, können als Bezugsgröße die im Bundesbericht Forschung angegebenen Daten als Referenzgröße herangezogen werden, wobei unter der Annahme eines etwa einjährigen Vorlaufs der Zeitraum von 1985 bis 1987 relevant ist. Umgerechnet auf Preise von 1987 ergibt sich für den genannten Drei-Jahres-Zeitraum eine Fördersumme von 2.864 Mio. DM, was auf eine Quote von rund 80 Patenten pro 1 Mrd. DM führt. Um einen Bezugsrahmen zu gewinnen, kann - ebenfalls für das Jahr 1987 - berechnet werden, wie große diese Quote im Hinblick auf das gesamte Patentaufkommen in West-

deutschland ist. Dabei ergibt sich eine Relation von durchschnittlich 515 Patentanmeldungen pro 1 Mrd. DM an eingesetzten FuE-Mitteln. Im Vergleich zur Raumfahrt läßt sich zurecht einwenden, daß in der Gesamtstatistik viele weniger forschungsintensive Gebiete enthalten sind, was die vergleichsweise hohe Quote erklären könnte. Ein weiterer Vergleich mit dem sehr forschungsintensiven Bereich der Telekommunikation ergibt eine niedrigere Intensität von 400 Patentanmeldungen pro 1 Mrd. DM, die aber noch weit über den Zahlen für die Raumfahrt liegt (berechnet nach Grupp, Schnöring 1991).

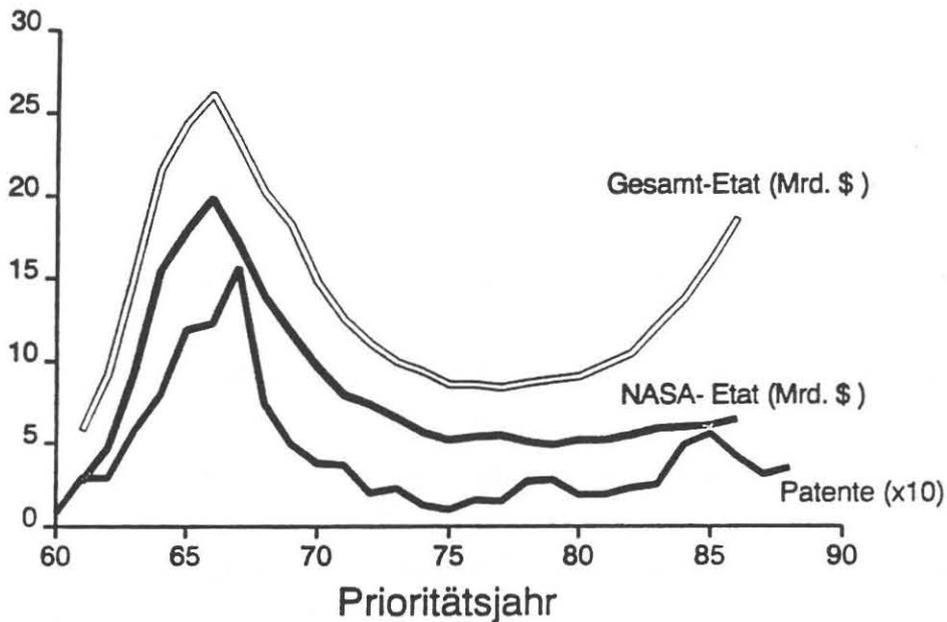
Für die niedrige Patentintensität in der Raumfahrt lassen sich verschiedene Gründe angeben:

- Bei der Raumfahrt handelt es sich um einen stark protektionierten Bereich, in dem gewerbliche Schutzrechte als Wettbewerbsinstrument eine weniger wichtige Rolle spielen.
- In der Raumfahrtforschung gibt es einen bedeutenden grundlagenorientierten Bereich, der sich nach allen Erfahrungen nur marginal in Patentanmeldungen widerspiegelt, die eher anwendungsnahe Entwicklungen erfassen.
- Die Aufgabenstellungen in der Raumfahrt sind so komplex, daß überdurchschnittlich hohe Mittel zur Generierung patentfähiger Ergebnisse verausgabt werden müssen.
- Angesichts der extremen Unterschiede zu anderen Technikbereichen ist ein weniger effizienter Ressourceneinsatz nicht auszuschließen.

Alle genannten Gründe schließen sich gegenseitig nicht aus und können zusammen vorliegen. In jedem Falle ist zu berücksichtigen, daß Patente nur den anwendungsnahen Teil der Raumfahrtforschung erfassen können, der aber aus Sicht der Spin-off-Problematik von besonderem Interesse ist.

Im Hinblick auf einen Vergleich zwischen den Raumfahrtausgaben und der Zahl der Patente standen nur für die Vereinigten Staaten ausreichend lange Zeitreihen für aussagefähige Korrelationsrechnungen zur Verfügung. Die Patentzahlen beruhen dabei auf einer Recherche in der Datenbank EDOC, wobei aber aus technischen Gründen nur eine Erfassung des Kernbereichs - definiert durch die Unterklasse B64G - möglich war. Bild 2 zeigt hier sehr eindrucksvoll, daß die NASA in den 60er Jahren über den größten Etat verfügte und - berechnet in konstanten Preisen - zur Mitte der 70er Jahre hin deutliche Kürzungen hinnehmen mußte. Erst in den 80er Jahren ist wieder ein leichter Anstieg des Budgets zu verzeichnen. Die Patente amerikanischer Herkunft zeigen einen ähnlichen Verlauf, so daß sich bei einjährigem Vorlauf der FuE-Zahlen eine Korrelation von $R^2 = 0,69$ bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 0,1 % ergibt, so daß insgesamt ein hochsignifikanter Zusammenhang vorliegt.

Bild 2: Ausgaben US-amerikanischer Institutionen für die Raumfahrt in Preisen von 1982 und Patente amerikanischer Herkunft im Raumfahrt-Kernbereich (IPC-Unterkategorie B64G)



Bei den öffentlichen Gesamtausgaben der USA für die Raumfahrt spielen die Beiträge des Department of Energy und des Department of Commerce eine quantitativ untergeordnete Rolle, während die Bedeutung des Department of Defense insbesondere in den 80er Jahren deutlich zunimmt. Die Korrelation des amerikanischen Gesamtbudgets für die Raumfahrt mit den Patentzahlen ist bezogen auf den vollen Betrachtungszeitraum ebenfalls sehr gut; doch laufen in den 80er Jahren die Patentzahlen und die Budgetzahlen aufgrund einer erheblichen Steigerung der Verteidigungsausgaben auseinander. Offensichtlich dokumentieren sich rüstungsrelevante FuE-Aktivitäten aufgrund der besonders hohen Anforderung an eine Geheimhaltung nur bedingt in Patenten. Zum anderen ist zu berücksichtigen, daß die deutliche Steigerung in den Jahren 1984 bis 1986 zum großen Teil auf die SDI-Aktivitäten zurückgeht, die gerade in dieser Phase stark grundlagenorientiert und damit weniger patentrelevant waren.

Insgesamt sind somit Patentindikatoren trotz der speziellen Rahmenbedingungen für die Abbildung der Raumfahrtforschung geeignet, wobei aber zu beachten ist, daß nur ein begrenzter, eher anwendungsorientierter Ausschnitt des Gesamtgeschehens erfaßt wird.

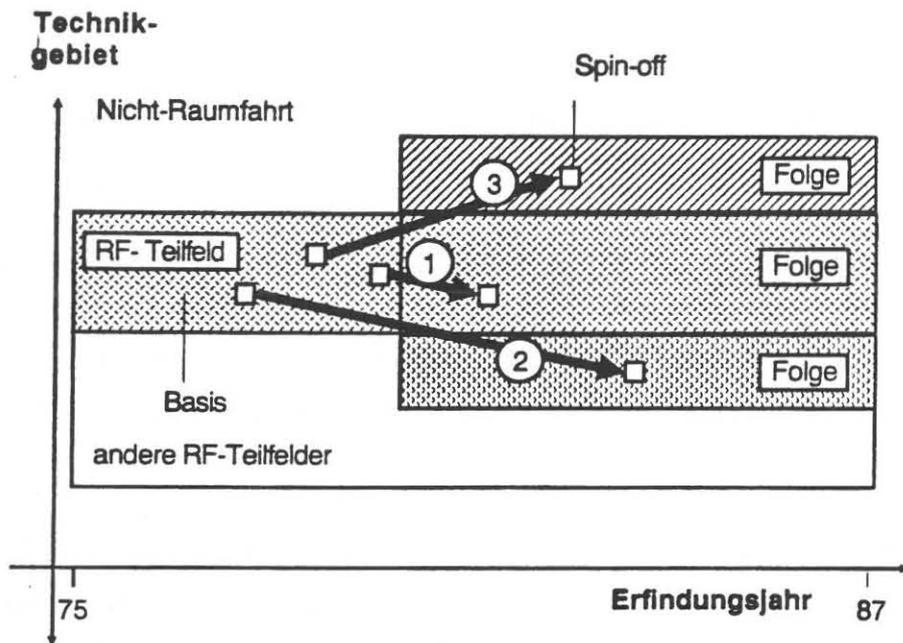
3. Identifikation von Spin-offs mit Hilfe der Patentzitat-analyse

3.1 Methodische Grundlagen

Jedes Patent wird vor seiner Erteilung vom zuständigen Patentamt auf seine Neuheit und Erfindungshöhe geprüft, weshalb zur Beurteilung der Sachlage eine Recherche zum Stand der Technik durchgeführt wird. Die in den amtlichen Recherchenberichten zusammengestellten sogenannten Entgegenhaltungen oder auch Zitate sind zu 90 % wiederum Patentdokumente, was bei der Benutzung von Datenbanken für analytische Zwecke genutzt werden kann. Die technische Nähe zwischen einer Patentanmeldung und der in ihr zitierten Vorläuferschrift erlaubt es beispielsweise nachzuzeichnen, welche Unternehmen in einem bestimmten Produktbereich in unmittelbarer technologischer Konkurrenz stehen und in welcher Weise der Technologietransfer verläuft (Carpenter et al. 1981). Mit der Bezeichnung Technologietransfer ist dabei nicht unbedingt eine formal durch Lizenzverträge geregelte Kooperation zwischen verschiedenen Unternehmen gemeint, sondern in erster Linie eine informelle Know-how-Übertragung, die in der Praxis von Forschung und Entwicklung eine erhebliche Rolle spielt. Denn ein wesentliches Element jeder FuE-Planung ist die systematische Beobachtung der Konkurrenz auf Messen durch Befragung von Kunden und Lieferanten oder auch durch die Auswertung aktueller Patentanmeldungen. Interessante Neuentwicklungen anderer Unternehmen werden dabei in ihren Grundelementen übernommen und im Falle bestehender Schutzrechte so weiterentwickelt und abgewandelt, daß eine juristische Kollision vermieden wird. Patente gestatten somit insbesondere die Analyse des informellen, verdeckten Technologietransfers, der auf anderen Wegen kaum erfaßbar ist.

Bild 3 veranschaulicht das in der Untersuchung benutzte Rechercheverfahren zur Ermittlung von Spin-offs, welches auf der Analyse von Patentzitationen aufbaut. Die Recherche besinnt mit der Ermittlung von Patenten, die im Erfindungszeitraum von 1975 bis 1987 einem der Raumfahrt-Teilfelder zuzuordnen sind. Im nächsten Schritt wird dann in der Datenbank abgefragt, in welchen nachfolgenden Patentschriften Dokumente der Basismenge zitiert werden. Im Normalfall (Situation 1) wird eine Schrift der Basismenge von einer nachfolgenden Schrift desselben Teilbereichs zitiert. In einigen Fällen (Situation 2) stammen die zitierenden Schriften, die sogenannten Folgepatente, auch aus einem benachbarten Raumfahrt-Teilfeld. Hinsichtlich der Spin-off-Analyse interessieren aber nur die zitierenden Dokumente, die außerhalb der Raumfahrttechnik lie-

Bild 3: Datenbank-Recherchenverfahren zur Bestimmung von Spin-offs der Raumfahrtforschung



gen (Situation 3). Nach der automatisch durchgeführten Online-Recherche wurden diejenigen Dokumente als raumfahrtextern betrachtet, die von der oben beschriebenen Recherchenstrategie nach Raumfahrtpatenten nicht erfaßt wurden. Derartige Recherchen wurden in der Datenbank WPI auf der Basis von Recherchenberichten des Europäischen Patentamtes sowie internationalen Recherchenberichten zu sogenannten PCT-Anmeldungen durchgeführt. In der Datenbank USP handelt es sich um Prüfungsberichte des amerikanischen Patentamtes. Obwohl es eine Überschneidungsmenge gleicher Raumfahrt-Erfindungen in beiden Datenbanken gibt, ist nur bedingt mit einer Identifikation derselben Spin-off-Patente zu rechnen, da US-Prüfer überwiegend auf US-Dokumente, Europäische-Prüfer dagegen sehr viel breiter auf die gesamte Patentliteratur zurückgreifen.

Bei diesem formalen Vorgehen müssen drei Voraussetzungen erfüllt sein, um Spin-offs aus der Raumfahrt erfassen zu können:

- Das FuE-Ergebnis aus der Raumfahrt muß zum Patent angemeldet sein.
- Das Produkt aus der Raumfahrt darf nicht unverändert in den terrestrischen Bereich übernommen worden sein, sondern muß eine technische Fortentwicklung erfahren haben.
- Die Fortentwicklung für die terrestrische Anmeldung muß zum Patent angemeldet worden sein.

Aufgrund der Überlegungen des vorhergehenden Abschnittes ist deutlich geworden, daß die Patentierneigung in der Raumfahrt im Vergleich zu anderen Technikgebieten niedrig ist. Diese Situation erweist sich aber zum großen Teil als ein Ausdruck des protektionierten Marktes, der ein Patentieren und damit auch eine Außendarstellung weniger notwendig macht, als es auf freien Wettbewerbsmärkten der Fall ist, so daß durchaus reale Verhältnisse widerspiegelt werden.

Hinsichtlich der zweiten Bedingung ergibt sich aus den Erhebungen von BETA, daß bei immerhin 75 % aller Technologietransfers in den terrestrischen Bereichen eine Anpassung oder Verbesserung der Produkte erforderlich war. Damit kann mit Hilfe der Patentzitanalyse zumindest der quantitativ bedeutendere Teil der Spin-offs aus der Raumfahrt beschrieben werden.

Hinsichtlich des dritten Kriteriums ist zu bedenken, daß das Ergebnis des Spin-offs in Bereichen außerhalb der Raumfahrttechnik liegt, so daß eine übliche Patentierneigung vorausgesetzt werden kann. Nach Mansfield (1985) werden im Schnitt immerhin 75 % aller patentierbaren Erfindungen tatsächlich zum Patent angemeldet, so daß bei wirtschaftlich bedeutenden Transfer die Wahrscheinlichkeit einer Patentanmeldung hoch ist.

Die Patentzitanalyse kann somit sicherlich nicht alle Spin-offs aus der Raumfahrt erfassen, sondern bildet vor allem den eher anwendungsbezogenen, auf informellen Wegen verlaufenden Bereich ab. Angesichts des erheblichen Stichprobenumfangs bestehen dabei günstige Voraussetzungen, daß wesentliche Strukturen des Spin-off-Geschehen erfaßt werden.

3.2 Intellektuelle Bewertung der Rechercheergebnisse

Wie in Abschnitt 2.1 erläutert gibt es bei der Formulierung von Suchstrategien in Online-Datenbanken einen Zielkonflikt zwischen der Erfassung einer möglichst vollständigen Menge relevanter Schriften, gleichzeitig aber auch einer möglichst geringen Menge unzutreffender Dokumente. Im vorliegenden Fall ergibt sich das zusätzliche Problem, daß die Zitierung eines Raumfahrt-Patentes durch ein raumfahrtexternes Patent a priori eher unwahrscheinlich ist, so daß bei der Spin-off-Ermittlung auf automatischem Wege mit einer besonders hohen Fehlerrate zu rechnen ist. Von daher wurden alle Dokumente, die durch die Online-Recherche ermittelt wurden, einer personalen Inspektion durch Raumfahrt-Experten der FH Aachen unterworfen, wobei insgesamt rund 4.500 Dokumente geprüft werden mußten. Angesichts dieser erheblichen Zahl war die Beschaffung der Schriften im Volltext aus technischen und finanziellen

Gründen nicht möglich, so daß mit Abstracts sowie mit den Hauptzeichnungen gearbeitet werden mußte. Die Bewertung jedes Dokumentenpaares aus Raumfahrt-Basispatent und zugeordnetem raumfahrtexternen Folgepatent wurde in drei Schritten vorgenommen:

- Tatsächlicher Bezug des Basispatentes zur Raumfahrtforschung
- Tatsächlicher Bezug des Folgepatentes zu raumfahrtexternen Bereichen.
- Grad der technischen Ähnlichkeit zwischen Basis- und Folgepatent.

Patente mit Anwendungsmöglichkeiten innerhalb und außerhalb der Raumfahrt, sogenannte Dual-Use-Patente, wurden sowohl der Menge der raumfahrtbezogenen Basispatente als auch der der raumfahrtexternen Folgepatente positiv zugerechnet. Auch wenn es grundsätzlich um objektive Fragen geht, ist bei der Bewertung technischer Sachverhalte ein subjektiver Einfluß von Seiten der Bewerter nicht auszuschließen, zumal wegen der begrenzten Informationsbasis der Entscheidungsrahmen relativ breit bemessen war. Aufgrund der Überschneidung der sieben Raumfahrt-Teilfelder standen nun 450 Fälle zur Verfügung, die von den Experten mindestens zweimal begutachtet worden waren. Diese Stichprobe erlaubte eine recht gute Abschätzung der zu erwartenden Unsicherheiten. Es zeigte sich, daß schon bei der auf den ersten Blick einfachen Frage, ob die Basis- und Folgepatente einen Bezug zur Raumfahrt bzw. Nicht-Raumfahrt haben, bei rund einem Viertel der Fälle keine eindeutige Entscheidung getroffen wurde. Trotz dieser großen Unsicherheit sind die ersten beiden Bewertungsschritte aber zwingend erforderlich, da insgesamt immerhin 40 % der begutachteten Dokumente sicher als unzutreffend aussortiert werden konnten, wobei die Quote zwischen den einzelnen Feldern deutlich variierte und somit nicht sicher vorhersagbar war. Auch bei der Einschätzung der technischen Ähnlichkeiten gibt es deutliche Divergenzen der Einschätzungen, wobei aber die Bereiche mit mindestens geringer, mindestens mittlerer und mindestens großer technischer Ähnlichkeit klar voneinander abgrenzbar sind. Bei allen Unwägbarkeiten im Detail liefert die Bewertung der Experten somit doch belastbare Trendaussagen. Insbesondere bei der Einschätzung der technischen Ähnlichkeiten ist davon auszugehen, daß die Einschätzungen eher zu vorsichtig sind, da die Übereinstimmung bestimmter technischer Merkmale in manchen Fällen erst bei einer Einsicht des Volltextes erkennbar wird. Hinsichtlich der generell ermittelten Quoten für eine mindestens mittlere technische Ähnlichkeit zwischen zitierender und zitierter Schrift gibt es in jedem Fall eine gute Übereinstimmung mit anderen diesbezüglichen Untersuchungen (Dunlop, Oppenheim 1980, Schmoch 1991).

4. Ergebnisse der Spin-Off-Analyse mit Patentzitationen

4.1 Spin-off-Raten des Gesamtgebietes

4.1.1 Grunddaten

Nach dem Ausschluß von Doppeln, die sich aus der Überlappung der Raumfahrt-Teilfelder ergeben, verbleiben als Ergebnis der Online-Recherche rund 1.700 Paare von Raumfahrt-Basispatenten und Nicht-Raumfahrt-Folgepatenten. Diese Gesamtzahl, die die Vereinigungsmenge der Ergebnisse in den Datenbanken WPI und USP darstellt, reduziert sich aufgrund der intellektuellen Bewertung auf rund 700 Fälle, also 40 % der Ausgangsmenge. Bei Einführung der Anforderung einer mindestens geringen technischen Ähnlichkeit verbleiben noch 418 Spin-offs entsprechend knapp 60 % der geprüften, als zutreffend bewerteten Ausstrahlungen. Die Zahl der relevanten Spin-offs mit mindestens mittlerer technischer Ähnlichkeit liegt bei 203 entsprechend knapp 30 % der geprüften Spin-offs. Mit zunehmender technischer Ähnlichkeit ist davon auszugehen, daß die Wahrscheinlichkeit eines realen Technologietransfers erhöht ist. Auch bei den geprüften Spin-offs ohne erkennbare Ähnlichkeit handelt es sich aber um Dokumentenpaare aus einem ähnlichen Fachgebiet, bei denen aber der Grund der Zitatvergabe wegen nicht zur Verfügung stehenden Volltexte nicht erkennbar ist. Letztlich bedeutet eine niedrige technische Ähnlichkeit, daß nur eines oder wenige Merkmale übereinstimmen, so daß der Know-how-Beitrag des Raumfahrtpatentes zu dem terrestrischen Folgepatent gering ist. Von den 203 relevanten Ausstrahlungen sind in 65 % der Fälle bei Basis oder Folge Dual-Use-Patente beteiligt. Diese Situationen, bei denen in der Raumfahrtforschung von vornherein Berührungspunkte zu terrestrischen Bereichen bestehen, haben somit für den Technologietransfer eine große Bedeutung.

Bei den genannten Zahlen bleibt offen, inwieweit es sich dabei um tatsächlich realisierte Spin-offs oder lediglich um Spin-off-Potentiale handelt. Die zugrundeliegenden Anmelderstrukturen geben allerdings Hinweise, wie das Ergebnis einzuschätzen ist. Demnach sind bei den Raumfahrt-Basis-Patenten rund 75 % aller anmeldender Unternehmen aufgrund von Förderlisten dem Raumfahrtbereich zuzuordnen. Bei den raumfahrtexternen Folgepatenten liegt diese Quote mit durchschnittlich 45 % immer noch recht hoch. Somit findet ein großer Teil des informellen Technologietransfers zwar nicht unbedingt innerhalb desselben Unternehmens, aber innerhalb des Raumfahrtsektors statt. Hier ist in jedem Falle anzunehmen, daß eine gute Kenntnis der beteiligten Unternehmen untereinander vorliegt, wie es auch auf Wettbewerbsmärkten der Fall ist. Bei Folgepatenten von Raumfahrtunternehmen ist in jedem Fall die Wahrscheinlichkeit, daß ein realer Transfer dahinter steht, deutlich erhöht.

Korrelationsrechnungen bezüglich der alternativen Annahmen, daß die nationale Herkunft der Spin-off-Fälle zufällig verteilt ist oder aber an die jeweiligen nationalen Raumfahrtaktivitäten gekoppelt ist, führen schließlich zu dem Ergebnis, daß offenbar hinter der Hälfte der ermittelten Spin-offs ein realer Know-how-Transfer steht, während die andere Hälfte als bislang ungenutztes Potential zu betrachten ist.

4.1.2 Vergleich des Ergebnisses der Spin-off-Analyse mit denen der Vorläuferstudien

Für Spin-offs deutscher Herkunft konnten auf der Ebene der geprüften Ausstrahlungen insgesamt 69 Dokumente ermittelt werden, die überwiegend auf der Recherche in der Datenbank WPI, also auf Berichten des Europäischen Patentamtes, beruhen. Bei den Spin-offs mit mindestens geringer technischer Ähnlichkeit verbleiben 42 Schriften, bei den relevanten Ausstrahlungen mit mindestens mittlerer technischer Ähnlichkeit 20 Fälle. Bei dieser auf den ersten Blick niedriger Zahl ist zu berücksichtigen, daß sie sich auf den aktuellen Bereich der Raumfahrtforschung ab 1975 bezieht, während von den Vorläuferstudien für den deutschen Bereich die 60er Jahre mit eingeschlossen wurden. Darüber hinaus ist zu beachten, daß ein anderer Ausschnitt des Transfergeschehens erfaßt wird. Bei der Patenztitanalyse handelt es sich - wie oben ausgeführt - überwiegend um einen informellen Know-how-Transfer, der sich auf den angewandten Bereich der Raumfahrtforschung bezieht. Bei den Studien, die auf der Befragung von Raumfahrtunternehmen beruhen, geht es dagegen fast ausschließlich um unternehmensinterne Transfer, wobei auch der grundlagenorientierte Bereich der Raumfahrtforschung mit eingeschlossen ist. Auf diesem Hintergrund bewegen sich die von Booze, Allen & Hamilton (1988) für den deutschen Bereich ermittelten 43 Spin-offs und die 55 Fälle nach der Studie von Schulte-Hillen et al. (1989) in einer vergleichbaren Größenordnung. In jedem Falle liegen die Zahlen der Patenztitanalyse nicht um Größenordnungen über oder unter den Ergebnissen der Vorläuferstudien, so daß keine grundsätzliche Neubewertung der Situation erforderlich ist.

Auch die Ergebnisse des Straßburger Instituts BETA (Bach et al. 1989) befinden sich in einem ähnlichen Rahmen. Die dortige sehr positive Einschätzung beruht letztlich darauf, daß nicht nur technische Transfers betrachtet werden, sondern auch die Summe der sogenannten indirekten Effekte, die indirekte ökonomische, organisatorische und beschäftigungspolitische Effekte einschließt. Bezogen auf ausschließlich technische Transfers in den terrestrischen Bereich verbleiben für den gesamten Bereich der ESA für die Zeit von 1977 bis 1986 133 Spin-offs.

Bei genauerer Betrachtung der Details kommen alle vorliegenden Untersuchungen trotz unterschiedlicher Interpretationen in der Sache zu ähnlichen Resultaten. Lediglich die Angaben der NASA mit insgesamt 30.000 Spin-offs seit dem Beginn der 60er Jahre fallen völlig aus dem Rahmen, wobei aber die Zählweise nicht offengelegt wird. In jedem Falle ist aber davon auszugehen, daß in den Vereinigten Staaten Spin-offs eine größere Rolle spielen als in Europa, wobei aber die regionalen Technologie-Transfer-Zentren der NASA allgemeine Beratungsfunktionen wahrnehmen, für die im System der Bundesrepublik raumfahrtexternen Stellen zuständig sind.

4.1.3 Vergleich von Raumfahrt-Kern und -Umgebung

Wie in Abschnitt 2.1 erläutert definiert die Patentunterklasse B64G einen Kernbereich der Raumfahrt-Stichprobe, während eine zusätzliche Recherche mit Stichworten eine breitere Umgebung erschließt. In Tabelle 1 sind die Ausstrahlungsquoten beider Bereiche unterschieden nach den Datenbanken WPI und USP einander gegenüber gestellt. Da zwischen der Anmeldung des zitierten und des zitierenden Patentes in der Regel ein deutlicher Zeitverzug zu verzeichnen ist, führen nur Basispatente für den Zeitpunkt von 1975 bis etwa 1983 zu einer nennenswerten Spin-off-Rate, weshalb in Tabelle 1 nur dieser begrenzte Zeitraum als Referenz eingesetzt wurde. Im Vergleich von Kern und Umgebung zeigt sich weitgehend unabhängig von der verwendeten Datenbank und der betrachteten Stufe der technischen Ähnlichkeit, daß die Ausstrahlungsquoten der Umgebung rund doppelt so hoch wie die des Kerns sind. Auch dieses Ergebnis ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß bei Entwicklungen, die eng mit dem Raumfahrtkernbereich verknüpft sind, das Ausstrahlungspotential geringer als für die Umgebung ist. Offenbar ist im Kernbereich der Spezialisierungsgrad sehr hoch, so daß Anpassungen an terrestrische Anwendungen problematisch sind, während in der Umgebung von vornherein eine stärkere Verbindung mit benachbarten terrestrischen Technologien gegeben ist.

Hinsichtlich der Relationen zwischen Ausstrahlung und Basis sind nur die Zahlen für die Datenbank USP in anschaulicher Weise interpretierbar, da es sich hier um ein weitgehend geschlossenes System handelt, bei dem US-Patente überwiegend US-Patente zitieren. Demnach liegt bei der Gesamtmenge die Zahl der relevanten Ausstrahlungen bei rund 20 % der zugeordneten Raumfahrt-Basispatente, wobei allerdings eine Reihe von Basispatenten zu einer Vielzahl von Spin-offs führt, weshalb der tatsächliche Anteil von Raumfahrtpatenten mit terrestrischen Ausstrahlungen niedriger liegt. Auch diese Quote deckt sich in ihrer Größenordnung mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (Bach et al. 1989, Fischer 1990).

Tabelle 1: Vergleich der Ausstrahlungseffizienz zwischen den Kern- und Umgebungsbereichen der Raumfahrtforschung (Abk.: K bzw. U)

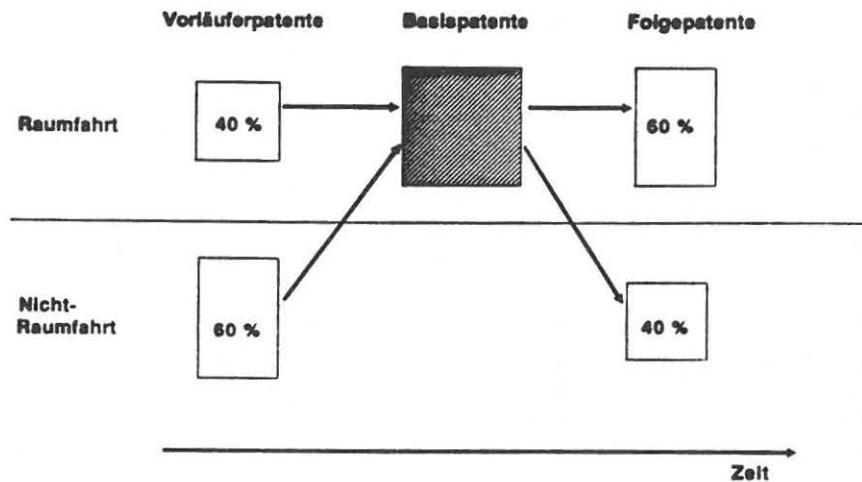
Datenb.	Bereich	Basis	Ausstrahlungen			Quoten Ausstr./Basis		
			geprüft	ähnl.	relev.	geprüft	ähnl.	relev.
WPI	K+U	1303	310	193	115	0,24	0,15	0,09
	K	425	57	36	21	0,13	0,09	0,05
	U	878	253	157	94	0,29	0,18	0,11
WPI	(K+U)/K	3,1	5,4	5,4	5,5	1,8	1,7	1,8
	U/K	2,1	4,4	4,4	4,5	2,1	2,1	2,2
USP	K+U	440	417	237	95	0,95	0,54	0,22
	K	131	73	51	15	0,56	0,39	0,12
	U	309	344	186	80	1,11	0,60	0,26
USP	(K+U)/K	3,4	5,7	4,6	6,3	1,7	1,4	1,9
	U/K	2,4	4,7	3,6	5,3	2,0	1,5	2,3

4.1.4 Verflechtung der Raumfahrtforschung mit raumfahrtfremden Bereichen

Das BETA-Institut hat in seinen Arbeiten bereits sehr sorgfältig dargelegt, daß die Raumfahrtforschung nicht auf sich selbst gestellt, sondern in verschiedenen Formen mit anderen Bereichen verflochten ist. Insbesondere erweist sich die Raumfahrt nicht nur als Technologiegeber für externe Gebiete, sondern ist auch umgekehrt Technologieempfänger aus dem terrestrischen Bereich, wobei es eine gegenseitige Befruchtung im Sinne von Synergieeffekten gibt (Bach et al. 1989, S.12ff). Mit Hilfe der Patenzitatanalyse ist es nun möglich, die dortige qualitative Darstellung zu quantifizieren.

Zu diesem Zwecke wurden für jedes einzelne Raumfahrt-Teilfeld nicht nur die Folgepatente im Sinne der Spin-off-Analyse ermittelt, sondern auch die Vorläufer-Patente, die von den Raumfahrt-Basispatenten zitiert werden. Für die Folgepatente wurden dabei die Korrekturen eingeführt, die sich aufgrund der intellektuellen Bewertung ergeben haben. Bei den Vorläuferpatenten, für die ähnliche Fehlerstrukturen anzunehmen sind, wurden die Quoten feldweise übernommen, wodurch sich der Raumfahrtanteil ein Stück weit vergrößert hat. Bild 4 zeigt das Gesamtergebnis, wonach rund 60 % der Vorläuferpatente raumfahrtexternen Bereichen zuzuordnen sind und 40 % der Raumfahrt, während die Verhältnisse bei den Folgepatenten genau umgekehrt liegen. Somit

Bild 4: Relation zwischen Raumfahrt- und Nicht-Raumfahrt dokumenten bei Vorläufer- und Folgepatenten



ist die Raumfahrtforschung zumindest in der aktuellen Situation in erheblichem Maße auf Know-how aus Nicht-Raumfahrt-Bereichen angewiesen und erweist sich keineswegs nur einseitig als Technologiegeber. Dieses Ergebnis deckt sich mit Untersuchungen von Gerybadze (1988), wonach die Raumfahrtforschung gegenwärtig - anders als in der 60er Jahren - nicht mehr eine Vorreiterstellung in frühen Phasen von Schlüsseltechnologien hat, sondern gegenwärtig schon mittlere Stadien des Lebenszyklus von Produkten und zugehörigen Industrien erreicht sind. Beispielsweise haben sich nach diesen Analysen die Elektronik und die Datenverarbeitung seit den 60er Jahren so weit verselbständigt, daß sie nicht nur noch wenige Anstöße aus der Raumfahrt empfangen, sondern daß sie umgekehrt auch selber zum Know-how-Geber für die Raumfahrt werden.

4.2 Vergleich der Raumfahrtforschung mit der Robotik

Anhand der bislang diskutierten allgemeinen Ergebnisse können zwar erste Strukturen von Spin-offs aus der Raumfahrt aufgezeigt werden. Doch kann anhand der ermittelten Zahlen letztlich nicht die Frage beantwortet werden, ob die gefundenen Raten hoch oder niedrig sind, zumal durch die Patenzitatanalyse nur ein Ausschnitt des gesamten Geschehens gezeigt wird. In einer grob qualitativen Abschätzung läßt sich allenfalls sagen, daß angesichts einer öffentlichen Fördersumme von rund 8 Mrd. DM in der Zeit von 1976 bis 1985 (Hornschild, Neckermann 1988, S. 114), der in etwa dem maßgeblichen Untersuchungszeitraum dieser Studie entspricht, die Zahl der ermittelten Beispiele als relativ niedrig erscheint. Letztlich fehlt aber ein geeigneter Vergleichsmaß-

stab, der eine solche Beurteilung erlauben würde. Insbesondere gilt es zu prüfen, ob die Raumfahrt im Vergleich zu anderen Technologien tatsächlich überproportionale Spin-off-Quoten aufweist, wie es häufig angenommen wird (vgl. z.B. Stavenhagen in Schulte-Hillen et al. 1989, S. 22).

Um einen solchen Vergleichsmaßstab zu gewinnen, kann für eine andere Technik in gleicher Weise wie für die Raumfahrt untersucht werden, inwieweit Spin-offs feststellbar sind, inwieweit es also Folgepatente gibt, die außerhalb der Ursprungstechnologie liegen. Bei der Suche nach einer geeigneten Referenz ist zu berücksichtigen, daß die Raumfahrt eine Mischtechnologie ist, die die verschiedensten technischen Teilbereiche einem gemeinsamen Anwendungszweck zuführt. Weiterhin gehört die Raumfahrt zu den forschungsintensiven Technikbereichen. Als geeignetes Vergleichsgebiet mit ähnlichen Eigenschaften wurde hier die Robotertechnik ausgewählt, die ebenfalls eine forschungsintensive Mischtechnologie ist. Aufgrund des datentechnischen Aufwandes war es allerdings nicht möglich, die gesamte Robotik mit der gesamten Raumfahrttechnik zu vergleichen, weshalb das Teilfeld "Regeln" aus beiden Gebieten exemplarisch herausgegriffen wurde.

Da das Erscheinen höherer Zitatraten maßgeblich vom Zeitverzug abhängt, war es zur Vermeidung methodischer Fehler erforderlich, die Robotik-Stichprobe in ihrem Zeitverlauf exakt an den aus der Raumfahrttechnik anzugleichen, so daß sich in der Summe jeweils eine gleiche Zahl von Basispatenten für die Raumfahrt und die Robotik ergab. Das Ergebnis der Online-Recherche wurde wie bei der Raumfahrt-Untersuchung zwei einschlägigen Experten vorgelegt, wobei dieselben Bewertungs-Kategorien verwendet wurden.

Das Ergebnis dieses Vergleichs ist in Tabelle 2 wiedergegeben. Demnach weist beim Teilfeld "Regeln" die Robotik auf allen Stufen der technischen Ähnlichkeit deutlich höhere Spin-off-Quoten als die Raumfahrt auf, wobei es eine gute Übereinstimmung der Resultate zwischen den beiden verwendeten Datenbanken gibt. Im Schnitt sind die Spin-off-Quoten der Robotik dreimal so hoch wie die der Raumfahrt.

Die vergleichsweise hohen Ausstrahlungsquoten aus der Robotik erklären sich dadurch, daß diese Technik industriestrukturell nicht isoliert dasteht, sondern enge Vernetzungen zur gesamten Produktionstechnik aufweist. So ist es beispielsweise ein wichtiges Problem der Roboter-Sensorik, die Konturen dreidimensionaler Gegenstände zu erkennen und danach die Bewegungen des Roboterarms zu steuern. Die Erkennung

Tabelle 2: Vergleich der Ausstrahlungsquoten im Bereich Meß- und Regeltechnik zwischen der Raumfahrt und der Robotik

Datenb.	Patenttyp	Raumfahrt	Robotik	Relation Rob./RF
WPI	Basis	506	506	1,0
	Wirkl. Ausstr.	62	155	2,5
	Ähnl. Ausstr.	32	91	2,8
	Relev. Ausstr.	15	50	3,3
	Relev. Spin-offs	9	34	3,8
USP	Basis	170	170	1,0
	Wirkl. Ausstr.	71	182	2,6
	Ähnl. Ausstr.	50	149	3,0
	Relev. Ausstr.	29	102	3,5
	Relev. Spin-offs	9	34	3,8

räumlicher Körper ist aber auch eine wichtige Frage der gesamten Fertigungsautomatisierung, wobei aber die Robotertechnik im gegenwärtigen Stadium der Entwicklung eine Vorreiterrolle einnimmt.

Die in diesem Vergleich niedrigen Spin-off-Raten der Raumfahrt können möglicherweise im Kontext einer Untersuchung von Meyer-Krahmer, Wessels (1988) interpretiert werden, die die Ströme forschungsintensiver Güter zwischen verschiedenen Industriesektoren untersucht haben. Demgemäß gibt es im Sektor der Luft- und Raumfahrt extrem wenig Verknüpfungen zu anderen Sektoren, was auf eine stark autozentrierte Organisation der Forschung hindeutet. Diese Annahme wird auch durch eine Statistik der Patentanmelder in der Raumfahrtforschung belegt, wonach es eine deutliche Konzentration auf wenige Unternehmen gibt, die gleichzeitig auf der gesamten Breite aller sieben Raumfahrt-Teilfelder aktiv sind.

Aus methodischer Sicht läßt sich zweifellos einwenden, daß das zufällig ausgewählte Beispiel der Robotik möglicherweise ungewöhnlich hohe Spin-off-Raten aufweist und daß es eine Vielzahl weniger forschungsintensiver Felder gibt, bei denen die Quoten niedriger als in der Raumfahrt liegen. Von daher ist es sinnvoll, von *mittleren* Spin-off-Raten der Raumfahrtforschung zu sprechen. Im Hinblick auf die politische Diskussion kann aber das Spin-off-Argument offensichtlich nicht eine bevorzugte Stellung der Raumfahrtforschung begründen.

4.3 Strukturen der Raumfahrt-Teilfelder

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand nicht nur darin, eine verbesserte Informationsgrundlage zur Versachlichung der Diskussion über Spin-offs aus der Raumfahrt bereit zu stellen, sondern auch in der Aufdeckung von Spin-off-Strukturen, um Ansatzpunkte für eine verbesserte Förderung zu identifizieren. Aus diesem Grunde wurden im Hinblick auf eine fachliche Differenzierung die sieben Teilfelder der Raumfahrt nach verschiedenen Gesichtspunkten analysiert, um in der Gesamtschau qualifizierte Aussagen über die Einzelbereiche treffen zu können. In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der einzelnen Analyseschritte diskutiert und anschließend zu einer Gesamtaussage integriert.

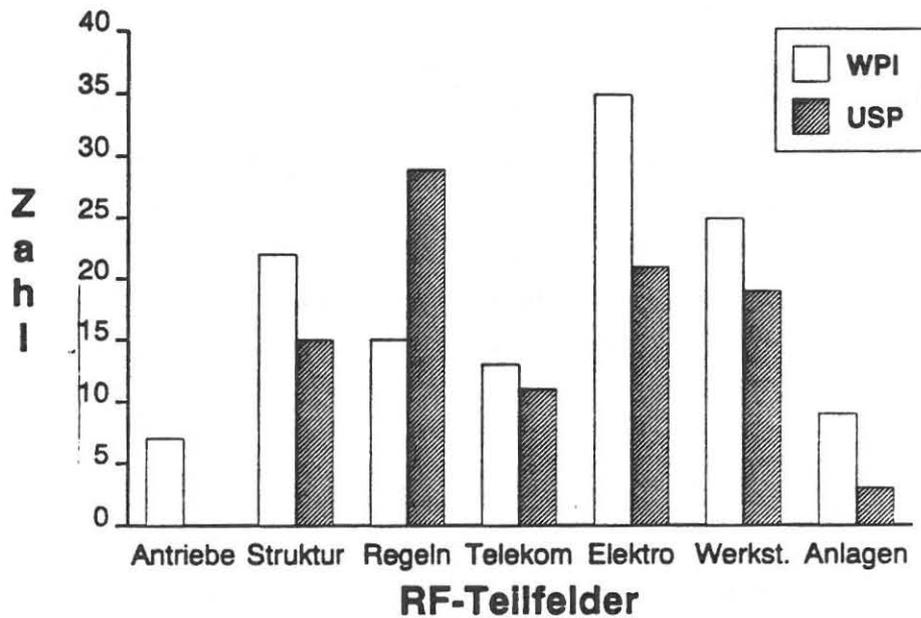
4.3.1 Absolute Spin-off-Zahlen

Die Verteilung der Spin-offs auf die sieben Teilfelder der zugrunde liegenden Raumfahrt-Basispatente hängt maßgeblich von der Struktur der diesbezüglichen Raumfahrtforschung ab. Unabhängig von der relativen Spin-off-Effizienz der einzelnen Teilbereiche ist eine absolute Betrachtung schon deshalb sinnvoll, weil sich die Schwerpunkte der Raumfahrtforschung nur marginal am Kriterium der Spin-off-Potentiale orientieren können, sondern vielmehr die in den nationalen oder internationalen Programmen festgeschriebenen Ziele im Vordergrund stehen müssen. Bild 5 zeigt die absolute Verteilung der Spin-offs auf die Raumfahrt-Teilfelder auf der Ebene einer mindestens mittleren technischen Ähnlichkeit, wobei die Struktur auf anderen Ebenen der technischen Nähe weitgehend identisch ist. Nach den Ergebnissen beider Datenbanken sind die Spin-off-Zahlen in den Feldern "Antriebe" und "Anlagen" niedrig. Ansonsten ergeben sich die höchsten Werte für die Teilfelder "Elektro" und "Werkstoffe", worauf mit geringem Abstand "Regeln" und "Struktur" folgen. Bei dem Gebiet "Telekom" ist zu beachten, daß sich aufgrund der eingeschränkten Stichprobe bei einer Berücksichtigung des vollen Datensatzes ungefähr die doppelte Anzahl der in der Abbildung gezeigten Ausstrahlungen ergibt. Insgesamt ergibt sich bei den Datenbanken USP und WPI eine ähnliche Verteilung und damit eine gegenseitige Validierung, wobei allerdings im Teilfeld "Regeln" nach USP abweichend vom Grundmuster deutlich höhere Zahlen als WPI ermittelt werden.

4.3.2 Relative Spin-off-Quoten

Ein zweiter wichtiger Indikator sind die relativen Spin-off-Raten, die als ein Effizienzmaß betrachtet werden können. Für jedes Teilfeld und für jede Datenbank muß die

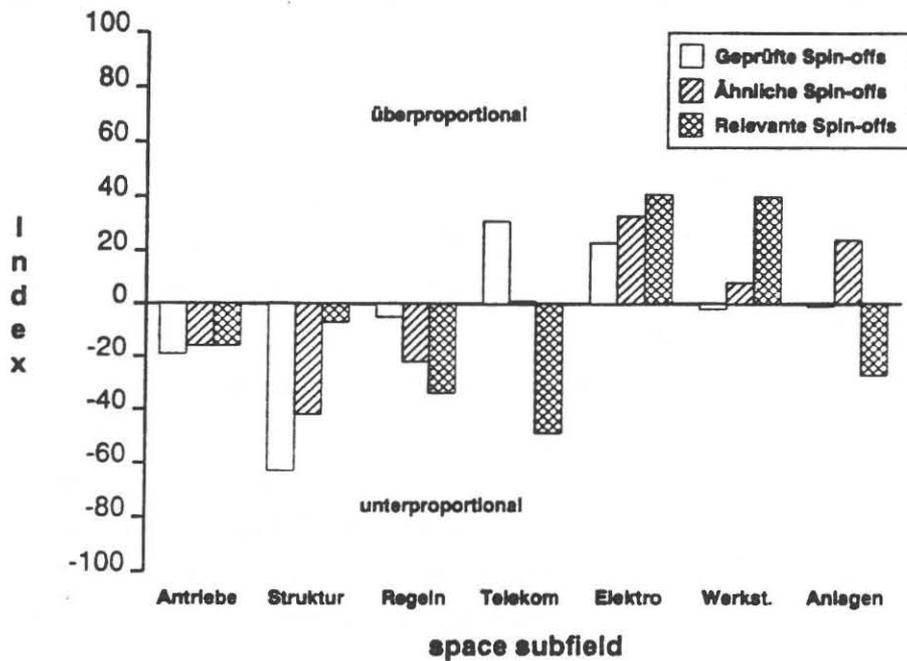
Bild 5: Relevante Spin-offs nach Raumfahrtteilstfeldern für den europäischen und US-amerikanischen Bereich (Datenbanken WPI und USP)



Zahl der jeweiligen Spin-offs in Relation zur Zahl der Raumfahrt-Basispatente des Zeitraums 1975 bis 1983 gesetzt werden. Die daraus resultierenden Prozentzahlen auf den verschiedenen Stufen der technischen Ähnlichkeit sind allerdings nur schwer anschaulich interpretierbar. Aus diesem Grunde wurde eine Normierung durchgeführt und ein Index berechnet, der die Situation in einem Raumfahrt-Teilfeld im Vergleich zur durchschnittlichen Spin-off-Rate für alle Felder aufzeigt. Indexwerte zwischen minus 10 und plus 10 entsprechen dabei durchschnittlichen Quoten, Werte über plus 40 oder unter minus 40 weisen auf deutlich überproportionale bzw. unterproportionale Quoten hin.

Bild 6 zeigt die entsprechenden Ergebnisse nur für die Datenbank WPI, da mit USP weitgehend ähnliche Resultate ermittelt wurden. Demnach liegen die nach absoluten Zahlen niedrigen Bereiche der "Antriebe" und der "Anlagen" auch hinsichtlich ihrer Ausstrahlungseffizienz im unterproportionalen Bereich. Weiterhin wird das Teilfeld "Struktur" von beiden Datenbanken übereinstimmend als unterproportional eingestuft, welches nach der absoluten Betrachtung dem mittleren bis hohen Bereich zuzurechnen war. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem obigen Vergleich zwischen "Kern" und "Umgebung", da die drei genannten Felder in wesentlichen Teilen dem Kernbereich zuzuordnen sind.

Bild 6: Spin-off-Effizienz der Raumfahrtforschung nach Teilfeldern für den europäischen Bereich (Datenbank WPI)



In beiden Datenbanken zeigt sich eine überproportionale Ausstrahlungseffizienz für den Bereich "Elektro" und zumindest auf der Stufe zunehmender technischer Ähnlichkeit für die "Werkstoffe".

Hinsichtlich des Feldes "Regeln" sind die Ergebnisse für WPI und USP widersprüchlich, was auch die gegenläufigen Ergebnisse nach Abbildung 5 erklärt. So ist lediglich auf der ersten Stufe der geprüften Spin-offs die Aussage einer durchschnittlichen Ausstrahlungsquote möglich.

Auffällig ist bei den Teilbereichen "Telekom" und "Anlagen" die absteigende Ausstrahlungsquote mit zunehmender technischer Nähe. Dieses erklärt sich daraus, daß es sich in diesen Teilfeldern häufig um komplexe Systeme mit vielen technischen Einzelmerkmalen handelt. Die Mehrzahl der Zitate bezieht sich dabei auf eines oder wenige Merkmale; nur wenige Schriften zeigen eine sehr große Übereinstimmung. Von daher sind durchaus technische Ähnlichkeiten feststellbar, wobei aber im Sinne eines Know-how-Transfers der Beitrag der einzelnen Raumfahrt-Basispatente auf Teilaspekte begrenzt bleibt.

4.3.3 Ökonomische Bedeutung

Das Verfahren der Patenzitatanalyse beruht ausschließlich auf einem Vergleich technischer Merkmale und ist in ökonomischer Hinsicht neutral. Bei der Bewertung von

Spin-offs ist aber auch das wirtschaftliche Potential ein wichtiges Kriterium. Aufgrund der Vielzahl von Spin-offs aus den unterschiedlichsten technischen Bereichen war es im vorliegenden Projekt nicht möglich, Studien zu den jeweiligen Marktpotentialen zu beschaffen oder gar konkrete Umsätze abzuschätzen. Insofern war nur eine qualitative Einordnung der einzelnen Spin-off-Dokumente in die drei groben Kategorien großer, mittlerer oder kleiner ökonomischer Bedeutung möglich. Dabei kam es im wesentlichen darauf an, diejenigen Felder zu identifizieren, die aus ökonomischer Sicht offensichtlich eine geringere Bedeutung haben. Die Einschätzung der Einzelfälle wurde von Experten des Fraunhofer-Instituts in Karlsruhe geleistet, die über Erfahrungen aus Einzelstudien zu den verschiedensten Technikgebieten verfügen. In diesem Zusammenhang muß betont werden, daß es bei diesem Analyseschritt nicht um die Bewertung der technischen Komplexität geht, sondern um eine Abschätzung des Marktpotentials. So gibt es eine Reihe komplexer Erfindungen zu Meßgeräten für wissenschaftliche Zwecke, die aufgrund ihres hohen Spezialisierungsgrades kaum größere Umsätze nach sich ziehen dürften. Umgekehrt ist das Marktpotential vergleichsweise einfacher saugfähiger Materialien als hoch einzuschätzen, da es breite Anwendungsfelder im Bereich der Medizin oder der Babywindeln gibt.

Insgesamt wurden alle 203 relevanten Spin-offs begutachtet, wobei im Mittel bei 45 % der Fälle die Kategorie "mittlere wirtschaftliche Bedeutung" vergeben wurde und 25 bzw. 28 % auf die Einschätzungen "groß" bzw. "klein" entfielen. Ausgehend von dieser Grundverteilung läßt sich für die einzelnen Teilfelder ein Spezialisierungsindex errechnen, der vom Durchschnitt abweichende Strukturen aufzeigt. Demnach finden sich in den Teilfeldern "Werkstoffe" und "Telekom" besonders hohe Anteile von Spin-offs mit großer ökonomischer Bedeutung. Im Falle des Feldes "Telekom" ist dabei aber zu berücksichtigen, daß es sich nicht um einen Kernbereich der Raumfahrttechnik, sondern eher um Raumfahrtanwendungen handelt, bei denen der Begriff des Spin-offs von vornherein problematisch ist. Im Bereich der Teilfelder "Antriebe", "Struktur" und "Regeln" bestehen durchschnittliche Verhältnisse, während bei "Anlagen" und "Elektro" der Anteil weniger bedeutender Spin-offs überproportional ist. Das negative Ergebnis für den Bereich "Elektro" ist insofern bemerkenswert, weil dieser nach den absoluten und relativen Zahlen hohe Spin-off-Quoten aufzuweisen hat.

4.3.4 Technische Homogenität

Das Auftreten von Spin-offs in den verschiedensten technischen Bereichen kann als ein positiver Beleg dafür gewertet werden, daß die Raumfahrtforschung eine breite Ausstrahlung auf nahezu die gesamte Technik hat. Hinsichtlich der konkreten Umsetzung ist es aber sicherlich günstiger, wenn sich Hauptlinien des Transfers identifizieren las-

sen, da in diesem Falle eine Kooperation der Raumfahrtunternehmen mit einer überschaubaren Zahl von Partnern realisiert werden könnte. Von daher ist die inhaltliche Vielfalt der Spin-offs durchaus zwiespältig.

Zur Herausarbeitung dieses Aspektes wurde versucht, mit Hilfe von Häufigkeitsstatistiken auf der Basis von Patentklassen markante Transferbereiche herauszuarbeiten. Darüber hinaus wurden alle Spin-offs mit mindestens mittlerer technischer Ähnlichkeit und zusätzlich viele mit geringer technischer Ähnlichkeit einzeln durchgesehen, um einen besseren Zugang zu den aufscheinenden technischen Inhalten zu gewinnen. Im Ergebnis zeigt sich, daß die inhaltliche Struktur der Spin-offs in den Gebieten Meß- und Regeltechnik, Elektrotechnik und Maschinenbau heterogen ist, also nur begrenzt Schwerpunkte des Transfers ermittelt werden können. In speziellen Gebieten wie der Mikroelektronik, der EDV-Technik oder der Solarzellen bleibt dabei die Zahl der Ausstrahlung deutlich hinter den Erwartungen zurück. Nur im Gebiet der Werkstoffe läßt sich eine Konzentration auf zentrale Fragestellungen wie Oberflächentechnik, faserverstärkte Polymere und hitzebeständige Materialien feststellen.

Die im Gesamtergebnis feststellbare Heterogenität ist im Prinzip nicht neu, sondern deckt sich mit der Struktur der Spin-off-Listen von Schulte-Hillen u. a. (1988, S.38ff) und BETA (Bach et al. 1989, Annexe2) sowie den Spin-off-Berichten der NASA (z.B. NASA 1988). Durch die Möglichkeit einer statistischen Klassenanalyse wird aber dieser Aspekt bei der Verwendung von Patentindikatoren besonders augenfällig, während er bei den erwähnten Vorläuferstudien nicht als wesentliches Strukturmerkmal erkannt wurde.

4.3.5 Gesamtbewertung

In der Gesamtschau der Ergebnisse zeigen die Gebiete "Werkstoffe" und mit Abstrichen "Meß- und Regeltechnik" die relativ bedeutendsten Ausstrahlungspotentiale. Für die Werkstoffe sprechen insbesondere eine hohe Ausstrahlungseffizienz vor allem auf der Stufe der relevanten Spin-offs, bei denen die Wahrscheinlichkeit einer realen Umsetzung am höchsten ist. Darüber hinaus gibt es hier einen besonders großen Anteil an wirtschaftlich bedeutsamen Patenten und eine Konzentration auf Hauptlinien des Transfers, die die Suche nach geeigneten Kooperationspartnern erleichtert. Eine Erklärung für die relativ guten Spin-off-Möglichkeiten im Werkstoffbereich liegt sicherlich darin, daß die hohen Anforderungen der Raumfahrt hinsichtlich der Temperatur- und Korossionsbeständigkeit, der Belastbarkeit usw. sich nicht als isolierte Spezialforschungen erweisen, sondern in der gegenwärtigen Situation für die gesamte industrielle Entwicklung eine große Bedeutung haben. So betrachten beispielsweise Hagedoorn,

Schakenraad (1990) den Bereich der neuen Werkstoffe - definiert als verbesserte elektronische Werkstoffe, technische Keramik, faserverstärkte Verbundwerkstoffe, technische Kunststoffe, Pulvermetallurgie sowie spezielle Metalle und Legierungen - als Schlüsselbereich für die gegenwärtige industrielle Entwicklung.

5. Schlußfolgerungen

Die Patenzitatanalyse beschreibt einen anderen Ausschnitt von Raumfahrt-Spin-offs als die diesbezüglichen Vorläuferstudien, die auf Interviews mit Raumfahrtunternehmen basieren. Dennoch zeigen sich im Ergebnis viele übereinstimmende Strukturen, was im Sinne einer gegenseitigen Validierung gewertet werden kann. Die Patenzitatanalyse bestätigt insbesondere die Annahme, daß die Raumfahrtforschung bezüglich ihrer Ausstrahlungseffekte in fremde Gebiete keine bevorzugte Stellung einnimmt, sondern im Vergleich zu anderen Bereichen in der Spitzenforschung allenfalls durchschnittliche, eher unterproportionale Werte aufweist.

Unabhängig von dieser allgemeinen Beurteilung ist es angesichts der erheblichen Fördermittel, die in die Raumfahrtforschung fließen, sinnvoll, das vorhandene Spin-off-Potential in optimaler Weise zu nutzen. Die insgesamt große inhaltliche Heterogenität der ermittelten Ausstrahlungsfälle ist ein deutliches Indiz dafür, daß Spin-offs aus der Raumfahrt nur in den seltensten Fällen auf ungeplante Weise erfolgen dürften. Um bei der Vielzahl der Teilgebiete zu erfolgreichen Transfers zu kommen, wird vielmehr eine gezielte Förderung erforderlich sein. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei eine breitere Information der Fachöffentlichkeit über Aktivitäten in der Raumfahrtforschung, was beispielsweise über Datenbanken oder Transferkataloge geschehen kann. Die Einrichtung spezieller Transferzentren dürfte dagegen unter den deutschen Rahmenbedingungen wenig Sinn machen, da es bereits ein vielfältiges Netz von technischen Beratungsstellen gibt. Die erfolgversprechendste Maßnahme zur Förderung des Technologietransfers ist aber zweifellos eine stärkere Einbeziehung von bislang raumfahrtexternen Unternehmen in die Entwicklung forschungsintensiver Komponenten, da diese Betriebe am ehesten Einsatzmöglichkeiten von raumfahrtspezifischen Produkten und Verfahren im terrestrischen Bereich erkennen können.

LITERATURVERZEICHNIS

- Bach, L.; G. Lambert, J. Shachar (BETA):
Analyse des Mécanismes de Transfers des Technologies Spatiales: Le Rôle de l'Agence Spatiale Européenne, Vol. II: Rapport principal, Strasbourg, Juni 1989
- Booz.Allen & Hamilton (BAH):
Technologische Spin-offs und Technologietransfers aus der Raumfahrt, Studie im Auftrag der DFVLR, Köln, August 1988
- Carpenter, M. P.; F. Narin, P. Woolf:
Citation Rates to Technologically Important Patents, World Patent Information, Vol. 3, No. 4, 160 - 163, 1981
- Dunlop, L.; Ch. Oppenheim:
The Effect of Recycling on a Patent Citation Network, in: World Patent Information, Vol. 2, No. 3, 100 - 102, 1980
- Fischer, H.-J.:
A Strategy of Application of Gained Experience from Space Research in a Limited National Economy, 41st Congress of the International Astronautical Federation, IAA - 90 - 608, Dresden, Oktober 1990
- Gerybadze, A. (Arthur D. Little International):
Raumfahrt und Verteidigung als Industriepolitik? Auswirkungen auf die amerikanische Wirtschaft und den internationalen Handel, Frankfurt, New York, 1988
- Grupp, H.; Th. Schnöring (Hrsg.):
Forschung und Entwicklung für die Telekommunikation - Internationaler Vergleich mit zehn Ländern -, 2 Bände, Berlin, Heidelberg, New York, London, 1990 u. 1991
- Hagedoorn, J.; J. Schakenraad:
Inter-firm Partnership and Co-operative Strategies in Core Technologies, in: Freeman, C.; L. Soete (Hrsg.): New Explorations in the Economics of Technological Change, London, New York, 1990, 3-37
- Hallmann, W.; W. Ley:
Handbuch der Raumfahrt - Grundlagen, Nutzung, Raumfahrtsysteme, Produktsicherung u. Projektmanagement, München, 1988
- Hornschild, K.; G. Neckermann (DIW):
Die deutsche Luft- und Raumfahrtindustrie, Stand und Perspektiven, Frankfurt, New York 1988
- IABG:
Ariane 5 - Hermes - Columbus. Technologische Bedeutung der ESA-Großprogramme für die deutsche Industrie, Studie für den BMFT, Ottobrunn, Oktober 1988

Keppler, E.:

Die deutsche Raumfahrtspolitik - Investition für die Zukunft?, presentation for the symposium "Raumfahrt kontrovers" of the Friedrich Ebert Foundation, Bonn, March 5th 1991.

Kienbaum Unternehmensberatung:

Kleine und mittlere Unternehmen in der deutschen Raumfahrt. Identifikation, Strukturierung und Analyse von deutschen Raumfahrt-Zulieferern, Studie für den BMFT, Gummersbach, Mai 1989

Krupp, H.; J. Weyer:

Die gesellschaftliche Konstruktion einer neuen Technik. Legitimationsstrategien zur Durchsetzung der bemannten Raumfahrt als Beispiel, Blätter für deutsche und internationale Politik, 9/88 u. 10/88, 1086 - 1098 u. 1249 - 1262

Ley, W.; E. Plescher, U. Schmoch:

Analyse der technisch-wirtschaftlichen Ausstrahlungseffekte der Raumfahrtforschung mit Hilfe von Patentindikatoren, in: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.): Jahrbuch 1990 II, Deutscher Luft- und Raumfahrt-Kongreß 1990 in Friedrichshafen, Bonn, 1990, S. 777-786

Mansfield, E.:

Studies of Tax Policy, Innovation, and Patents: A Final Report, Pennsylvania, 1985

Meyer-Krahmer, F.; H. Wessels:

Intersektorale Verflechtung von Technologiegebern und Technologennehmern. Eine empirische Analyse für die Bundesrepublik Deutschland, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 206, 1989

NASA (Hrsg.):

Spinoff, Washington D. C., 1987 und 1988

Schmoch, U.:

Tracing the Knowledge Transfer from Science to Technology as Reflected in Patent Indicators, presentation on the workshop "Scientometrics Methods of Research Evaluation in the Sciences, Social Sciences and Technology", Potsdam, April 13-17th, 1991

Schmoch, U.:

Wettbewerbsvorsprung durch Patentinformation. Handbuch für die Recherchepaxis, Köln, 1990

Schmoch, U.; H. Grupp, W. Mannsbart, B. Schwitalla:

Technikprognosen mit Patentindikatoren, Köln, 1988

Schmoch, U.; N. Kirsch:

Analyse der Raumfahrtforschung und ihrer technischen Ausstrahlungseffekte mit Hilfe von Patentindikatoren, Endbericht an die DARA, Veröffentlichung voraussichtlich im Dezember 1991

- Schmoch, U.; N. Kirsch, W. Ley, E. Plescher, K.-O. Jung:
Analysis of Technical Spin-off Effects of Space-Related R&D by Means of Patent Indicators, in: Acta Astronautica, Vol. 24 (1991), S. 353-362
- Schulte-Hillen, J.; Jordan, Schwerhoff, Drtil (Scientific Consulting):
Spin-offs der Raumfahrt. Ihre Auswirkungen auf Firmenstrategien und Märkte in der Bundesrepublik Deutschland, Studie für den BMWi, Köln, Juli 1989
- Shachar, J.; S. Ret, L. Bach, G. Lambert (BETA):
Etudes sur les Effects Economiques des Dépenses Spatiales Européennes, Vol. I: Résultats, Strasbourg, Oktober 1988

