



Munich Personal RePEc Archive

Technological Opportunities and Technical Progress: An empirical Analysis

Harabi, Najib

University of Zurich, Economics Department, Switzerland

May 1993

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/5529/>

MPRA Paper No. 5529, posted 01 Nov 2007 UTC

Wirtschaftswissenschaftliches Institut

Der

Universität Zürich

Reihe D

Arbeitspapiere

Nr. 28

**TECHNOLOGISCHE CHANCEN UND TECHNISCHER
FORTSCHRITT: EINE EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG**

NAJIB HARABI

MAI 1993

HAUPTGEBÄUDE DER UNIVERSITÄT, RÄMISTRASSE 71

CH-8006 ZÜRICH

ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Frage nach den technologischen Chancen - d.h. nach den Chancen von Innovatoren, Zugang zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen zu haben - anhand schweizerischer Daten empirisch zu untersuchen. Dabei wird dieser zentrale angebotsseitige Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts nicht nur generell für die gesamte Industrie, sondern auch im Hinblick auf interindustrielle Unterschiede untersucht. Die Analyse basiert auf einer im Sommer 1988 durchgeführten schriftlichen und mündlichen Expertenbefragung in der Schweizer Industrie. Von den 940 befragten Experten (vorwiegend F&E-Leiter ausgewählter Unternehmen) haben 358 oder ca. 40% geantwortet; sie waren in 127 verschiedenen Wirtschaftsarten tätig. Die wichtigsten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Der wichtigste Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige kommt von marktlichen Organisationen. An erster Stelle tragen Unternehmen innerhalb der gleichen Branche zum technischen Fortschritt ihres Wirtschaftszweiges bei, an zweiter Stelle kommen die Benutzer der Produkte und an dritter Stelle die Lieferanten von Einsatzmaterial und von Ausrüstungsgütern für die Produktion.
2. Als relativ unwichtig wird hingegen der Beitrag aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt angesehen. Einen geringen Beitrag leisten namentlich die Hochschulforschung und die anderen staatlichen Forschungsinstitutionen, die staatlichen Betriebe und Ämter sowie die Berufs- und Fachverbände. Auch der Beitrag unabhängiger Erfinder wird als unbedeutend erachtet.
3. Sowohl die Beiträge marktlicher als auch aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige sind von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig verschieden.
4. Intraindustrielle Spillover im F&E-Bereich - d.h. unbeabsichtigter Wissenstransfer seitens F&E-Teams einer Unternehmung an ihre Konkurrenten von der gleichen Branche - tragen auch zum technischen Fortschritt eines bestimmten Wirtschaftszweigs bei. Das dabei wirksamste Mittel, ein von der Konkurrenz bereits entwickeltes technisches Wissen über Produkt- und Prozessinnovationen zu erwerben, ist die eigenständige F&E. Das zweitwichtigste ist bei Produktinnovationen das sog. "reverse engineering" (Produkt erwerben und analysieren), bei Prozessinnovationen die Auswertung von Publikationen und Fachtagungen.
5. Hingegen werden die anderen Mittel (Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen, Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden und "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz, Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie und Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt) insgesamt als mittelmässig wirksam angesehen.

6. Interindustrielle Unterschiede bestehen auch im Hinblick auf die Wirksamkeit der untersuchten Mittel zum Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen.
7. Die alternativen Mittel zum Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen können auf der Basis multivariater statistischer Verfahren in drei Untergruppen unterteilt werden. Die eine Untergruppe würde die auf interpersoneller Kommunikation basierenden Lernmethoden (Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen, Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden und "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz) sowie das "reverse engineering", die zweite die "patentbezogenen" Mittel (Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie und Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt) und die letzte primär das Mittel "eigenständige F&E" und zu einem gewissen Grad auch "reverse engineering" umfassen.
8. Schliesslich trägt auch die Wissenschaft zum technischen Fortschritt bei, und zwar sowohl auf der Ebene der Ausbildung als auch der Forschung. Vor allem die Ausbildung in den Fächern Physik, Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik, Maschinenbau und angewandte Chemie wird im schweizerischen Kontext als relevant angesehen.
9. Generell wird die Relevanz der in- und ausländischen Hochschulforschung für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige nicht als besonders hoch bewertet. In einzelnen Wissenschaftsgebieten - wie Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik usw. - ist hingegen die Hochschulforschung für den technischen Fortschritt relevant.
10. Wie bei den anderen Quellen des technischen Fortschritts, variiert auch der Beitrag der Wissenschaft von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig: Die Uhrenindustrie, die Elektroindustrie und die technischen Dienstleistungen stellen die wissenschaftsintensivsten Wirtschaftszweige der Schweizer Industrie dar, während alle anderen Wirtschaftszweige diesbezüglich unterdurchschnittlich sind.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung
2. Technologische Chancen und technischer Fortschritt:
Grundsätzliche Überlegungen
 - 2.1 Allgemeine Quellen des technischen Fortschritts
 - 2.2 Beitrag der Wissenschaft zum technischen Fortschritt
 - 2.3 Zusammenfassung
3. Technologische Chancen und technischer Fortschritt:
Empirische Evidenz aus der Schweizer Industrie
 - 3.1 Daten
 - 3.2 Ergebnisse
 - 3.2.1 Allgemeine Quellen des technischen Fortschritts
 - 3.2.1.1 Beitrag marktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt
 - 3.2.1.2 Beitrag aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt
 - 3.2.2 Kanäle intraindustrieller F&E-Spillover
 - 3.2.3 Relevanz der Ausbildung in den Grundlagen-, angewandten und Ingenieurwissenschaften für den technischen Fortschritt
 - 3.2.4 Relevanz der Hochschulforschung für den technischen Fortschritt

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Fussnoten

Bibliographie

Tabellen

TABELLENVERZEICHNIS

- Tab. 1: Branchenstruktur der befragten Branchenexperten (n=358), verglichen mit derjenigen der Grundgesamtheit (N=1157), absolut und in %.
- Tab. 2: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von 10 verschiedenen Quellen zum technischen Fortschritt von Wirtschaftsarten (n=127).
- Tab. 3: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von marktlichen Organisationen zum technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen.
- Tab. 4: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von aussermarktlichen Organisationen zum technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen.
- Tab. 5: Liste der zwei wichtigsten Quellen für den technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen
- Tab. 6: Wirksamkeit alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen. Wirtschaftsarten (n=127)
- Tab. 7: Wirksamkeit von Lizenzierungen und Patentoffenlegungen als Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen. Wirtschaftsarten (n=127)
- Tab. 8: Wirksamkeit von auf zwischenmenschlicher Kommunikation basierenden Mitteln zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen. Wirtschaftsarten (n=127)
- Tab. 9: Wirksamkeit von "reverse engineering" als Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen. Wirtschaftsarten (n=127)
- Tab. 10: Wirksamkeit eigenständiger F&E als Mittel zum Erwerb des technischen Wissensstandes der Konkurrenz über Prozess- bzw. Produktinnovationen. Wirtschaftsarten (n=127)
- Tab. 11: Liste der zwei wichtigsten Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen in 10 Wirtschaftszweigen
- Tab. 12: Korrelationsmatrix alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen.
- Tab. 13: Korrelationsmatrix alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozessinnovationen
- Tab. 14: Hauptkomponentenanalyse der alternativen Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen. Wirtschaftsarten (n=127)
- Tab. 15: Cluster von Wirtschaftsarten (n=127) aufgrund der Wirksamkeit alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen
- Tab. 16: Relevanz der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften für den

- technischen Fortschritt
- Tab. 17: Anzahl Branchenexperten die einem bestimmten Gebiet der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften eine Note von 5 oder mehr zugeteilt haben
- Tab. 18: Veränderung der Relevanz der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt in den letzten 10 bis 15 Jahren
- Tab. 19: Relevanz der Wissenschaft insgesamt für dem technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen
- Tab. 20: Relevanz der Hochschulforschung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt in den letzten 10 bis 15 Jahren
- Tab. 21: Relevanz der Hochschulforschung in den Ingenieurwissenschaften für den technischen Fortschritt in den letzten 10 bis 15 Jahren

TECHNOLOGISCHE CHANCEN UND TECHNISCHER FORTSCHRITT: EINE EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG

1. Einführung

Es besteht in der Ökonomie zunehmend Einigkeit darüber, dass technischer Fortschritt ein ökonomisches Phänomen, das auf der mikroökonomischen Ebene von Einzelmärkten durch die drei folgenden Faktoren erklärt werden kann: 1. die technologischen Chancen (Chancen des Zugangs zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen), 2. die Fähigkeit von Innovatoren, sich Erträge ihrer technischen Innovationen anzueignen und 3. die Marktnachfrage.

Technischer Fortschritt bzw. die Bereitstellung technischer Innovationen hängt also, wie viele andere ökonomische Phänomene, sowohl von angebots- (1. und 2. Faktor) als auch von nachfrageseitigen Bestimmungsfaktoren (3. Faktor) ab. Diese drei Determinanten werden sowohl in den evolutorischen als auch, wenn auch nicht immer explizit, in den neoklassischen Modellen der letzten Jahrzehnte verwendet. In beiden Schulen ist technischer Fortschritt auf der Branchenebene erstens vom Volumen und zweitens von der Produktivität der F&E-Ausgaben abhängig. F&E-Ausgaben werden ihrerseits von der Grösse des Marktes, von den technologischen Chancen und von der Fähigkeit von Innovatoren, sich Erträge ihrer Innovationen anzueignen, bestimmt. Die Produktivität der F&E-Ausgaben ist ebenfalls von den zuletzt genannten zwei Faktoren abhängig. In anderen Worten: Die Allokation von Ressourcen für innovative Aktivitäten impliziert erstens, dass es Erfolgchancen gibt, etwas Neues anzubieten und zweitens, dass das Angebotene nicht nur nachgefragt, sondern auch - drittens - ökonomisch appropriiert werden kann. Letzteres bedeutet, dass die aus einer Innovation resultierenden Erträge auch tatsächlich dem ursprünglichen Erfinder bzw. Innovator voll oder mindestens teilweise zugute kommen können. Technischer Fortschritt bedingt also, dass sowohl die entsprechenden technologischen Chancen als auch die entsprechenden ökonomischen Anreize (von der Angebot- und der Nachfrageseite her) vorhanden sind. Zu den hier kurz skizzierten Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene liegen von Dosi (1988) und Cohen/Levin (1989) zwei aktuelle und ausführliche Übersichten aus ökonomischer Sicht vor.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, den ersten angebotsseitigen Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts, nämlich die Frage nach den technologischen Chancen anhand schweizerischer Daten empirisch zu untersuchen. Dabei soll dies nicht nur generell für die gesamte Industrie, sondern auch im Hinblick auf interindustrielle Unterschiede untersucht werden. Folgende zwei Fragen stehen mit anderen Worten im Zentrum der Untersuchung:

- Welches sind generell die Quellen technologischer Chancen und wie gross ist ihr Beitrag zum technischen Fortschritt in der Schweizer Industrie?
- Gibt es interindustrielle Unterschiede bezüglich dieser technologischen Chancen?

Die Ausführungen zu diesen Fragen werden wie folgt gruppiert: Zunächst werden allgemeine theoretische Überlegungen und empirische Nachweise zum Thema

"technologische Chancen und technischer Fortschritt" dargelegt und anschliessend die empirischen Ergebnisse aus der Schweizer Industrie vorgestellt. Eine Zusammenfassung und einige Schlussfolgerungen beschliessen die Arbeit.

2. Technologische Chancen und technischer Fortschritt: Grundsätzliche Überlegungen

Das Angebot an technischen Innovationen auf einem bestimmten Markt hängt, wie gesagt, von den allfälligen Chancen von Innovatoren ab, Zugang zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen zu haben. Und diese Chancen sind nicht nur von Markt zu Markt, sondern auch von Land zu Land verschieden. Innovationen sind mithin dank dem "leichteren" Zugang zu kommerziell verwertbarem technischem Wissen in bestimmten Branchen und Ländern "billiger" zu bewerkstelligen als in anderen. Dies erklärt, zusammen mit den zwei anderen Bestimmungsfaktoren, die unter diesen Wirtschaftseinheiten existierenden und auch empirisch beobachteten Unterschiede in den Raten des technischen Fortschritts, der Totalfaktorproduktivität und des Wirtschaftswachstums.

Als empirisches Faktum sind technologische Chancen zwar allgemein bekannt, als theoretisches Konzept sind sie jedoch in der ökonomischen Literatur von Autor zu Autor unterschiedlich modelliert worden: "... there is no consensus on how to make the concept of technological opportunity precise and empirically operational" (Cohen et al. 1989:1083). Es gibt daher eine verwirrende Anzahl von Operationalisierungsversuchen; einige davon werden im folgenden kurz präsentiert.

Im Rahmen der neo-klassischen Theorie werden die technologischen Chancen als "the set of production possibilities for translating research resources into new techniques of production that employ conventional inputs" definiert (Cohen/Levin 1989:1083). Diese allgemeine Definition wurde von zahlreichen neo-klassischen Autoren zwar theoretisch verfeinert, aber nur in den wenigsten Fällen - wegen Datenmangel und anderen konzeptuellen Problemen - empirisch getestet. So hat Griliches (1979) die technologischen Chancen als "one or more parameters in a production function relating research resources to increments in the stock of knowledge, with the stock of knowledge entering in turn as an argument, along with conventional inputs, in the production for output" operationalisiert. Dasgupta and Stiglitz (1980) haben sie hingegen als "the elasticity of unit cost with respect to R&D spending" verstanden (Cohen/Levin 1989:1083).

Da der Versuch, das Konzept der technologischen Chancen im Rahmen des neo-klassischen Ansatzes der Produktionsfunktion zu operationalisieren, nur einen beschränkten empirischen Nutzen brachte, versuchten andere Autoren, einfachere, aber empirisch "brauchbarere" Operationalisierungen dieses Konzepts zu entwickeln und empirisch zu testen. So hat Scherer z.B. im Rahmen einer empirischen Arbeit Industriebranchen nach ihrer wissenschaftlichen und technologischen Basis (Chemie, Mechanik, Elektronik, usw.) klassifiziert, um die damit verbundenen unterschiedlichen technologischen Chancen zu isolieren. Auf diese Weise konnte er den Einfluss dieser Klassifikation und damit den Einfluss der so definierten technologischen Chancen auf die

Innovationstätigkeit der untersuchten Branchen (gemessen an ihrer Anzahl Patente) statistisch messen. Es hat sich dabei gezeigt, dass interindustrielle Unterschiede in den technologischen Chancen einen wichtigen Teil der Varianz der interindustriellen Innovationsunterschiede "erklären" (Scherer 1965). Dieses Vorgehen wurde von Scherer selbst und von anderen Autoren später verfeinert und empirisch getestet.

Als Ergebnis dieser Bemühungen ist die folgende Erkenntnis gewachsen: Das Konzept "technologische Chancen" kann nicht einfach mit einem einzigen Parameter erfasst und quantitativ gemessen werden, der dann mit anderen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts in einer Regressionsgleichung integriert und anschliessend geschätzt werden kann. Was sich hingegen als fruchtbar erwiesen hat, sind die Ergebnisse zahlreicher empirischer und historischer Untersuchungen, die versucht haben, die Quellen technischer Innovationen an konkreten Fallbeispielen zu identifizieren (siehe v.a. die Arbeiten von Eric von Hippel (1988); für eine Übersicht siehe Dosi (1988) und Cohen/Levin (1989)). Diese Arbeiten haben gezeigt, dass es nicht nur eine einzige homogene, sondern je nach Branche und z.T. je nach Unternehmen mehrere und heterogene Quellen technologischer Chancen gibt. Ein wichtiges Beispiel dieser Arbeiten, das auch für die vorliegende Arbeit von zentraler Bedeutung ist, ist die breit angelegte Untersuchung der Forschergruppe von der Yale-University (siehe Levin et al. 1987). In dieser Untersuchung umfasst der Begriff "technologische Chancen" den Beitrag sowohl marktlicher als auch aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt eines bestimmten Wirtschaftszweiges. Dabei wird die Relevanz der Wissenschaft für den technischen Fortschritt speziell untersucht.

2.1 Allgemeine Quellen des technischen Fortschritts

Moderne, marktwirtschaftlich organisierte Volkswirtschaften haben ein dichtes Network von profitorientierten und nichtprofitorientierten Organisationen entwickelt, die entweder ad hoc (spontan) oder aus historischen Gründen wichtige Aufgaben bei der Produktion und der Diffusion technischen Wissens und Könnens übernommen haben. Dazu schreibt Freeman: "Capitalist institutions have so far proved the most effective in human history in stimulating a flow of technical and organizational innovations and diffusing them through the production system" (Freeman 1991:216).

Organisationen werden in der neuen Institutionenökonomie als Bestandteil des allgemeineren Begriffs von "Institutionen" betrachtet. Obwohl es generell unter den Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlern einen weitgehenden Konsensus über die zentrale Bedeutung von Institutionen für Wirtschaft, Gesellschaft und Politik gibt, bestehen Meinungsdivergenzen darüber, wie dieser Begriff zu definieren ist. Stellvertretend seien hier drei Ansätze kurz vorgestellt, die unterschiedliche Perspektiven einnehmen. North (1991) schlägt eine sehr breite Definition vor, indem er schreibt: "Institutions are the humanly devised constraints that structure political, economic and social interaction. They consist of both informal constraints (sanctions, taboos, customs, traditions, and codes of conduct), and formal rules (constitutions, laws, property rights)." (North 1991:239). Anderswo betont er auch die Bedeutung der Durchsetzungsmechanismen dieser Regeln: "An institution consists, fundamentally, of informal constraints, formal rules and the enforcements of both." (North 1989:239). Hinzu kommt, dass er zwischen "Institutionen"

und "Organisationen" unterscheidet. Wenn erstere, so North, die Gesamtheit aller formellen und informellen Spielregeln einer Gesellschaft bedeuten, so stellen letztere die Summe aller Spieler dar (wie z.B. Unternehmen, Verbände, staatliche Organisationen usw.).

Uphoff (1986:9) ist etwas "bescheidener" und trägt zudem eine eher behavioristische Brille, indem er postuliert: "Institutions are complexes of norms of behavior that persist over time, by serving collectively valued purposes". Schliesslich sehen Dosi und seine Mitarbeiter den "Markt" als die Referenzgrösse und schalten zwei verschiedene, wenn auch komplementäre Definitionen dieses Begriffs vor: "A first, more conventional one comprises non-market, non-profit organisations (governments, public agencies, universities, etc). (...). A second, broader definition - nearer to what one finds in sociology - comprises all forms of organisations, conventions and repeated and established behaviours which are not directly mediated through the market." (Dosi et al. 1988:19). In der vorliegenden Arbeit werde ich der etwas pragmatischeren und aus ökonomischer Sicht sinnvollen Definition von Dosi folgen und mich dabei vor allem der ersten, engeren Definition des Begriffs "Institutionen" (Institutionen = nichtprofitorientierte Organisationen) anschliessen.

Profitorientierte Organisationen wie Institutionen spielen bei der Förderung des technischen Fortschritts generell eine sehr bedeutsame Rolle, auch wenn im konkreten Fall die Art dieser Organisationen und Institutionen und deren jeweilige konkrete Bedeutung für den technischen Fortschritt von wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig und von Land zu Land sehr verschieden sind (zu einer internationalen komparativen Studie siehe Nelson (1992)). Auch analytisch bestehen Differenzen zwischen den einzelnen Autoren über die Frage der Auswahl der jeweils relevanten Organisationen und Institutionen für die Förderung des technischen Fortschritts. Im folgenden werden die Meinungen von drei in diesem Gebiet führenden Forschern kurz präsentiert.

Carlsson versteht unter "the institutional infrastructure of a technological system ... a set of institutional arrangements (both regimes and organizations) which, directly or indirectly, support, stimulate and regulate the process of innovation and diffusion of technology. The range of institutions involved is very wide. The political system, educational system (including universities), patent legislation, institutions regulating labor relations are among many arrangements which can influence the generation, development, transfer, and utilization of technologies. It is convenient to discuss this (institutional) infrastructure under two main headings: (i) the basic economic institutions and the role of government; and (ii) the system of production and distribution of knowledge (the R&D system)." (Carlsson/Stankiewicz 1991:109). Nelson (1989) befasst sich im Rahmen seiner Analyse des amerikanischen Innovationssystems primär mit der Zusammensetzung und den Eigenschaften des nationalen F&E-Systems, mit der Rolle aussermarktlicher Organisationen (z.B. Universitäten), mit der Wirksamkeit von Patenten als Schutzmittel von F&E-Ergebnissen und abschliessend mit der staatlichen F&E-Politik. Schliesslich konzentriert sich Freeman (1988) in seiner Analyse des japanischen Innovationssystems auf die drei folgenden Elemente: (1) die Rolle des Zentralstaates, v.a. des MITI; (2) die Rolle von Technologiekooperationen (speziell von sog. "technology sharing") zwischen japanischen Firmen, v.a. zwischen solchen, die zum Keiretsu-System gehören und schliesslich (3) die Rolle sozialer und erzieherischer Innovationen.

In der vorliegenden Arbeit werde ich in Anlehnung an das Vorgehen des Yale-Forscherteams (Levin et al. 1987) etwas breiter vorgehen und den Beitrag (jeglicher Art: Finanzen, Personal, Informationen usw.) sowohl profitorientierter als auch nichtprofitorientierter Organisationen (Institutionen) zum technischen Fortschritt von Wirtschaftszweigen untersuchen. Die erste Gruppe umfasst die Firmen innerhalb der gleichen Branche (in- und ausländische Konkurrenz), die Materiallieferanten, die Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion, die Lieferanten von Ausrüstungsgütern für F&E und schliesslich die Benutzer der Produkte, während die zweite Gruppe folgende Institutionen einschliesst: 1. die Hochschulforschung, 2. die anderen staatlichen Forschungsinstitutionen, 3. die staatlichen Betriebe und Ämter, 4. die Berufs- und Fachverbände und schliesslich 5. die unabhängigen Erfinder.

2.2 Beitrag der Wissenschaft zum technischen Fortschritt

Die Bedeutung der Wissenschaft für den technischen Fortschritt wird von zahlreichen Autoren, auch unter ökonomischen Gesichtspunkten stark betont. In einem neuen Übersichtsartikel über diesen Fragenkomplex schreibt The Economist: "... governments spend huge amounts of money on science not because they think it adorns their culture as opera does (though the comparison is quite commonly made by scientists); but because ever since a nuclear-fission bomb exploded in the New Mexico desert in 1945 they have been tremendously impressed with the ability of today's scientists to produce new technologies and with the ability of new technologies to produce new industries. Money spent on fundamental research has a rate of return of 28% a year, according to Frank Press of America's National Academy of Sciences, and technical innovation accounts for 44-77% of productivity increases" und weiter: "Charities and Governments pay for science because they believe it leads to technology: cures, machines, counter-measures." (The Economist vom 16/2/91, S.4). Paul David geht noch weiter, indem er schreibt: "It is widely acknowledged that a major factor in the economic development of western Europe during the past two centuries, and in modern economic growth throughout the world, has been the growing dependence upon a quintessentially nonmarket activity -- the organized pursuit of pure scientific knowledge." (David 1991)

Geht man der Frage nach, wie sich das Verhältnis der Wissenschaft zum technischen Fortschritt historisch entwickelt hat, stellt man fest, dass dieses sehr komplex, nicht nur von Land zu Land, sondern auch von Industriezweig zu Industriezweig verschieden war und noch heute ist. Dazu seien zwei Beispiele erwähnt:

- In bestimmten Fällen, z.B. im Falle der Elektrizität, führten wissenschaftliche Entdeckungen - hier im Bereich der theoretischen und experimentellen Physik - zu neuen Technologien und Industrien. Die anfänglich dank den kumulativen Anstrengungen verschiedener Wissenschaftler (Faraday, Maxwell, Hertz und andere) erfolgte Entdeckung der Elektrizität als eine neue Energieform hat zur Entstehung einer neuen Industrie entscheidend beigetragen.

- In anderen Fällen, z.B. in der Chemie, hat sich dieses Verhältnis umgekehrt entwickelt: Anderes als die Elektrizitätswirtschaft, die ja ihre Geburt der Wissenschaft zu verdanken

hat, existiert die chemische Industrie schon seit geraumer Zeit, ist also fast so alt wie die menschliche Zivilisation selbst und war anfänglich keineswegs auf wissenschaftlicher Basis aufgebaut. Erst seit den letzten drei bis vier Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts wurde ein systematischer Stock wissenschaftlicher Erkenntnisse und Techniken entwickelt. Was ursprünglich handwerklich betrieben wurde, ist seither auf aufwendige wissenschaftliche Einrichtungen (z.B. Universitäten) und Forschungslaboratorien (öffentlich und privat) angewiesen geworden. Diese Entwicklung hat noch eine weitere induziert: Die wissenschaftlich-fundiert gewordene Chemie wurde später mit dem Maschinenbau fusioniert, was zur Entstehung der chemischen Verfahrenstechnik (Chemical engineering) geführt hat. Die industrielle Massenproduktion chemischer Produkte ist dadurch möglich geworden.

Beide Beispiele illustrieren, dass Wissenschaft und Technologie in bestimmten Industrien in beiden Richtungen eng miteinander verflochten sind. Diese Verflechtung stellt ein wesentliches Merkmal der Innovationssysteme moderner Industrieländer dar. Wissenschaft ist für den technischen Fortschritt mindestens seit der Erfindung der Dampfmaschine von zentraler Bedeutung geworden. Seither ist dieses Verhältnis immer enger geworden, was u.a. zum folgenden Ergebnis geführt hat: "The closer the interaction between science and technology the more important it becomes for industrial R&D laboratories to find ways to gain selective early access to the results of fundamental research, especially in universities." (Freeman 1991:218). Dennoch wäre es falsch, daraus den Schluss zu ziehen, diese Verflechtung sei allgemeingültig: Es gibt zahlreiche Beispiele aus der Wissenschafts- und Technologiegeschichte, die dokumentieren, dass neue wissenschaftliche Erkenntnisse nicht immer zu technischen Innovationen geführt haben - und vice versa. Dies illustrieren z.T. heute noch die Fälle von Grossbritannien und Japan: "The country with the most Nobel prizes in science per head - Britain - is notoriously slow at commercializing inventions and has been for nearly a century. Japan, to this day, stands as living proof that brilliant technological inventiveness can exist in a country with a lackluster tradition of basic science" (The Economist 16/2/91, S.13)

2.5 Zusammenfassung

Das Angebot an technischen Innovationen hängt u.a. davon ab, ob Erfinder bzw. Innovatoren Zugangschancen zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen haben. Diese technologischen Chancen können - trotz zahlreicher Versuche v.a. seitens neoklassischer Autoren - nicht einfach mit einem einzigen Parameter erfasst und quantitativ gemessen werden, der dann mit anderen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts in einer Regressionsgleichung integriert und anschliessend geschätzt werden kann. Was sich hingegen als fruchtbar erwiesen hat, sind die Ergebnisse zahlreicher empirischer und historischer Untersuchungen, die versucht haben, die Quellen technischer Innovationen an konkreten Fallbeispielen zu identifizieren. Dabei hat sich gezeigt, dass wichtige Beiträge zum technischen Fortschritt sowohl von marktlichen als auch von aussermarktlichen Organisationen (z.B. von der Wissenschaft) geleistet wurden. Die Fragen, wie gross der Beitrag dieser Quellen zum technischen Fortschritt am Beispiel der Schweizer Industrie ist

und ob es diesbezüglich interindustrielle Unterschiede gibt, bilden den Inhalt des nächsten Abschnitts.

3. Technologische Chancen und technischer Fortschritt: Empirische Evidenz aus der Schweizer Industrie

3.1 Daten

Zur empirischen Untersuchung der oben aufgeworfenen Fragen wurde im Sommer 1988 eine mündliche und eine schriftliche Expertenbefragung durchgeführt. Die anvisierte Zielgruppe dieser Befragung bestand aus den Leitern von F&E-Abteilungen ausgewählter Unternehmen, da die Beantwortung des Fragebogens fundiertes Wissen sowohl über die relevanten Technologien als auch über die Marktbedingungen in einem bestimmten Wirtschaftszweig voraussetzte.

Die Grundgesamtheit der Befragung bildeten F&E-Experten aus den 1157 Unternehmen, die in der Erhebung des Schweizerischen Handels- und Industrievereins als "aktiv F&E betreibende Unternehmen" bezeichnet wurden (Schweizerischer Handels- und Industrieverein 1987:11). Aus dieser Grundgesamtheit wurden Experten aus 217 Unternehmen ausgeschieden, welche die deutsche Version des Fragebogens nicht ausfüllen konnten. Diese Unternehmen sind nicht identisch mit allen in der Welschschweiz und im Tessin ansässigen Unternehmen. In die Befragung eingeschlossen wurden nämlich Experten aus diesen Regionen, die über genügende Deutschkenntnisse verfügten. Zudem konnten zahlreiche Welschschweizer und Tessiner Unternehmen indirekt berücksichtigt werden, da sie - je nach Fall - durch jene Filialen oder Muttergesellschaften in der Deutschschweiz vertreten waren, die an der Befragung teilnahmen.

Von den 940 befragten Experten haben 358 oder 38% geantwortet; sie sind in 127 verschiedenen Wirtschaftsarten, wie sie vom Bundesamt für Statistik definiert sind, tätig. Zusätzlich zur schriftlichen Befragung wurden persönliche Interviews mit ausgewählten F&E-Experten geführt. Zwei Ziele wurden dabei verfolgt: Erstens sollte dadurch sichergestellt werden, dass die Antworten von Experten aus wichtigen Wirtschaftszweigen effektiv erhalten werden. Zweitens wurden Vertiefungsgespräche mit diesen Experten geführt, die über den Stoff des Fragebogens hinaus gingen. Die dabei gewonnenen Eindrücke und Erkenntnisse haben sich als sehr hilfreich bei der späteren Auswertung des Datenmaterials erwiesen. Betrachtet man die Branchenstruktur aller (schriftlich und mündlich) befragten Experten gemäss der 2-stelligen Industrieklassifikation, so stammen 38% von ihnen aus der Maschinen- und Metall-, 23% aus der Elektro-, 10% aus der chemischen, 2% aus der Uhren-, 3% aus der Textil- und Bekleidungs-, 6% aus der Nahrungsmittel- sowie 5% aus der Kunststoff- und Papierindustrie, ferner 4% aus dem Bauwesen, 7% aus den technischen Dienstleistungen und 3% aus den privaten Forschungslabors. Für einen Vergleich dieser Zahlen mit der Grundgesamtheit siehe Tab. 1.

Eine weitere wichtige Information über die an der Befragung teilnehmenden Experten ist die F&E-Ausgabenstruktur ihrer Unternehmen. Folgendes Bild hat sich für das Jahr 1986

gezeigt: 55% der antwortenden Unternehmen haben weniger als 1 Mio SFr., 10.5% zwischen 1 und 2 Mio SFr., 10.5% zwischen 2 und 5 Mio SFr., 7% zwischen 5 und 10 Mio SFr., 9% zwischen 10 und 50 Mio SFr. und 8% mehr als 50 Mio SFr. für Forschung und Entwicklung im Jahre 1986 ausgegeben. (Eine ausführliche Beschreibung dieser Befragung ist in Harabi (1991) zu finden.)

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Allgemeine Quellen des technischen Fortschritts

Tabelle 2 fasst die Ergebnisse der Expertenbefragung zur folgenden Frage zusammen: "Evaluieren Sie den Beitrag (jeglicher Art: Finanzen, Personen, Informationen usw.) von jeder der folgenden Quellen für den technischen Fortschritt in Ihrem Wirtschaftszweig seit ungefähr 1970:

1. Firmen innerhalb der gleichen Branche (auch in- und ausländische Konkurrenz)
 2. Matriallieferanten
 3. Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion
 4. Lieferanten von Ausrüstungsgütern für F&E
 5. Benützer der Produkte Ihrer Branche
 6. Hochschulforschung (in- und ausländisch)
 7. Andere staatliche Forschungsinstitutionen
 8. Staatliche Betriebe und Ämter
 9. Berufs- und Fachverbände
 10. Unabhängige Erfinder
 11. Andere Quellen (spezifizieren)."
- (Harabi 1988:18)

Die Bewertungsskala ist 1-7 (1 = kein Beitrag; 4 = mittelmässige Beiträge; 7 = sehr wichtige Beiträge). Die ersten zwei Kolonnen von Tab. 2 geben die ungewichteten Mittelwerte der Antwortnoten der befragten Experten sowie die Standardabweichung (in Klammern) an, während die 3. und 4. Kolonne über die Streuung dieser Mittelwerte informieren. Dabei stehen Q1 für das 1. Quartil (jener Wert, links von welchem 25% (und rechts von welchem 75%) der Gesamtzahl der Werte liegen) und Q3 für das 3. Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75% linkliegende (und 25% rechtsliegende) Werte zerteilt). Dies bedeutet, dass die mittleren 50% aller Antworten zwischen diesen beiden Eckwerten liegen. Die allgemeinen Ergebnisse dieser Tabelle können wie folgt zusammengefasst werden:

Der wichtigste Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige kommt nach Ansicht der befragten Branchenexperten von marktlichen Organisationen. An erster Stelle tragen Unternehmen innerhalb der gleichen Branche zum technischen Fortschritt ihres Wirtschaftszweiges bei. Die durchschnittliche Antwort liegt bei 5 und für die mittleren 50% der untersuchten Wirtschaftsarten ergibt sich eine Note zwischen 4 und 6. An zweiter Stelle kommen die Benützer der Produkte und an dritter Stelle die Lieferanten von

Einsatzmaterial und von Ausrüstungsgütern für die Produktion.

Als relativ unwichtig wird hingegen der Beitrag aussermarktlicher Organisationen (Institutionen) zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige angesehen. Einen geringen Beitrag leisten namentlich die Hochschulforschung und die anderen staatlichen Forschungsinstitutionen, die staatlichen Betriebe und Ämter sowie die Berufs- und Fachverbände. Auch der Beitrag unabhängiger Erfinder wird als unbedeutend erachtet.

Die bisher präsentierten allgemeinen Ergebnisse für die gesamte Industrie dürfen allerdings nicht über die interindustriellen Unterschiede hinwegtäuschen: Der Beitrag von jeder der untersuchten Quellen des technischen Fortschritts variiert von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig. Statistische Tests (Varianzanalyse) zeigen, dass der Beitrag der Materiallieferanten, der Hochschulforschung und der Berufs- und Fachverbände von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart statistisch signifikant verschieden ist (Signifikanzniveau von 0.05). In den übrigen Fällen bestehen zwar interindustrielle Unterschiede, sie sind jedoch nicht statistisch signifikant. Diese Zusammenhänge sollen nun im folgenden für alle marktlichen und aussermarktlichen Organisationen genauer erläutert werden.

3.2.1.1 Beitrag marktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt

Der Beitrag der Firmen innerhalb einer bestimmten Branche (auch in- und ausländische Konkurrenz) zum technischen Fortschritt ihres Wirtschaftszweigs wird von den befragten Experten in allen zehn, in Tab. 3 aufgeführten Wirtschaftszweigen als wichtig erachtet: Eine durchschnittliche Note von (aufgerundet) 5 oder mehr wird erteilt. Vor allem in den Industrien Nahrungsmittel, Elektro, Bauwesen und Chemie ist dieser Beitrag überdurchschnittlich wichtig; in den anderen Industrien ist dies nicht der Fall. Besonders auffallend ist die Bewertungszahl für die Textil- und Bekleidungsindustrie: Mit einer weit unterdurchschnittlichen Note von unter 4 signalisieren die befragten Experten aus dieser Branche, dass Ideen für technische Innovationen nicht aus ihren Reihen, sondern von externen Quellen, v.a. von ihren Lieferanten (siehe unten), kommen.

Auch bezüglich des Beitrags der Benutzer der Produkte einer bestimmten Branche zum technischen Fortschritt ihrer Branche gibt es interindustrielle Unterschiede, auch wenn diese nicht statistisch signifikant sind. Überdurchschnittlich wichtig ist dieser Beitrag in der chemischen, Maschinen- und Metall-, Elektronik-, Kunststoff- und Papierindustrie. Unter den unterdurchschnittlichen Noten fällt v.a. jene des Bauwesens und der Textil- und Bekleidungsindustrie auf: Beide sind nicht nur unter dem Gesamtdurchschnitt der Industrie, sondern auch unter dem Schwellenwert von 4.

Als drittwichtigste Quelle technischer Innovationen werden die Materiallieferanten und die Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion betrachtet. Auch ihr Beitrag variiert von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig. Die Materiallieferanten leisten einen überdurchschnittlichen Beitrag zum technischen Fortschritt der Nahrungsmittel-, der Kunststoff- und Papierindustrie, der Elektro-, der Textil- und Bekleidungsindustrie und des Bauwesens. In den anderen Industrien, v.a. in der Uhrenindustrie und in den technischen Dienstleistungen ist dieser Beitrag praktisch nicht existent (im ersten) bzw. mittelmässig.

(im zweiten Fall). Bei den Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion ergibt sich ein ähnliches Bild (Tab. 3, Kolonne 3).

Von allen profitorientierten Organisationen leisten die Lieferanten von Ausrüstungsgütern für F&E-Aktivitäten den geringsten Beitrag zum technischen Fortschritt der von ihnen belieferten Unternehmen. Er wird nämlich insgesamt (d.h. im Durchschnitt aller befragten Branchenexperten) nur als mittelmässig bewertet. Schlüsselt man jedoch dieses Ergebnis nach einzelnen Wirtschaftszweigen auf, so gilt dieses Urteil nur in den folgenden Industrien: Elektro, Nahrungsmittel und private Forschungslabors; in den übrigen Industrien, v.a. in der Uhrenindustrie, ist er sehr klein.

3.2.1.2 Beitrag aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt

Der Beitrag aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige wird insgesamt, wie bereits erwähnt, als klein, jedenfalls kleiner als jener profitorientierter Organisationen beurteilt. Von allen hier berücksichtigten Institutionen wird einzig der Beitrag der Hochschulforschung als mittelmässig (die durchschnittliche Note ist ungefähr 4), während derjenige der anderen als wesentlich kleiner angesehen (die durchschnittliche Note ist weit unter 4). Analog zu den bereits erwähnten Quellen des technischen Fortschritt bestehen auch hier interindustrielle Unterschiede, wie dies zahlenmässig aus Tab. 4 zu entnehmen ist. Daraus sind folgende Punkte erkennbar:

- Der Beitrag der Hochschulforschung zum technischen Fortschritt wird in fünf (aus zehn) Wirtschaftszweigen als mittelmässig beurteilt: In der Nahrungsmittelindustrie, in der Chemie, in den technischen Dienstleistungen und in der Elektroindustrie.
- Der zweitwichtigste Beitrag (innerhalb dieser Unterkategorie von Organisationen) stammt von den Berufs- und Fachverbänden: Er wird in vier Wirtschaftszweigen - Chemie, Kunststoff und Papier, Bauwesen und technischen Dienstleistungen - als mittelmässig angesehen.
- Der Beitrag anderer staatlicher Forschungsinstitutionen wird hingegen nur in einem einzigen Wirtschaftszweig, nämlich in der Nahrungsmittelindustrie, als mittelmässig beurteilt.
- In keinem der untersuchten Wirtschaftszweige werden schliesslich die Beiträge anderer staatlicher Betriebe und Ämter sowie unabhängiger Erfinder für wichtig gehalten.

Fazit: Es hat sich gezeigt, dass es erstens verschiedene Organisationen gibt, die zum technischen Fortschritt der Schweizer Industrie beitragen, dass ferner der Beitrag marktlicher Organisationen wichtiger ist als derjenige der aussermarktlichen und dass schliesslich diese Beiträge von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig verschieden sind. Dazu gibt Tab. 5 die zwei wichtigsten Quellen technologischer Chancen pro Wirtschaftszweig an. Dieser Befund ist kompatibel mit der Erwartung, dass in einer marktwirtschaftlich organisierten Volkswirtschaft die unmittelbaren Marktteilnehmer den wichtigsten Beitrag zur Entwicklung und Kommerzialisierung ihrer Produkt- und Prozessinnovationen leisten. Es hat sich dennoch herausgestellt, dass aussermarktliche Organisationen, zumindest in einigen Märkten eine nicht zu vernachlässigende Rolle bei

der Förderung des technischen Fortschritts spielen.

3.2.2 Kanäle intraindustrieller Spillover im F&E-Bereich

Wie bereits oben empirisch gezeigt wurde, tragen Unternehmen innerhalb der gleichen Branche am meisten zum technischen Fortschritt ihrer Branche bei. Dies kann allerdings über zwei verschiedene Kanäle stattfinden. Ein erster und offensichtlicher Kanal ist der Marktmechanismus: Firmen innerhalb der gleichen Branche kaufen voneinander Güter und Dienstleistungen, die sie als Inputs für die Bereitstellung ihrer Innovationen heranziehen. Diese Käufe (und Verkäufe) sind normale Markttransaktionen und werfen weder in der Theorie noch in der Praxis des technischen Fortschritts irgendwelche Probleme auf und werden deshalb hier nicht weiter verfolgt. Theoretisch und empirisch interessanter ist hingegen der zweite Kanal: Unternehmen innerhalb der gleichen Branche können ein von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen über Produkt- bzw. Prozessinnovationen erwerben, ohne sich voll an dessen Entstehungskosten zu beteiligen. Dieses Phänomen ist in der Literatur unter dem Namen "F&E-Spillover" bzw. "Externalitäten im F&E-Bereich" bekannt. Dabei wird zwischen intra- und interindustriellen Spillover unterschieden, während sich die erste Kategorie auf Spillover innerhalb eines Wirtschaftszweiges bezieht, weist die zweite, wie im folgenden von Griliches definiert wird, auf solche zwischen den Wirtschaftszweigen hin: "spillovers are ideas borrowed by research teams of industry i from research teams of industry j. It is not clear that this kind of borrowing is particularly related to input purchase flows. The photographic equipment industry and the scientific instruments industry may not buy much from each other but may be, in a sense, working on similar things and hence benefiting much from each other's research." (Griliches 1991:13). Beide Kategorien von Spillover werden in der Theorie des technischen Fortschritts intensiv diskutiert; verschiedene Autoren haben sich mit ihnen sowohl theoretisch als auch empirisch auseinandergesetzt.

Die theoretische Diskussion geht auf Arrow (1962) zurück und wurde v.a. von Spence (1984) und Levin/Reiss (1988) neu aufgegriffen. Ihre Ergebnisse sind allerdings, zumindest im Hinblick auf den Nettoeffekt von F&E-Spillover auf die Innovationsfähigkeit von Unternehmen und Branchen nicht schlüssig. Einerseits kommt Spence auf einen negativen Nettoeffekt, d.h. Unternehmen investieren wegen diesen Externalitäten, die sie aus ihrer Sicht per Saldo als externe Kosten betrachten, weniger in Forschung und Entwicklung und damit weniger in technischen Innovationen. Andererseits zeigen Levin und Reiss in einem erweiterten Spence-Modell das Gegenteil, d.h. eine Erhöhung von F&E-Spillover führt insgesamt, d.h. per Saldo zu einer Erhöhung der technologischen Performance von Unternehmen, die hier mit einer Senkung der Produktionstückkosten gemessen wird.

Nicht weniger kontrovers sind die Ergebnisse der empirischen Literatur. Zahlreiche Autoren haben mit unterschiedlichen Methoden und Datensätzen versucht, beide Kategorien von F&E-Spillover national und international zu messen und sind z.T. zu widersprüchlichen Resultaten gekommen. Als Ergebnis einer umfassenden und kritischen Übersicht dieser Literatur kommt Griliches zum folgenden Schluss: "Taken individually, many of the studies are flawed and subject to a variety of reservations, but the overall

impression remains that R&D spillovers are both prevalent and important" (Griliches 1991).

In der Schweiz sind empirische Ergebnisse zu F&E-Spillover nicht verfügbar. Ein Versuch, diese Forschungslücke teilweise zu füllen, wird im folgenden versucht. Dabei geht es allerdings nicht darum, diese Spillover mit einer einzigen Zahl zu messen, was eine Datenmenge und -qualität voraussetzt, die in der Schweiz nicht vorhanden sind, sondern lediglich qualitativ anzugeben, über welche Kanäle der unbeabsichtigte Wissenstransfer von Innovatoren zu ihren Konkurrenten, der ja mit intraindustriellen F&E-Spillover verbunden ist, am wirksamsten stattfindet. Dazu wurden den Branchenexperten die folgende Frage gestellt: "Mit den folgenden Mitteln 1-7 kann ein Unternehmen von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen über neue oder verbesserte Produkte erwerben. Wie wirksam sind die einzelnen Mittel in Ihrem Wirtschaftszweig?"

1. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie
2. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt
3. Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen
4. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden
5. "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz
6. Produkt erwerben und bezüglich der angewandten Produktionsverfahren analysieren ("reverse engineering")
7. Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigenständige F&E" (Harabi 1988:6-7)

Diese Frage wurde zweimal gestellt, einmal für Produkt- und ein anderes Mal für Prozessinnovationen. Die Bewertungsskala ist 1-7 (1=überhaupt nicht wirksam; 4=mittelmässig wirksam; 7=sehr wirksam).

Als wirksamstes Mittel, ein von der Konkurrenz bereits entwickeltes technisches Wissen über Produkt- und Prozessinnovationen zu erwerben, wird die eigenständige F&E betrachtet (Tab. 6). Diese ist somit nicht nur ein wichtiges Mittel zur Entwicklung eigener Produkt- und Prozessinnovationen von zentraler Bedeutung, sondern auch zur Beobachtung der Konkurrenz und zur Absorbierung neuester technischer Marktkenntnisse. Es wird hier bestätigt, was Cohen und Levinthal (1989) die "two faces of R&D: Innovation and Learning" nannten, oder auch was Heller und L'Eplattenier (Ciba-Geigy) in einer Tagung in Zürich betonten: "der Forschung und Entwicklung in der Industrie ist eine doppelte Aufgabe überbunden: offensichtlich trägt sie im Unternehmen die Verantwortung für den Nachschub an neuen marktgängigen Produkten und den entsprechenden Produktionsverfahren. Die zweite Pflicht aber, die dauernde Erarbeitung und Sicherstellung der für ein Bestehen im Wettbewerb notwendigen zeitgemässen wissenschaftlichen und technologischen Kompetenz, wird manchmal zu wenig ernst genommen." (Heller/L'Eplattenier 1992:42).

Für die zweitwichtigste Lernmethode wird bei Produktinnovationen das sog. "reverse engineering" (Produkt erwerben und analysieren) und bei Prozessinnovationen die

Auswertung von Publikationen und Fachtagungen gehalten. Ausserdem scheint "reverse engineering" zum Erwerb des technischen Wissens über Produktinnovationen wirksamer zu sein als zumjenigen über Prozessinnovationen; bei der zweiten genannten Methode ist es umgekehrt.

Lernmethoden, die auf zwischenmenschlicher Kommunikation basiert sind (Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen, Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden und "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz), werden insgesamt als mittelmässig wirksam angesehen (die Bewertungsnote ist ca. 4). Dabei wird allerdings das "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz nicht besonders hoch angesehen und deshalb auch nicht systematisch praktiziert, auch wenn es als Mittel zum Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens sehr wirksam wäre.

Auffallend "mittelmässig wirksam" bis "unwirksam" werden die Lernmethoden bewertet, die mit Patenten oder sonst mit dem Patentamt in Verbindung stehen - auch wenn dieses Ergebnis durchaus mit dem früher erzielten Ergebnis zur relativen Unwirksamkeit von Patenten als Mittel zur Protektion technischer Innovationen konsistent ist (Harabi 1993). Dass Unternehmen und andere Organisationen nicht immer durch Lizenzverträge ein von der Konkurrenz neu entwickeltes technisches Wissen erwerben wollen, ist aus Kosten/Nutzen-kalkülen verständlich. Dass sie aber die Datenbank und andere entsprechende Dienstleistungen des Bundesamtes für geistiges Eigentum (im folgenden: BAGE) nicht in Anspruch nehmen, ist weniger plausibel. Das BAGE bietet nämlich in bezug auf Informationen und Dokumentationen in Patentsachen folgende Dienstleistungen an: "Einerseits kann sich das Publikum im Lesesaal des BAGE unentgeltlich über den Stand der Technik informieren. Etwa 5 Millionen Patentschriften der wichtigsten Industrieländer sind dort nach Sachgebieten geordnet. Andererseits kann der Technische Informationsdienst TIPAT mit Hilfe der wichtigsten Datenbanken der Welt eine noch breitere Sachrecherche durchführen; dies jedoch gegen eine entsprechende Gebühr. Dies erlaubt, innert kürzester Frist die aktuellsten Informationen über den Stand der Technik zu erhalten." (BAGE-Information 1988:4-5).

Auch die Frage, wie Unternehmen in unterschiedlichen Märkten ein von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen über neue oder verbesserte Produkte bzw. Verfahren am wirksamsten erwerben können, wird von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig unterschiedlich beantwortet. Statistische Tests (z.B. Varianzanalyse) haben ergeben, dass im Falle der Methoden 1, 6 und 7 statistisch signifikante Unterschiede bestehen (Tab. 6). Im Falle der anderen Lernmethoden sind die Unterschiede zwar nicht statistisch signifikant, aber doch industrieökonomisch relevant.

Ein erstes Beispiel, wo quantitativ signifikante interindustrielle Unterschiede in den Antworten vorliegen, ist die Frage, ob durch Lizenzierung der betreffenden Technologie ein Unternehmen von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen (über Produkt- bzw. Prozessinnovation) wirksam erwerben kann. Wie aus Tab. 7 zu entnehmen, ist dieses Mittel in der Textil- und Bekleidungsindustrie, im Bauwesen und in der Kunststoff- und Papierindustrie nicht wirksam, während es in den übrigen Industrien einigermaßen wirksam ist. Interindustrielle Unterschiede gibt es ferner auch im Hinblick auf das 2. Mittel. Auffallend ist hier die Tatsache, dass Patentoffenlegungen beim BAGE lediglich in

der Chemie, in der Maschinen- und Metallindustrie und in den privaten Forschungslabors eine, wenn auch nur mittelmässig wirksame Informationsquelle über den Stand der Technik darstellen.

Was die branchenspezifische Wirksamkeit von auf zwischenmenschlicher Kommunikation basierenden Kanälen zum Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens anbelangt, so werden aus Tab. 8 folgende Muster erkennbar:

- Das Mittel, Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen, wird mit Ausnahme des Bauwesens und der Textil- und Bekleidungsindustrie in allen untersuchten Wirtschaftszweigen als "mittelmässig wirksam" bis "wirksam" beurteilt. Vor allem in den Industriezweigen "private Forschungslabors", "technische Dienstleistungen", "Nahrungsmittel" und "Uhrenindustrie" ist es überdurchschnittlich wirksam.
- Die Methode, Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden, wird nur von Experten aus der chemischen und der Uhrenindustrie als unwirksam erachtet.
- Schliesslich betrachten alle befragten Experten - mit wenigen Ausnahmen - das "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz als ein unwirksames Mittel, um von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen über Produktinnovationen zu erwerben. Der Grund für dieses - wie gesagt - überraschende Ergebnis könnte darin liegen, dass die Befragten zwar dieses Mittel per se als wirksam ansehen, aber es nur selten in Betracht ziehen (wegen der Tradition und den speziellen Bedingungen des schweizerischen Arbeitsmarktes) und deshalb die diesbezügliche Frage mit einer niedrigen Note beantwortet haben. Als interessante Ausnahme sind allerdings die Experten aus den technischen Dienstleistungen zu erwähnen, die diese Frage mit der Note 5 bewertet haben.

Schliesslich sollen auch die interindustriellen Unterschiede bezüglich der Mittel "reverse engineering" und "eigenständige F&E" erläutert werden. Im Hinblick auf das erste Mittel zeigt Tab. 9, dass es v.a. in den drei Wirtschaftszweigen Chemie, technische Dienstleistungen und private Forschungslabors relativ unwirksam, während es in den übrigen Industriezweigen, insbesondere in der Uhren- und Nahrungsmittelindustrie überdurchschnittlich wirksam ist. Demgegenüber sind die branchenspezifischen Unterschiede in bezug auf die Wirksamkeit eigenständiger F&E als Mittel zum Erwerb des technischen Wissensstandes der Konkurrenz viel weniger stark: Mit Ausnahme der Textil- und Bekleidungsindustrie wird sie überall als ein sehr effizientes Mittel angesehen, um die technologischen Trends auf dem Markt zu beobachten und zu absorbieren (Tab. 10).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es verschiedene Mittel zum Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen gibt und dass ihre Wirksamkeit von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig variiert. Dabei haben sich, wie aus Tab. 11 zu entnehmen ist, v.a. "eigenständige F&E" und "reverse engineering" als die zwei wirksamsten Kanäle erwiesen.

Bisher wurden die alternativen Mittel, mittels denen Unternehmen ein von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen über neue oder verbesserte Produkte bzw. Verfahren erwerben kann, einzeln dargestellt und statistisch ausgewertet. Nun stellt sich die Frage, ob

es zwischen diesen Mitteln Abhängigkeiten (bzw. Zusammenhänge) gibt und ob aufgrund dieser Abhängigkeiten allenfalls irgendwelche Muster bzw. Typologien zum Lernverhalten von Unternehmen in unterschiedlichen Märkten konstruiert werden können. Zur Beantwortung dieser Fragen wurden die üblichen Methoden der multivariaten Statistik, insbesondere der Korrelations-, Hauptkomponenten- und Clusteranalyse angewandt.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse werden in Tab. 12 und 13 zusammengefasst und informieren über die Korrelation zwischen den Antworten auf die Fragen zur Wirksamkeit der sieben alternativen Mittel zum Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens, und zwar getrennt nach Produkt- und Prozessinnovationen. Dabei enthält jede der Korrelationsmatrizen die Ergebnisse zweier separater Berechnungen: Die erste wurde auf der Basis der individuellen Antworten der Branchenexperten und die zweite auf der Basis der auf der (Wirtschaftsart) WART-Ebene gruppierten Mittelwerte durchgeführt. Die Resultate können wie folgt interpretiert werden:

1. Sowohl im Bereich von Produkt- als auch von Prozessinnovationen besteht eine statistisch signifikante Korrelation zwischen den beiden ersten Lernmethoden (Variablen T1F1 und T1F2). Dies bedeutet, dass lizenznehmende Unternehmen sich über die betreffende Technologie auch mittels der beim Patentamt offengelegten Dokumente Informieren lassen.
2. Der inhaltlich vermutete Zusammenhang zwischen den auf interpersoneller Ebene basierenden Lernmethoden wird auch statistisch bestätigt: Es existiert eine statistisch signifikante Korrelation zwischen den Methoden T1F3, T1F4 und T1F5.
3. "Reverse engineering" korreliert mit fast allen anderen Mitteln. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Entscheidung darüber, Produkte zu erwerben und zu analysieren, auch auf andere Informationskanäle abgestützt wird.
4. Das Mittel "Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigenständige F&E" korreliert einzig mit "reverse engineering", was auf die bereits erwähnte zweite Funktion von F&E hinweist. Ob Unternehmen ihre eigenen Produkt- und Prozessinnovationen entwickeln oder nicht, brauchen sie dennoch ihre F&E-Abteilungen, um den Markt zu beobachten und von der Konkurrenz zu lernen.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse legen den Schluss nahe, dass die sieben Lernmethoden auf drei Untergruppen reduziert werden können: Die eine Untergruppe würde die patentbezogenen (die ersten zwei Mittel), die zweite die auf zwischenmenschlicher Kommunikation basierenden Mittel sowie das "reverse engineering" und die letzte das Mittel "eigenständige F&E" umfassen. Diese Hypothesen wurden mittels der Hauptkomponenten- und Clusteranalyse weiter untersucht. Die auf der (Wirtschaftsart) WART-Ebene erzielten Resultate werden in Tab. 14 zusammengefasst. Die ersten drei Kolonnen zeigen die den drei Hauptkomponenten zugewiesenen Gewichte, und zwar dann, wenn die Fragen zur Wirksamkeit der alternativen Lernmethoden 1 bis 7 getrennt für Produkt- und Prozessinnovationen ausgewertet werden. Die Kolonnen 4, 5 und 6 berichten hingegen über die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse, bei der diese Trennung nicht gemacht wird. In beiden Fällen zeigen die Ergebnisse (d.h. hier die zugewiesenen Gewichte), dass die sieben Lernmethoden auf drei Dimensionen (Hauptkomponenten) reduziert werden können.

Die erste Dimension wird primär aus den auf interpersoneller Kommunikation basierenden

Lernmethoden sowie aus dem "reverse engineering" extrahiert; v.a. die Mittel 4, 5 und 6 sind hier zentral. Die zweite und dritte Hauptkomponente sind auch eindeutig interpretierbar: Die eine wird aus den zwei ersten "patentbezogenen" Mitteln, während die andere primär aus dem Mittel "eigenständige F&E" und zu einem gewissen Grad auch aus "reverse engineering" extrahiert.

Trotz dieser relativ klaren Interpretation der Ergebnisse, müssen diese mit Vorsicht zur Kenntnis genommen werden. Der Grund hierfür ist die Tatsache, dass die drei Hauptkomponenten im ersten Fall (Kolonnen 1, 2 und 3) nur 60 bis 65% und im zweiten Fall (Kolonnen 4, 5 und 6) nur 60% der kumulativen Varianz "erklären". Eine aus statistischer Sicht völlig befriedigende Reduktion der sieben Mittel auf nur drei Dimensionen ist somit nicht möglich. Deshalb soll die explorative Analyse dieser Resultate auch mittels der Clusteranalyse weitergeführt werden.

Im vorliegenden Fall teilt die Clusteranalyse die 127 zur Verfügung stehenden Wirtschaftsarten aufgrund ihrer durchschnittlichen Antwort auf die Fragen zur Wirksamkeit der sieben Lernmethoden in einzelne Cluster (Klassen) auf. Wie aus Tab. 15 ersichtlich ist, ergeben sich für Produkt- und für Prozessinnovationen drei Cluster. Im Bereich von Prozessinnovationen sind in diesem Cluster fast alle Lernmethoden nicht besonders wirksam; Unternehmen in dieser Cluster verlassen sich vorwiegend auf eigenständige F&E, um den Wissensstand der Konkurrenz zu erwerben. Im zweiten Cluster zeigt sich ein anderes Lernmuster: Hier sind einzig die patentbezogenen Lernmethoden unwirksam, während die restlichen - mit Ausnahme des ohnehin unwirksamen "Abwerbens" von Mitarbeitern von der Konkurrenz - eher wirksam sind. Schliesslich zeichnet sich der dritte Cluster dadurch aus, dass v.a. Lizenzierungen der betreffenden Technologie und eigenständige F&E die zwei wirksamsten Methoden sind, um ein bereits von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen über Prozessinnovationen zu erwerben; die restlichen Methoden sind insgesamt mittelmässig wirksam, jedenfalls viel wirksamer als im ersten, aber doch weniger wirksam als in der zweiten Cluster.

Im Bereich von Produktinnovationen hat sich die Klassenbildung im Hinblick auf den ersten und zweiten Cluster anders als diejenige bei den Prozessinnovationen vollzogen; beim dritten Cluster ist sie hingegen ähnlich ausgefallen. Hier setzt sich die erste Gruppe aus Unternehmen zusammen, die sich beim Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens v.a. auf "reverse engineering" und eigenständige F&E verlassen. Demgegenüber umfasst die zweite Gruppe Unternehmen, welche alle ihnen zur Verfügung stehenden Mittel mit Erfolg einsetzen, um ein von der Konkurrenz erarbeitetes technisches Wissen über Produktinnovationen zu erwerben. Schliesslich unterscheidet sich der dritte Cluster kaum von demjenigen im Bereich von Prozessinnovationen.

3.2.3 Relevanz der Ausbildung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt

Als weitere Quelle des technischen Fortschritts, die hier wegen ihrer Bedeutung ausführlich behandelt wird, ist die Wissenschaft. Dabei wird ihr Beitrag zur Entwicklung und Einführung technischer Innovationen auf zwei Ebenen untersucht. Die erste Ebene

betrifft die Ausbildung in wissenschaftlichen Fächern und die zweite die Forschung in den Grundlagen-, angewandten und Ingenieurwissenschaften. Während die erste Ebene weitgehend die Quantität und Qualität des von Unternehmen und sonstigen Organisationen eingesetzten F&E-Personals bestimmt, sorgt die zweite für eine kontinuierliche Versorgung der innovativen Kräfte von Wirtschaft und Gesellschaft mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen und Problemlösungen und damit für die Entwicklung und Diffusion technischer Innovationen.

Zur empirischen Untersuchung der ersten Ebene wurden den F&E-Experten die Frage vorgelegt: "Geben Sie die Relevanz von jedem der folgenden Gebiete der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften (in der Schweiz und weltweit) für den technischen Fortschritt in Ihrem Wirtschaftszweig in den letzten 10 bis 15 Jahren an.

1. Grundlagenwissenschaften

- a. Biologie
- b. Chemie (Grundlagen)
- c. Geologie
- d. Mathematik
- e. Physik
- f. Informatik (Grundlagen)
- g. Andere (spezifizieren)

2. Angewandte Wissenschaften

- a. Agronomie
- b. Angewandte Mathematik und Operations Research
- c. Informatik (Anwendungen)
- d. Werkstoffwissenschaft
- e. Medizinwissenschaft
- f. Chemie (Anwendungen)
- g. Elektrotechnik
- h. Maschinenbau
- i. Andere (spezifizieren)"
(Harabi 1988:14)

Die Bewertungsskala ist: 1 = nicht relevant; 4 = einigermaßen relevant; 7 = sehr relevant. Die Antworten auf diese Frage sind in den Tabellen 16 und 17 zu finden und können wie folgt zusammengefasst werden:

Von den Grundlagenwissenschaften werden einzig Informatik (Grundlagen) und Physik als einigermaßen relevant für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige angesehen. Die Grundlagen der Chemie gehören auch knapp dazu (Tab.16). Mehr als 50% der befragten Experten gaben den Grundlagen der Informatik und etwa 40% derselben gaben der Physik und Chemie eine Note von 5 und mehr. Die restlichen Fächer werden hingegen als irrelevant eingestuft (Tab. 17).

Insgesamt wird die Relevanz der angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige als grösser angesehen als diejenige der Grundlagenwissenschaften. Insbesondere angewandte Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik, Maschinenbau und angewandte Chemie werden - in dieser Reihenfolge - als wichtig beurteilt. Agronomie, Medizinwissenschaft, angewandte Mathematik und Operations Research werden hingegen als nicht relevant angesehen (Tab. 16 und 17).

Um die Dynamik dieser Quelle des technischen Fortschritts verstehen zu können, wurde den Branchenexperten folgende Frage gestellt: "Geben Sie an, ob die Relevanz von jedem der folgenden Gebiete der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften (in der Schweiz und weltweit) für den technischen Fortschritt in Ihrem Wirtschaftszweig in den letzten 10 bis 15 Jahren ab- oder zugenommen hat oder gleich geblieben ist". Die befragten Gebiete der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften sind die gleichen wie oben (Harabi 1988:15). Die Bewertungsskala ist: 1 = Relevanz abgenommen; 4 = Relevanz gleich geblieben; 7 = Relevanz zugenommen.

Wie aus Tab. 18 ersichtlich wird, hat insbesondere die Relevanz der Grundlagen der Informatik, der Physik und auch der Chemie für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige in den letzten 10 bis 15 Jahren zugenommen, während diejenige der Mathematik und der Biologie gleichgeblieben ist.

Bei den angewandten Wissenschaften hat die Relevanz zahlreicher Disziplinen zugenommen: Angewandte Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik und Maschinenbau haben in den Augen der befragten Experten an Bedeutung für den technischen Fortschritt gewonnen. Es liegt in der Natur technischer Innovationen und der sie tragenden Unternehmen und Märkte, dass die Relevanz einzelner Wissenschaften von Unternehmen zu Unternehmen und von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig verschieden ist. Diese Tatsache wird auch hier durch die durchgeführten statistischen Tests bestätigt, die zeigen, dass die Antworten zur Relevanz einzelner Wissenschaftsgebiete in ihrer überwiegenden Mehrheit von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart statistisch signifikant verschieden sind (Tab. 16 und 18). Um diese Frage für alle Wissenschaftsgebiete und damit auch genauer zu analysieren, wurden zwei Wissenschaftsindikatoren konstruiert. Der eine Indikator wird als "Anzahl wissenschaftlicher Kerngebiete eines Wirtschaftszweiges" (kurz: X-GEBIETE) bezeichnet und ist definiert als die absolute Anzahl jener Gebiete der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften, die von den befragten Experten eines Wirtschaftszweiges eine Note von 5 oder mehr erhalten haben. Er misst sozusagen die wissenschaftliche Tiefe eines bestimmten Wirtschaftszweiges. Da insgesamt 14 Gebiete befragt wurden, ist der Wertebereich dieses Indikators $\{0, 14\}$. Der andere Indikator wird die "Wissenschaftsbasis eines Wirtschaftszweiges" (kurz: WI-BASIS) genannt. Er steht für die Relevanz der gesamten wissenschaftlichen Ausbildung für den technischen Fortschritt eines Wirtschaftszweigs und misst damit dessen wissenschaftliche Breite. Er wird definiert als die Summe der Antwortnoten der 14 Unterfragen der zu Beginn dieses Abschnitts gestellten Frage (Frage III.A im Fragebogen: Harabi 1988:14). Da im ganzen 14 Gebiete zur Verfügung standen und jedes Gebiet eine maximale Note von 7 erhalten kann, ist der Wertebereich dieses Indikators $\{14, 98\}$.

Die Ergebnisse zu beiden Indikatoren sind in Tab. 19 zusammengetragen. Danach ergeben sich bezüglich des ersten Indikators folgende Bemerkungen: 1. von den 14 aufgeführten

Gebieten der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften erweisen sich im Durchschnitt fünf Gebiete als die wissenschaftlichen Kerngebiete, die am meisten zum technischen Fortschritt der schweizerischen Industrie beitragen; 2. von diesem Durchschnitt gibt es erwartungsgemäss gewisse Abweichungen: Eine leicht überdurchschnittliche Anzahl von Kerngebieten verzeichnen private Forschungslabors, Elektroindustrie, technische Dienstleistungen, Nahrungsmittel- Kunststoff- und Papierindustrie; 3. alle anderen Wirtschaftszweige, v.a. die Textil- und Bekleidungsindustrie haben niedrigere Zahlen erhalten.

Die Resultate zum zweiten Indikator zeigen, dass die Uhrenindustrie, die Elektroindustrie und die technischen Dienstleistungen die wissenschaftsintensivsten Wirtschaftszweige der Schweizer Industrie darstellen; alle anderen Wirtschaftszweige sind diesbezüglich unterdurchschnittlich.

3.2.4 Relevanz der Hochschulforschung für den technischen Fortschritt

Der zweite Aspekt, unter welchem der Beitrag der Wissenschaft zum technischen Fortschritt der Schweizer Industrie betrachtet wird, betrifft den Beitrag der Hochschulforschung in den Grundlagen-, angewandten und Ingenieurwissenschaften. Dazu wurden unsere Experten mit der Frage konfrontiert: "Wie relevant war die Hochschulforschung (in der Schweiz und weltweit) in den folgenden Gebieten der Grundlagen-, angewandten und Ingenieurwissenschaften für den technischen Fortschritt in Ihrem Wirtschaftszweig in den letzten 10 bis 15 Jahren?"

1. Grundlagenwissenschaften

- a. Biologie
- b. Chemie (Grundlagen)
- c. Geologie
- d. Mathematik
- e. Physik
- f. Informatik (Grundlagen)
- g. Andere (spezifizieren)

2. Angewandte Wissenschaften

- a. Agronomie
- b. Angewandte Mathematik und Operations Research
- c. Informatik (Anwendungen)
- d. Werkstoffwissenschaft
- e. Medizinwissenschaft
- f. Chemie (Anwendungen)
- g. Elektrotechnik
- h. Maschinenbau
- i. Andere (spezifizieren)

3. Ingenieurwissenschaften

- a. Chemische Verfahrenstechnik
- b. Informatik
- c. Elektrische Energietechnik
- d. Elektronik und Nachrichtentechnik
- e. Maschinenbau
- f. Werkstoffkunde
- g. Andere (spezifizieren)"
(Harabi 1988:16-17)

Die Bewertungsskala ist: 1 = nicht relevant; 4 = einigermaßen relevant; 7 = sehr relevant.

Konsistent mit den Ergebnissen in Abschnitt 3.2.1 wird die Relevanz der Hochschulforschung für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige generell als nicht besonders hoch angesehen.

Von allen Gebieten der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften wird die Hochschulforschung einzig im Gebiet Informatik als relevant und in den Gebieten Werkstoffwissenschaft und Elektrotechnik als einigermaßen relevant bewertet. (Tab 20)

Bei den Ingenieurwissenschaften ist das Bild ähnlich. Die Hochschulforschung wird einzig im Fach Informatik als relevant und in den Fächern Werkstoffkunde, Elektronik und Nachrichtentechnik sowie Maschinenbau als einigermaßen relevant beurteilt (Tab 21).

Wie bei den Ergebnissen zum Beitrag der wissenschaftlichen Ausbildung zum technischen Fortschritt, variieren auch hier die Antworten von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig und sind in der überwiegenden Mehrheit der Fälle statistisch signifikant verschieden (Tab. 20 und 21).

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, die Frage nach den technologischen Chancen - d.h. nach den Chancen von Innovatoren, Zugang zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen zu haben - anhand schweizerischer Daten empirisch zu untersuchen. Dabei wurde dieser zentrale angebotsseitige Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts nicht nur generell für die gesamte Industrie, sondern auch im Hinblick auf interindustrielle Unterschiede untersucht. Die Analyse basierte auf einer im Sommer 1988 durchgeführten schriftlichen und mündlichen Expertenbefragung in der Schweizer Industrie. Von den 940 befragten Experten (vorwiegend F&E-Leitern ausgewählter Unternehmen) haben 358 oder ca. 40% geantwortet; sie waren in 127 verschiedenen Wirtschaftsarten tätig. Die wichtigsten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- 1 Der wichtigste Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige kommt von marktlichen Organisationen. An erster Stelle tragen Unternehmen innerhalb der gleichen Branche

zum technischen Fortschritt ihres Wirtschaftszweiges bei, an zweiter Stelle kommen die Benutzer der Produkte und an dritter Stelle die Lieferanten von Einsatzmaterial und von Ausrüstungsgütern für die Produktion.

2. Als relativ unwichtig wird hingegen der Beitrag aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt angesehen. Einen geringen Beitrag leisten namentlich die Hochschulforschung und die anderen staatlichen Forschungsinstitutionen, die staatlichen Betriebe und Ämter sowie die Berufs- und Fachverbände. Auch der Beitrag unabhängiger Erfinder wird als unbedeutend erachtet.
3. Sowohl die Beiträge marktlicher als auch aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige sind von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig verschieden.
4. Intraindustrielle F&E-Spillover - d.h. unbeabsichtigter Wissenstransfer seitens F&E-Teams einer Unternehmung an ihre Konkurrenten von der gleichen Branche - tragen auch zum technischen Fortschritt eines bestimmten Wirtschaftszweigs bei. Das dabei wirksamste Mittel, ein von der Konkurrenz bereits entwickeltes technisches Wissen über Produkt- und Prozessinnovationen zu erwerben, ist die eigenständige F&E. Das zweitwichtigste ist bei Produktinnovationen das sog. "reverse engineering" (Produkt erwerben und analysieren), bei Prozessinnovationen die Auswertung von Publikationen und Fachtagungen.
5. Hingegen werden die anderen Mittel (Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen, Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden und "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz, Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie und Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt) insgesamt als mittelmässig wirksam angesehen.
6. Interindustrielle Unterschiede bestehen auch im Hinblick auf die Wirksamkeit der untersuchten Mittel zum Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen.
7. Die alternativen Mittel zum Erwerb eines von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen können auf der Basis multivariater statistischer Verfahren in drei Untergruppen unterteilt werden. Die eine Untergruppe würde die auf interpersoneller Kommunikation basierenden Lernmethoden (Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen, Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden und "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz) sowie das "reverse engineering", die zweite die "patentbezogenen" Mittel (Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie und Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt) und die letzte primär das Mittel "eigenständige F&E" und zu einem gewissen Grad auch "reverse engineering" umfassen.
8. Schliesslich trägt auch die Wissenschaft zum technischen Fortschritt bei, und zwar

sowohl auf der Ebene der Ausbildung als auch der Forschung. Vor allem die Ausbildung in den Fächern Physik, Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik, Maschinenbau und angewandte Chemie wird im schweizerischen Kontext als relevant angesehen.

9. Generell wird die Relevanz der in- und ausländischen Hochschulforschung für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige nicht als besonders hoch bewertet. In einzelnen Wissenschaftsgebieten - wie Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik usw. - ist die Hochschulforschung für den technischen Fortschritt hingegen relevant.
10. Wie bei den anderen Quellen des technischen Fortschritts, variiert auch der Beitrag der Wissenschaft von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig: Die Uhrenindustrie, die Elektroindustrie und die technischen Dienstleistungen stellen die wissenschaftsintensivsten Wirtschaftszweige der Schweizer Industrie dar, während alle anderen Wirtschaftszweige diesbezüglich unterdurchschnittlich sind.

Die hier empirisch erzielten Ergebnisse sind sowohl für den Staat als auch für die Unternehmen relevant. Sie zeigen für beide Akteure, welche institutionelle Aspekte des Innovationsprozesses aus der Sicht der befragten Branchenexperten besonders relevant sind. Zur Förderung des technischen Fortschritts, falls erwünscht, sind besonders wichtig die Ergebnisse zu den Quellen des technischen Fortschritts, zur Relevanz der Ausbildung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften und der Hochschulforschung. Die weisen darauf hin, in welchen Gebieten eine solche Politik ansetzen könnte. Danach soll zusätzlich zu den allgemeinen Förderungsmassnahmen im Technologiebereich vermehrt versucht werden, die institutionelle Infrastruktur des technischen Fortschritts zu stärken. Dazu gehören: 1.) Förderung von Kooperationen im F&E-Bereich zwischen Produzenten und Produktbenützern und zwischen den ersteren und Lieferanten von Einsatzmaterial, Ausrüstungsgütern usw.; 2.) Förderung von Kooperationen zwischen den Institutionen der Grundlagen- und solchen der angewandten Forschung und zwischen diesen und der industriellen F&E, und zwar in jenen Wissenschafts- und Technologiegebieten, die den höchsten Beitrag bzw. die höchste Relevanz für den technischen Fortschritt aufweisen. Bei all diesen Massnahmen muss beachtet werden, dass diese von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig verschieden sein sollen; wie empirisch gezeigt wurde, bestehen bezüglich der Natur, der Mechanismen und der Institutionen des technischen Fortschritts wichtige interindustrielle Unterschiede.

Die empirischen Resultate dieser Studie bestätigen schliesslich die theoretischen Schlussfolgerungen von neueren Entwicklungen in der Theorie des technischen Fortschritts, wie sie im folgenden von Tosenberg zusammengefasst werden: "In addition to nourishing the supply side in a broader range of areas, intelligent policies must be directed at institutional aspects of the innovation process, working to encourage the interaction of users and producers, as well as the iterative interactions between more basic and applied research enterprises. (...). Useful policies would be those directed at the provision of information, from basic research institutions in the noncommercial sector to private firms and laboratories, as well as from users to producers concerning desired products and characteristics" (Rosenberg 1982:237-238)

FUSSNOTEN

1. Andere ausgezeichnete Übersichten über dieses Thema sind zu finden in: Schankerman (1979. Kapitel 5), Mohnen (1990), Huffman and Evenson (1991), Mairesse und Mohnen (1990), Mairesse und Sassenou (1991).

Tabelle 1: Branchenstruktur der befragten Branchenexperten (n = 358), verglichen mit der Grundgesamtheit (N = 1157), absolut und in %,

Wirtschaftszweige	Stichprobe		Grundgesamtheit	
	Absolut	in %	Absolut	in %
Maschinen- und Metallindustrie	136	37.7	413	35.7
Elektroindustrie	83	23.2	208	18.0
Chemische Industrie	35	9.8	109	9.4
Uhrenindustrie	6	1.7	32	2.8
Textil- und Bekleidungsindustrie	11	3.1	46	4.0
Nahrungsmittel	21	5.9	53	4.6
Kunststoff- und Papierindustrie	17	4.7	53	4.6
Bauwesen	15	4.2	82	7.1
Technische Dienstleistungen	24	6.7	133	11.5
Private Forschungslabors	10	2.8	28	2.4
Total	358	100.0	1157	100.0

Tabelle 2: Beitrag (jeglicher Art: Finanzen, Personen, Informationen usw.) von jeder der folgenden Quellen zum technischen Fortschritt (1=kein Beitrag; 7=sehr wichtige Beiträge)

	Arithmetisches Mittel		Q1(25%)-Q3(75%)
1. Firmen innerhalb der gleichen Branche (auch in- und ausländische Konkurrenz)	5.02	(0.09)	4.00 - 7.00
2. Materiallieferanten	4.46*	(0.09)	3.00 - 6.00
3. Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion	4.45	(0.09)	3.00 - 6.00
4. Lieferanten von Ausrüstungsgütern für F&E	3.84	(0.09)	3.00 - 5.00
5. Benützer der Produkte der gleichen Branche	4.85	(0.09)	3.00 - 6.00
6. Hochschulforschung (in- und ausländisch)	3.60*	(0.09)	2.00 - 5.00
7. Andere staatliche Forschungsinstitutionen	2.90	(0.09)	1.00 - 4.00
8. Staatliche Betriebe und Ämter	2.17	(0.08)	1.00 - 3.00
9. Berufs- und Fachverbände	3.09*	(0.08)	2.00 - 4.00
10. Unabhängige Erfinder	2.71	(0.09)	1.00 - 4.00

* Die Antworten auf diese Frage sich von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikanzniveau: 0.05)

Q1: Das erste Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 25% linksliegende (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Q3: Das dritte Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75% linksliegende (und 25% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Tabelle 3: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von marktlichen Organisationen zum technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen (1=kein Beitrag; 7 =sehr wichtige Beiträge)

Wirtschaftszweige	T3E1	T3E2	T3E3	T3E4	T3E5
Maschinen- und Metallindustrie	4.83	4.27	4.38	3.60	5.03
Elektroindustrie	5.44	4.87	4.59	4.34	5.03
Chemische Industrie	5.02	4.14	3.94	3.55	5.05
Uhrenindustrie	4.33	2.80	4.00	2.67	4.80
Textil- und Bekleidungsindustrie	3.81	4.72	5.18	3.81	3.90
Nahrungsmittel	5.52	5.25	5.14	4.40	4.40
Kunststoff- und Papierindustrie	5.00	4.88	4.94	3.62	4.88
Bauwesen	5.28	4.64	5.07	3.57	3.76
Technische Dienstleistungen	4.91	3.77	3.52	3.90	4.66
Private Forschungslabors	4.30	4.10	3.90	4.00	4.40
Gesamtdurchschnitt	5.02	4.46	4.45	3.84	4.85

T3E1: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von Firmen innerhalb der gleichen Branche (auch in- und ausländische Konkurrenz) zum technischen Fortschritt

T3E2: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von Materiallieferanten zum technischen Fortschritt

T3E3: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion zum technischen Fortschritt

T3E4: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von Lieferanten von Ausrüstungsgütern für F&E zum technischen Fortschritt

T3E5: Beitrag jeglicher Art (Finanzen Personen, Informationen usw.) von Benützern der Produkte zum technischen Fortschritt

Tabelle 4: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von aussermarktlichen Organisationen zum technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen (1=kein Beitrag; 7=sehr wichtige Beiträge)

Wirtschaftszweige	T3E6	T3E7	T3E8	T3E9	T3E10
Maschinen- und Metallindustrie	3.50	2.86	1.96	2.80	2.77
Elektroindustrie	3.68	2.82	2.48	2.76	2.50
Chemische Industrie	3.97	3.22	2.42	3.67	2.57
Uhrenindustrie	3.00	2.40	1.80	2.60	3.40
Textil- und Bekleidungsindustrie	2.63	2.54	1.81	3.27	2.18
Nahrungsmittel	4.28	3.90	2.38	3.23	3.23
Kunststoff und Papierindustrie	3.41	2.50	2.25	4.05	2.25
Bauwesen	2.85	1.92	1.50	4.07	2.85
Technische Dienstleistungen	3.87	2.81	2.08	3.26	3.23
Private Forschungslabors	3.40	2.90	2.80	4.00	2.70
Gesamtdurchschnitt	3.60	2.90	2.17	3.09	2.71

T3E6: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) der in- und ausländischen Hochschulforschung zum technischen Fortschritt

T3E7: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) anderer staatlicher Forschungsinstitutionen zum technischen Fortschritt

T3E8: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) staatlicher Betriebe und Ämter zum technischen Fortschritt

T3E9: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von Berufs- und Fachverbänden zum technischen Fortschritt

T3E10: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von unabhängigen Erfindern zum technischen Fortschritt

Tabelle: 5: Liste der zwei wichtigsten Quellen für den technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweige	1. Quelle	2. Quelle
Maschinen- und Metallindustrie	Produktbenützer	Konkurrenz
Elektroindustrie	Konkurrenz	Produktbenützer
Chemische Industrie	Produktbenützer	Konkurrenz
Uhrenindustrie	Produktbenützer	Konkurrenz
Textil- und Bekleidungsindustrie	Lieferant von Ausrüstungsgütern	Materiallieferant
Nahrungsmittel	Konkurrenz	Materiallieferant
Kunststoff- und Papierindustrie	Konkurrenz	Lieferant von Ausrüstungsgütern
Bauwesen	Konkurrenz	Lieferant von Ausrüstungsgütern
Technische Dienstleistungen	Konkurrenz	Produktbenützer
Private Forschungslabors	Produktbenützer	Konkurrenz

Tabelle 6: Wirksamkeit alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen (1=überhaupt nicht wirksam; 7=sehr wirksam). Wirtschaftsarten (n=127)

		Arithmetisches Mittel		Q1(25%)-Q3(75%)	
		Verfahren	Produkte	Verfahren	Produkte
1.	Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie	3.83* (0.14)	3.92* (0.14)	2.7 - 5.0	2.5 - 5.0
2.	Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt	3.42 (0.13)	3.54 (0.13)	2.7 - 4.0	2.5 - 4.5
3.	Wissen erwerben durch Publikationen u. öffentl. Fachtagungen	4.58 (0.11)	4.42 (0.12)	4.0 - 5.3	4.0 - 5.0
4.	Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern der Firmen, in denen neue Technologien entwickelt werden	4.40 (0.12)	4.24 (0.12)	3.5 - 5.0	3.0 - 5.0
5.	"Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz	3.62 (0.14)	3.67 (0.14)	2.5 - 4.7	2.8 - 4.8
6.	Produkt erwerben und analysieren ("reserve engineering")	4.20 (0.14)	4.60* (0.15)	3.0 - 5.0	3.5 - 6.0
7.	Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigenständige F&E	5.18* (0.13)	5.30* (0.13)	4.3 - 6.0	5.0 - 6.3

* Die Antworten auf diese Fragen sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikanzniveau: 0.05)

Q1: Das erste Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 25% linksliegende (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Q3: Das dritte Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75% linksliegende (und 25% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Tabelle 7: Wirksamkeit von Lizenzierungen und Patentoffenlegungen als Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen (1=überhaupt nicht wirksam; 7=sehr wirksam).
Wirtschaftsarten (n=127)

Wirtschaftszweige	T1F1	T1F2
Maschinen- und Metallindustrie	4.30 (1.9)	3.90 (1.5)
Elektroindustrie	4.02 (1.7)	3.73 (1.7)
Chemische Industrie	4.51 (1.6)	4.26 (1.3)
Uhrenindustrie	4.20 (2.0)	3.40 (1.3)
Textil- und Bekleidungsindustrie	2.81 (1.5)	3.40 (1.7)
Nahrungsmittel	4.70 (1.7)	3.40 (1.8)
Kunststoff- und Papierindustrie	3.52 (2.0)	3.40 (1.8)
Bauwesen	3.10 (1.7)	2.90 (1.3)
Technische Dienstleistungen	4.30 (1.7)	3.40 (2.0)
Private Forschungslabors	4.40 (1.7)	3.75 (1.7)
Gesamtdurchschnitt	3.93 (1.6)	3.54 (1.4)

T1F1: Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie

T1F2: Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt

Tabelle 8: Wirksamkeit von auf zwischenmenschlicher Kommunikation basierenden Mitteln zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen (1=überhaupt nicht wirksam; 7=sehr wirksam).
Wirtschaftsarten (n=127)

Wirtschaftszweige	T1F3	T1F4	T1F5
Maschinen- und Metallindustrie	4.43 (1.5)	4.40 (1.7)	4.00 (2.0)
Elektroindustrie	4.50 (1.4)	4.60 (1.5)	4.22 (1.9)
Chemische Industrie	4.40 (1.4)	3.70 (1.5)	3.30 (1.6)
Uhrenindustrie	5.00 (0.7)	3.20 (1.5)	3.00 (1.6)
Textil- und Bekleidungsindustrie	4.00 (1.4)	4.30 (1.8)	2.60 (1.5)
Nahrungsmittel	5.25 (1.5)	4.70 (1.6)	3.50 (1.9)
Kunststoff- und Papierindustrie	4.20 (1.1)	4.70 (1.8)	4.20 (1.8)
Bauwesen	3.70 (1.5)	4.20 (1.6)	4.00 (1.9)
Technische Dienstleistungen	5.00 (1.5)	4.50 (1.2)	5.00 (1.6)
Private Forschungslabors	5.33 (1.9)	4.50 (2.0)	3.75 (2.2)
Gesamtdurchschnitt	4.50 (1.3)	4.30 (1.4)	3.70 (1.6)

T1F3: Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen

T1F4: Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden

T1F5: "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz

Tabelle 9: Wirksamkeit von "reverse engineering" als Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen (1=überhaupt nicht wirksam; 7=sehr wirksam). Wirtschaftsarten (n=127)

Wirtschaftszweige	Verfahren		Produkte	
	AM*	S**	AM*	S**
Maschinen- und Metallindustrie	4.00	1.8	4.50	1.7
Elektroindustrie	4.33	1.6	4.80	1.6
Chemische Industrie	3.63	1.7	3.90	1.9
Uhrenindustrie	5.50	1.2	6.20	1.0
Textil- und Bekleidungsindustrie	4.50	1.9	4.70	1.9
Nahrungsmittel	5.00	1.5	5.25	1.6
Kunststoff- und Papierindustrie	4.60	1.7	4.70	1.6
Bauwesen	4.14	2.2	4.60	2.2
Technische Dienstleistungen	3.70	1.9	4.00	1.6
Private Forschungslabors	3.44	2.4	3.50	2.3
Gesamtdurchschnitt	4.20	1.6	4.60	1.6

* Arithmetisches Mittel

** Standardabweichung

Tabelle 10: Wirksamkeit eigenständiger F&E als Mittel zum Erwerb des technischen Wissensstandes der Konkurrenz über Prozess- bzw. Produktinnovationen (1=überhaupt nicht wirksam; 7=sehr wirksam), Wirtschaftsarten (n=127)

Wirtschaftszweige	Verfahren		Produkte	
	AM*	S**	AM*	S**
Maschinen- und Metallindustrie	5.3	1.4	5.6	1.3
Elektroindustrie	5.6	1.1	5.8	1.1
Chemische Industrie	5.4	1.4	5.3	1.6
Uhrenindustrie	5.3	1.6	5.3	1.6
Textil- und Bekleidungsindustrie	4.2	1.5	4.5	1.9
Nahrungsmittel	5.7	1.6	6.0	1.5
Kunststoff- und Papierindustrie	4.9	2.0	5.0	1.9
Bauwesen	4.8	1.7	5.0	1.7
Technische Dienstleistungen	4.9	2.0	5.4	1.7
Private Forschungslabors	5.4	2.5	5.5	1.8
Gesamtdurchschnitt	5.2	1.4	5.3	1.4

* Arithmetisches Mittel

** Standardabweichung

Tabelle 11: Liste der zwei wichtigsten Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen in 10 Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweige	1. Quelle	2. Quelle
Maschinen- und Metallindustrie	Eigene F&E	Reverse Engineering
Elektroindustrie	Eigene F&E	Reverse Engineering
Chemische Industrie	Eigene F&E	Lizenzen
Uhrenindustrie	Reverse Engineering	Eigene F&E
Textil- und Bekleidungsindustrie	Reverse Engineering	Gespräche mit der Konkurrenz
Nahrungsmittel	Eigene F&E	Publikationen und Tagungen
Kunststoff- und Papierindustrie	Eigene F&E	Gespräche mit der Konkurrenz
Bauwesen	Eigene F&E	Reverse Engineering
Technische Dienstleistungen	Eigene F&E	"Abwerben" von der Konkurrenz
Private Forschungslabors	Eigene F&E	Publikationen und Tagungen

Tabelle 12: Korrelationsmatrix alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen. Erste Zahl betrifft individuelle Daten der Befragten (n=358), die zweite Zahl betrifft auf der Ebene der Wirtschaftsarten gruppierte Daten (n =127)

		IF.1	IF.2	IF.3	IF.4	IF.5	IF.6	IF.7
IF.1	Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie	1.00/ 1.00						
IF.2	Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt	0.31*/ 0.39*/	1.00/ 1.00					
IF.3	Wissen erwerben durch Publikationen u. öffentl. Fachtagungen	0.08/ 0.16	0.34*/ 0.40*	1.00 1.00				
IF.4	Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern der Firmen, in denen neue Technologien entwickelt werden	0.03/ 0.09	0.25*/ 0.25*	0.30*/ 0.47*	1.00/ 1.00			
IF.5	"Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz	0.24*/ 0.15	0.10/ 0.10	-0.02/ 0.15	0.38*/ 0.34*	1.00/ 1.00		
IF.6	Produkt erwerben und analysieren ("reverse engineering")	0.09/ -0.04	0.22*/ 0.14	0.14*/ 0.32*	0.26*/ 0.31*	0.32*/ 0.30*	1.00/ 1.00	
IF.7	Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigenständige F&E	0.04/ 0.17	0.01/ 0.06	0.10/ 0.14	0.05/ 0.15	0.03/ 0.11	0.18*/ 0.29*	1.00/ 1.00

* signifikant auf dem 0.01-Niveau

Tabelle 13: Korrelationsmatrix alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozessinnovationen. Erste Zahl betrifft individuelle Daten der Befragten (n=358), die zweite Zahl betrifft auf der Ebene der Wirtschaftsarten gruppierte Daten (n=127)

		IF.1	IF.2	IF.3	IF.4	IF.5	IF.6	IF.7
IF.1	Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie	1.00/ 1.00						
IF.2	Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt	0.34*/ 0.39*	1.00 1.00					
IF.3	Wissen erwerben durch Publikationen u. öffentl. Fachtagungen	0.12/ 0.09	0.30*/ 0.24*	1.00 1.00				
IF.4	Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern der Firmen, in denen neue Technologien entwickelt werden	0.04/ 0.06	0.23*/ 0.26*	0.27*/ 0.32*	1.00/ 1.00			
IF.5	"Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz	0.27*/ 0.17	0.17*/ 0.17	0.06/ 0.10	0.34*/ 0.27*	1.00/ 1.00		
IF.6	Produkt erwerben und analysieren ("reverse engineering")	0.03/ -0.05	0.14* 0.20	0.14/ 0.27*	0.25*/ 0.22	0.29*/ 0.30*	1.00 1.00	
IF.7	Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigenständige F&E	0.01/ 0.13	0.01/ 0.06	0.02/ 0.20	0.07/ 0.07	-0.01/ 0.05	0.14/ 0.23*	1.00/ 1.00

* signifikant auf dem 0.01-Niveau

Tabelle 14: Hauptkomponentenanalyse der alternativen Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen. Wirtschaftsarten (n=127)

	Verfahren/Produkte getrennt			Verfahren/Produkte zusammen		
	Koeffizienten der 1. bzw. 2. bzw. 3. Hauptkomponente			Koeffizienten der 1. bzw. 2. bzw. 3. Hauptkomponente		
Neue Verfahren						
1. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie	-0.06	0.89	0.07	-0.07	0.84	0.18
2. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt	0.33	0.72	0.05	0.39	0.70	-0.09
3. Wissen erwerben durch Publikationen u. öffentl. Fachtagungen	0.48	0.11	0.43	0.56	0.14	0.07
4. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern der Firmen, in denen neue Technologien entwickelt werden	0.71	0.12	0.04	0.63	0.09	-0.01
5. "Abwerben" von F&E- Mitarbeitern von der Konkurrenz	0.66	0.19	-0.21	0.56	0.11	-0.02
6. Produkt erwerben und analysieren ("reverse engineering")	0.65	-0.13	0.38	0.66	-0.14	0.36
7. Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigen- ständige F&E	-0.04	0.09	0.89	0.07	0.05	0.89
Erklärte kumulative Varianz	0.25	0.45	0.61	-	-	-

Zu Tabelle 14: (Fortsetzung)

	Verfahren/Produkte getrennt Koeffizienten der 1. bzw. 2. bzw. 3. Hauptkomponente			Verfahren/Produkte zusammen Koeffizienten der 1. bzw. 2. bzw. 3. Hauptkomponente		
Neue Produkte						
1. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie	-0.11	0.89	0.27	-0.04	0.85	0.13
2. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt	0.25	0.79	-0.10	0.30	0.70	-0.12
3. Wissen erwerben durch Publikationen u. öffentl. Fachtagungen	0.63	0.43	-0.17	0.59	0.33	0.01
4. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern der Firmen, in denen neue Technologien entwickelt werden	0.77	0.18	-0.08	0.72	0.14	0.00
5. "Abwerben" von F&E- Mitarbeitern von der Konkurrenz	0.58	0.02	0.19	0.60	0.05	0.01
6. Produkt erwerben und analysieren ("reverse engineering")	0.70	-0.14	0.32	0.70	-0.16	0.30
7. Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigen- ständige F&E	0.14	0.09	0.90	0.10	0.09	0.92
Erklärte kumulative Varianz	0.27	0.49	0.64	0.24	0.43	0.57

Tabelle 15: Cluster von Wirtschaftsarten (n=127) aufgrund der Wirksamkeit alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen

	CLUSTER-NUMMER		
	1	2	3
Neue Verfahren			
Anzahl Wirtschaftsarten in jedem Cluster	46	47	31
Mittelwert in jedem Cluster:			
1. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie	3.34	3.39	5.20
2. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt	2.49	3.70	4.31
3. Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen	3.96	5.20	4.61
4. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern der Firmen, in denen neuen Technologien entwickelt werden	3.55	5.05	4.62
5. "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz	2.61	4.00	4.61
6. Produkt erwerben und analysieren ("reverse engineering")	3.20	5.50	3.64
7. Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigenständige F&E	4.61	5.60	5.40
Neue Produkte			
Anzahl Wirtschaftsarten in jedem Cluster	75	14	36
Mittelwert in jedem Cluster:			
1. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie	3.25	5.28	4.77
2. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt	3.48	4.81	3.16
3. Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen	4.37	5.71	4.00
4. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern der Firmen, in denen neuen Technologien entwickelt werden	4.05	6.22	3.84
5. "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von	3.09	5.19	4.28

der Konkurrenz			
6. Produkt erwerben und analysieren ("reverse engineering")	4.78	5.63	3.73
7. Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigenständige F&E	5.05	5.30	5.83

Tabelle 16: Relevanz der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der befragten Wirtschaftszweige in den letzten 10 bis 15 Jahren (1= nicht relevant; 7 = sehr relevant)

	Arithmetisches Mittel	Q1(25%)-Q3(75%)
1. Grundlagenwissenschaften		
a. Biologie	2.40* (0.11)	1.00-4.00
b. Chemie (Grundlagen)	3.75* (0.11)	2.00-5.00
c. Geologie	1.50* (0.07)	1.00-1.00
d. Mathematik	2.96 (0.10)	1.00-4.00
e. Physik	4.1 (0.11)	2.00-6.00
f. Informatik (Grundlagen)	4.4 * (0.12)	3.00-6.00
2. Angewandte Wissenschaften		
a. Agronomie	1.83* (0.10)	1.00-2.00
b. Angewandte Mathematik und Operations Research	3.30 (0.10)	1.00-5.00
c. Informatik (Anwendungen)	5.01* (0.10)	4.00-7.00
d. Werkstoffwissenschaft	4.97* (0.10)	4.00-6.00
e. Medizinwissenschaft	2.05* (0.10)	1.00-2.00
f. Chemie (Anwendungen)	4.21* (0.11)	3.00-6.00

g. Elektrotechnik	4.80* (0.11)	3.00-7.00
h. Maschinenbau	4.74* (0.10)	3.00-6.00

* Die Antworten auf diese Frage sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikanzniveau: 0.05)

Q1: Das erste Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 25% linksliegende (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Q3: Das dritte Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75% linksliegende (und 25% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Tabelle 17: Anzahl Branchenexperten, die einem bestimmten Gebiet der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften eine Note von 5 oder mehr zugeteilt haben (1=nicht relevant für den eigenen technischen Fortschritt; 7=sehr relevant für den eigenen technischen Fortschritt), in %.

	in %
1. Grundlagenwissenschaften	
a. Biologie	19.6
b. Chemie (Grundlagen)	37.1
c. Geologie	3.5
d. Mathematik	23.1
e. Physik	42.9
f. Informatik (Grundlagen)	50.9
2. Angewandte Wissenschaften	
a. Agronomie	10.2
b. Angewandte Mathematik und Operations Research	29.0
c. Informatik (Anwendungen)	68.2
d. Werkstoffwissenschaft	65.5
e. Medizinwissenschaft	11.7
f. Chemie (Anwendungen)	48.9
g. Elektrotechnik	60.4
h. Maschinenbau	58.0

Tabelle 18: Veränderung der Relevanz der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der befragten Wirtschaftszweige in den letzten 10 bis 15 Jahren (1= Relevanz abgenommen; 4 = Relevanz gleichgeblieben; 7 = Relevanz zugenommen)

	Arithmetisches Mittel	Q1(25%)-Q3(75%)
1. Grundlagenwissenschaften		
a. Biologie	4.27* (0.10)	4.00-5.00
b. Chemie (Grundlagen)	4.51 (0.08)	4.00-5.00
c. Geologie	3.54 (0.07)	4.00-4.00
d. Mathematik	4.18* (0.07)	4.00-5.00
e. Physik	4.70 (0.08)	4.00-6.00
f. Informatik (Grundlagen)	5.70 (0.08)	5.00-7.00
2. Angewandte Wissenschaften		
a. Agronomie	3.75* (0.08)	4.00-4.00
b. Angewandte Mathematik und Operations Research	4.50* (0.08)	4.00-5.00
c. Informatik (Anwendungen)	5.92 (0.07)	5.00-7.00
d. Werkstoffwissenschaft	5.43* (0.07)	4.00-6.5
e. Medizinwissenschaft	3.94* (0.09)	4.00-4.00
f. Chemie (Anwendungen)	4.73* (0.08)	4.00-6.00
g. Elektrotechnik	5.21* (0.08)	4.00-6.00
h. Maschinenbau	4.90* (0.08)	4.00-6.00

- * Die Antworten auf diese Frage sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikanzniveau: 0.05)
- Q1: Das erste Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 25% linksliegende (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)
- Q3: Das dritte Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75% linksliegende (und 25% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Tabelle 19: Relevanz der Wissenschaft insgesamt für den technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweige	X-Gebiete	WIBASIS
Maschinen- und Metallindustrie	4.63 (2.82)	45.86 (14.22)
Elektroindustrie	5.24 (2.51)	48.55 (12.67)
Chemische Industrie	4.34 (2.43)	44.80 (15.57)
Uhrenindustrie	4.33 (3.77)	49.80 (16.64)
Textil- und Bekleidungsindustrie	3.00 (2.45)	43.77 (11.30)
Nahrungsmittel	5.13 (3.73)	45.00 (21.76)
Kunststoff- und Papierindustrie	5.05 (2.41)	42.58 (13.70)
Bauwesen	3.57 (2.82)	41.71 (15.21)
Technische Dienstleistungen	5.29 (2.44)	47.62 (19.46)
Private Forschungslabors	5.50 (3.30)	45.70 (23.35)
Gesamtdurchschnitt	4.75 (2.78)	46.00 (15.20)

X-Gebiete: Anzahl jener Gebiete der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften, die von den befragten Experten eine Note von 5 oder mehr erhalten haben; Minimum=0; Maximum=14

WIBASIS Summe der Antworten der 14 Teilfragen der Frage III.A; Minimum=7; Maximum=98

Tabelle 20: Relevanz der Hochschulforschung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der befragten Wirtschaftszweige in den letzten 10 bis 15 Jahren (1= Relevanz abgenommen; 4 = Relevanz gleichgeblieben; 7 = Relevanz zugenommen)

	Arithmetisches Mittel		Q1(25%)-Q3(75%)
1. Grundlagenwissenschaften			
a. Biologie	2.22*	(0.11)	1.00-4.00
b. Chemie (Grundlagen)	3.01*	(0.11)	1.00-4.00
c. Geologie	1.46*	(0.06)	1.00-1.00
d. Mathematik	2.60	(0.10)	1.00-4.00
e. Physik	3.43	(0.11)	1.00-5.00
f. Informatik (Grundlagen)	4.09*	(0.12)	2.00-6.00
2. Angewandte Wissenschaften			
a. Agronomie	1.83	(0.10)	1.00-2.00
b. Angewandte Mathematik und Operations Research	3.02	(0.10)	1.00-4.00
c. Informatik (Anwendungen)	4.55*	(0.11)	3.00-6.00
d. Werkstoffwissenschaft	4.10*	(0.10)	3.00-6.00
e. Medizinwissenschaft	1.93*	(0.10)	1.00-2.00
f. Chemie (Anwendungen)	3.35	(0.11)	1.00-5.00
g. Elektrotechnik	4.00*	(0.12)	2.00-6.00
h. Maschinenbau	3.74	(0.12)	2.00-5.00

* Die Antworten auf diese Frage sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart

signifikant verschieden (Signifikanzniveau: 0.05)

- Q1: Das erste Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 25% linksliegende (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)
- Q3: Das dritte Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75% linksliegende (und 25% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Tabelle 21: Relevanz der Hochschulforschung in den Ingenieurwissenschaften für den technischen Fortschritt der befragten Wirtschaftszweige in den letzten 10 bis 15 Jahren (1= Relevanz abgenommen; 4 = Relevanz gleichgeblieben; 7 = Relevanz zugenommen)

	Arithmetisches Mittel		Q1(25%)-Q3(75%)
a. Chemische Verfahrenstechnik	3.43*	(0.12)	1.00-5.00
b. Informatik	4.82	(0.10)	4.00-6.00
c. Elektrische Energietechnik	3.30	(0.10)	1.00-5.00
d. Elektronik und Nachrichtentechnik	4.30	(0.11)	3.00-6.00
e. Maschinenbau	4.01	(0.10)	3.00-5.00
f. Werkstoffkunde	4.40*	(0.10)	3.00-6.00

* Die Antworten auf diese Frage sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikanzniveau: 0.05)

Q1: Das erste Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 25% linksliegende (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

Q3: Das dritte Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75% linksliegende (und 25% rechtsliegende) Werte zerteilt)

BIBLIOGRAPHIE

- Arrow, K.J. (1962), "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", in: the Rate and Direction of Inventive Activity, ed. R.R. Nelson. Princeton: Princeton University Press.
- Bundesamt für geistiges Eigentum (BAGE) (1991), Information. Bern
- Bundesamt für Statistik (1985), Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige. Bern.
- Carlsson, B., Stankiewicz, R. (1991), "On the Nature, Function and Composition of Technological Systems", *Journal of Evolutionary Economics*, 1:93-118.
- Cohen, W.M., Levinthal, D.A. (1989), "Innovation and Learning: The two Faces of R&D", *Economic Journal*, 99:569-596.
- Cohen, W.M., Levin, R.C. (1989), "Empirical Studies of Innovation and Market Structure", In: *Handbook of Industrial Organization*, Vol 2, ed. R. Schmalensee and R. Willig. Amsterdam: North Holland.
- Cyranek, G., Harabi, N. (Hrsg.) (1992), *Wettlauf um die Zukunft der Schweiz. Die Rolle der technologischen Forschung und Entwicklung*. Zürich: Verlag der Fachvereine (vdf).
- Dasgupta, P., Stiglitz, J.E.(1980), "Industrial Structure and The Nature of Innovative Activity", *Economic Journal*, 90:266-293.
- David, P.A. (1991), "Reputation and Agency in the Historical Emergence of the Institutions of 'Open Science'", *Discussion Papers Series CEPR No.261*. Stanford University.
- Dosi, G. (1982), "Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change", *Research Policy*, 11:147-162
- Dosi, G. (1988), "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation", *Journal of Economic Literature*, 26:1120-1171.
- Dosi, G. et al. (eds.) (1988), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers.
- Economist*, the (1991), "The Edge of Ignorance: A Survey of Science", February 16. London.
- Freeman, C. (1988), "Japan: A New National System of Innovation?", in: *Technical Change and Economic Theory*, ed. G. Dosi et al. London: Pinter Publishers.
- Freeman, C. (1991), "Innovations, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics", *Revue Economique*, 42: 211-232.
- Freeman, C., Perez, C. (1988), "Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour", in: *Technical Change and Economic Theory*, ed. G. Dosi et al. London: Pinter Publishers.
- Griliches, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics*, 10:92-116.
- Griliches, Z. (1991), "The Search For R&D Spillovers", Working Paper No. 3768, National Bureau of Economic Research. Cambridge Mass.
- Harabi, N. (1988), *Einflussfaktoren von Forschung und Entwicklung (F&E) in der Schweizer Industrie. Schriftliche Befragung zu einer laufenden Untersuchung*. Zürich: Handelswissenschaftliches Seminar der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1991), "Einflussfaktoren von Forschung und Entwicklung in der Schweizer Industrie. Ergebnisse einer schriftlichen Expertenbefragung", *Die Unternehmung* -

- Schweizerische Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 45:349-368.
- Harabi, N. (1993), "Aneignung der Erträge technischer Innovationen: Eine empirische Analyse. Arbeitspapier Nr. 27, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich. Zürich.
- Heertje, A. (1977), *Economics and Technical Change*. London: Weidenfeld and Nicolson.
- Heller, H., l'Eplattenier, F. (1992), "Technologische Forschung und Entwicklung aus der Sicht der chemischen Industrie", in: *Wettlauf um die Zukunft der Schweiz. Die Rolle der technologischen Forschung und Entwicklung*, hrsg. Cyranek, G. und Harabi, N. Zürich: Verlag der Fachvereine (vdf).
- Hippel, E. von (1988), *The Sources of Innovations*. Oxford: Oxford University Press.
- Huffman, W.E., Evenson, R.E. (1991), *Science for Agriculture*, Iowa State University Press.
- Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R.R., Winter, S.G. (1983), *Questionnaire on Industrial Research and Development*. Technical Report, Yale University.
- Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R.R., Winter, S.G. (1987), "Appropriating the Returns from Industrial Research and Development", *Brookings Papers on Economic Activity*, No. 3:783-821
- Levin, R.C., Reiss, P. C. (1988), "Cost-Reducing and Demand-Creating R&D with Spillovers", *Rand Journal of Economics*, 19:538-556
- Mairesse, J., Mohnen, P. (1990), "Recherche-Developpement et Productivite: Un survol de la litterature econometrique," *Economie et Statistique*", Nr. 237-8, 99-108
- Mairesse, J., Sassenou, M. (1991), "R&D and Productivity: A Survey of Econometric Studies at the Firm Level," *STI Review*, Nr. 8, April 1991, 9-43, OECD, Paris
- Mohnen, P. (1990), "New Technologies and Interindustry Spillovers", *STI Review* No.7, 131-147.
- Mohnen, P. (1992), "International R&D Spillovers in Selected OECD Countries", *Cahier No. 9208, Cahiers de Recherche du Département des Sciences Economiques de l'UQAM, Université du Québec a Montréal*. August 1992.
- Nelson, R.R. (1988), "Institutions Supporting Technical Change in the United States", in: Dosi, G. et al. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers
- Nelson, R.R. (1989), *Capitalism as an Engine of Progress*, in: Carlsson, B. (ed.), *Industrial Dynamics*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Nelson, R.R. (ed.) (1992), *National Innovation Systems: A Comparative Study*. Oxford: Oxford University Press.
- North, D.C. (1989), "Institutional Change and Economic History", *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)*, 145: 238-245
- North, D.C. (1991), "Institutions", *Journal of Economic Perspectives*, 5:97-112
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge Mass.: Cambridge University Press.
- Schankerman, M. (1979), "Essays on the Economics of Technical Change: The Determinants, Rate of Return and Productivity Impact of Research and Development," *Harvard Ph.D. Thesis*
- Scherer, F.M. et al. (1959), *Patents and the Corporation*. Boston: privately published.
- Scherer, F.M. (1965), "Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions", *American Economic Review*, 55:1097-1125
- Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1987), *Forschung und Entwicklung in der*

- Schweizerischen Privatwirtschaft 1986. Bericht zur sechsten Erhebung des Vorortes in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Statistik. Zürich
- Simon, H. (1991), "Organizations and Markets ", *Journal of Economic Perspectives*, 5:25-44.
- Speiser, A.P. (1993), "Die Grundlagenforschung: Auch in Zukunft eine Quelle der technischen Neuerung", Vortrag gehalten an der Konferenz der schweizerischen wissenschaftlichen Akademien vom 14. Mai 1993 an der ETH Lausanne.
- Spence, A. M. (1984), "Cost Reduction, Competition, and Industry Performance", *Econometrica*, 52: 101-21.
- Uphoff, N. (1986), *Local Institutional Development*. West Hartford, CT: Kumarian Press.